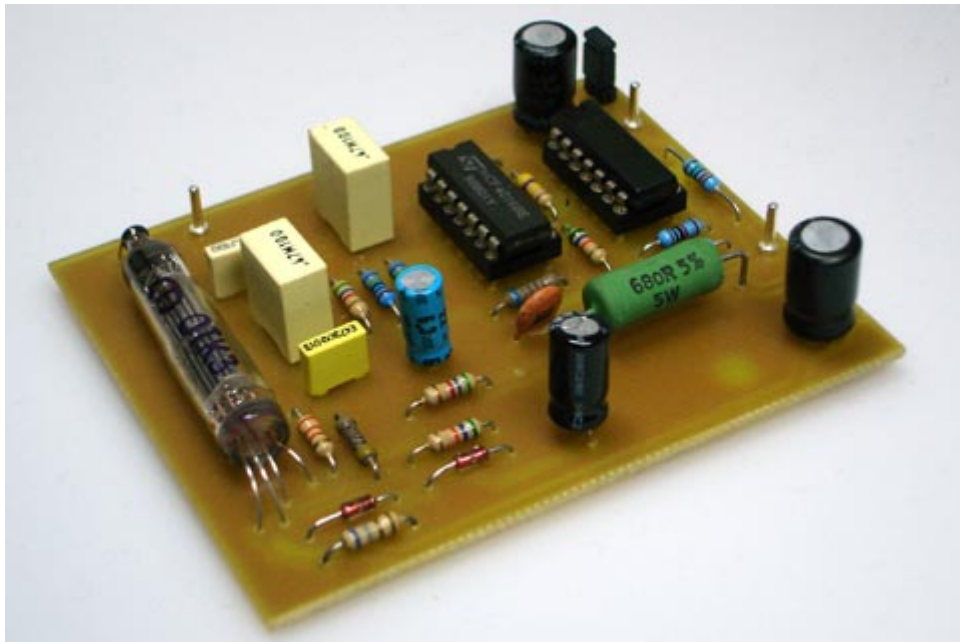


# MIG-L Röhrenvorverstärker für Leslie-Kabinette

By Carsten Meyer & Tonewheel Tubeworks, [cm@tonewheel.de](mailto:cm@tonewheel.de)

## Zum Einbau in Transistor-Leslies der Serien 760, 860, 925 und andere

Der MIG-L-Röhrenvorverstärker arbeitet mit einer echten Miniatur-Röhre. Die Ausführung MIG-LR hat einen Eingang zum ferngesteuerten Umschalten auf Bypass-Betrieb (Effekt ein/aus) per Fußschalter.



Üblicherweise benötigen Röhrenverstärker eine gefährliche Hochspannung und eine kräftige Heizspannung zum Betrieb, was den Betrieb aufwendig und den Einbau nicht ungefährlich macht. Der MIG-L(R) arbeitet dagegen mit einer speziellen Niederspannungs-Miniaturröhre, die mit der Leslie-Verstärker-Betriebsspannung von rund 28V auskommt. Zudem benötigt sie nur wenige Milliampere für die Heizung und somit keinen eigenen Heiztrafo; die Röhren-Heizung wird über einen Vorwiderstand auf der Platine bewerkstelligt.

