

praktiker

MULTI MEDIA & ELEKTRONIK

KOSTENLOSE LESEPROBE

1. Teile der Bauanleitungen: ITM BicepTube & Co.

Erste Teile der Bauanleitungen für

- Röhren-HighEnd-HiFi-
Endstufe / Vollverstärker

ITM BicepTube

- Röhren-HighEnd-HiFi-
Phono-Vorverstärker für
MM/MC-Tonabnehmer

ITM GroovTube



Bild: Felix Wessely

Die Leseprobe entspricht dem Original der Veröffentlichung. Evtl. später erschienene Korrekturen oder Ergänzungen sind nicht berücksichtigt. Das Vorhandensein von Korrekturen oder Ergänzungen ist den Jahres-Inhaltsverzeichnissen unter www.praktiker.at zu entnehmen.

Impressum

Bericht / Auszug aus Bericht aus:
ITM praktiker – Internat. Technik Magazin, Nr. 6/1999 + 3/2000

Medieninhaber, Herausgeber und Verleger:
Felix Wessely, Praktiker Verlag, A-1072 Wien, Apollogasse 22
Tel. +43 (1) 526 46 68, eMail: office@praktiker.at, Website: www.praktiker.at
Haftungsausschluss: Die Berichte wurden sorgfältig erstellt; für Richtigkeit und Vollständigkeit kann jedoch keine Haftung übernommen werden.

© 2007-2011 Felix Wessely, Wien, Österreich

Über Leseprobe, Nutzungsbedingungen

Leseproben aus ITM praktiker sind komplette oder auszugsweise in elektronischer Form kostenlos bereitgestellte Berichte aus „ITM praktiker“. - **Nutzungsbedingungen** dieses Auszugs aus „ITM praktiker“ (Kostenlose Leseprobe): Gestattet sind (1.) die Weitergabe an dem **Versender persönlich bekannte Personen** in kompletter, unveränderter digitaler Form und (2.) ein Link von einer allgemein zugänglichen Stelle (z.B. Webseite) zum Original-Speicherort unter www.praktiker.at. Jede weitergehende auch auszugsweise Verwendung nur nach **vorheriger schriftlicher Genehmigung** des Verlegers.

Alles zu diesem Selbstbau-Projekt mit Informationen zur kompletten Bauanleitung finden Sie bitte unter:

www.praktiker.at/prjram

High-End-HiFi-Röhrenverstärker für Könnner unter Audio-Puristen

Bei jenen, denen nicht zu gut und nichts zu teuer für ihre feinen Ohren sein kann, hat die Röhre in der letzten Zeit wieder einen hohen Stellenwert bekommen. Bei Audio-Puristen. **praktiker** bringt mit „ITM BicepTube“ und „ITM GroovTube“ Endstufe und Phono-Vorverstärker zu Kosten, für die man gerade eine bessere 08/15-Kompaktanlage bekommt. Der Haken bei der Sache: Man muß sauber mit dem LötKolben umgehen können. Sonst wird das Resultat freilich nicht so toll sein. Diese Entwicklung aus dem **praktiker**-Labor ist mit sehr tatkräftiger Unterstützung von Wolfgang Paltauf entstanden, der Kapazität im Bau von Röhrenverstärkern in Österreich schlechthin. Entsprechend fein darf der geneigte Leser seine Ohren vor der ersten Inbetriebnahme einpegeln. – Hier startet die Bauanleitung für „ITM BicepTube“.

Bei der Entwicklung hat Wolfgang Paltauf einige Schaltungsdetails eingebracht, die das Ergebnis – wenn sauber gearbeitet wird – zu einem Spitzengerät machen, das auch von teuersten Fertig-Röhrenverstärkern kaum zu überbieten sein wird.

Besondere Vorzüge von ITM BicepTube sind einfacher Schaltungsaufbau, Verwen-

dung von Röhren aus neuer Produktion, einfache Beschaffung der Bauteile und – wohl am wichtigsten – hohe Klangqualität.

Die Schaltung ist so ausgelegt, daß der Anfänger in der Röhrentechnologie – am besten unter Verwendung der in Kürze über den **praktiker**-Leserclub verfügbaren Fertigplatine – sicher zu einem hervorragenden Er-

gebnis kommen kann.

Andererseits hat der Versierte viele Möglichkeiten, seine Kreativität auszuleben und unseren Bauvorschlag als Rahmen für seine eigenen Ideen zu sehen. Anleitungen für Variationsmöglichkeiten werden im Rahmen der Bauanleitung gegeben werden.

Eine ausführliche Projektbeschreibung zu „ITM BicepTube“ und „ITM GroovTube“ ist in **praktiker** Nr. 4 / 1999 und seit einigen Tagen auch im Internet unter www.praktiker.at (Die Bauanleitung ist im Internet nicht verfügbar).

Warum Gegentaktschaltung

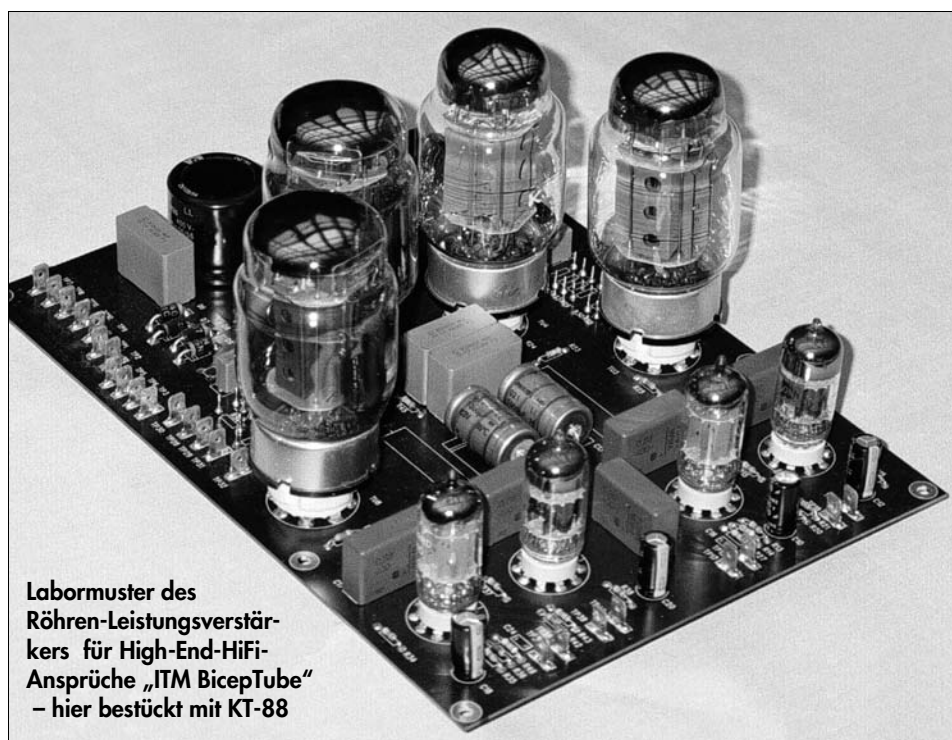
Warum wir die Gegentakt- anstelle der Eintaktschaltung gewählt haben, obwohl Eintaktverstärker gerade besonders „in“ sind? – Vorerst die Erläuterung der Funktionsprinzipien von Gegentakt- und Eintaktschaltung.

