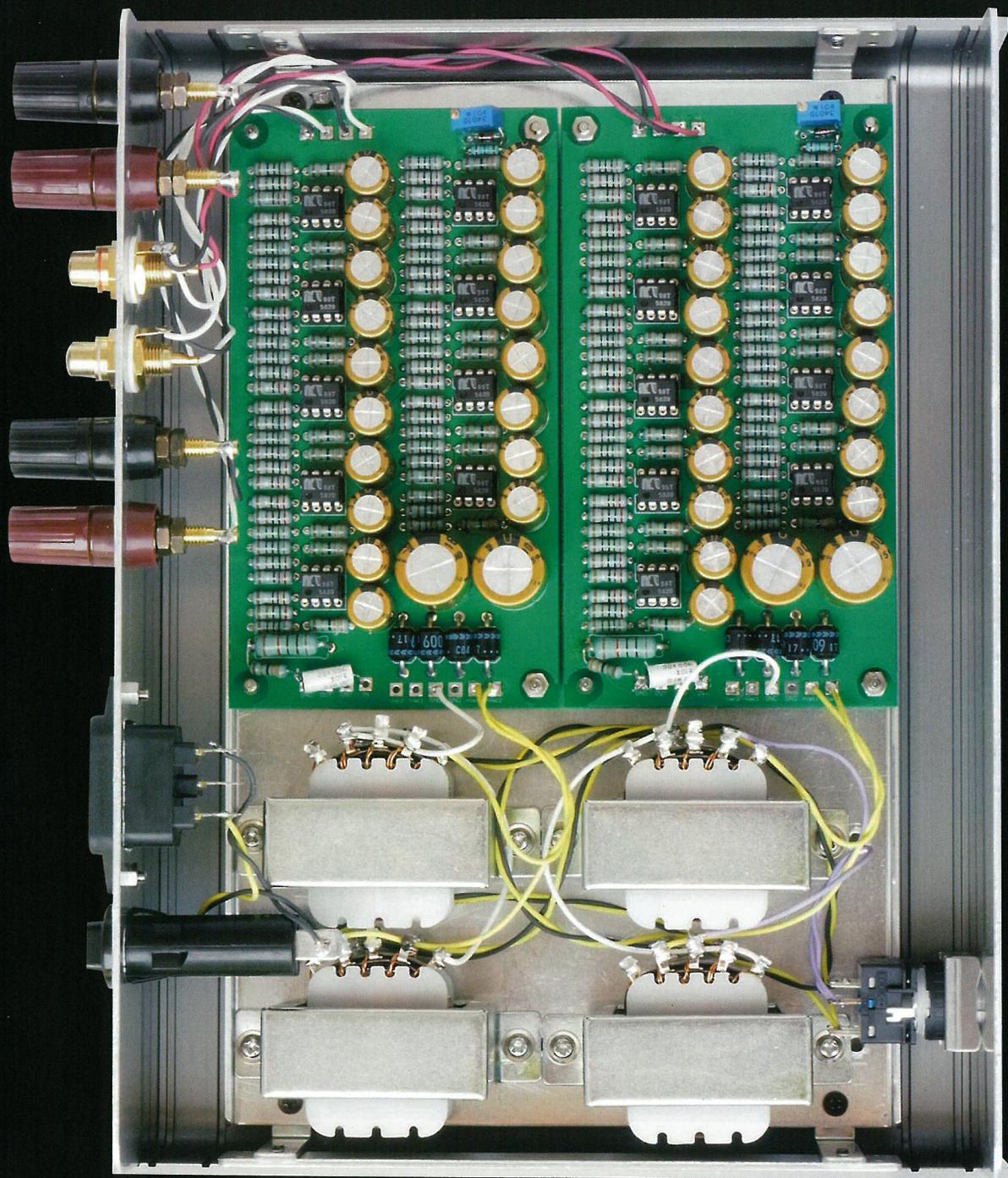


MUSES 02 / 8820 / NJM4580と3種のおペアンプに対応 パラレルワールド・アンプの製作

製作★別府俊幸

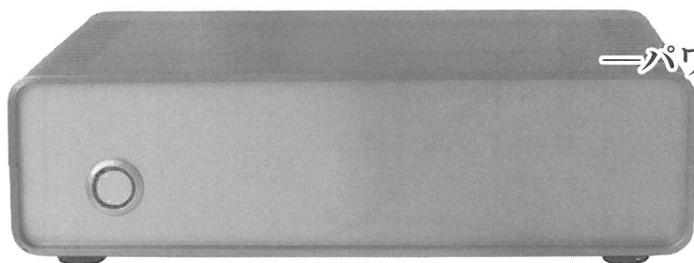
●本文製作記事参照



◆まさにパラレルワールドの世界？9個のおペアンプを使用。本機にはMUSES8820を採用

オペアンプを9コ並列で出力2.6W

“パラレル・ワールド”アンプを作る



—パワー TR の音とは別世界の音—

■ 別府俊幸 ■

パワー TR の音から逃げ出すために

パワー・アンプは、パワー段やドライブ段など、いろいろな半導体の音が重なって独自のトーンを作り出しています。中でもパワー・トランジスタはアンプの音に大きく影響します。小信号用トランジスタと比べると、パワー・トランジスタは例外なく情報量の少ないスカスカの音がしますが、その音がどのパワー・アンプでも支配的になっている、と感じます。

