



## B a u a n l e i t u n g

Schaltregler fuer 0,1 V bis 24 V; 250 mA bis 2,5 A

### 1. Technische Daten

Eingangsspannung	:	24 ... 28 V, Ws
Eingangstrom	:	< 3,1 A
Ausgangsspannung	:	0,1 ... 24 V =, einstellbar
Ausgangsstrombegrenzung:	:	0,25...2,5 A =, einstellbar
Ausgangswelligkeit	:	< 0,2 V bei 24 V; 2,5 A
		< 0,1 V bei 5 V; 2,5 A
Temperaturkoeffizient der Referenzspannung	:	< 7 mV / grd

### 2. Anschluss- und Einbaubedingungen

Die Baugruppe muss in ein allseitig geschlossenes Metallgehäuse eingebaut werden, um die TGL 20855/12 (Funk-Entstörung fuer elektrotechnische Gerate in Wohnhausern) einzuhalten. Das Gehäuse ist an den Schutzleiter anzuschliessen und an die Gehäuseanschlussstelle der Baugruppe (Verbindungspunkt C1, C2, C10, C11). Dabei ist auf kuerzeste Leitungsfuehrung zu achten. Die LED (V18) und die beiden Potentiometer (R32, R33) sind einschliesslich ihrer Zuleitungen innerhalb des Gehaeuses unterzubringen (bzw. in Durchbruechen der Wand).

Sollen andere, als die mit den Anschluessen W1, W2, UP, UM verbundenen Leitungen herausgefuehrt werden, muss der Nutzer selbst fuer die noetige Funkentstoeung sorgen. Dafuer lassen sich zB. Durchfuehrungsfilter verwenden.

Die Leitungen sind jeweils auf dem k u e r z e s t e n Weg aus dem Gehaeuse herauszufuehren, ohne dabei die Baugruppe zu ueber- oder unterqueren. Wir empfehlen auch, die innerhalb des Gehaeuses verlaufenden Leitungsstuecke zu schirmen.

Wenn sich der Netztrafo, Sicherungen und Schalter im gleichen Gehaeuse befinden, ist zwischen der Baugruppe und dem Trafo eine metallische Trennwand einzusetzen, die grossflaechig mit dem Gehaeuse elektrisch leitend verbunden wird. Die Eingaenge W1, W2 sind durch wenigstens eine Feinsicherung 3,15 A flink zu schuetzen. Die Primaerseite des Trafos ist bei 220 V Netzspannung mit einer Sicherung 1,0 A traege abzusichern.

Achtung: Zur Erzeugung der Kleispannung (24 V, Ws.) muss ein Volltransformator nach TGL 200-1643/01 verwendet werden. Aus Sicherheitsgruenden soll der Trafo wenigstens der Schutzklasse I entsprechen, d.h. er muss einen gekennzeichneten Schutzleiteranschluss besitzen.

Das damit aufgebaute Gerat ist einem Fachmann zur Abnahme vorzustellen.

### 3. Beschreibung der Funktion

#### 3.1 Beschreibung anhand des Blockschaltbildes (Bild 4)

Die Filter  $\text{Fi } 1$  (1) und  $\text{Fi } 2$  (4) verhindern ein Austreten von leitungsgebundener Stoerstrahlung. An  $\text{W1}$  und  $\text{W2}$  wird die Wechselspannung 24 V angelegt. Block 2 beinhaltet Gleichrichter, Ladekondensator sowie die Aufbereitung und Stabilisierung der beiden Versorgungsspannungen des Vierfach-Operationsverstaerkers (A1).

Block 3 ist der Schalter, der durch das Potential  $\text{USW}$  gesteuert wird. Die Speicherdrossel ist mit  $\text{L3}$  bezeichnet,  $\text{V11}$  ist die Freilaufdiode,  $\text{R9}$  der Strommesswiderstand.

Wird der Schalter (3) geschlossen, steigt der Strom durch  $\text{L3}$  nach einer Exponentialfunktion an. Wenn vor Erreichen des Grenzwertes der Schalter wieder geoeffnet wird, faellt der Strom von dem erreichten Wert wieder nach einer Exponentialfunktion ab. Infolge der Selbstinduktion der Speicherdrossel springt die Spannung am Ausgang des Schalters beim Oeffnen von +  $\text{U}(\text{G6})$  auf - 0,7 V (Flussspannung von  $\text{V11}$ ). Bei geoeffnetem Schalter wird der Strom bis zum Abklingen von der Freilaufdiode uebernommen.

Wird der Schalter mit einer Periodendauer ein- und ausgeschaltet, die sehr klein gegenueber der Zeitkonstanten der Exponentialfunktion ist, bleibt der Strom durch  $\text{L3}$  konstant. Der Wert dieses Stromes haengt dabei wesentlich vom Tastverhaeltnis (Ein-Aus-Verhaeltnis) des Schalters ab und laesst sich dadurch steuern.

Der Block 8 ist ein Rechteckgenerator, dessen Tastverhaeltnis durch die Eingangsspannung (Steuerspannung) in sehr weiten Grenzen variiert werden kann.

Die Spannung, die an  $\text{R9}$  abfaellt, ist proportional zum Strom den die Baugruppe abgibt. Sie wird durch den Operationsverstaerker (7) mit der Spannung am Schleifer von  $\text{R33}$  verglichen. Wird der durch  $\text{R33}$  eingestellte Strom ueberschritten, wird das Ausgangspotential des OPV (7) abgesenkt, und ueber  $\text{V16}$  sinkt die Steuerspannung des Generators (8), bis der eingestellte Strom erreicht ist. Bei Strombegrenzung leuchtet die LED  $\text{V18}$ . Der Spannungsteiler  $\text{R18} / \text{R19}$  erzeugt aus der Ausgangsspannung der Baugruppe eine Regelspannung, die in (6) mit der Spannung am Schleifer von  $\text{R32}$  verglichen wird. Wenn die Ausgangsspannung den durch  $\text{R32}$  voreingestellten Wert ueberschreitet, wird das Ausgangspotential des OPV (6) abgesenkt, und ueber  $\text{V17}$  sinkt die Steuerspannung des Generators. Durch die Entkopplung mit  $\text{V16}$ ,  $\text{V17}$  wird erreicht, dass Strom und Spannung unabhnaengig voneinander nach oben begrenzt sind.

