

ELV-Serie 7000: Digital-NF-Stereo-Leistungsmesser NFL 7000



Mit dem NFL 7000 kann die von einem Verstärker abgegebene und von der Lautsprecherbox aufgenommene NF-Leistung gemessen werden. Durch den Einsatz schneller und breitbandiger Analog-Multiplizierer ist eine echte, vollkommen frequenz- und kurvenformunabhängige Leistungsmessung über 6 Dekaden (!) möglich.

Allgemeines

In einfachster Form ist die Messung der Ausgangsleistung eines NF-Verstärkers möglich, indem man die Spannung an dem angeschlossenen Belastungswiderstand mißt. Nach der Formel

$$P = \frac{U^2}{R}$$

kann anschließend die abgegebene Leistung berechnet werden. Aus der Formel erkennt man jedoch, daß bei einer Spannungsverdopplung sich die Leistung vervierfacht. Dies erklärt auch, daß ein nach vorgenanntem Prinzip arbeitender einfacher Leistungsmesser eine stark nicht lineare, d. h. für unseren Fall eine quadratische Skala besitzt. Entsprechende Anzeigen werden in einigen handelsüblichen Verstärkern bereits in integrierter Form eingebaut.

Betrachtet man die Art der Messung etwas genauer, so sind hinsichtlich der Glaubwürdigkeit der angezeigten Meßwerte folgende Einschränkungen zu machen:

1. Die Meßergebnisse sind nur dann aussagekräftig, wenn der angeschlossene Belastungswiderstand rein ohm'sch ist. Da eine angeschlossene Lautsprecherbox aufgrund der Frequenzweiche mit ihren Induktivitäten und Kapazitäten und nicht zuletzt auch die Lautsprecher selbst (Schwingspulen) von der rein ohm'schen Belastung teilweise sogar recht weit entfernt sind, ist die Leistungsmessung in dieser Form als Maß

für die von der Lautsprecherbox aufgenommene Leistung absolut ungeeignet. Der Meßfehler kann mehrere 100 % (!) betragen.

2. Da für die Spannungsmessung meistens Spitzenwert- oder Mittelwertgleichrichter eingesetzt werden, ist für einwandfreie Meßergebnisse nur ein rein sinusförmiges Ausgangssignal des Verstärkers verwendbar. Für den praktischen Einsatzfall (Sprache, Musik) ist dies nicht der Fall, so daß dieses Meßprinzip allein deshalb für die NF-Leistungsmessung ungeeignet ist.

Um alle Faktoren zu berücksichtigen, die für eine echte NF-Leistungsmessung relevant sind, ist es erforderlich, sowohl die an dem angeschlossenen Verbraucher abfallende Spannung als auch den zuhörigen, fließenden Strom unter Berücksichtigung von Kurvenformverzerrungen und Phasenlage zu messen und beide Werte miteinander zu multiplizieren ($P = U \times I$). Für die Multiplikation muß ein schneller und breitbandiger Analogmultiplizierer eingesetzt werden, der dem Kurvenverlauf praktisch verzögerungsfrei folgen kann. Das Ausgangssignal ist dann ein direktes Maß für die vom Verstärker abgegebene bzw. von der angeschlossenen Lautsprecherbox aufgenommene Wirkleistung. Hierbei ist es dann egal, ob zur Ausmessung eines Verstärkers als Verbraucher ein rein ohm'scher Belastungswiderstand oder aber eine Lautsprecherbox mit ihren Filter- und Laut-

Teil 1

sprecherinduktivitäten und Kapazitäten angeschlossen wird.

