

TEXAS INSTRUMENTS
DEUTSCHLAND GMBH

APPLIKATIONS LABOR FREISING

EB 71

STABILISIERTE NETZGERAETE FUER INTEGRIERTE SCHALTKREISE

DIESER BERICHT BESCHREIBT EINE REIHE ERPROBTER NETZGERAETE-SCHALTUNGEN FUER VERSCHIEDENE LEISTUNGEN. SIE WURDEN HAUPTSAECHLICH ZUR VERSORGUNG VON GERAETEN ENTWICKELT, DIE MIT INTEGRIERTEN SCHALTKREISEN BESTUECKT SIND.

1.0 EINLEITUNG

2.0 NETZGERAET FUER 1A

3.0 NETZGERAET FUER 7A

4.0 SCHALTUNGSERWEITERUNG

Die vorgeschlagenen Schaltungen, Baugruppen oder Verfahren wurden von Texas Instruments Deutschland (TID) erprobt; darin liegt jedoch keine Gewähr für deren Funktionsfähigkeit.

TID kann auch keine Gewähr dafür übernehmen, daß diese Schaltungen usw. frei von Schutzrechten Dritter sind.

Alle Rechte an diesem Werk sind TID vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung von TID ist es auch nicht gestattet, das Werk oder Teile daraus in irgendeiner Form durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren zu vervielfältigen oder zu verbreiten. Dasselbe gilt für das Recht der öffentlichen Wiedergabe.

1.0 EINLEITUNG

Integrierte TTL-Schaltkreise der Serie SN74/84 benötigen eine Versorgungsspannung von 5V, die nicht mehr als $\pm 5\% = 0,25 \text{ V}$ vom Sollwert abweichen soll. Um diese Forderung unter allen Umständen zu erfüllen, müssen hochstabile geregelte Netzteile verwendet werden.

Abweichungen der Ausgangsspannung eines Netzgerätes vom Sollwert werden durch folgende Größen bestimmt:

- a) Schwankungen der Eingangs-(Netz)-Spannung
- b) Temperaturabhängigkeit der Referenzspannung und des Regelverstärkers
- c) Laständerungen

Zu diesen Fehlern ist als weiterer Fehler noch der Spannungsabfall auf den Versorgungsleitungen von der Stromversorgungseinheit zum Verbraucher zuzurechnen.

