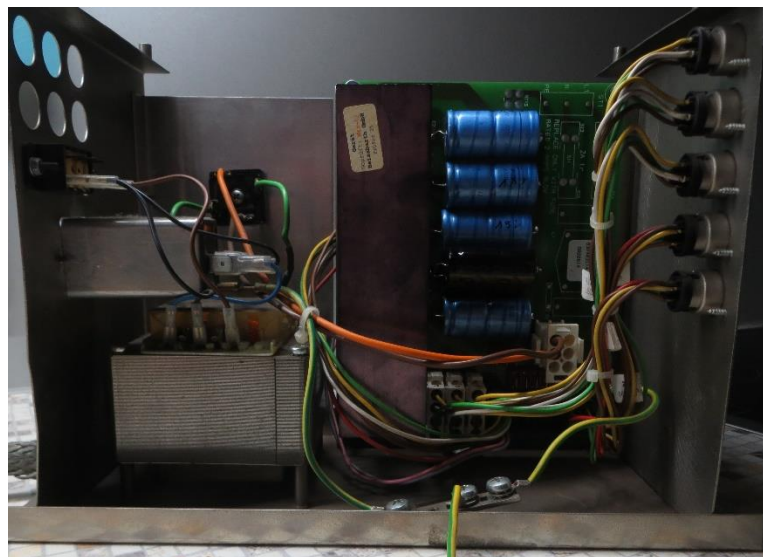


Bericht über Netzteil mit L200 Regler oder: Schmelzsicherung als Widerstand

Wilhelm, DL6DCA, 16.04.2023



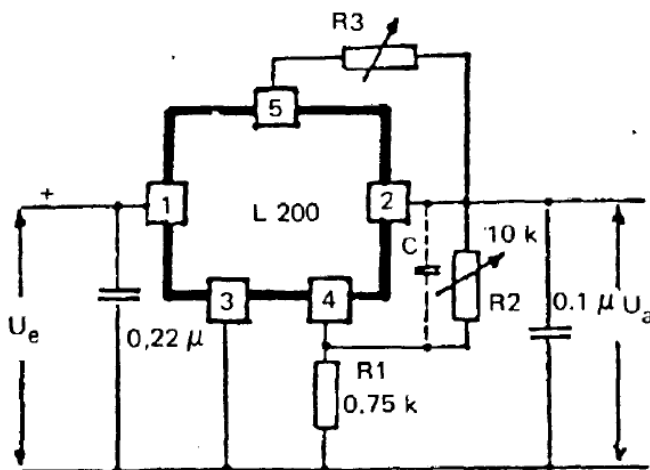
Ansicht des Gesamtnetzteils

Vor einigen Tagen hatte ich ein Netzteil zur Reparatur bekommen. Es stammt aus einer Achsvermessungsanlage des KFZ-Mechanikers meines Vertrauens. Die Anlage ist über 20 Jahre alt und das Netzteil versagte, aus nicht nachvollziehbaren Gründen, seinen Dienst.

Es handelt sich um ein Netzgerät mit normalem Trafo mit Brückengleichrichtung und anschließender Kondensatorbank. Die vom Transformator gelieferte und gleichgerichtete Spannung liegt bei ca. 18V. Die nachfolgende Regelung liefert dann zwei geregelte Spannungen von + 5

V und + 8,2 V. Da in dem 8,2 Volt Zweig der Regler und Endtransistor defekt waren, wurden diese bereits durch jemand anderes ersetzt. Die Reparatur führte aber nicht zum gewünschten Ergebnis, da bereits bei einer Belastung von 200mA die Spannung von 8,2 V auf 0,125 V abfiel.

Als erstes habe ich mir die Schaltung angeschaut und konnte feststellen, dass beide Spannungen mittels L200 Regler mit Unterstützung eines Leistungstransistors erzeugt werden. Der L200 ist mittlerweile abgekündigt, stellt aber aus meiner Sicht einen idealen Regler mit Spannungs- und Stromüberwachung dar.



$$U_a(V) = 2.75 \times (1 + R2/R1)$$

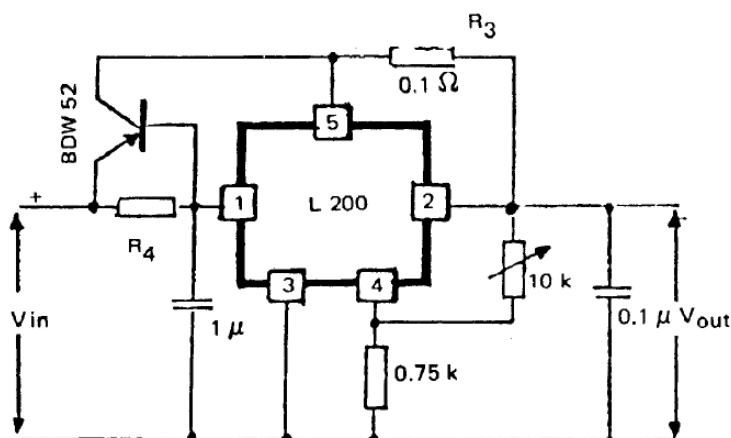
$$I_{q \max} \cong 0.45 (V) / R3 (\Omega)$$

$$R3 = 0 \rightarrow I_{\max} \cong 2.5 A$$

Standardbeschaltung aus [1]

Wie man der Standardbeschaltung aus dem Datenblatt entnehmen kann, ist der Aufwand der externen Beschaltung recht gering. Bei guter Kühlung können so Netzteile mit 3 – 36 V mit max. 2 A relativ einfach berechnet und realisiert werden.

Wenn der max. Strom von 2 A nicht ausreichend ist, kann durch einen Leistungstransistor der Strombereich erweitert werden.



$$I_{out \max} = \frac{0.45 v}{R_3} \approx 4.5 A$$

Erweiterte Standardbeschaltung für hohe Ströme aus [1]

Wie üblich wurde als erstes die gleichgerichtete Spannung an den Kondensatoren gemessen. Diese lag bei 18,2 V und somit im notwendigen Bereich. Für mich schon ein wenig hoch, aber die Konstrukteure der Gesamtanlage werden sich dabei etwas gedacht haben, bzw. ist das Netzteil auch in anderen Anlagen mit anderem Spannungsbedarf eingesetzt und somit eine betriebliche Standardlösung.

Als nächstes wurden die Kondensatoren getestet. Diese waren hinsichtlich Kapazität und ESR, mit Ausnahme des Kondensators im Ausgangszweig der 8 V Regelung, einwandfrei. Da ich gerade keinen passenden 4700 μF Kondensator zur Hand hatte, habe ich diesen durch zwei parallel geschaltete 2200 μF Kondensatoren ersetzt.

Bei dem anschließenden Test konnte an PIN 4 des Reglers die Referenzspannung von 2,7 V bei 8,2 V Ausgangsspannung festgestellt werden. Sobald aber der Spannungsausgang mittels elektronischer Last mit 100 mA belastet wurde, regelte das Netzteil bereits auf unter 6 V ab. Eine Kontrolle der Widerstände R1 und R2 (siehe Standardschaltung) ergab, dass diese nicht defekt sind. R2 ist in dieser Schaltung nicht als Trimpotentiometer, sondern als Festwiderstand ausgeführt. Somit konnte der Fehler nur im Bereich der Stromregelung liegen.

Eine nähere Betrachtung der Platine brachte die Lösung. Sowohl im 5 V als auch im 8,2 V Zweig befinden sich Sicherungshalter. Liegt ja erst einmal nahe, dass man nach der Regelung Sicherungen zum Schutz gegen Überlast und Kurzschluss einfügt. In dieser Schaltung aber ganz anders. Die Sicherung ist anstelle des R3 eingebaut. Über R3 wird eine Referenzspannung für die Anschlusspunkte 2 und 5 des L200 Reglers abgenommen und damit der Ausgangsstrom geregelt.

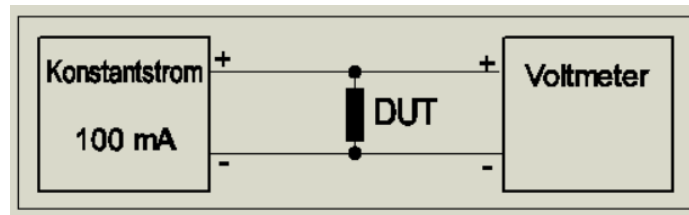
Die Sicherung war bei der Vorreparatur gegen eine 1,25 A Sicherung ausgetauscht worden, weil die Originalsicherung verloren gegangen war. Als ich diese Sicherung gegen eine 6,3 A Sicherung ausgetauscht habe, lief das Netzgerät einwandfrei und es konnte ein Strom von 3 A entnommen werden, ohne dass die Spannung einbrach. Somit ist die Angelegenheit erst einmal abgeschlossen. Ob es der ganze Fehler war oder ob evtl. auch noch Defekte an den Messköpfen der Achsvermessungsanlage vorliegen, ist abzuwarten. Das Netzteil soll in den nächsten Tagen wieder in die Anlage eingebaut werden.