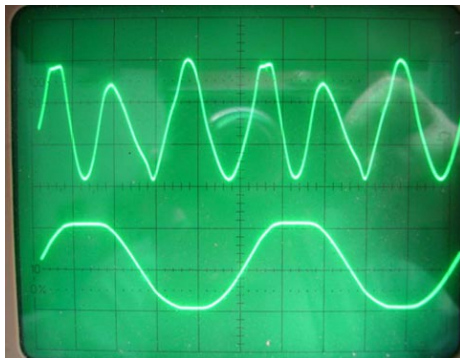
## Russisch Glas

Vielleicht erinnern Sie sich noch an den sowjetischen Piloten Victor Belenko, der 1976 mit seinem MIG-25-Jet nach Japan desertiert ist. Die US-Militärs waren verblüfft, als sie den angeblich fortschrittlichsten Kampffjet der Welt demontierten; es zeigte sich, dass die Bordelektronik statt mit fortschrittlichen Halbleitern und integrierten Schaltkreisen mit Tausenden von Miniatur-Röhren ausgerüstet war. Angesichts ihrer militärischen Reputation schienen die Russen technologisch weit zurückzuliegen, so die erste Annahme. Allerdings dämmerte es den Amerikanern bald, dass Elektronenröhren den starken elektromagnetischen Impuls eines entfernten Atomwaffenangriffs ohne weiteren überstehen würden, wären ihre eigenen hochmodernen Mikrochips dabei innerhalb von Mikrosekunden zusammenschmelzen würden. Die Sowjets produzierten für ihren militärischen Bedarf Millionen an Elektronenröhren, dabei so interessante Produkte wie die hier verwendete Miniaturröhre 1SH18b, eine Pentode mit minimalem Heiz- und Anodenspannungsbedarf, robustem Aufbau und hoher Lebensdauer.

## Was den Röhrenleslie-Sound ausmacht

Das 122er Leslie ist für jeden Hammond-Enthusiasten ein Muss für den typischen Hammond-„Growl“. Ausgerüstet mit dicken 6550-Leistungspentoden, einem geheimnisvoll glimmenden Stabilisator und jede Menge Trafo-Eisen, produziert er jenen typischen, leicht übersteuerten Sound mit den charakteristischen Intermodulationsverzerrungen, wie sie nur an den „krummen“ Röhrenkennlinien auftreten. Da Röhren-Leslies heutzutage fast den einstigen Neupreis kosten, fragt sich so mancher Keyboarder, ob er nicht jenen legendären Sound auch mit einem (deutlich preiswerteren) Transistor-Leslie hinkommt.

Bevor wir zu den Modifikationen eines Transistor-Leslies kommen, lassen Sie mich kurz darauf eingehen, was den Sound eines echten Leslies überhaupt ausmacht. Das meiste erledigen natürlich die Lautsprecher-Chassis, die Rotoren und nicht zuletzt das große, resonanzbehaftete Holzgehäuse. Der in echten Leslies verwendete Hochtone-Treiber Jensen V-21, eigentlich ein Mittelton-Chassis aus der ELA-Technik, hat einen heftigen Höhenabfall ab 8 kHz und mildert daher die Verzerrungen, die der Verstärker liefert. Nebenbei gesagt tragen auch die relativ engen Austritts-Schlitze in den Holz-Leslies zum Sound bei; die eher offenen Pro-Ausführungen im Kunstleder-Gehäuse haben einen helleren, aggressiveren Klang. Mit einem transistorisierten Holz-Leslie, etwa dem 710 oder 770, sind Sie schon einmal auf dem richtigen Weg.



**Ein übersteuerter 122-Leslie-Amp erzeugt eine abgerundete Abflachung des Signalverlaufs (untere Kurve). Die obere Kurve zeigt das Ausgangssignal einer Klirrfaktor-Messbrücke, hier ist die Grundwelle ausgefiltert und nur noch der Oberwellenanteil zu sehen. Der größte Anteil ist „k3“ mit dreifacher Frequenz des 1-kHz-Testsignals.**

## Der Röhren-Beitrag

Im nicht übersteuerten Betrieb sind die Unterschiede zwischen Röhren- und Transistorverstärkern eher marginal; das Publikum wird den Unterschied kaum hören. Der 122er Verstärker produziert bei einer Ausgangsleistung von 10 Watt einen Klirrfaktor von 2 bis 3 Prozent, der nicht gegengekoppelte 147er etwas mehr, während Transistor-Verstärker deutlich weniger als 0,5% Klirr produzieren. Der Frequenzgang verläuft relativ gerade zwischen 30 Hz und 10 kHz, danach macht sich wiederum ein leichter Höhenabfall bemerkbar. Die maximale unverzerrte Ausgangsleistung des 122er-Verstärkers beträgt übrigens nur rund 25 Watt, wenn man die Messung nach DIN durchführt. Dass das Leslie trotzdem sehr laut sein kann, liegt an dem enormen Wirkungsgrad der verwendeten Lautsprecher.

