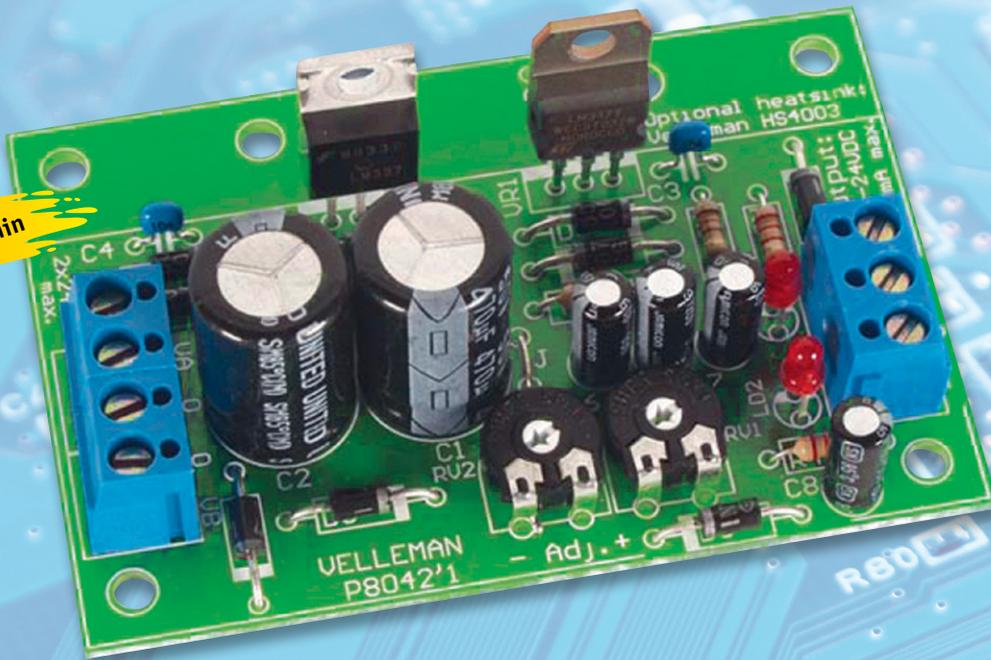




velleman®

Bauzeit: ca. 30 min



Plus-Minus – symmetrische Spannungsversorgung

Ein selbst gebautes Netzteil gehört zur Grundausstattung jedes Hobby-Elektronikers. Oft benötigt man jedoch nicht nur eine positive Spannung, sondern gleichzeitig deren negatives Pendant. Die hier vorgestellte symmetrische Stromversorgung erfüllt diese Forderung, sie liefert eine positive und eine negative Ausgangsspannung, die im weiten Bereich einstellbar sind. Die Baugruppe kann sowohl innerhalb eines zu versorgenden Gerätes untergebracht als auch als eigenständiges, symmetrisches Netzteil aufgebaut werden.

Daten

Betriebsspannung:	max. 2x 24 V _{AC} /2x 30 V _{DC}
Ausgangsspannung:	±1,2–24 V
Max. Ausgangsstrom:	2x 1 A
Verlustleistung:	max. 20 W (Bausatz, mit Kühlung)
Schutzschaltungen:	Kurzschluss, Über- temperatur, Überlast
Abmessungen (L x B):	78 x 52 mm

Doppelt betrachtet

Eine symmetrische Betriebsspannung wird in der Elektronikpraxis immer wieder benötigt, sei es für die typische Operationsverstärkerschaltung, manche Audioverstärker, Messgeräte- oder Anzeigeschaltungen. Oft werden auch eine positive und einen negative Spannung in verschiedenen Höhen benötigt. Meist liegen hier nur geringe benötigte Ströme zugrunde.

Genau diesen Anforderungen entspricht die hier vorgestellte Stromversorgungsbaugruppe. Sie liefert eine in einem sehr weiten Bereich von 1,2 bis 24 V getrennt einstellbare positive und negative Ausgangsspannung mit einem maximalen Strom je Zweig von 1 A (mit Kühlung). Dabei ist sie recht kompakt, so dass man sie z. B. in einem selbst gebauten Messgerät unterbringen kann. Alternativ lässt sich damit auch ein kleines Labornetzgerät mit zwei getrennt einstellbaren Ausgangsspannungen (positiv/negativ gegen Masse) aufbauen, das man in der täglichen Praxis schnell zu schätzen weiß.

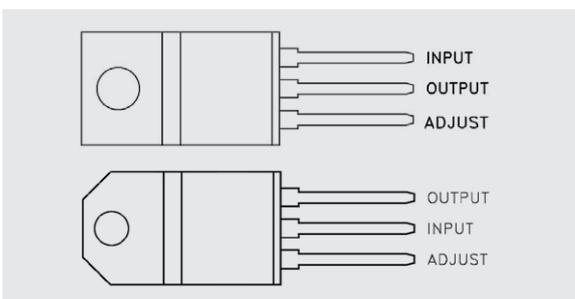


Bild 1: Gehäuseform und Anschlussbelegung des LM317T (oben) und LM337 (unten). Quelle: STMicroelectronics



Durch den ausschließlich mit bedrahteten Bauteilen ausgeführten Bausatz mit trotz der geringen Größe übersichtlicher Bestückung ist dieser auch sehr einfach durch Elektronik-Einsteiger aufzubauen und somit ein ideales Anfängerobjekt oder sehr gut für Ausbildung und Arbeitsgemeinschaften einsetzbar.