#### 3.2 Funktionsbeschreibung der Bloecke

##### 3.2.1 Block 1:

Das Filter  $\text{Fi } 1$  besteht aus  $\text{C1}$ ,  $\text{C2}$ ,  $\text{C3}$  und  $\text{L1}$ . Mit ihm werden sowohl austretende Gleichtaktstoerungen, als auch Gegen-taktstoerungen gedaempft. Die Bauelemente  $\text{C4}$ ,  $\text{C5}$ ,  $\text{C6}$  und  $\text{L2}$  tragen ebenfalls zur Stoerungsunterdrueckung bei. Grundvoraussetzung fuer die Wirksamkeit der Filter  $\text{Fi } 1$  und  $\text{Fi } 2$  ist die Verbindung des Anschlusses PE mit dem Metallgehaeuse.

## 3.2.2 Block 2

Die Spannungsaufbereitung besteht aus den Bauelementen V1 bis V6, V14, V15, C5, C6, C13 bis C16, R1 und R15. V1 bis V4 bilden einen Brueckengleichrichter (Graetz), dessen Ladekapazitaet aus thermischen Gruenden auf die beiden Kondensatoren C5 und C6 aufgeteilt ist. Die UKW-Drossel L2 traegt nicht zur Glaettung bei, sondern nur zur Entstoerung. An C6 steht die Rohspannung fuer den Schaltregler zur Verfuegung.

Ueber R1, V15 wird die stabilisierte positive Betriebsspannung fuer den Schaltkreis A1 aus der Rohspannung erzeugt. C16 dient zur Glaettung.

Wenn die Gleichrichterbruecke belastet wird, liegen an V2 Sinushalbwellen, die ueber C13 ausgekoppelt werden. Waehrend des ansteigenden Teils der Halbwelle wird C13 ueber V5 aufgeladen und waehrend des fallenden Teils ueber V6, C14 entladen. Der Kondensator C14 wird dabei mit einer negativen Spannung ( gegen M0 gemessen ) aufgeladen. Mit R15, C15, V14 wird die Spannung geglaettet und auf  $-6,2$  V stabilisiert.

## 3.2.3 Block 3

Der Schalter besteht aus den Transistoren V7, V8 und der Vortreiberstufe mit V9, V10. Im Bereich  $12 \text{ V} < U(\text{USW}) < 20 \text{ V}$  steht der Kollektorstrom von V9 mit der Spannung an USW in einem linearen Zusammenhang. Unter  $12 \text{ V}$  fliesst kein Kollektorstrom. Bei  $U(\text{USW}) = 20 \text{ V}$  ist V9 gerade vollstaendig durchgesteuert. Diese Linearisierung wird durch R7 erreicht. Sie verhindert die Uebersteuerung von V9 und verkuerzt so die Sperrzeit. Ueber R4 wird die Basis des pnp-Transistors V8 angesteuert. R2 verkuerzt dessen Sperrzeit. Der Kollektor von V8 steuert den npn-Schalttransistor V7 an, wenn die Spannung an R3 die Schwelle  $U(\text{BE}) = 0,6 \text{ V}$  ueberschreitet. R3 ist so bemessen, dass der Strom durch V8 bei Vollast unter  $0,3 \text{ A}$  bleibt. In der Ausschaltphase sorgt R3 fuer eine kurze Sperrzeit von V7. Wenn V7 keinen Strom uebernimmt, was bei Defekt, Loetfehlern, Kontaktproblemen am Kollektor von V7 oder Kurzschluss von R3 moeglich ist, muss der Gesamtstrom von V8 aufgebracht werden. Aus thermischen Gruenden darf der Ausgangsstrom der Baugruppe dann nicht groesser als  $0,3 \text{ A}$  sein. Ein groesserer Strom zerstoert V8 und R3.

Hinweis: Bei einem etwaigen Defekt von V7 sollte nach dem Ausbauen von V7 zuerst R3, dann V11 und danach bei einem Ausgangsstrom unter  $0,3 \text{ A}$  die Funktionsfaehigkeit der Baugruppe ohne V7 ueberprueft werden. Die Spannungsregelung und das Ansprechen der Strombegrenzung bei Linksanschlag von R33 muss kontrolliert werden.

## 3.2.4 Block 4

Das Filter Fi 2 ist analog Fi 1 aufgebaut. Es gibt jedoch eine Besonderheit. Der im Blockschalbild gesondert eingezeichnete Strommesswiderstand R9 wird zum groessten Teil von einer Wicklung der Ringkern-drossel L4 gebildet. Ein kleinerer Teil wird von den Leiterzuegen aufgebracht. Der Wert des Widerstandes liegt bei  $25 \text{ Milliohm}$ .

## 3.2.5 Block 5

Die Referenzspannungsquelle besteht aus dem Operationsverstärker OPV1 von A1, der Z-Diode V13 und den Widerständen R10 bis R12. Die Z-Diode wird mit einem konstanten Strom betrieben. Die Ausgangsspannung  $U(\text{REF})$  liegt bei 10 V.

Der OPV1 ist über den Spannungsteiler R10 / R12 mitgekoppelt, über V13 / R11 gegengekoppelt. Die Ausgangsspannung steigt wegen der Mitkopplung so lange, bis der Wert des differentiellen Widerstandes  $r_{13}$  von V13 der Bedingung

$$r_{13} = R_{12} * R_{11} / R_{10} \text{ genügt.}$$

Der differentielle Widerstand  $r = dU / dI$  entspricht dem Anstieg der Kennlinie  $U = f(I)$ . Er wird auch Wechselstromwiderstand genannt.

Diese Bedingung wird einmal im Durchbruchbereich, nahe der Z-Spannung, erfüllt, aber auch im Durchlassbereich, bei etwa - 0,7 V. OPV1 hat damit zwei stabile Zustände,

bei  $U(\text{REF}) = + 10 \text{ V}$  und bei  $U(\text{REF}) = - 0,8 \text{ V}$ .

Beim Einschalten wird zuerst die positive OPV - Betriebsspannung aufgebaut. Deshalb wird mit Sicherheit der Zustand bei  $U(\text{REF}) = + 10 \text{ V}$  angenommen.

## 3.2.6 Block 6

Der Block 6 mit OPV2 von A1 ist der Spannungsvergleicher. Die Widerstände R18 und R19 bilden einen Spannungsteiler, der die Ausgangsspannung der Baugruppe, durch 2,6 geteilt, dem invertierenden Eingang von OPV2 zuführt (Istwert). Diese Spannung wird mit der am Schleifer von R32 anliegenden Spannung (Sollwert) verglichen, die durch Spannungsteilung aus der Referenz gewonnen wird. Wenn der Istwert den Sollwert übersteigt, wird die Ausgangsspannung von OPV2 (Messpunkt 7) verringert. Dadurch wird über V16 und Block 8 das Tastverhältnis verringert, bis Soll- und Istwert übereinstimmen.

Mit R14 wird die maximale Ausgangsspannung eingestellt. Das RC-Glied mit R20 und C18 dient zur Frequenzgangkorrektur, um ein Schwingen der Regelung zu verhindern. Das RC-Glied mit R17 und C17 unterdrückt Impulse auf der Sollwertleitung STU.