Unterschiede im Klang zwischen Transistor- und Röhrenverstärker sind vor allem auf die unterschiedlichen Ausgangs-Innenwiderstände zurückzuführen. Während Transistor-Verstärker einen Innenwiderstand im Milliohm-Bereich aufweisen, können Röhrenverstärker, vor allem wenn bei Übersteuerung die Gegenkopplung aussetzt, 2 Ohm und mehr erreichen.

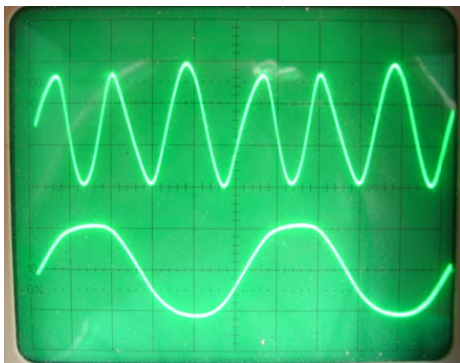
Sie können daher den angeschlossenen Lautsprecher nicht mehr exakt führen. Der beginnt nun ein Eigenleben zu führen, was wiederum seine eigene Klangcharakteristik betont.

Die Nachbildung des höheren Röhrenverstärker-Innenwiderstands ist relativ einfach und preiswert: Schalten Sie einen 1,8-Ohm-Widerstand mit 11 Watt in Serie zum V21-Hochtontreiber und einen 1-Ohm-Widerstand mit 11 Watt in Serie zum Basslautsprecher. Das verringert die abgegebene Leistung etwas, aber die Klangveränderung ist für den geübten Hörer sehr wohl wahrnehmbar, vor allem bei höheren Lautstärken.

Wenn es zur Übersteuerung kommt, sind die Unterschiede allerdings augenfällig: Übersteuerte Transistorverstärker schneiden den Kurvenverlauf des Audiosignals glatt und scharfkantig ab, aus einer Sinusschwingung wird so ein trapezförmiges Rechtecksignal mit scharfem, unangenehmem Klang und hohem Oberwellenanteil (auf Dauer tödlich für den Hochtönlautsprecher). Röhrenverstärker begrenzen ebenfalls die Signalamplitude, aber mit sanft abgerundeten Kanten und deutlich weniger Oberwellenanteil. Um den übersteuerten Sound eines Röhrenleslies zu erhalten, benötigt man also einen Begrenzer, der dieses Verhalten möglichst exakt simuliert.

## Die Lösung: MIG-L

Ich habe eine kleine Schaltung entworfen, die Ihr Transistorleslie „röhrifiziert“. Sie arbeitet in allen Leslies mit aktiver Frequenzweichen-Platine wie im Bild unten abgebildet. Sie fügt besagte Miniaturröhre in den Signalweg ein, die Trioden-ähnliche geradzahlige Harmonische (Oberwellen) mit ihrem samtartigen Klang hinzufügt. Zudem bereitet sie das Signal für die Overdrive-Stufe auf, die mit CMOS-Feldeffekttransistoren arbeitet. Diese besitzt ein typisches, den Röhren sehr ähnliches Sättigungs- und damit Begrenzungsverhalten; durch entsprechende Dimensionierung und sorgfältige Selektion der Bauteile ist ihr Klang dem einer übersteuerten Röhrenendstufe ebenbürtig.