Für mich eine total neue Erkenntnis, dass mittels Sicherung ein niederohmiger Widerstand bewusst geschaffen wird. Das hat natürlich mein Interesse geweckt, welchen Widerstand denn Schmelzsicherungen so aufweisen.

Was liegt also näher, als einfach mal ein paar Sicherungen hinsichtlich ihres Widerstandswerte durchzumessen. Da die Sicherungen aber sehr niederohmig sind, kann man einer Messung mit einem Multimeter nicht vertrauen. Daher habe ich mein Labornetzteil R&S NGRU 35 auf 100 mA Konstantstrom eingestellt und die über die Sicherung (=Widerstand) liegende Spannung mit dem R&S UDS 5 Multimeter gemessen, welches über 6 Nachkommastellen verfügt und einen sehr hochohmigen Eingang hat. Da wir uns hier in einem sehr kleinen Widerstands- und Spannungsmessbereich bewegen, muss auf saubere Kontaktierung geachtet werden. Ich habe dazu einen Sicherungshalter auf ein Brettchen verschraubt und mittels guter Klemmen eines Kelvin Kabels kontaktiert.



Messaufbau



Messaufbau

Zufällig habe ich noch ein Sicherungssortiment der Firma Wickmann, welches zwar auch schon 30 Jahre alt, aber noch hinsichtlich der Werte komplett ist. Bei den Sicherungen handelt es sich um die träge Ausführung.

Si mA	U	Ohm
100,000	0,68259	6,826
125,000	0,40482	4,048
160,000	0,23333	2,333
200,000	0,16401	1,640
250,000	0,77155	7,716
315,000	0,07989	0,799
400,000	0,57780	5,778
500,000	0,03410	0,341
630,000	0,02535	0,254
800,000	0,01606	0,161
1000,000	0,01435	0,144
1250,000	0,01203	0,120
1600,000	0,01038	0,104
2000,000	0,01075	0,108
2500,000	0,00405	0,041
3150,000	0,00622	0,062
4000,000	0,00502	0,050
6300,000	0,00819	0,082

Messreihe mit 100 mA Konstantstrom

In der linken Spalte sind die Sicherungswerte in mA angegeben, in der mittleren Spalte die gemessenen Spannungswerte und rechts die daraus errechneten Widerstandswerte. Die Berechnung ist recht einfach mittels $U=R \times I$ möglich; also bei bekanntem Strom von 100 mA

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0,68259}{0,1} = 6,826 \Omega$$

ACHTUNG: Diese Feststellung der Widerstände gilt nur für meine Sicherungen aus dem hier vorliegenden Sortimentskasten! Der Schmelzdraht in den Sicherungen besteht je nach Hersteller oder auch Herstellungscharge aus anders legierten Metalldrähten, deren Wert wesentlich von meiner Messreihe abweichen kann.

Fazit: Wieder etwas dazugelernt. Wenn man Sicherungen als Kleinstwiderstände einsetzen will, muss natürlich auf den tatsächlichen Strom geachtet werden. Eine Sicherung bleibt halt eben eine Sicherung. Trotzdem eine Möglichkeit niederohmige Widerstände zu erhalten.

Über Rückfragen, Anmerkungen, Verbesserungsvorschläge würde ich mich freuen. Kontakt bitte per Mail dl6dca@darc.de oder Ortsfrequenz 144,575 MHz.

73 de Wilhelm DL6DCA

Literaturverzeichnis / Fundstellen:

[1] Datenblatt der Firma SGS ATES siehe Anhang

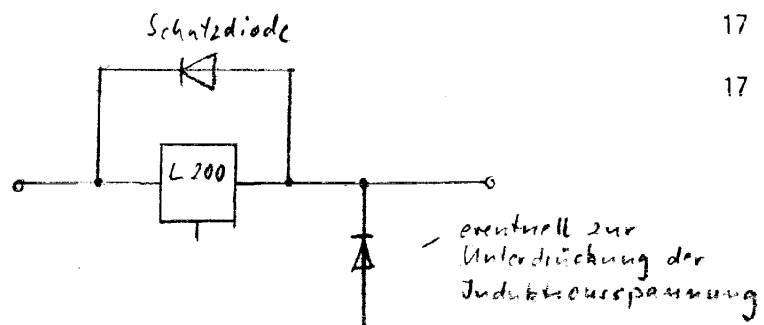
L200

SPANNUNGS- REGLER von

EIN SPANNUNGS- UND STROMPROGRAMMIERBARER REGLER UND SEINE ANWENDUNGEN

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Produktbeschreibung	2
2. Standardbeschaltung als einstellbare Spannungsregler mit Strombegrenzung	5
3. Einstellbare Stromquelle	6
4. Beschaltung für höhere Ausgangsströme	6
5. Einstellbarer Plus/Minusregler (Dual Tracking)	8
6. Drehzahlregler für Gleichstrommotoren	9
7. Ausgangsspannungsabschaltung (Muting)	10
8. Digitale Programmierung der Ausgangsspannung	11
9. Beschaltung für höhere Spannungen	11
10. Beschaltung für hohe Ausgangsspannung und hohen Ausgangsstrom	12
11. Batterieladeschaltung	13
12. Labornetzteil 0 V bis 18 V 35 mA bis 1.5 A	13
13. Schaltregler	14
14. L 200 als Festspannungsregler	15
15. $R_i = 0$ am Verbraucher	16
16. Einschaltverzögerung	17
17. Helligkeitsregelung	17



L200 SPANNUNGS REGLER von



EIN SPANNUNGS- UND STROMPROGRAMMIERBARER REGLER UND SEINE ANWENDUNGEN

1. Produktbeschreibung

Der L 200 ist ein positiver 5 pin Spannungsregler in einem Pentawatt-Gehäuse. Er kann ohne Isolierung montiert werden (mit Ausnahme der Applikation 4.2).

Gegenüber den bekannten 3 pin Spannungsreglern sind beim L 200 zwei weitere Anschlüsse für die Spannungs- und Stromprogrammierung vorhanden.

Verglichen mit schon bestehenden Reglern bietet der L 200 erstmals die Möglichkeit, auch den Ausgangsstrom zu programmieren.

Die wichtigsten Daten:	maximale Eingangsspannung	40 v
	max. Eingangsspannung für 10 ms	60 V
	max. Eingangs-/Ausgangsspannungsdifferenz	32 V
	Ausgangsspannung einstellbar	3 ... 37 v
	Ausgangsstrom einstellbar	0 ... 2 A
	Dropout Spannung	2 v

Neben dem Schutz gegen kurzzeitige Eingangsspannungsspitzen bis zu 60 V besitzt der L 200 weitere Maßnahmen gegen ausgangsseitigen Kurzschluß, thermische Abschaltung bei 150°C und Leistungsüberwachung des Ausgangstransistors,

Durch die Verwendung einer Band-gap-Referenz ergeben sich folgende Vorteile: geringes Rauschen, besseres Temperaturverhalten und niedrige Ausgangsspannungseinstellung.