## 3.2.7 Block 7

Dieser Block führt mit OPV3 den Stromvergleich aus. Am Strommesswiderstand R9 (Wicklung von L4) fällt eine Spannung ab, die proportional zum Ausgangsstrom der Baugruppe ist. Diese Spannung liegt an M1, bezogen auf M0, und wird dem invertierenden Eingang von OPV3 über R21 und R35 zugeführt. Am Schleifer von R33 wird eine auf M0 bezogene Sollspannung abgenommen und über R22 dem anderen Eingang zugeführt. Ist der Ausgangsstrom kleiner als der Sollwert ( $R9 * I < U(\text{STI})$ ), ist der Ausgang von OPV3 in der positiven Sättigung. Wenn der Ausgangsstrom den Sollwert erreicht, wird der Ausgang von OPV3 negativer. Dann leuchtet V18 (Strombegrenzung) und über V16 und Block 8 wird das Tastverhältnis verringert. Mittels V16 und V17 erfolgt die Entkopplung der Vergleicher, damit die beiden Grenzwerte voneinander unabhängig sind.

Den prinzipiellen Verlauf der statischen U-I-Kennlinie des

Schaltreglers zeigt Bild 1. Der Kurzschlussstrom  $I(K)$  liegt maximal 10% ueber dem Sollwert.

Hinweis: Die Strombegrenzung schuetzt hauptsaechlich den Schaltregler selbst vor zu grossem Strom. Der Entladestromstoss von C12 und C8 bei einem ploetzlichen Ausgangskurzschluss kann nicht verhindert werden. Der Schutz der angeschlossenen Schaltung vor Ueberstrom kann nur erreicht werden, wenn :

1. die Schaltung nur im spannungslosen Zustand angeschlossen wird (zB. R32 am Linksanschlag), und wenn
2. ploetzliche Lastaenderungen ausgeschlossen sind.

### 3.2.8 Block 8

Der Block 8 ist ein Rechteckgenerator, dessen Tastverhaeltnis in weiten Grenzen durch die Steuerspannung, die ueber V16 und V17 eingekoppelt wird, geaendert werden kann.  $V_t = f(U_{in})$

Ohne C21 waere Block 8 ein nichtinvertierender Verstaerker, der fuer Gleichspannung und niedrige Frequenzen eine Spannungsverstaerkung von 1,16 hat, fuer hoehere Frequenzen eine Verstaerkung um 3,5. C21 realisiert eine Mitkopplung fuer Frequenzen oberhalb etwa 40 kHz. Dadurch schwingt OPV4 mit einer Frequenz oberhalb 40 kHz.

Der Spannungsteiler R29 / R30 verringert die Amplitude am Eingang von OPV4 auf die zulaessigen Werte.

Wenn in den Eingang des OPV (Pin 12) kein Strom fliesst, was durch die PPT-Eingaenge des verwendeten E 084 gut angenaehert wird, gilt die Gleichspannungsverstaerkung von 1,16 im uebertragenen Sinn auch fuer die schwingende Schaltung (mit C21). Hier muss allerdings der Zeitmittelwert  $\langle U \rangle$  als Ausgangsspannung angesehen werden.

$$\langle U \rangle = (1 / T) * \int_0^T U dt$$

Fuer eine Rechteckschwingung zwischen  $U_{aus}$  und  $U_{ein}$  ist

$$\begin{aligned} \langle U \rangle &= (U_{ein} * t_{ein} + U_{aus} * t_{aus}) / (t_{ein} + t_{aus}) \\ &= (U_{aus} + V_t * U_{ein}) / (1 + V_t) \quad \text{mit } V_t = t_{ein} / t_{aus}. \end{aligned}$$

Daraus ergibt sich das Tastverhaeltnis

$$V_t = (U_{aus} - \langle U \rangle) / (\langle U \rangle - U_{ein}).$$

Betrachtet man die Spannungsverhaeltnisse am Verstaerker ( ohne C21 ) genauer, stellt man fest, dass die Ausgangsspannung  $U_{14}$  ( Gleichspannung an Pin 14 des OPV ) genau dann gleich der Eingangsspannung  $U_{in}$  =  $U_{12}$  ist, wenn der Strom durch R31 verschwindet, d.h. wenn

$$U_{14} - U(C20) = 1,16 ( U_{12} - U(C20) ) = 0 \quad \text{ist.}$$

Dann ist auch  $U(C20) = U(M3) * R26 / (R25 + R26) = 6,9 \text{ V.}$

$$U_{14} = 1,16 * U_{12} - 0,16 * 6,9 \text{ V}$$

Setzt man fuer den Zeitmittelwert  $\langle U \rangle$  der Generatorschaltung ( mit C21 ) die Werte von U14 ein, erhaelt man die Wandlerkennlinie:

$$V_t (U'_{in'}) = (1,16U'_{in'} - U'_{aus'} - 1,1V) / (U'_{ein'} - 1,16U'_{in'} + 1,1V)$$

Mit  $U'_{aus'} = -5 V$ ,  $U'_{ein'} = +21 V$  ergibt sich:

$$V_t (U'_{in'}) = (U'_{in'} + 3,4V) / (19,0V - U'_{in'}) .$$

Daraus ist abzulesen: Bei  $U'_{in'} = 7,8 V$  ist  $V_t = 1$  ;  
 bei  $U'_{in'} = 19,0 V$  ist  $V_t \rightarrow \infty$  ;  
 bei  $U'_{in'} = -3,4 V$  ist  $V_t \rightarrow 0$  .

Fuer  $U'_{in'} > 19 V$  bzw.  $U'_{in'} < -3,4 V$  wird die Schwingbedingung nicht mehr erfuehlt, weil der OPV in die obere bzw. untere Saettigung gelangt.

Da die Ausschalt- und die Einschaltphase wegen der unvermeidlichen Totzeiten des OPV nicht beliebig kurz werden koennen, kommt es bei sehr grossem und bei sehr kleinem Tastverhaeltnis zur Verringerung der Schaltfrequenz.

### 3.2.9 Schutzfunktionen

Die Schutzfunktionen lassen sich kaum in einem Block zusammenfassen. Waehrend des Einschaltens, sowie nach dem Abschalten der Baugruppe stehen nicht beide OPV - Versorgungsspannungen im zulaessigen Toleranzbereich zur Verfuegung. In diesem Fall kann die Funktion der Bloecke 5 bis 8 nicht garantiert werden. Insbesondere ist die Strombegrenzung bei Kurzschluss nicht arbeitsfaehig. Um die Zerstoerung von V7 oder anderer Bauelemente beim Ein- und Ausschalten, bei Unterspannung vom Trafo bzw. beim Kurzschluss einer OPV - Spannung zu verhindern, wird in diesen Paellen die Ansteuerung des Schalters (3) ausgeschlossen.