**Die Overdrive-Stufe des MIG-L bildet die Übersteuerung eines 122-Amps perfekt nach. Der Oberwellengehalt (obere Kurve) ist nahezu identisch, und es ist sogar möglich, das Übersteuerungsverhalten gealterter Röhren nachzubilden; diese besitzen einen noch weicherem Übergang in den Sättigungsbereich.**

## Installation

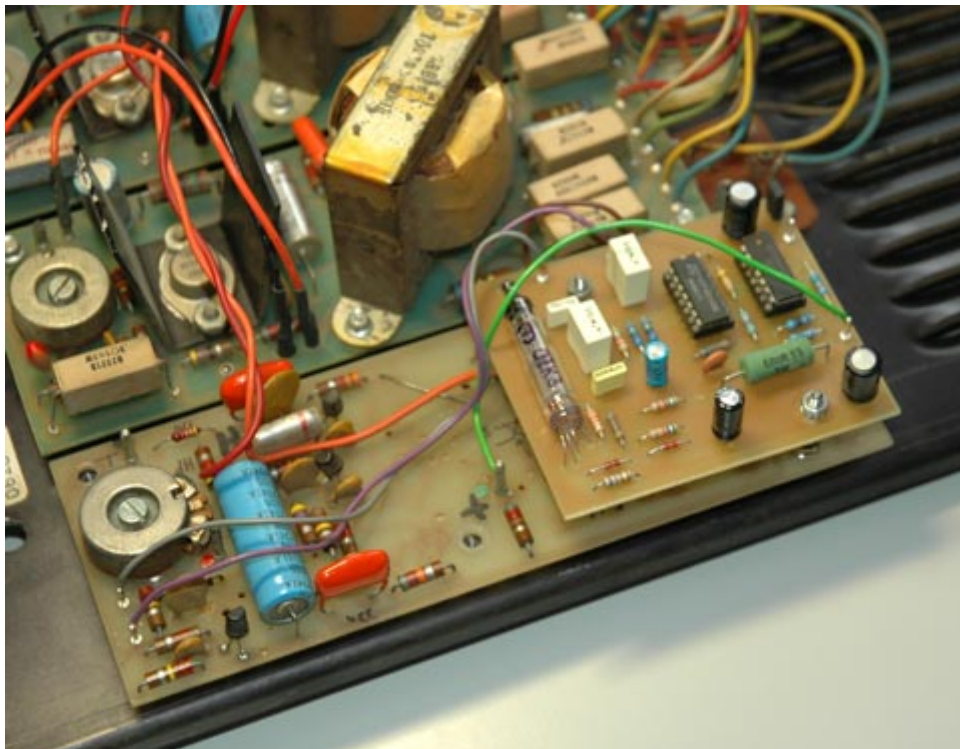
Der MIG-L Preamp wird auf einfache Weise in den Leslie-Signalweg hinter dem Volume-Regler eingeschleift. Alle Signale und Betriebsspannungen können auf der Frequenzweichen-Platine abgegriffen werden: +28V vom grünen Kabel beziehungsweise dem Steckkontakt mit dem grünen Punkt, Masse vom schwarzen Kabel beziehungsweise dem Steckkontakt mit dem schwarzen Punkt. Die Frequenzweichen-Platine finden Sie als oberste Platine auf dem Leslie-Verstärkerpanel (untere schwarze Rückwand, siehe Bild).