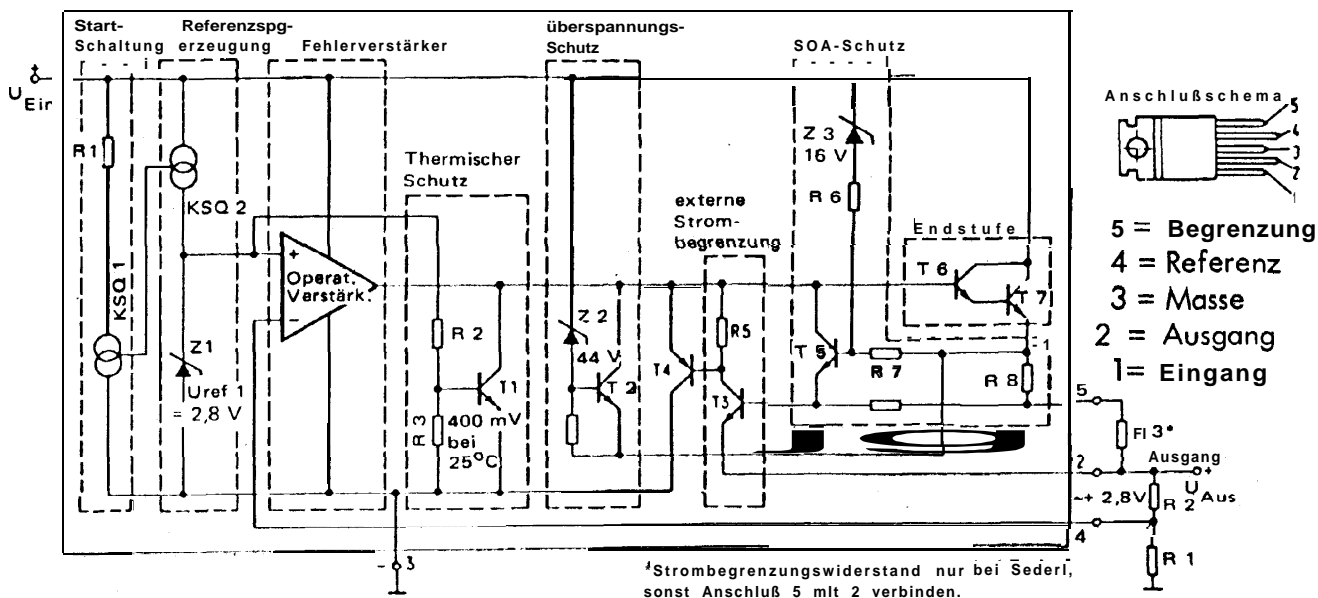


Bild 1: Prinzipschaltung und externe Beschaltung vom L 200

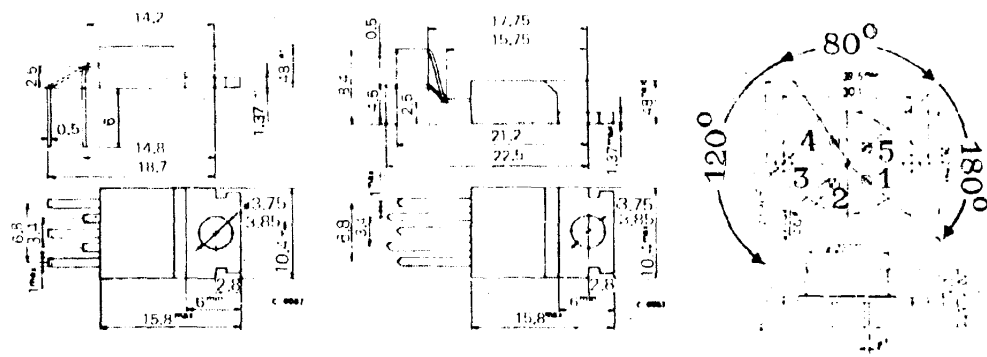


Bild 1 a: mechanische Abmessungen Pentawatt H Pentawatt V Multilead TO-3 (Pinning von unten gesehen)

Bild 1 zeigt die Blockschaltung und Bild 1 a die mechanischen Abmessungen. Die folgenden Applikationen sollen die Flexibilität des Elementes in der Anwendung zeigen und Anregungen geben.

2. Standardbeschaltung

Die typische Beschaltung als Spannungsregler mit Strombegrenzung zeigt Bild 2.

Die Ausgangsspannung wird wie die Formel zeigt durch R_2 bestimmt. Der Wert von R_1 sollte maximal $1\text{ k}\Omega$ betragen, damit unter allen Lastfällen der Ausgangstransistor durchgesteuert werden kann.

Im folgenden wird der typische Wert der Referenzspannung von 2.75 V in den Formeln verwendet. Dieser Wert kann von 2.65 V bis 2.85 V streuen.

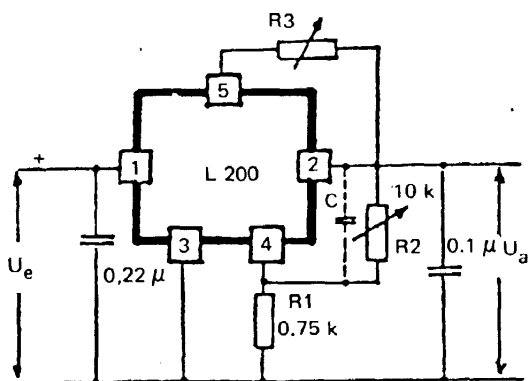
Mit R_3 wird der Ausgangsstrom begrenzt. Der Wert hierfür ist $R_3 = 0.45\text{ V} / I_{\text{out}}$. Wird eine Ausgangsstrom von $> 2\text{ A}$ zugelassen, braucht dieser Widerstand nicht bestückt zu werden und Pin 2 und Pin 5 gehören miteinander verbunden.

Zur Vermeidung von Oszillation sollten vom Eingang Pin 1 und Ausgang der Schaltung Pin 2 je ein Folienkondensator in der Größe $0.22\mu\text{F}$ direkt an den Massepin 3 geschaltet werden.

Um besonders bei höheren Ausgangsspannungen eine bessere Unterdrückung der Eingangsstörspannung zu erreichen, kann zwischen Pin 2 und Pin 4 zusätzlich ein Kondensator gelegt werden. Damit wird erreicht, daß die Wechselspannungsverstärkung niedriger als die Gleichspannungsverstärkung ist. Der L 200 schaltet die Ausgangsspannung ab, wenn die Differenz zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung größer als 32 V ist.

Bei der Montage ist, wie allgemein, auf guten thermischen Übergang zum Kühlkörper zu achten und das Element sollte mechanisch nicht strapaziert werden.

Als Dimensionierungshilfe dienen die beiden Diagramme Bild 2 a und Bild 2 b. Hieraus kann abgelesen werden, welcher Widerstand R_2 bei gegebener Ausgangsspannung gewählt werden muß bzw. welcher Widerstand R_3 für den maximalen Ausgangsstrom zu bestücken ist.



$$U_a(\text{V}) = 2.75 \times (1 + R_2/R_1)$$

$$I_{q \text{ max}} \cong 0.45 (\text{V}) / R_3 (\Omega)$$

$$R_3 = 0 \rightarrow I_{\text{max}} \cong 2.5 \text{ A}$$

f Bild 2: Standardschaltung mit Strombegrenzung

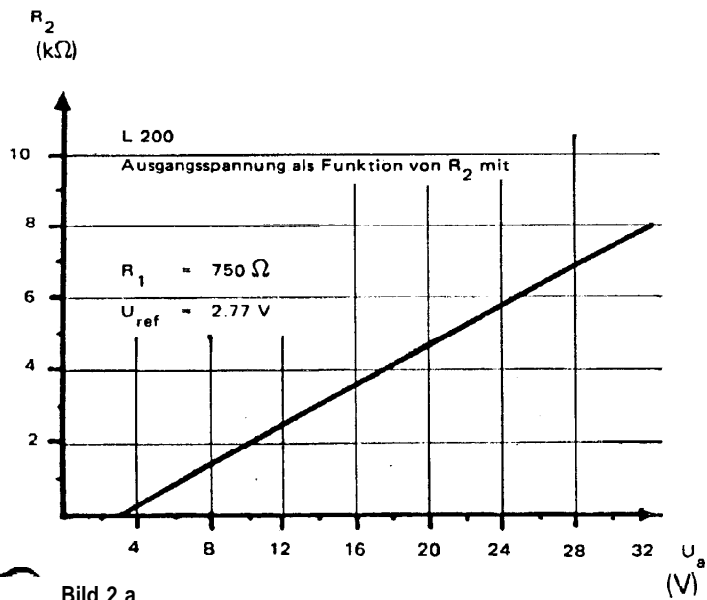


Bild 2 a

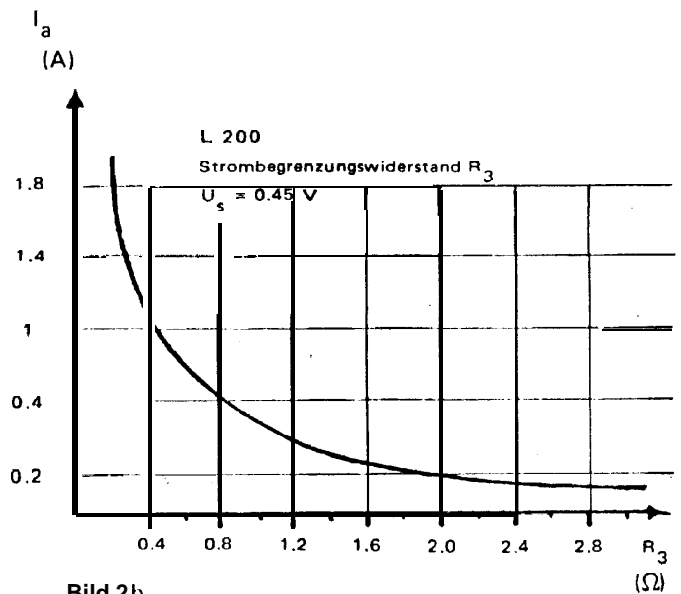


Bild 2 b

3. Einstellbare Stromquelle

In Bild 3 wird die Schaltung für eine Konstantstromquelle wiedergegeben. Dazu wird der Spannungsprogrammierschluß Pin 4 auf Masse gelegt und der gewünschte Ausgangsstrom mit Hilfe des Stromprogrammierwiderstandes R_3 eingestellt. $R_3 = 0.45 / I_{konst}$ (V/A). Der Widerstand R_3 sollte einen niedrigen Temperaturkoeffizienten besitzen. Es sind Lastströme bis 2 A-und mehr einstellbar.

