



# Elektronische Last EL 7000

**100 W Leistungsaufnahme, ein integriertes Lüfteraggregat, Strom- und Widerstandskennlinie, interne und externe Modulation, umfangreiche Schutzschaltungen - das sind die wesentlichen Merkmale dieser elektronischen Last, die speziell für den Test von Netzgeräten konzipiert ist, sich darüber hinaus aber auch zur Überprüfung von Akkus eignet.**

## Allgemeines

Elektronische Lasten kommen immer dann zum Einsatz, wenn es um die Leistungsprüfung von Spannungsquellen oder Netzteilen geht. Insbesondere bei der Optimierung der Regeleigenschaften von stabilisierten Netzgeräten ist eine elektronische Last unabdingbar. Genau für diese Anwendung wurde die EL 7000 entwickelt.

Bei der Konzeption des Gerätes stand nicht die maximal mögliche Verlustleistung allein im Vordergrund, sondern es wurde insbesondere großer Wert auf das dynamische Verhalten der Last im Impulsbetrieb gelegt. Weiterhin sollten verschiedene Schutzschaltungen die Handhabung vereinfachen und auch bei Fehlbedienung eine Überlastung ausschließen.

Neben der kontinuierlichen Belastung des Testobjektes bietet die EL 7000 den Pulsbetrieb zur Beurteilung der Quelle bei schnellen Laständerungen. Dabei ist ein unterer und ein oberer Widerstand/Strom einstellbar. So lassen sich z. B. die Regelei-

genschaften eines Netzgerätes in Verbindung mit einem Oszilloskop optimal darstellen.

Der Eingang „Mod.In“ ermöglicht darüber hinaus eine externe Steuerung der EL 7000, so daß die Quelle mit beliebigen Kurvenverläufen belastbar ist. Die Aufnahmeleistung beträgt 100 W, wobei umfangreiche Absicherungen das Gerät vor Überlast schützen. Die Abfuhr der großen Verlustleistung wird gehäuseintern durch das neue von ELV entwickelte Kompakt-

Lüfteraggregat LK 40 erreicht. Durch eine elektronische Regelung wird die Drehzahl des Lüfters der Kühlkörpertemperatur optimal angepaßt zur Minimierung der Geräuschentwicklung.

Die Bedienung des Gerätes erfolgt über Drehregler und Taster, wobei die jeweilige Funktion auf der übersichtlichen Frontplatte durch Leuchtdioden angezeigt wird.

Die an der elektronischen Last anliegende Spannung ist auf einem 3stelligen LED-Display mit einer Auflösung von 0,1 V ablesbar. Auf der 4stelligen Stromanzeige wird der aktuell fließende Strom mit einer Auflösung von 10 mA angezeigt, wobei im Pulsbetrieb wahlweise der minimale, der maximale oder der Mittelwert des Laststromes ablesbar ist.

Durch Multiplikation der verschiedenen Ströme mit der angezeigten Spannung sind auf einfache Weise die resultierenden Leistungen berechenbar.

Die Spannungsversorgung der EL 7000 erfolgt in Verbindung mit dem integrierten Netzteil direkt aus dem 230 V-Netz. Die bemerkenswerten technischen Daten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Bevor wir uns mit der Schaltung im Detail befassen, kommen wir zunächst zur

**Tabelle 1: Technischen Daten EL 7000**

Leistung:	100 Watt
I <sub>max</sub> :	Dauer: 10 A, Impuls: 20 A
U <sub>max</sub> :	40 V
R-Bereich:	1 Ω - 100 kΩ
Funktionen:	R/I <sub>min</sub> , R/I <sub>max</sub> , Pulsbetrieb, externe Modulation
Pulsfrequenz:	10 Hz-1 kHz stufenlos einstellbar
U-Anzeige:	3stellig, 0,1 V Auflösung
I-Anzeige:	4stellig, 10 mA Auflösung zwischen I <sub>min</sub> , I <sub>max</sub> , I <sub>mittel</sub> umschaltbar
Schutzschaltungen:	Temperatur > 100 °C, P > 100 Watt, I-Dauer > 10 A
Betriebsspannung:	230 V ± 10 %, 50/60 Hz
Abmessungen:	272 x 215 x 99 mm
Gewicht:	ca. 1,7 kg

Beschreibung der Bedienung und der Eigenschaften des Gerätes.

## Bedienung und Funktion

Im linken unteren Bereich der Frontplatte befindet sich die Netz-Taste der EL 7000. Mit einer einmaligen Betätigung schaltet das Gerät ein, während eine weitere Betätigung zum Ausschalten dient.

Über der Netz-Taste ist die 3stellige, digitale Spannungsanzeige angeordnet. Hier wird die an den Eingangsbuchsen anliegende Spannung mit einer Auflösung von 0,1 V angezeigt.

Rechts neben der Spannungsanzeige ist die 4stellige Stromanzeige angeordnet. Sie verfügt über eine 10 mA-Auflösung. Ist die EL 7000 auf interne Modulation geschaltet, so können 3, die Modulation charakterisierende Ströme, auf dem Display angezeigt werden. Dabei handelt es sich um den Strommittelwert, den Spitzenstrom und den minimalen Strom.

Bei interner Modulation schaltet die elektronische Last mit der eingestellten Schaltfrequenz zwischen 2 unabhängig voneinander einstellbaren Lastgrößen um. Das intern generierte Umschaltsignal weist ein Impuls-Pausenverhältnis von 1 : 1 auf, d. h. beide Lastgrößen sind für die gleiche Zeit aktiv. Neben der Anzeige des hieraus resultierenden Strommittelwertes kann, wie bereits erwähnt, auch der Spitzenstrom der oberen Lastgröße sowie der minimale Strom für die untere Lastgröße angezeigt werden.

