

ELV-Serie Modelleisenbahn-Elektronik



In dem hier vorliegenden abschließenden II. Teil stellen wir Ihnen das Schaltbild mit der Schaltungsbeschreibung sowie die komplette Bauanleitung des Luxus-Modellbahn-Netzgerätes LMN 7000 vor.

Aufgrund der hervorragenden Daten läßt sich dieses elektronisch stabilisierte Netzgerät auch für die verschiedensten anderen Anwendungsfälle im Bereich der Elektronik einsetzen.

Die Elektronik

Bevor wir auf die eigentliche Elektronik zur Regelung unserer Ausgangsspannung und unseres Ausgangsstromes eingehen, wollen wir die für deren Betrieb erforderliche Spannungsversorgung kurz beschreiben.

Über die Erzeugung der $\pm 15\text{ V}$ Versorgungsspannungen ist nicht viel zu sagen. Sie werden mit Hilfe der beiden Einweggleichrichter D 1 und D 2 sowie der nachgeschalteten Stabilisierungsschaltung realisiert.

Die $+15\text{ V}$ werden über den integrierten Spannungsregler 723 stabilisiert, der gleichzeitig die Referenzspannung für die Regelungsschaltung des Netzgerätes erzeugt.

Die -15 V werden mit Hilfe von R 2, C 10, D 3 und T 1 stabilisiert.

Wir wollen an dieser Stelle nicht näher auf die Funktion des integrierten Spannungsreglers des Typs 723 (IC 1) eingehen, da dessen Funktion für das Verständnis der eigentlichen Steuerelektronik von sekundärer Bedeutung ist.

Zu der hohen Qualität unseres Netzgerätes tragen nicht zuletzt die getrennte Einstellbarkeit von Spannung und Strom über den gesamten Bereich bei. Um dies verwirklichen zu können, sind zwei völlig getrennte Regler (einer für Spannungs-, der andere für Stromeinstellung) notwendig mit einer zusätzlichen, nachgeschalteten Auswertlogik, die entscheidet, welcher der beiden Regler nun tatsächlich die Leistungsendstufe ansteuert.

Tabelle 1: Daten des Luxus-Modellbahn-Netzgerätes LMN 7000

| | |
|--|--|
| Spannungsbereich: | 0 bis 15 Volt |
| Strombereich: | 0 bis 3 A |
| Spannung und Strom getrennt einstellbar. | |
| Brumm und Rauschen | |
| Spannungskonstanter: | kleiner $5\text{ m V}_{\text{eff}}$ |
| Stromkonstanter: | kleiner $5\text{ m V}_{\text{eff}}$ |
| Innenwiderstand | |
| Spannungskonstanter: | typ. $10\text{ m}\Omega = 0,01\ \Omega(!)$ |
| Stromkonstanter: | typ. $20\text{ k}\Omega$ |

Die Regler selbst bestehen im wesentlichen aus den beiden Operationsverstärkern OP 1 und OP 2, die in einem IC (IC 2) des Typs TL 082 integriert sind. Genau genommen könnte dieses Gerät auch mit zwei einzelnen IC's mit je einem OP aufgebaut werden.

Dieses nur zum besseren Verständnis für diejenigen, für die der Umgang mit dem IC (integrierte Schaltung — englisch: integrated Circuit) noch Neuland ist. Wer werden in weiteren Folgen noch ausführlicher über IC's sprechen.

Die beiden OP's vergleichen nun den Sollwert mit dem Istwert bzw. einen Teil davon (Sollwert ist der Wert, den der Ausgang des Netzteils haben soll und der mit den Potentiometer P 1 bzw. P 2 vorgegeben wird — Istwert ist der Wert, den der Ausgang des

Netzteils tatsächlich hat, d. h. es wird eine möglichst gute Übereinstimmung von Soll- und Istwert angestrebt.)

Kommen wir nun zur Funktion der Auswertlogik. Sie muß, wie vorhin schon erwähnt, die Entscheidung treffen, welcher der beiden Regler nun tatsächlich im Einsatz ist. Angezeigt wird dies durch Aufleuchten von D 8 oder D 9 auf der Frontplatte (im Grenzbereich leuchten D 8 + D 9). Der Schalter S 2 ist hierbei geöffnet (Stellung „Stromkonstanter“). Wird S 2 in Stellung „ S_{ein} “ gebracht, schaltet das Netzgerät bei Erreichen des mit P 1 eingestellten Stromes den Ausgang ab und erst wieder an, wenn S 2 in Stellung „Stromkonstanter“ gebracht wird.

