



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 290 728 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27.10.1983

5(51) G 05 F 1/56  
H 02 M 3/10

in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

DEUTSCHES PATENTAMT

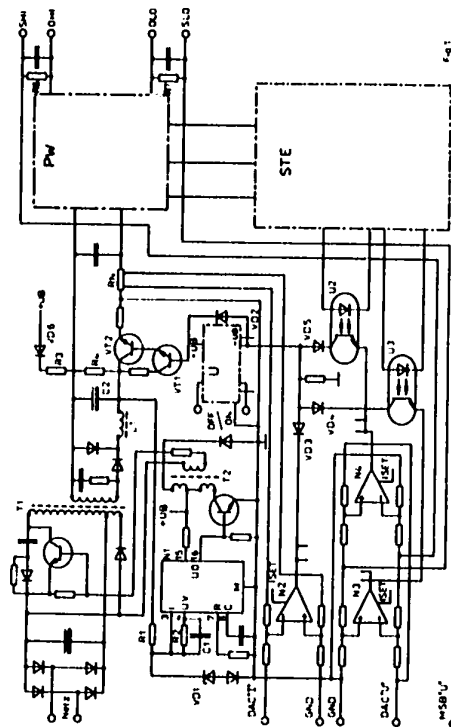
In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD G 05 F / 336 139 5 (22) 22.12.89 (44) 06.06.91

(71) siehe (73)  
(72) Rank, Gerhard; Matz, Gerhard, DE  
(73) VEB Robotron-Meßelektronik „Otto Schön“ Dresden, Lingner Allee 3, O - 8012 Dresden, DE

(54) Regelverstärker für ein programmierbares Schaltnetzteil

(55) programmierbar; Schaltnetzteil; bipolar; Konstantspannung; Konstantstrom; Schaltregler; Analogregler; Stellglied; Längsstellglied; Polwender; Regelverstärker; Operationsverstärker; ISET-Eingang; Einschwingvorgang; Ausgangspegel  
(57) Die Erfindung betrifft einen Regelverstärker für ein programmierbares Schaltnetzteil. Mit dem programmierbaren Schaltnetzteil wurde eine bipolare, bis zu kleinsten Ausgangswerten programmierbare Konstantspannungs- bzw. Konstantstrom-Versorgungseinheit geschaffen, die das günstige Leistung-Volumen und den hohen Wirkungsgrad eines Schaltnetztailes mit den guten dynamischen Eigenschaften und kleinen Ausgangs-Pulsationswerten eines analogen Reglers vereinigt. Das Prinzip ist auch für einen allgemeinen Schaltregler verwendbar. Dabei ist der Spannungsabfall über einem Längs-Stellglied (Emitter-Kollektorstrecke) eines analogen Reglers als Regelgröße für das Schaltnetzteil benutzt, so daß der Wert über dem analogen Längsstellglied konstant auf eine solche Größe geregelt wird, die zur Gewährleistung der Analog-Regelung minimal nötig ist. Die Regelverstärker für das Längsstellglied vermeiden durch hochohmige Spannungsteilerbeschaltung an ihren Ausgängen und eine Umsteuerung ihrer ISET-Eingänge in Abhängigkeit eines ON/OFF-Signals unkontrollierte Einschwingvorgänge des Regelkreises und damit unzulässig hohe Ausgangspegel. Fig. 1