Die Umschaltung der Stromanzeige selbst erfolgt durch den Taster im Bedienfeld „I-Anzeige“. Der jeweils aktive Anzeige-Modus wird durch die 3 links neben der Taste angeordneten LEDs signalisiert. Die freie Wahl des I-Anzeige-Modus ist nur bei aktivierter interner Modulation möglich. Bei kontinuierlicher Belastung oder bei externer Modulation wird der I-Anzeige-Modus von der Steuerlogik vorgegeben.

Links neben dem Bedienfeld „I-Anzeige“ befindet sich das Bedienfeld „Kennlinie“. Mit dem entsprechenden Taster wird zwischen I- und R-Kennlinie gewählt. Im I-Betrieb arbeitet die EL 7000 als Konstant-Stromsenke, d. h. der Laststrom ist unabhängig von der am Eingang anliegenden Spannung. Im R-Betrieb besteht zwischen dem Laststrom und der Klemmenspannung am Eingang ein linearer Zusammenhang ( $I = U/R$ ) gemäß dem ohmschen Gesetz.

Der von der EL 7000 nachgebildete Widerstand läßt sich im Bereich von 1  $\Omega$  bis 100 k $\Omega$  einstellen, während im I-Betrieb Impuls-Ströme bis zu 20 A möglich sind.

Die Vorgabe der Lastgrößen erfolgt analog über 2 getrennte Potentiometer. Je nach

dem mit welcher Kennlinie die EL 7000 gerade arbeitet, entspricht die Einstellung hier dem Konstantstrom bzw. dem Belastungswiderstand.

Mit dem Regler „I/R<sub>min</sub>“ wird die untere Lastgröße und mit „I/R<sub>max</sub>“ die obere Lastgröße eingestellt. Aufgrund der internen Verknüpfung beider Regler empfiehlt es sich, zuerst die obere und anschließend die untere Lastgröße vorzuzählen.

Mit der Taste „Funktion“ sind 4 verschiedene Grundfunktionen auswählbar. Unmittelbar nach dem Einschalten des Gerätes ist die Funktion „I/R<sub>max</sub>“ aktiviert. Angezeigt wird dies durch die über dem zugehörigen Potentiometer befindliche LED. Gleichzeitig ist im Bedienfeld „I-Anzeige“ die Anzeigefunktion „I<sub>max</sub>“ eingeschaltet. Mit dem Regler „I/R<sub>max</sub>“ kann nun die obere Lastgröße eingestellt werden, wobei gleichzeitig auf dem Strom-Display der fließende Laststrom ablesbar ist. In dieser Funktion stellt die EL 7000 eine kontinuierliche Belastung für die angeschlossene Quelle dar.

Mit einer Betätigung der Taste „Funktion“ wird auf „I/R<sub>min</sub>“ umgeschaltet. Entsprechend leuchtet nun die LED über dem Poti „I/R<sub>min</sub>“ und im Bedienfeld „I-Anzeige“ ist die Anzeigefunktion „I<sub>min</sub>“ aktiviert. Auch in dieser Funktion arbeitet das Gerät als kontinuierliche Last, wobei die Lastgröße mit „I/R<sub>min</sub>“ stufenlos einstellbar ist. Der maximalen Lastgröße entspricht hier der zuvor mit „I/R<sub>max</sub>“ eingestellte Wert.

Durch eine weitere Betätigung der Taste „Funktion“ wird auf interne Modulation umgeschaltet, d. h. die elektronische Last schaltet nun selbständig und kontinuierlich im Takt der eingestellten Frequenz zwischen oberer und unterer Lastgröße um. Zur Kennzeichnung der Funktion ist die LED über den Poti „f/Hz“ eingeschaltet. Mit diesem Poti kann die Modulationsfrequenz im Bereich von 10 Hz bis 1 kHz eingestellt werden.

Wie bereits beschrieben, kann jetzt mit der Taste „I-Anzeige“ die Stromanzeige während der aktiven internen Modulation zwischen I<sub>mittel</sub>, I<sub>max</sub> und I<sub>min</sub> umgeschaltet werden. Hierdurch sind komfortabel und definiert Korrekturen an der oberen bzw. an der unteren Lastgröße durchführbar, ohne dabei die Modulation unterbrechen zu müssen.

Mit der dritten Betätigung der Taste „Funktion“ wird auf externe Modulation umgeschaltet, was durch die nun aktive LED oberhalb der „Mod. In“-Buchse angezeigt wird. Der Laststrom wird nun durch die Spannung bestimmt, die an der „Mod. In“-Buchse anliegt.

Die Modulationsspannung darf im Bereich zwischen 0 bis 4 V liegen. Der maximal mögliche Spitzenstrom im Impulsbetrieb wird hier bei einer Modulationsspan-

nung von 4 V erreicht, während bei Gleichspannungsansteuerung der zulässige maximale Strom von 10 A bei einer Modulationsspannung von 2 V erreicht ist. Die Stromanzeige wird in diesem Betriebsmodus automatisch auf „I<sub>mittel</sub>“ (I) geschaltet.

Wird nun die Taste „Funktion“ ein viertes mal betätigt, so befindet sich die EL 7000 wieder in der Ausgangsfunktion, wie sie auch unmittelbar nach dem Einschalten eingenommen wird.