Prinzip der Gegentaktschaltung: Zwei gleichartige Röhren sind derart geschaltet, daß in jeweils einer der beiden Röhren der Anodenstrom zunimmt, während er in der anderen gleichzeitig abnimmt. Die Endröhren bekommen ein jeweils um 180° gedrehtes Signal und arbeiten auf einen gemeinsamen Ausgangsübertrager, der die beiden Signale wieder zu einem zusammenfügt

Prinzip der Eintaktschaltung: Eine Röhre verarbeitet das gesamte Signal

Die Gegentaktschaltung hat gegenüber der Eintaktschaltung folgende Vorteile:

- Hohe Ausgangsleistung bei kleinem Klirrfaktor,
- Kompensation geradzahlgiger harmonischer Verzerrungen,
- keine Gleichstrommagnetisierung des Ausgangsübertragers, da die Primärwicklung von beiden Anodenströmen in entgegengesetzter Richtung durchflossen wird,
- Wegfall der durch diese Magnetisierung verursachten Verzerrungen, und – bedingt durch die höhere Induktivität bei sonst gleichem Kernquerschnitt –
- bessere Übertragung niedriger Frequenzen.
- Die Siebung der Versorgungsspannung der Ausgangsröhren braucht nicht sehr stark



Labormuster des Röhren-Leistungsverstärkers für High-End-HiFi-Ansprüche „ITM BicepTube“ – hier bestückt mit KT-88

STÜCKLISTE

ITM BicepTube

Hinsichtlich der Ausführungen sowie Modifikationen und Varianten A/B/C bitte auch den Text der Bauanleitung – auch in den Folgeausgaben – beachten, worin ausführlich darauf eingegangen wird. Bei – empfohlener – Printbestückung wichtig: Für passende Rastermaße der Bauteile beachten Sie bitte die Platinenvorlage und – generell – auch die detaillierten Tips zum Bauteile-Einkauf; beides folgt in **praktiker** Nr. 7-8 / 1999.

Widerstände (Toleranz 1%, sofern nicht anders angegeben 0,6 Watt):

1 .. R1	5,6 Ω
3 .. R2, R3, R11	39k Ω / 2W
3 .. R4, R19, R41	1M Ω
3 .. R5, R14, R36	47 Ω
3 .. R6, R20, R42	220 Ω
2 .. R7, R8	220 Ω / 2W
1 .. R9	330k Ω
3 .. R10, R21, R43	100k Ω
8 .. R12, R13, R15, R16, R34, R35, R37, R38	2,2k Ω
2 .. R17, R39	330k Ω
2 .. R18, R40	348k Ω
2 .. R22, R44	220k Ω / 10W
4 .. R23, R24, R45, R46	1 Ω
4 .. R25, R26, R47, R48	100 Ω
2 .. R27, R49	4,7k Ω
4 .. R29, R32, R51, R54	100 Ω / 2W, Variante B
– .. R28 (in Schaltplan: R29)	100 Ω / 2W, Variante C
– .. R30 (in Schaltplan: R29)	100 Ω / 2W, Variante A
– .. R31 (in Schaltplan: R32)	100 Ω / 2W, Variante A
– .. R33 (in Schaltplan: R32)	100 Ω / 2W, Variante C
– .. R50 (in Schaltplan: R51)	100 Ω / 2W, Variante A
– .. R52 (in Schaltplan: R51)	100 Ω / 2W, Variante C
– .. R53 (in Schaltplan: R54)	100 Ω / 2W, Variante A
– .. R55 (in Schaltplan: R54)	100 Ω / 2W, Variante C

Kondensatoren (Elkos – für höhere Temperaturbelastbarkeit – als 105°-Typen; Spannungsfestigkeit keinesfalls unterschreiten)

2 .. C1, C2	470 μ F / 400V, Snap-in-Typ
2 .. C3, C5	0,68 μ F / 400V, Snap-in-Typ
1 .. C4	1 μ F / 400V, Snap-in-Typ
1 .. C6	47 μ F / 400V, Snap-in-Typ
1 .. C7	4,7 μ F / 100V
5 .. C8, C10, C12, C18, C20	470 μ F / 16V
4 .. C9, C11, C17, C19	0,68 μ F / 630V (z.B. Wima MKC-4)
2 .. C13, C21	1000 μ F / 63V
2 .. C14, C22	0,68 μ F / 630V MKP-Typ
2 .. C15, C23	100nF / 630V
2 .. C16, C24	220pF

Halbleiter

1 .. D1	LED 5mm, grün
2 .. D2, D3	ZD110 / 5W
1 .. D4	ZD100 / 5W
1 .. D5	ZD15 / 0,5 W
4 .. D6, D7, D8, D9	1N5408 (z.B. Siemens FRED)
2 .. F1, F2	Sicherung 500mA, träge
1 .. Q1	IRF730
1 .. Q2	BF472

Röhren (siehe auch Modifikationen in der Bauanleitung):

4 .. TU1, TU2, TU5, TU6	ECC83
4 .. TU3, TU4, TU7, TU8	EL34 (paarweise selektiert!)

48 TP1 bis TP48

Siehe „Anmerkungen zur Stückliste“ auf nächster Seite

zu sein, da sich die Brummspannungen, gleichsinnig eingespeist, in der Gegentaktschaltung kompensieren.

Der Vorteil der Eintaktschaltung soll natürlich nicht verschwiegen werden: Da das Musiksignal nur von einer, oder von parallel geschalteten Röhren verstärkt wird, gibt es keine Übernahmeverzerrungen.

Diesen prinzipbedingten Nachteil der Gegentaktschaltung kann man minimieren, indem man den Ruhestrom durch die Ausgangsröhren hoch genug einstellt, wie das auch für ITM BicepTube getan wurde.

Die Baugruppen

Diese Stereogegentaktendstufe besteht aus folgenden Baugruppen:

- Rechter und linker Verstärker,
- gemeinsame Stromversorgung für rechten und linken Kanal.

Im folgenden werden die einzelnen Baugruppen in ihren Funktionen und Bauteilen ausführlich beschrieben, der Einfachheit halber wird aber nur der linke Kanal der Stereoendstufe erklärt. Die Bauteilnummern für den rechten Kanal entnehmen Sie bitte dem Schaltplan.

Verstärkerschaltung

Der Gegentaktverstärker besteht aus der Eingangsstufe (TU1A,B), der Phasenumkehrstufe (TU2A,B) und der Ausgangsstufe (TU3, TU4) mit dem Ausgangsübertrager, der auf dem Schaltplan gestrichelt dargestellt ist, weil er sich nicht auf der Platine befindet.

Die Eingangs- und die Phasenumkehrstufe verwenden jeweils eine ECC 83 in der SRPP-Schaltung. Die ECC 83 ist eine Doppeltriode, d.h. zwei unabhängige Röhrensysteme befinden sich in einem Glaskolben. Eine Triode ist eine Röhre mit drei Gittern: Anode, Kathode, Steuergitter. Bei der SRPP-Schaltung liegen die zwei Systeme gleichspannungsmäßig in Serie, wobei an jeder Röhre die halbe Betriebspannung anliegt.