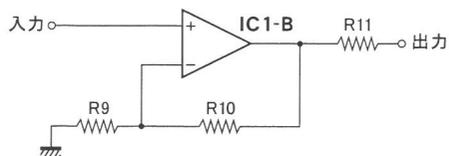
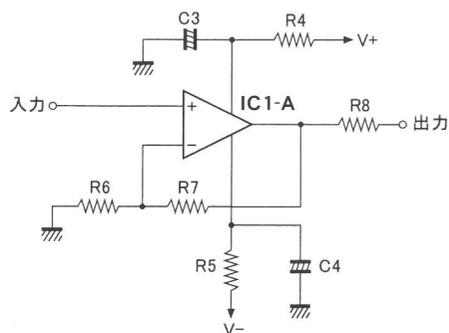
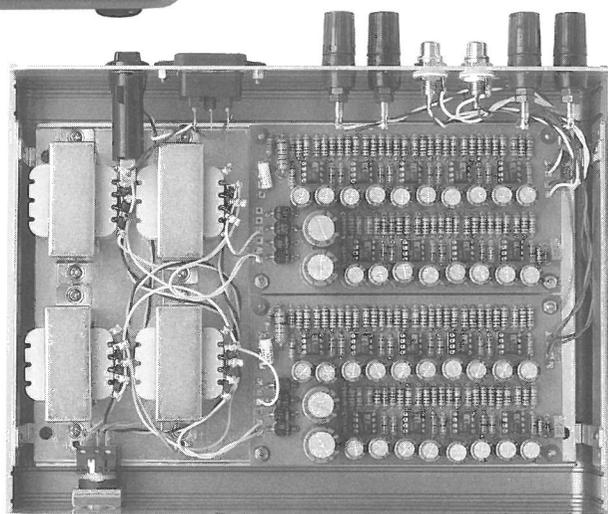
ところで、本誌2013年3月号に発表したオペ・パワー・アンプ¹⁾では、当然ですが、オペアンプの音はあっ

てもパワー・トランジスタの音はありません。よくも悪くもオペアンプの音色をストレートに味わえる、ある意味で不思議な音のアンプです。

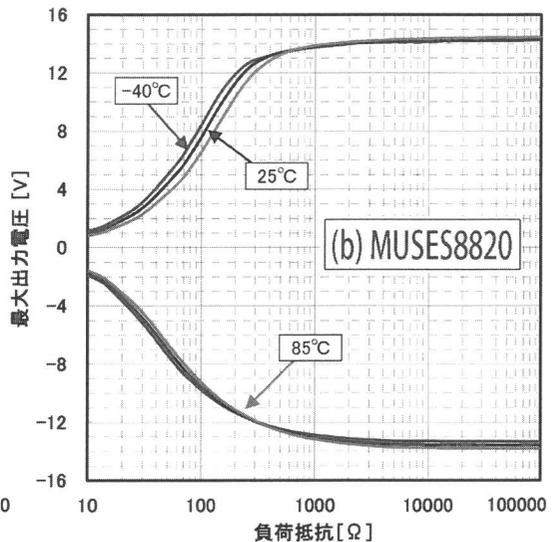
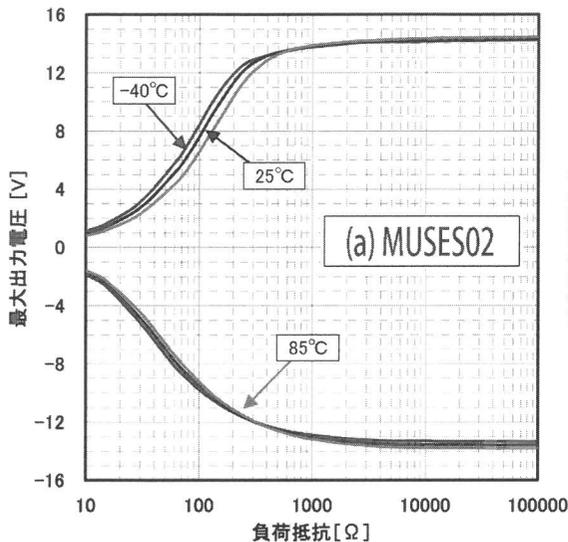
AEDIO氏はオペ・パワー・アンプの音(というよりも、オペアンプが並んだあの基板)をパラレル・ワールドだと言いましたが、まさしく別世界、およそパワー・アンプらしくないサウンドです。

もちろんパラレル・ワールドも、オペアンプによって音が変わります。というよりも、オペアンプがそのまま大きくなったかのような音がします。新日本無線 MUSES 02 に止めを刺しますが、MUSES 8820 も結構楽しめます。緻密で、透明感あふれるパラレル・ワールド・サウンドを聴かせてくれます。