- 1) V10 verhindert die Ansteuerung von V9, sobald die positive Versorgungsspannung des OPV Werte unter 14 V hat (M3).
- 2) V19, V20, R34 tauschen am Stromvergleicher (7) bei Ausfall der negativen Versorgungsspannung oder Unterschreitung des Betrages 5,5 V einen hohen Ausgangsstrom vor. Dadurch wird ueber den Stromvergleicher (7) der Schalter (3) ausgeschaltet, bis die Versorgungsspannung den erforderlichen Wert erreicht.

V20 und V14 weisen die gleichen Daten auf. Da der Strom durch V20 wesentlich geringer ist, wird die Spannung an V20 etwas kleiner als an V14 sein. Dadurch ist die Anode von V19 gegenueber der Katode schwach negativ und V19 sperrt. Sollte durch Exemplarstreuungen die Z-Spannung von V20 deutlich ueber der von V14 liegen, sind V14 und V20 gegeneinander zu tauschen. Wird die negative Versorgungsspannung (Messpunkt M5) aus irgendeinem Grund betragsmaessig kleiner als 5,5 V, wird V19 leitend und ueber R14 wird ein Strom in R21 eingespeist. Der daraus resultierende Spannungsabfall wird am Eingang (Pin 9) des OPV3 wirksam und treibt den Ausgang des OPV in die untere Saettigung. Dadurch wird auch ueber V17 der Generator (OPV4) in die untere Saettigung gebracht, und der Schalter wird statisch gesperrt. Der Zustand wird durch V18 angezeigt ( Strom-

begrenzungs-LED ). Beim Abschalten der Baugruppe leuchtet V18 bis C5 und C6 entladen sind.

#### 4. Vorbereitungen zum Aufbau, Hinweise

Vor Aufbaubeginn muss die Bauanleitung vollstaendig gelesen werden. Zum besseren Verstaendnis sollte Zusatzliteratur verwendet werden:

- [1] Jungnickel: Moderne Stromversorgungstechnik.  
 rfe 29 Berlin (1980) H 7, S. 437 ff,  
 rfe 29 Berlin (1980) H 8, S. 499 ff,  
 rfe 29 Berlin (1980) H 9, S. 571 ff,  
 rfe 29 Berlin (1980) H10, S. 653 ff,  
 rfe 29 Berlin (1980) H11, S. 707 ff,  
 rfe 29 Berlin (1980) H12, S. 771 ff.
- [2] Jakubaschek: Elektronikschaltungen mit dem OPV A109 .  
 Reihe electronica. Bd.182, Berlin 1980
- [3] Kowalewski, S. und Richter, G.: BiFET-Operationsverstaer-  
 kerschaltkreise B 080 - B 084.  
 rfe 32 Berlin (1983) H 3, S. 165 ff.

Die Leistung des verwendeten Loetkolbens soll nicht ueber 30 W liegen; moeglichst ist ein Niederspannungsloetkolben mit Trenntrafo zu verwenden. Die Loetdauer darf 5 s je Loetstelle nicht ueberschreiten, sonst sind Beschaedigungen der Leiterplatte und der Bauelemente moeglich. Als Flussmittel duerfen keine korrodierenden Mittel und kein Loetfett verwendet werden. Empfohlen wird Loettinktur SW 31 ( Kolophonium in Spiritusloesung ). Die Draechte fuer Betriebsspannung, Min- und Ausgange sind so anzuschliessen, dass keine mechanische Belastung der Leiterzuege auftreten kann.

Die Anschlussdraechte der Freilaufdiode V11 duerfen nicht gekuert werden. Sie werden auf der Leiterseite an den betreffenden Leiterzug auf der ganzen Laenge angelotet, um die Waermeabfuhrung zu verbessern. Hierzu kann ausnahmsweise ein 60 W - Loetkolben verwendet werden.

Bei V7 ist ein guter Waermekontakt zum Kuehlblech sowie ein guter elektrischer Kontakt des Kollektors zum Leiterzug zu gewaehrleisten.

Aufbau und Inbetriebnahme muessen nach Punkt 5 dieser Bauanleitung vorgenommen werden. Vor dem Anloten der Bauelemente ist deren richtige Einbaulage gewissenhaft zu kontrollieren. Der Bestueckungsplan, Bild 5, zeigt die richtige Lage. Zur Sicherheit kann man auch den Stromlaufplan hinzuziehen.

Die Speicherdrossel L3 und das Kuehlblech werden vor den Loetarbeiten angefertigt ( s. 5.0 ). Dazu muss man etwa 4 m CuL - Draht mit 0,8 mm Durchmesser, sowie ein entsprechendes Stueck Alu-Blech mit 0,5 mm Dicke besorgen. Zur Realisierung des Luftspaltes in L3 werden zwei 0,4 mm dicke Plaststuecke mit der Kantenlaenge 4 mm x 7 mm vorbereitet. Auch jedes unmagnetische, nichtleitende Material (Pappe) ist brauchbar.

Der verwendete Netztransformator ist zu untersuchen, ob er bei Vollast (2,8 A) noch eine Spannung von 24 V abgibt. Wir empfehlen eine Nennleistung des Trafos von wenigstens 100 W. Wenn die Trafo-Ausgangsspannung bei Vollast zu stark absinkt, tritt bei maximaler Ausgangsleistung des Schaltreglers

( $2,5 \text{ A} * 24 \text{ V} = 60 \text{ W}$ ) eine grosse Welligkeit auf, weil der Regler die Rohspannungseinbrueche beim Nulldurchgang der Eingangsspannung nicht mehr ausregeln kann. Fuer die Inbetriebnahme ist ein Vielfachmessgeraet mit einem Spannungsmessbereich  $\geq 40 \text{ V}$  und einem Strommessbereich  $\geq 3 \text{ A}$  noetig. Als variable Last leistet ein Drahtdrehwiderstand mit  $250 \text{ Ohm}$  Gesamtwiderstand und einer Verlustleistung ueber  $70 \text{ W}$  gute Dienste. Wer einen Oszillograph einsetzen kann, sollte nicht darauf verzichten.

#### Achtung!

Die Basis von V7, der Kollektor von V8 und der Messpunkt M11 duerfen bei arbeitender Schaltung nicht bzw. nur ueber einen hochohmigen Tastkopf beruehrt werden. Ausgenommen sind Messungen an M11 waehrend der Inbetriebnahme nach Punkt 5.