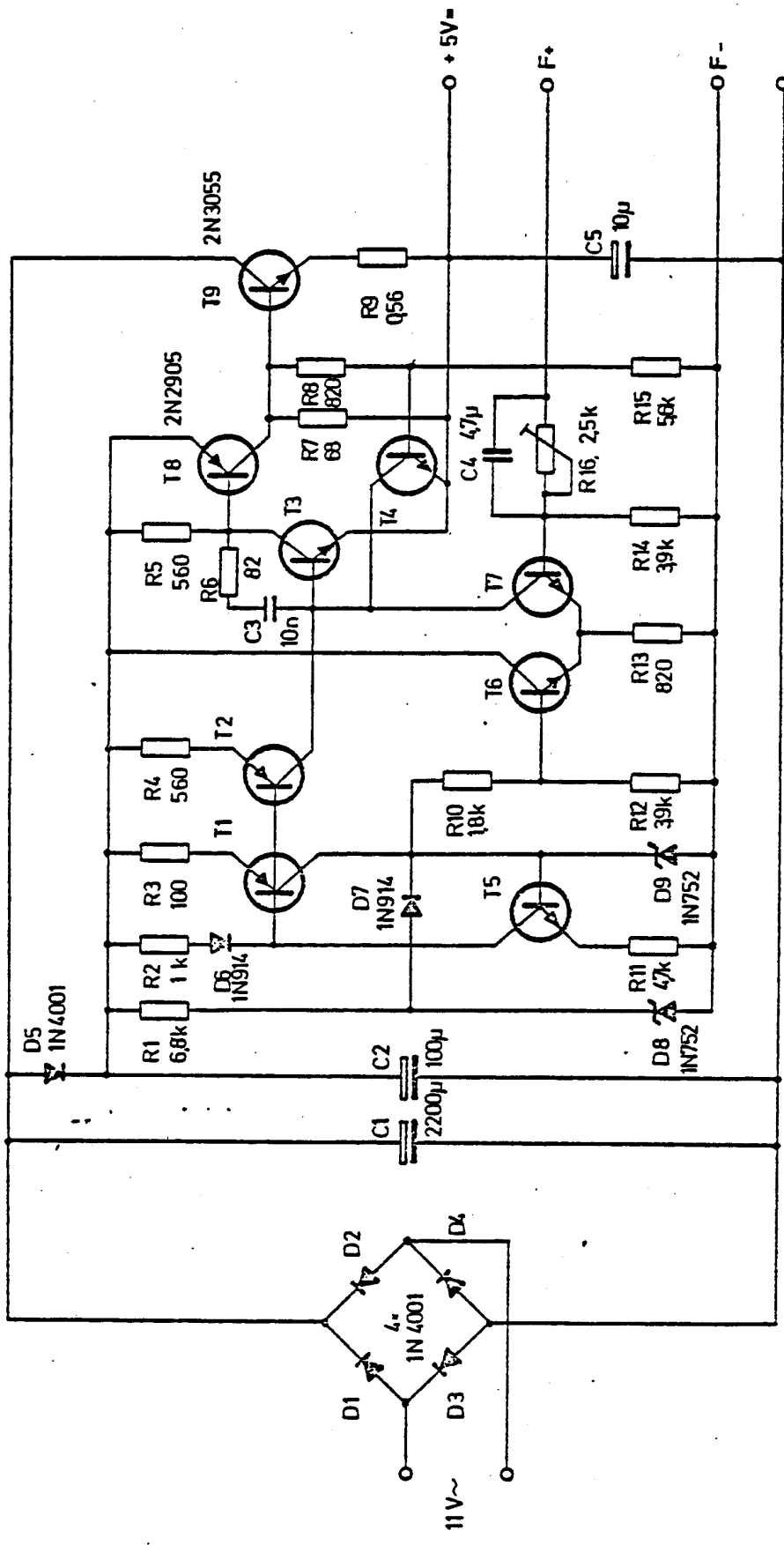
Schließlich ist noch zu fordern, daß das Netzgerät durch einen Kurzschluß in der angeschlossenen Schaltung nicht zerstört wird. Dabei ist zu fordern, daß auch eine Kurzschlußdauer von mehreren Stunden oder auch Tagen keinen Schaden anrichtet.

2.0 Netzgerät für 1A

2.1 Schaltungsbeschreibung

Abb. 1 zeigt die Schaltung für ein 1A-Netzgerät.

Vier Dioden (D1-D4) in Brückenschaltung richten die Eingangsspannung gleich. Der Kondensator C1 dient als Ladekondensator. Über die Diode D5 wird der Kondensator C2 etwa auf die Spitzenspannung am Ladekondensator aufgeladen. Er versorgt die eigentliche Regelschaltung. Die Referenzspannung wird mit einer 5,6V-Zenerdiode D9 erzeugt. Diese wird von der Stromquelle T1/R3 gespeist. Diese Stromquelle wird wiederum von einer Stromquelle T5/R11 angesteuert, deren Strom durch die Referenzdiode D9 bestimmt wird. Die gewählte Schaltung sorgt dafür, daß die Referenzdiode unabhängig von der Eingangsspannung mit einem konstanten Strom betrieben wird. Da weiterhin Zenerdioden mit einer Spannung von 5,6V einen sehr kleinen Temperaturkoeffizienten haben, haben Änderungen der Umgebungstemperatur praktisch keinen Einfluß auf die Referenzspannung.



T1, T2: BC 212
T3 - T7: BC 182

Abb.1 Netzteil 1A

Die gewählte Schaltung hat den Nachteil, daß sie beim Einschalten der Betriebsspannung nicht von alleine anläuft. Sie benötigt eine Starthilfe. Dazu dienen die Zenerdiode D8 (5,6V), die Diode D7 und der Widerstand R1. Beim Einschalten der Betriebsspannung wird die Referenzdiode D9 zunächst über den Widerstand R1 und die Diode D7 versorgt. Erreicht dann die Referenzdiode die gleiche Spannung wie die Zenerdiode, wird die Starthilfe durch die Diode D7 abgeschaltet.