Kommen wir als nächstes zu den Schutzfunktionen der EL 7000. Erreicht die Endstufe eine Temperatur von 100°C (z. B. durch erhöhte Umgebungstemperatur oder bei abgedeckten Lüftungsschlitzen), so wird automatisch die Belastung abgeschaltet, d. h. die Endstufe ist deaktiviert. Dieser Betriebszustand wird durch die LED „Temp“, rechts neben der Strom-Anzeige, signalisiert. Sobald die Temperatur wieder unterhalb der Abschaltsschwelle gesunken ist, schaltet die Endstufe automatisch wieder ein, und das Gerät nimmt den Betrieb mit den zuvor gewählten Einstellungen wieder auf.

Überschreitet der Mittelwert des Laststromes einen Wert von 10 A, so wird dies durch die LED „I>10 A“ angezeigt. Bei Überschreitung des Grenzwertes regelt die EL 7000 automatisch den Laststrom zurück.

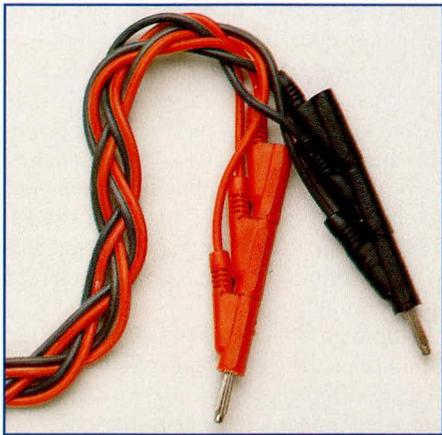
Die maximale Verlustleistung ist auf 100 W begrenzt. Wird dieser Grenzwert überschritten, regelt auch hier die EL 7000 die Lastgröße zurück. Hierzu besitzt die Schaltung einen integrierten Multiplizierer, der den Strom mit der Spannung multipliziert und so die Leistung berechnet. Sobald die Leistungsbegrenzung aktiv ist, leuchtet die LED „P>100 W“ auf.

Im rechten unteren Bereich der Frontplatte befinden sich die Eingangsbuchsen und links daneben die BNC-Meßbuchse.

Bei Rechteck-Modulation liegt die mittlere Anstiegszeit bei ca. 10  $\mu$ s. Damit diese relativ hohe Anstiegszeit auch zum Prüfling übertragen wird, ist den Zuleitungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Insbesondere sollten die Zuleitungen so kurz als möglich gehalten werden und auch der Querschnitt groß ausgelegt sein.

Einen erheblichen Einfluß an der Signalübertragungsqualität hat die Induktivität der verwendeten Zuleitung. Hier sollten Hin- und Rückleiter möglichst dicht und parallel zueinandergeführt werden. Gute Ergebnisse lassen sich auch mit handelsüblichen Labor-Meßleitungen erzielen, wenn diese, wie in Abbildung 1 gezeigt, miteinander verflochten sind.

Über die BNC-Meßbuchse „U<sub>meß</sub>“ wird die am Shunt-Widerstand abfallende, zum Laststrom proportionale Spannung abgenommen. Insbesondere ist hierüber bei externer Modulation mit Hilfe eines Oszilloskops die korrekte Modulation überprüf-



**Bild 1: Handelsübliche Labor-Meßleitung zur Optimierung der Übertragungsqualität miteinander verflochten**

bar. Für die Beurteilung der Regelqualität des Prüflings kann eine Messung an der Buchse „U<sub>meß</sub>“ nicht herangezogen werden. Um hier eine Aussage treffen zu können, sollte immer direkt an den Klemmen des Prüflings gemessen werden, damit die dynamischen Eigenschaften der Zuleitung keinen Einfluß mehr haben.

Nach dieser ausführlichen Funktions- und Bedienungsbeschreibung wenden wir uns der Schaltungstechnik zu.

## Schaltung

Zur guten Übersicht haben wir die Gesamtschaltung der elektronischen Last EL

7000 in 4 Einzelschaltbilder unterteilt. Folgende Funktionseinheiten sind dabei zusammengefaßt:

1. Leistungs-Endstufe mit Regler, Leistungs- und Strombegrenzung sowie Lüftersteuerung (Bild 2)
2. Steuerlogik mit Modulationssignal-Erzeugung (Bild 3)
3. U/I-Anzeige (Bild 4)
4. Netzteil (Bild 5)

### Abbildung 2

In der oberen Hälfte dieses Teilschaltbildes ist die Leistungs-Endstufe der EL 7000 dargestellt. Sie wird gebildet aus 4 parallelgeschalteten SIPMOS-Transistoren des Typs STP60N05 (T5, T 8, T 11, T 14). Jedem Transistor ist ein Shunt-Widerstand (R 50, R 54, R 58, R 62) von jeweils 100 mΩ zugeordnet.

Aufgrund der thermischen Eigenschaften ist eine direkte Parallelschaltung der SIPMOS-Transistoren im linearen Betrieb nicht ohne weiteres möglich. Aus diesem Grunde ist jedem Transistor eine Regelschaltung, bestehend aus einem Operationsverstärker mit nachgeschalteter Stromverstärkerstufe zugeordnet. Die Funktion dieser 4fach, identisch aufgebauten Schaltungseinheiten wollen wir nun anhand der Schaltung um T 14 näher betrachten.

Der Soll-Wert für den zu liefernden Strom wird dem Operationsverstärker IC 19 B an seinem nicht-invertierenden Eingang

Pin 5 zugeführt. Die Ist-Größe gelangt vom Shunt-Widerstand R 62 über R 121 auf den invertierenden Eingang des OPs.

