

Publikationen im Digitalzeitalter

Der Selbstbau von Röhrenverstärkern und High-End-Audiogeräten erfreut sich nach wie vor großer Beliebtheit. Leider sind in den vergangenen Jahren viele Magazine vom Markt verschwunden, wie z.B. die Elektor-Sonderhefte Special Project Röhren, in denen wir viele unserer Projekte vorgestellt haben. Im Internet ist zwar sehr viel Information erhältlich, aber leider auch sehr viel Halbwissen.

Aus diesen Gründen haben wir uns dazu entschlossen, ab 2019 einen regelmäßig erscheinenden Newsletter herauszugeben, welcher sowohl technische Informationen wie auch Informationen zu unseren Projekten und gelegentliche Bauanleitungen beinhaltet. Den Newsletter können Sie über unsere Internetseite www.experience-electronics.de herunterladen.

Single-Ended-Universalendstufe HE-64 für EL84 und ähnliche Röhren

Die Single-Ended-Universalendstufe ist ein neues Konzept zur Realisierung sehr hochwertiger Endstufen kleiner Leistung. Dazu sind Lautsprecher mit sehr hohem Wirkungsgrad erforderlich, insbesondere für Breitbandlautsprecher oder Kopfhörer ist dieses Konzept interessant. Je nach persönlichem Geschmack kann zwischen Ultralinearbetrieb und Tiodenbetrieb gewählt werden.

Die Treiberstufe besteht aus zwei parallel geschalteten Triodensystemen einer Röhre, hier kann, je nach benötigter Verstärkung, die Röhre ECC81, ECC82 oder ECC88 eingesetzt werden. Als Endröhre ist die Röhre EL84 vorgesehen, aber auch alle anderen Röhren mit identischer Sockelbeschaltung wie z.B. EL81, EL844, EL86, **PL82**, PL84 oder 6P14P können eingesetzt werden. Die Beschaltung und die Betriebsspannung können an die jeweilige Röhre angepaßt werden. Die Arbeitspunkteinstellung der Endröhre kann über einen Kathodenwiderstand oder über eine negative Vorspannung erfolgen, beide Varianten sind bei der Bestückung vorgesehen.

Für die Gegenkopplung stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung: die Über-Alles-Gegenkopplung von der Sekundärseite des Ausgangsübertragers oder eine phasenstarre Gegenkopplung von der Anode der Endröhre zurück auf die Treiberstufe. Wird ein hochwertiger Ausgangsübertrager wie z.B. unser AS-184-15 eingesetzt, so muß dieser nicht zwingend in die Gegenkopplung mit einbezogen werden. Durch den einstufigen Treiber mit moderater Verstärkung in Verbindung mit einer moderaten Gegenkopplung hat die Endstufe ein sehr hohes klangliches Niveau.

Der Aufbau erfolgt nach dem Dual-Mono-Prinzip auf zwei getrennten Platinen im Euroformat 100x160 mm. Diese beinhalten die Treiberstufe und die Endstufe,

Netzteile werden zusätzlich benötigt. Die Heizungen der Röhren sind separat herausgeführt, so daß auch P-Röhren problemlos eingesetzt werden können. Der Bausatz ist mit der Endröhre EL84 sowie verschiedenen Treiberröhren lieferbar. Für eigene Projekte ist auch ein Paar unbestückte Platinen mit einer ausführlichen Bauanleitung und Schaltungsvorschlägen erhältlich.