Die als Differenzverstärker geschalteten Transistoren T6 und T7 bilden den eigentlichen Regelverstärker. Als Außenwiderstand für den Transistor T7 wird eine Stromquelle verwendet. Dadurch erreicht man in dieser Stufe eine ca. 5000-fache Spannungsverstärkung. Die Transistoren T3 und T8 arbeiten als reine Stromverstärker, um die für das Stellglied T9 erforderliche Steuerleistung zu erzielen. Der Transistor T3 ist mit einem RC-Glied (C3, R6) frequenzkompensiert, um ein Schwingen des Regelverstärkers zu verhindern.

Der Transistor T4 mißt den Spannungsabfall am Widerstand R9 und an der Basis von T9. Steigt der Ausgangsstrom über einen bestimmten Wert an, wird T4 leitend und schließt damit die Basis-Emitterstrecke von T3 mehr oder weniger kurz. Damit wird der Ausgangsstrom auf einen bestimmten Maximalwert begrenzt (bei der hier gewählten Dimensionierung auf etwa 1,2A). Zusätzlich wird die Basis des Transistors T4 über den Widerstand R15 negativ vorgespannt. Diese Vorspannung ist nun abhängig von der Ausgangsspannung des Netzteils. Sinkt infolge einer Überlastung und der daraufhin einsetzenden Strombegrenzung die Ausgangsspannung, so nimmt durch die negative Vorspannung an der Basis von T4 ab. Dadurch wird der Transistor T4 weiter in den leitenden Zustand gesteuert: die Folge ist, daß der Ausgangsstrom mit zunehmender Belastung am Ausgang wieder abnimmt und im Kurzschlußfall nur noch etwa 30% des Nennstromes beträgt. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß bei Überlast die Verlustleistung im Stellglied T9 geringer ist als im Normalbetrieb, so daß auch eine dauernde Überlastung nicht zu einer Beschädigung des Netzteils führt.

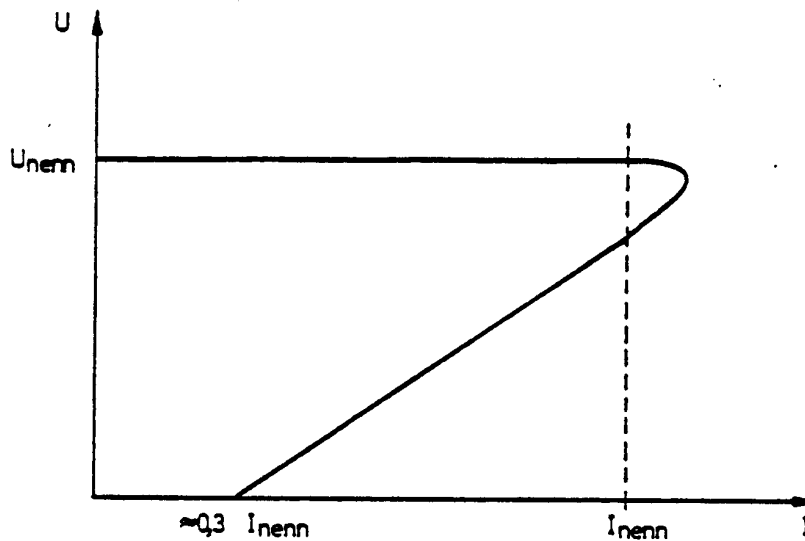


Abb. 2 Strom-Spannungskennlinie des Netzteils

Wird der Verbraucher über eine längere Leitung mit dem Netzteil verbunden, ist es ratsam, über Fühlerleitungen die Spannung am Verbraucher zu messen und damit den Spannungsabfall auf den Zuleitungen zu eliminieren. Hierzu dienen die beiden Fühlerleitungen F+ und F-, die direkt am Verbraucher mit den Versorgungsleitungen verbunden werden.