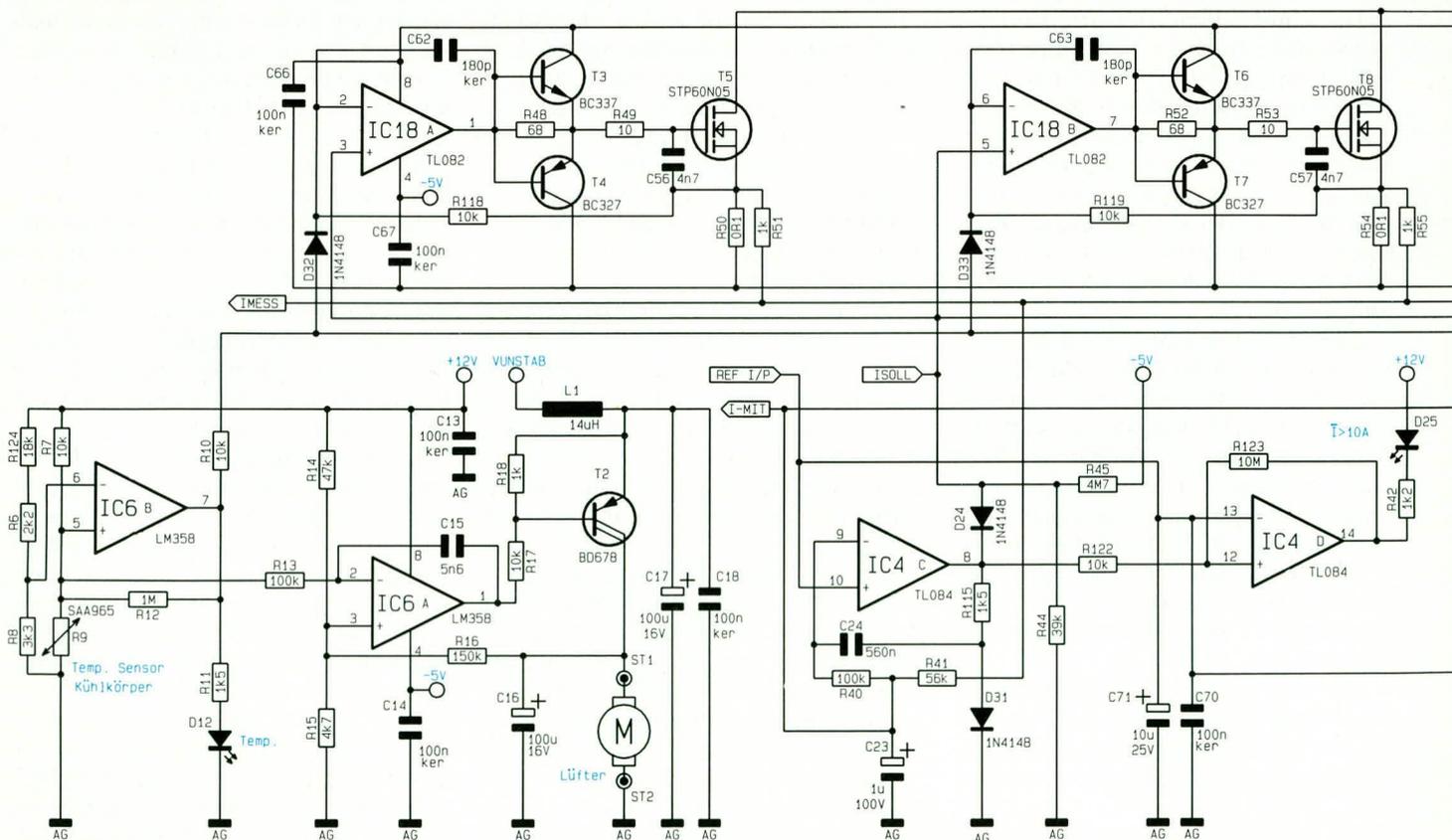
Je nach Differenz zwischen Soll- und Ist-Spannung steuert der OP IC 19 B nun über seinen Ausgang (Pin 7) die Basen der komplementären Emitterfolger T 12 und T 13 an. Durch den Widerstand R 60 werden Übernahmeverzerrungen, bedingt durch die endliche Slew-Rate des OPs reduziert. Über den Widerstand R 61 wird das Gate des Endstufentransistors angesteuert.

Der Kondensator C 59 dient der hochfrequenten Schwingneigungsunterdrückung für die Endstufe. Die Stabilisierung des Reglers wird durch C 65 im Gegenkopplungsweig in Verbindung mit R 121 erreicht.

Im linken unteren Bereich des Schaltbildes ist die Temperaturschutzschaltung sowie die Lüftersteuerung dargestellt. Der Temperatursensor R 9 ist direkt am Lüfteraggregat montiert. Überschreitet hier die Temperatur den Wert von 100°C, so ist die durch R 6, R 124 und R 8 festgelegte Schwellenspannung des IC 6 B erreicht und der Ausgang Pin 7 des OPs wechselt von Low- auf High-Pegel.

Über den Widerstand R 10 und die Entkoppeldioden sind nun die Enstufen gesperrt. Dieser Betriebszustand wird durch die Leuchtdiode „Temp.“ angezeigt.