Der Strom, der durch die Röhren fließt, wird durch die Kathodenwiderstände R12, R13, R15, R16 bestimmt; vergleichbar mit dem Source-Widerstand bei selbstleitenden FETs. Die Signalspannung wird der unteren Röhre zugeführt, im Verstärkereingang der TU1B über den Widerstand R20, in der Phasenumkehrstufe bekommt TU2B ihr Signal über die Widerstände R17, R18, R19.

Die oberen Röhren werden durch die signalabhängige Wechselspannung, die zu R12 bei TU1A, bzw. zu R15 bei TU2A abfällt, gesteuert. Die Ausgangssignale werden an den Kathoden der oberen Röhren (TU1A, TU2A) abgenommen.

Der Vorteil dieser Schaltung – im Vergleich zum üblicherweise verwendeten ohmschen Arbeitswiderstand anstelle der hier verwendeten aktiven (TU1A, TU2A) – besteht im viel niedrigeren Ausgangswiderstand dieser Kombination, im sehr niedrigen Klirrfaktor, hoher Linearität, großer Verstärkung und im großen Steuerbereich. Alle diese Eigenschaften sind mitverantwortlich für die hohe Wiedergabequalität dieses Verstärkers.

Phasenumkehr

Eine weitere Besonderheit ist die Phasenumkehr. Eine Gegentaktendstufe braucht zum Ansteuern der Endröhren zwei Signale mit gleicher Amplitude, aber um 180° phasengedreht. Dies wird hier erreicht durch die Röhre TU2, die über das Widerstandnetzwerk R17, R18, R19 angesteuert wird.

Eine Endröhre (TU4) bekommt ihr Signal von TU1, dieses Signal gelangt aber auch über R17 an das Steuergitter von TU2B. TU2B verstärkt das Signal mit TU2A und dreht es dabei um 180° und schickt es einerseits auf die Endröhre TU3, andererseits gelangt es über den Gegenkoppelwiderstand R18 auf das Steuergitter von TU2B.

Die Widerstände R17 und R18 sind somit verantwortlich für die Amplitude des Signals. R19 legt die Steuergitter der Röhren TU2B, TU3 und TU4 gleichspannungsmäßig auf Masse.

Das ist deshalb notwendig, weil die Ausgangssignale von den Röhren TU1A und TU2A über die Kondensatoren C9 und C11 ausgekoppelt werden und die Steuergitter der nachfolgenden Röhren in dieser Schaltung auf Masse liegen müssen.

Diese Phasenumkehr wurde deshalb ausgewählt, weil sie einerseits „gut klingt“, andererseits wirkt sie selbstsymmetrierend. Das hat den Vorteil, daß man die Vorröhren nicht selektieren muß und auch Röhrenalterung nicht die Eigenschaften des Verstärkers beeinflusst.

Die beiden Signale gelangen nun über die Widerstände R25 und R26 auf die Endröhren TU3 und TU4. Der Arbeitspunkt der beiden Endröhren wird über den Widerstand R22 eingestellt.

R23 und R24 dienen dem Messen des Ruhestromes durch die Endröhren. So können diese leicht in ihrer Funktion überprüft werden und auf gleichen Ruhestrom ausgemessen werden.

C13 verhindert Wechselladungen an den Kathoden der Endröhren, die sonst eine Gegenkopplung bewirken könnten. C14 ist ein hochwertiger MKP-Kondensator und überbrückt C13, um seine Eigenschaften im hö-

herfrequenten Bereich zu verbessern.

Die selbe Funktion wie C13 haben in den Eingangsstufen die Kondensatoren C10 und C12. R25 und R26 bei den Endröhren, sowie R20 bei der Vorröhre TU1B sollen Schwingneigungen unterdrücken, indem sie mit den Eingangskapazitäten der Röhren einen Tiefpaß bilden.

Das gleiche bewirken die 100Ω-Widerstände an den Schirmgittern der Endröhren.

Drei Betriebsarten zur Auswahl

Andererseits haben Sie die Möglichkeit, durch das Schaffen von unterschiedlichen Verbindungen mit diesen Widerständen, die Endröhren in verschiedenen Betriebsarten zu verwenden. Die Endröhren, die wir für dieses Projekt vorschlagen (EL34, KT88, 6550 und 6L6), sind Pentoden, also Röhren mit fünf Gittern.

Eines dieser Gitter – das Schirmgitter (Pin 4) – kann auf drei Arten verwendet werden:

- **Variante A** verbindet die Schirmgitter mit Anzapfungen des Ausgangsübertragers, das ist die sogenannte Ultralinear-Schaltung.

- **Variante B** legt die Schirmgitter auf die Betriebsspannung UB, das ist der eigentliche Pentodenbetrieb.

- **Variante C** verbindet Schirmgitter mit Anode und macht aus der Pentode eine Triode mit stark verringertem Innenwiderstand, reduzierter Verstärkung und Leistung. Aber der Klang . . .

Sie dürfen natürlich nur eine der drei Varianten in Ihrem Verstärker verwenden!

Möglichkeit zur Gegenkopplung

Wir haben bei diesen Verstärker auch die Möglichkeit einer Gegenkopplung vorgesehen. – Die Gegenkopplung reduziert die Verstärkung, den Ausgangswiderstand und die Verzerrungen. Die Stärke der verwendeten Gegenkopplung bestimmt das Verhalten der Endstufe an den verwendeten Lautsprechern. Generell gilt:

Hohe Gegenkopplung ergibt hohen Dämpfungsfaktor, niedrige Gegenkopplung ergibt niedrigen Dämpfungsfaktor.

Die Gegenkopplung führt vom 8Ω-Ausgang des Übertragers über R27 mit C16 auf R14 und damit auf die Kathode der Eingangsröhre TU1B zurück. Die Stärke der Gegenkopplung hängt von R27 ab, dessen Wert von den angegebenen 4,7kΩ bis auf ca. 560Ω reduziert werden kann.

Proportional dazu nimmt die Verstärkung der Endstufe ab und der Ausgangswiderstand wird verringert. Diese Maßnahme hat dann einen Sinn, wenn die Endstufe mit Lautsprechern mit sehr unlinearem Impedanzverlauf zusammenspielen muß.

C16 begrenzt den Frequenzgang des Verstärkers am oberen Frequenzende und verhindert Schwingneigungen und Überschwüngen bei der Wiedergabe von Rechtecksignalen.

Stromversorgung

Ganz klar: Wesentlichen Einfluß auf die Klangqualität eines Verstärkers hat die Stromversorgung. Das fängt beim Netztransformator an, dessen Ausgangsspannung bei unterschiedlichsten Lastzuständen möglichst stabil sein sollen.

Weiters enorm wichtig ist die möglichst vollständige Entkopplung der Versorgungsspannung der Vorröhren von der Betriebsspannung der Endröhren. Der Netztrafo muß zwei Spannungen liefern: 6,3 Volt für die Heizung der Röhren (6,3 V, ca. 8 A) und ca. 260 V bis maximal 280 V und 0,5 Ampere.

Dieser Wert für den Strom mag manchem etwas hoch erscheinen, aber je stärker die Sekundärwicklung ausgelegt ist, um so weniger gibt sie unter Last nach und um so dynamischer spielt dann Ihr Verstärker.