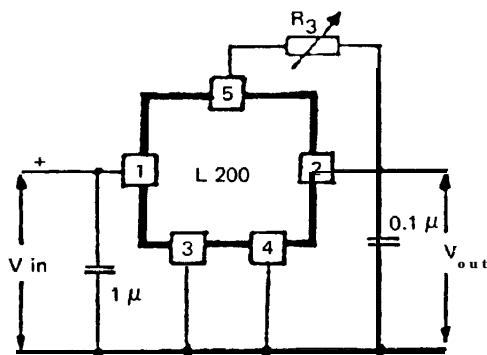
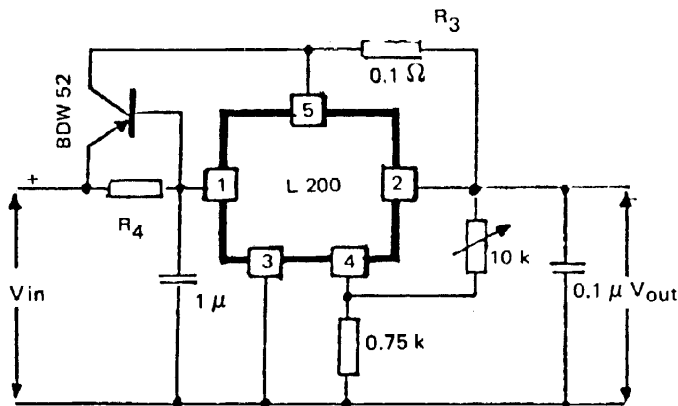


Bild 3: einstellbare Stromquelle

$$I_{out} \approx \frac{0.45}{R_3} \left[\frac{V}{\Omega} \right]$$

4. Spannungsregler für größere Ausgangsströme

- 4.1 Für Ausgangsströme $> 2 A$ empfiehlt es sich, einen externen Leistungstransistor zu verwenden, wie in Bild 4 angegeben. Hierbei übernimmt der L 200 die Spannungsregelung, während der PNP-Transistor den geforderten Strom treibt. Bei dieser Schaltung bleiben die Schutzfunktionen erhalten. Der Ausgangsstrom wird, wie bekannt, mit R_3 eingestellt. Um den Transistor zusätzlich vor zu hoher Leistung zu schützen, montiert man den L 200 auf das gleiche Kühlblech. Damit wird erreicht, daß durch die thermische Abschaltung des L 200 eine Zerstörung des Transistors vermieden wird. Der Strom durch den L 200 wird mit R_4 bestimmt und sollte bei ca. 300 mA liegen, d.h.
- $$R_4 = U_{BE} / 0.3 A \approx 2.2 \Omega.$$



$$I_{out\ max} = \frac{0.45\ V}{R_3} \approx 4.5\ A$$

Bild 4: Regler für höhere Ausgangsströme mit Kurzschlußschutz

- 4.2 Steht für dieses Problem des hohen Ausgangsstromes kein PNP-Transistor zur Verfügung, zeigt die Schaltung in Bild 5 die Anwendung mit einem NPN-Leistungstransistor. Da hier die Schutzschaltung des L 200 nicht benutzt werden kann, muß ein weiterer Kleinleistungstransistor (BC108) diese Funktion erfüllen.

Der maximale Ausgangsstrom ist erreicht, wenn der Spannungsabfall an R_{sc} den Transistor BC 108 durchsteuert, sodaß dessen Kollektor den Pin 2 des L 200 nach Masse zieht und damit die Ausgangsspannung sinkt.

$$I_{out} \approx \frac{0.7\ V}{R_{sc}} \quad \left[\frac{V}{\Omega} \right]$$

Wird die Strombegrenzung nicht gebraucht, ist es möglich, den Kleinleistungstransistor und R_{sc} entfallen zu lassen und die Basis des Leistungs-NPN an Pin 2 des L 200 anzuschließen. Dann ist allerdings der maximale Ausgangsstrom von dem Verstärkungsfaktor des Leistungstransistors abhängig.

$$R_3 = \frac{0.45 \cdot h_{FE}}{I_{OUT}} \quad \left[\frac{V}{A} \right]$$

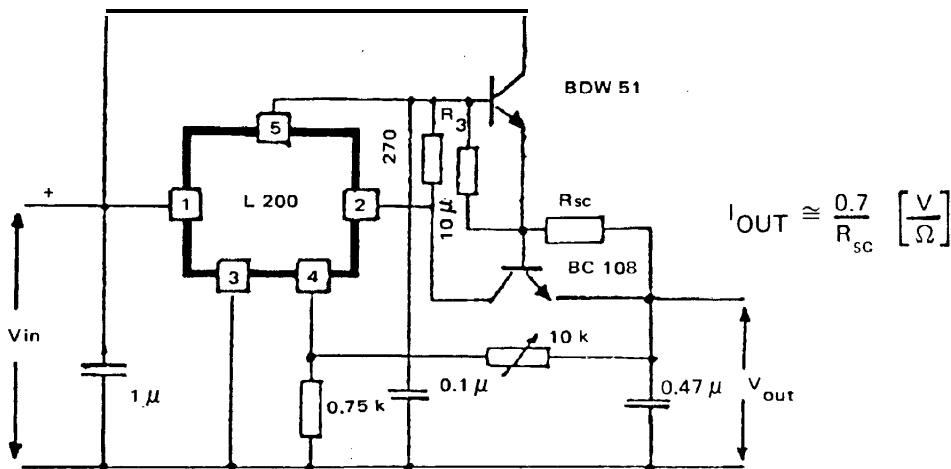
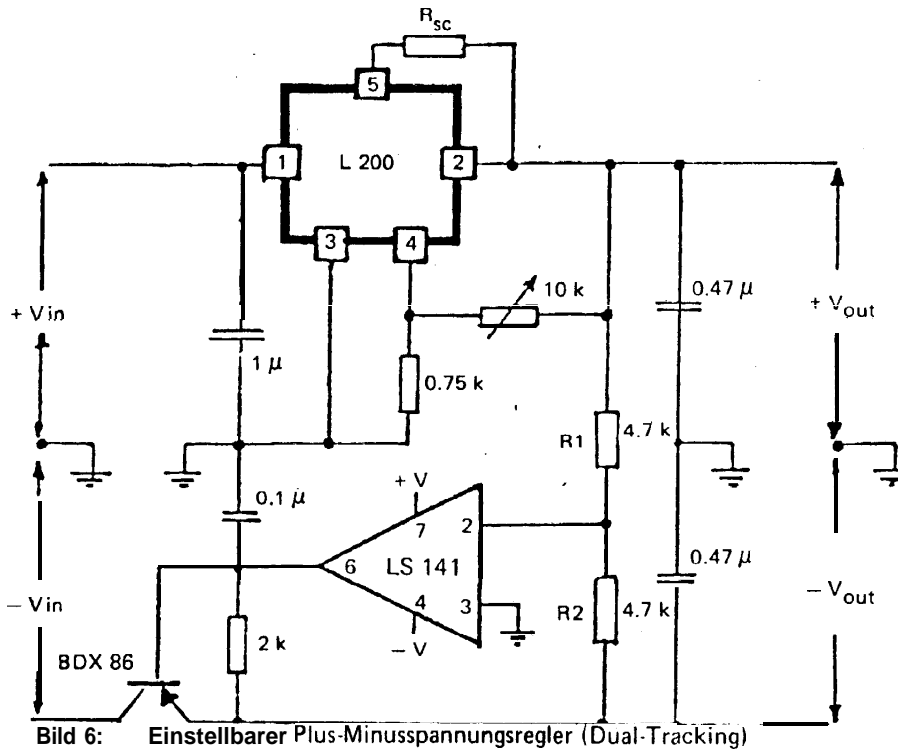