Die Eingaenge der Operationsverstaerker sind sehr hochohmig. Das Beruehren dieser Anschluesse mit dem Finger kann bereits die Regelung, insbesondere die Strombegrenzung, ausser Betrieb setzen. Messungen an diesen Punkten duerfen nur erfolgen, wenn der Lastwiderstand zwischen UP und UM groesser als  $18 \text{ Ohm}$  ist, also kein Strom ueber  $2,5 \text{ A}$  fliessen kann.

Bei Aufbau und Inbetriebnahme darf die Baugruppe nur auf einer isolierenden Unterlage abgelegt werden. Metallteile, wie Reste von Anschlussdraht usw., sind sorgfaeltig zu entfernen. Bei Einbau in ein Metallgehaeuse ist zu sichern, dass keine Beruehrung von Bauelementen oder Leiterzuegen mit dem Gehaeuse moeglich ist.

## 5. Aufbau und Inbetriebnahme

Die Komplexitaet der Schaltung erschwert die Fehlersuche und -behebung an der kompletten Baugruppe. Daher sollte der Aufbau in mehreren Schritten erfolgen, zwischen denen die fertiggestellten Baugruppen getestet werden. Dabei werden grobe Fehler und daraus resultierende Folgeschaden weitgehend vermieden. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass Loetarbeiten an der eingeschalteten Baugruppe nicht zulaessig sind, da die Gefahr von Kurzschluessen durch Zinnbruecken oder die Loetkolbenspitze und die Gefahr von Fehlerspannungen zwischen der Baugruppe und dem Loetkolben bestehen. Eine Zerstoeerung von Bauelementen durch die in den Elkos gespeicherte Energie bei Kurzschluessen ueber die Loetkolbenspitze ist ebenfalls nicht auszuschliessen. Daher soll zwischen Ausschalten und dem Beginn von Loetarbeiten wenigstens 4 Minuten gewartet werden.

### 5.0 Herstellen der Speicherdrossel L3 und des Kuehlbleches

Die Speicherdrossel besteht aus 75 Windungen CuL-Draht mit  $0,8 \text{ mm}$  Durchmesser auf dem Spulenkoerper (11), dem Ferritkern EE-30 (08), den Rahmen A (14) und B (15), zwei Schrauben M 2,5, zwei Muttern M 2,5 und vier Scheiben 2,7 (17,21,24). Die Spule wird in Lagen gewickelt. Die Anschluesse werden auf der gleichen Seite des Spulenkoerpers herausgefuehrt und am Rand befestigt. Die freie Anschlusslaenge muss etwa  $100 \text{ mm}$  betragen. Anschliessend werden die beiden Kernhaelften von beiden Seiten in den Spulenkoerper geschoben. Nun werden die Rahmen A und B von unten und oben an den Kern gelegt. Von der

Seite des Rahmens A werden die beiden Schrauben mit je einer aufgelegten Unterlegscheibe durch die Befestigungsloecher geschoben und in die Gewindeloecher des Rahmens B geschraubt.

Zwischen die beiden Aussenschenkel der Kernhaelften werden die vorbereiteten Plaststuecke gelegt, die einen Luftspalt von je 0,4 mm realisieren. Wenn die Moeglichkeit zur Messung der Induktivitaet besteht, kann die richtige Breite des Luftspalts kontrolliert werden. Die Induktivitaet muss zwischen 0,4 mH und 0,5 mH liegen. Beim Festziehen der Schrauben muss man die beiden Kernhaelften zusammendruecken.

Die Schrauben stehen aus dem Rahmen B etwa 10 mm heraus. Die Drossel kann nun mit diesen Schrauben auf die Befestigungsloecher, in der Leiterplatte, aufgesetzt werden und mit den beiden Muttern M 2,5 ueber je eine Unterlegscheibe festgezogen werden. Nun werden die beiden Anschlussdraechte auf die richtige Laenge gekuerzt, die Enden auf etwa 10 mm von der Lackisolierung befreit und verzinkt.

Das Kuehblech ist in Bild 2 dargestellt.

Der Transistor V7 muss gekuehlt werden, um eine Sperrschicht-Temperatur unter 150 Grad Celsius zu garantieren. Die Ausfallwahrscheinlichkeit von V7 steigt mit zunehmender Temperatur stark an. Das angegebene Kuehblech ist ein Beispiel, mit dem bei maximaler Ausgangsleistung eine Gehaeusetemperatur unter 110 Grad erreicht wird. Dazu ist eine wirksame Kuehflaeche von mindestens 50 Quadratzentimetern noetig. Wer eine niedrigere Temperatur anstrebt, muss das Kuehblech vergroessern.

Der Einbau der Leiterplatte in ein Gehaeuse soll vorzugsweise senkrecht erfolgen. Das Kuehblech darf nicht direkt auf die Leiterplatte aufgesetzt werden, damit auf der Rueckseite Luft vorbeistromen kann. Achtung beim Einbau: Das Kuehblech fuehrt die Rohspannung von 35 V !

## 5.1 Aufbau, 1. Phase

Die Vollzaehligkeit der Bauelemente wird anhand der Schalteilliste und der Stueckliste kontrolliert. Reklamationen zur Vollzaehligkeit werden nach Beginn der Loetarbeiten nicht mehr anerkannt.

- 5.1.1 Die Leiterplatte wird nach Bestueckungsplan ohne L2, L3, C14, R8, R15, V8, V10 und ohne den Schaltkreis A1 aufgebaut. Mit der Bruecke 2 wird begonnen. Die Anschluesse der Bauelemente werden so abgebogen, dass nach dem Einbau die Bezeichnung lesbar ist. V18, R32 und R33 werden ebenfalls noch nicht angeschlossen. Beim Loeten sind die Hinweise nach Punkt 4 zu beachten. Danach wird die Leiterplatte von der Loetseite auf Loetzinnbruecken und aehnliche Baufehler geprueft. Auf der Bestueckungsseite werden Vollzaehligkeit und Uebereinstimmung mit der Schalteilliste sowie die richtige Einbaulage anhand des Bestueckungsplanes ueberprueft. Dabei muss auch darauf geachtet werden, dass kein Kurzschluss zwischen benachbarten Bauelementen moeglich ist. Wir empfehlen auch, die Schaltung gruendlich mit dem Stromlaufplan zu vergleichen.

5.1.2 Nun wird ein Durchgangspruefer (Prueffix aus 3-Volt-Batterie und Gluehlampe) zwischen W1 und W2 angeschlossen. Hier darf nur ein Einschaltstromstoss auftreten, wenn die Elkos geladen werden. Diese Pruefung wird bei umgekehrter Polung von W1 und W2 wiederholt. Glimmt die Lampe dauernd, messen die Dioden V1 bis V4 einzeln auf Gleichrichterwirkung und richtige Polung mit dem Prueffix getestet werden. Auch hier koennen Ladestroeme auftreten.

