

Bauanleitung FM- Endstufe DJ 9 HH 134

1. Allgemeines

Die Endstufe 134 dient zum Nachverstärken des Signals unserer Synthesizer-Baugruppen, um eine Leistung von ca. 7 Watt Hf zu erzielen. Die erforderliche Ansteuerleistung beträgt ca. 10 - 15 Milliwatt. In der 2-m-Version ist eine SWR-Überwachung mit enthalten, die bei Fehlanpassung eine Abregelung des Signals veranlasst, in der 70-cm-Version ist dies nicht enthalten, da die Art der Auskopplung des vor- und rücklaufenden Signalanteils auf 70 cm so nicht funktionieren würde. In der nachfolgenden Funktionsbeschreibung wird zunächst die 2-m-Version beschrieben, danach dann die Unterschiede bei der 70-cm-Version.

2. Schaltungsbeschreibung

Die Endstufe verwendet ein sogenanntes Hybrid-Modul von Mitsubishi für die Leistungsverstärkung. Dies hat den Vorteil, dass keinerlei Abgleicharbeiten im Hf-Zug durchzuführen sind, in der 2-m-Version ist lediglich der Schalterpunkt der SWR-Überwachung einzustellen. Zum Modul selbst: Im Modul enthalten sind zwei Leistungstransistoren, der erste erhält seine Betriebsspannung über Pin 2, der eigentliche Endstufentransistor bekommt seine Spannung über Pin 4. Pin 3 erhält von aussen eine Festspannung von + 5 Volt, diese wird intern für irgendwelche Vorspannungserzeugung verwendet. Durch Abschalten der Betriebsspannung am Pin 2 wird das Modul inaktiviert, durch Reduzierung der Betriebsspannung an diesem Punkt kann die Leistung abgeregelt werden. Dies wird hier genutzt, um einerseits eine Reduzierung der Ausgangsleistung bei schlechtem SWR zu erzielen, andererseits kann über ein externes Potentiometer (anzuschliessen am Pin 5 der Sub-D) die Leistung stufenlos geregelt werden.

Das eigentliche Stellglied ist der PNP-Leistungstransistor T1, der im Ruhezustand zunächst mal gesperrt ist, da R5 seine Basis auf Emitterpotential gezogen hat. Um die Basis von T1 zu öffnen, dient T2 im Verein mit T3: Wir gehen zunächst davon aus, dass ein LOW an der Basis von T3 anliegt (R9), der Ausgang des Komparators IC1 sei ebenfalls LOW. Damit ist T3 gesperrt und an seinem Kollektor liegt HIGH, d.h. T2 bekommt Basisstrom über R6-R7. Es könnte nun ein Strom über T2 fließen, vorausgesetzt, sein Emitter bekäme eine Masseverbindung von aussen (Pin 5 der Sub-D). An diesem Pin wird über ein ca 10 Kiloohm betragendes Poti die PTT-Taste nach Masse angeschlossen. Wird die Taste geschlossen, erhält T2 Emitterstrom und zieht den Kollektor von T2 auf LOW, damit öffnet T1 und das Endstufenmodul erhält Spannung. Abhängig von dem externen Poti und dessen Stellung kann der durch T1 fliessende Strom fast stufenlos geregelt werden und damit auch die Ausgangsleistung. Da an T1 eine erhebliche Verlustleistung entstehen kann, ist dies ein Leistungstransistor mit einer Verlustleistung von 100 Watt, er muss isoliert ebenfalls auf dem Kühlkörper montiert werden.

Zur SWR-Überwachung: Nach dem Hf-Ausgang des Moduls am Pin 5 folgt eine Stehwellen-Messbrücke, bestehend aus dem Ringkern TR, dem Spannungsteiler C14-C15 sowie der weiteren Teile, wie die Dioden D1 und D2. Die Primärwicklung von TR besteht nur aus einem einzelnen Draht, der durch den Ringkern führt. Ebenfalls mit aufgebracht sind zwei gegenphasige Wicklungen, die die vor- und rücklaufende Komponente der Hf auskoppeln und an D1/D2 gleichrichten. Es entsteht eine positive Richtspannung an R3 bzw. R4. Der Eingang des Komparators kann über drei Löt pads wahlweise mit einem der beiden Widerstände verbunden werden. Dies ist eine Erleichterung beim Aufbau, denn wenn eine Fixverbindung bestünde und der Übertrager TR falsch gewickelt war, müsste man den Übertrager ausbauen und neu wickeln. So jedoch kreuzt man den Jumper auf den anderen Anschluss, falls die Polung der Spannungen nicht stimmt.

