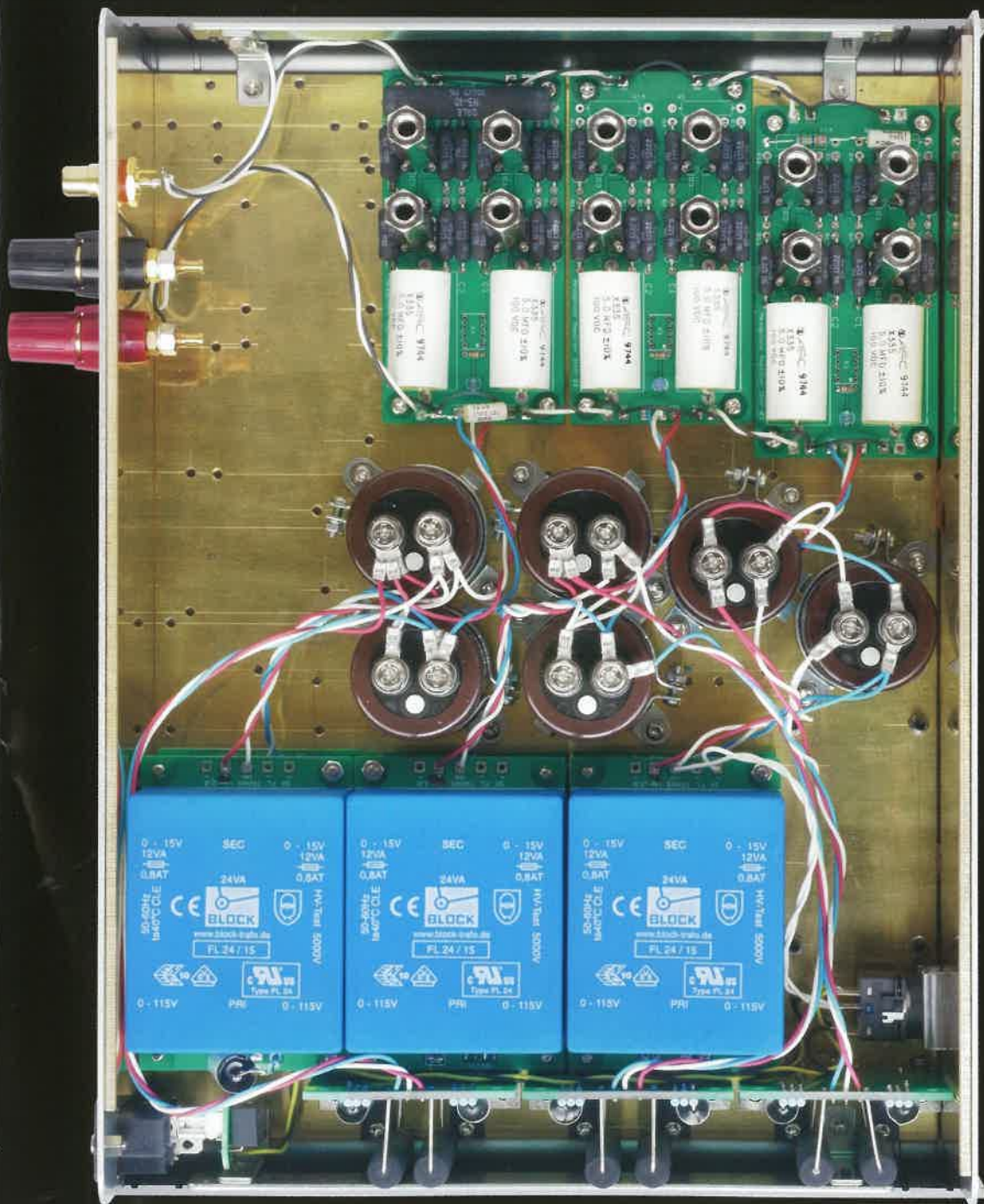


MUSES03 を用いた パラレル ワールド6 パワーアンプ の製作

製作★別府俊幸

◆なんと、2チャンネルのヘッドホンアンプ基板(SKHPO3)を3枚使った6チャンネルパワリアンプで、10W程度の出力が得られる。

●本文製作記事参照



MUSES 03を用いた



別府俊幸

「パラレル・ワールド6」 パワー・アンプの製作

パラレル・ワールド5+ での経験

本誌2019年1月号に発表した「パラレル・ワールド5+」は、左右のチャンネルにヘッドフォン・アンプ基板をそれぞれ2枚使用したステレオ5Wパワー・アンプです。第1図に構成を示しますが、左右の入力と出力をそれぞれつなげば(図の点線)、ヘッドフォン・アンプ基板4枚をパラレルとしたモノラル・パワー・アンプとなります。出力も17Wくらいありました。「次はその構成で作ろう」というのは順序が逆で、じつはモノラル・アンプを作っている途中で思いつき、ヘッドフォン・アンプ基板2枚ずつのステレオ・アンプにしました。

電源トランスはどちらも4個。「音質は同じで、出力だけが異なるパワー・アンプ」と思って試聴したのですが…期待は、ものの見事に外れ

ました。モノラル・バージョンは、ザワザワした感じがあり、静かさに劣ります。2種のアンプの製作として、並べて発表しようとの野望は、あっけなく崩れ去りました。

オペアンプの並列数を増やすとにぎやかになり、さらに増やすと願わしく細やかさに欠ける傾向が強まります。そのためMUSES 02を使用したときには最高出力を犠牲にして、オペアンプごとに電源フィルタを入れました(第2図)。それでも、8または9個のMUSES 02の載った基板毎にプラス・マイナスの電源トランスを用いると、よりクリアな音源をはっきりと感じられる音になります。