Die Speisung erfolgt durch einen entsprechend dimensionierten Netztransformator bzw. ein Doppelnetzteil mit Wechsel- oder Gleichspannungsausgang, alternativ ist auch eine symmetrische Gleichspannungsquelle, z. B. zwei 12-V-Akkus, einsetzbar.

Alte Bekannte

Im Mittelpunkt der Schaltung stehen zwei alte Bekannte: die bewährten Spannungsregler-Schaltkreise LM317 (Positiv-Regler) und LM337 (Negativ-Regler), deren Anschlussbeschriftung in **Bild 1** gezeigt ist.

Kennzeichnend für diese Spannungsregler sind eine hohe Regelgenauigkeit und das Vorhandensein zahlreicher Schutzschaltungen wie z. B. ein Kurzschluss-Schutz und ein Schutz gegen Überhitzung.

Die Spannungsregler sind zwar für eine maximale Ausgangsstrombelastung von 2,2 A dimensioniert (der Hersteller garantiert 1,5 A), in unserer Bausatz-Anwendung ist jedoch der Ausgangsstrom auf jeweils 1 A begrenzt. Selbst dieser darf nur bei zusätzlicher Kühlung des Spannungsreglers entnommen werden, denn die bei voller Last entstehende Verlustleistung von ca. 20 W (siehe Datenblatt in [1] und [2]) kann ohne zusätzliche Kühlung nicht abgeführt werden. In der Praxis zu beachten ist auch die mit wachsender Spannungsdifferenz zwischen der ja feststehenden Eingangsspannung der Schaltung und der Ausgangsspannung abnehmende Strombelastbarkeit.

Die Schaltung

Die Schaltung des Bausatzes ist in **Bild 2** zu sehen. Sie entspricht im Wesentlichen der Standard-Applikation des Schaltkreisherstellers STMicroelectronics.

An den Schraubklemmen SK1 und SK2 werden zwei Gleichspannungen zwischen 9 und 30 V oder eine Wechselspannung zwischen 9 und 22 V eingespeist. Der dem Eingang folgende Brückengleichrichter (D1–D4) erzeugt aus der anliegenden Wechselspannung (U_{AC}) eine Gleichspannung (U_{DC}) mit der überschlägigen Beziehung:

$$U_{DC} = U_{AC} \times 1,41$$

Mit den sich aus den max. 22 V Eingangs-Wechselspannung ergebenden ca. 31 V liegt man dann auf jeden Fall auf der sicheren Seite bezüglich der maximalen Spannungsbelastbarkeit der Spannungsregler und der mit dem Bausatz gelieferten Sieb-Elkos.

Gegenüber einem einfachen Netzteil wird in dieser Schaltung der Massebezugspunkt (GND) beider Schaltungszweige durch die Mittelanzapfung der Spannungsquelle gebildet, während der Gleichrichter auf den Plus- und Minuszweig arbeitet.

Die dem Brückengleichrichter folgenden Elkos C1 und C2 sorgen für das Glätten der Restwelligkeit der erzeugten Gleichspannung, ihre Größe ist der maximalen Stromentnahme der Schaltung angepasst. Die Keramik-Kondensatoren C3 und C4 unterdrücken die Schwingneigung der Schaltung und dienen gleichzeitig der HF-Störunterdrückung.

Die einstellbaren Spannungsregler LM317 (VR1) und LM337 (VR2) sorgen für die Bereitstellung der gewünschten Ausgangsspannungen, für den positiven und den negativen Spannungsweig getrennt. R1