Am Referenzeingang des Komparators IC1 (Pin2) liegt eine Spannung an, gebildet aus R12 und dem Poti P1. Nehmen wir an, an R3 entsteht eine ansteigende Spannung wegen einer schlechten Stehwelle. Sowie diese Spannung den Wert der am Pin 2 anliegenden Spannung übersteigt,

kippt der Komparator, sein Ausgang Pin 6 geht von LOW auf HIGH. Damit erhält die Basis von T3 eine Spannung größer als 0,6 Volt, d.h. T3 leitet. Der Kollektor von T3 geht auf LOW und sperrt T2 und somit auch T1.

Es verbleibt anzumerken, daß nach der Stehwellenmessbrücke noch ein dreigliedriger Tiefpass folgt mit L1 - L2 - L3, der die entstehenden Oberwellen besser als 60 dB absenkt. C22 bildet einen Dämpfungspol bei 288 MHz, um diese Oberwelle noch besser abzusenken.

Zur 70-cm-Version: Die Schaltung hier ist völlig identisch mit der 2-m-Version, als Hf-Modul findet hier die 70-cm-Ausführung M67749M Verwendung, die Stehwellenmeßbrücke entfällt, die Leistungsregelung bleibt erhalten.

3. Aufbau

Zum Bausatz 134 wird ein Kühlkörper geliefert, der noch vom Kunden gebohrt werden muss. Hierzu ist der Bauanleitung ein Bohrplan beigefügt. Es sind insgesamt 7 Löcher mit 2,5 mm zu bohren, die anschließend mit einem M3-Gewindebohrer ein Gewinde erhalten müssen. Falls möglich, platzieren Sie die Löcher so, dass diese unten in die Zwischenräume zwischen den Kühlrippen fallen, so lässt sich leichter das Gewinde schneiden. Vergewissern Sie sich durch Auflegen der Platine vor dem Bohren, dass die Lage der Löcher stimmt. Bitte Vorsicht beim Gewindeschneiden: Etwas Alkohol oder Brennspiritus erleichtert den Vorgang, wenn der Gewindebohrer zu schwergängig wird, lieber noch mal zurückdrehen und Späne entfernen als mit Gewalt weiterdrehen und einen Abriss des Bohrers zu riskieren. Ein abgebrochener Gewindebohrer ist meist nicht mehr zu entfernen und der Kühlkörper ist verdorben. Nun kommt eine Passprobe: Schrauben Sie die vier Stehbolzen mit 8 mm Länge in den vier Ecken ein und legen die Platine auf und schrauben sie probeweise fest. Im Notfall kann man noch die Löcher in der Leiterplatte mit der Rundfeile etwas "wandern" lassen. Die Stehbolzen erhalten unten je 3 Beilagscheiben, sodass sich eine Höhe von ca. 9,5 mm ergibt.

Legen Sie das Messingzwischenstück (ein Stück Vierkantmessing 9 x 9 mm) mit zwei Bohrungen auf und testen Sie den Sitz des Moduls. Zu beachten ist später, dass zwischen Messingklotz und Modul noch ein Kupferblech unterhalb der Platine anzulöten ist, welches die hf-mässige Verbindung zwischen Masse Modul (sein Flansch) und Masse Platine herstellt. Dieses Kupferblech hat eine Stärke von 0,3 mm.

Als nächstes reißt man sich die Lage der Ein- und Ausgangsbuchsen (SMC-Chassisbuchse) an den Seitenwangen an, die seitliche Lage ergibt sich durch das Leiterbild. Die Höhenlage "über Grund" wird etwa 15 mm betragen. Loch ankörnen, dann mit 2 oder 3 mm vorbohren und mit 5 mm nachbohren. Loch entgraten. Befestigen Sie die beiden Buchsen mit ihren beiden Kontermuttern in der Seitenwange, ebenfalls wird die 15-polige Sub-D-Buchse von innen in den vorgelochten Schenkel geschraubt, die Beine sehen nach unten. Der Ausschnitt für die Buchse sitzt etwas höher als mittig !!