MUSES 03で試みても同じ傾向は聞こえます。音質からいえば基板1枚の4パラがよい。のですが、それではスピーカを鳴らせません。

「まあ、基板2枚で8パラならなんとかかなるだろう」と。はい。なん

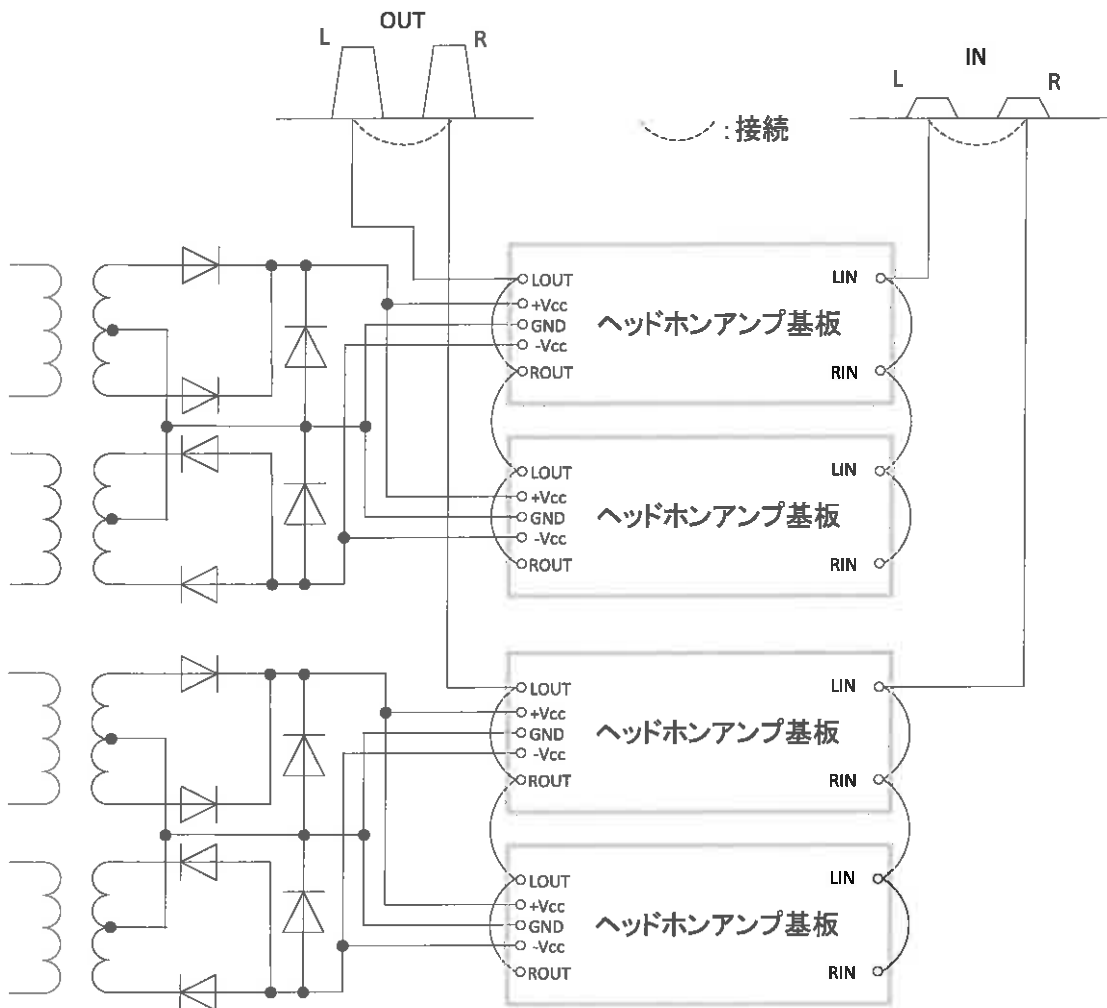
とか「パラレル・ワールド5+」になりました。それを2セット並べて基板4枚の16パラでも悪くならないだろう、と考えたのは甘かった。モノラル・パワー・アンプ計画は頓挫しました。

やっぱり電源トランス

クオリティの点からは、ヘッドフォン・アンプ基板1枚毎にプラス・マイナスの電源トランスとしたいところです。

ところで、ケースはタカチUC32-8-24DDで決めてかかります。大きく重くなると、作るときは勢いでなんとかなるのですが、あとで修理になるとやっかいです。ケースに基板とトランスとケミコンを入れて、あーでもない、こーでもない、と考えましたが、基板4枚を入れるとトランスとケミコンが入りません。基板3枚構成とします。

回路を第3図に示します。ヘッド



〈第1図〉本機の構成。ヘッドホン・アンプ基板を片ch2枚使用したステレオ5Wパワー・アンプ

フォン・アンプ基板はASC X363を搭載するSKHP-03を用いました(写真A)。これはERO MKP1840を搭載するSKHP-03Eでも、どちらでも使用できます。ヘッドホン・アンプ試作時に比較試聴した基板が机の上に転がっていましたので、SKHP-03で揃えました。いずれの基板も海神無線で扱ってもらっています。

余談ですが、どちらの基板も2tとしています。一般的な1.6tよりもたったの25%増しの厚みですが、音は2.5%くらいアップします。それぞれの楽器の音色が鮮やかになります。ところが、厚みはたった25

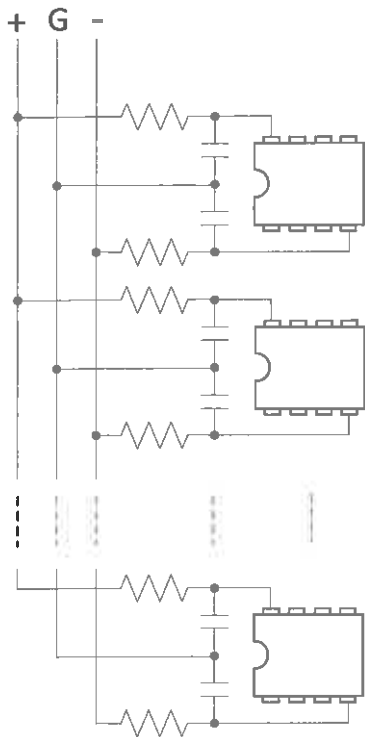
%アップなのに、部品の取り外しは2.5倍くらいやっかいになります。写真を子細にご覧いただければ、一部の抵抗が2階建てに実装されていることがバレるでしょう。外そうとしてパターンを壊した箇所もあり、安易な対処に走りました。

基板はもともとヘッドホン・アンプ用ですので、LとRの入力、LとRの出力を接続したうえで、他の基板と並列接続します。基板あたり4パラレルの非反転アンプです。8.2Ωを通して出力を合成します。

アンプのゲインは11倍(+20.8dB)です。フィードバック抵抗は220Ωと2.2kΩとじていますが、240Ω

と2.4kΩでも音の違いは感じられません。抵抗はVishay-Dale NS-2Bです。無誘導巻線特有のガッチリとした音像を聞かせてくれる抵抗です。

MUSES 03のフィードバック抵抗には15pFのディップマイカをパラ接続します。このCはわずかな容量ですが、高域の音色にシビアに効きます。18pFもよいかと思います。さらに大きくすると、よくいえば柔らかな、悪くいえば寝ぼけた感じが強くなります。逆に小さくするほうは、12pFもよいかと思いますが、よくいえばシャープな、悪くいえばキツい感じが強くなります。い



〈第2図〉オペアンプごとに電源フィルタを入れる

うまでもなく、ここに積層セラミックを入れるとひずみっぽくなります。音を殺します。

基板のうちの1枚には、入力抵抗を接続します。Vishay-Dale NS-10 10k Ω を用いました。NS-2Bよりもさらに重心の低い、かっちりとした音を聞かせてくれる抵抗です。

また、もう1枚には33 Ω と0.01 μ Fを直列とした入力フィルタを接続します。なくても安定に動作しているのですが、パワーオフ時に一方だけをオフにすると寄生発振が観測されましたので追加しました。

さらに、1枚の基板には、出力にゾベルフィルタとして8.2 Ω と0.01 μ Fを直列にして接続しました。これも寄生発振防止用です。入力フィルタとゾベルフィルタの抵抗のみ汎用金属皮膜抵抗としていますが、これらはNS-2Bとしても音は変わりません。CはX363しか手元にな

かったので、他の銘柄と比べていません。

それぞれのヘッドフォン・アンプ基板は、プラスとマイナスそれぞれの電源をBLOCK FL24/15トランスから供給します。トランスはSK_FL_TRANS基板に搭載しました。基板にはプラス・マイナスそれぞれにNJD7002ショットキーバリア・ダイオードを用いたセンタタップ整流回路を構成しています。

フィルタ・キャパシタは日本ケミコンKMH 25V 15000 μ Fです。安心のネジ端子です。電圧リミッタSK_V_Limitを用いて回路への電源電圧を ± 18 Vにリミットしています。

電圧リミッタ再考

「パラレル・ワールド5+」では、MUSES 03への電源電圧を目いっぱい高くするため電圧リミッタを開発しました(写真B)。電圧リミッタボードSK_V_Limitは、電源トランスの定電圧負荷として働き、設定電圧を超えると電流をシャントします。設定電圧を下回るときにはシャントしませんので、レギュレータなしとなります。シャントレギュレー