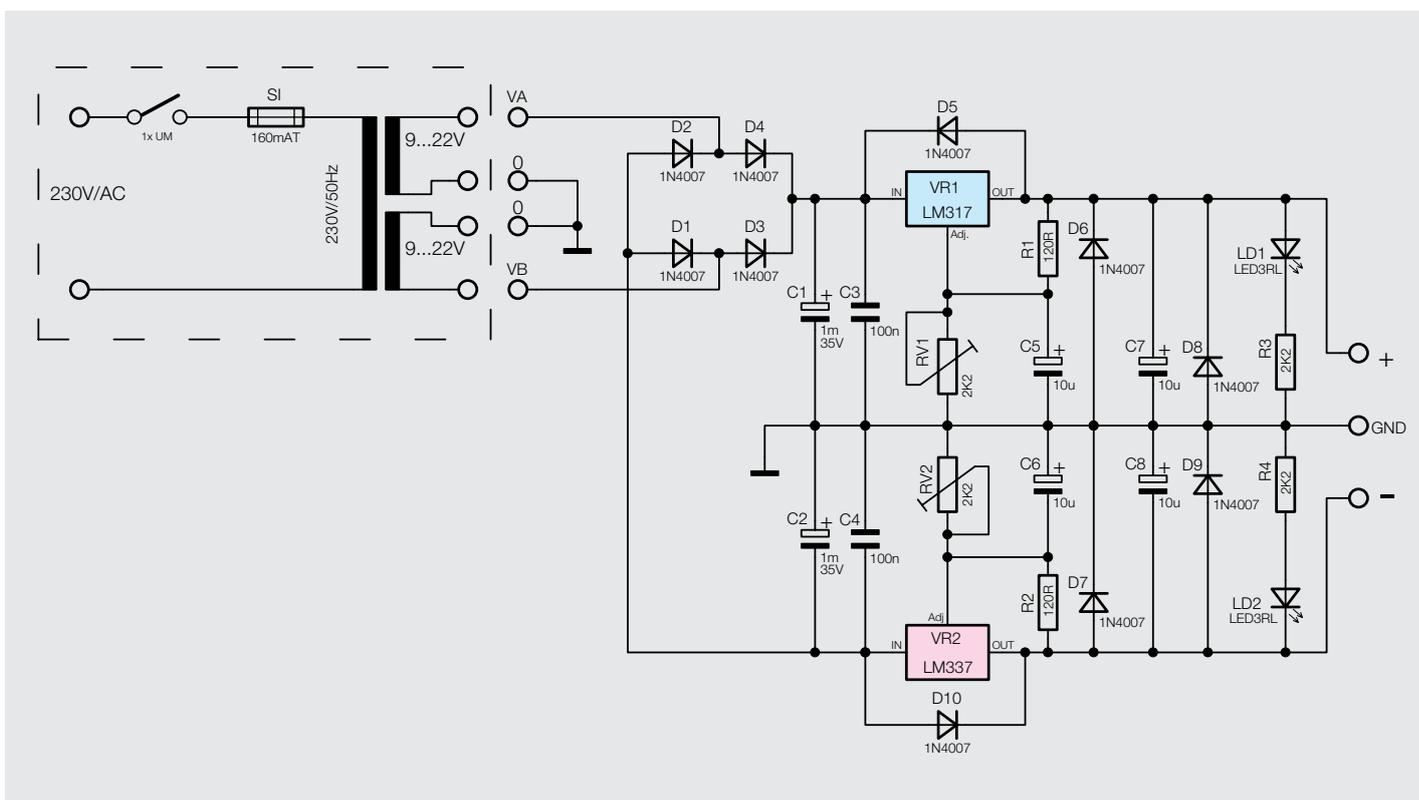


Bild 2: Die Schaltung des Dual-Stromversorgungsbausteins, nähere Erläuterungen zur Primärabsicherung des Netztransformators finden sich unter „Elektronikwissen“.



bzw. R2 sorgen für die ordnungsgemäße interne Referenzspannungserzeugung von 1,25 V. Diese Spannung wird benötigt, um die Ausgangsspannung genau auf dem eingestellten Wert zu halten, sie bildet gleichzeitig die niedrigste einstellbare Ausgangsspannung. Mit RV1/RV2 wird die Ausgangsspannung eingestellt, die Trimpotis bilden auch zusammen mit C5/C8 jeweils ein Tiefpassfilter, das hochfrequente Störungen unterdrückt. R1/R2 und RV1/RV2 wirken zudem als (vorgeschriebene) Minimal-Belastung für die Spannungsregler. C7 und C8 stabilisieren das Regelverhalten der Spannungsregler gegenüber Last- und Eingangsspannungseinflüssen.

Die Dioden D5 und D10 sorgen für den Schutz der Regler gegen einen versehentlichen Eingangskurzschluss der Schaltung. Dies kann sonst zur Zerstörung der Regler führen.

Die Kombination aus den LEDs LD1/LD2 und deren zugehörigen Vorwiderständen R3/R4 ist für die Anzeige einer vorhandenen Ausgangsspannung zuständig. Die erzeugte bipolare Ausgangsspannung kann an der Schraubklemme SK3 entnommen werden.

Nachbau

Da der Aufbau allein auf bedrahteten Bauteilen beruht, ist die Bestückung des Bausatzes unkompliziert und auch für Löt-Einsteiger zu bewältigen. Es werden nur wenige Werkzeuge benötigt: ein LötKolben bzw. eine Lötstation im Leistungsbereich bis 60 W, eine spitze Elektronikpinzette, ein Schlitzschraubendreher, eine Elektronik-Spitzzange, ein Elektronik-Seitenschneider und ein Multimeter.

Die Bestückung erfolgt laut Stückliste, Schaltung sowie Platinenfoto und Bestückungsplan, die in Bild 3 abgebildet sind.