Die am Temperatursensor anliegende



Spannung gelangt weiterhin über R 13 auf den invertierenden Eingang des als Regler geschalteten OP IC 6 A. Die am Sensor anliegende Spannung stellt für den Lüfter-Regler die Soll-Größe dar. Als Ist-Größe wird die am Lüfter anliegende Spannung über R 16 dem IC 6 A an seinem nicht-invertierenden Eingang zugeführt.

Entsprechend der Eingangs-Größen steuert IC 6 A nun direkt den Basis-Spannungsteiler des Längstransistors T 2 an, womit der Regelkreis geschlossen ist.

Für die Begrenzung des Laststromes auf einen Mittelwert von 10 A dient eine mit dem OP IC 4 C aufgebaute Regelschaltung. Hierzu wird über den Tiefpaß R 41 und C 23 zunächst der Mittelwert, der an den Shunt-Widerständen abfallenden, dem Laststrom proportionalen Spannung, gebildet und über R 40 dem als Regler arbeitenden OPIC 4 C an seinem invertierenden Eingang zugeführt. Überschreitet der Ist-Wert die am nicht invertierenden Eingang anliegende Referenz-Größe, so wird der Regler aktiv und wirkt über die zur Entkopplung dienende Diode D 24 auf den Laststrom ein.

Eine weitere Begrenzungsregelung überwacht die an der EL 7000 anliegende Verlustleistung. Für eine korrekte Erfassung sorgt der Analog-Multiplizierer IC 14 des Typs AD633. Hier wird die anliegende Eingangsspannung mit dem Mittelwert der Lastspannung multipliziert. Das Produkt

aus dieser Rechenoperation gelangt über R 74 und R 75 als Ist-Größe auf den invertierenden Eingang des OP IC 9 A, der wiederum als Begrenzungsregler arbeitet.

Überschreitet die Verlustleistung den Grenzwert von 100 W, so wird über die Entkoppeldiode D 27 der Laststrom heruntergeregt. Anzeigt wird dieser Betriebszustand von der Leuchtdiode D 26. Die Ansteuerung übernimmt der Komparator OP IC 9 B.

Die Eingangsgrößen für Spannung und Laststrom können nicht direkt auf die Eingänge des Multiplizierers gegeben werden. Mit IC 13 erfolgt daher eine Verstärkung der an C 23 anstehenden Strom-Meßgröße. Die Klemmenspannung wird mit dem Spannungsteiler R 78 / R 77 heruntergeteilt und über R 73 dem Multiplizierer zugeführt.

Damit ist das in Abbildung 2 dargestellte Schaltbild soweit erläutert und wir wenden uns der Schaltung in Abbildung 3 zu.

### Abbildung 3

Zentrales Bauelement dieses Schaltbildes ist der programmierbare Logikbaustein IC 7. Bis auf die Steuerung der Last-Kennlinie (über die Taster TA 3 und IC 12 B) ist hier die gesamte Bedienlogik implementiert. Die Taster für „Funktion“ und „Anzeige“ sind direkt über R 21 und R 22 mit den Eingängen des GAL-Bausteins verbunden. Die weitere hier angeordnete

externe Beschaltung sorgt für definierte und saubere Tastersignale.

Die Ansteuerung der CMOS-Schalter IC 5, IC 8 und IC 11 erfolgt direkt über die Ausgänge (Pin 12 bis Pin 16) des Logik-Bausteins. Auch werden hierüber die Leuchtdioden D 13 sowie D 16 bis D 19 direkt angesteuert.

Mit dem Operationsverstärker IC 10 mit Zusatzbeschaltung ist der Oszillator für die interne Modulation realisiert. Der Frequenzbereich beträgt 20 Hz bis 2 kHz. Zur Einstellung der Frequenz dient R 68. Das nachgeschaltete D-Flip-Flop nimmt eine Frequenzteilung vor und erzeugt ein Impuls-Pausenverhältnis von 1 : 1, so daß an den Ausgängen Q und  $\bar{Q}$  der erforderliche Frequenzbereich von 10 Hz bis 1 kHz zur Verfügung steht.

Mit dem CMOS-Schalter IC 11 ist die Umschaltung und die entsprechende Ansteuerung der Strom-Anzeige realisiert.

Im oberen Schaltbildbereich sind mit R 1 und R 2 die Potentiometer zur Einstellung der Last-Größe eingezeichnet. Die Operationsverstärker IC 4 A, B dienen hierbei zur Entkopplung und verhindern so eine gegenseitige Beeinflussung.

Am Ausgang des CMOS-Schalters IC 5 (Pin 15) liegt mit „I<sub>soll</sub>“ die Soll-Größe für den Laststrom an (siehe auch Abbildung 2). IC 5 nimmt die Umschaltung der gewünschten Soll-Größe für den Laststrom vor.