それならばもう1ランク、というか断崖絶壁、私にいわせれば“音を殺す死のオペアンプ谷”に落ちたく



〈第2図〉
本機の回路。デュアル・オペアンプ NJM4580 を並列に、さらに9コを並列にして4Ω負荷で出力2.6Wをえる



らの差がありますが、NJM4580でも鳴らせるかもしれません。最大出力電圧対負荷抵抗特性(第1図)^{2~4)}を並べて見ると、MUSES 02も8820もNJM4580もほとんど同じに見えます。4580のグラフは100Ωまでしかありませんが、100Ω以下でも同じようにドライブできると思われます。

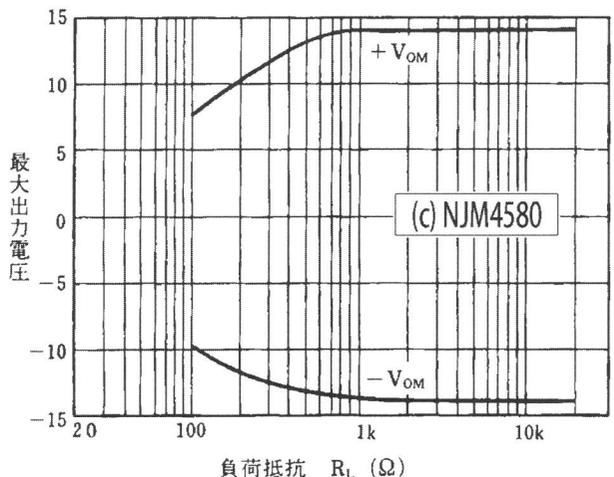
で、聴いてみると、意外というか思ったとおりというか、NJM4580は伸びのない、全体に痩せてギスギスになるオペアンプ・サウンドの傾向はありますが、私の耳がオペアンプに慣れてきたせいもあるのでしょうか、パラレル・ワールドの透明感を楽しめます。

そこで、この3種類のオペアンプを使えるパワー・アンプを作ることになりました。

パラレル・ワールド回路の設計

前回のオベ・パワー・アンプはユニバーサル基板に回路を組みましたが、かなり面倒でした。同じ回路をいくつも組むのは、はっきりいって難行です。組んでいるうちに悟りを開けるか、と期待したのですが、まだまだ修行が足りないようです。お

▲▶
 <第1図>
 3月号に発表したオベ・パワー・アンプに使ったMUSES02、MUSES8820の特性(上)と本機で使ったオペアンプNJM4580の特性(右)



そらく一生無理でしょう。ですので、プリント基板を作りました。

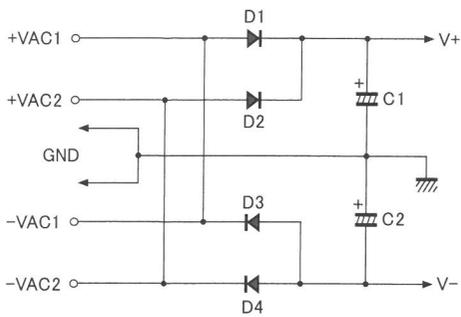
第2図にパラレル・ワールド・アンプ回路を示します。デュアル・オペアンプですので、2回路示します。どちらも、ふつうの非反転アンプです。オペアンプの出力は2.2Ωの直列抵抗(R8とR11)を通して電流加算します。フィードバック抵抗(R6とR7、R9とR10)は、100Ωと2kΩとして21倍(26.4dB)のゲインとしました。

プラスとマイナスの電源は、CRフィルタ(R4とC3、R5とC4)を通してオペアンプに供給します。電源にCRフィルタを挿入すると、音のザラ

つきが減り、透明感がアップします。

ちなみにこの方式、かのフィリップスLHH2000にも用いられていました⁵⁾。余談ですが、LHH2000の回路図はネットで購入できます。そのLHH2000では464Ωと15μF、あるいは274Ωと100μFが用いられていました。ここで、抵抗になぜE96系列値が用いられていたかは謎です。470Ωと270Ωで何の違いもないと思うのですが、試していないのでわかりません。

ところで、電源のCRフィルタですが、負荷抵抗がkΩ以上ある回路ならよいのですが、80mAのピーク出力を利用するこの回路では使えま

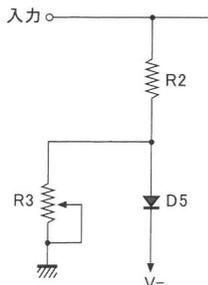


▲〈第3図〉本機の整流回路。D1とD3、D2とD4は基板上でハンダを盛るだけのジャンパー戦で持続する

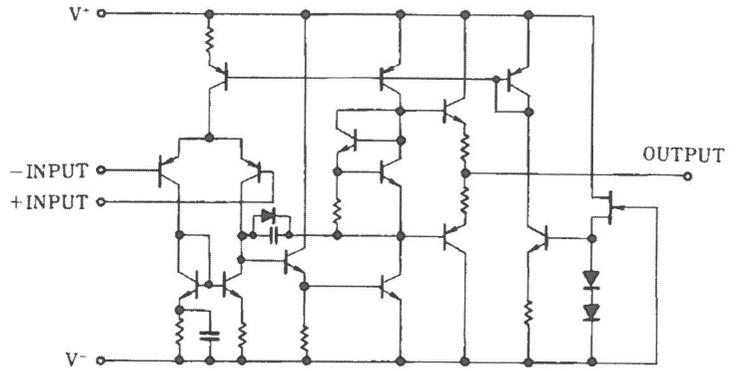
せん。274Ωとしても計算上の電圧降下は44Vとなります。もちろん、うまく動作しません。