Wir beginnen mit den flach auf der Platine liegenden Bauteilen, also der Drahtbrücke J, D1 bis D10 sowie R1 bis R4. Deren Anschlüsse werden abgewinkelt, durch die zugehörigen Löcher in der Platine geführt, bis das Bauteil auf der Platine aufliegt, und dann auf der Unterseite verlötet.

Nach dem Verlöten ist der überstehende Anschlussdraht mit einem Seitenschneider abzuschneiden, ohne dabei jedoch die Lötstelle selbst zu beschädigen. Bei den Dioden D1 bis D10 ist auf polrichtiges Einsetzen zu achten. Die Katode ist mit einem Farbring markiert, dessen Lage mit der dickeren weißen Markierung im Bestückungsdruck übereinstimmen muss, siehe Platinenfoto (Bild 3).

Nun folgen RV1/RV2 und C3/C4 sowie die Schraubklemmen SK1 bis SK3. Bei Letzteren sind zwei Dinge zu beachten. Einmal sind SK1 und SK2 mit der seitlichen Rastung vor dem Bestücken zu einem Bauteil zusammenzusetzen (ineinander schieben), und zweitens muss der Kunststoffkörper auf der Platine aufliegen, bevor man die Anschlüsse mit reichlich Lötzinn verlötet.

Dem folgen die Elkos C5, C6 und C7, C8, die ebenfalls polrichtig einzusetzen sind. Sie sind am Minuspol mit einem hellen Balken bedruckt, und im Neuzustand ist der längere Anschlussdraht der Pluspol. Auf der Platine ist der Pluspol markiert. Dies ist beim polrichtigen Einsetzen zu beachten.

Nun folgen die beiden LEDs LD1 und LD2, auch diese sind polrichtig zu bestücken. Die Katode ist der kürzere Anschluss der LED, sie gehört in das im Bestückungsplan mit der weißen Balken-Markierung gekennzeichnete Loch. Die Einbauhöhe von der Platine bis zur Spitze der LED beträgt dabei 10 mm, also leicht unterhalb bzw. bis in Höhe der daneben liegenden Schraubklemme.

Bei der jetzt vorzunehmenden Bestückung der beiden Spannungsregler ist darauf zu achten, dass diese nicht verwechselt werden (VR1 = LM317T; VR2 = LM337). Sie sind so bis zum breiteren Ansatz der Anschlüsse einzusetzen, dass die Kühlfahnen nach außen zeigen. Will man ein Metallgehäuse als Kühlkörper einsetzen und damit die Platine direkt dort befestigen, kann die Montage der beiden Regler auch am Rand der Platine erfolgen. Dann sind die

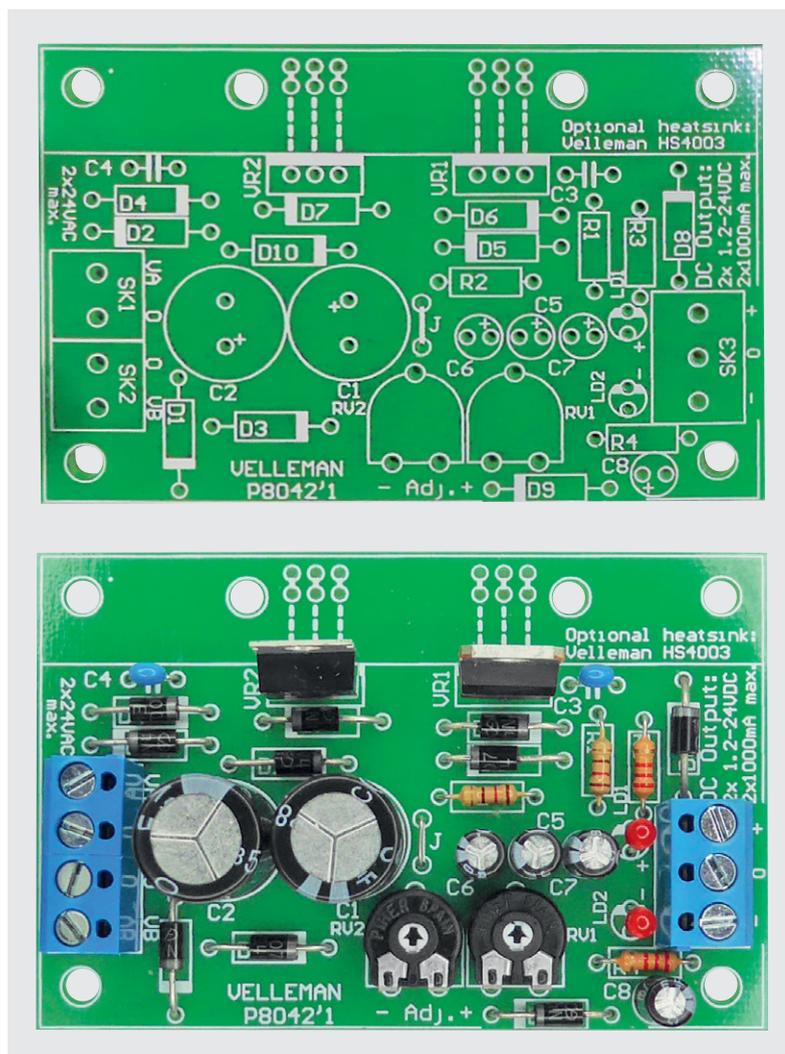


Bild 3: Unbestückte und bestückte Platine des Netzteils (Abbildung vergrößert)