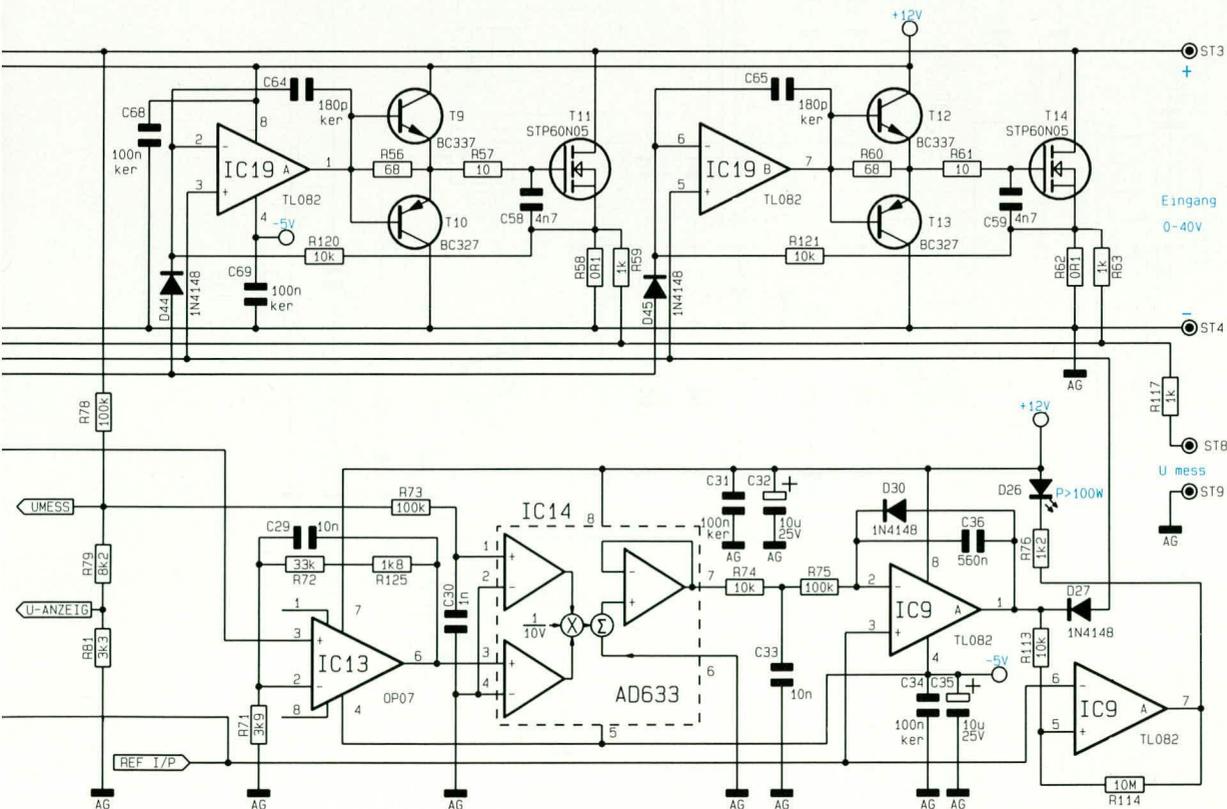


Bild 2: Schaltbild der Leistungsendstufe mit Lüftersteuerung sowie Leistungs- und Strombegrenzung

Wie bereits erwähnt, ist die Umschaltung der Laststromkennlinie mit dem D-Flip-Flop IC 12 B realisiert. Die eigentliche Umschaltung nimmt dabei der CMOS-Umschalter IC 8 C vor.

In der eingezeichneten Schalterstellung gelangt die über den Widerstandsteiler R 37 bis R 39 heruntergeteilte konstante Spannung auf die Regler zur Einstellung der Last-Größe, wodurch die EL 7000 als Konstantstromsenke arbeitet.

Schaltet IC 8 C um, so ist die aus der Eingangsspannung erzeugte Meßgröße „U<sub>meß</sub>“ (siehe auch Abbildung 2) mit der Schaltung um R 1 und R 2 verbunden.

Hierdurch ist der Laststrom linear mit der Eingangsspannung verknüpft und die EL 7000 verhält sich wie ein ohmscher Widerstand. Dabei darf allerdings die Spannung nicht verpolt werden, was auch für den Konstantstrom-Betrieb gilt.