Nachfolgendes Beispiel wird zum besseren Verständnis beitragen:

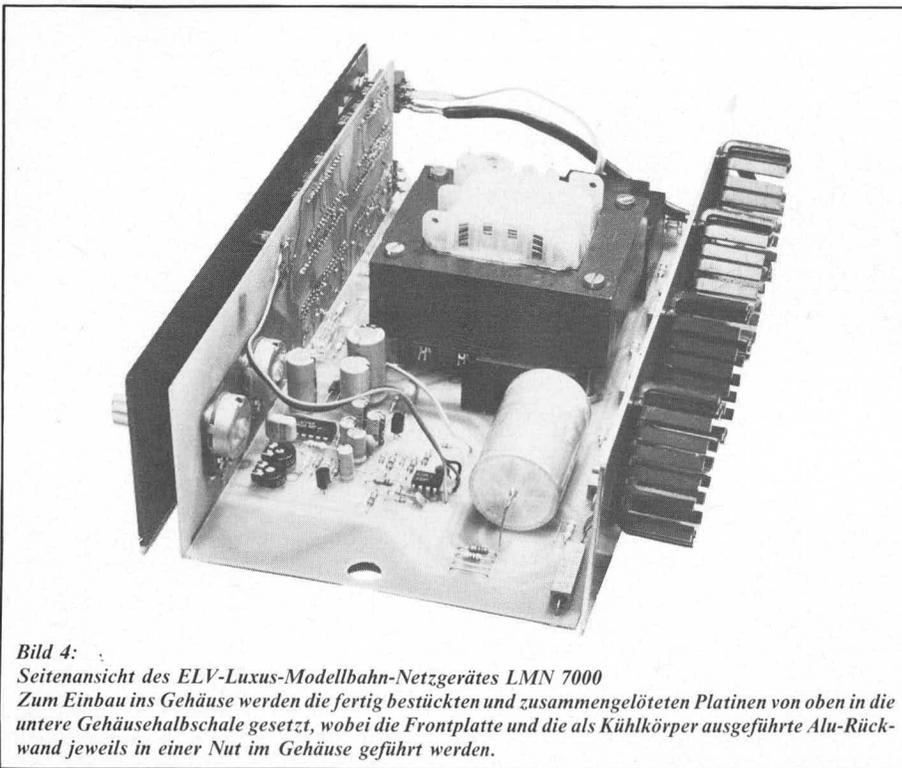


Bild 4:
 Seitenansicht des ELV-Luxus-Modellbahn-Netzgeräten LMN 7000
 Zum Einbau ins Gehäuse werden die fertig bestückten und zusammengelöteten Platinen von oben in die untere Gehäusehalbschale gesetzt, wobei die Frontplatte und die als Kühlkörper ausgeführte Alu-Rückwand jeweils in einer Nut im Gehäuse geführt werden.

Es soll eine Autobatterie aufgeladen werden:

Zuerst sollte der Strom einen möglichst konstanten Wert aufweisen und zwar solange, bis die Batterie ihre Sättigungsspannung von ca. 14 V (bei 12 V Autobatterien) erreicht hat. Der Strom muß dann kleiner werden, damit die Batterie nicht unnötig geladen wird und infolgedessen Gas entwickelt.

Die Forderungen an die Auswertlogik sind derart, daß derjenige Regler im Einsatz ist, der den kleineren Wert der Ausgangsspannung bzw. des Ausgangsstromes vorschreibt.

Bei einer Einstellung der beiden Regler auf z. B. 14 V und 2 A kann nur eine maximale Spannung von 14 V erreicht werden und ein maximaler Strom von 2 A fließen. Wird die Belastung größer, so steigt nicht der Strom an, sondern die Spannung sinkt.

Um bei unserem Beispiel des Autoakkus zu bleiben, würde eine Einstellung von 14 V und 2 A bedeuten, daß der ungeladene Akku, der eine Spannung von ca. 11 V hat, zu Beginn des Ladevorgangs mit vollen 2 A geladen wird. Erst nachdem der Akku nahezu voll aufgeladen wurde und die Spannung 14 V erreicht hat, beginnt der Strom langsam zu sinken und sich auf Werte einzupegeln, die lediglich zu einer Erhaltungsladung führen, d. h. der Akku wird nur mit einem Strom gespeist, der ihn den aufgeladenen Zustand beibehalten läßt.

Die Auswertlogik, die diese Aufgabe erfüllt, wird in der vorliegenden Schaltung (siehe Bild 3) in höchst einfacher Form im wesentlichen durch die beiden Dioden D 9 und D 10 dargestellt.

Die Darlington-Endstufe

Bevor wir in der Beschreibung des Netzteils fortfahren, soll eine wesentliche Tatsache verdeutlicht werden:

Die Regelungsschaltung „schwimmt“ sozusagen auf der positiven Ausgangsspannung des Netzgeräten, d. h. die Operationsverstärker mit der ± 15 V Versorgungsspannung und allem was dazugehört, die Referenzspannung sowie die Erzeugung von Soll- und Istwert haben als gemeinsamen Bezugspunkt die positive Ausgangsspannung.