Bild 5: Regler mit NPN-Längstransistor und Kurzschlußschutz

5. Einstellbarer Plus/Minus-Spannungsregler (Dual-Tracking)

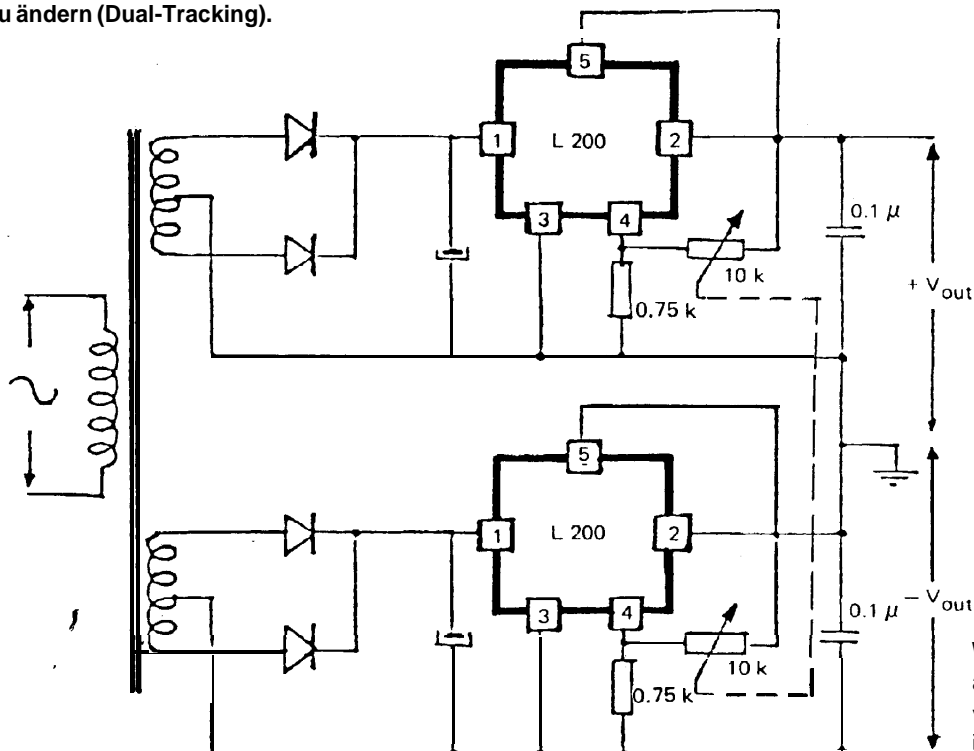
- 5.1 Soll eine Spannungsversorgung realisiert werden, bei der durch Verändern eines Widerstandes beide Polaritäten mitlaufen (Tracking), gibt die Schaltung in Bild 6 hierzu die Möglichkeit. Hierbei bildet die positive Ausgangsspannung die Referenz für die negative. Der Operationsverstärker invertiert die an ihm anstehende Eingangsspannung und stellt den Treiberstrom für den Längstristor BDX 86 zur Verfügung. Für einen guten Gleichlauf der Ausgangsspannungen müssen die Widerstände R1 und R2 eng toleriert sein.



Werden der L 200 und der Transistor auf dem gleichen Kühlblech vorgesehen, muß der Transistor isoliert montiert werden.

- 5.2 Werden von einander unabhängige Ausgangsspannungen benötigt, kann dies mit zwei L 200 realisiert werden. Die Schaltung hier gibt Bild 7 wieder.

Bei Verwendung eines Tandempotentiometers besteht die Möglichkeit, beide Polaritäten wie unter 5.1 gleichzeitig zu ändern (Dual-Tracking).



Werden beide L 200 Elemente auf dem gleichen Kühlblech vorgesehen, muß der untere isoliert montiert werden.

6. Drehzahlregler für Gleichstrommotoren

Ein immer wiederkehrendes Problem ist die Drehzahlregelung kleiner Gleichstrommotoren für z.B. Plattenspieler, Tonbandgeräte, Kassettenrekorder oder Platinenbohrer. Auch hier kann der L 200 eingesetzt werden, und zwar bis zu Motordaten von 2 A und 30 V. Eine sehr einfache Motorstop-Funktion entsprechend der Applikation Nr. 7 kann außerdem realisiert werden.

Bekanntlich erzeugt der Motorstrom I_M an dem Innenwiderstand R_M des Motors einen Spannungsabfall, so daß die am Motor anliegende Spannung U_M sich aus diesem Spannungsabfall und der Gegen-EMK zusammensetzt. Daher reicht es nicht aus, die Motorspannung für eine konstante Drehzahl konstant zu halten. U_M muß vielmehr proportional zu I_M erhöht werden. Das bedeutet, die Regelschaltung muß einen negativen Ausgangswiderstand besitzen.

Dazu koppelt man auf einfache Weise einen ZUM Motorstrom proportionalen Spannungsabfall in den Fußpunkt des L 200. Die Schaltung hierzu zeigt Bild 8.

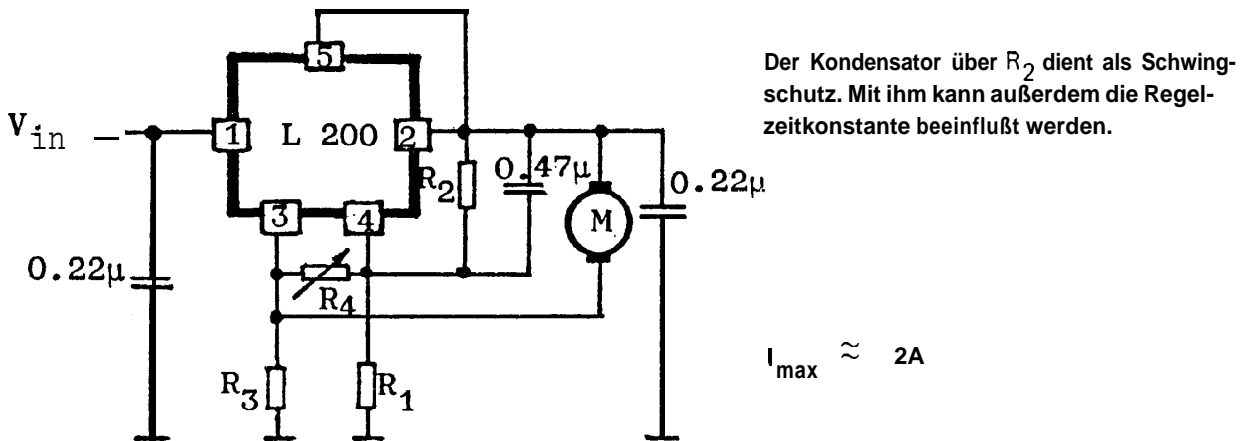


Bild 8: Drehzahlregler für Gleichstrommotoren

Die Ausgangsspannung am L 200 ist:

$$(1) \quad U_a = U_{EMK} + I_M \cdot R_M + I_M \cdot R_3$$

Der Kompensationswiderstand R_3 ist umgekehrt proportional zu dem Teilverhältnis von R_1 und R_2 , die die Ausgangsspannung bestimmen:

$$(2) \quad R_3 = R_M \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

Unter Einbezug der Referenzspannung U_{Ref} des L 200 von typ. 2.75 V wird dann die Ausgangsspannung:

$$(3) \quad U_a = (U_{Ref} + I_M \cdot R_3) \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Aus der Verknüpfung von Formeln (1) und (3) erhält man die Motorspannung zu:

$$(4) \quad U_M = U_{Ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_M \cdot \frac{R_3 \cdot R_2}{R_1}$$

Mit Hilfe des Faktors A, der das Verhältnis von EMK zur Referenzspannung wiedergibt:

$$A = \frac{U_{EMK}}{U_{Ref}}$$

der aber auch proportional zur Ausgangsspannung ist:

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

erhalten wir durch Umstellung die Dimensionierung für R_2 :

$$(5) \quad R_2 = R_1 \frac{(U_{EMK} - U_{Ref})}{U_{Ref}}$$

Wie man sieht, muß die Motor-EMK größer als 2.75 V sein. Weiter setzen wir für R_1 max. 1 k Ω an.

Mit einigen typischen Motordaten, wie man sie aus Herstellerangaben entnehmen kann, berechnen wir beispielsweise:

$$R_2 = 1 \cdot 10^3 \frac{(3.5 - 2.75)}{2.75} = 270 \Omega$$

$$R_3 = \frac{13 \cdot 1000}{270} = 47 \Omega$$

und wir erhalten die Motorspannung:

$$U_M = 2.75 \left(1 + \frac{270}{1000}\right) + \frac{50 \cdot 47 \cdot 270}{1000} \cdot 10^{-3}$$

$$\underline{U_M = 4.65 \text{ V}}$$

und die Ausgangsspannung:

$$U_a = (2.75 + 47 \cdot 50 \cdot 10^{-3}) \left(1 + \frac{270}{1000}\right)$$

$$\underline{U_a = 6.47 \text{ V}}$$

Soll die Drehzahl einstellbar gemacht werden, dimensioniert man zuerst die Widerstände R_1 , R_2 und R_3 auf die kleinste gewünschte Geschwindigkeit. Mit dem Poti R_4 kann dann bis zur maximalen Drehzahl variiert werden, ohne daß sich die Innenwiderstandskompensation des Motors ändert.

7. Ausgangsspannungsabschaltung

Die einfachste Methode, die Ausgangsspannung abzuschalten, ist den Pin 2 über einen Widerstand nach Masse zu legen (Bild 9). Der Widerstand zwischen Ausgang und Pin 2 ist nötig, um den Kollektorstrom des Schalttransistors zu begrenzen. Auf diese Weise wird die Ausgangsspannung auf ca. 0.7 V abgeschaltet.