Nach einer Passprobe für alle Teile nehmen wir uns zunächst die nackte Leiterplatte vor zwecks Anlöten des Kupferblechs auf der Unterseite. Diesen Arbeitsgang sollte man jetzt vorziehen, da man später nicht mehr ungehindert mit dem dicken LötKolben hantieren kann. Schneiden Sie sich von dem mitgelieferten Kupferblech mit der Schere ein Stück von 45 x 16 mm ab. Legen Sie das Stück probeweise auf die Leiterplatte auf und überprüfen Sie, ob keine LötPads daneben kurzgeschlossen werden, wenn nötig, mit der Schere entsprechende Ausschnitte vornehmen. Dann die eine Längskante mit dem LötKolben verzinnen auf etwa 3-4 mm Breite. Verzinnte Seite auf die Leiterplatte auflegen, dort ist die Lötstopmaske entsprechend ausgespart und festlöten. Dies gelingt am besten, wenn man das Kupferblech mit einer Schraubzwinde an der richtigen Stelle fixiert und mit dem Kolben langsam von oben die Lötnaht abfährt, dabei mit einem Schraubendreher noch von oben andrücken.

Setzen Sie nun den einen Schenkel mit Sub-D und SMC in die montierte Leiterplatte ein, drücken den Rahmen fest auf den Kühlklotz auf und verlöten mit dem 80-Watt-Kolben die Seitenwangen mit der Leiterplatte. Genügend lange erhitzen, es kann ja nichts kaputt gehen. Anschließend den zweiten Schenkel in gleicher Weise anlöten.

Nun befestigt man Sub-D und SMC-Buchsen endgültig durch Anziehen der Muttern, schraubt alles vom Kühlklotz ab und verlötet die Anschlüsse von Sub-D und SMC auf der Unterseite in der Leiterplatte.

4. Bestückung 2-m-Version

Beginnen Sie mit dem Bestücken der Widerstände und Kondensatoren. Die Anschlussdrähte der Widerstände bitte ganz scharf am Körper abknicken, da sie in ein Raster von 7,62 mm passen sollen. Bedrahtete Kondensatoren von oben durchstecken und unten Beine etwas spreizen, der Kondensator soll maximal 1 mm durchsacken.

Zu den Drosseln 1 - 3: Diese bestehen aus je 3 Windungen 0,3 mm Kupferlackdraht auf einem 4-mm-Ringkern braun von Neosid. Drossel 3 erhält einen Doppeldraht 0,3 mm ebenfalls mit 3 Windungen, da hier die höchsten Ströme fließen. Bitte Drahtenden sorgfältig verzinnen vor dem Einlöten.

Spulen L1 bis L3: Gewickelt wird auf einem 4-mm-Spiralbohrerschaft mit 4 Windungen. L1 wickelt man linksdrehend, die anderen beiden rechtsdrehend, ein Blick auf den Bestückungsplan zeigt die Lage der Anschlüsse und den sich daraus ergebenden Wicklungssinn. Wichtig: Die Enden der Spulen sind sorgfältig abzuisolieren und zu verzinnen vor dem Einlöten !!! Die Spulen sitzen etwa so, dass unterhalb 1 bis 1,5 mm Luft bleibt.

Zum Übertrager TR: Die Primärwicklung besteht aus einem Stück Silberdraht 0,8 mm, der U-förmig durch den Kern geht und links und rechts auf einem Lötpad aufgelötet wird. Als erstes bringt man jedoch die bifilare Wicklung aus 2 x 4 Windungen auf. Wir liefern (sofern Vorrat vorhanden) hierfür braunen und grünen Kupferlackdraht 0,22 mm. Auf ein Stück von 10 cm Länge werden die beiden Drähte verdreht (3 Knoten auf 1 cm) und mit diesem Doppeldraht 4 Windungen aufgebracht. Ende vom braunen Draht mit dem Anfang des grünen Drahtes verbinden und verdrehen, dies ist der Mittelanschluss in der Dreierreihe. Anfang braun links und Ende grün rechts einlöten. Eine Verwechslung der beiden letzteren macht nichts, sie kann am Jumper JP korrigiert werden. Auch hier ist auf sorgfältiges Abisolieren und Verzinnen zu achten vor dem Einlöten.

Wenn alles bis auf den Leistungstransistor T1 und das Modul bestückt ist, folgt die Komplettierung wie folgt: Beine T1 so abkanten, dass nach Einfügen der Anschlüsse in die Leiterplatte das Befestigungsloch mit dem Loch in der Platine übereinstimmt, Transistor noch nicht anschließen!

In das Kupferblech die beiden 3,5 mm Löcher einbringen durch Bohren oder Feilen, Vorsicht, dass das Blech möglichst gerade und eben bleibt für die Montage.