Nach dieser wichtigen Feststellung und nachdem wir die Funktion der Auswertlogik besprochen haben, wenden wir uns der Darlington-Endstufe zu.

Diese besteht im wesentlichen aus der Endstufe selbst, mit den vier Leistungstransistoren T 3 bis T 6, die bereits jeweils einen Treibertransistor beinhalten (also Darlington-Transistoren sind), sowie den Emitterwiderständen R 23 bis R 26.

Über die Stromquelle, bestehend aus dem Transistor T 2, dem Kondensator C 8 sowie den Widerständen R 5 und R 6, wird in die Basen von T 3 bis T 6 ein Strom von ca. 10 mA eingespeist. Dieser Strom, der die Endstufe zum Durchsteuern bringt, wird zum Teil über die Auswertlogik (D 9, D 10) und die Operationsverstärker OP 1 und OP 2 abgezogen und zwar soweit, wie es zum Erreichen der mittels der Potis P 1 und P 2 eingestellten Ausgangswerte des Netzgeräten erforderlich ist.

Die Widerstände R 23 bis R 26 sind zum Ausgleichen von unterschiedlichen Transistordaten von T 3 bis T 6 vorgesehen. Sie haben aber noch eine weitere Funktion, auf die im nächsten Abschnitt näher eingegangen werden soll.

Erzeugung von Soll- und Istwert von Spannung und Strom

Bis jetzt haben wir uns mit den Reglern, der Auswertlogik und der Endstufe befaßt.

Wo aber bekommen die Regler für Spannung und Strom die Informationen her, die

sie zum Ausüben ihrer Funktion benötigen? Hierauf soll im folgenden eingegangen werden.

Wie aus dem Blockschaltbild in Bild 2 in der vorangegangenen Ausgabe hervorgeht, benötigt jeder der Regler zwei Informationen, nämlich die Information über den Sollwert und den Istwert.

Wie zu Beginn dieses Artikels schon einmal erwähnt, ist der Sollwert der Wert, den der Ausgang des Netzgeräten haben soll (bzw. ein Teil davon), oder anders ausgedrückt, ist der Sollwert der Wert, den wir mittels der Einstellpotis (Spannung oder Strom) vorgeben, d. h. einstellen.

Der Istwert ist der Wert (bzw. ein Teil davon), den der Ausgang des Netzgeräten tatsächlich hat, d. h. dieser Wert wird am Ausgang abgegriffen.

Für den Stromregler wird der Sollwert mit dem Potentiometer P 1 vorgegeben. Der Istwert wird als Spannungsabfall über die Widerstände R 23 bis R 26 gemessen. Hier sehen wir die zweite Funktion dieser beiden Widerstände. Soll- und Istwert werden über die Widerstände R 19 bis R 22 sowie R 12 und R 13 auf die beiden Differenzeingänge des Operationsverstärkers OP 1 gegeben, wo sie miteinander verglichen werden. Der Operationsverstärker stellt nun den Ausgangsstrom des Netzteils so ein, daß Soll- und Istwert möglichst gut übereinstimmen, d. h. aber auch so, daß wir den Ausgangsstrom mittels P 1 regeln können.

Tritt eine Störung bzw. ein Laständerung am Ausgang des Netzteils auf, so ändert sich auch der Istwert. Der Operationsverstärker stellt dies fest und regelt automatisch den Ausgangsstrom so nach, daß der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt ist.

Beim Spannungsregler ist noch eine kleine Abweichung in der Funktionsweise anzumerken. Hier wird zur Spannungseinstellung nicht der Sollwert verändert, sondern der Teil des Istwertes, der vom Ausgang abgegriffen und auf den Eingang zurückgeführt wird, erfährt mittels des Potis P 2 eine Veränderung. Der Sollwert bleibt immer gleich und wird einmal mittels R 9 und R 10 fest eingestellt und zwar so, daß bei aufgedrehtem Poti P 2 die maximale Ausgangsspannung erreicht und nicht überschritten wird.

Die Differenz, die von Sollwert und Istwert gebildet wird, steuert den Operationsverstärker OP 2.

Zum Nachbau

Obwohl das vorstehend beschriebene Netzgerät eine ausgezeichnete Leistung hat, ist es gelungen, fast sämtliche Bauelemente, einschließlich Trafo, Brückengleichrichter, Siebelko, Endstufe sowie Einstellregler, auf den Platinen unterzubringen.