5.1.3 Zwischen M12 und UP sowie zwischen M0 und UM muss Durchgang bestehen.

5.1.4 Die Ausgangsspannung des unbelasteten Netztrafos darf zwischen 24 V und 28 V Wechselspannung liegen.

5.1.5 Der Trafo wird ueber einen Strommesser (Messbereich  $\geq 3$  A) und eine Geraeteschutzsicherung 250 mA, traege, an W1 und W2 angeschlossen. Der Strom muss nach Aufladung der Elkos unter 0,1 A zurueckgehen. Nun wird an M2 die Spannung gemessen und mit Tabelle 1 verglichen.

## 5.2 Aufbau, 2. Phase

5.2.1 R15 und C14 werden eingeloetet, R8 wird voruebergehend zwischen M2 und M0 geschaltet und nochmals nach 5.1.5 vorgegangen. Zusaetzlich werden die Spannungen an M1 und M5 geprueft. Wenn die in Tabelle 1 angegebenen Werte erreicht werden, wird R8 wieder entfernt.

5.2.2 Die UKW-Drossel L2 wird eingesetzt, und die Spannungen an M3 und M4 werden geprueft. An M10 muss etwa die gleiche Spannung wie an M2 gemessen werden.

Achtung: Puer Weitere Arbeiten ist der Transistor V7 unbedingt auf das Kuehlblech zu montieren.

5.2.3 V8 wird eingeloetet, und die Messungen nach Punkt 5.2.2 werden wiederholt. R8 wird eingesetzt.

5.2.4 Der Kurzschlussstrom zwischen den Punkten M10 und M0 wird gemessen. Er muss bei 35 mA  $\pm 20\%$  liegen. Nun wird die Verbindung des Messgeraetes zu M10 geloest, auf Spannungsmessung  $\geq 40$  V Gs. umgeschaltet und die Spannung zwischen M11 und M0 gemessen. M10 wird mit M0 ueber einen Draht verbunden. Das Messgeraet muss nun 30 V bis 40 V anzeigen. Spricht dabei die Sicherung an, muss V11 mit dem Prueffix ueberprueft werden. Wird die Verbindung M10 - M0 geloest, muss die Spannung unter 0,1 V absinken. Wenn die Spannung deutlich absinkt, aber nicht unter 0,1 V gelangt, wird bei eingeschalteter Baugruppe M11 kurzzeitig mit M12 verbunden. Die Spannung muss dann sofort unter 0,1 V sinken. Sonst sind V7, V8, R2 und R3 zu pruefen.

Achtung: Die Spannung an M12 darf wegen der Grenzspannung von C8 und C12 nicht groesser als 25 V werden! Wenn die Spannung am Messgeraet mit der Verbindung M11 - M12 nicht unter 25 V sinkt, ist die Verbindung sofort zu loesen. In diesem

Fall ist ein Defekt von V7 oder V8 zu vermuten. Zur Fehler- eingrenzung wird nacheinander R4 entfernt, R2 ueberbrueckt, dann V8 entfernt und R3 ueberbrueckt, dann V7 entfernt.

5.2.5 Sind die Pruefungen nach 5.2.4 erfolgreich, wird das Schalten von V9 ueberprueft. Dazu wird die Verbindung M11-M12 entfernt und die Spannung an M11 gemessen. Der freie Anschluss von R5 ( Anode von V10 ) wird ueber einen Widerstand mit einem Wert zwischen 1 kOhm und 10 kOhm mit Messpunkt M3 verbunden. Dann muss an M11 die gleiche Spannung, wie an M2 auftreten.

### 5.3 Aufbau, 3. Phase

5.3.1 Die Spannungen an den Messpunkten M1, M2 und M5 werden nach Tabelle 1 nochmals geprueft. Dann wird der Schaltkreis A1 eingesetzt.

Achtung: Zum Einloeten von A1 muss die Baugruppe vollstaendig vom Trafo getrennt werden. A1 darf erst 5 bis 10 Minuten danach aufgesetzt werden. Richtige Einbaulage pruefen! Pin 1 liegt an V13. Nach Einbau von A1 wird auf Loetbruecken kontrolliert. Danach kann der Trafo wieder angeschlossen und eingeschaltet werden. Sicherung ( 250 mA ) nicht vergessen!

Die Spannung an den Messpunkten M3, M5 und M6 wird nach Tabelle 1 kontrolliert. Die Schaltkreistemperatur darf 5 Minuten nach dem Einschalten 40 Grad Celsius nicht uebersteigen.

5.3.2 Nun wird die Funktion der Operationsverstaerker geprueft. Die Referenzspannungsquelle funktioniert, wenn die Spannung an M6 mit Tabelle 1 uebereinstimmt.

R32 und R33 werden angeschlossen und auf Mittelstellung gebracht. Zwischen M7 und M5 wird die Spannung gemessen ( Plus an M7 ). Sie muss um 25 V liegen.

Nun wird M3 mit M12 kurzzeitig gebrueckt. Dabei muss M7 auf 0 bis 2 V umschalten (gegen M5 gemessen). Das gleiche Verhalten muss an M9 auftreten. M8 muss um 25 V liegen.

5.3.3 V10, V18, L3 werden angeschlossen. Die Polaritaet von V10 muss dabei beachtet werden. Die Bruecke M3-M12 muss wieder entfernt werden. Zwischen UM und UP ( Ausgang der Baugruppe ) wird ein Spannungsmessgeraet ( MB  $\geq$  30V Gs.) angeschlossen. R32 und R33 werden in Mittelstellung gebracht. Beim Einschalten werden etwa 12 V angezeigt. Die Spannung kann mit R32 zwischen 0,1 V und 24 V geregelt werden. V18 darf nicht leuchten.

5.3.4 In einem Dauertest bei 24 V Ausgangsspannung wird auf unnormale Drueckung der Bauelemente, insbesondere aller Halbleiter und aller Elkos, geachtet. Temperaturen ueber 40 Grad Celsius deuten auf einen Fehler hin.

5.3.5 Die Ausgangsspannung wird am Potentiometer R32 auf 0,1 V verringert. Zwischen UM und UP wird ein Strommessgeraet mit einem Messbereich von wenigstens 3 A Gs. geschaltet. Nach dem Einschalten ist ein Strom unter 1 A zu erwarten. R33 wird nun in Anfangsstellung ( Linksanschlag ) gebracht. Dabei muss der

Strom weiter absinken und V18 muss aufleuchten ( Strombegrenzung ). Durch Rechtsdrehen des Spannungsreglers R32 darf sich der Strom nicht aendern.