Die 280 V Wechselladung gelangt über

ANMERKUNGEN ZUR STÜCKLISTE

ITM BicepTube – Anmerkungen zur Stückliste (ausführliche in der Bauanleitung)

- Röhrenfassungen: Keramik, printbare Ausführung (außer wenn freie Verdrahtung gewählt wurde), gute Qualität für festen Sitz der Röhre, Goldkontakte sind optisch schöner aber nicht notwendig

- Röhrenbestückung: Statt der EL34 können auch KT88, 6550 oder 6L6 verwendet werden. Darauf wird im Rahmen der Modifikationsmöglichkeiten im Anschluß an die Funktionsbeschreibung eingegangen.

- Transformator: Ein Modell, das eine Sekundärspannung von 260 bis 280 Volt abgibt und mit maximaler Stromentnahme von mindestens 0,5 Ampere. Die Werte für die Heizwicklung betragen 6,3 Volt und ca 8 Ampere. Der Netztransformator kann freilich überdimensioniert sein (mehr Ampere).

- Prinzipiell sind alle Ausgangsübertrager geeignet, die für zwei mal EL34, KT88 oder 6550 ausgelegt sind; je nachdem für welche Röhrenbestückung man sich entscheidet.

- TP1 bis TP48 Lötstifte: Bei TP20 bis TP27 und TP41 bis TP52 können die Heizleitungen auch direkt auf der Platine angelötet werden. Die anderen Lötstiftpunkte sind Eingänge, Ausgänge und Verbindungen zum Netztransformator. Die Drähte können wahlweise direkt angelötet werden oder es können Lötflächen verwendet werden.

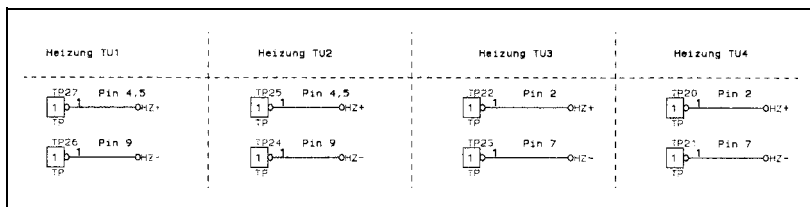
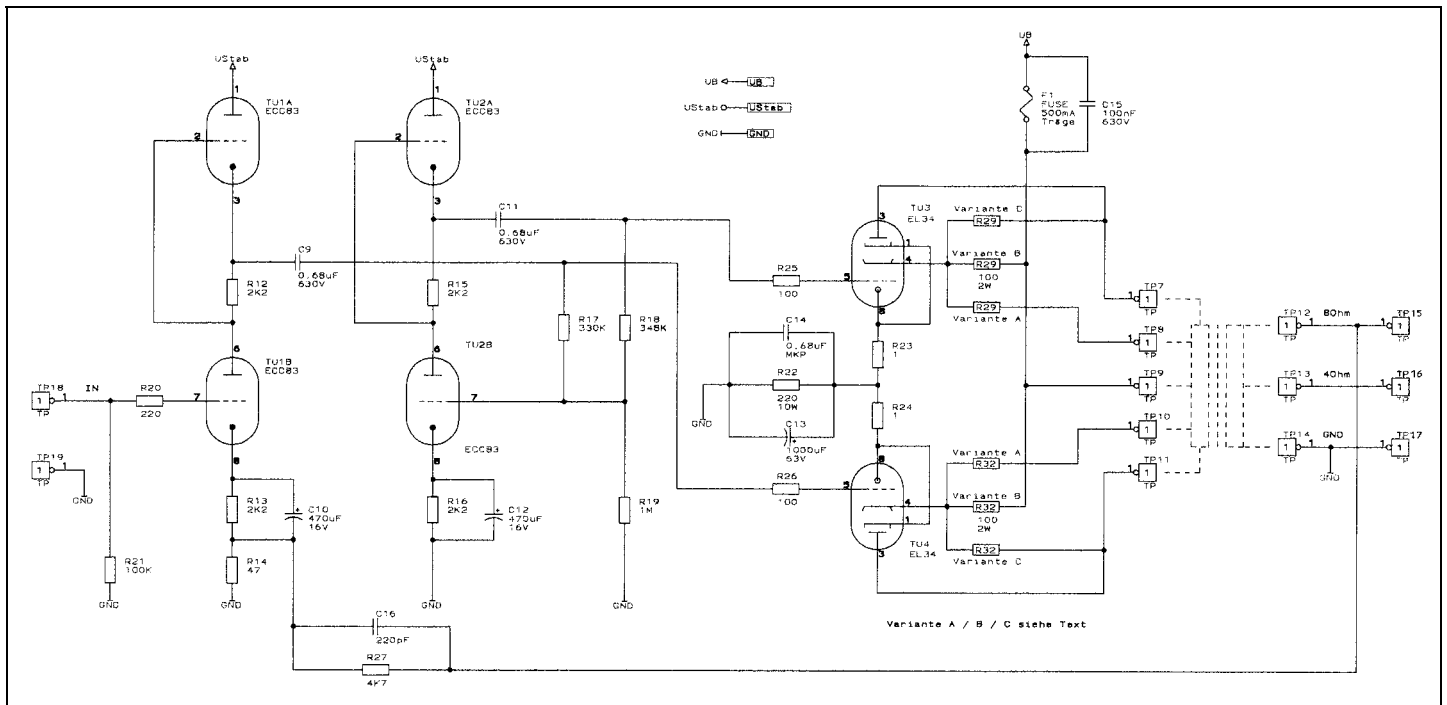
- Varianten A, B, C: Wie in der Beschreibung detailliert erläutert, gibt es drei Betriebsarten

für ITM BicepTube, von denen eine durch die Bestückung von vier Widerständen an verschiedenen Positionen gewählt wird. In der Stückliste sind die Positionsbezeichnungen des Bestückungsplans enthalten, im Schaltplan gibt es für alle vier Positionen die jeweils selbe Positionsbezeichnung (jene der Variante B). Die nicht benötigten Positionen werden auf der Platine nicht bestückt, bleiben offen.

Platine – praktiker-Leserclub: Die Platine zu ITM BicepTube wird im Rahmen des Leserservice erhältlich sein. Wie angekündigt, in höchster Industriequalität mit schwarzem (!) Lötstopplack, beidseitig durchkontaktiert. Gefertigt von Fa. Fels Leiterplattenfertigung, Wien. Informationen über Preis und Verfügbarkeit folgen in **praktiker** 7-8 / 1999. Billig ist das zwangsläufig nicht, aber für das Ziel der optimalen Qualität ist eine Billigfertigung nicht sinnvoll. Für den Selbstbau folgen ebenfalls in Nr. 7-8 / 1999 die Printvorlagen.

Es wird empfohlen, vor dem Beginn des Aufbaus das Ende der Bauanleitung abzuwarten.

Die Gesamt-Baukosten von ITM BicepTube liegen in der Größenordnung von 7000 bis 8000 ATS. Das entspricht rund einem Fünftel bis Zehntel der Kosten für ein Fertiggerät in einigermaßen vergleichbarer Qualität. **praktiker**



Schaltplan für ITM BicepTube, Linker Stereokanal. Der Teil der Schaltung in der Zeichnung links befindet sich außerhalb der Platine

TP1 und TP2 auf die Platine, wird mit den Dioden D6, D7, D8 und D9 gleichgerichtet und mit den Kondensatoren C1 und C2 gesiebt, wobei C3, ein Folienkondensator, die Hochfrequenzeigenschaften der Elektrolytkondensatoren verbessert.