Stückliste

1x Spannungsregler LM317 T	VR1
1x Spannungsregler LM337	VR2
2x LED, rot, ø 3 mm	LD1, LD2
10x Diode 1N4007	D1-D10
4x Elko, 10 µF/35 V	C5-C8
2x Elko, 1000 µF/35 V	C1, C2
2x Kondensator, 100 nF	C3, C4
2x Widerstand, 120 Ω	R1, R2
2x Widerstand, 2,2 kΩ	R3, R4
2x Einstellwiderstand, 2,2 kΩ	RV1, RV2
2x Schraubklemme, 2-polig, RM 5,0 mm	SK1, SK2
1x Schraubklemme, 3-polig, RM 5,0 mm	SK3
1x Platine	



Anschlüsse für die Regler mittels Drahtbrücken, wie in Bild 4 gezeigt, an die äußeren Anschlüsse zu führen. Auf die Montage von Kühlkörpern gehen wir in der Folge noch näher ein. Zuletzt erfolgt das Bestücken von C1/C2, hier sind ebenfalls die Hinweise zum polrichtigen Bestücken wie bei den anderen Elkos zu beachten.

Nach der Bestückung werden nochmals alle Bauteile auf richtige Bestückung und saubere Lötstellen kontrolliert. Bild 5 zeigt die so fertiggestellte Baugruppe.

Inbetriebnahme

Für die Versorgung der Schaltung wird eine symmetrische Wechsel- oder Gleichspannungsquelle mit den in den technischen Daten genannten Ausgangsspannungen benötigt. Will man hierzu ein Netzteil einsetzen, sollte man zur sicheren, im Gehäuse untergebrachten und fest mit einem Netzkabel versehenen Netzteilösung greifen. Dies ist die sicherste Lösung, da man hier nirgends mit der gefährlichen Netzspannung in Berührung kommen kann.

Alternativ ist natürlich auch ein Netztransformator mit zwei spannungsgleichen Wechselspannungen einsetzbar, allerdings dürfen nur dazu Berechtigte diesen auf der Netzseite verdrahten und anschließen, und es sind die Absicherungshinweise im Kasten „Elektronikwissen“ zu beachten. Die Ausgangsspannungen des Netztransformators sind entsprechend Tabelle 1 auszuwählen, so vermeidet man hohe Verlustleistungen an den Spannungsreglern.

Dies gilt prinzipiell auch für den Anschluss eines Gleichspannungsnetzteils, hier kann die Netzteilspannung allerdings etwas höher liegen, da die Gleichrichterioden einen Spannungsabfall erzeugen. Dabei ist der polrichtige Anschluss der Gleichspannungsquelle entsprechend Bild 6 zu beachten.

Die Spannungsregler sollten nur bei kleineren Lastströmen ohne zusätzliche Kühlung betrieben werden. Denn der Wert der maximalen Verlustleistung von 20 W gilt nur bei Montage eines zusätzlichen Kühlkörpers, wie er in der mitgelieferten Bauanleitung beschrieben ist. Am besten geeignet sind natürlich spezielle, auf das TO220-Gehäuse zugeschnittene Kühlkörper wie etwa der Fischer-Kühlkörper SK88 TO 220 (ELV-Best.-Nr. CF-06 51 53), aber auch andere vorhandene Kühlkörper sind nutzbar.

In unserem Aufbaubeispiel wurde ein SK88-Kühlkörper eingesetzt, der für den universellen Einsatz konzipiert wurde und deshalb Montagelöcher für die verschiedensten Leistungshalbleiter enthält.

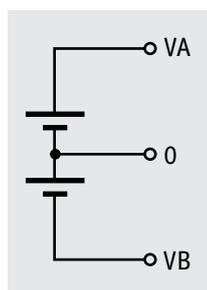


Bild 6: So erfolgt die Versorgung der Schaltung mit einer Gleichspannungsquelle.