### Patentansprüche:

1. Regelverstärkeranordnung für ein programmierbares Schaltnetzteil oder programmierbaren Schaltregler, kaskadiert mit analogen alternierend arbeitenden Konstantspannungs- bzw. Konstantstromregelkreisen, die unter Konstantspannungsbetrieb die an Führlleitungen anliegende Ist-Größe oder unter Konstantstrombetrieb die mittels Meßwiderstand gewonnene Strominformation mit den Programmgrößen vergleicht und das Stellglied steuert, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Regelverstärker (N2; N3; N4) durch Operationsverstärker mit einem ISET-Eingang realisiert sind, der jeweils über einen Widerstand (R8; R9; R10) im OFF-Zustand auf positives Betriebsspannungspotential (+UB) gezogen ist, während der ISET-Eingang im ON-Zustand auf negatives Betriebsspannungspotential (-UB) oder Mittelpotential (GND) liegt, und daß die Ausgänge der OP-Verstärker (N2; N3; N4) an den Teilerpunkt je eines zwischen der positiven und negativen Betriebsspannung liegenden hochohmigen Spannungsteilers (R12; ..., R17) geschaltet sind, die im OFF-Zustand an den OP-Verstärkerausgängen einen negativen Pegel einstellen.
2. Regelverstärkeranordnung für ein programmierbares Schaltnetzteil nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß alle Widerstände (R8; R9; R10) zu den ISET-Eingängen über eine Diode und einen Widerstand (R11) an positives Betriebsspannungspotential (+UB) gezogen sind, wobei der Verbindungspunkt der Widerstände gleichfalls über die Transistorstrecke eines vom ON/OFF-Signal an der Diodenstrecke gesteuerten Optokopplers (U5) nach Betriebsspannungsmittelpotential (GND) geschaltet ist.
3. Regelverstärkeranordnung für ein programmierbares Schaltnetzteil nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß in dem Grundstromaktivierungskreis (R5; U1; VD2) des Stellgliedes (VT1; VT2) die Ausgangstransistorstrecke eines weiteren Optokopplers (U4) eingefügt ist, dessen Eingangsdiode in Reihe mit einem Widerstand (R18) und einer Z-Diode (VD7), deren Z-Spannung größer als die Hälfte der Summenbetriebsspannung (2\*UB) ist, an die positive (+UB) und negative (-UB) Betriebsspannung angeschaltet ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Bedingt durch die Automatisierung, die auch auf allen Gebieten der Elektrotechnik und Elektronik Einzug hält, speziell zum Aufbau von automatischen Prüfplätzen bzw. Prüfautomaten steigt u. a. der Bedarf an programmierbaren Spannungs- bzw. Strom-Versorgungseinheiten. Zunehmend wird dabei die kompakte Bauweise angestrebt, um möglichst kleine Gefäß-Volumen zu erhalten. Reduzierte Leistungs-Volumen der programmierbaren Spannungs- bzw. Strom-Versorgungseinheiten sind nur erreichbar, wenn auch hier die Prinzipien des Schaltreglers zur Anwendung kommen.

### Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Programmierbare Spannungs- bzw. Strom-Versorgungseinheiten als analoge Vollregler oder als Kombination aus einem 100Hz-gepulsten Regler mit Energiespeicher und einem analogen Teilregler sind seit langem allgemein bekannt. Die analogen Vollregler, unipolar, bipolar oder als Vierquadrantenquelle haben den Nachteil, daß ihre Stellglieder für die maximale Abgabeleistung zwinglich einer betriebsspannungsbedingten Leistungsreserve konzipiert sein müssen (große Kühlflächen, Lüfter) und daß sie, wie auch die 100Hz-gepulsten kombinierten Systeme, durch Netztransformatoren, Gleichrichter und Ladekondensatoren mit großen Abmessungen bezüglich der Volumenreduzierung kaum Möglichkeiten bieten. Außerdem arbeitet der analoge Vollregler mit einem schlechten Wirkungsgrad und das 100Hz-gepulste, kombinierte System im CC-Betrieb mit sehr großen Einstellzeiten.

Bei von Hand steuerbaren Laborstromversorgungen ist zur Verbesserung des Wirkungsgrades bekannt, entweder bereichsweise die unregelmäßige Speisespannung entsprechend der Höhe der eingestellten Ausgangsspannung umzuschalten oder im Gleichlauf mit dem Führungsgrößensteller für die Ausgangsspannung zu steuern. Durch diese Maßnahme steigt die Verlustleistung im Längsstellglied, d. h. über der Kollektor-Emitter-Strecke eines verwendeten Leistungstransistors auch bei maximalem Strom und heruntergeregelter Spannung nicht über das Maß, das sich aus der Mindestkollektoremitterspannung zur Gewährleistung der Regelung und dem Laststrom ergibt (DD-WP 201 530).

Die allgemein bekannten Schaltnetzteile bzw. Schaltregler arbeiten bei Festspannungen in einem kleinen Einstellbereich mit einem sehr guten Wirkungsgrad und großen Regelreserven gegenüber Eingangsspannungs-Schwankungen bei kleinem Leistungs-Volumen.