An diesen Kondensatoren wird die Spannung UB für die Endröhren abgenommen und über Sicherungen (F1, F2) zu den Mittelanzapfungen der Ausgangsübertrager geführt.

Aufwendige Stabilisierung

Für die Vorröhren folgt eine aufwendige Stabilisierung, die Brummspannungen, Spannungsschwankungen des Stromnetzes und Spannungsänderungen, hervorgerufen durch Stromänderungen durch das Nutzsignal in den Endröhren, höchst effizient von den sensiblen Eingangs- und Phasenumkehrstufen fernhält.

Im wesentlichen besteht die Schaltung aus dem MOS-FET Q1, an dessen Gate eine höchst saubere, störungsfreie Spannung anliegt. Nachdem die Gate-Source-Spannung eines MOS-FET bei Stromänderungen durch dieses Bauteil annähernd konstant ist, gewinnt man so eine stabilisierte Spannung (Ustab) zum Betrieb der vier Vorröhren. C5 und C6 blocken diese Spannung zusätzlich gegen Masse ab.

Die Gate-Spannung des MOS-FET wird durch Zenerdioden eingestellt, die durch eine Konstantstromquelle gespeist werden. Diese besteht aus dem Transistor Q2, der LED D1, R6, C8, R2, R3 und R11. Der Vorwiderstand von Q2, R1, verhindert Schwingen der Schaltung.

Funktion der Stromquelle

Zur Erläuterung kurz die Funktion der Stromquelle: An R6 liegt eine konstante Spannung an, gebildet aus der Brennspannung der LED (ca. 1,85 Volt) minus der Basis-Emitterspannung von Q2 (ca. 0,6 Volt). Diese konstante Spannung an R6 bewirkt einen konstanten Strom durch R6 und damit auch durch Q2 und die Zenerdioden D2, D3, D4. R2, R3, R11 versorgen die LED D1.

C8 säubert zusätzlich die Spannung an der LED und damit auch an der Basis von Q2. R4 und C4 blocken alle noch vorhandenen Störungen, wie beispielsweise Rauschen der Zenerdioden, vom Gate des MOS-FET ab.

R5 verhindert Schwingungen des MOS-FET und die 15V-Zenerdiode D5 schützt ihn vor unzulässig hohen Gate-Source-Spannungen.

Heizung mit Wechselstrom

Die Heizung der Endröhren geschieht durch

Wechselstrom. Die hier verwendeten Röhren haben indirekt geheizte Kathoden (um Elektronen abgeben zu können, müssen die Kathoden der Röhren erhitzt werden), bei denen die maximal erlaubte Spannungsdifferenz zwischen Heizung und Kathode ca. 100 Volt beträgt.

Um diesen Maximalwert nicht zu überschreiten – die Kathoden von TU1A und TU2A liegen auf ca. 165 Volt – hebt der Spannungsteiler R9 – R10 die Heizspannung auf ca. 75 Volt. C7 verhindert Störeinstreuungen von den Heizungen auf die Röhren. R7 und R8 verbinden den Spannungsteiler mit der Heizwicklung des Netztransformators.

Die Heizung der Röhren muß auf der praktiker-Platine extra verdrahtet werden, die entsprechenden Lötunkte entnehmen Sie den Schaltplänen. Da es Netztrafos mit zwei getrennten Heizwicklungen gibt, haben wir auf der Platine zwei 6,3 Volt-Eingänge vorgesehen: TP5–TP6 und TP3–TP4.

Sie können somit beide Kanäle der Endstufe getrennt voneinander mit Heizstrom versorgen. Bei einem Netztrafo mit nur einer Heizwicklung müssen Sie TP5 mit TP3 und TP6 mit TP4 verbinden.

Ausgehend von TP49, TP50 und TP51, TP52 verbinden sie die Röhren und die Anschlüsse mit verdrehten Zuleitungen mit mindestens 1mm² Querschnitt.

Fortsetzung – beginnend mit Hinweisen zur Bauteileauswahl – im nächsten Heft praktiker

Lieber Leser,

auf den folgenden Seiten finden Sie bitte den Anfang der Bauanleitung zum Phono-Vorverstärker ITM GroovTube. Es handelt sich dabei um den zweiten Teil der Bauanleitung, da der erste Teil ausschließlich die Herstellungsvorlagen für die Platinen beinhaltet.

Viel Spaß beim Lesen und vielleicht späteren Bauen dieser HighEnd-HiFi-Komponenten,

wünscht Ihr Labor-Team des ITM praktiker

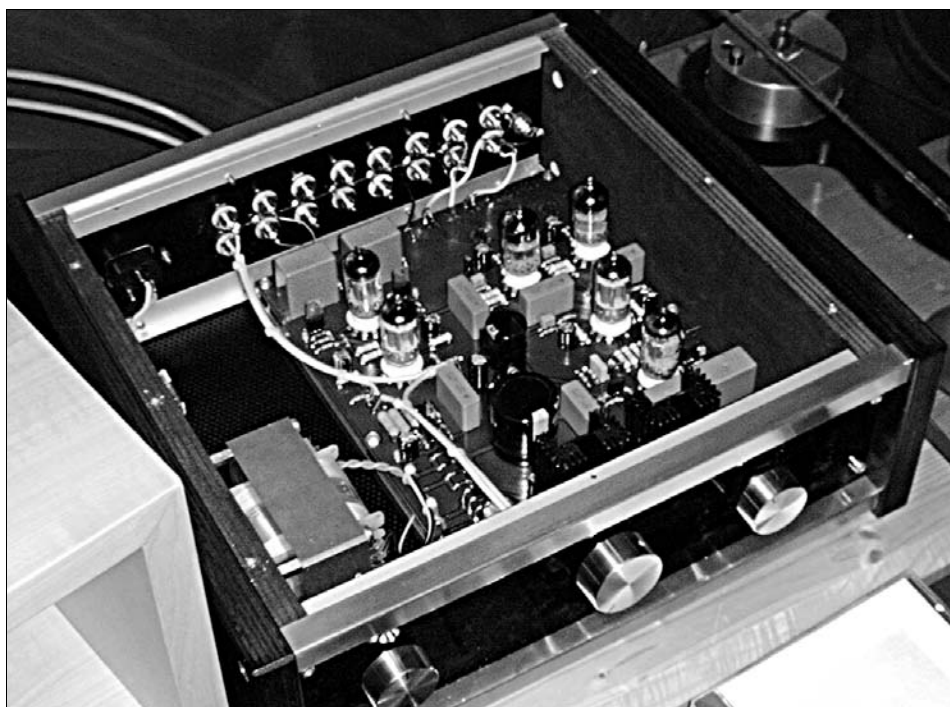
Rillen-Vorarbeiter liefert bis mehr als 1MHz linear an ITM BicepTube

Das Projekt rund um ITM BicepTube findet riesige Begeisterung bei feinhörenden **praktiker**-Lesern. Nun kommt die Phono-Vorstufe dazu aus dem **praktiker**-Entwicklungslabor: ITM GroovTube. Und ebenfalls maßgeblich von „Röhren-Leonardo“ Wolfgang Paltauf. Entsprechend fein wird damit der geneigte Schallplattenfreund die zarten Wellen aus der Rille über ITM BicepTube an die Lautsprechermembranen bekommen. Voraussetzung wiederum: Sauber arbeiten, etwas Erfahrung und viel Liebe. Diese wird nach dem Einschalten erwidert. Im vorigen Heft war die Vorlage für die Platinenherstellung, hier startet die Bauanleitung.