タと比べて直列抵抗を持たないだけ損失は小さく、また、トランス容量あたりのアンプ最大出力を減らすことない方式です。

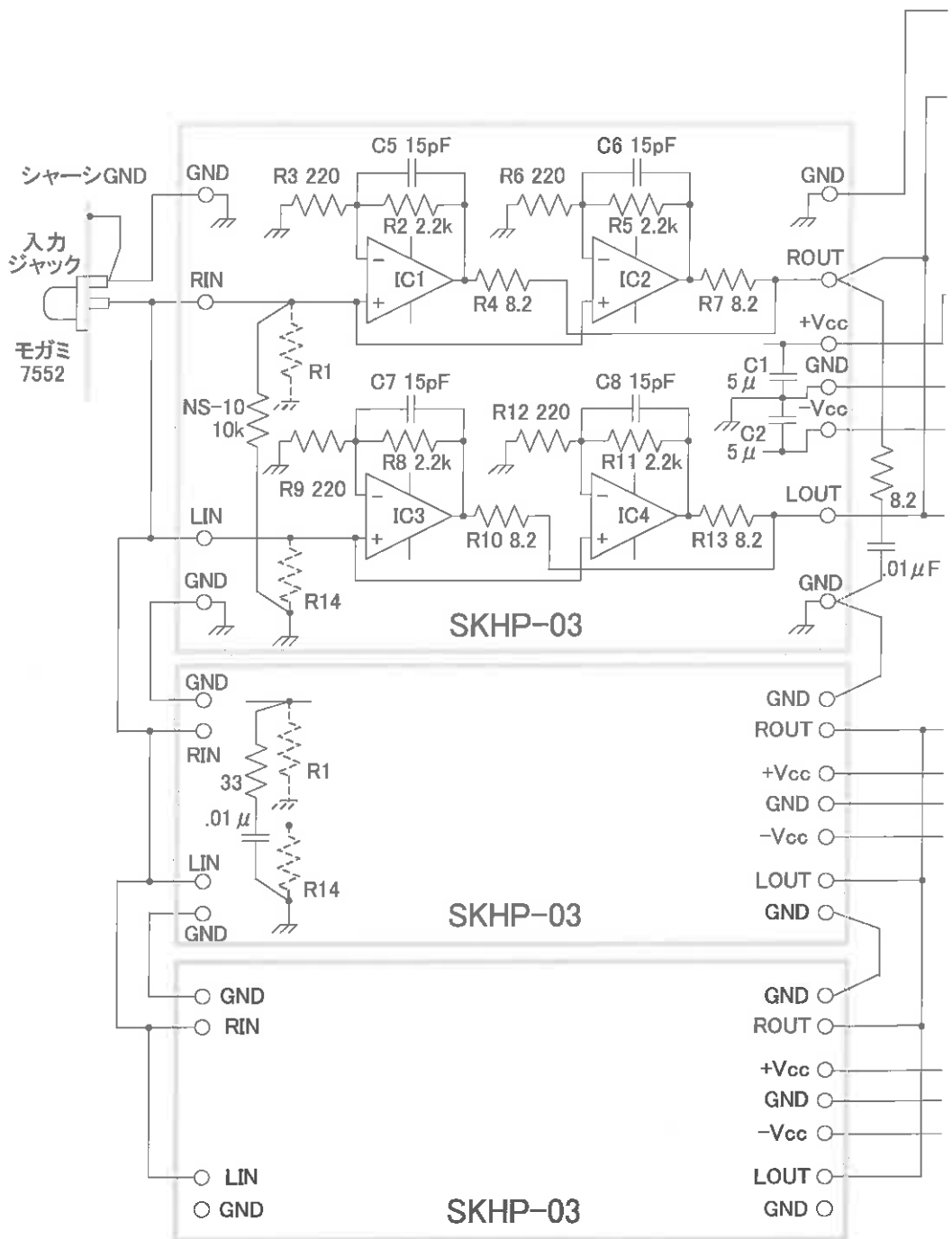
SK_V_Limitの回路を第4図に示します。プラス側で説明します。シャントレギュレータでは+VIとR1の間に直列抵抗が入りますが、SK_V_Limitではありません。トランスのレギュレーション特性を利用して電圧をリミットします。

入力電圧+VIはR1とR2の分圧回路を通して、NJM1431のレファレンス端子に入力します。NJM1431は新日本無線製の高精度版431シャントレギュレータです。レファレンス端子の電圧が一定になるようにカソード電流を調整します。ここでR3に流れるカソード電流は、TR1のベース・エミッタ間電圧となります。これによってTR1のエミッタ電流、すなわちシャント電流をコントロールします。

シャント電流は、TR1のコレクタからR7を通してGNDへ流れます。電圧リミッタでの消費電力はシャント電流 \times 設定電圧となるのですが、これをすべてTR1に消費させるのでは放熱がたいへんになると考