Lösen Sie zunächst die vier Schrauben der Frequenzweichen-Platine und heben Sie diese vorsichtig an. Entfernen Sie den Kondensator C66 (in der Verdrahtungs-Zeichnung rot eingefärbt) neben dem Volume-Poti, und löten Sie an seiner Stelle zwei 20 cm lange Litzen (0,25 mm<sup>2</sup>) ein, es reicht hier auch Kabel aus dem Modellbau. Schrauben Sie das Board wieder mit den zwei Schrauben neben dem schwarzen und dem grünen Steckverbinder fest. Die MIG-L-Platine wird mit ihren Bohrlöchern über den verbliebenen zwei Gewindelöchern platziert. Leider sind die benötigten UNC 6-32 Schrauben mit 25 mm (1 Inch) Länge in Deutschland kaum zu bekommen, Sie können aber die Gewindebuchsen auf 3,2 mm aufbohren und zwei M3-Flachkopfschrauben 50 mm lang durchstecken. Die MIG-25-Platine kann dann unter Verwendung von zwei 20 mm langen Kunststoff-Distanzröllchen (Elektronik-Fachhandel) und zwei M3-Muttern mit dem Panel und der Frequenzweichen-Platine verschraubt. Wichtig ist ein Abstand von mindestens 3 mm zu den darunterliegenden Bauteilen der Frequenzweichen-Platine.

Beim 860er Kompakt-Modell ist eine andere Frequenzweichen-Platine eingebaut, die aber elektrisch mit der abgebildeten bis auf den fehlenden Volume-Regler identisch ist. Beachten Sie hierzu

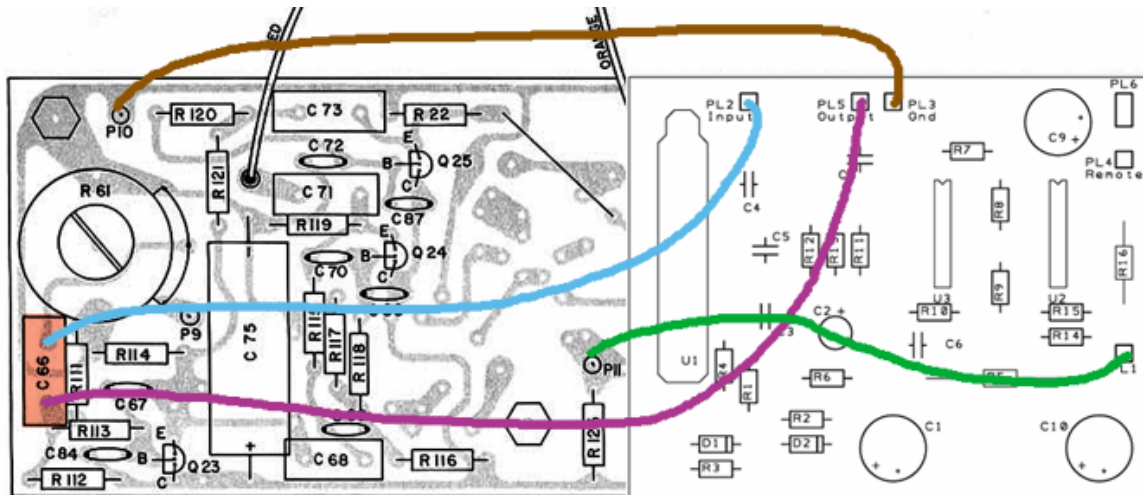
[http://www.keyboardpartner.de/hammond/diagrams/Leslie/860\\_service\\_manual/860\\_25.JPG](http://www.keyboardpartner.de/hammond/diagrams/Leslie/860_service_manual/860_25.JPG)

Der Kondensator C66 findet sich hier in der Nähe des Massekabels (schwarz).



**Das Bild zeigt den MIG-LR Preamp auf der Frequenzweichen-Platine eines 760er-Verstärkerpanels. Auf der linken Seite sehen Sie das Volume-Poti. Ich habe hier ein 4-mm-Loch hindurchgebohrt und eine lange M4-Schraube als Achse eingeklebt, so dass auf der Rückseite ein Drehknopf installiert werden kann. Dies macht die Einstellung leichter, ein Schraubendreher wird nicht mehr benötigt.**





Die Verdrahtung ist sehr einfach, alle Signale und Betriebsspannungen können auf der Frequenzweichen-Platine abgegriffen werden. Anstelle des Kondensators C66 habe ich zwei Lötpins eingesetzt, ein eventueller Rückbau in den Originalzustand ist dann einfacher.