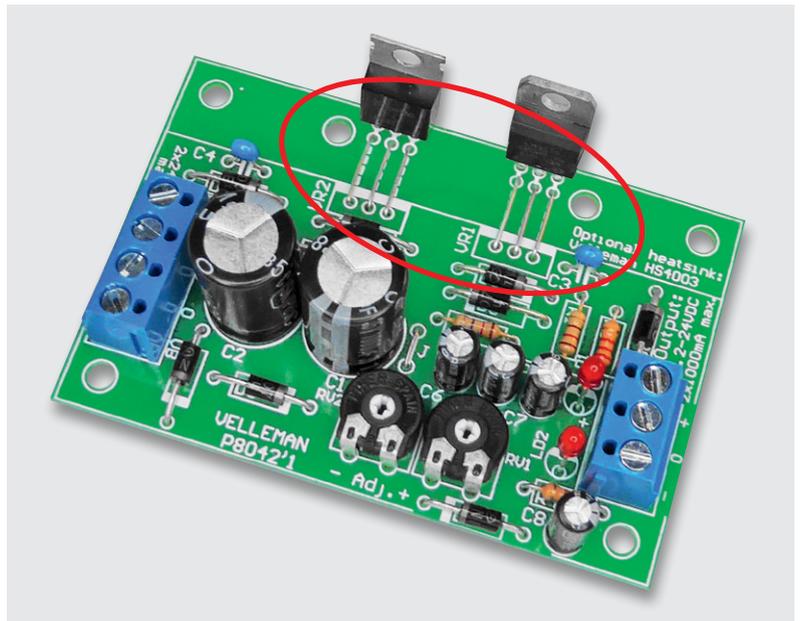


Bild 4: Die Bestückung der Spannungsregler und der Drahtbrücken für die Montage an einer Gehäusewand

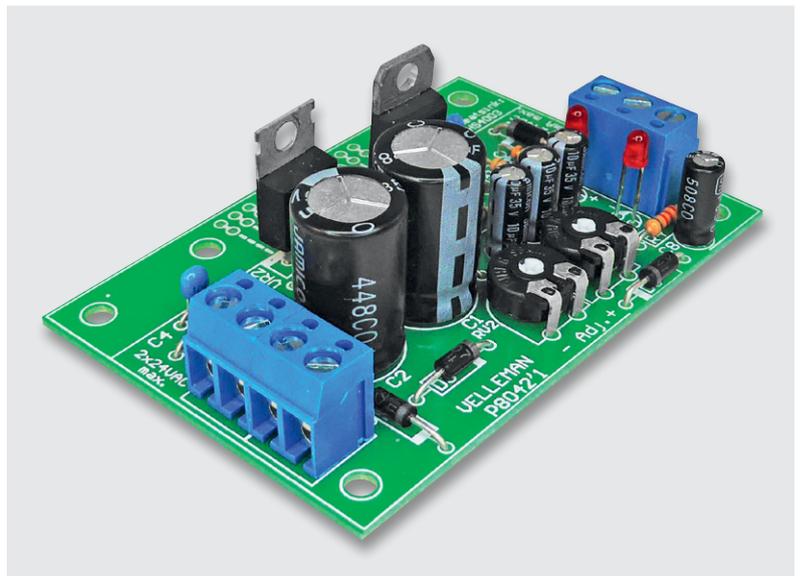


Bild 5: Die fertig bestückte Netzteil-Baugruppe

Verhältnis Eingangswchselspannung zu Ausgangsspannungsbereich

Tabelle 1

Max. Ausgangsspannung	Empfohlene Eingangswchselspannung	Benötigte Transformatorleistung
±1,2– 5 V	2x 9 V	30 VA
± 5– 9 V	2x 12–15 V	50 VA
± 9–12 V	2x 15 V	50 VA
± 12–15 V	2x 18 V	50 VA
± 15–18 V	2x 22 V	60 VA