PCL86 - eine Ära geht zu Ende

Die Röhren ECL86 und PCL86 wurden über Jahrzehnte in unseren Projekten eingesetzt. Nachdem die ECL 86 in letzter Zeit kaum noch erhältlich war, konnte als gleichwertiger Ersatz die PCL86 eingesetzt werden, die sich nur in der Heizspannung unterscheidet. Nun ist auch diese Röhre in guter Qualität kaum noch am Markt verfügbar, so daß wir diese für neue Projekte und überarbeitete Projekte nicht mehr einsetzen, da die Verfügbarkeit in den nächsten Jahren nicht mehr sichergestellt ist. Die beiden Bausätze

HE-71 - Line-Verstärker mit PCL86 und HE-77 - RIAA-Entzerrvorverstärker mit PCL86

verbleiben weiterhin in unserem Sortiment, solange noch Restbestände dieser Röhre vorhanden sind. Diese sollten jedoch nur noch zur Restaurierung bestehender Verstärker eingesetzt werden, für den Neubau von Verstärkern empfehlen wir den Einsatz aktueller Konzepte mit gängigen Röhren, die natürlich auch als Ersatz für PCL86-Konzepte eingesetzt werden können.

Ausführliche Info finden Sie auf unserer Webseite www.experience-electronics.de unter der Rubrik **Bausätze HE**.

Die Zukunft des Selbstbau-Röhrenverstärkers

Lohnt sich der Selbstbau eines Röhrenverstärkers?

Diese Frage hat in der heutigen Zeit durchaus ihre Berechtigung, zumal im Bereich der Unterhaltungselektronik mittlerweile eine Sättigung eingetreten ist und im Zeitalter der Digitaltechnik viel Funktionalität für wenig Geld angeboten wird.

Es gibt viele Argumente für den Selbstbau von hochwertigen, analogen Audiogeräten, welche bei Musikliebhabern nach wie vor einen sehr hohen Stellenwert haben.

Kosten und Qualität

Wenn sie einen hochwertigen Verstärker selbst bauen, so ist dieser deutlich kostengünstiger als ein vergleichbares Fertiggerät. Anders ausgedrückt, können sie mit einem vorhandenen Budget einen besseren Verstärker selbst aufbauen, als sie käuflich dafür erwerben können.

Viele Billigkonstruktionen oder veraltete Konzepte und Sparsamkeit an der falschen Stelle verderben oft den guten Ruf von hochwertigen Röhrenverstärkern. Ist ein Röhrenverstärker allerdings durchdacht konstruiert und gebaut, so steht einem Musikgenuss in vollendeter Form nichts mehr im Wege.

Individualität

Durch den Selbstbau können sie den Verstärker exakt auf Ihre Bedürfnisse ausrichten, wie z.B. Anzahl der Eingänge oder für Sie erforderliche Bedienelemente. Sie können das Verstärkerkonzept und die Leistung wählen, die perfekt zu Ihren Lautsprechern paßt. Sie können ungewöhnliche Konzepte umsetzen, wie z.B. eine Phonovorstufe mit mehreren Eingängen und unterschiedlichen Entzerrkennlinien. Sie können entscheiden, ob sie einen Stereoverstärker, Monoblöcke oder ausgelagerte Netzteile bevorzugen.

Der Selbstbau ermöglicht Ihnen aber auch Verstärkerkonzepte, die aufgrund mangelnder Nachfrage am Markt kaum oder nicht mehr angeboten werden, wie z.B. Single-Ended-Endstufen mit höherer Ausgangsleistung oder mit ungewöhnlichen Endröhren.

Ebenso können Sie eigene Verstärkerkonzepte realisieren und dabei auf vorhandene, bewährte Komponenten wie z.B. Netzteile oder Übertrager zurückgreifen.

Gehäuse und Design

Die größte Schwierigkeit beim Selbstbau ist das Gehäuse. Standardgehäuse sind hier nicht der richtige Weg, damit wären die Kombinationsmöglichkeiten der Komponenten eines Verstärkers eingeschränkt. Auch das Design spielt eine große Rolle, der persönliche Geschmack kann sehr unterschiedlich sein.

Es gibt in der heutigen Zeit einige Firmen, welche Gehäuse und Gehäuseteile aus Metall nach ihren Vorgaben in sehr hoher Qualität fertigen können. Verschiedene Oberflächen und auch der Einsatz hochwertiger Holzzargen in Verbindung mit einem Chassis erlauben somit auch beim Gehäusebau viel Individualität. Diese Gehäuse haben jedoch auch ihren Preis und sind nicht selten ähnlich teuer als der Verstärker selbst.