### Abbildung 4

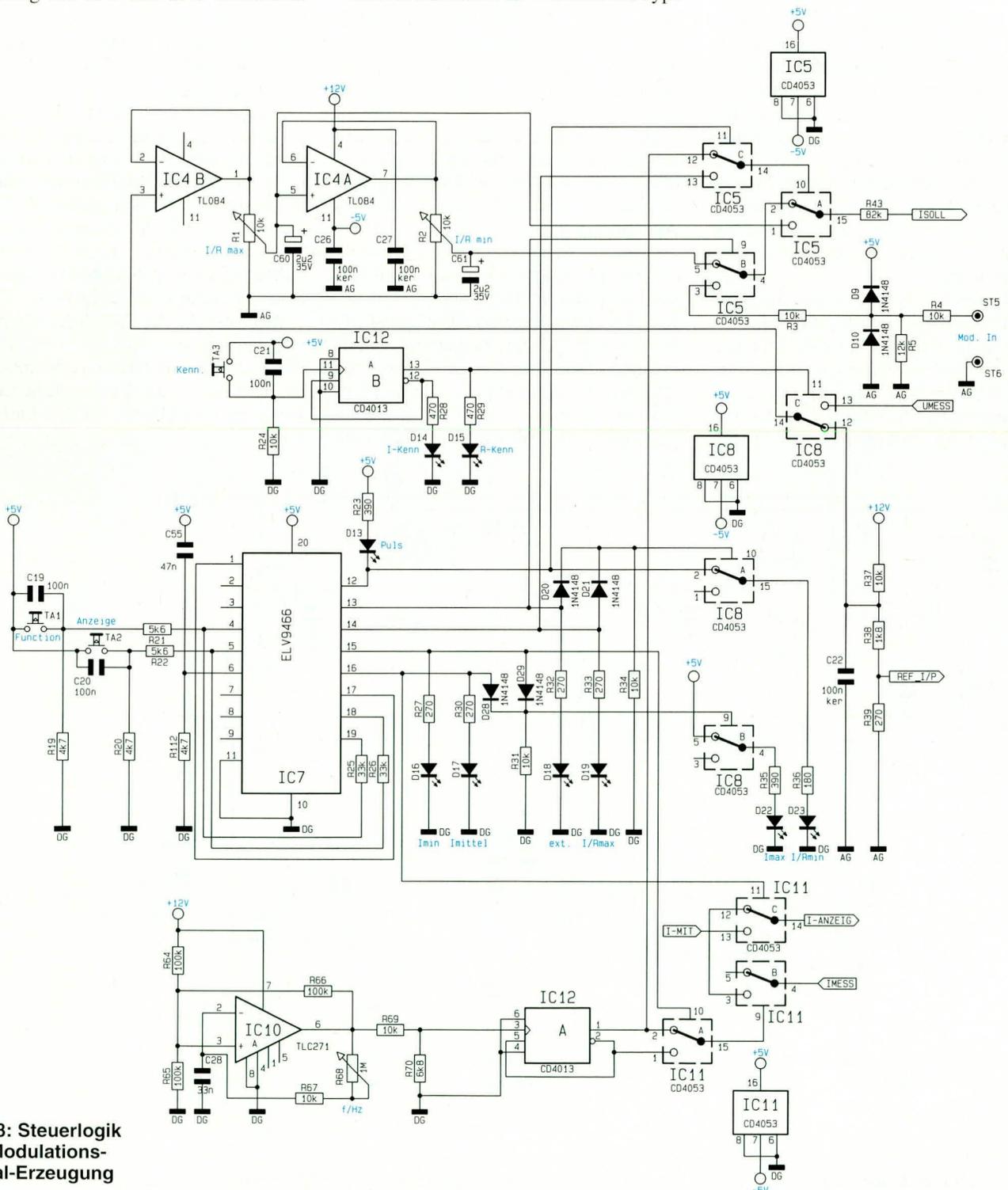
In Abbildung 4 sind die beiden Teilschaltungen der digitalen Strom- und Spannungsanzeige zu sehen. Obwohl die Stromanzeige 4stellig ausgeführt ist, sind beide Teilschaltungen weitgehend identisch aufgebaut.

Die verwendeten AD-Wandler des Typs

ICL7107 setzen die an ihren Eingangspins 30, 31 anliegende Meßspannung in einen digitalen Anzeigewert um, wobei die 7-Segment-LED-Anzeigen direkt angesteuert werden.