このRは、大きい方が音も良好です。Cは330μFに固定して220Ω、100Ω、50Ωと比較しましたが、小さくすると透明感が減り、Rを短絡すれば、一気に平板的なザラついた音に戻ります。しかし、出力を大きくする点からは、Rは小さくした方が有利です。オペアンプであろうとディスクリート・アンプであろうと、出力電流が変化するときには電源電流も変化します。この電流変化が電源を介して他のアンプに影響を及ぼすから、と考えます。

こう記すとかならず、「定電圧回路を入れれば電圧が一定になるから影響をなくせる」との反論が来ますが、空想です。電圧を一定にしたところで、電流は変化します。そのうえ、せっかくの透明感に秀でたサウンドを定電圧回路の音で覆うことになり



〈第5図〉オフセット電流補償回路



〈第4図〉NJM4580 オペアンプの内部等価回路

ます。

さて、カップリング・コンデンサの経験からすると、ローパス・フィルタのカットオフ周波数fcは1桁にしたいところです。電源CRフィルタもカップリングと同じかどうかを語れるだけの経験はありませんが、10Hzを目標とします。コンデンサはニチコンのFGに決めてかかります。FGシリーズは16Vでは470μFが最大です。したがって、

$$R \geq \frac{1}{2\pi C f_c} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 470 \times 10^{-6} \times 10} = 33.9(\Omega)$$

より、ちょっと足りませんが、33Ωとします。試聴してみると、100Ωよりは物足りないですが、ないときは比較になりません。ずっと良好です。

アンプの出力は、私の部屋では4Ω負荷で3Wあれば十分です。オペ・パワー・アンプでは、オペアンプ7個(14並列)で2.5Wを得ていましたので、基板には8個以上載せることを目標とします。

抵抗で制限される基板の面積

ところで、基板面積をもっとも要求するのが抵抗です。音質的にはVishay Dale NS-2Bが載るサイズとしたいのですが、今回は、平行・ワールド・サウンドを手軽に楽

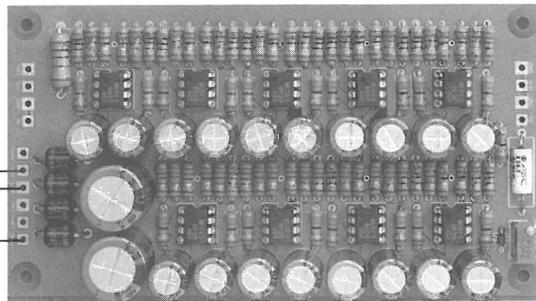
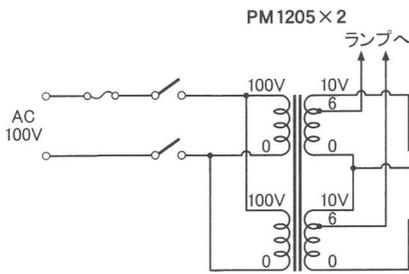
しめる基板というコンセプトで作るので、抵抗はタクマン電子オーディオ用金属皮膜抵抗REY 50サイズで設計します。

さらに整流回路もオンボードとして、トランスに接続するだけで鳴らせるようにします(第3図)。整流ダイオードも、シリコン・カーバイドのショットキー・バリア・ダイオード、それもMUSES7001を使えば、広くてはっきりとしたパースペクティブある音が再生されますが、お値段も高くつきます。ここも「手軽に」というコンセプトから、シリコンのショットキー・バリア・ダイオードを使います。

ケミコンもネジ端子を使用したいのですが、基板に載せるためリード・タイプでガマンします。

オフセット電圧補償回路をつける

MUSES 02も8820もNJM4580もすべて、入力は第4図⁴⁾のようにPNPトランジスタの差動回路です。したがって、入力端子からはバイアス電流が流れ出します。このバイアス電流が入力抵抗に流れるとプラスのオフセット電圧となります。このためオペ・パワー・アンプでは、高抵抗を用いてオフセット電流をマイナス電源にシャントしていました。



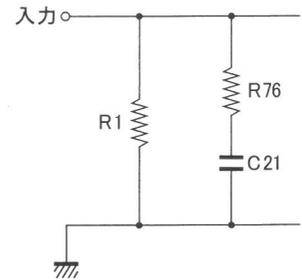
◀(第7図)
本機の全回路図。基板に電源を持続するだけで完成する

▼(第6図)
入力に並列にCR直列回路を入れて高域をカット

ところが、マイナス電源(プラスにも)には、リップル電圧があります。ごくわずかですが、電流の変化となり、ハム・ノイズの原因となっていました。気分的にはよくありません。そ