Schwarzweißausdruck: Farbdarstellung siehe

<http://www.keyboardpartner.de/hammond/pics/MIG-Lcrossover.png>

## Inbetriebnahme und Einstellung

Nach der Verdrahtung ist der MIG-L(R) einsatzbereit. Die richtige Einstellung ist entscheidend für den richtigen Röhrenleslie-Sound. Die Signalbegrenzung sollte ausschließlich im MIG-L geschehen und keinesfalls in der Transistor-Endstufe. Durch die getrennten Regler für Volume, Bass- und Treble-Kanal ist dies aber recht einfach zu bewerkstelligen. Drehen Sie zunächst Bass- und Treble-Regler zu einem Drittel auf und erhöhen Sie die Lautstärke an der Orgel und mit dem Volume-Regler, bis eine angenehme Verzerrung erreicht wird; viele Organisten bevorzugen einen Pegel, bei dem die Perkussion der Orgel verzerrt wird, der Rest aber weniger oder gar nicht übersteuert wird.

Mit den Bass- und Treble-Kanal-Reglern stellen Sie nun die gewünschte Gesamtlautstärke ein. Es ist daher möglich, die Orgel schon bei geringen Lautstärken mit ordentlich Overdrive zu spielen. Wenn Sie ein Oszilloskop besitzen, können Sie die Stellung der Bass- und Treble-Regler markieren, bei der schließlich auch die Transistor-Endstufe in die Begrenzung geht. Ansonsten reicht auch eine Beurteilung per Gehör, der Klang wird dann Transistor-mäßig kratzend unangenehm. Ein 760er ist dann aber schon höllisch laut, selbst mit oben angeführter Innenwiderstands-Modifikation.

## Bypass-Eingang

Die Version MIG-LR ist mit einem elektronischen Bypass-Umschalter ausgerüstet. Sie können an Anschluss PL5 einen Fußschalter oder dgl. anschließen, der nach Masse (Gnd) schaltet. Wird PL5 mit Masse (Gnd) verbunden, ist der Overdrive-Effekt und die Röhrenvorstufe ausgeschaltet, das Signal gelangt dann direkt an den Leslie-Verstärker. Verwenden Sie hier einen Schalter wie den Boss FS-5L und keinen Taster.

## Mute-Eingang

Die Version MIG-LR II ist mit einem elektronischen Mute-Schalter ausgerüstet. Sie können an Anschluss PL4 einen Fußschalter oder dgl. anschließen, der nach Masse (Gnd) schaltet. Wird PL4 mit Masse (Gnd) verbunden, reduziert sich die Gesamtlautstärke nach der Overdrive-Stufe um etwa 10 dB; das ist ideal als Übungs-Einstellung (Verzerrung trotz reduzierter Lautstärke). Verwenden Sie hier einen Schalter wie den Boss FS-5L und keinen Taster.

## Wichtige Anmerkung

Für eine verlängerte Lebensdauer der Röhre unter härteren Bedingungen (Vibrationen durch Transport und große Lautstärken) sollten Sie die Röhre auf der Platine mit einem dicken Klecks Silikon-Dichtmasse sichern. Dies vermeidet außerdem mögliche Resonanzen durch Mikrofonie-Effekte.

## Technischer Anhang

### Changes to MIG-LRL version with 100 mVrms input/output volume setting:

R1 = 1k94, R2 = 220k, R9 = 47k, R10 = 3k9

### Changes to MIG-L version without bypass remote input:

U3 omitted, replaced by jumper wire from pin 1 to 2. R11...R15 omitted.