Endmontage: Platine mit Rahmen ist noch nicht montiert, jetzt T1 unter Zwischenlegen der Glimmerplatte lose mit Schraube M3 auf dem Kühlklotz befestigen, Messingklotz an seine Stelle rücken und Platine aufschrauben in den vier Ecken. Modul an seiner Unterseite mit feinem Schleifpapier blank schleifen und mit Alkohol säubern. Anschlussdrähte des Moduls auf ca. 7 mm kürzen und Modul probeweise auflegen. Beine vorsichtig mit einer kleinen Rundzange so ausrichten, dass sie auf ihre Anschluss pads passen. Hierbei gilt: Auf diese Drähte darf keinerlei Zug oder Druck ausgeübt werden, dies könnte zu einer Ablösung des Drahtes von der internen Keramikplatte führen! Modul jetzt festschrauben, ebenso den Leistungstransistor. Anschlüsse von Modul und Leistungstransistor verlöten. In dieser Phase wird noch nicht empfohlen, Wärmeleitpaste zu verwenden, dies kann später geschehen, wenn alles abgeglichen ist und man nicht mehr befürchten muss, alles mit Paste zu verschmieren. Paste ist angebracht später bei T1 unter- und oberhalb des Glimmerplättchens, beim Modul zwischen Kupferblech und Messingklotz und zwischen Messingklotz und Kühlkörper. Zwischen Boden Modul und Kupferblech sollte keine Wärmeleitpaste gelangen zwecks besserer Hf-Erdung.

Erika Helpert
Elektronische Bauelemente

Oberer Kirchwiesenweg 7 A, 60437 Frankfurt
Tel.: 069 - 5074369 FAX: 069 - 5073648

File: tex134a.doc
Seite: 134.04.01
Datum: 16.06.2005

Bitte beachten: Um keinen Stress auf die Anschlussdrähte des Moduls kommen zu lassen, bitte bei der Demontage immer folgende Reihenfolge beachten: Immer erst Befestigung T1 lösen, dann die beiden Schrauben am Modul, dann erst die vier Schrauben in den Gehäuseecken ! Bei der Montage umgekehrte Reihenfolge.

5. Abgleich 2-m-Version

Schliessen Sie an einen passenden Sub-D-Stecker 15-Pol wie folgt an: Masse an Pin 15, Plus 12,6 Volt an Pin 1 und am Pin 5 legen Sie einen Kippschalter nach Masse.

An den Ausgang Hf-OUT ist eine Kunstlast zu legen, die etwa 7 Watt verkräftet.

Über einen Strommesser von mind. 2A Spannung anlegen, bitte unbedingt auf Polung achten, bei Fehlpolung wird das Modul zerstört !!!

Es sollte ein Strom von ca. 70 mA fließen, der hauptsächlich auf U1 und den Komparator zurückzuführen ist. Poti P1 ganz auf Rechtsanschlag. Messsender oder andere Signalquelle mit ca. 10 mW an den Eingang anschliessen und Kippschalter am Pin 5 auf EIN. Es soll ein Strom von ca. 1,5 bis 1,6 A fließen, die Ausgangsleistung wird je nach Betriebsspannung und Ansteuer-Leistung bei 6-7 Watt liegen.

Reduzierung der Ausgangsleistung: Legen Sie ein Poti mit 10 k in Reihe mit dem Kippschalter am Pin 5 nach Masse. Mit diesem Poti muss die Ausgangsleistung quasi stufenlos bis herunter zu wenigen 100 mW möglich sein.

Einstellung SWR-Überwachung: Bei voller Leistung messen Sie mit dem Voltmeter die Spannung am heissen Ende von Widerstand R3 und R4. Ziehen Sie kurzzeitig das Kabel an der Kunstlast ab (= Fehlanpassung) und messen das Spannungsverhalten an R3 und R4. Der Widerstand, der das markanteste Ansteigen der Spannung aufweist, ist der richtige und wird mit Jumper mit dem Eingang des Komparators verbunden. Typische Werte: Normalbetrieb = 0,14 Volt, Fehlanpassung = 0,95 Volt. Regeln Sie mittels Trimmer C14 so ein, dass dieser Spannungsunterschied maximiert wird. Jetzt messen Sie am Pin 2 des Komparators die Spannung gegen Masse und stellen mittels P1 eine Spannung von ca. 0,6 Volt ein.

Wenn jetzt wieder die Kunstlast entfernt wird, soll die Endstufe abregeln, kenntlich am Absinken des Stromverbrauchs auf ca. 0,5 A.

6. Bestückung 70-cm-Version

Die Bestückung dieser Version ist identisch mit der von 2-m, die SWR-Messbrücke und der Komparator fehlt. Siehe hierzu der gesonderte Bestückungsplan. Unterschiedlich ist auch die Ausführung der Spulen L1 - L3: Hier finden lediglich 3 Drahtbügel aus 0,8 mm Silberdraht Verwendung. Die Höhe des U's ist 10 mm, die Breite entspricht dem Lochabstand der zugehörigen Lötäugen.