Als kostengünstige Alternative eignen sich aber auch Standard-Industriegehäuse wie z.B. 19"-Rackgehäuse oder Gehäuse aus dem Musikerbereich, welche ebenfalls von zahlreichen Händlern angeboten werden. Hier muß jedoch die Bearbeitung selbst durchgeführt werden und es sind die entsprechenden Werkzeuge und Kenntnisse erforderlich.

Die Technik

Für den geübten Elektroniker ist der Aufbau eines Verstärkerbausatzes kein Problem. Die Bauteile müssen lediglich entsprechend der Bauanleitung montiert werden, die nötigen Einstellarbeiten können mit einem Multimeter durchgeführt werden. Für einen perfekten Abgleich sind ein Signalgenerator und ein Oszilloskop hilfreich, aber nicht zwingend erforderlich. Der weniger versierte Erbauer kann auf fertig bestückte und geprüfte Module zurückgreifen, die nur noch montiert und verkabelt werden müssen. In beiden Fällen müssen die Vorschriften zur elektrischen Sicherheit beachtet werden, der Erbauer muß die hierfür nötigen Kenntnisse besitzen.

Freude am selbstgebauten Gerät

Nicht zuletzt ist auch die Freude an der Elektronik ein wichtiger Grund für den Selbstbau eines Gerätes, die bei einem gelungenen Projekt durchaus über viele Jahre anhalten kann.

High-End-RIAA-Entzerrvorverstärker HE-78 für MM- und MC-Systeme

Seit Jahrzehnten ist unser bewährter Vorverstärker **RIAA-Entzerrvorverstärker mit PCL86** erfolgreich auf dem Markt und wurde auch in vielen Publikationen und Büchern veröffentlicht. Bezugnehmend auf den Artikel über die PCL86 war es hier an der Zeit, einen Nachfolger mit Röhren zu entwickeln, die auch in den nächsten Jahren noch problemlos in hoher Qualität erhältlich sind.

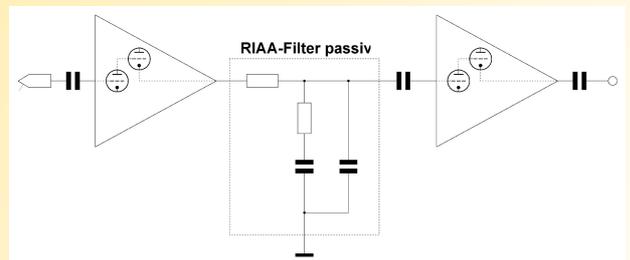
Der neue Vorverstärker wurde unter High-End-Aspekten konzipiert: das RIAA-Filter wurde mit einem einstufigen, passiven Filter mit 3 Zeitkonstanten realisiert, somit ist keine frequenzabhängige Gegenkopplung nötig und es erfolgt keine Beeinflussung des Signals durch Einschwingvorgänge.

Ein zweistufiges, passives Filter erfordert einen höheren technischen Aufwand bei den Verstärkerstufen, bietet aber auch die Möglichkeit, vier Zeitkonstanten frei zu definieren, womit auch andere Entzerrkurven neben der RIAA-Entzerrkurve möglich sind. Um jedoch den Aufwand und die Kosten des Entzerrvorverstärkers HE-78 in Grenzen zu halten, wurde bei diesem Projekt ein einstufiges Filter eingesetzt.