◆アンプのフロントとリア。いたってシンプル



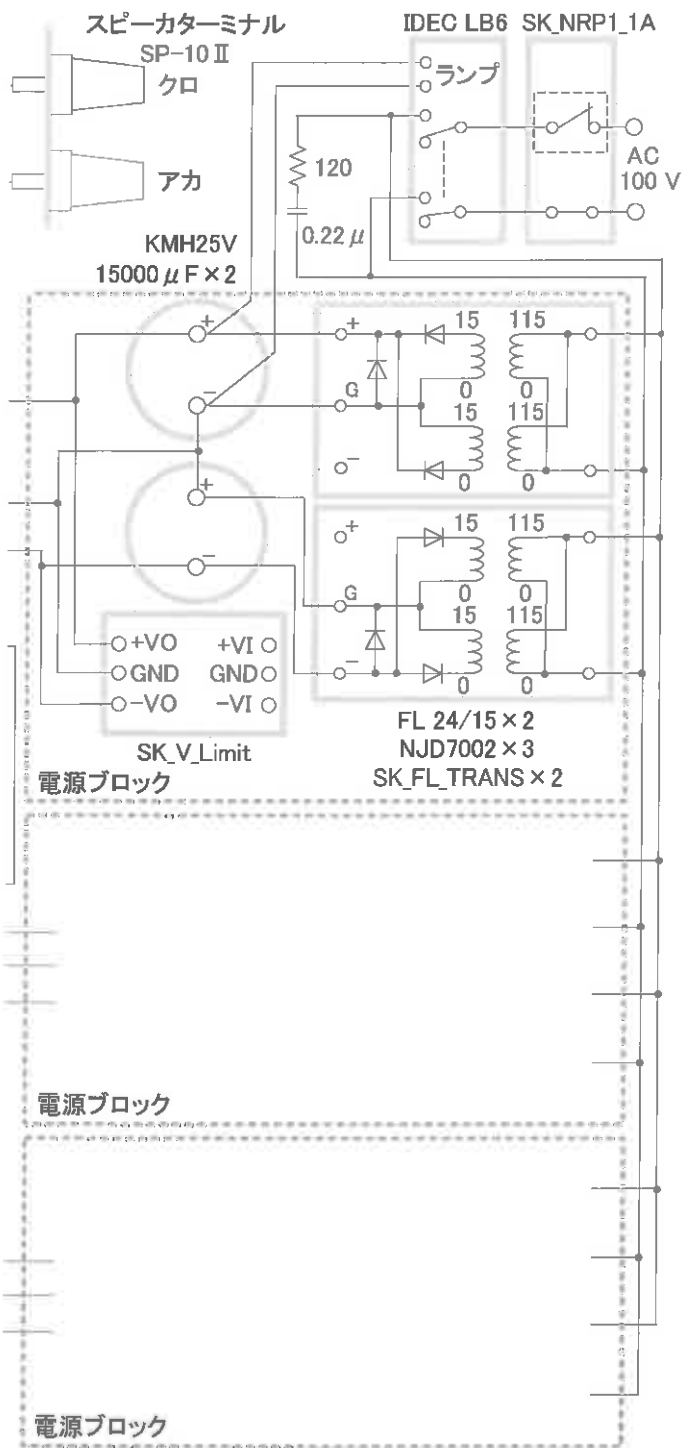
〈第3図〉本機の全回路図

えてR7を挿入しました。ですから、R7はなくても動作しますが、なぜだかわかりませんが、この抵抗がないと安っぽい音になります。よい抵

抗を使うと、クッキリとした明確な音に貢献します。音質面からは省けません。R7はVishay-Dale NS10としました。消費電力より39Ωと

しています。

ところで、C1です。このNJM1431のアノードとレファレンスの間のキャパシタンスは、JRC



NJM7400のデータシートの回路例(第5図)に示されています。NJM7400は番号こそ異なりますが、1431と同じく431シャントレギュ

レータです。このC1、他社を含め、他のシャントレギュレータのデータシートには示されていません。

経験的に、電圧レファレンスによ

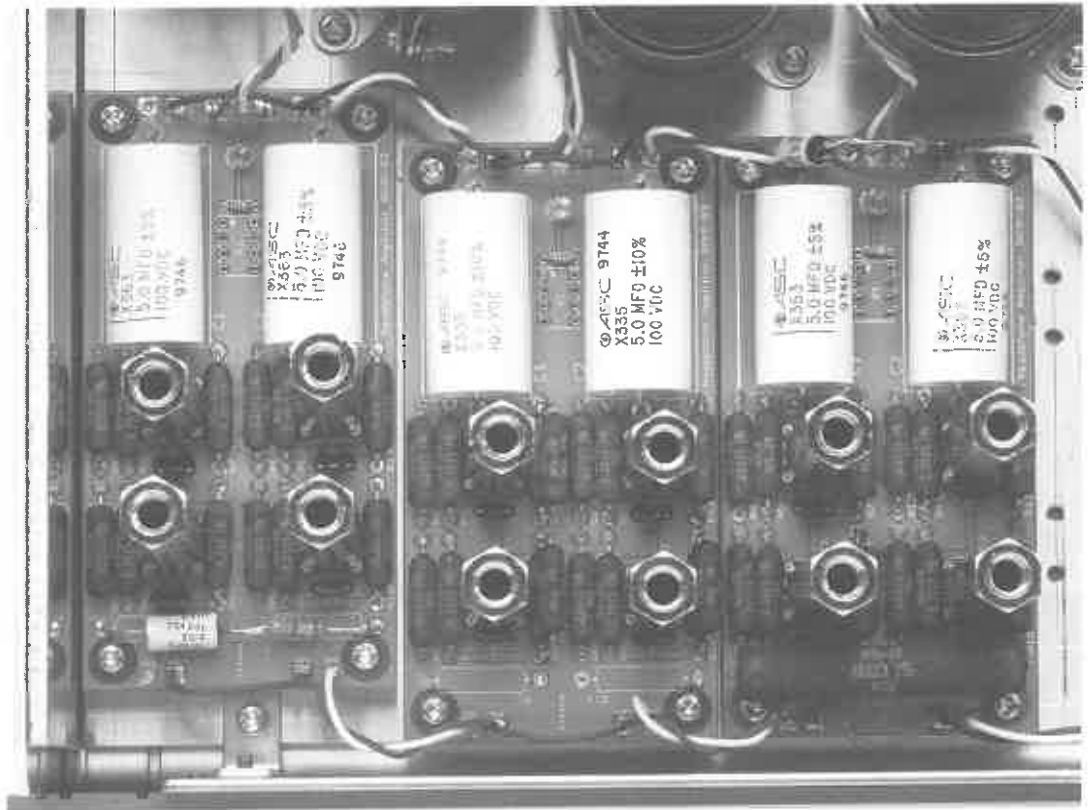
いキャパシタをバラにすると、フニャッとしていた音をはっきりとするというか、透明感が増します。第5図を見て「お、なるほど。なぜ今まで気づかなかったのだ」と試すと、まさにその傾向です。それぞれの楽器の音をよりはっきりと聞かせてくれます。

ところが、考えてみると不思議なキャパシタです。R1とR2は、シャントレギュレータ内部のオペアンプのフィードバック抵抗です。電圧レファレンスだ、と早とちりしましたが、そうではありません。ここにC1を入れると、フィードバックの帯域制限として働きます。つまり、R1とR2の並列値とC1から構成されるカットオフ周波数より上の帯域でのフィードバックを抑制します。平たくいえば、高周波域のフィードバックの効きを下げ、レギュレータとしての動作を弱めます。

NJM7400データシートには「C1は0.1μF。R1とR2はなるべく小さくせよ」とあります。ただ、R1とR2を小さくするのは「レファレンス電流による設定電圧の誤差を最小とするため」と説明されているだけで、周波数特性については何も述べられていません。もちろん、注意書きを無視してC1を数百倍にしてみました。電源オン時の立ち上がりにレギュレータが動作しなくなり失敗に終わりました。2.2倍で妥協します。R1とR2を62kΩと10kΩとすれば、このときのカットオフ周波数fcは、

$$f_c = \frac{1}{2\pi C(R1 \parallel R2)} \approx 84\text{Hz}$$

となり、可聴帯域にありますが、オペアンプのオープンループ・カットオフ周波数もこの付近ですし、気にしないことにします。まあ、オープンループ・ゲインも90dB以上はあ



〈写真A〉ヘッドホン・アンプ基板はASC X363を搭載するSKHP-03を採用

るでしょうから、カットオフがあったとしてもレギュレータの動作はほとんど弱まらないでしょう。

レギュレータの応答を抑えるキャパシタを入れた方が、レギュレータICの音のキャラクタを抑えてソースの音色をよりよく再生する、ということにしておきます。なくても動作しますが、音質面からは省けません。

電圧リミッタの定数

NJM1431のリファレンス電圧は、第4図のR1とR2で分圧して供給します。標準値で出力電圧VOを計算して、

$$VO = 2.465 \times \left(1 + \frac{82k}{13k} \right) + 2\mu$$

$$\times 82k = 18.18V$$

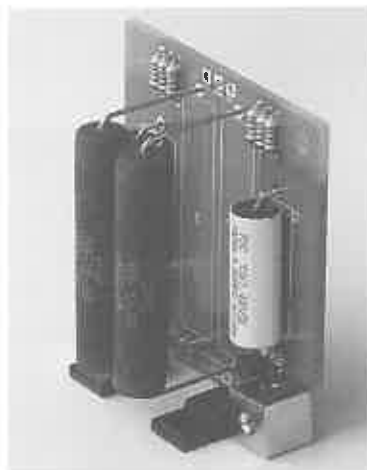
と考えて作りましたが、VREFが最大値の2.490Vで、IREFも最大値の4μA、抵抗の誤差が最悪の組み