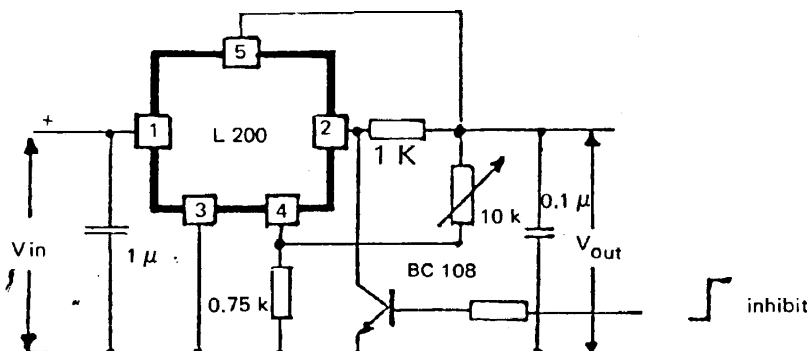


Bild 9: Ausgangsspannungsabschaltung

8. Digitale Programmierung der Ausgangsspannung

Bild 10 zeigt, welche Peripherie nötig ist, um die Ausgangsspannung digital zu programmieren. Für die Dimensionierung gilt die Formel wie unter Bild 2. Es ist lediglich darauf zu achten, daß für die geforderte Präzision die Sättigungsspannung der Schalttransistoren niedrig ist. Empfehlenswert ist der Typ BC 378.

Soll der Programmierungsfehler auf ca. 10 mV gesenkt werden, können die NPN-Schalttransistoren invers eingesetzt werden. Dann ist zwar ein etwas größerer Steuerstrom nötig, aber die Sättigungsspannung muß nicht mehr berücksichtigt werden.

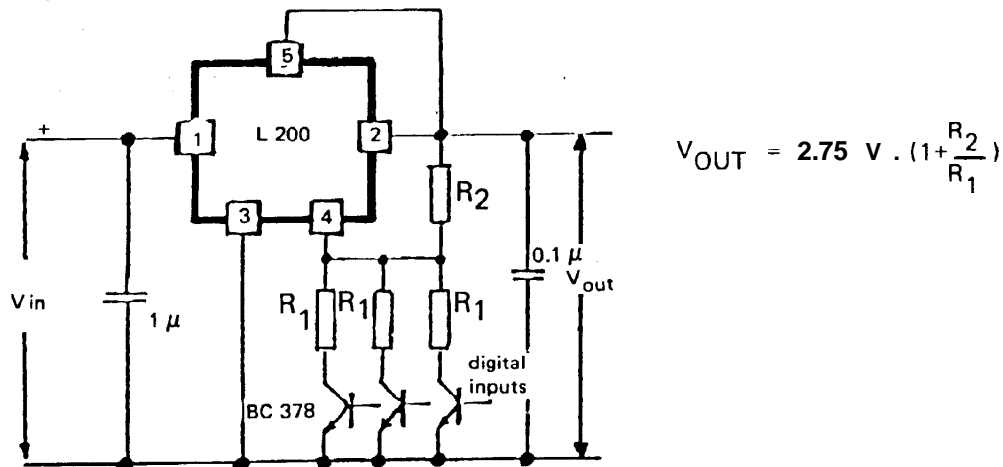


Bild 10: Digitale Spannungseinstellung

9. Regler für hohe Spannung

Es gibt Anwendungen, wo die Grenzwerte des L 200 überschritten wurden. Um trotzdem die Vorteile des L 200 zu nutzen, muß mit externen Elementen der L 200 wieder innerhalb seiner Betriebsbedingungegebracht werden.

Bild 11 zeigt die Anwendung bei hohen Eingangsspannungen. Mit Hilfe der Schaltung vor dem Eingangspin 1 wird die hohe Ladespannung auf ca. 35 V gebracht.

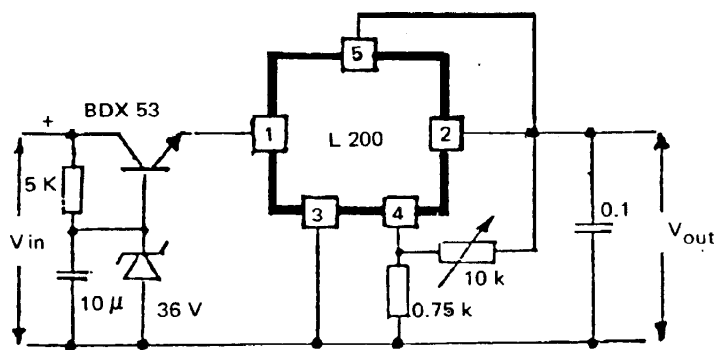


Bild 11: Hohe Eingangsspannung

Werden Ausgangsspannungen von über ca. 35 V benötigt, sollte die Schaltung Bild 12 angewandt werden. Man legt den L 200 mit Hilfe einer Zenerdiode D_Z hoch. Damit erhöht sich die Ausgangsspannung um diese Zener-Spannung.

Die Diode D_1 dient als Schaltungsschutz bei Kurzschluß des Ausganges.

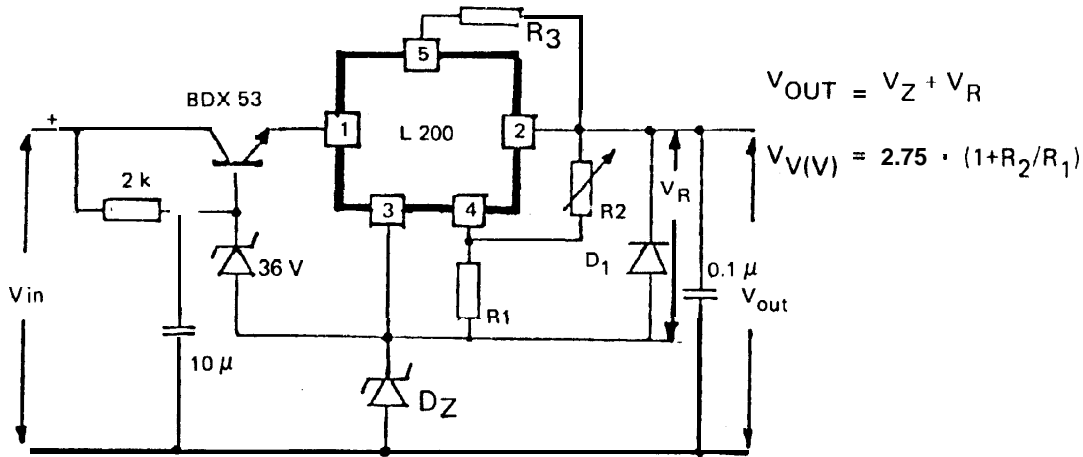


Bild 12: Hohe Ausgangsspannung

10. Regier für hohe Spannung und hohen Strom

Die Schaltung nach Bild 13 zeigt einen Vorschlag, bei dem mit geringem Aufwand Ausgangsspannungen bis > 70 V und Ströme bis 5 A realisiert werden können. Hier wird der L 200 als selbstregelnder Ermitterwiderstand für den Treibertransistor BD 537 benutzt. Der Ermitterstrom ist mit R_3 auf 450 mA begrenzt. Der Transistor T_2 ist ein hochsperrender PNP-Siliziumleistungstyp. Für eine gute Funktion der Schaltung muß die Verstärkung des Serientransistors R_2 berücksichtigt werden. Auf der einen Seite muß R_3 und R_L so gewählt werden, daß die am Eingang des L 200 anliegende Spannung den Strom noch aufbringt, d.h.

$$\frac{I_{OUT \max}}{h_{FE \min T_2}} \cdot (R_3 + R_L) \leq V_1 - V_{Drop}$$

V_1 ist die Eingangsspannung des L 200. V_{Drop} ist die Drop-out-Spannung des L 200 (< 2 V).