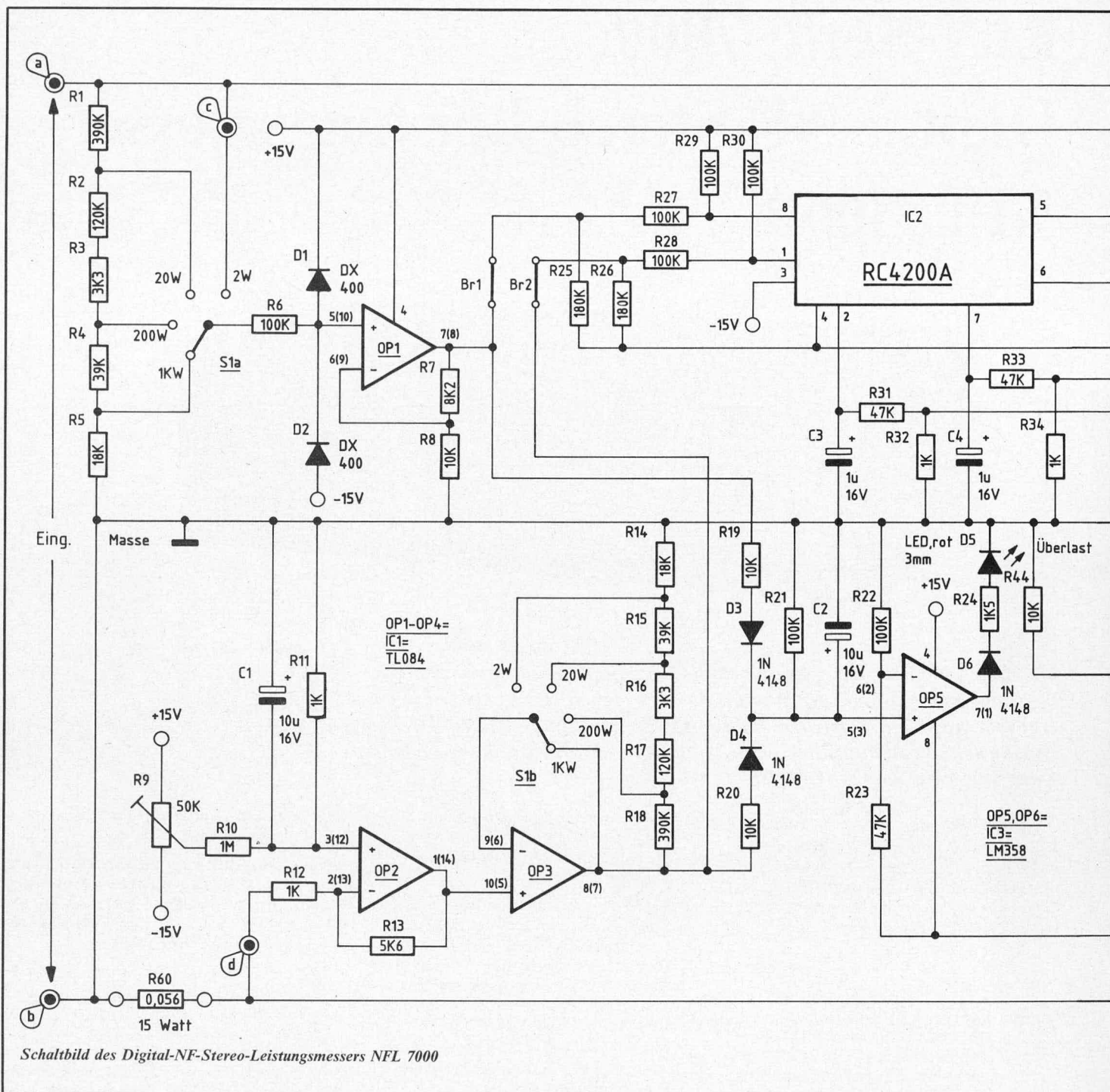
Nach vorstehend beschriebenem und für die echte NF-Wirkleistungsmessung hervorragend geeigneten Meßverfahren, arbeitet auch der ELV Digital-NF-Stereo-Leistungsmesser NFL 7000.

Soll z. B. die Ausgangsleistung eines NF-Verstärkers gemessen werden, die an einen 4Ω Widerstand abgegeben wird, so ist der Verstärkerausgang an den Eingang des NFL 7000 anzuschließen. An den Ausgang des NFL 7000 wird ein entsprechend belastbarer, möglichst induktivitätsarmer 4Ω Widerstand gelegt. Auf der 3,5stelligen Digital-Anzeige kann dann die echte NF-Leistung abgelesen werden, die vom Verstärker dem Widerstand zugeführt wird.

Aufgrund der Konzeption des NFL 7000 können selbstverständlich auch Belastungswiderstände mit anderen Werten eingesetzt werden.

Soll die Leistungsaufnahme einer angeschlossenen Lautsprecherbox gemessen werden, so ist anstelle des Belastungswiderstandes die Lautsprecherbox an den Ausgang des NFL 7000 anzuklemmen. Die jetzt gemessenen Werte können, wie eingangs bereits erwähnt, von den Meßwerten beim rein ohm'schen Belastungswiderstand deutlich abweichen.