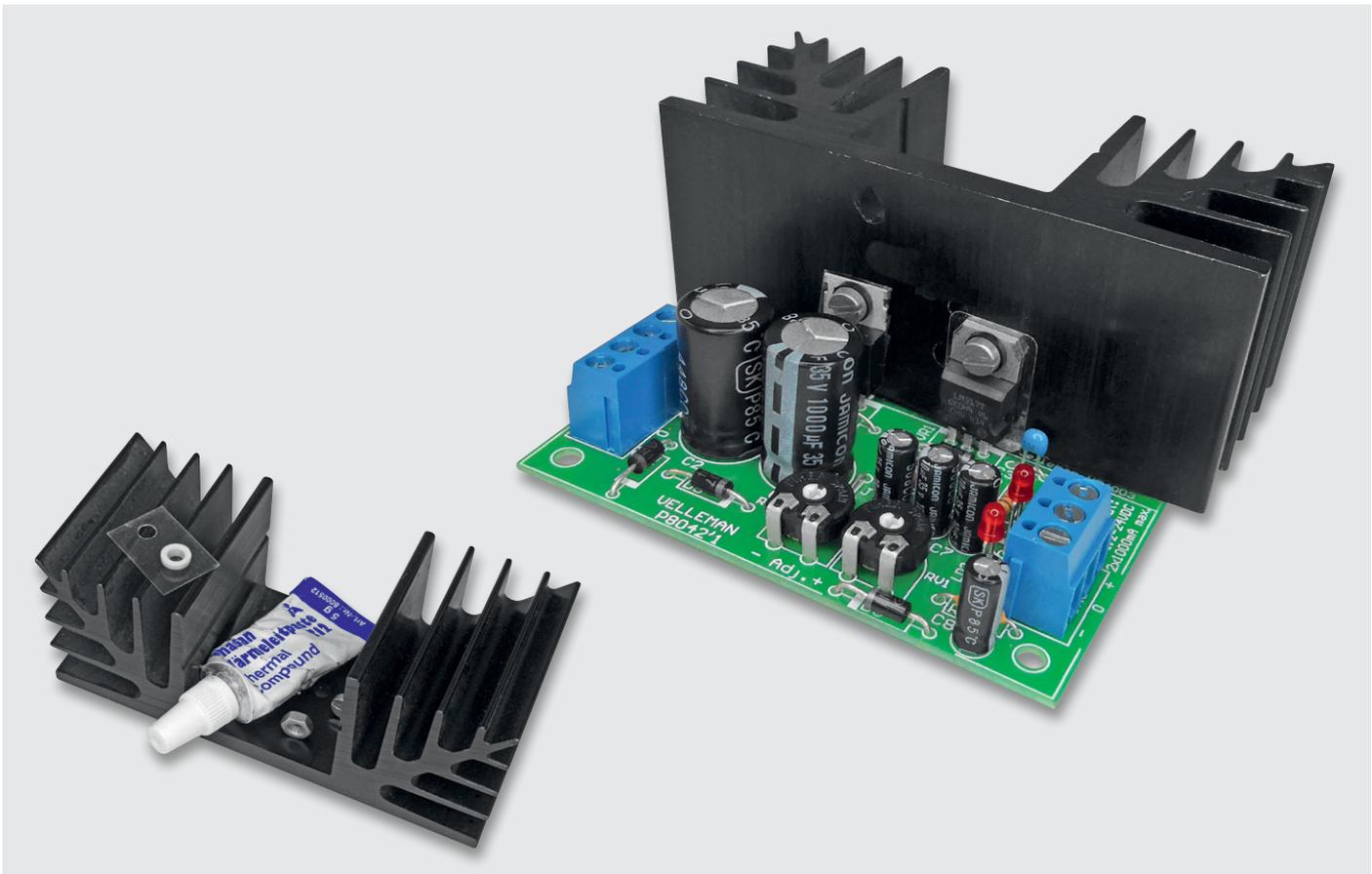


Bild 7: Die Bauteile für den Aufbau eines isolierten Kühlkörpers: Die Isolierscheibe und die Isolierhülse stellen sicher, dass es keinen elektrischen Kontakt zwischen Spannungsregler und Kühlkörper gibt. Die Wärmeleitpaste sorgt für einen guten thermischen Übergang zwischen Spannungsregler, Isolierfolie und Kühlkörper. Rechts die mit dem montierten Kühlkörper voll belastbare Baugruppe.



Bild 8: Preiswerte Panelmeter wie das hier gezeigte, weitverbreitete PM435 können als Anzeige eingesetzt werden. Sie sind über Spannungsteilerwiderstände (RA/RB) bzw. Shunts (RC) für die Anzeigaufgabe konfigurierbar.

Zu beachten ist, dass die Ausgangsspannungen an den Kühlflächen der beiden Regler liegen, weshalb diese jeweils isoliert an einen Kühlkörper oder eine Gehäusewand zu montieren sind.

Bild 7 zeigt einen so montierten Kühlkörper und die erforderlichen Einzelteile zur isolierten Montage. Die ebenfalls mögliche Montage an eine Gehäusewand ist in der mitgelieferten Bauanleitung zusätzlich illustriert.

Will man den Bausatz als ständig genutztes variables Netzteil einsetzen, empfiehlt sich der Austausch der Einstellregler gegen 2,2-k Ω -Potentiometer, die man dann auf der Frontseite des eigenen Netzgerätegehäuses befestigt und über flexible Drähte mit den entsprechenden Anschlüssen auf der Platine verbindet.

Und soll schließlich Komfort einkehren, um nicht stets jede Einstellung mit dem Multimeter kontrollieren zu müssen, kann man ein handelsübliches Anzeigeelement (Voltmeter) einsetzen, etwa ein digitales, mit einem passenden Teiler versehenes Panelmeter (Bild 8) oder ein passendes analoges Voltmeter (Bild 9).

In gleicher Bauart gibt es auch einbaufertige Amperemeter, so dass man schließlich ein komfortables, selbst gebautes Labornetzgerät erhält.

Beim Einsatz eines digitalen Panelmeters ist zu beachten, dass dieses zum einen für den gewünschten Einsatzzweck zu konfigurieren ist (siehe Bild 8), dies



sollte Inhalt der mitgelieferten Bedienungsanleitung sein, und zum anderen erfordern die meisten dieser Anzeigen eine galvanisch vom Messkreis getrennte Betriebsspannung. Diese kann man, sofern vorhanden, über eine getrennte Transformatorwicklung mit anschließendem Gleichrichter oder aber ganz einfach über eine 9-V-Blockbatterie zur Verfügung stellen.