Die Grundverstärkung des Verstärkers wird von den beiden Trioden der ECC81 übernommen, die ECC82 dient zur niederohmigen Ankopplung des passiven RIAA-Filters und zur Auskopplung des Ausgangs. Die

Verstärkung wurde auf 35 dB bei 1 KHz festgelegt, wie auch beim Vorgänger mit der PCL86. Um exakte Kanalgleichheit zu erreichen, kann die Verstärkung um ca. 2...3 dB variiert werden. Dadurch können unselektierte Röhren eingesetzt werden und es konnte auf Elkos im Signalweg verzichtet werden, dort werden ausschließlich Folienkondensatoren eingesetzt. Das RIAA-Filter arbeitet mit selektierten Kondensatoren.

Das Diagramm zeigt die beiden Verstärkerstufen und die Anordnung des passiven RIAA-Filters:



Der Vorverstärker verfügt über einen MM-Eingang, optional kann der MC-Übertrager R-110 auf der Platine für einen MC-Eingang montiert werden. Der Aufbau erfolgt kanalgetrennt auf separaten Platinen. Der Ausgang kann über ein Mutingrelais stummgeschaltet werden. Der Verstärker benötigt die bei unseren Projekten üblich Betriebs- und Heizspannung, somit können vorhandene Netzteile und Netztransformator weiter genutzt werden.

Playstation PS1 Reloaded - HiFi-CD-Player MK2

Im Jahre 2005 wurde das Projekt **HiFi-CD-Player mit der Playstation 1** ins Leben gerufen und im Elektor-Sonderheft Special-Project Röhren 1 erstmals vorgestellt. Die Playstation 1 der ersten Generation verfügt über sehr gute DA-Wandler und ein robustes CD-Laufwerk. Mit moderatem Aufwand kann mit dieser Playstation ein sehr guter CD-Player aufgebaut werden. Da auch nach über 10 Jahren immer noch Interesse an diesem Projekt besteht, stellen wir nun neue Kombinationsmöglichkeiten mit unseren Verstärkermodulen vor:

- **Variante 1: Kombination mit Line-Verstärker HE-71 mit der PCL86** (ursprüngliche Version)
- **Variante 2: Kombination mit Universal-Vorstufe HE-72**
Diese Vorstufe kann wahlweise mit der Röhre ECC81, ECC82 oder 12BH7 geliefert werden. Der Verstärker arbeitet einstufig mit lokaler Gegenkopplung, im Signalweg liegen keine Elkos.
- **Variante 3: Kombination mit High-End-Vorstufe HE-74**
Diese Vorstufe kann ebenfalls mit der Röhre ECC81, ECC82 oder 12BH7 geliefert werden. Im Signalweg werden Mundorf-Kondensatoren eingesetzt. Der Ausgang kann durch ein Muting-Relais gesteuert werden.

Die passenden Netzteilbausätze HE-89 und HE-41, den Netztransformator NTR-PS1-15 sowie weitere Informationen zu diesem Projekt finden Sie auf unserer Webseite www.experience-electronics.de.

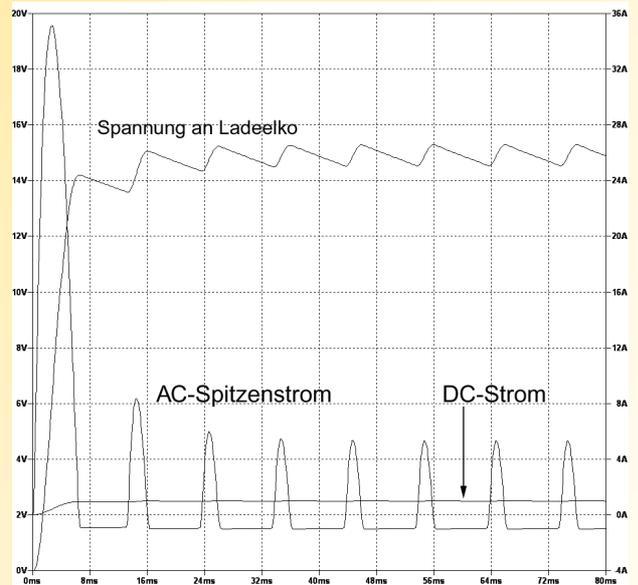
Strombelastbarkeit eines Netztransformators

Bei der Berechnung der Strombelastbarkeit eines Netztransformators wird normalerweise davon ausgegangen, wieviel Gleichstrom der Verbraucher maximal benötigt. Dieser Wert wird dann mit der Faustformel, dem Faktor 1.41, multipliziert, um den auftretenden Wechselstrom zu berechnen, für den der Transformator ausgelegt wird.