こで第5図のオフセット電流補償回路を作りました。定電流ダイオードを用いたシャント回路です。

入力バイアス電流は、MUSES 02も8820もNJM4580もすべて標準



で100nA、最大で500nAです。基板面積から、搭載するオペアンプ数は9個とし、それぞれが2回路、合計18回路ですので、入力バイアス電流は標準で1.8μA、最大で9μAとなります。

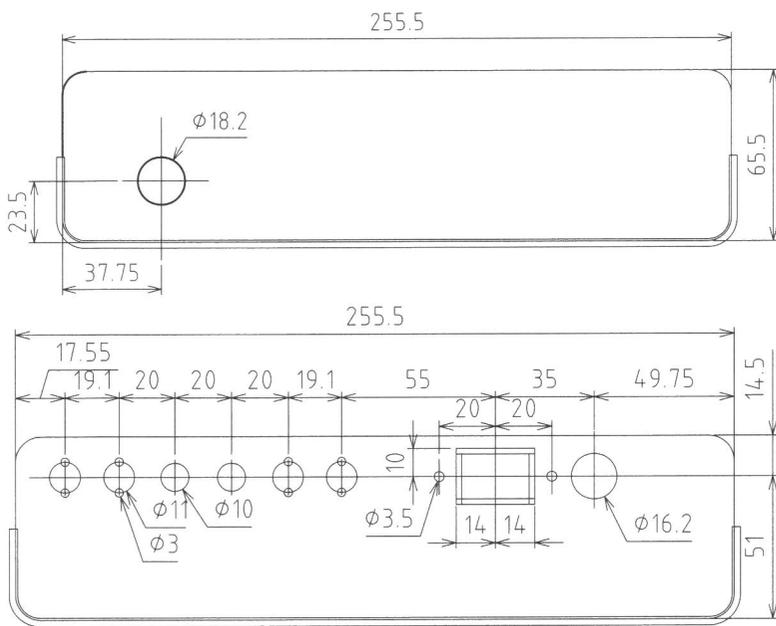
SEMITEC(旧石塚電子)社の定電流ダイオードのうち、電流最小のものはE-101で50~210μAです⁶⁾。最悪のケースでは約4:1に分流しなければなりませんので、2.2MΩ

品名	メーカー	型式	個数	購入店
ケース	タカチ電機	UC26-7-20DD	1	マルツ
シャーシ	タカチ電機	UCC26-20	1	マルツ
固定金具	タカチ電機	UCK-P42	1	マルツ
スイッチ	IDEC	LB6ML-A1T64PW	1	IDEC
ブレーカ	IDEC	NRF110-1A	1	IDEC
ACインレット	エコ電子	AC-P01CF01	1	マルツ
ACケーブル	秋月電子	C-01701	1	秋月電子
RCAジャック	アムトランス	AJ-320(赤、白)	2	アムトランス
スピーカ端子	アムトランス	SP-10(赤、白)	4	アムトランス
スペーサ	広杉計器	BSB-308E	8	広杉計器
ネジ	広杉計器	B-0308	10	広杉計器
ナット	広杉計器	BNT-03-3	20	広杉計器
圧着端子	日本圧着端子	R1.25-3	1	日本圧着端子
トランス	ノグチトランス	PM-1205	4	ノグチトランス
電線	協和ハーモネット	UL3265-24 L2×7	1	秋月電子

▲(第2表)
基板以外に使用するパーツ一覧

部品名	部品番号	メーカ	型式	個数	購入店
パラレルワールド基板		AEDIO		1	AEDIO
金属皮膜抵抗 (1W)	R1	タクマン	REY75 10 kΩ	1	千石電商
金属皮膜抵抗 (1/4 W)	R2	タクマン	REY25 2.2 MΩ	1	海神無線
多回転半固定抵抗	R3	Bouns	3296W 500 kΩ	1	秋月電子
金属皮膜抵抗 (1/2 W)	R4,5,12,13,20,21,28,29,36,37,44,45,52,53,60,61,68,69	タクマン	REY50 33 Ω	18	海神無線
金属皮膜抵抗 (1/2 W)	R6,9,14,17,22,25,30,33,38,41,46,49,54,57,62,65,70,73	タクマン	REY50 100 Ω	18	海神無線
金属皮膜抵抗 (1/2 W)	R7,10,15,18,23,26,31,34,39,42,47,50,55,58,63,66,71,74	タクマン	REY50 2 kΩ	18	海神無線
金属皮膜抵抗 (1/2 W)	R8,11,16,19,24,27,32,35,40,43,48,51,56,59,64,67,72,75	タクマン	REY50 2.2 Ω	18	海神無線
金属皮膜抵抗 (1/2 W)	R76	タクマン	REY50 33 Ω	1	海神無線
ケミコン	C1,C2	ニチコン	FG 16V2200uF	2	海神無線
ケミコン	C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10,C11,C12,C13,C14,C15,C16,C17,C18,C19,C20	ニチコン	FG 16V470uF	18	海神無線
フィルムコン	C21	ASC	X363 0.01uF	1	海神無線
ダイオード	D1,D2,D3,D4	富士電機	ERC81-004	4	若松通商
ダイオード	D5	SEMITEC	E-101	1	秋月電子
ICソケット	IC1,IC2,IC3,IC4,IC5,IC6,IC7,IC8,IC9	PreciDip	R110-87 8P	9	