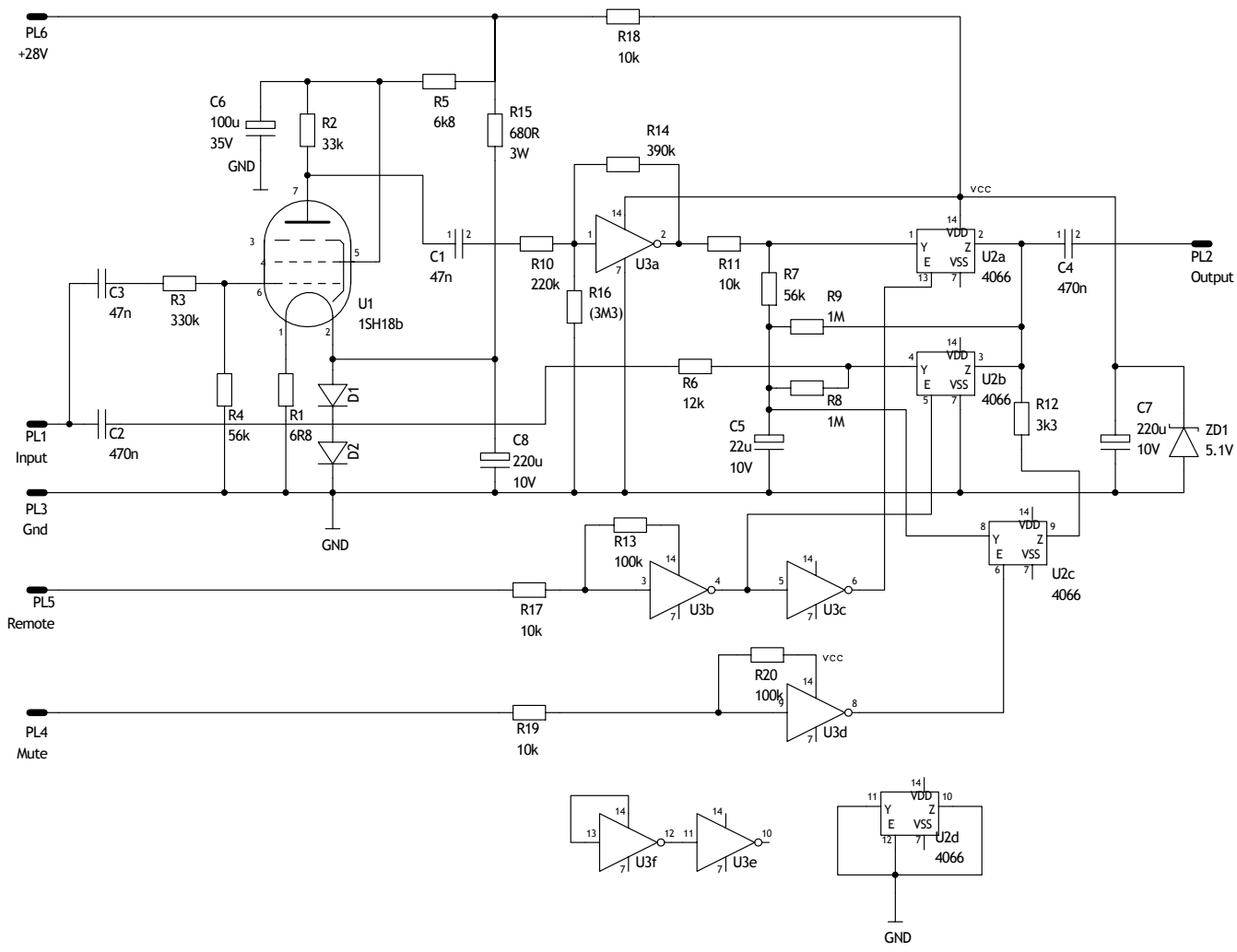
To achieve a smoother “worn tubes” overdrive effect, remove Zener ZD1 5.1V and replace with a 8.2V type. This modification gives a higher output level, so also change R9 to 27kOhms. Some parts are selected to give the intended overdrive effect, especially the CMOS overdrive stage. Using other manufacturer ICs will give poor results.