合わせのときの出力電圧VOを計算すると、

$$VO = 2.490 \times \left(1 + \frac{82k \times 1.01}{13k \times 0.99} \right)$$

$$+ 4\mu \times 82k \times 1.01 = 18.85V$$

となります。MUSES 03の絶対最大定格19Vは超えませんが、かな



〈写真B〉新たに開発した電圧リミッタ

りギリギリです。余裕がなさ過ぎるので、回路図上はお勧め値として62kΩと10kΩとしています。このときの標準値は、

$$VO = 2.465 \times \left(1 + \frac{62k}{10k} \right) + 2\mu$$

$$\times 62k = 17.87V$$

となり、最高値でも、

$$VO = 2.490 \times \left(1 + \frac{62k \times 1.01}{10k \times 0.99} \right)$$

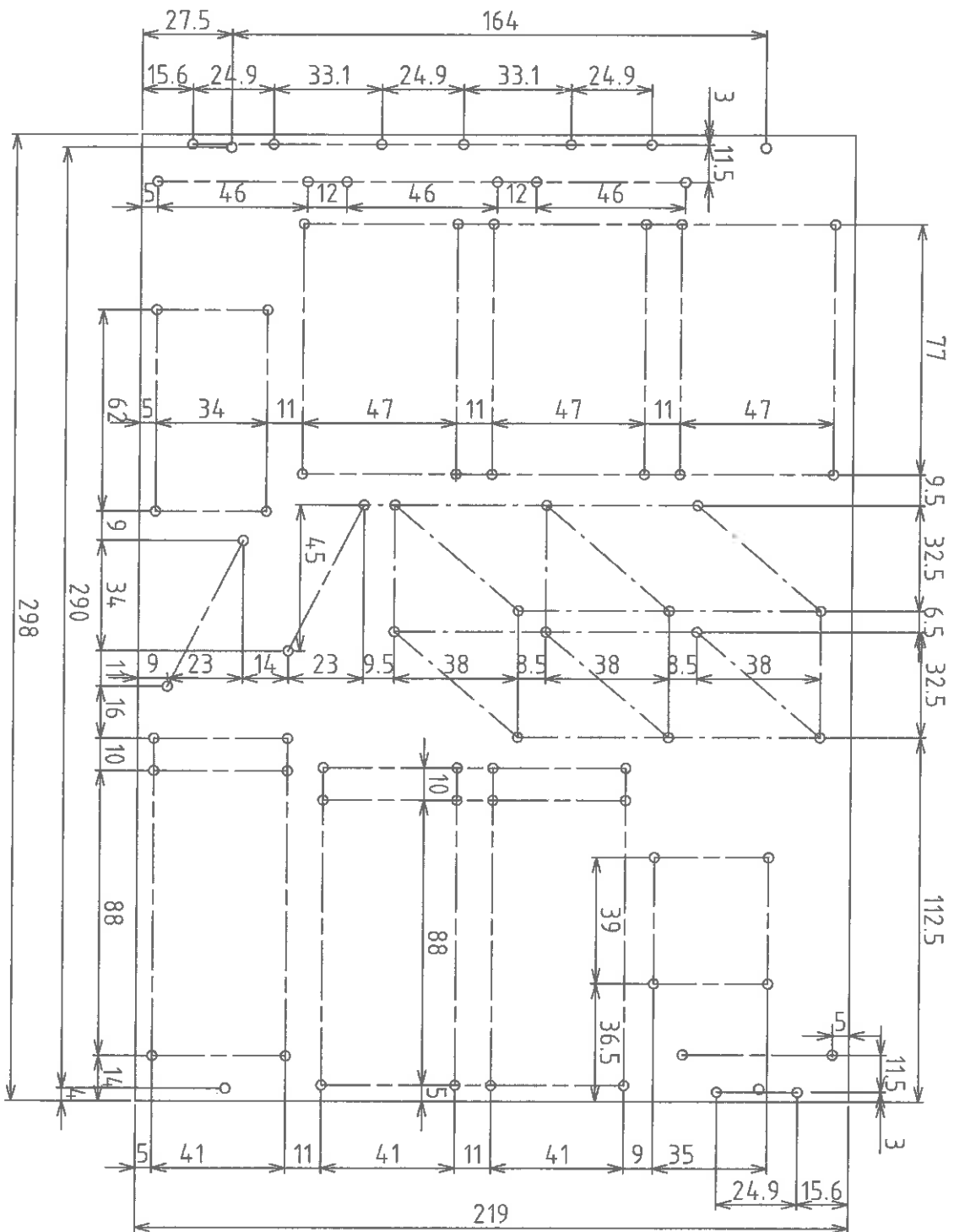
$$+ 4\mu \times 62k \times 1.01 = 18.49V$$