Es wurde bereits mit dem „Programmierbaren Schaltnetzteil“ eine bipolare Spannungs- bzw. Strom-Versorgungseinheit vorgeschlagen, die bei günstigem Leistungs-Volumen mit hohem Wirkungsgrad arbeitet und deren Ausgangsgrößen Konstantspannung (CV-Betrieb) bzw. Konstantstrom (CC-Betrieb bis zu kleinsten Werten programmierbar sind. (WP G05F/326938.2)

Dabei wird ein Schaltteilnetz oder ein Schaltregler (Arbeitsfrequenz 20 bis 100kHz) mit einem analogen Teilregler und einem Thyristor-Polwender so kombiniert, daß am Ausgang bipolar, bis zu kleinsten Werten programmierbare Spannungs- bzw. Stromgrößen zur Verfügung stehen.

Das Schaltteilnetz bzw. der Schaltregler übernimmt dabei die Vorreglung, d.h. die Grob-Energie-Entnahme aus dem Betriebsspannungs-Netz und der analoge Teilregler ermöglicht mit seinen alternativ im Eingriff stehenden zwei Spannungs-Regelverstärkern (bipolarer CV-Betrieb über Fühlleitungen) und einem Strom-Regelverstärker (CC-Betrieb mittels internen Meßwiderstand) die Feinregelung über sein Transistor-Stellglied bei günstigen Pulsations-Größen.

Dabei ist der Spannungsabfall über dem im Ausgangstromkreis des Schaltteilnetzes oder des Schaltreglers angeordneten Stellgliedes der analogen Regelkreise vorzugsweise ständig auf einen konstanten Wert ausgeregelt und es wird als Ausgangsgröße des Regelsystems eine Konstanzspannung oder die EMK für einen Konstantstrom erzeugt, die sich aus der Differenz der EMK auf dem Energiepuffer des Schaltreglers und dem Spannungsabfall über dem analogen Stellglied und dem Polwender ergibt.

Voraussetzung für die Umsteuerung des Polwenders durch Änderung des Polwendersignalpegels und zum Anlegen neuer Programmdaten ist, daß das programmierbare Schaltteilnetz vorher von dessen Controller auf OFF gesteuert wurde. Ebenso muß die ON-Steuerung zeitverzögert zum Anlegen neuer Programm-Daten und zum Polwendersignal erfolgen. Im OFF-Zustand bei angelegten Programmdaten liegen die Ausgangspegel aller Regelverstärker in der positiven Sättigung, da keine IST-Größen vorhanden sind. Bei der Umsteuerung in den ON-Zustand entstehen beim Einschwingen der Regelschleife kurzzeitig unzulässig hohe Ausgangspegel, bis der entsprechende Regelverstärker aus der positiven Sättigung heraus zum Eingriff kommt, weil zunächst das Stellglied nach der ON-Steuerung voll durchgesteuert ist.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine weitere Ausgestaltung der bereits vorgeschlagenen Lösung bezüglich der OFF/ON-Steuerung der bipolaren Umsteuerung der Ausgangspolarität und dem Wechsel der Programmdaten zwecks Vermeidung von unzulässigen Einschwingvorgängen.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Ausgehend von vorstehender Zielstellung besteht die Aufgabe für das bipolare programmierbare Schaltteilnetz eine Regelverstärkeranordnung vorzuschlagen, die bei einer beliebigen OFF/ON-Steuerung, als auch bei Ausfall einer der beiden internen Betriebsspannungen ein unkontrolliertes Abweichen bzw. Überschwingen von der programmierten Ausgangsspannung bzw. -strom verhindert.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Regelverstärker durch Operationsverstärker mit einem ISET-Eingang realisiert sind, der jeweils über einen Widerstand im OFF-Zustand auf positives Betriebsspannungspotential gezogen ist, wodurch die Operationsverstärkerausgänge hochohmig gesteuert sind, während der ISET-Eingang im ON-Zustand auf negatives Betriebsspannungspotential oder Mittenpotential liegt, wodurch die OP-Verstärkerausgänge niederohmig auf Normalarbeitspunkt gesteuert sind und daß die Ausgänge der OP-Verstärker an den Teilerpunkt je eines zwischen der positiven und negativen Betriebsspannung liegenden hochohmigen Spannungsteilers geschaltet sind, die im OFF-Zustand an den OP-Verstärkerausgänge einen negativen Pegel einstellen.