5.3.6 Mit dem Stromregler R33 wird der Strom vorsichtig auf etwa 1 A erhoehrt. In einem Test von etwa 10 min. Dauer wird die Erwaemung von V7 und V8 kontrolliert. 60 Grad duerfen nicht ueberschritten werden, sonst muss sofort ausgeschaltet werden. Wird V7 zu heiss, sind folgende Ursachen moeglich:

- Die Speicherdrossel L3 ist ueberbrueckt oder nicht richtig aufgebaut.

- Die Freilaufdiode V11 uebernimmt in der Ausschaltphase nicht den Strom, der durch L3 fliesst.

- Der Transistor V7 schaltet nicht vollstaendig aus.

In diesen Faellen steigt die Verlustleistung stark an. Das verringert den Wirkungsgrad und vergroessert also die Stromaufnahme der Baugruppe. In diesen Faellen ist deshalb mit einem Ansprechen der Geraeteschutzsicherung zu rechnen, bevor der Ausgangstrom von 1 A erreicht ist.

#### 5.4 Inbetriebnahme

Nach dem Aufbau (Punkte 5.0 bis 5.3) wird nochmals bei offenem Ausgang der Eingangsstrom kontrolliert. Er darf 0,5 A nicht ueberschreiten.

Anschliessend wird mit dem Einstellregler R14 die maximale Ausgangsspannung auf 24 V, und mit R13 der maximale Ausgangstrom auf 2,5 A eingestellt.

In einem Dauertest bei Vollast ( 24 V; 2,5 A ) wird die Temperatur der Bauelemente kontrolliert. C5 und C6 koennen nach 30 Minuten eine Temperatur um 60 Grad haben, ebenso C13. Die Temperatur von V7 laesst sich mit einem am vorderen Ende angefeuchteten Papierstreifen pruefen. Dabei darf kein Zischen zu hoeren sein.

Der Einbau in das Abschirmgehaeuse muss so erfolgen, dass eine ausreichende Kuehlluftzufuhr gesichert ist.

Nach dem Einbau sollte mit einem Rundfunkgeraet (Batteriebetrieb) im Mittelwellenbereich nach Stoerstrahlung gesucht werden. In etwa 5 Meter Entfernung darf keine starke Stoerstrahlung mehr auftreten. Sonst ist zu kontrollieren, ob alle Hinweise nach Punkt 2 der Anleitung eingehalten sind.

Achtung: Bei gefundener Stoerstrahlung muss der Schaltregler durch Ein- und Ausschalten als Stoerquelle identifiziert werden. Das Betreiben der Baugruppe ohne ausreichende Entstoeerung ist nicht zulaessig !

Aenderungen im Sinne des technischen Fortschrittes behalten wir uns vor.

Hersteller: VEB Kontaktbauelemente und  
Spezialmaschinenbau Gornsdorf

DDR - 9163 Gornsdorf  
Auerbacher Strasse

Ruf: Meinersdorf 60  
Telex: 77161

1985

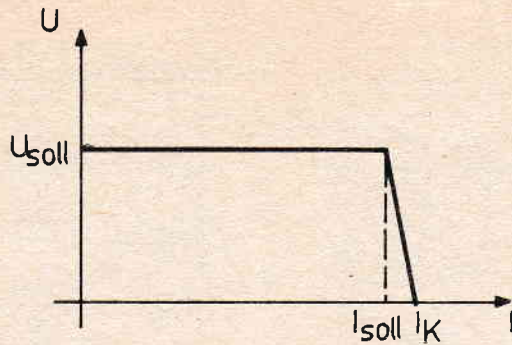


Bild 1: Strom-Spannungskennlinie ( statisch )