◀(第1表)▶
基板に装着するパーツの一覧



〈第8図〉前後の○孔○の穴明け寸法図

と 500kΩ の半固定抵抗を用います。

さて、基板を試作してみたところ、入力条件によっては発振現象が見られました。オペアンプのフィードバック抵抗に位相補償のコンデンサを平行に入れば簡単に止められる(と思う)のですが、18回路もあれば18個のディップマイカ・コンデンサが必要となります。これはコスト的にもたいへんです。かといって、ここにセラミック・コンデンサを使って音を殺してしまえば、平行・ワールド・アンプを作る意味はありません。直列抵抗を入力に入れる手もありますが、やはり抵抗が18本必要です。基板面積が余分に必要となります。

そこで、入力抵抗と並列にCR直列回路を挿入し、高周波領域での入力をシャントしました。第6図のR1は、アンプ基板の入力抵抗です。600Ωにしたいところですが、EIAJの規格を守って10kΩとします。C21とR76は実験的に0.01μFと33Ωに決めました。

いうまでもありませんが、入力抵

抗と並列に入るので、C21のキャラクタはモロに音となって聴こえます。安物のフィルム・コンを使

えば、音も安っぽくなってしまいます。MUSES 02を使わなければ基板上ももっとも高価な部品となりますが、ASC X363を使用します。

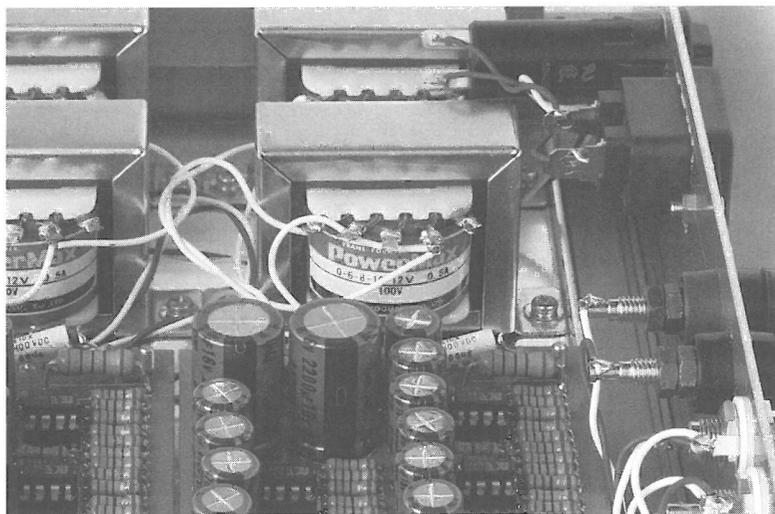
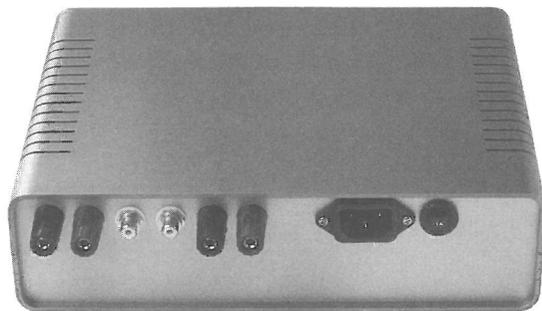
以上、第1表に基板パーツ・リストを示します。基板の厚みは2ミリとしました。基板は厚い方が音にも厚みができます。わずかの差ですが、

組み立て

第7図に平行・ワールド基板と電源トランスの配線を示します。トランスは、ノグチトランスPM-1205を+側と-側にそれぞれ使用しました。左右±独立です。

電源電圧は、ケミコンの定格電圧±16Vを超えない範囲で高い方が出力を大きくできますが、PM-1205の12Vタップを使うとちょっとオーバーしてしまいますから、10Vタップを使います。指定のスイッ

●完成アンプの後部とシャーシ内部のクローズ・アップ



Z 負荷抵抗(Ω)	最大出力(W)	
	20 Hz	1 kHz
2	1.4	1.4
4	2.3	2.6
8	6.0	6.4

〈第3表〉負荷対出力特性

チでは、ランプは24V用となりますが、明るすぎるので12V供給としています。

第8図にフロント・パネル、リア・パネル、シャーシ加工図を示します。タカチ UC26-7-20DD にシャーシ UCC26-20 を載せて組み込みました。これに入出力端子とパラレル・ワールド基板を配線すれば、パワー・アンプができあがります。基板の組立は、イーディオ社のマニュアル⁷⁾を参考にしてください。