Die nähere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß alle Widerstände zu den ISET-Eingängen auf positiven Betriebsspannungspotential über eine Diode und einen Widerstand gezogen sind, wobei der Verbindungspunkt der Widerstände gleichfalls über die Transistorstrecke eines vom ON/OFF-Signal an der Diodenstrecke gesteuerten Optokopplers nach Betriebsspannungsmittenpotential geschaltet ist.

Eine unkontrollierte Erzeugung eines Ausgangspegels wird im ON-Zustand bei Ausfall einer der beiden internen Betriebsspannungen dadurch vermieden, daß in dem Aktivierungskreis des Stellgliedes die Ausgangstransistorstrecke eines weiteren Optokopplers eingefügt ist, dessen Eingangsdiode in Reihe mit einem Widerstand und einer Z-Diode, deren Z-Spannung größer als die Hälfte der Summenbetriebsspannung ist, an die positive und negative Betriebsspannung angeschaltet ist.

#### Ausführungsbeispiel

Die Figur 1 zeigt ein programmierbares Schaltteilnetz, in dessen Ausgangs-Stromkreis ein analoges Stellglied VT2 mit Treiber VT1, ein Meßwiderstand RN und ein Thyristor-Polwender PW angeordnet sind. Das Stellglied VT2 wird alternativ bei positiven CV-Betrieb in den Regelkreis mit dem Regelverstärker N4 über den Optokoppler U2 und der Diode VD5, bei negativem CV-Betrieb in den Regelkreis mit Regelverstärker N3 über Optokoppler U3 und Diode VD4, bei CC-Betrieb in den Regelkreis mit Regelverstärker N2 über Diode VD3 einbezogen, wenn die Optokoppleranordnung U durch das ON-Signal aktiviert ist und damit die Treiberstrom-EMK (+UB z. B. 15V) über Diode VD2 anliegt. Bei CV-Betrieb wird die an den Fühlleitungen SLO und SHI anliegende Ist-Größe UA mit der Programmgröße DAC „U“ in Abhängigkeit von der Polarität und der Steuercharakteristik (Teilungsverhältnis) mittels den in Brückenschaltung arbeitenden Regelverstärkern N4 bzw. N3 verglichen. Bei CC-Betrieb erfolgt der Vergleich der mittels Meßwiderstand RN gewonnenen Ist-Größe mit der Programmgröße DAC „I“ durch den Verstärker N2 in Brückenschaltung.

Das Schaltteilnetz arbeitet nach den bekannten Prinzipien bei 20kHz mit dem Pulsweitenmodulator-Schaltkreis N1 (B260), wobei der Leistungsübertrager T1 und der Steuertransformator T2 die Trennung vom Netzpotential realisieren. Indem der an der Kollektor-Emitter-Strecke des Stellgliedes gebildete Spannungsabfall über Widerstand R1 dem Regelverstärker im Schaltkreis N1 zugeführt und dort mit einer internen Referenzgröße ca. 3,6V verglichen wird, erzeugt das Schaltteilnetz durch die Wirkung des mit dem Regelverstärker im Schaltkreis N1 gekoppelten Pulsdauermodulators an seinem

Energiepuffer C2, unabhängig von der Programmgröße, immer eine die Kollektor-Emitter-Spannung des Stellgliedes VT2 in etwa um 3,6V übersteigende Spannung. Die Stellheit dieser Regelung wird durch Widerstand R2 bestimmt, die Beruhigung durch Kondensator C1 realisiert und der Eingang des Regelverstärkers durch Z-Diode VD1 geschützt.