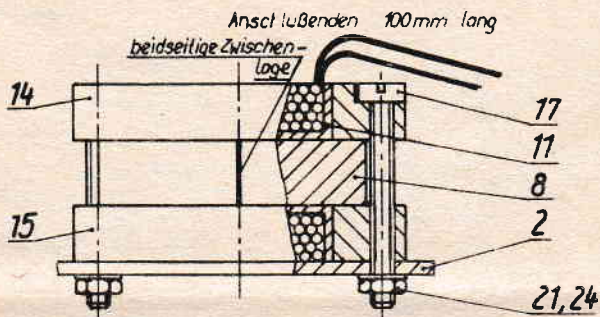


Bild 3: Aufbau der Speicherdrrossel  $L_3$

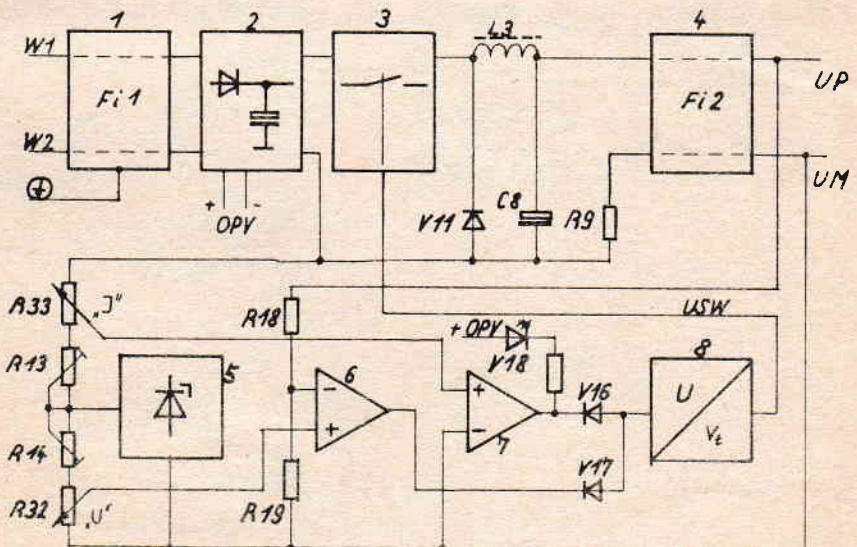


Bild 4: Blockschaltbild

# Schaltteilliste

## 1. Schaltkreis

1 x A1 : B 084 D

## 2. KT-Kondensator TGL 200-8425

4 x C1, 2,10,11 : 0,047/630V

## 3. Scheibenkondensator EMS 766

4 x C3, 4, 9,23 : 100 nF/63V

1 x C22 : 22 nF/63V

## 4. Scheibenkond. TGL 24 099

2 x C17,20 : 2,2 nF/400V

1 x C18 : 10 nF/400V

1 x C21 : 39 pF/400V

## 5. Elyt-Kondensator TGL 7198

2 x C5, 6 : 1000/40

1 x C13 : 100/40

1 x C14 : 22/40

1 x C12 : 470/25

2 x C8,16 : 47/25

1 x C15 : 100/6,3

## 6. Ringkerndrossel TGL 200-8402

2 x L1, L4 : 2x0,25/2,5

## 7. Schichtwiderstand

Bauform 25.207, TGL 8728

1 x R3 : 4,7 Ohm;10%

1 x R7 : 120 Ohm;10%

1 x R2 : 180 Ohm;10%

2 x R5, 6 : 1 kOhm;10%

1 x R21 : 2,2 kOhm;10%

1 x R23 : 3,3 kOhm;10%

3 x R10,11,28 : 4,7 kOhm; 5%

1 x R12 : 10 kOhm; 5%

4 x R29,30

R31,34 : 12 kOhm;10%

1 x R24 : 22 kOhm;10%

4 x R16,19,

R26,27 : 100 kOhm; 5%

1 x R18 : 160 kOhm; 5%

1 x R25 : 220 kOhm;10%

3 x R17,22,35 : 1 MOhm; 5%

1 x R20 : 2,2 MOhm;10%

## 8. Schichtwiderstand

Bauform 25.412; TGL 8728

1 x R1 : 430 Ohm; 5%

## 9. Schichtwiderstand

Bauform 25.518; TGL 8728

1 x R15 : 680 Ohm; 10%

## 10. Drahtwiderstand

Bauform 22.616; TGL

2 x R4, 8 : 1 kOhm; 10%

## 11. Einstellwiders. TGL 11886

Nenngr. 1P(stehend,gross)

1 x R13 : 47 kOhm;lin.

1 x R14 : 4,7kOhm;lin.

## 12. Schichtdrehwiderstand

( gehoert nicht zum

Lieferumfang )

1 x R32 : 10 kOhm;lin.

1 x R33 : 1 kOhm;lin.

## 13. UKW-Drossel TGL 9814

1 x L2 : B4

## 14. Si-Dioden

4 x V1,2,3,4 : SY 351/1

2 x V5,6 : SY 320/1

## 15. Schnelle Si-Diode

1 x V11 : SY 356/05

## 16. Si-Transistor

1 x V7 : KU 611 oder

SD 347 oder

KU 606

1 x V8 : SD 336 B o.

KT 814 B

1 x V9 : SF 128 C

## 17. Si-Z-Diode

1 x V10 : SZX 21/12

1 x V13 : SZX 21/8,2

2 x V14,20 : SZX 21/6,2

1 x V15 : SZX 21/22

## 18. Si-Schaltdioden

3 x V16,17,19: SAY 30

## 19. Lumineszenzdiode

V18 : VQA 10 oder

VQA 13

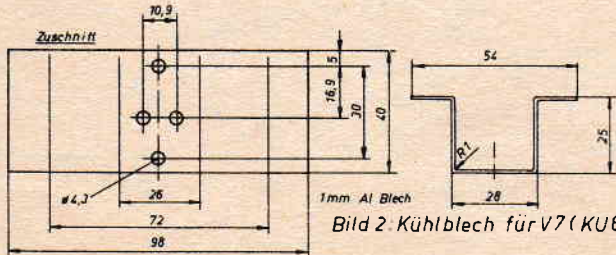


Bild 2: Kühlblech für V7 (KU606)



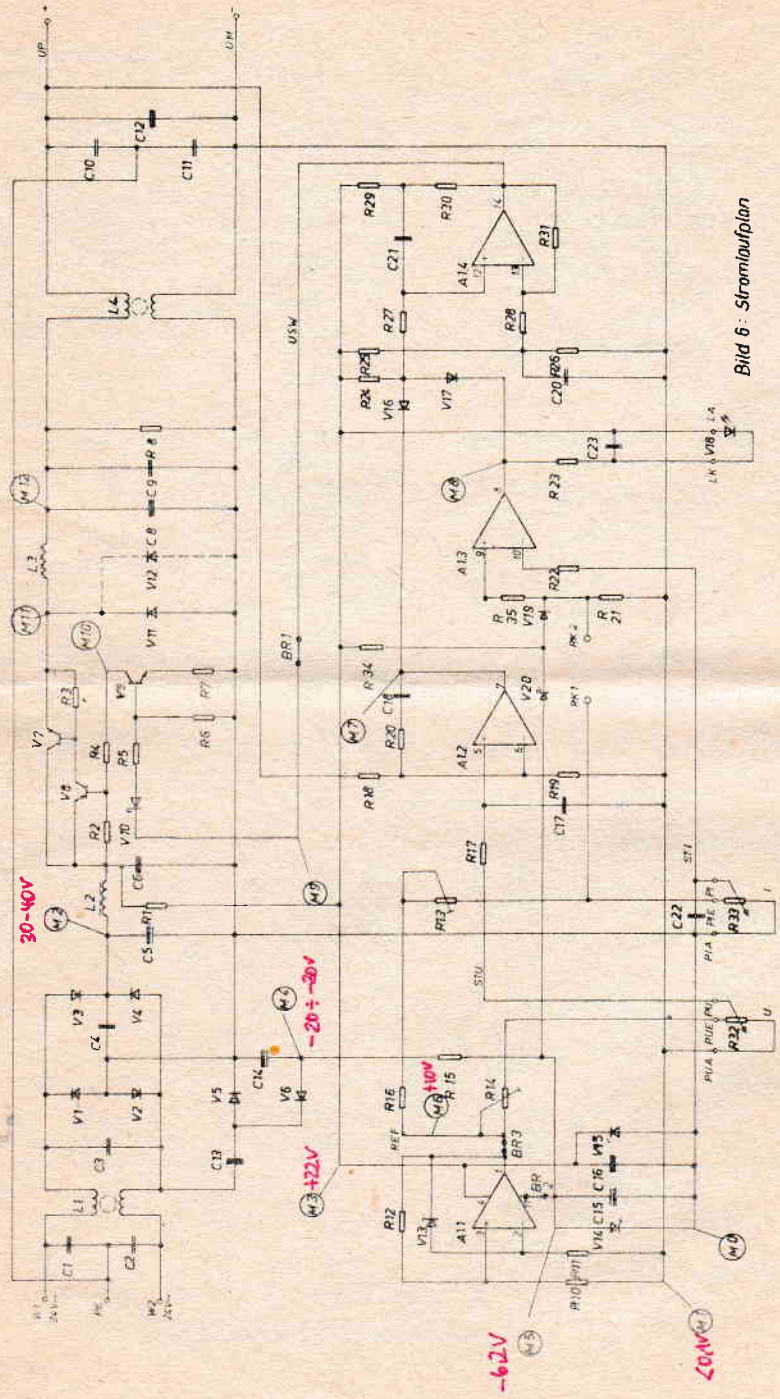


Bild 6 : Stromlaufplan