Bei der Entwicklung von „ITM GroovTube“ standen einige Ideen im Vordergrund: Hohe Klangqualität, Nachbausicherheit, leichte Beschaffbarkeit der Bauteile, einfache Inbetriebnahme, Langzeitstabilität, möglichst günstiger Preis sowie Modifikation

möglichkeiten für Experimentierer.

Die Klangqualität dieses Gerätes resultiert aus der sinnvollen Auswahl der einzelnen Verstärkerstufen und aus dem Vermeiden von Gegenkopplungen über mehrere Stufen. Jede Verstärkerstufe hat einen so großen linearen



Der High-End-HiFi-Verstärker ITM GroovTube, hier im Betrieb. Es sind bei diesem Labormuster nicht alle Ausgänge beschaltet. Wahlweise kann die Bedienung auch via Fernbedienung erfolgen. Diese wird als Fertigmodul eingebaut. Die Relais dafür werden auf einer separaten Platine untergebracht. Das abgebildete Labormuster ist ohne Fernbedienung. Das Gehäuse ist das gleiche wie bei ITM BicepTube; lediglich mit halber Höhe.

LABOR-HINWEISE

Bauteilebeschaffung

In der Schaltung zu ITM GroovTube werden gängige Bauteile verwendet. Beachten Sie bitte, daß das Ziel ein hochwertiges, analog arbeitendes Gerät sein soll. Jede Schwäche in der Qualität der Bauteile wirkt sich auch auf das Ergebnis aus. In diesem Fall also ein beeinträchtigtes Klangbild. – Achten Sie daher besonders auf folgende Punkte:

- Die Platine mit Bauteilaufdruck, schwarzem Lötstopplack, elektrisch geprüft und in feinsten Industriequalität bekommen Sie nur über den **praktiker**-LeserClub. Für Abonnenten wiederum zum stark ermäßigten Preis. Bitte beachten Sie die entsprechende Auflistung an anderer Stelle im vorliegenden Heft. Für die Selbstfertigung der Platine finden Sie in **praktiker** Nr. 1 / 2000 die Vorlagen. Achten Sie bitte ganz besonders auf saubere Verarbeitung.

- Alle sonstigen erforderlichen Bauteile sind bei gut sortierten Elektronik-Fachhändlern erhältlich. Diese können Sie auch über den **praktiker**-LeserClub bestellen. Beachten Sie dabei aber bitte, daß wir nur komplette Sets abgeben. Bevor Sie also im Handel die Bauteile kaufen, vergewissern Sie sich, daß Sie dort alle erforderlichen Bauteile bekommen.

- Achten Sie auf Erste Qualität bei den Bauteilen, korrekte Typen und Werte sowie Toleranzen entsprechend der Stückliste. Akzeptieren Sie keine Alternativ-Bauteile und nur „frische“ Ware. Beispielsweise – ganz kraß – angerostete Bauteilanschlüsse sind Klangmörder, wenngleich die Schaltung damit prinzipiell funktionieren kann.

- Die Abwicklung und Verrechnung der Bauteile – ausgenommen die Platine – erfolgt von Wolfgang Paltauf. Die Bestellung erfolgt über den **praktiker**-LeserClub. Wolfgang Paltauf verwendet viel Zeit und Mühe in die Auswahl optimaler Bauteile. Da er keinen Handel betreibt, werden von ihm nur jeweils relativ kleine Mengen bestellt. Deshalb kann es mitunter zu länger dauern. Sie würden davon verständigt werden, aber seien Sie dann bitte nicht ungehalten. Bestellen Sie daher bitte mit etwas Zeit-Reserve. **praktiker**

WICHTIGER HINWEIS

An Röhrensaltungen liegen Spannungen von mehreren hundert Volt an. Die Inbetriebnahme darf daher nur durch einen mit den Sicherheitsbestimmungen vertrauten Fachmann erfolgen. Das Hantieren an der Schaltung unter Spannung ist lebensgefährlich. Nach dem Trennen vom Stromnetz steht die Schaltung noch einige Minuten lang unter Spannung. Vor jedem Eingriff ist daher zu sicherzustellen, daß die Schaltung vom Netz getrennt ist und daß die Elkos entladen sind.

Es besteht Lebensgefahr!

und damit verzerrungsarmen Aussteuerbereich und einen so großen Frequenzumfang, daß eine nachträgliche Korrektur durch eine Gegenkopplung über mehr als eine Stufe nicht notwendig ist.

Gegenkopplungsschleifen können die Meßergebnisse eventuell verbessern und mangelhaft konstruierte Verstärker besser „aussehen“ lassen, aber sie nehmen dem Klang die Natürlichkeit und Lebendigkeit.

Einzig bei Endstufen kann sich eine Gegenkopplung positiv auswirken, indem sie den

Ausgangswiderstand des Verstärkers herabsetzt.

Ergo gibt es in unserer Vorstufe auch keine Gegenkopplung bei der Phonoentzerrung. Sie geschieht passiv im Signalweg, und auch nicht in der Stabilisierung der Anodenspannung.

Ein kurzes Wort zum Frequenzgang: ITM GroovTube – in der angegebenen Bestückung – bleibt linear bis deutlich mehr als 1 MHz. In Worten: ein Mega-Hertz. Das dürfte wohl auch für anspruchsvollste Musiksignale reichen und die feinfühligsten Ohren in Verzücken versetzen.

Hohe Nachbausicherheit

Eine hohe Nachbausicherheit ergibt sich für ITM GroovTube aus der Verwendung einer übersichtlichen Platine mit Bauteileaufdruck und der relativ einfachen Schaltung.

Die Bauteile bekommen Sie in den einschlägigen Fachgeschäften, auch die Röhren sind aus neuer Produktion erhältlich. Es werden – so wie bei ITM BicepTube – Bauteilesätze sowie bestückte und geprüfte Platinen inklusive Röhren angeboten.

Die Inbetriebnahme des Verstärkers ist denkbar einfach, da nur die Heizspannung eingestellt werden muß. Darauf wird – wie gewohnt – detailliert eingegangen.

Die Langzeitstabilität ergibt sich aus der Verwendung hochwertiger Bauteile und der Überdimensionierung der Bauteilwerte in Bezug auf Spannungsfestigkeit und thermische Belastung.

Der günstige Preis ergibt sich aus der Verwendung handelsüblicher Bauteile. Es werden keine exotischen Materialien verwendet. Auch die Röhren sind gängige, billige Typen.