Als Besonderheit besitzt das NFL 7000 einen 3stelligen Wahlschalter, mit dem die Meßgeschwindigkeit der Art des NF-Si-



gnals individuell angepaßt werden kann. Im allgemeinen wird die linke Schalterstellung ($T = 1 \text{ s}$) gewählt, bei der die Anzeige nahezu trägheitslos geänderten Leistungsabgaben folgt. Bei stark schwankenden Meßergebnissen wählt man zur Beruhigung der Anzeige die Mittelstellung. Als dritte Möglichkeit können in der rechten Schalterstellung die Spitzenwerte gemessen werden. Auf diese Weise können auch kurzzeitig auftretende Impulsleistungen abgelesen werden. Bei einer konstanten Sinusleistung muß das Meßergebnis in allen drei Schalterstellungen gleich sein, wobei geringfügige Abweichungen (1 % vom Meßbereichsendwert) zulässig sind.

Zur Schaltung

Damit das NFL 7000 universell eingesetzt werden kann, besitzt es vier verschiedene Meßbereiche, die mit dem Drehschalter S 1

einstellbar sind. Die Umschaltung von Spannungs- und Strommeßbereich erfolgt hierbei gleichzeitig, wobei davon ausgegangen wurde, daß als Belastungswiderstand entweder 4Ω oder 8Ω in Frage kommen. Grundsätzlich sind jedoch auch andere Belastungswiderstände im Bereich zwischen 1Ω und 100Ω einsetzbar, wobei dann allerdings die Meßbereichsendwerte nicht voll erreicht werden, da entweder die Spannungsmessung (Widerstände über 8Ω) oder die Strommessung (Widerstände unter 4Ω) vorzeitig in die Begrenzung gehen. Um Fehlmessungen zu vermeiden, besitzt das NFL 7000 eine Überlaufanzeige, damit rechtzeitig in den nächst höheren Meßbereich umgeschaltet werden kann.

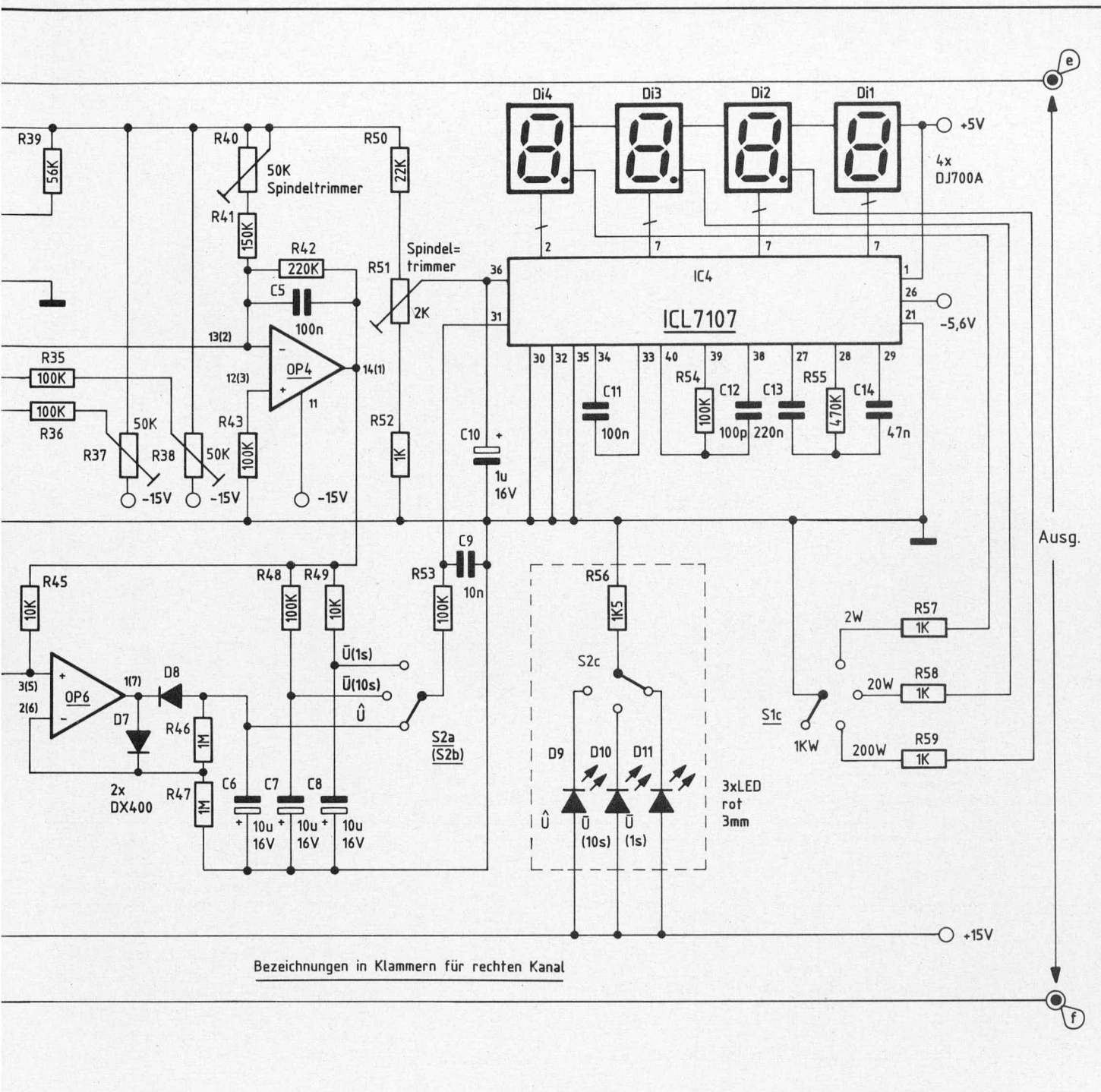
Der in den angeschlossenen Verbraucher hineinfließende Strom wird in Form eines Spannungsabfalles an dem Widerstand R 60 gemessen. Da dieser Widerstandswert