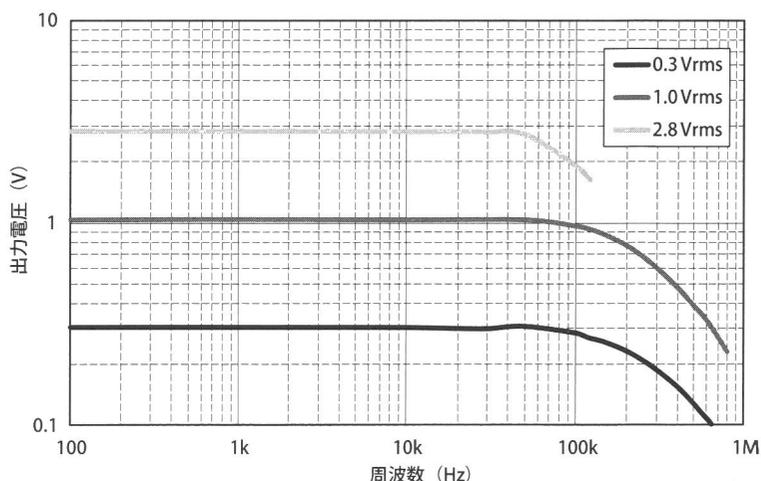
なお、基板の裏側のジャンパー接続を忘れないようにしてください。シャーシの GND は、左右の入力ジャックの GND からシャーシに1点で接続します。

特性——出力は 2.6W/4 Ω

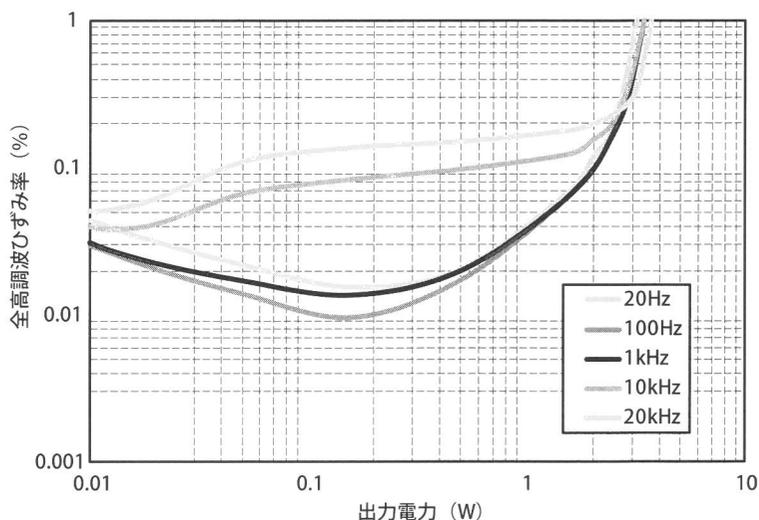
AC 電圧 102.8V 時に DC 電源電圧が $\pm 14.4V$ でした。しかし、最大出力時には $\pm 12.2V$ まで下がるため、4 Ω 負荷で 2.6W と目標を若干下回りました(第3表)。CR フィルタによる低い周波数での出力減少がないかを確認するため、20Hz でも測定しましたが、1kHz 時とほぼ同じとなりました。

第9図に周波数特性を示します。0.3V と 1V 出力でのカットオフ周波数は約 250kHz、2.8V 出力では 100kHz と下がりますが、これはオペアンプのスルー・レートによる制約です。

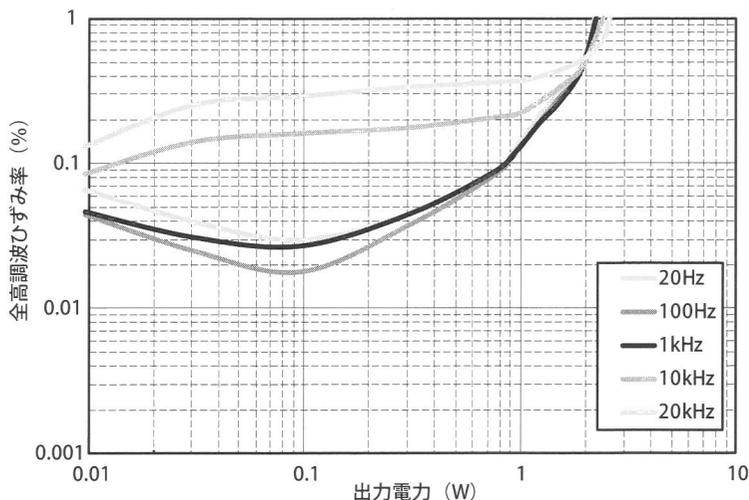
第10～12図にひずみ特性を示します。8 Ω 、4 Ω 、2 Ω と、負荷が重くなるにつれてひずみも増加しています。いずれも 10kHz、20