Eine solche Batterie hält bei der geringen Stromaufnahme des Panelmeters (die Hintergrundbeleuchtung kann über einen eigenen Versorgungsweig aus der positiven Rohspannung des Netzteils gewonnen werden) recht lange, und die meisten Panelmeter haben dazu eine Batteriewarnung (siehe Bild 8), die bei etwa 6 V aktiviert wird.

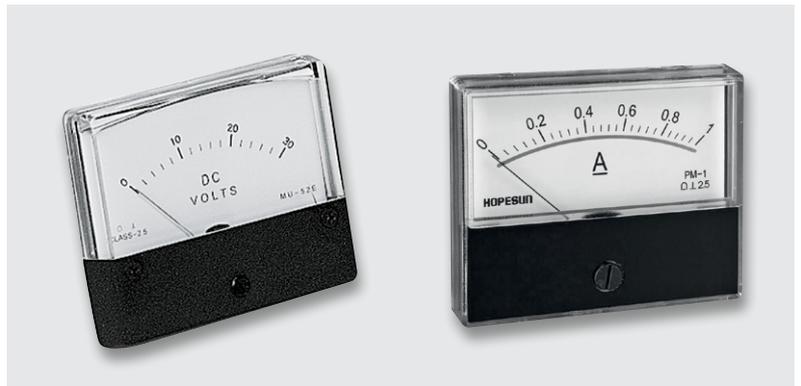


Bild 9: Machen das eigene Labornetzgerät komplett – übersichtliche analoge Anzeigeinstrumente für Spannung (ELV-Best.-Nr. CF-09 49 90) und Strom (ELV-Best.-Nr. CF-09 49 80).



Weitere Infos:

[1] Datenblatt LM317:

www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00000455.pdf

[2] Datenblatt LM337:

www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00000468.pdf

„Primär-Absicherung von Netztransformatoren“

Netztransformatoren sollten immer primärseitig gegen Kurzschluss abgesichert sein. Dies kann zum einen mit Schmelzsicherungen erfolgen, sehr verbreitet ist allerdings auch die Absicherung mit selbstzurückstellenden PTC-Multifuse-Sicherungen. Bei der Dimensionierung dieser Sicherungen sind einmal die maximale Transformatorleistung und einmal deren Einschaltstromstoß, der für etwa 3–5 ms anhält, zu beachten. In unserem betrachteten Bereich mit einer Transformatorleistung bis 50 VA beträgt Letzterer ca. 5 A, bei Ringkerntransformatoren ist er höher, hier bis 7 A.

Die erforderliche Absicherung auf der Primärseite errechnet sich, inklusive Trafo-Verlusten, aus dem Verhältnis von Sekundärleistung (P_{sek}) und Primärspannung (U_{pr}):

$$I_{\text{pr}} = \frac{(1,2 \times P_{\text{sek}})}{U_{\text{pr}}}$$

Aus diesem Strom leitet sich die einzusetzende Sicherung ab:

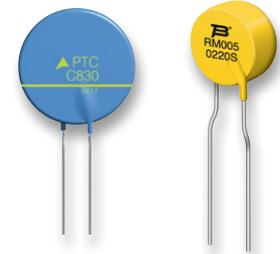
$$I_{\text{pr}} \times 1,5-2,0$$

Beispiel 30-VA-Transformator:

$$I_{\text{pr}} = \frac{(1,2 \times 30 \text{ VA})}{230 \text{ V}} = 0,157 \text{ A} \rightarrow 0,157 \text{ A} \times 2,0 = 0,314 \text{ A}$$

In der DIN-Normreihe (DIN 41662 IEC 127-2) greifen wir damit zur 315-mA-Sicherung, beim Spulentransformator mit der Auslösecharakteristik T (träge), beim Ringkerntransformator setzen wir TT (superträge) ein. Diese Sicherungen überstehen dank der trägen Auslösecharakteristik den Einschaltstromstoß schadlos,

Typische PTC-Rückstellversicherungen, links von EPCOS, rechts von Burns



da sie je nach Auslösecharakteristik selbst bei vielfachem Nennstrom mindestens 10 ms zum Auslösen bräuchten.

Alternativ ist ein PTC einsetzbar. Dieser Kaltleiter, der auch als Übertemperaturschutz dient, trennt den Transformator bei einem Kurzschluss bzw. Überlast auf der Sekundärseite vom Netz, bis der Kurzschluss beseitigt ist und der PTC wieder abgekühlt ist. Nach Wiedereinschalten an das Netz stellt der PTC die Verbindung automatisch wieder her, so spart man sich einen Sicherungswechsel. Die Charakteristika des PTC weisen ein träges Verhalten auf, so ist auch hier der Einschaltstromstoß im von uns betrachteten Bereich vernachlässigbar. Die Auswahl erfolgt an Hand des zum PTC angegebenen Nennstroms nach der gleichen Berechnung wie bei der Schmelzsicherung praktiziert.

Viele Transformatoren verfügen über einen bereits integrierten PTC, damit dieser eine Übertemperatur besser erfassen kann. Dazu ziehe man die Beschreibung oder das Datenblatt des Herstellers zu Rate.