mit $0,056 \Omega$ sehr niedrig liegt, ist der entsprechende Spannungsabfall praktisch vernachlässigbar gering. Über R 12 gelangt der entsprechende Spannungsabfall auf den invertierenden (-) Eingang des mit OP 2 aufgebauten DC-Verstärkers. Am Ausgang (Pin 1) steht ein 5,6fach verstärktes Signal an.

Anschließend wird eine weitere Verstärkung mit dem OP 3 vorgenommen, in dessen Rückkopplungszweig, der zur Verstärkungsumschaltung dienende Drehschalter S 1 b eingefügt wurde.

Das Ausgangssignal des OP 3 (Pin 8) gelangt dann auf den Strommultiplizier-Eingang des Analog-Multiplizierers des Typs RC 4200 A (Punkt „Br 2“).

OP 1 dient zur Impedanzwandlung und gleichzeitig zur Signalverstärkung für den Spannungseingang. Am Ausgang des OP 1



Bezeichnungen in Klammern für rechten Kanal

(Pin 7) steht die verstärkte und gepufferte Eingangssignalspannung an, die über den Meßpunkt „Br 1“ auf den Spannungsmeßeingang des Analog-Multiplizierers gelangt. Sowohl vom Ausgang des OP 1 (Pin 7) als auch vom OP 3 (Pin 8) wird über je einen Widerstand und eine Diode (R 19/D 3, R 20/D 4) ein Signal auf den nicht invertierenden (+) Eingang des OP 5 gegeben, der mit seiner Zusatzbeschaltung zur Erkennung von Meßbereichsüberschreitungen eingesetzt wird.

Der Analog-Multiplizierer

Das Herz der Schaltung besteht aus dem Präzisions-Analog-Multiplizierer der Firma Raytheon des Typs RC 4200 A (IC 2). In Verbindung mit den Widerständen R 25 bis R 43, den Kondensatoren C 3 bis C 5 sowie dem Operationsverstärker OP 4, ist damit ein hochwertiger, besonders linearer

Vier-Quadranten-Analog-Multiplizierer aufgebaut. Wie bereits in dem Artikel „Leistungsmeßgerät LMG 7000“ (ELV journal Nr. 32 und 33) ausführlich beschrieben, arbeitet das IC nach der Gleichung $I_1 \times I_2 = I_3 \times I_4$.