Bevor allerdings mit der Bestückung der Platinen begonnen wird, sind diese in das Gehäuse einzupassen. Dies ist erforderlich, da das Gehäuse durch die Platinen optimal genutzt wird und die Gehäuserückwand gleichzeitig mit als Kühlkörper genutzt wird, da sie aus einer 2 mm starken Aluplatte besteht. Die Front- und die Basisplatinen werden direkt miteinander verlötet, so daß keine zusätzlichen Verbindungsleitungen erforderlich sind.

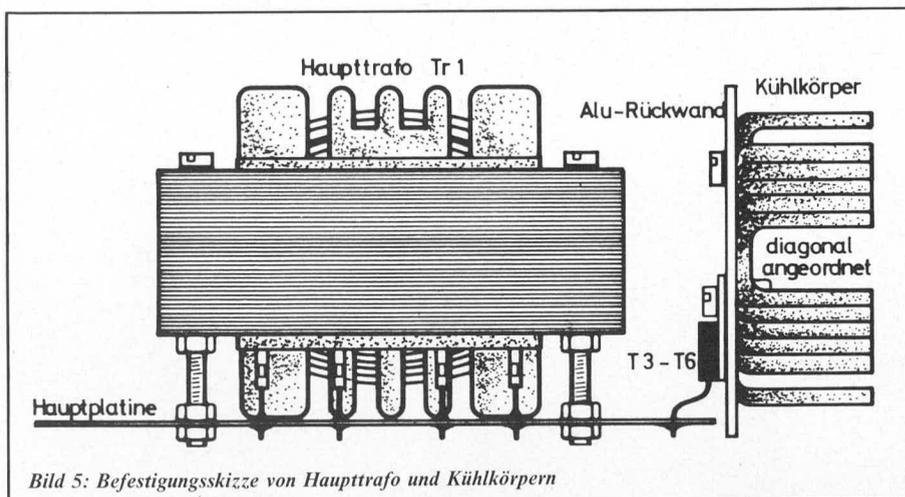


Bild 5: Befestigungsskizze von Haupttrafo und Kühlkörpern

Zum Einpassen werden die Platinen probe- weise auf die Platinenfolie (bzw. auf den im Magazin abgedruckten Bestückungsplan) gelegt und die Maße dadurch kontrolliert. Ggf. sind leichte Nacharbeiten durchzuführen.

Nachdem ein Probeeinbau der Platinen ins Gehäuse zur Zufriedenheit verlaufen ist (die Platinen sind noch nicht miteinander verlötet), kann mit der Bestückungsarbeit begonnen werden.

Zunächst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren und Dioden (auf richtige Polung achten), IC's (richtig herum einlöten) etc. in gewohnter Reihenfolge eingelötet, bis auf die Endstufentransistoren sowie den Haupttrafo TR 1.

Nach der Befestigung dieser letztgenannten Bauelemente, die aus Bild 5 ersichtlich ist, können sie mit der Basisplatine verlötet werden.

Kommen wir nun zum Einbau der Ausgangsbuchsen (Polklemmen):

Nachdem diese mit der bedruckten und gebohrten Frontplatte verschraubt wurden, lötet man je einen ca. 2 cm langen Draht von mindestens 1,5 mm² Querschnitt an die Buchsenrückseiten an.

Nun kann die Frontplatte über die Potiachsen geschoben werden, wobei die beiden an die Eingangsbuchsen angelöteten Drähte durch die entsprechenden Bohrungen in der Front-(Anzeigen-)platine geführt und direkt neben den Bohrungen verlötet werden.

Um ein Anschlußdrahtgewirr an der Frontseite zu vermeiden, ist es sinnvoll, einen ständig benötigten Ausgangsstrom aus zwei an der Rückwand angeordneten Polklemmen zu entnehmen, die jede mit einem isolierten Draht (ca. 1,5 mm²) zu den an der Frontseite angebrachten Buchsen geführt werden (also parallel geschaltet sind).

Soll zur Versorgung des Netzgerätes anstelle des eingebauten Haupttrafos (TR 1) der Lichtstromausgang eines vorhandenen Fahrtrafos verwendet werden, sind zwei zusätzliche Polklemmen für die Einspeisung an der Rückwand anzubringen, die dann mit den beiden Wechselspannungsanschlüssen des Brückengleichrichters B 1 zu verbinden sind.

Zuletzt werden die bestückten Platinen von oben in die untere Gehäusehalbschale eingesetzt.

Ist der im folgenden beschriebene Abgleich durchgeführt, kann die obere Gehäusehalbschale (Deckel) aufgesetzt und von unten verschraubt werden.

Zu beachten ist noch, daß sobald der Trafo mit der Basisplatine verbunden wurde, zum Bewegen der Platine immer beide Hände benutzt werden, wobei die eine Hand immer den Trafo festhält (grundsätzlich vorher Netzstecker ziehen!).