## A word about Leslie Clones

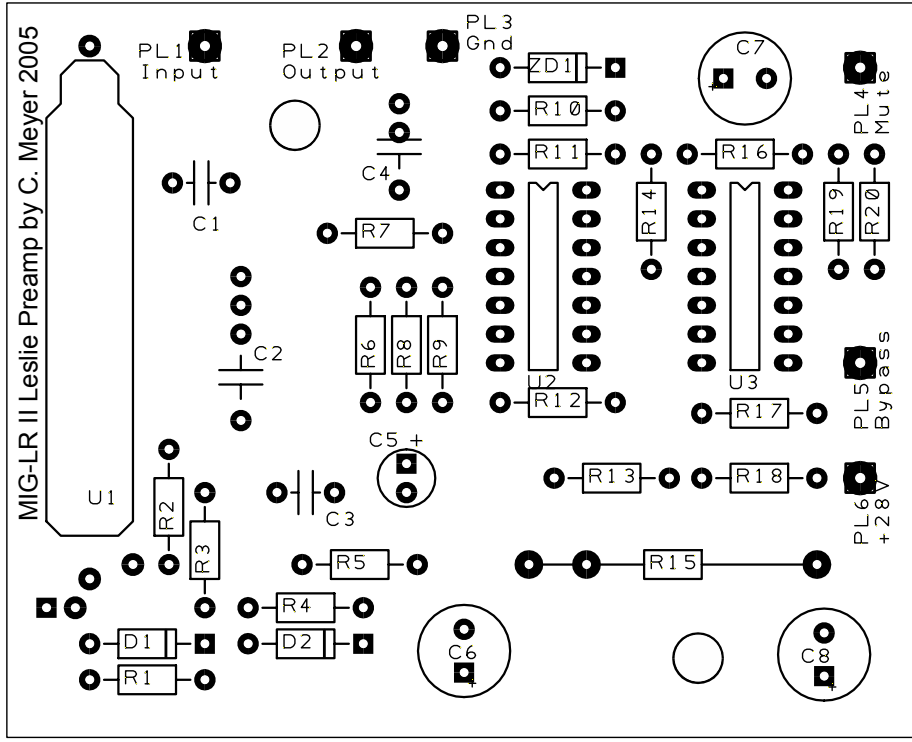
If you own a Leslie clone, it will need some work to achieve the smooth sound of a Jensen V-21 driver with its phenolic diaphragm and characteristic frequency response. Leslie clones often use high-range drivers (tweeters) and a **1500 Hz crossover network**, while the Jensen works from about 700 Hz up (official crossover point at **800 Hz**). Typical tweeter drivers used by brands like Elka, Solton, Allsound, Echolette, Dynacord sound shrill and aggressive compared to the V-21, so think about replacing the crossover network and the tweeter by a mid-range PA horn driver like the **Monacor KU-516** when you own a non-Leslie Leslie. For two of my Leslie clones, I used old military surplus midrange PA drivers from a command truck speaker. They are loud as hell and need hefty attenuation to match up with the woofer, but they come very close to the V-21's frequency response.

Non-Leslie Use

In the **MIG-LRL** version for Leslie clones the amplification yields full distortion at **100 mVrms input**, so it can be used with line-input amplifiers often used on Leslie clones. You will need a +24 to +35V @ 50mA supply for the MIG-LRL. This voltage may be derived from the positive power amp supply rail. If power amp voltage exceeds 35V on idle, you will need a power resistor of 100...270 Ohms/4 Watts in the supply wire to achieve a +30V supply for the MIG-LR (recommended voltage). The MIG-LR uses about 50mA, mostly for the tube heater, so you need about 270 Ohms for a +45V supply (Ohm's law). For support and other modifying instructions, visit our webpage <http://www.tonewheel.de/hammond/>



Schaltplan MIG-LR II



Bestückungsplan MIG-LR II