です。

アンプの組立について

第1表に使用部品を示します。1台あたりですので、倍数必要となります。

シャーシ加工を第6図(a)に示します。ASC X363を搭載するSKHP-03でも、ERO MKP1840を搭載するSKHP-03E基板でも、



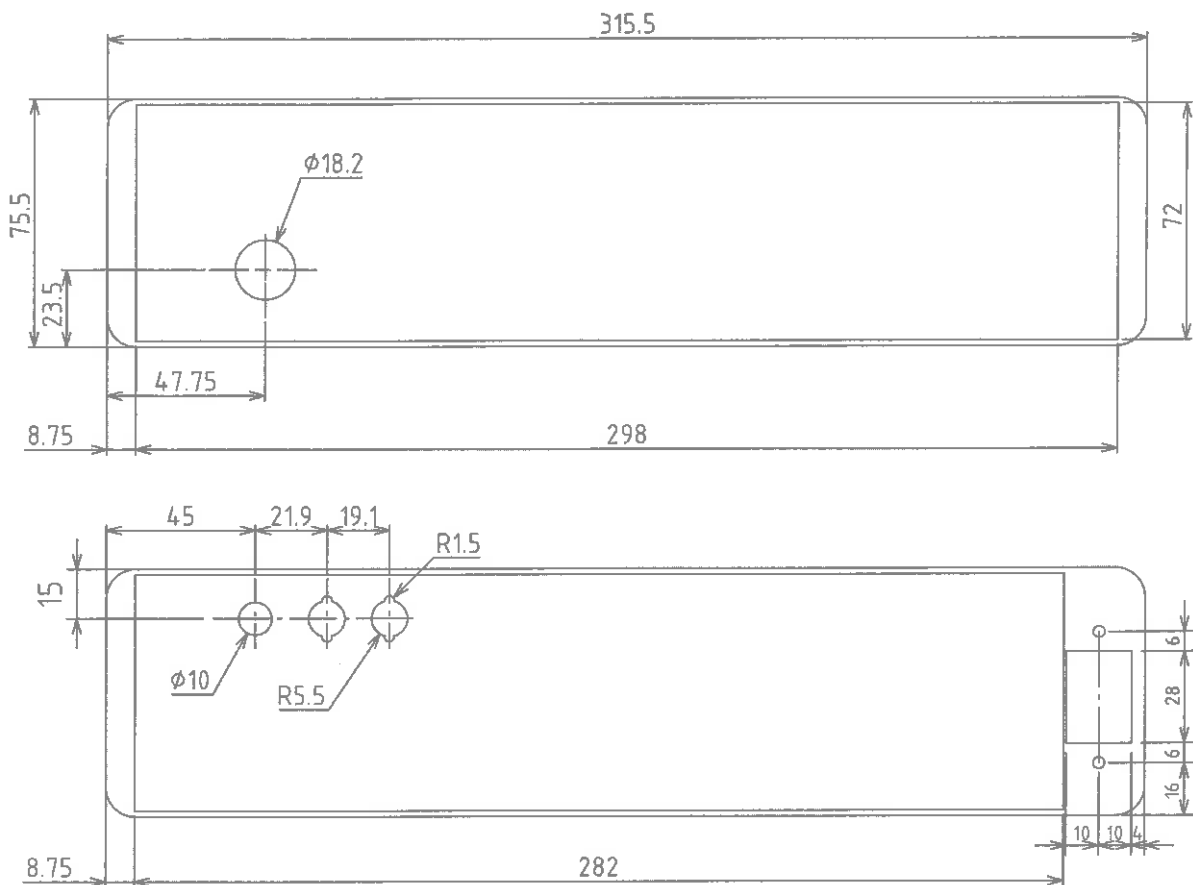
〈第6図(a)〉シャーシ加工図

ます。それから、秋月電子でMUS-ES 03におまけでついてくるICソケットは使いません。ICソケットは接点のメッキ材質と接触圧が音に

影響します。

スペーサと上カバーの間には1mmの隙間が残りますので、こちらにもソルボシート2tを、スペーサ

の上面を覆うサイズに切って、放熱口にはみ出さないように、上カバー側に貼り付けました。なお、ソルボシートは、台紙の方を外して上カバー



〈第6図(b)〉シャーシ外形寸法図

ーに貼り付けますが、薄いビニールはそのまましておきます。両方も剥がすと、あとから上カバーを開けられなくなってしまいます。

電圧リミッタ基板は、左サイドに配置しました。写真Fに示すように、NS-10を基板から浮かせて取り付け、サイドの取付金具に接するようにします。対流でケース内の空気に放熱するうちのいくらかでも輻射熱で直接ケースに伝えようとの魂胆です。写真Bに示したように廣杉計器VAB-310Eスピーサの片方の穴を3.2mmのドリルでネジ山をつぶしておき、残ったネジ穴にM3×5ネジを用いて基板に取り付けます。シャーシには、ネジ山をつぶした穴にM3×12ネジを用いて固定します。トランジスタはM3×5ネジを用い

てシャーシに固定します。シリコングリスの塗布は不要です。

フロントパネル(第6図(b))とリアパネル(第6図(c))には、真鍮3tのサブパネルを接着しました。フロントパネルは、UCケースの1.7tアルミパネルのフニャツとした感触をなくせるだけですが、リアパネルは、RCAソケットとスピーカターミナルを載せますので、クッキリとした音像定位に効きます。

パネルとサブパネルの接着には、ポリマー系の接着剤を使いましたが、1枚が電氣的に浮いてしまいました。ここは上から銅箔テープを貼って導通させています。シアノアクリレート系接着剤を使ったときはすべて導通していましたので、こちらがよいでしょう。

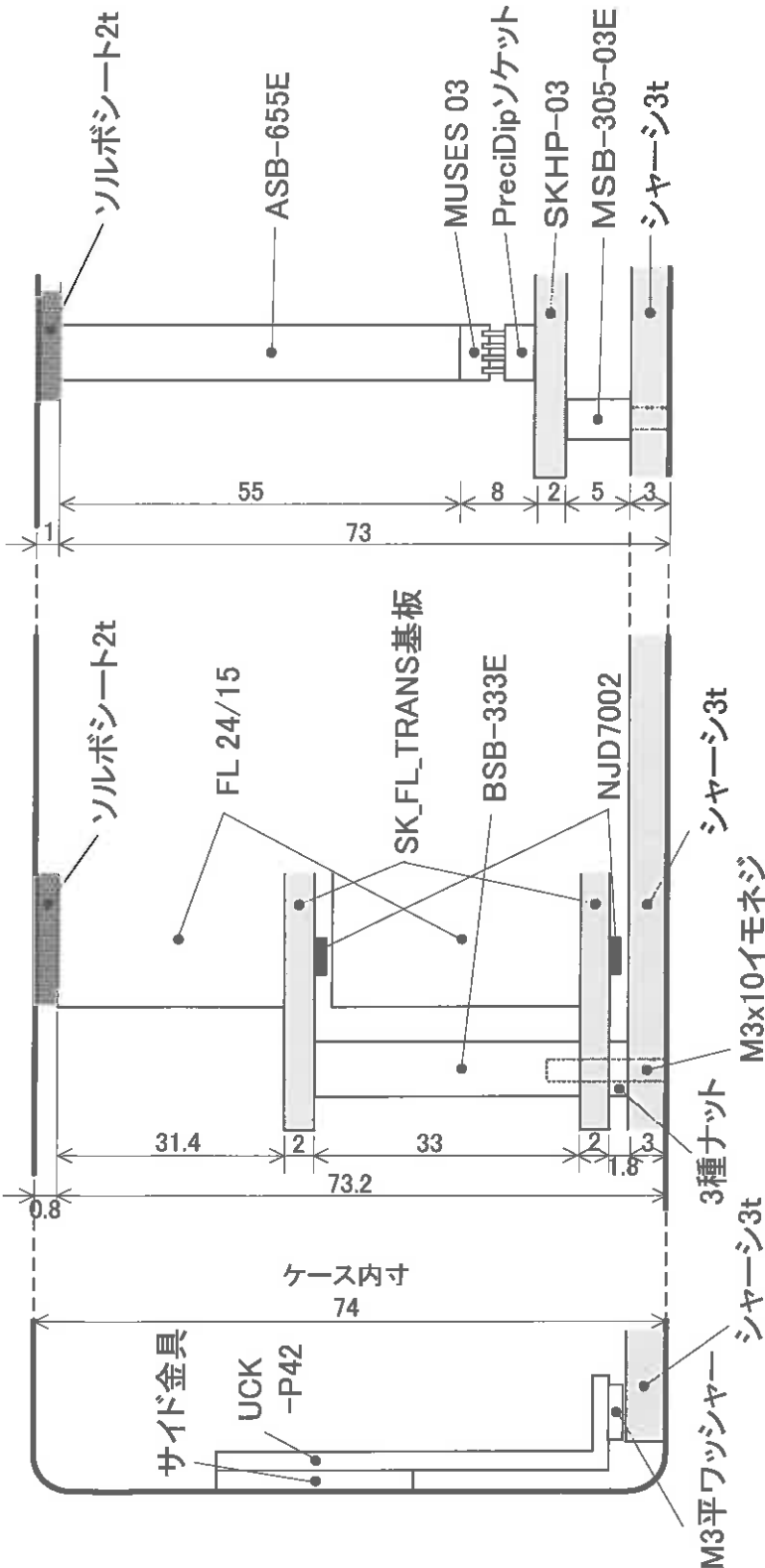
リアパネルはRCAソケットとスピーカターミナルを仮止めして穴がずれないようにします。接着剤が乾くまではクランプで挟みます。

ケースの足はタカチAFS30-12Sです。これも接着しています。

電源スイッチはIDEC LB6照光スイッチです。青色LEDとしています。サブパネルを取り付けると、ステンレス製の取付金具を削らなくてはならなくなるのが難点です。

サーキットブレーカは、ACインレットに直接取り付けるSK-NRPI_1A基板を作りました(写真G)。これを使えば、リアパネルの円穴を一つ減らせます。ACインレットの裏側から差し込めます。便利です。