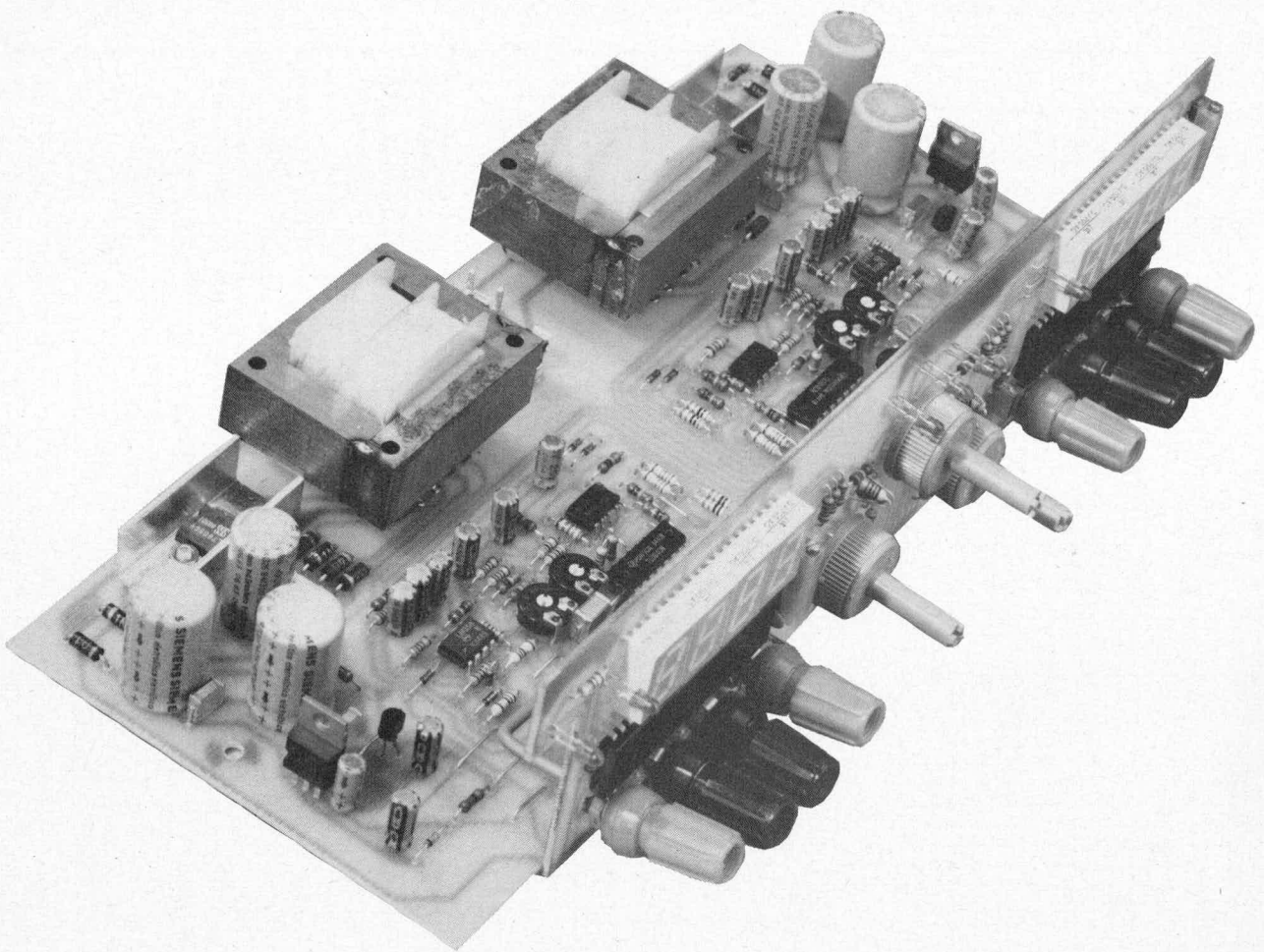
Am Ausgang (Pin 14) von OP 4 steht eine Gleichspannung zur Verfügung, die der Leistung proportional ist und die sich aus den beiden Eingangsgrößen „U“ multipliziert mit „I“ ergibt.

Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, daß die Leistung mit hoher Präzision gemessen werden kann, und zwar vollkommen unabhängig von Phasenverschiebungen, überlagerten Gleichspannungsanteilen sowie Kurvenformverzerrungen.