Wird das Gerät häufig über längere Zeit mit Vollast gefahren, sollten in das Gehäuse an geeigneter Stelle (Seiten und Deckel) Belüftungsbohrungen angebracht werden.

Abgleich/Einstellung

Für den Abgleich der Regelektronik werden sowohl das Spannungseinstellpoti P 2 als auch das Stromeinstellpoti P 1, beide an dem rechten Anschlag gedreht (im Uhrzeigersinn).

— Die Einstellung der maximal möglichen Ausgangsspannung von 15 V erfolgt mit dem Trimmer R 10, wobei an die Ausgangsbuchsen ein geeignetes Voltmeter angeschlossen und mit R 10 der Wert von 15,0 V eingestellt wird. Mit P 2 läßt sich nun die Ausgangsspannung von 0—15 V regeln.

— Zur Einstellung des maximal möglichen Ausgangsstromes wird das Voltmeter entfernt und der Ausgang über ein Amperemeter kurzgeschlossen. Bei Rechtsanschlag von P 1 wird mit dem Trimmer R 8 der gewünschte maximal mögliche Ausgangsstrom eingestellt (z. B. 3 A bei Einsatz von TR 1).

Nachdem der Abgleich beendet wurde, kann der Ausgangsstrom mit P 1 nun von 0 bis Maximum eingestellt werden.

— Mit R 104 wird der digitale Spannungsmesser eingestellt. Hierzu legt man an die Ausgangsbuchsen ein möglichst genaues Vergleichsinstrument, stellt das Netzgerät auf eine Ausgangsspannung von ca. 10—15 V ein und bringt nun mit R 104 eine Übereinstimmung der eingebauten Anzeige mit der des Vergleichsinstrumentes zustande.

— Mit R 204 wird der digitale Strommesser eingestellt. Hierzu wird das Netzgerät

zunächst auf 0 V gesteuert, um dann die Ausgangsklemmen über einen Vergleichsstrommesser kurzzuschließen. Nun stellt man einen Strom von 1—3 A ein und bringt mit R 204 eine Übereinstimmung der eingebauten Anzeige mit der des Vergleichsinstrumentes zustande.

Sowohl beim Spannungs- als auch beim Strommesser erfolgt der Nullabgleich automatisch und braucht deshalb nicht extra durchgeführt zu werden.

Daß im normalen Betrieb der Strommesser einige Digits anzeigt (001, 002 o. ä.), hat seine Richtigkeit, da dies der fließende Basisstrom der Endstufendarlingtons ist, der sich jedoch nur in der Größenordnung von einigen mA bewegt.

Sind die beiden digitalen Anzeigeninstrumente vorhanden, so können natürlich diese als erstes (noch vor der Einstellung der Regelektronik) abgeglichen werden und dann kann anhand dieser eingebauten digitalen Anzeigen die Regelektronik anschließend eingestellt werden.

Abschließende Betrachtungen

Der Platinenentwurf ist auch als Klarsichtfolie erhältlich für diejenigen, die die Platinen selbst herstellen wollen und können. Für die Newcomer in der Elektronik sei gesagt, daß es im allgemeinen doch preiswerter ist, eine fertige Platine (evtl. auch gleich den kompletten Bausatz) zu kaufen, als erst einmal drei oder vier Platinen zu „verbraten“ und dann auf einer halbwegs annehmbaren eine Schaltung aufzubauen, die dann doch nicht funktioniert, weil die Leiterbahnen Unterbrechungen oder Schlüsse aufweisen.

Abschließend sei noch ein kurzes Wort zur Belastung unseres Netzgerätes sowie den damit zu betreibenden weiteren Schaltungen gestattet:

3 Ampere Belastung, das ist für viele Hobbyelektroniker schon eine ganze Menge. Die meisten Netzgeräte im Selbstbau reichen nur bis 2 Ampere und genügen den häufigsten Ansprüchen. Der Modellbahner muß unter Umständen mit größeren Belastungen rechnen. Seine Anlage kann viele elektronische Geräte verkraften, nehmen wir einige Beispiele.

- Anfahr- und Bremsautomatiken,
- Gleisbesetzmeldungen,
- Blockstreckensicherungen,
- Geschwindigkeitsmesser,
- Achszähler,
- alle Arten der Geräuschelektronik usw.

Alle Geräte können natürlich eine eigene Stromversorgung haben. Das ist aber nicht nur eine Frage der Investition, sondern auch des Platzes. Darum kann es durchaus sein, daß dieses eine Gerät irgendwann nicht mehr reicht. Es ist aber nicht sinnvoll, nun das Netzgerät noch auf eine höhere Leistung zu trimmen. Ein zweites zu bauen ist dann vielleicht sinnvoller.