サーキットブレーカには、IDEC



〈第7図〉ケース内のパーツ高さを示す



〈写真C〉電源トランスのスペーサの構造

NRPF10-1A 使用しました。以前に用いていた NRF110 との音の差は感じません。どちらも、熱動引出式サーキットプロテクタであり、構造も同じになのでしょうか。いずれも、ヒューズよりも透明感のある音を聞かせてくれます。

基板間と端子間の接続には協和ハーモネット 3265 AWG24 を使用しています。音的には可もなく不可もなしの線ですが、配線はし易い。入力端子の GND から、シャーシに 1 点アースします。

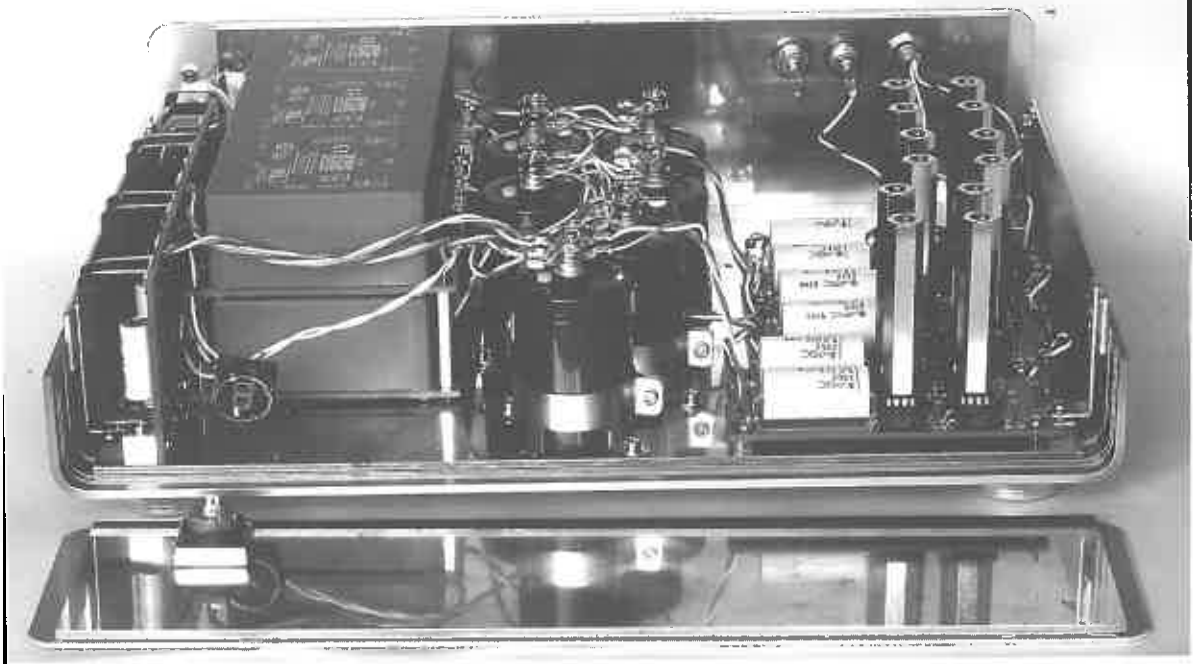
特性

第8図に 4Ω 負荷での周波数特性を示します。-3dB 点は 450kHz です。第9図に 100kHz 方形波応答を示します。良好です。

第10図に 4Ω 負荷でのひずみ特性を示します。最大出力は 12W です。5W 付近で歪率の上昇がみられました。これは電圧リミッタが動作を停止するためです。これより下では電源電圧は ±18V 付近にリミットされていますが、このあたりから下がります。しかし、連続波応答であって、音楽信号ではピークに対して平均音圧が -4dB なんてことはありません。ですから、常に電圧リミッタが動作した状態で鳴らすことになるでしょう。

さて、音はどうか？

じつは製作途上で写真Hに示すよ

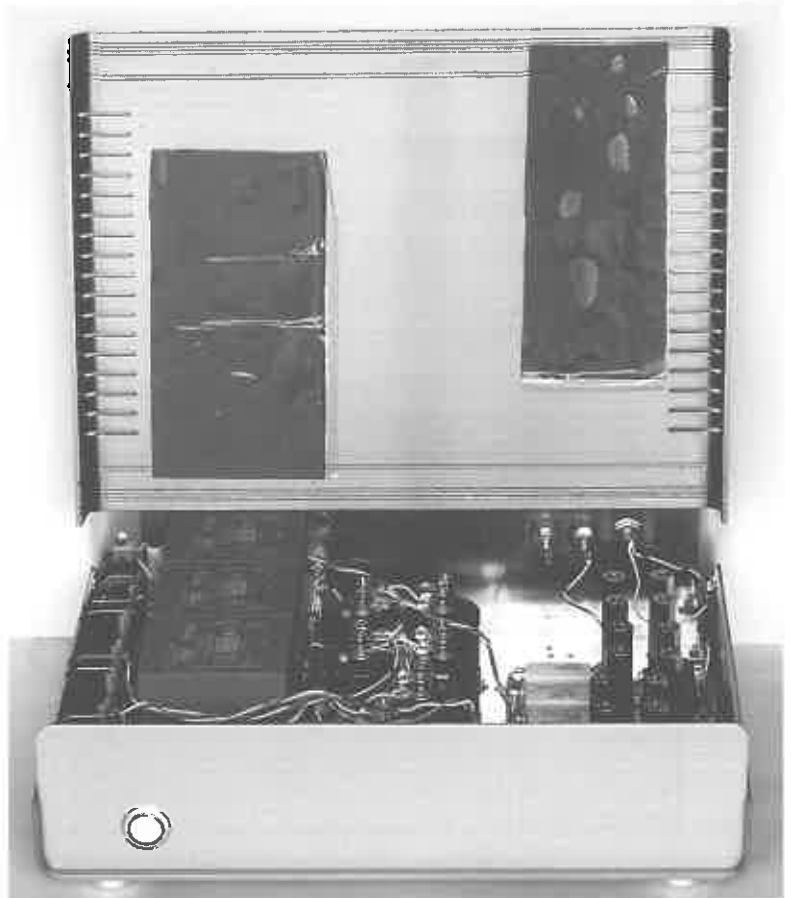


〈写真 D〉 基盤の組み付け構造

うに、基板3枚にトランス2個としたバージョンを製作し、トランス6個バージョンと聞き比べました。トランス2個バージョンも7Wちょっとの出力が得られます。パワー的には、我が家では5Wの平行・ワールド5+でも不足はありませんでしたので十分です。音がどうなるかとの興味で試しました。

当然ながら、トーンはよく似ています。どちらも MUSES 03 の透明感あふれる音色をそのまま聞かせてくれます。2個バージョンと6個バージョンでステレオにしても、違和感なく聞いていられます。

ですから、コスト的にたいへんでしたら、まずはトランス2個バージョンでヘッドフォン・アンプ基板も2枚としてお作りください。平行・ワールド5+と同じ構成です。クオリティ的にも基板3枚よりも自信を持ってお勧めできます。それで出力に不足なければ、基板2枚でトランスを4個として5++仕様とされるのがよいでしょう。音的にはバ