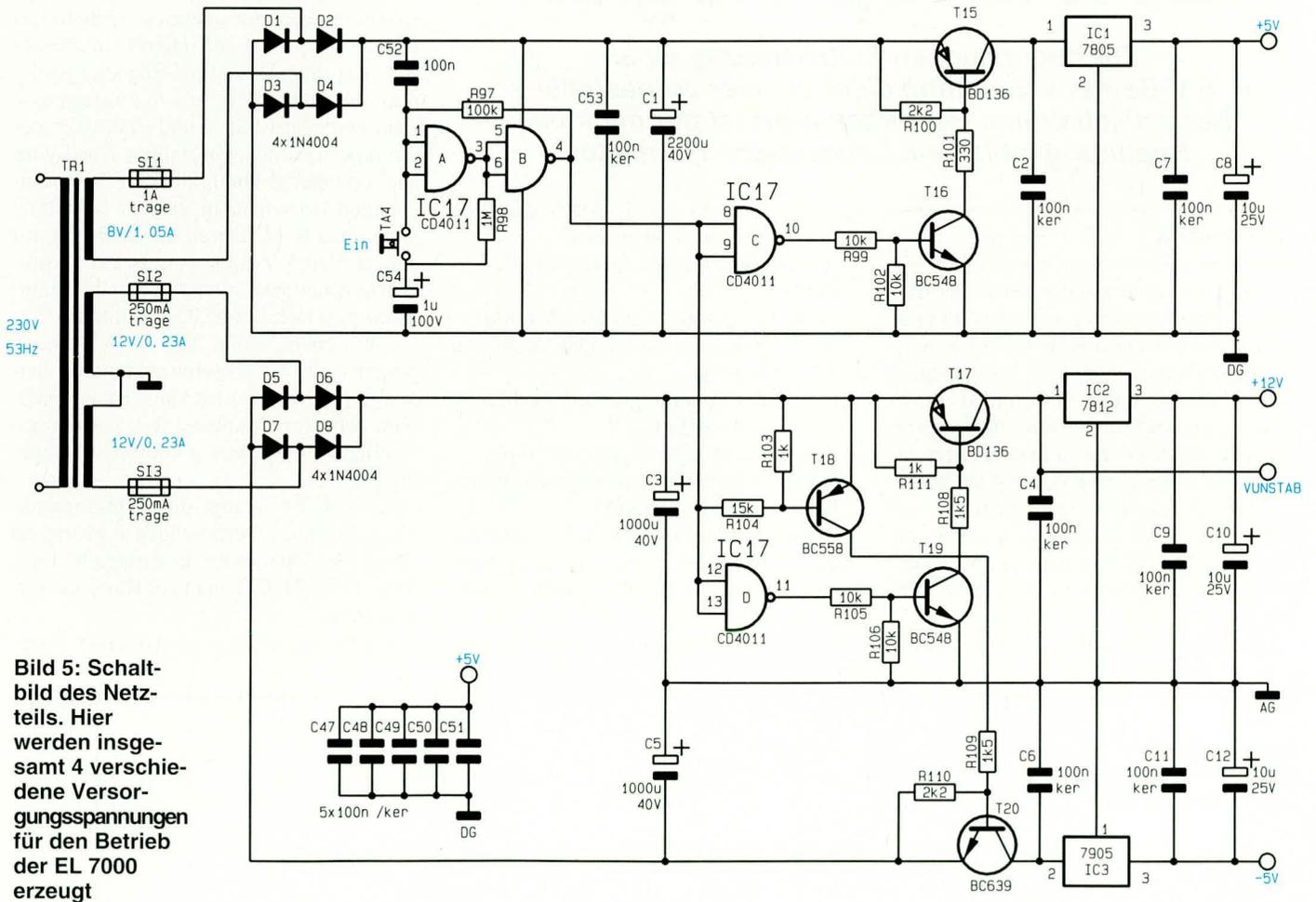
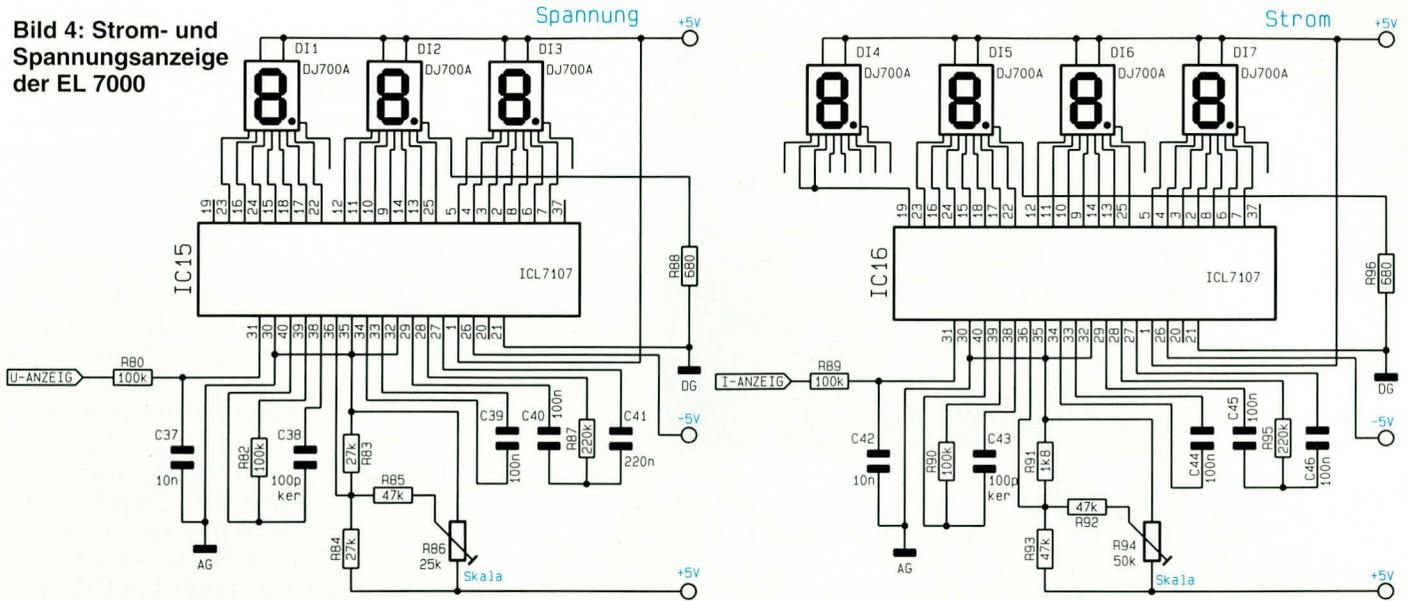
### Abbildung 5

Das Netzteil der elektronischen Last zeigt Abbildung 5. Insgesamt stehen 4 verschiedene Betriebsspannungen zur Verfügung, wovon 3 stabilisiert sind. Zur Stabilisierung dient jeweils ein Spannungsregler mit Zusatzbeschaltung.



**Bild 3: Steuerlogik mit Modulations-signal-Erzeugung**

**Bild 4: Strom- und Spannungsanzeige der EL 7000**



**Bild 5: Schaltbild des Netzteils. Hier werden insgesamt 4 verschiedene Versorgungsspannungen für den Betrieb der EL 7000 erzeugt**

Der verwendete Netztransformator TR 1 ist auf der Primärseite direkt mit der Netzschnur versehen, so daß die Ein- und Ausschaltfunktion auf der Sekundärseite realisiert ist. Der Vorteil dieser Aufbauweise besteht darin, daß keinerlei gefährliche Spannungen innerhalb des Gerätes berührbar sind, da die lebensgefährliche Netzwechselspannung innerhalb des vergossenen Netztransformators verbleibt und

die zugängliche Sekundärseite galvanisch davon getrennt ist.

Als Schaltelemente dienen in den 3 Betriebsspannungszweigen jeweils Bipolartransistoren (T 15, T 17, T 20). Die Ansteuerung erfolgt über je einen Treibertransistor, wobei für die positiven Zweige (T 15 und T 17) nochmals eine Invertierung durch die Gatter IC 17 C, D vorhanden ist.

Die eigentliche Toggle-Schaltfunktion für den Taster TA 4 (Netz) ist mit den Gattern IC 17 A, B realisiert. Ein definierter Schaltzustand (EL 7000 ausgeschaltet), nach dem Einstecken des Netzsteckers, wird durch den Kondensator C 52 gewährleistet.

Im zweiten Teil dieses Artikels wenden wir uns dem Nachbau dieses interessanten und nützlichen Laborgerätes zu.