2.2 Technische Daten des Netzteils

Ausgangsspannung	5V
Ausgangsstrom	1A
Einsatz der Strombegrenzung	ca. 1,2A
Kurzschlußstrom	ca. 0,4A
Eingangsspannung	11V \pm 15%
Brummen und Rauschen am Ausgang	< 1,5 mVpp
Innenwiderstand	< 10m Ω
Temperaturabhängigkeit der Ausgangsspannung	< 5 \cdot 10 ⁻⁴ / °C
Änderung der Ausgangsspannung bei Änderung der Eingangsspannung	0,4 mV/°/o
Regelzeitkonstante	< 50 μ s

2.3 Aufbauhinweise

Abb. 3 zeigt die gedruckte Schaltung des Netzgerätes. Die Außenmaße entsprechen der der Europakarte (100x160 mm). Der Aufbau selbst ist nicht kritisch. Lediglich die Verlegung der Maßeleitung muß sehr sorgfältig erfolgen: Es ist unbedingt darauf zu achten, daß die Verbindung zwischen dem Gleichrichter D1-D4 und Ladeelko C1 nicht

auch als Verbindung für andere Massepunkte benutzt wird. Auf Grund der an dieser Stelle fließenden hohen Wechselströme kann sonst die Störspannung am Ausgang (100 Hz-Brumm) auf einige 10 mV ansteigen.

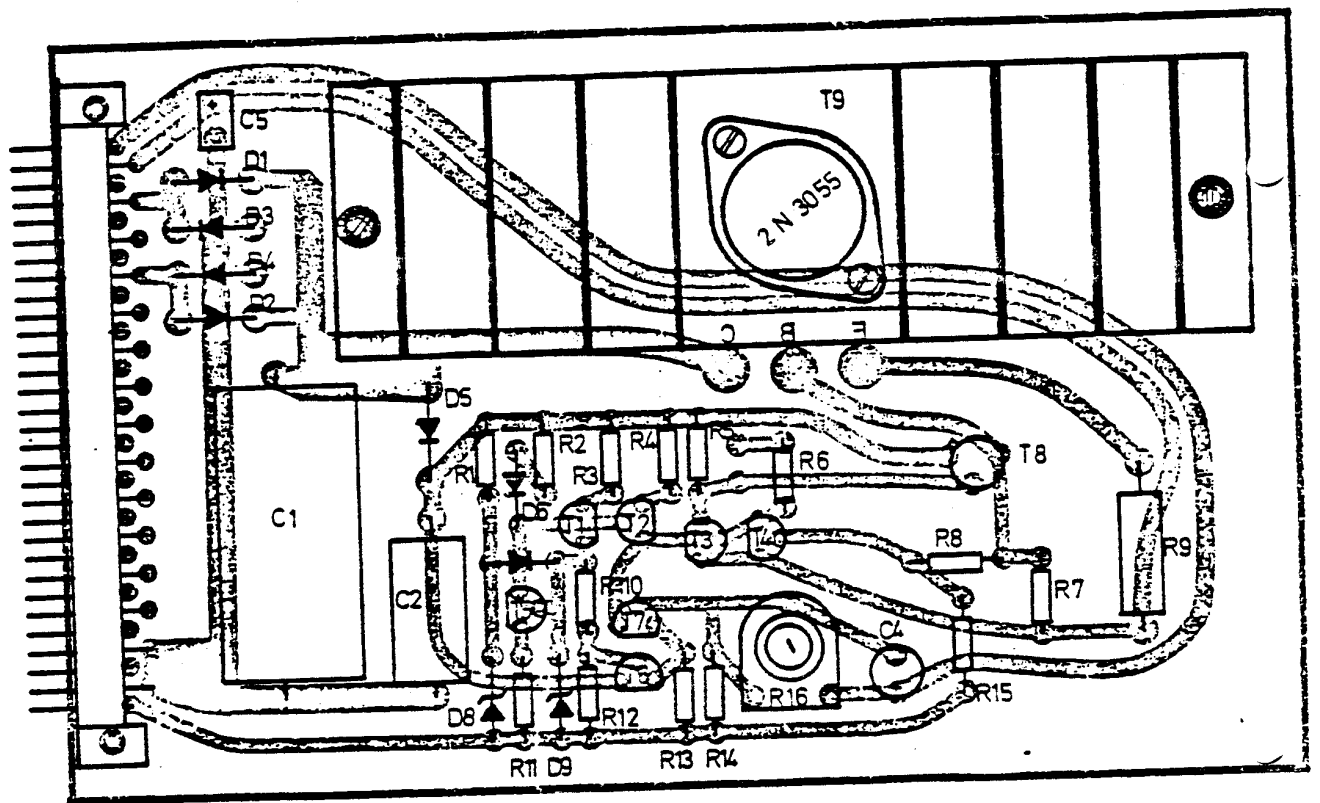


Abb. 3 Gedruckte Schaltung des Netzgerätes

3.0 Netzgerät für 7A

Ohne großen Aufwand lässt sich die Schaltung auch für höhere Ausgangsströme auslegen. Abb. 4 zeigt das Schaltbild für ein 7A-Netzgerät.