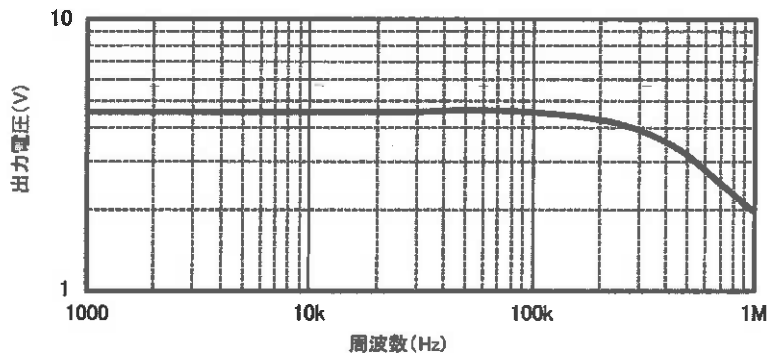
〈写真 E〉 アンプの上カバーにはソルボシートを貼り付ける



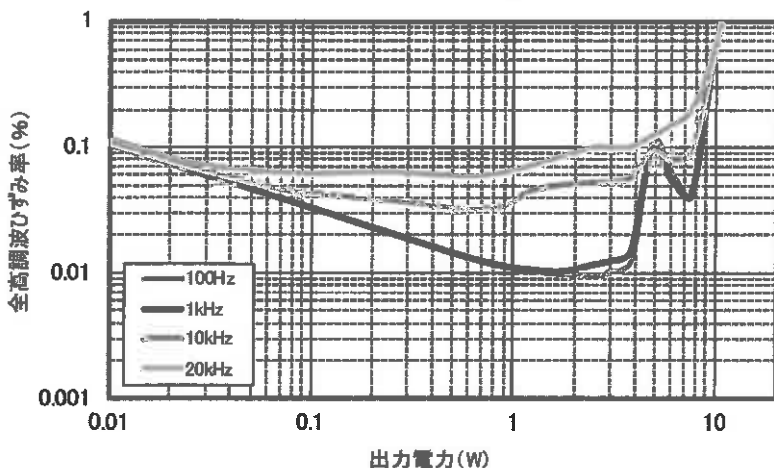
〈写真F〉電圧リミット基板は左サイドに配置

ストと思います。出力不足であれば基板を増やします。シャーシはケースの下カバーに載せた状態で、すべてのパーツを上から取り付けられる

ように設計しています。話を戻します。音的にはトランス6個バージョンと比べ2個バージョンでは、平板的というか、スピーカ



〈第8図〉本機の周波数特性



〈第10図〉本機の雑音ひずみ率特性



〈写真G〉サーキットブレイカはACインレットに直接取り付け

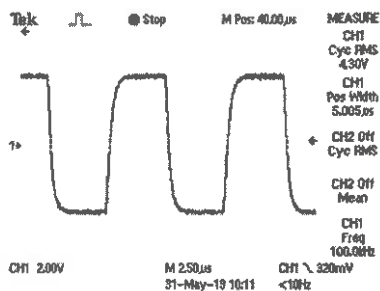
にまとわりつくというか、音色は同じなのですが、ざわつき感があります。これがあると、海の透明感が失われるように水底の砂や岩がはつきりとしなくなり、音それぞれがぼやっとする感じです。広がり感がポケットとしてきます。ステレオで聞いていると、残念ながら2個バージョンに引っぱられます。

それと比べると6個バージョンは、一つ一つの音が形を持っているようにクリアに聞かせてくれます。定位感が改善するというよりも、それぞれの楽器の音に焦点を合わせやすくなるというか、オーケストラの演奏をわかりやすく感じます。6個バージョンでステレオとすると、音が弾みます。聞いていて楽しい。

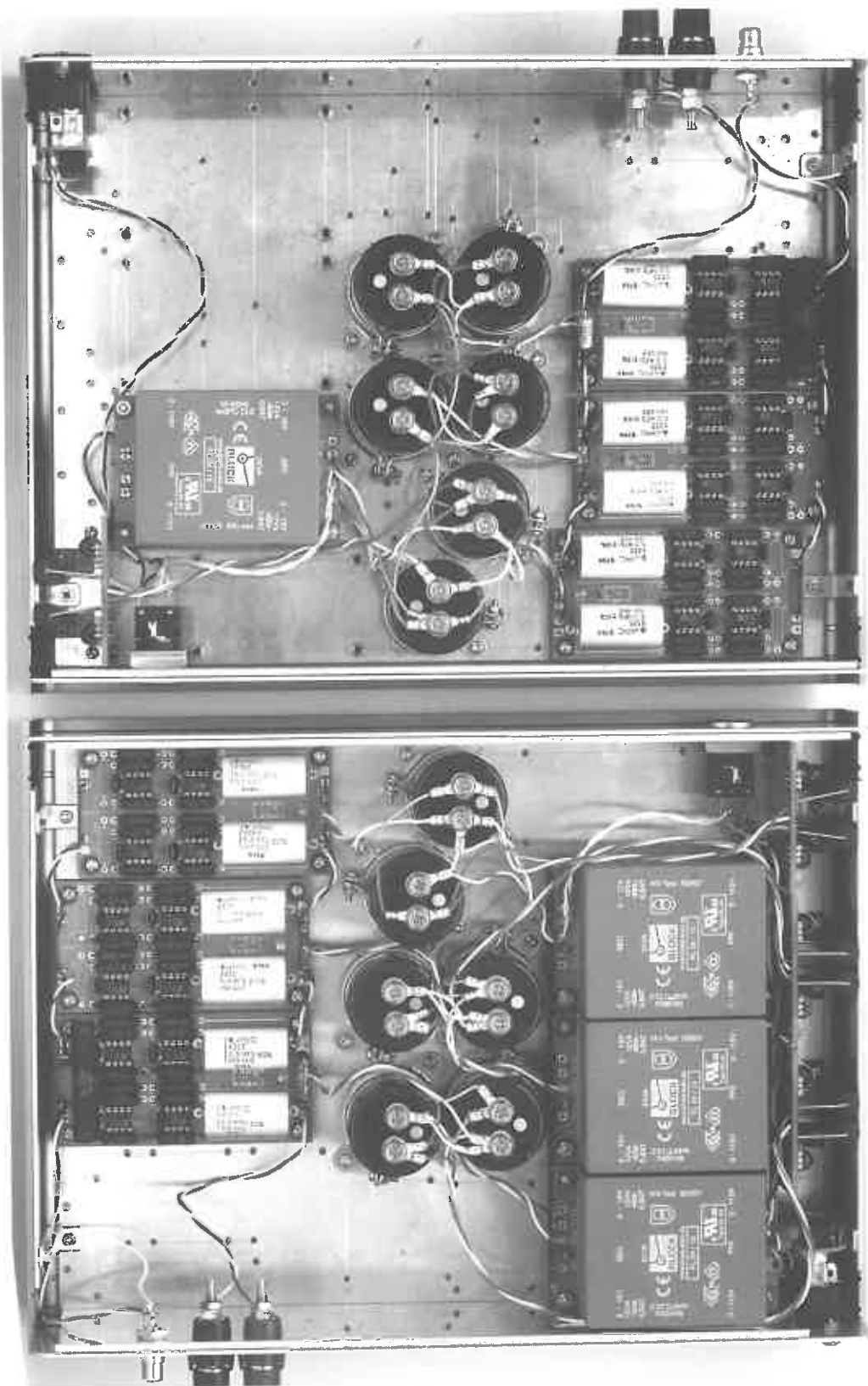
次は、秘密兵器の開発を進めます。

〈参考文献〉

新日本無線, NJM7400 データシート



〈第9図〉100kHz 方形波応答



〈写真H〉基板3枚にトランス2個としたバージョンを製作。トランス6個バージョンと聞き比べた