Durch die Kaskadierung des Schaltnetztes mit den analogen Regelkreisen wird somit erreicht, daß die Spannungs-Ausgangsgröße des Systems als Konstantspannung bei CV-Betrieb oder als EMK für den Konstantstrom bei CC-Betrieb immer als Differenz zwischen der Spannung über dem Energiepuffer C2 und Kollektor-Emitter-Spannung des Stellgliedes als auch dem Spannungsabfällen über den Polwenderthyristoren gebildet wird. Alle Pulsationen, mit denen die Spannung über den Energiepuffer C2 noch behaftet ist, werden dabei eliminiert.

Die Verlustleistung des Stellgliedes bleibt durch die Kollektor-Emitter-Spannung von ca. 3,6V in Grenzen, bei hohen Ausgangsspannungen arbeitet das System angenähert mit dem Wirkungsgrad des Schaltnetztes.

Die Steuereinheit STE realisiert abhängig vom Signal MSB „u“ (high/low) die Ausgangspolung mittels Polwender FW und wählt über die Aktivierung der Optokoppler U2; U3 den jeweilig wirksamen Regelverstärker N4; N3 entsprechend der Polarität aus.

Voraussetzung für die Umsteuerung des Polwenders PW durch Änderung des Signalpegels MSB „U“ und zum Anlegen neuer Programmdatei ist, daß das programmierbare Schaltnetzteil vorher von dessen Controller auf OFF gesteuert wurde (ca. 500 ms). Ebenso muß die ON-Steuerung zeitverzögert zum Anlegen neuer Programm-Daten und zum MSB „U“ erfolgen (ca. 500 ms).

Fig. 2 zeigt die nähere Ausgestaltung der Optokoppleranordnung U sowie die Beschaltung der Ausgänge und der ISET-Eingänge der OP-Verstärker N2; N3; N4, die in Fig. 1 aus Übersichtsgründen nur angedeutet wurden. Damit im OFF-Zustand bei angelegten Programmdatei die Ausgangspegel der Regelverstärker N2; N3; N4 nicht in die positive Sättigung kommen, wenn keine IST-Größen vorhanden sind, werden die ISET-Eingänge der OP-Verstärker über Widerstände R8; R9; R10 auf positives Potential gezogen.

Dadurch werden die Ausgänge der OP-Verstärker hochohmig, so daß sie durch hochohmige Widerstände R12 bis R17 auf einen Pegel unterhalb GND gehalten werden können. Bei der Umsteuerung in den ON-Zustand wird über die Ausgangsstrecke des Optokopplers U5 der Speisepunkt der ISET-Eingänge auf GND gezogen, so daß die ISET-Eingänge Strom ziehen und die OP-Verstärkerausgänge niederohmig im normalen Arbeitspunkt arbeiten. Dadurch entstehen beim Einschwingen der Regelschleife keine unzulässig hohe Ausgangspegel, da der entsprechende Regelverstärker aus einer negativen ungesättigten Lage heraus zum Eingriff kommt, so daß das Stellglied (VT 2) erst nach der ON-Steuerung geregelt, ohne Überschwinger aufgesteuert wird. Die Widerstände R12 bis R17 sind so hochohmig dimensioniert, daß sie die Regelteilheit des Regelkreises nicht beeinflussen.

Der Widerstand R11 saugt im OFF-Zustand den Reststrom des nicht durchgesteuerten Optokopplers U5 ab.

Eine unkontrollierte Erzeugung eines falschen Ausgangspegels wird im ON-Zustand bei Ausfall einer der beiden internen Betriebsspannungen +UB; -UB vermieden durch Anordnung des Optokopplers U4 in Reihe zum Optokoppler U1 und dem Widerstand R5 im Grundstromaktivierungskreis des Stellgliedes VT 1; VT 2. Der Optokoppler U4 wird von der Summenspannung  $2 \cdot UB$  über eine Z-Diode, deren Z-Spannung größer als die Hälfte der Summenspannung ist, und dem Widerstand R18 durchgesteuert. Fällt eine der beiden Betriebsspannungen aus, fehlt der Eingangsstrom im Optokoppler U4 und der Grundstromaktivierungskreis wird unterbrochen, was zum Sperren des Stellgliedes VT 1; VT 2 führt. Der Widerstand R4 stellt eine Vorlast dar, um für den Leerlauf des Systems die Größe der Speicherdrösse, L1 in Grenzen zu halten.