Fünf Baugruppen

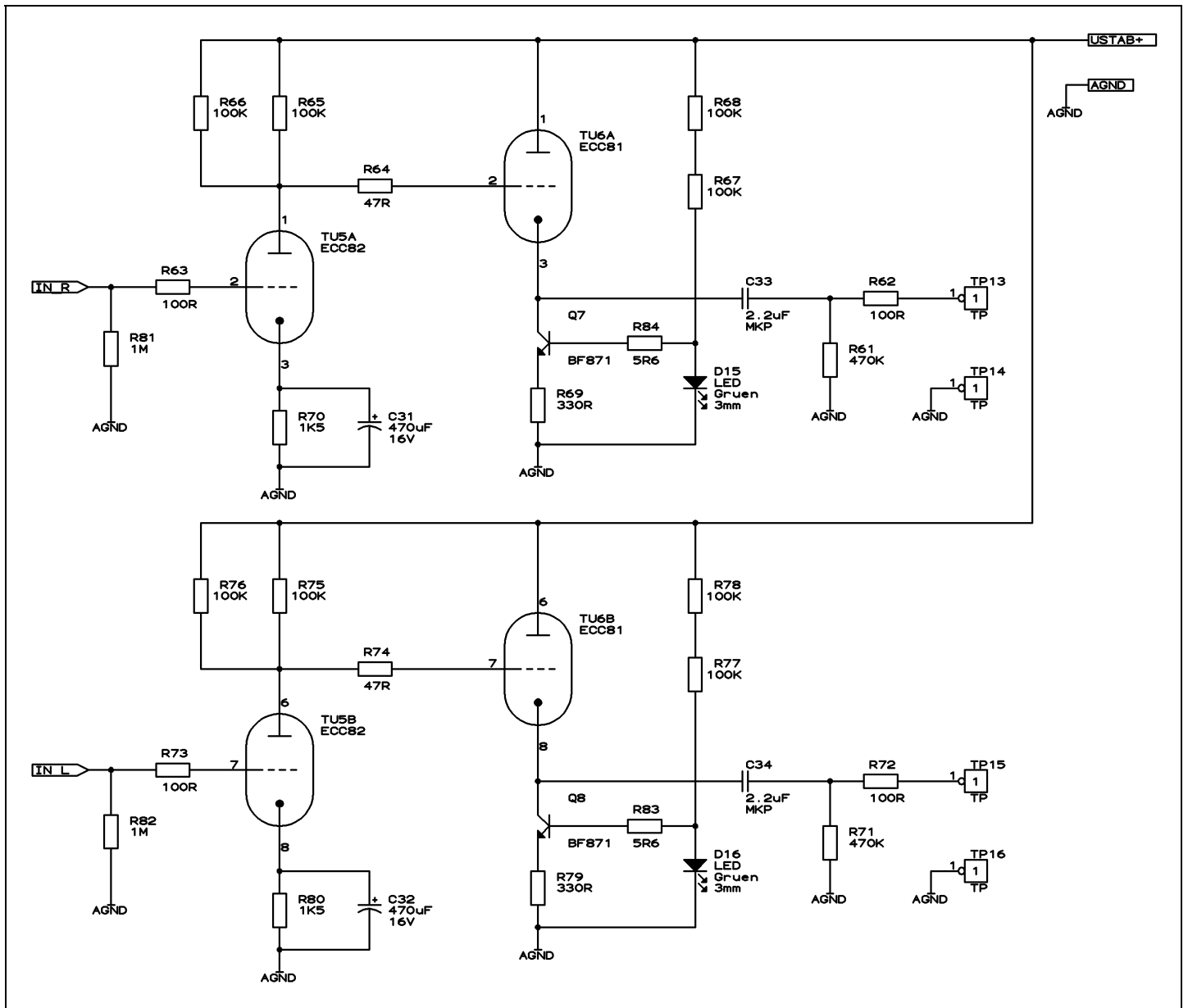
ITM GroovTube besteht aus fünf Baugruppen:

- Lineverstärker
- Phonoverstärker mit RIAA-Entzerrer
- Eingangsignalumschaltung
- Lautstärkesteller
- Stromversorgung

Aus dieser Auflistung kann man die Funktionen des Vorverstärkers erkennen: Er ist die Schaltzentrale der Musikwiedergabekette, an ihn werden alle Signalquellen sowie die Leistungsverstärker angeschlossen. Er verstärkt die schwachen Signale, die der Tonabnehmer von der Schallplatte abtastet ebenso, wie die kräftigen, die ein CD-Player abgibt. Mit dem Vorverstärker wird also die Signalquelle für die Wiedergabe ausgewählt und die Lautstärke eingestellt.

Bei der Schaltungsentwicklung wurde auf

(Inserat Fa. Gefamont)



Schaltplan für den Line-Teil des Phono-Vorverstärkers ITM GroovTube

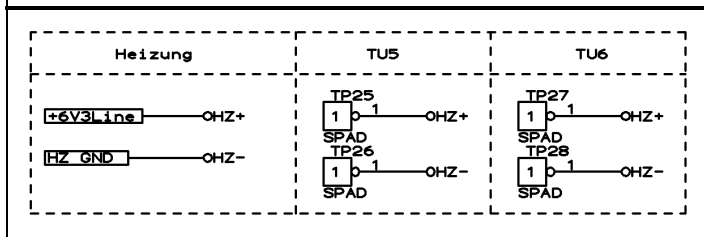
Die Verstärkung von ITM GroovTube beschrieben.

Line-Verstärker

Der Lineverstärker soll alle Hochpegelsignale, beispielsweise von CD-Player, Tuner, Phono-Vorstufe etc., verstärken und möglichst niederohmig an den Endverstärker weiter schicken. Niederohmig deshalb, weil auch längere Leitungen mit ihren Kapazitäten die Klangqualität nicht beeinträchtigen sollen.

Weitere Eigenschaften des Hochpegelverstärkers sollten hohe Bandbreite, geringer Klirr, großer Dynamikumfang und große Aussteuerungsreserve sein. Um diese Vorgaben zu erreichen, wurde der Lineverstärker zweistufig ausgeführt.

Die erste Stufe besorgt die Verstärkung mittels eines Systems einer ECC82. Das Signal

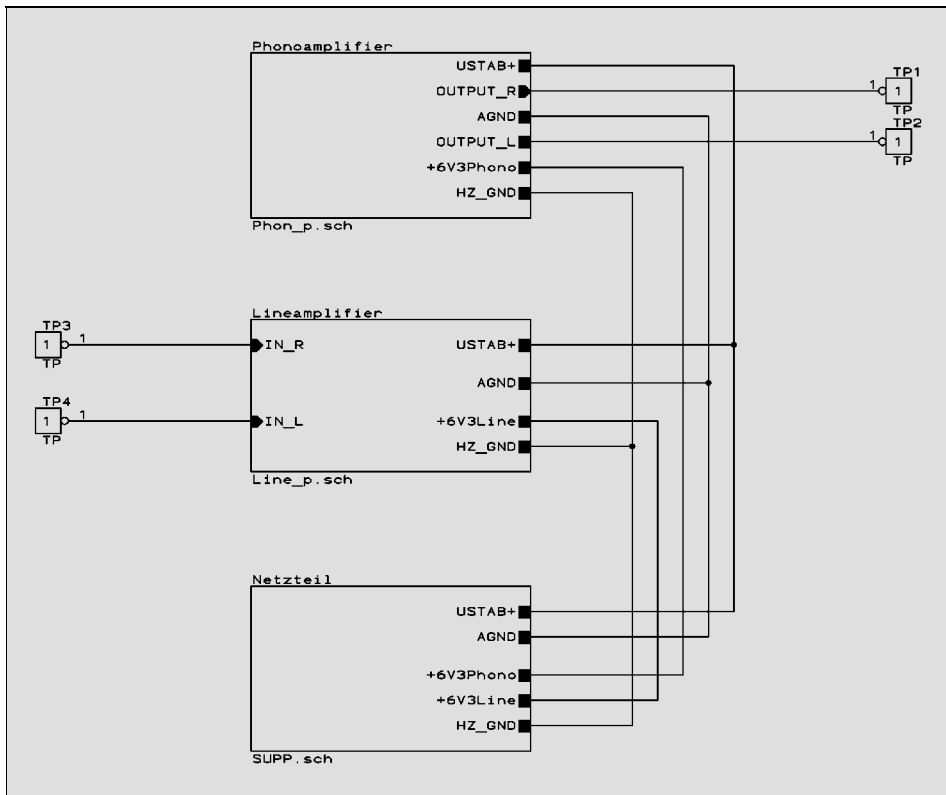


vielfältige Einsatzwünsche Rücksicht genommen. So kann man ohne Umständlichkeiten die Phono-Vorstufe oder auch den Line-Teil auslassen. Darauf, welche Bereiche der Schaltung für Ihren Zweck erforderlich sind, wird im Rahmen der Bauanleitung eingegangen.