Im nächsten Heft gibt es dann ein Gerät, bei dem wir dieses Netzgerät gleich einsetzen können, und das ihrem festlichen Weihnachtsaufbau ihrer Anlage einen besonderen Glanz gibt — eine Dauerzugbeleuchtung, mit deren Hilfe auch im Stand die Züge beleuchtet werden können.

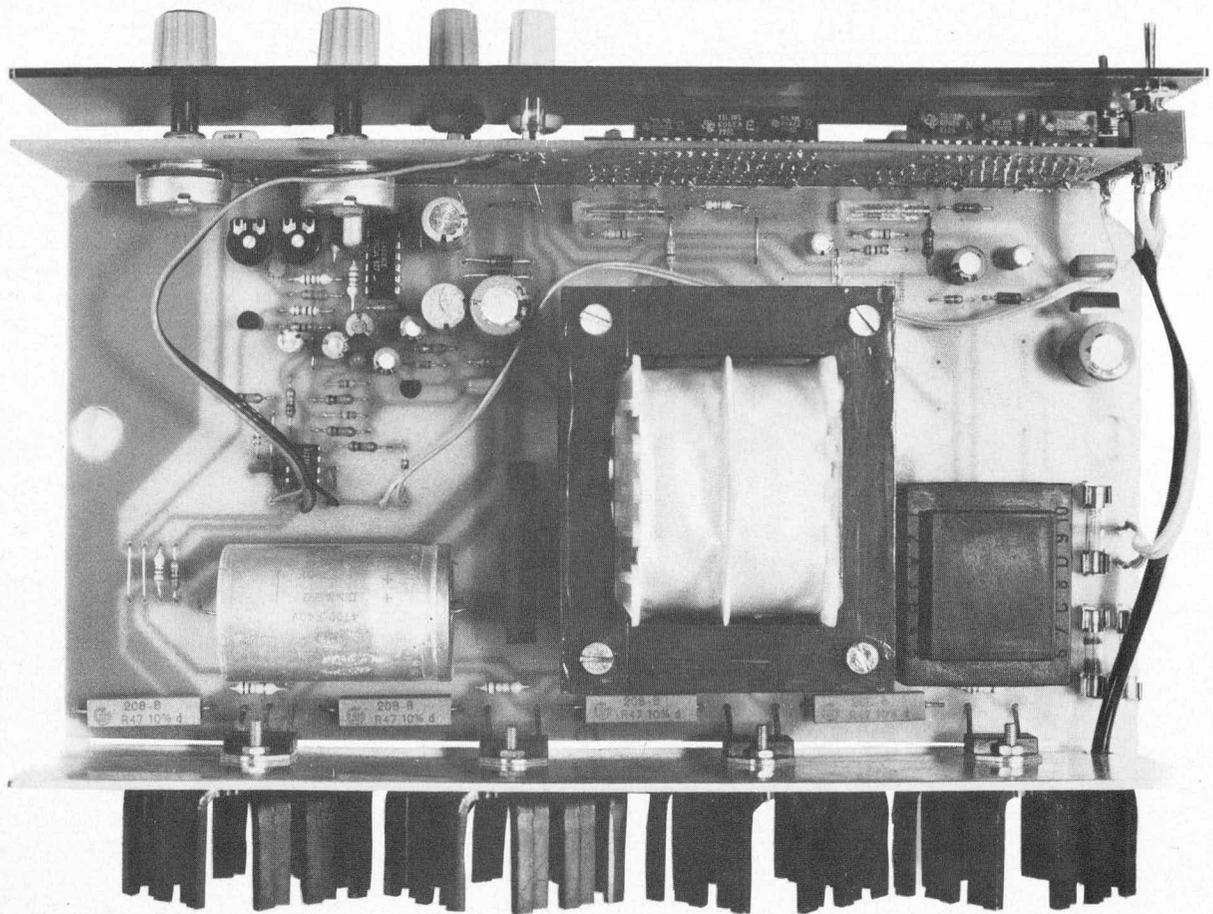


Bild 6:
Ansicht des ELV-Luxus-Modellbahn-Netzgerätes LMN 7000 von oben vor dem Einbau ins Gehäuse

Stückliste:
Luxus-Modellbahn-
Netzgerät LMN 7000
Grundversion
Halbleiter

IC1 μ A 723 DIL
IC2 TL 082
T1 BC 558 C
T2 BC 558 C
T3-T6 TIP 140
D1, D2 1 N 4148
D3 ZPD 5,6
D4-D8 1 N 4148
D9, D10 LED rot 5 mm
BG1 B 40 C 5000/3300

Kondensatoren

C1, C2 100 μ F/35 V
C3 10 μ F/16 V
C4 4700 μ F/35 V
C5, C13 470 pF
C6-C9 10 μ F/16 V
C10 220 μ F/35 V
C11 2,2 μ F/16 V
C12 100 nF
C14, C15 47 pF