Auf der anderen Seite muß ein Mindestlaststrom fließen, damit der Serientransistor noch geöffnet werden kann.

$$\frac{I_{OUT \min}}{h_{FE \max T_2}} \cdot (R_3 + R_L) \geq 2.45$$

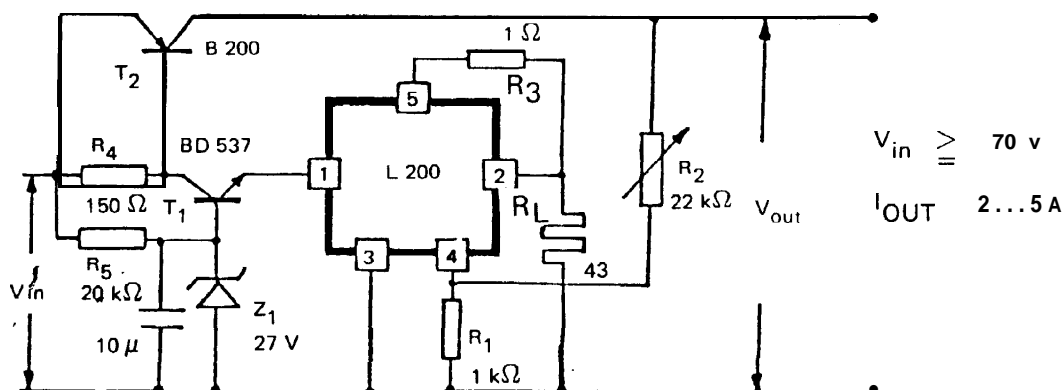
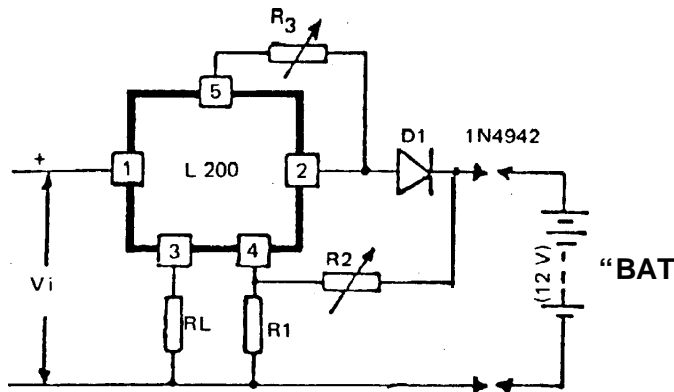


Bild 13: Hohe Spannung, hoher Strom

11. Batterieladeschaltung

Mit der in Bild 14 angegebenen Applikation läßt sich mit sehr wenig Aufwand eine Batterieladeschaltung realisieren. R_2 dient dazu, bei noch nicht angeschlossener Batterie den Endwert der Ladespannung einzustellen, während mit R_3 der Ladestrom in bekannter Weise bestimmt wird. Die Diode D_1 erlaubt ein Abschalten der Eingangsspannung bei angeschlossener Batterie, ohne daß diese wieder entladen wird. Der Widerstand R_L dient als Schutz bei Verpolung. Er beeinflusst die Ladebedingungen nicht, da durch ihn nur der Ruhestrom des L 200 fließt. Er sollte so dimensioniert werden, daß nicht mehr als 100 mA durch ihn fließen.

Eine in Reihe zu R_L geschaltete Glühlampe von etwa 12 V / 50 mA kann eine Verpolung anzeigen.



$$R_3 = \frac{0.45 \text{ (V)}}{I_{\max} \text{ (A)}}$$

$$R_L \approx \frac{U_{\text{BAT}} - U_{D1} \text{ (V)}}{0.1 \text{ (A)}}$$

Bild 14: Batterieladung

12. Labornetzteil 0 V bis 18 V; 35 mA bis 1.5 A

Bei Labornetzgeräten wird gewünscht, die Ausgangsspannung bis 0 V herunter einstellen zu können bzw. eine über großen Bereich einstellbare Strombegrenzung.

Da die eigene Referenzspannung des L 200 positiv 2.75 V beträgt, muß der Fußpunkt des Elementes mindestens um diesen Betrag negativ gemacht werden, damit eine Regelung bis 0 V möglich wird.

Für die zweite Bedingung des Ausgangsstroms über einen weiten Bereich einstellbar zu machen, wäre ein Drahtpotentiometer von ca. 12Ω nötig mit, wie aus Bild 2 b hervorgeht, unlinearer Kennlinie.

Die in Bild 15 wiedergegebene Schaltung greift daher die an dem Widerstand R_3 entstehende Spannung ab. Diese wird über den als Inverter geschalteten Operationsverstärker mit einstellbarer Verstärkung benutzt, um nach Erreichen der mit R_4 eingestellten Strombegrenzung den Anschluß 2 des L 200 nach Masse zu ziehen.

Für die negative Betriebsspannung des Operationsverstärkers und die Potentialverschiebung des L 200 wird eine Spannung von -3 V gebraucht, die jedoch nur mit 10 mA belastet wird.

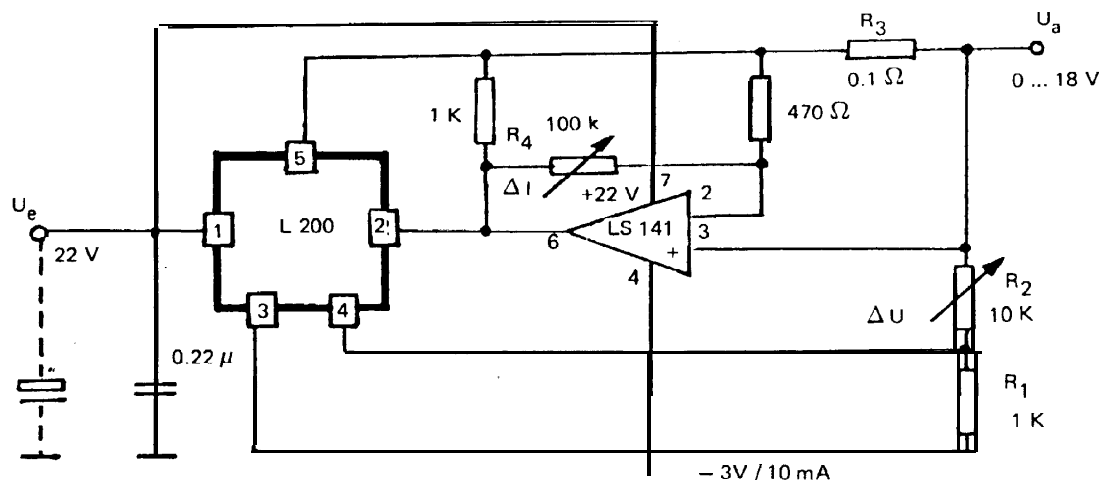


Bild 15: Einstellbares Netzteil 0...18V – 35 mA...1,5 A

13. Schaltregler

Um den Wirkungsgrad zu verbessern, werden heutzutage immer mehr Schaltregler eingesetzt. Diese sind meist unter allen Last- und Eingangsspannungsbedingungen günstiger.

Einen ökonomischen Schaltregler zeigt Bild 16. Hierbei wird das Serienelement des L 200 mit einem durch die Regelung bestimmten Tastverhältnis ein- und ausgeschaltet. Diese Schaltung schwingt durch die positive Rückkopplung mit den Elementen R_1, C_1 und D_1 am Anschluß 3 des L 200. Die Diode D_1 schaltet diesen Anschluß während der Entladephase der Induktivität auf Masse. Das Netzwerk C_2, R_2, N_2 versteuert die Abschaltung des integrierten Längsreglers.

Für eine gute Funktion der Schaltung sollten folgende Bedingungen erfüllt werden:

Schwingfrequenz	ca. 20 kHz	
Eingangsspannung	20...30 V	
Induktivität	0.35 mH bei einem Verhältnis-	$\frac{N_2}{N_1} = 0.6$

Für die Dimensionierung der Induktivität gilt:

$$L = \frac{U_a \cdot T_{aus}}{\Delta I}$$

worin ΔI der in der Spule fließende Spitzenstrom ist. Dieser Strom sollte mindestens doppelt so groß sein wie der maximal gewünschte Ausgangsstrom.

Die Abschaltzeit T_{aus} läßt sich mit dem Netzwerk zwischen Pin 2 und 5 des L 200 beeinflussen.

$$R_2 \cdot C_2 \sim T_{aus} = \frac{1 - \frac{V_{out}}{V_{in}}}{f_{min}}$$

Der Störspannungsanteil ΔV_a auf der Ausgangsspannung wird durch den Ausgangskondensator C_a bestimmt:

$$C_a \geq \frac{\Delta I}{8 f_{min} \cdot \Delta V_a}$$

Siehe auch SGS-ATES Design Note DN 319!