Wenn Sie keinen Phono-Vorverstärker benötigen, weil Sie Schallplatten nicht spielen wollen, dann benötigen Sie ITM GroovTube möglicherweise nicht.

Player. Führen Sie dafür einfach ITM BicepTube als Vollverstärker – mit Lautstärkeregler und Quellumschalter – aus. Hinweise zum Ausführen von ITM BicepTube als Vollverstärker finden Sie im Rahmen der Bauanleitung zu ITM BicepTube. Ausführlicher wird in dieser Bauanleitung für ITM GroovTube auf Lautstärkeregler und Quellen-Umschalter eingegangen. Diese gelten analog für ITM BicepTube.

Im Folgenden werden die einzelnen Teile



Zur Übersicht: Blockschaltbild zu ITM GroovTube

gelangt vom Lautstärkesteller über den Gittervorwiderstand R63 (R73) auf das Steuergitter der Röhre. Der Arbeitspunkt der Röhre wird durch den Katodenwiderstand R70 (R80) und die Anodenwiderstände R65,66 (R75,76) eingestellt.

Es werden in dieser Schaltung immer zwei parallel geschaltete Widerstände als Anodenwiderstand verwendet, um die thermische Belastung der Bauteile zu verringern, was sich auf das Rauschverhalten der Schaltung positiv auswirkt. Wir verwenden hier 0,6-Watt-Metallfilmwiderstände. Auf der Platine wurde mehr Platz gelassen, um Experimente mit anderen Widerstandstypen zu erleichtern.

Der Kondensator C31 (C32) überbrückt den

LABOR-HINWEIS

Bitte Ende abwarten

Warten Sie für den Baubeginn bitte das Ende der Bauanleitung ab. Wir wissen, daß Sie vielleicht schon mit Spannung gewartet haben. Aber es können sich trotz mehrmaliger Kontrolle der Bauanleitung immer noch geringfügige Berichtigungen ergeben. Die Schaltung ist ausgereift und bereits seit einem Jahr im Probetrieb und währenddessen auch laufend weiter optimiert worden. Fehler in der Beschreibung hingegen lassen sich leider – wegen der enormen Komplexität des Inhalts – nie absolut vermeiden. **praktiker**

Katodenwiderstand der ECC82, unterbindet damit eine lokale Gegenkopplung und sorgt für eine maximale Verstärkung dieser Stufe.

Wenn die Verstärkung der Linestufe reduziert werden soll, kann dieser Kondensator auch weggelassen werden. Durch die dann wirksame lokale Gegenkopplung wird nicht nur die Verstärkung reduziert, sondern auch die Bandbreite des Verstärkers im Baßbereich erweitert und der Klirr etwas reduziert. Was klanglich besser ist, ist reine Geschmackssache und wird daher von uns nicht kommentiert.

Von der Anode der Eingangsröhre gelangt das verstärkte Signal über R64 (R74) auf die Ausgangsröhre, und zwar auf ein System einer ECC81. Diese ist als Spannungsfolger geschaltet mit einer Verstärkung von ca. 1. Das Signal wird niederohmig an der Katode abgenommen. Somit arbeitet diese Röhre als Impedanzwandler – das Steuergitter und damit der Eingang der Stufe ist extrem hochohmig und auch die Eingangskapazität ist äußerst gering.

Üblicherweise ist ein Spannungsfolger, bzw. Katodenfolger, so aufgebaut, daß zwischen Katode und Masse ein Widerstand geschaltet ist. Dieser Widerstand belastet allerdings den Ausgang der Schaltung, und zwar abhängig vom Signal. Wenn das Signal zur positiven Seite hin schwingt, nimmt der Strom zu, schwingt es in die negative Richtung, nimmt er ab. In Abhängigkeit der Strom-

schwankungen verändert sich die Spannung zwischen Steuergitter und Katode und dadurch entspricht das Ausgangssignal nicht mehr dem Signal am Eingang der Stufe.

Diese Verzerrungen sind natürlich klangqualitätsmindernd und das ist verantwortlich für den etwas zweifelhaften Ruf von Katodenfolgern in High-End-Verstärkern. Die konventionell beschalteten Katodenfolger klingen etwas langweilig.

Unser Mittel gegen Langeweile heißt Konstantstromquelle.

Wird der Widerstand, der normalerweise zwischen Katode und Masse geschaltet wird, durch eine Konstantstromquelle ersetzt, werden die Verzerrungen, die durch Stromänderungen durch die Ausgangsstufe verursacht werden, minimiert und dadurch die Klangqualität der Impedanzwandlerstufe drastisch verbessert.

Funktion der Konstantstromquelle

Die Funktion der Konstantstromquelle: Die LED D15 (D16), die durch die Widerstände R67, 68 (R77, 78) versorgt wird, bewirkt, durch ihre Brennspannung, eine konstante Spannung an der Basis von Q7 (Q8) und damit auch am Emitter des Transistors. Zwischen dem Emitter und der Masse liegt der Widerstand R69 (R79). Die konstante Spannung am Widerstand bewirkt einen konstanten Strom sowohl durch den Widerstand, als auch den Transistor und damit durch die gesamte Ausgangsstufe. Wie sich diese Kombination von verstärkender Stufe und Katodenfolger mit Konstantstromquelle technisch auswirkt, zeigen die Messungen, die am Prototypen des Verstärkers gemacht wurden.

Die obere Frequenzgrenze (-3dB-Punkt) liegt – bei einer Ausgangsspannung von ca. 5 Volt – bei mehr als 1 MHz. Damit wird bis weit über unseren Hörbereich hinaus eine extrem verzerrungsarme und lineare Wiedergabe ohne Phasendrehung erreicht.

Es können also über ITM GroovTube Signale von SACD und DVD-Audio mit ihren Bandbreiten von annähernd 100kHz ohne Einschränkung wiedergegeben werden.

Die Clippinggrenze des Verstärkers liegt jenseits des Meßbereichs des verwendeten Oszilloskops, das bis zu 160VSS anzeigen kann. Die Kondensatoren C33 und C34 befreien das Tonsignal von seinem Gleichspannungsanteil und schicken es über R62 bzw. R72 zu den Ausgängen des Verstärkers.

Im nächsten Heft setzt die Bauanleitung für ITM GroovTube mit der Beschreibung der Phono-Stufe fort. **praktiker**