Der Abgleich entfällt eigentlich völlig, zu prüfen ist lediglich die Leistungsregelung mit dem T1 und dem externen 10-k-Poti.

7. Spannungstabelle

Gemessen bei einer Betriebsspannung von 12,6 Volt, volle Ausgangsleistung.

M67748L, Pin 2	12,46
M67748L, Pin 3	5,02
M67748L, Pin 4	12,51
Kollektor T3	9,79
Kollektor T2	11,87
Komparator Pin 2	0,6 - 0,7 (Soll)
Komparator Pin 7	12,55

8. Bauteileliste, Version 2 - m

8.1 Halbleiter

Anzahl	Bezeichnung	Bauteil-Nummer	Markierung/Anmerkung
1	Hf-Modul M67748L		
1	ECG 2329	T1	
2	ZTX 107	T2, T3	
2	1N4148	D1, D2	
1	78L05	U1	Spannungsregler 5V

8.2 Sonstiges

1	Widerst. 330 R	R1	SMD-Ausführung 331
1	Widerst. 1,0 K	R8	braun-schwarz-rot
1	Widerst. 2,2 K	R5	rot-rot-rot
3	Widerst. 3,3 K	R2,3,4	orange-orange-rot
4	Widerst. 10 K	R7,10,11,12	braun-schwarz-orange
1	Widerst. 47 K	R10	gelb-violett-orange
1	Widerst. 100 K	R6	braun-schwarz-gelb
1	SMD-C 3,9 pF	C22	ohne
1	10 pF	C15	10p
2	SMD-C 22pF	C18,21	ohne
2	SMD-C 47pF	C19,20	ohne
3	SMD-C 1,0nF	C2,3,4	ohne
2	SMD-C 10nF	C16,17	ohne
7	10 nF	C11,12,13,23,25,28,29	10n
3	SMD-C 100nF	C5,6,7	ohne
3	100 nF	C24,26,27	104
3	1,0 µF	C8,9,10	1µ0 Tantal-Perle
1	IC-Fassung 8-Pol		
1	Cermet-Einstellregler	P1	10 K
1	Hf-Drossel Ferroxcube	Dr. 4	
3	Ringkerne 4 mm braun	für Dr.1,2,3	dazu Draht 0,33 CuL
1	Ringkern 4 mm grün	Für TR	dazu Draht 0,22 CuL
1	Folientrimmer 30 pF	C14	Durchmesser 5 mm gelb
2	SMC-Winkel-Chassisbuchsen		
1	Portion Kupferlackdraht 1 mm und 0,8 Silberdraht		
1	Sub-D-Buchse 15-Pol Winkelausführung		
1	Messingklotz 9 x 9 mm		
1	Kühlkörper ca. 150 x 80 x 15 mm		
1	Satz Gehäuseteile (2 Seitenwangen, 1 Deckel		

9. Bauteilleiste, Version 70 cm
9.1 Halbleiter

Anzahl	Bezeichnung	Bauteil-Nummer	Markierung/Anmerkung
1	Hf-Modul M67749M		
1	ECG 2329	T1	
2	ZTX 107	T2, T3	
1	78L05	U1	Spannungsregler 5V

9.2 Sonstiges

1	Widerst. 1,0 K	R8	braun-schwarz-rot
1	Widerst. 2,2 K	R5	rot-rot-rot
2	Widerst. 10 K	R7	braun-schwarz-orange
1	Widerst. 100 K	R6	braun-schwarz-gelb
2	SMD-C 6,8pF pF	C18,21	ohne
2	SMD-C 12pF	C19,20	ohne
3	SMD-C 1,0nF	C2,3,4	ohne
6	10 nF	C11,12,13,23,28.29	10n
3	SMD-C 100nF	C5,6,7	ohne
2	100 nF	C26,27	104
3	1,0 μ F	C8,9,10	1 μ 0 Tantal-Perle
1	Hf-Drossel Ferroxcube	Dr. 4	
3	Ringkerne 4 mm braun	für Dr.1,2,3	dazu Draht 0,33 CuL
2	SMC-Winkel-Chassisbuchsen		
1	Portion Silberdraht 0,8 mm		
1	Sub-D-Buchse 15-Pol Winkelausführung		
1	Messingklotz 9 x 9 mm		
1	Kühlkörper ca. 150 x 80 x 15 mm		
1	Satz Gehäuseteile (2 Seitenwangen, 1 Deckel)		