Widerstände

R1 1,8 k Ω
R2 3,3 k Ω
R3, R4 6,8 k Ω
R5 1 k Ω
R6 560 Ω
R7 18 k Ω
R8 5 k Ω , Trimmer
R9 2,7 k Ω

R10 5 k Ω , Trimmer
R11-R16 10 k Ω
R17 560 Ω
R18 270 Ω
R19-R22 39 k Ω
R23-R26 0,47 Ω /1 Watt

Sonstiges

Tr1 Netztransformator
prim: 220 V/70 VA
sek: 17 V, 4 A
15 V, 0,1 A
S11 Sicherung 0,5 A, flink
S12 Sicherung 0,05 A, flink
2 Platinensicherungshalter
4 Fingerkühlkörper
4 Schrauben M 3 x 6 mm
4 Muttern M 3
4 Schrauben M 4 x 50 mm
12 Muttern M 4
2 Lötstifte

Stückliste:
Digitales Voltmeter
Halbleiter

IC101 ICL 7107
Di101-103 TIL 701 = DIS 1305

Kondensatoren

C101 100 pF
C102 47 nF
C103 220 nF
C104 10 nF
C105 100 nF

Widerstände

R101 100 k Ω

R102 470 k Ω
R103 4,7 k Ω
R104 10 k Ω , Wendeltrimmer
R105 100 k Ω
R106 680 Ω
R107 8,2 k Ω
R108 68 k Ω

Digitales Amperemeter
Halbleiter

IC201 ICL 7107
Di201-203 TIL 701 = DIS 1305

Kondensatoren

C201 100 pF
C202 100 nF
C203 220 nF
C204 10 nF
C205 100 nF

Widerstände

R201 100 k Ω
R202 220 k Ω
R203 3,3 k Ω
R204 10 k Ω , Wendeltrimmer
R205 100 k Ω
R206 680 Ω

Netzteil für
Digitale Anzeiginstrumente

(1 Netzteil ist ausreichend für
2 Anzeiginstrumente)