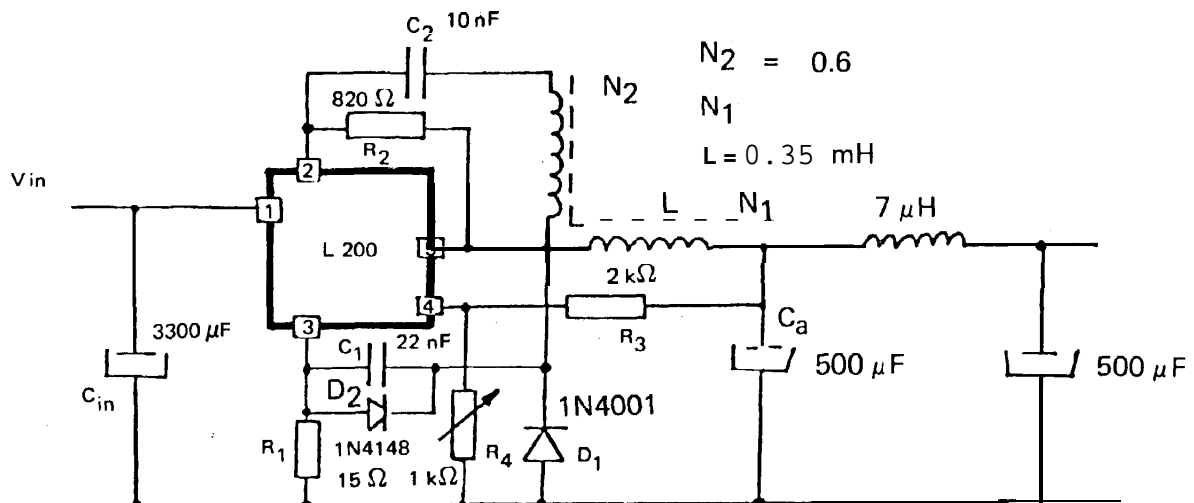


Bild 16: Schaltregler

Unter der in Bild 16 angegebenen Dimensionierung sind folgende Werte zu erreichen:

Eingangsspannung	20...33 V
Ausgangsspannung	15 V
Ausgangsstörspannung	50 mV _{SS}
Ausgangsstrom	150 mA...1A
Wirkungsgrad	70 %
Innenwiderstand	ca. 200 mΩ
Untere Schwingfrequenz	20 kHz
Ausregelung der Eingangsspannungsschwankung bei I _L = 0.5 A	0.05 % / v

14. L 200 als Festspannungsregler

Aus mehreren Gründen kann es nützlich sein, den L 200 als Festspannungsregler einzusetzen:

- Einstellvorgänge mit allem Drum und Dran sind teuer (ca. 0.80 DM!);
- Vereinfachte Lagerhaltung, da mit dem L 200 alle 78er Linien zu realisieren sind;
- als Quasi Second Source der 78er Linien, besonders auch für wenig gebräuchliche Zwischenspannungswerte;
- wo 1.5 Regler am Ende sind, kann der L 200 noch eingesetzt werden!

Voraussetzung für den Einsatz des L 200 als Festspannungsregler sind ±1 % Teilerwiderstände und eine auf ±2 % selektierte Referenzspannung des L 200. Hiermit wird dann eine für Festspggs.-Regler übliche Ausgangsspannungstoleranz von ±4 % erreicht. Zur Eigenberechnung sind die folgenden Formeln nötig, wobei R₁ nicht größer als 1.5 kΩ gewählt werden sollte, um Unstabilität der Schaltung zu vermeiden.

$$U_a = U_{Ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$R_2 = R_1 \left(\frac{U_a}{U_{Ref}} - 1\right)$$

Worst Case:

$$U_{a \max} = U_{Ref + \%} \left(1 + \frac{R_2 + \%}{R_1 - \%}\right)$$

$$U_{a \min} = U_{Ref - \%} \left(1 + \frac{R_2 - \%}{R_1 + \%}\right)$$

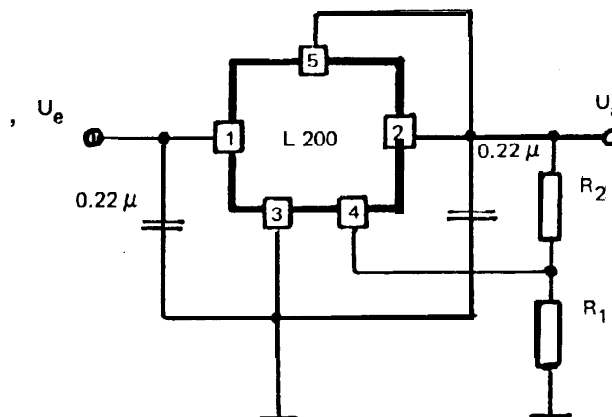


Bild 17

Tabelle für einige Festspannungswerte

U _a ± 4 %	R ₁ ± 1 %	R ₂ ± 1 %
5 v	1.5 kΩ	1.2 kΩ
12 v	1 kΩ	3.3 kΩ
15 v	750 Ω	3.3 kΩ
18 v	330 Ω	1.8 kΩ
24 v	510 Ω	3.9 kΩ

16. Einschaltverzögerung

Werden z.B. mehrere Spannungsversorgungen zur gleichen Zeit eingeschaltet, können unerwünscht hohe Einschaltströme entstehen. Um dies zu vermeiden, muß die Versorgungsspannung verzögert ansteigen. Eine sehr preisgünstige Möglichkeit hierzu gibt Bild 18 wieder.

Man erreicht mit dem RC-Glied, daß die Ausgangsspannung linear ansteigt. Der Widerstand R sollte nicht größer als $1\text{ k}\Omega$ gewählt werden, um Instabilitäten zu vermeiden. Die Zeit, bis die Ausgangsspannung ihren Sollwert erreicht hat, ist proportional zu dieser Spannung und dem dimensionierten RC-Glied.

$$T \approx R \cdot C \cdot U_a \cdot \frac{1.2}{(V)}$$

z.B. $T \approx 1 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 1.2 \frac{\Omega \cdot F \cdot V}{V} \quad \underline{\underline{T \approx 1.8\text{ s}}}$

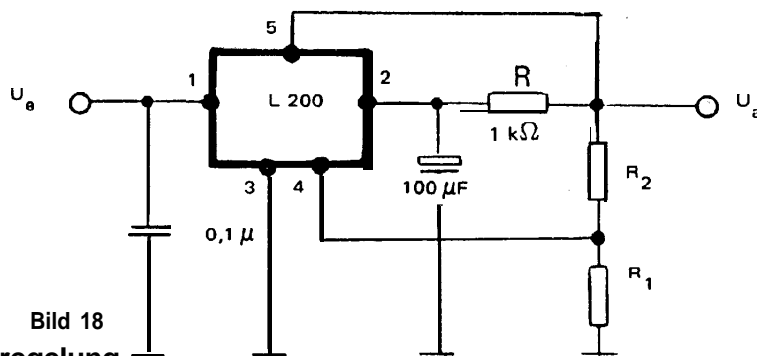


Bild 18

17. Helligkeitsregelung

z.B. automatische Helligkeitsregelung von selbstleuchtenden und beleuchteten KFZ-Bordinstrumenten, realisiert mit L 200

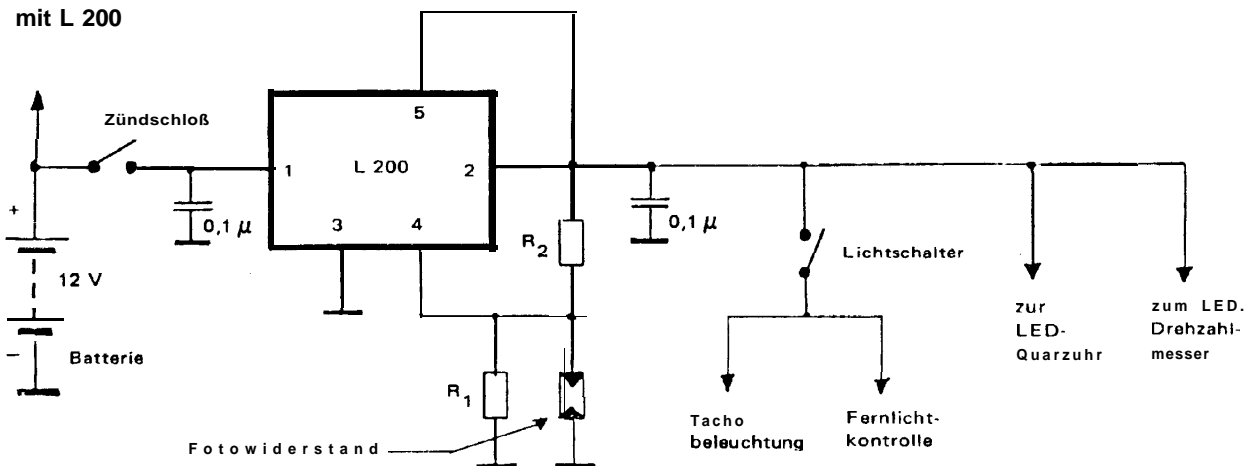


Bild 19

- R_1 bestimmt die Grundhelligkeit
- R_2 die maximale Helligkeit sowie die Regelkennlinie
- Es sind Lastströme bis max. 2A möglich
- Der Ausgang ist kurzschlußgeschützt durch Strombegrenzung
- Das Element hat „dump protection“ bis 60 V und ist somit geschützt gegen Impulsspitzen des Boardnetzes
- Anstelle des Fotowiderstandes kann auch ein Fototransistor verwendet werden
- Weitere Applikationen sind möglich.