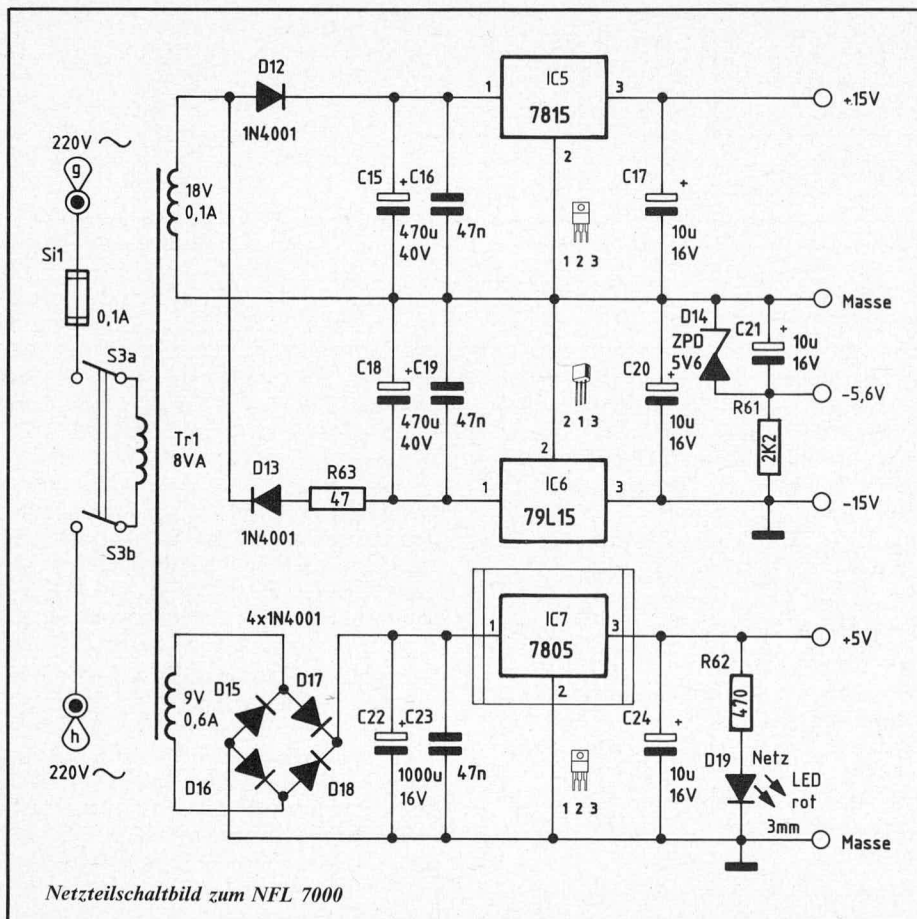
Durch den Kondensator C 5 wird eine Integration der Ausgangsspannung vorge-

nommen. Hierdurch stellt sich am Ausgang des OP 4 eine Gleichspannung ein, die sich zur direkten Anzeige durch den A/D-Wandler des Typs ICL 7107 (IC 4) eignet. Letztgenanntes IC setzt eine Eingangsspannung (zwischen Pin 30 und Pin 31) in eine proportionale Digitalanzeige um. Mit den Trimmern R 37 und R 38 wird ein Feinabgleich des Analog-Multiplizierers vorgenommen. R 40 dient zur Nullpunkteinstellung.

Mit dem Schalter S 2 wird die Umschaltung der Meßgeschwindigkeit vorgenommen. Befindet sich der Schalter in der eingezeichneten Stellung, wird über OP 6 mit Zusatzbeschaltung eine Spitzenwertmessung vorgenommen, d. h. C 6 wird in kurzer Zeit aufgeladen (bereits kurze Impulse genügen), während er über R 46, R 47, langsamer entladen wird, wodurch der aufgetretene Spitzenwert auf der Digital-Anzei-



Ansicht des fertig aufgebauten Digital-NF-Stereo-Leistungsmessers NFL 7000 vor dem Einbau ins Gehäuse



Netzschaltbild zum NFL 7000

ge gut abgelesen werden kann. In den beiden anderen Schalterstellungen wird das Meßergebnis gemittelt und kann mehr oder weniger schnell sich ändernden Werten folgen.

Bis auf S2 ist die vorstehend beschriebene Schaltung zweimal vorhanden, d. h. für jeden der beiden Stereo-Kanäle ist ein vollkommen separates Meßgerät vorhanden (einschließlich Netzteil). Mit S2 a wird die Anzeigegeschwindigkeit des linken Kanals, mit S2 b die des rechten Kanals gewählt, während S2 c die drei zugehörigen Leuchtdioden über R 56 (nur einmal vorhanden) ansteuert.

Netzteil

Die zweimal vollkommen getrennt aufgebaute Stromversorgung der Schaltung erfolgt über je einen Netztransformator mit jeweils 2 getrennten Sekundärwicklungen.

Die zur Versorgung erforderlichen Gleichspannungen werden mit drei Festspannungsreglern stabilisiert. Eine zusätzliche negative Spannung für den A/D-Wandlerbaustein des Typs ICL 7107, wird mit Hilfe der Z-Diode D 14 und dem Vorwiderstand R 61 erzeugt.

In der nächsten Ausgabe des ELV journals (Nr. 42) wird im zweiten und abschließenden Teil dieses Artikels der Nachbau und die Kalibrierung ausführlich beschrieben.