Halbleiter

IC301 7805

D301 1 N 4001
D302 1 N 4148
D303 ZPD 5, 6

Kondensatoren

C301 1000 μ F/16 V
C302 100 μ F/16 V
C303 330 nF/16 V
C304, C305 10 μ F/16 V

Widerstände

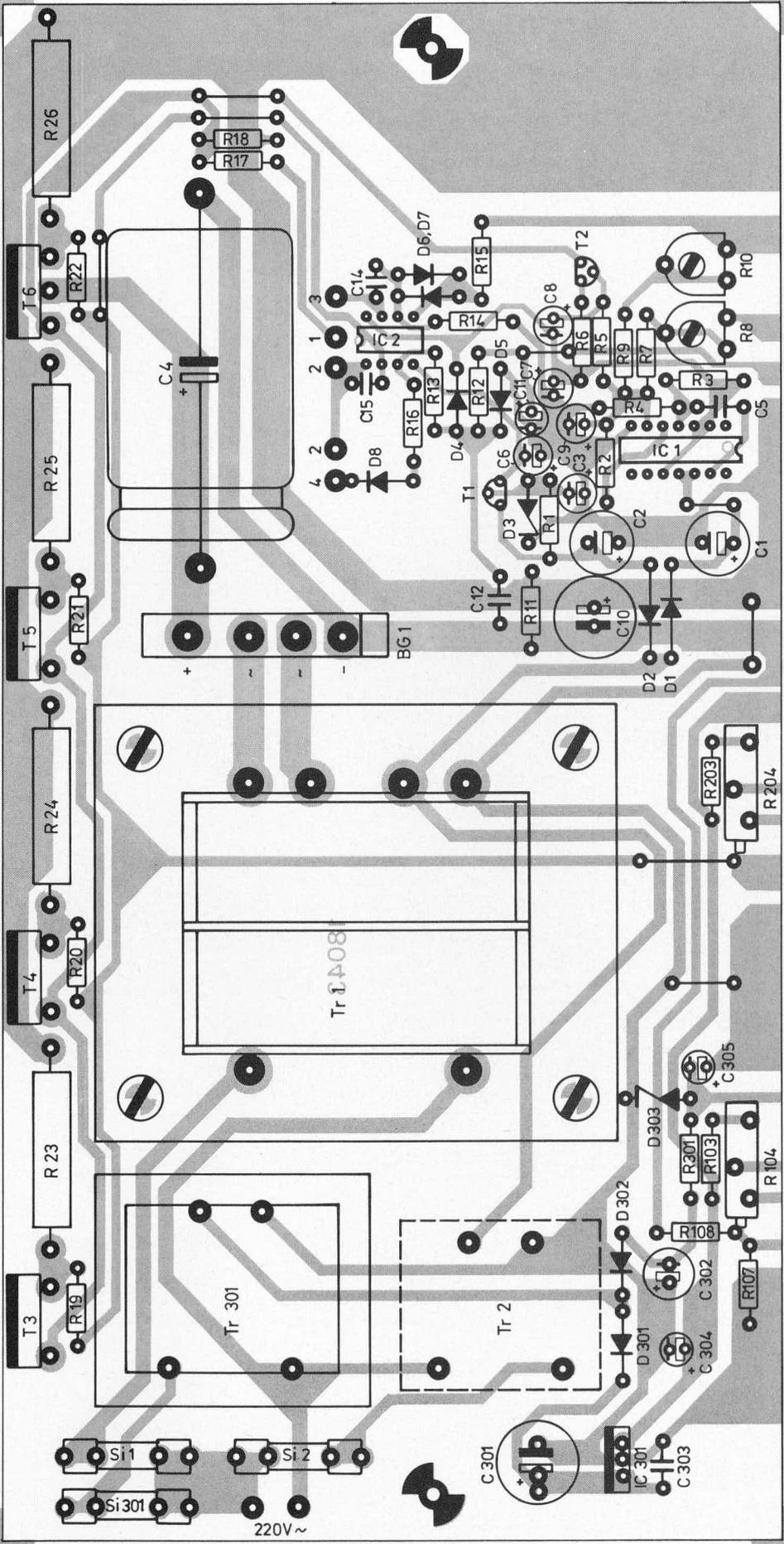
R301 1 k Ω

Sonstiges

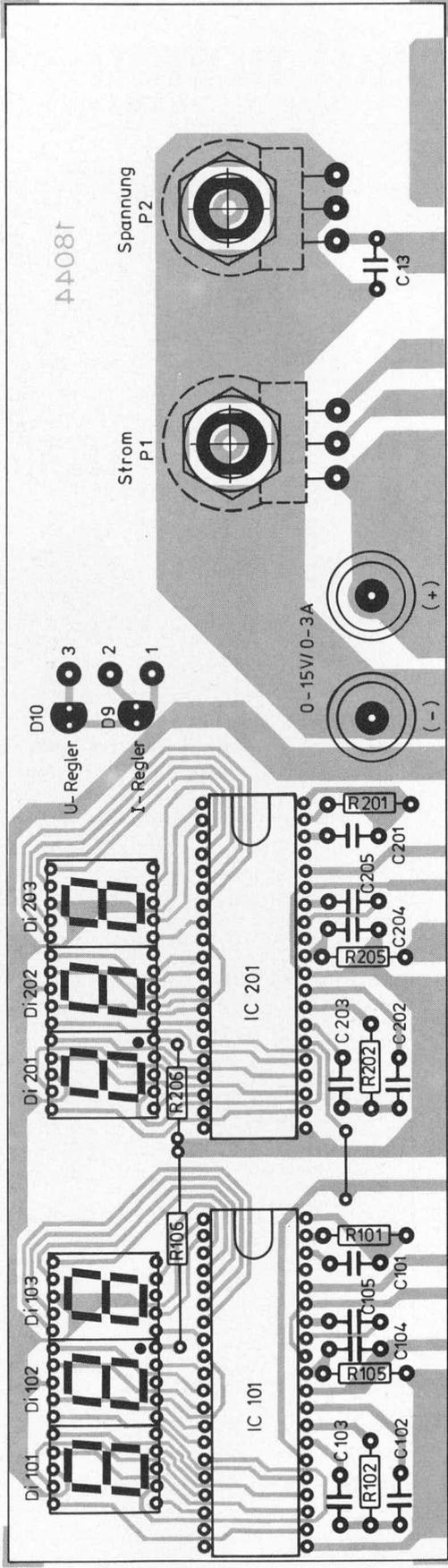
Tr3 Netztransformator
220 V/9 V, 0,5 A
S3 Sicherung 0,05 A, flink
1 Platinensicherungshalter
1 Schraube M 3 x 6 mm
1 Mutter M 3

Gehäusebausatz

1 Gehäuse aus der ELV-Serie 7000
1 bedruckte und gebohrte Frontplatte
2 Gehäusebefestigungsschrauben
12-adriges Netzkabel mit Stecker
1 Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung
2 Spannzangen-Drehknöpfe 14 mm \varnothing mit Deckel und Pfeilscheiben
1 Kippschalter, 2-polig
2 Polklemmen



Bestückungsseite der Basisplatte des Luxus-Modellbahn-Netzgerätes LMN 7000



Bestückungsseite der Anzeigenplatte des Luxus-Modellbahn-Netzgerätes LMN 7000