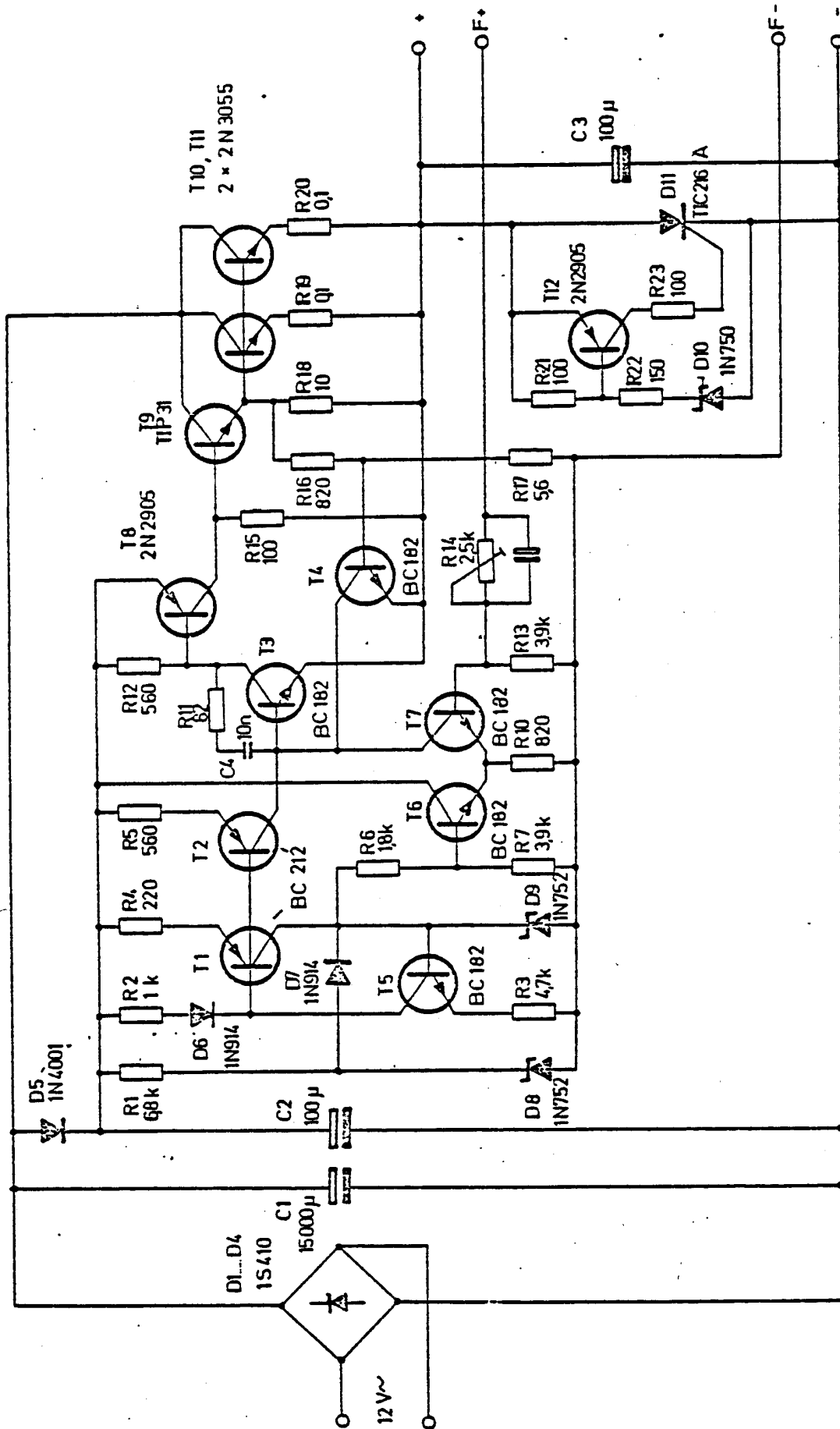


Abb. 4 Netzteil 7A

Die Daten für diese Schaltung lauten:

Ausgangsspannung	5 V
Ausgangsstrom	7 A
Einsatz der Strombegrenzung	ca. 8 A
Kurzschlußstrom	ca. 3 A
Eingangsspannung	12 V \pm 15%
Brummen und Rauschen am Ausgang	0,5 mVpp
Innenwiderstand	ca. 1 m Ω
Temperaturabhängigkeit der Ausgangsspannung	$< 5 \cdot 10^{-4} / ^\circ\text{C}$
Änderung der Ausgangsspannung bei Änderung der Eingangsspannung	$< 0,4 \text{ mV}/\%$
Regelzeitkonstante	50 μs

Das Oszillogramm in Abb. 5 zeigt die der Ausgangsspannung überlagerte Störspannung.

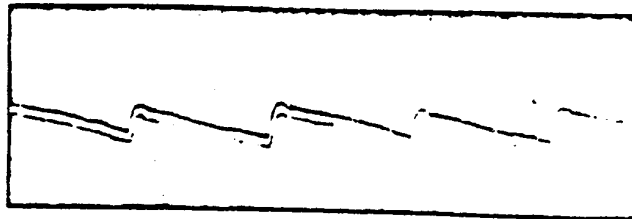


Abb. 5 Störspannung: X = 5ms/cm Y = 1mV/cm

Das Oszillogramm in Abb. 6 zeigt den Verlauf der Ausgangsspannung bei einer plötzlichen Laständerung von 3A auf 1A und wieder auf 3A

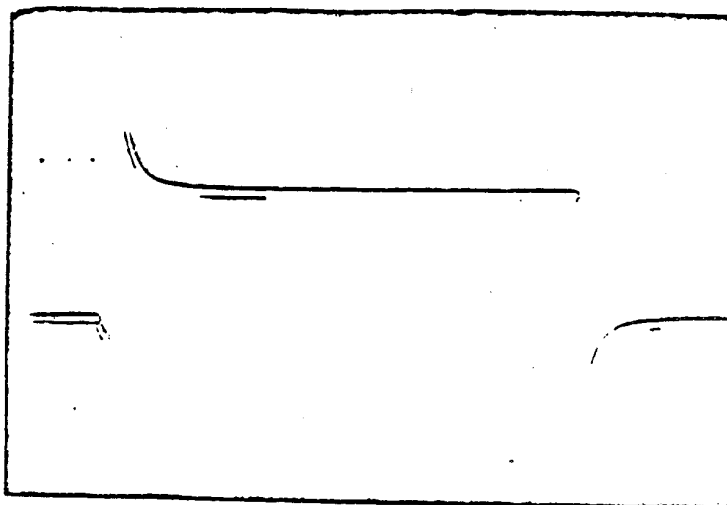


Abb. 6 Regelverhalten: X = 100 μs /cm Y = 5mV/cm

Zusätzlich enthält diese Schaltung einen Überspannungsschutz, bestehend aus dem Transistor T12, der Zenerdiode D10 und dem Thyristor D11. Steigt die Ausgangsspannung aus irgendeinem Grund - z.B. weil eine Fühlerleitung unterbrochen wurde - auf einen Wert über 5,6 V, so zündet der Thyristor D11 und schließt den Ausgang des Netzgerätes kurz. Dadurch ist die nachfolgende Schaltung sicher gegen eine Zerstörung durch Überspannung geschützt. Der Thyristor wird wieder gelöscht, indem die Netzspannung kurz ausgeschaltet wird oder der Thyristor mittels eines Schalters kurzgeschlossen wird.

4.0 Schaltungserweiterung

Die Schaltung in Abb. 4 läßt sich ohne Schwierigkeiten auch für höhere Ströme und andere Ausgangsspannungen umdimensionieren. Die Größe des Ladekondensators errechnet sich nach der Formel:

$$C_L = 2000 \mu\text{F} \cdot I_A$$

I_A = Ausgangsstrom in Ampere

Die erforderliche Eingangswchselspannung errechnet sich nach der Formel:

$$U_{\sim} = \frac{U_A + U_L + 8V}{1,2}$$

mit U_A = geforderte Ausgangsspannung

U_L = zugelassener Spannungsabfall auf den Leitungen
zum Verbraucher

In dieser Formel sind bereits Netzspannungsschwankungen bis -15% berücksichtigt.