Über Widerstand R3 und Diode VD6 wird den CV-Regelkreisen, von der positiven internen Betriebsspannung +UB (z. B. 15V) angetrieben, eine Gegenspannung aufgeprägt, um die Regelung kleiner UA-Größen zu verstellern.

Die Widerstände R6 und R7 realisieren eine lose Kopplung der Fühlleitungen mit den zugeordneten Lastleitungen, um das Hochregeln der Ausgangsspannung weit über den Programmwert bei nicht angeschlossenen Fühlleitungen zu unterbinden.

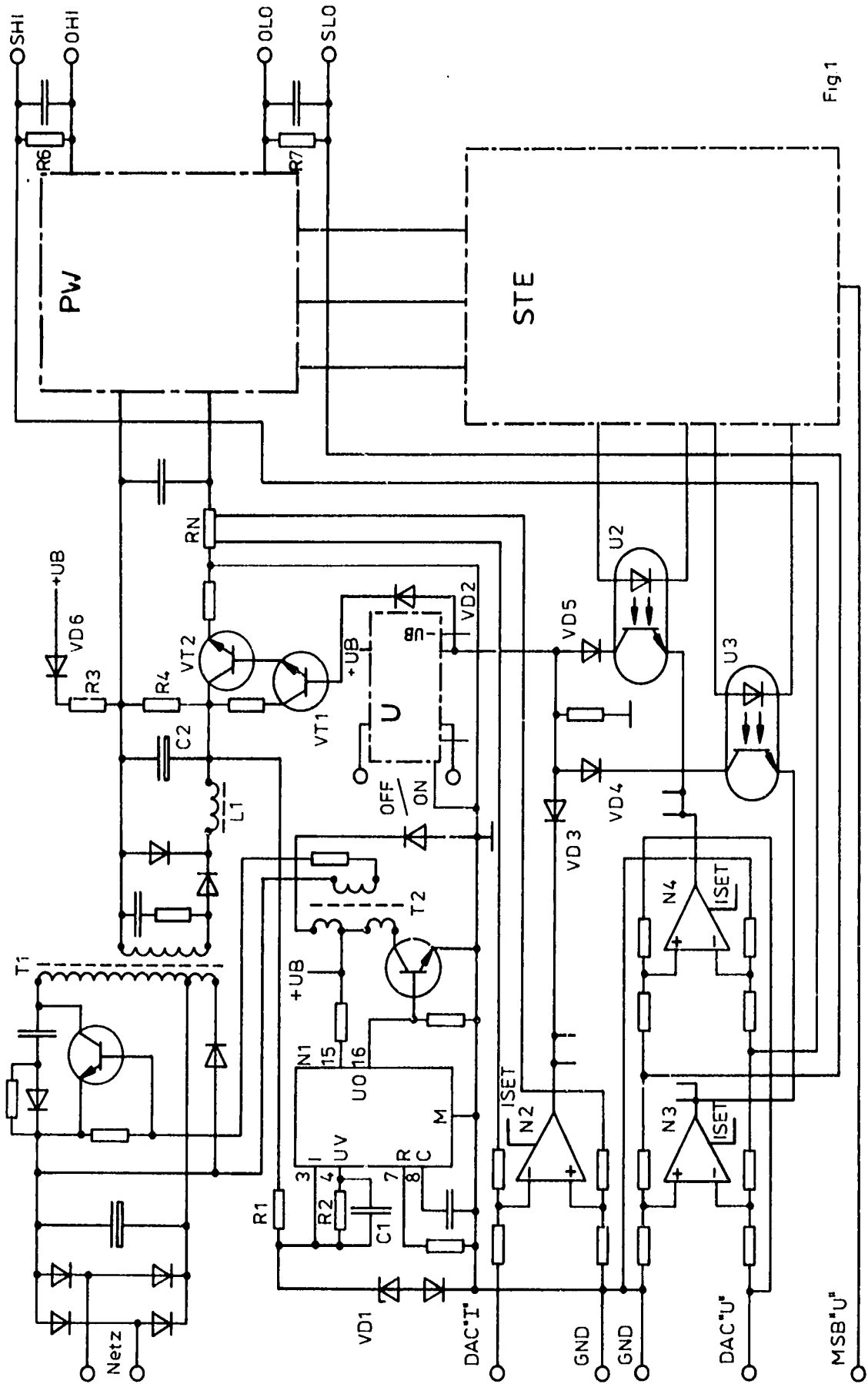


Fig.1

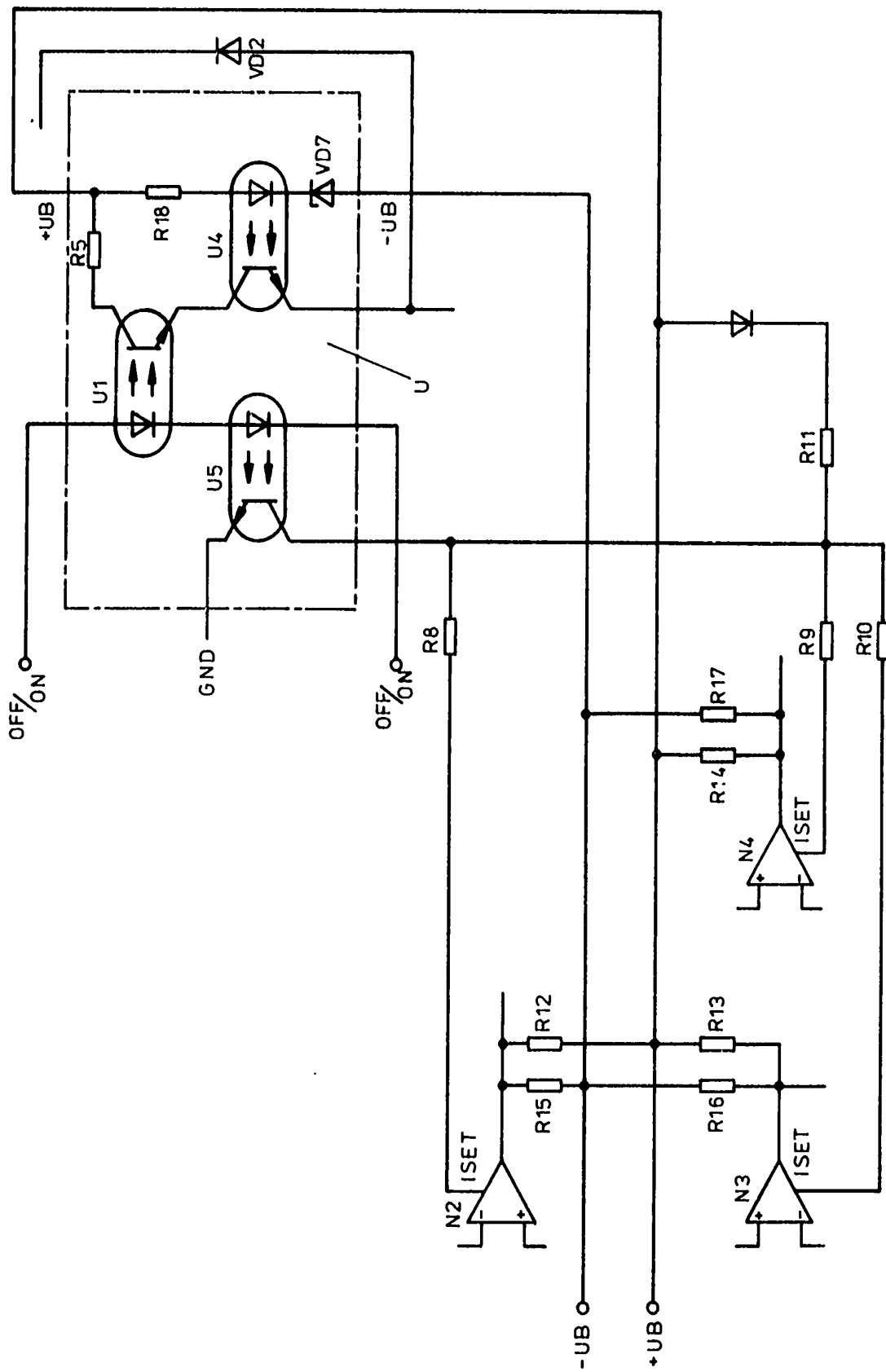


Fig. 2