Handelt es sich um einen rein ohmschen Verbraucher, so ist diese überschlägige Berechnung ausreichend. Anders sieht es jedoch aus, wenn nach einem Brückengleichrichter ein Ladeelko vorhanden ist. In diesem Fall wird zwar im Mittel die selbe Leistung aus dem Netztransformator entnommen, der Entladestrom ist jedoch nicht mehr sinusförmig, sondern es entstehen Ladestromspitzen mit einem deutlich höheren Spitzenstrom, abhängig von der Größe des Ladekondensators und dem entnommenen Gesamtstrom. Dadurch entstehen zwei Probleme: wird dieser Spitzenstrom bei der Konstruktion des Transformators nicht berücksichtigt, so kann dies zu einem Temperaturanstieg im Inneren des Trafos kommen, die Folge ist eine Schwächung der Isolation und die Gefahr eines Windungs- bzw. Lagenschlusses, wodurch der Trafo irreparabel beschädigt wird. Zum Zweiten kann der Transformator bei starken Stromspitzen die Sättigungsgrenze des Kerns erreichen, dies führt zur Entstehung von Oberwellen zur Grundfrequenz, was sich wiederum klanglich negativ auf den gesamten Verstärker auswirken kann.

Wie entsteht nun dieser hohe Spitzenstrom? Hierzu müssen die Spannungsverhältnisse am Gleichrichter betrachtet werden: die Dioden im Gleichrichter werden nur dann leitend, wenn die Trafospannung über der momentanen Spannung am Ladeelko liegt und bleiben nur solange leitend, bis die Trafospannung wieder unter diesen Wert absinkt. Der Verlauf der Trafospannung ist nahezu sinusförmig, der Stromfluß erfolgt jedoch nur in einem kleinen Bereich der Sinus-

halbperiode, in dem die gesamte Energie übertragen werden muß, die für die Nachladung des Ladeelkos benötigt wird. Durch die kürzere Stromflußdauer wird somit ein höherer Strom zur Übertragung dieser Energie benötigt, wie das Diagramm verdeutlicht:



Nun ist es auch nicht zielführend, den Transformator generell auf den Spitzenstrom auszulegen, dies würde letztendlich zu sehr großen Transformatoren führen, da die übertragbare Leistung einer Kerngröße begrenzt ist und meist ein größerer Kern gewählt werden müßte. Letztendlich muß sichergestellt sein, daß der Transformator durch einen geeigneten Drahtquerschnitt den Spitzenstrom liefern kann und dabei die Sättigungsgrenze nicht erreicht. Wird dies bei der Dimensionierung berücksichtigt, so kann der Transformator seinen Dienst über Jahrzehnte ohne einen Ausfall verrichten und nachteilige Einflüsse auf die Wiedergabequalität eines Verstärkers werden so vermeiden.

Ausblicke

In der nächsten Ausgabe unseres Newsletters:

- Bauanleitung EL156 Single-Ended-Endstufe
- Meßwertfetischismus und Kondensatorklang
- Projekt: Kopfhörerverstärker

Impressum

Herausgeber: Rainer Horsch EXPERIENCE electronics
Kastanienweg 12, 86169 Augsburg
www.experience-electronics.de

Der gewerbliche Gebrauch der Beiträge ist untersagt. Die gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich der elektrischen Sicherheit sind zu beachten. Eine Haftung des Herausgebers für Korrektheit und Verwendbarkeit der Schaltungen sowie der technischen Informationen ist ausgeschlossen. (c) 2019