Weiterhin sind die Widerstände R1 und R17 den geänderten Verhältnissen anzupassen:

$$R1 = \frac{U_{\sim} \sqrt{2} - 7V}{1,5\text{mA}}$$

$$R17 = \frac{U_A}{1\text{mA}}$$

Die Emitterwiderstände im Stellglied sind vom verwendeten Transistor-Typ abhängig. Sie sind so zu wählen, daß bei Vollast der Spannungsabfall am Emitterwiderstand und die Basis-Emitter-Spannung zusammen etwa 1,5V ergeben.

Die Anzahl der am Ausgang parallel zu schaltenden Transistoren wird hauptsächlich durch die auftretende Verlustleistung bestimmt. Die maximale Verlustleistung im Stellglied errechnet sich nach der Formel:

$$P_V = (U_{\sim} \cdot 1,65 - 4V - U_A) \cdot I_A \text{ max}$$

(hierbei ist eine um 15% über dem Nennwert liegende Eingangsspannung bereits berücksichtigt).

4.1 Berechnungsbeispiel

Als Beispiel soll hier die Rechnung für ein Netzteil mit einer Ausgangsspannung von 12V und einem Ausgangsstrom von 7A durchgeführt werden. Zwischen Netzteil und Verbraucher soll ein Spannungsabfall von 0,5 V pro Leiter, also insgesamt 1V zugelassen werden. Damit gilt:

$$C_L = 2000 \mu\text{F} \cdot 7 = 14\,000 \mu\text{F}$$

gewählt wird ein Kondensator mit 15 000 uF.

$$U_{\sim} = \frac{12V + 1V + 8V}{1,2} = 17,5 \text{ V}$$

$$R_1 = \frac{17,5V - \sqrt{2} \cdot 7V}{1,5 \text{ mA}} = 12 \text{ k}\Omega$$

$$R_{17} = \frac{12V}{1 \text{ mA}} = 12 \text{ k}\Omega$$

Die Verlustleistung errechnet sich zu:

$$P_V = (17,5V \cdot 1,65 - 4V - 12V) \cdot 7A = 90W$$

Verwendet man als Längsregler den Transistortyp 2N3055 mit einer max. Verlustleistung von 115W, so sind in diesem Fall 2 Transistoren parallel zu schalten. Auf jeden Transistor entfällt dann eine Verlustleistung von 45W. Der erforderliche Wärmewiderstand des Kühlkörpers errechnet sich dann auf die folgende Weise:

TEXAS INSTRUMENTS
DEUTSCHLAND GMBH

- 11 -

Gefordert:	max. Umgebungstemperatur	ϑ_{Amax}	= 85°C
Gegeben:	max. Kristalltemperatur (2N3055)	ϑ_{jmax}	= 200°C
	Wärmewiderstand Kristall- Gehäuse (2N3055)	$R_{\theta jc}$	= 1,5°C/W
	Übergangswiderstand-Gehäuse		
	Kühlkörper mit Glimmerscheibe	$R_{\theta ch}$	= 1°C/W
	ohne Glimmerscheibe	$R_{\theta ch}$	0,5°C/W
Gesucht:	Wärmewiderstand des Kühl- körpers	$R_{\theta h}$	

Dann ist:

$$\vartheta_{jmax} = \vartheta_{Amax} + (R_{\theta jc} + R_{\theta ch} + R_{\theta h}) \cdot P_v$$

$$200^\circ\text{C} = 85^\circ\text{C} + (1,5^\circ\text{C/W} + 0,5^\circ\text{C/W} + R_{\theta h}) \cdot 45\text{W}$$

$$\frac{200^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}}{45\text{W}} - 1,5^\circ\text{C/W} - 0,5^\circ\text{C/W} = R_{\theta h}$$

$$R_{\theta h} = 2,55^\circ\text{C/W} - 2^\circ\text{C/W} = 0,55^\circ\text{C/W}$$

Für jeden der beiden Transistoren ist also ein Kühlkörper mit einem Wärmewiderstand von 0,55°C/W zu verwenden.

Eilhard Haseloff

15.3.1972