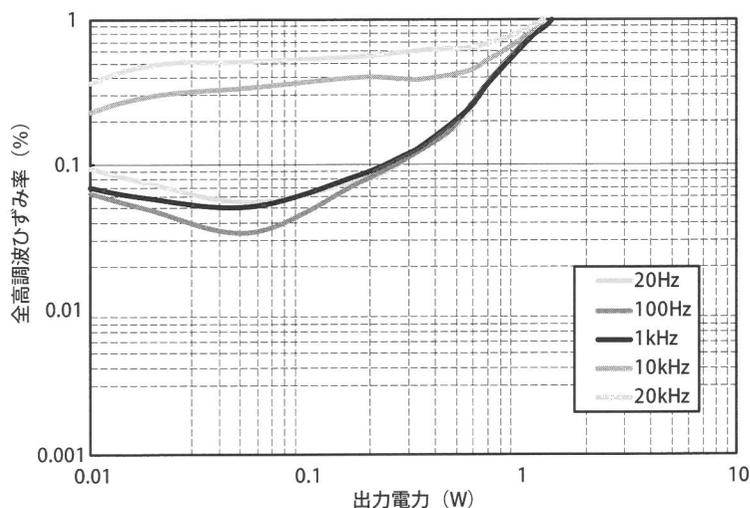
〈第9図〉出力別の周波数特性。最大出力でカットオフは 100kHz



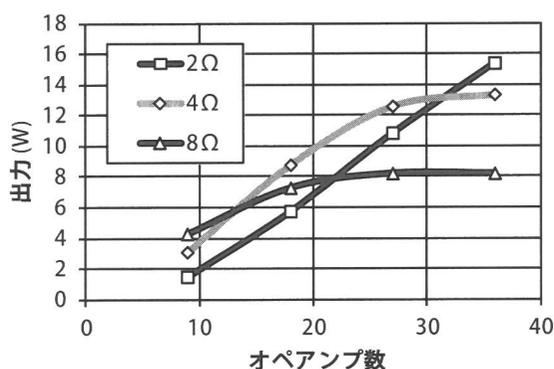
〈第10図〉負荷 8 Ω での周波数別の雑音ひずみ率特性



〈第11図〉負荷 4 Ω での周波数別の雑音ひずみ率特性



〈第12図〉負荷 2Ωでの周波数別の雑音ひずみ率特性



〈第13図〉オペアンプの数と出力の関係、4Ωn 負荷でも12コ並列くらいが最適

kHzが大きくなっていますが、出力段のドライブ電流が不足しているためと考えられます。前作オペ・パワー・アンプよりもひずみが増加していますが、これはパラレル数が少ないために、オペアンプ1つあたりの負荷が重くなっているからでしょう。いずれにしても、オペアンプにとっては想定外の低負荷抵抗値ですが、聴感上まったく問題ありません。

本機の例ではありませんが、パラレル・ワールド基板を±15.0Vの定電圧電源で駆動したときの、並列接続枚数による出力変化を第13図に示します。この場合、1枚の基板で3.1W出力(4Ω負荷)となります。

また、パラレル・ワールド基板は入出力を並列に接続できます。2枚、3枚と並列数を増やすと4Ω負荷で

は8.8W、12.6Wと出力は増加します。これ以上は出力電圧の限界となりますので、4枚に増やしても13.4W止まりです。出力増加を狙うのであれば、3枚並列が妥当でしょう。

もちろん、電源トランスはそれぞれの基板に+-の2個を用意します。電源CRフィルタは聴感上効果ありますが、電源トランスの分離はそれ以上の効果をもたらします。

オペ・パワー・アンプよりも透明感のある音

前作のオペ・パワー・アンプよりも、さらに透明感のある音です。ひずみが増えているのに音がよくなるはずがない、などと数字信奉者から批判されそうですが、私は自分の聴

感を信じます。パラレル・ワールド基板のオペアンプ数を変えれば、クリップさせない限り、同一条件で、ひずみ率変化による音の差が体験できます。が、「数字信奉者にもひずみの増減は聴こえない」と断言します。

音が変わったのには、トロイダル・トランスからEIコア・トランスに変更したことも効いています。さらに、電源CRフィルタの効果が大きです。多数をパラレル接続すると、よくいえばにぎやかに、悪くいえば騒がしさが生じるのですが、派手さが抑えられます。電源フィルタのRをシャントすればCRフィルタをなくせますが、透明度が違いますので、省略できません。

あるかたの評価、「DACのすぐ後にヘッドホンをつないで聴いたのと同じ情報量が、ちゃんとスピーカから出ている不思議なアンプ」は、まさにそのとおり、と感じます。よい音のしないパワー・アンプです。いろいろ妥協していますが、まだまだ可能性のある方式と思います。

パラレル・ワールド基板は、イーディオ (info@aedio.co.jp) より販売しています。ぜひお試しください。

【参考資料】

- ①別府俊幸「オペ・パワー・アンプを作る／ラジオ技術」2013-3, pp.50-55
- ② MUSES02 ③ MUSES8820
- ④ NJM4580 データシート, 2009(以上, 新日本無線)
- ⑤ CRD データシート SEMITEC, 2011 http://www.semitec.co.jp/2011/03/02/products/led_device/crd_113I_all.pdf
- ⑥パラレル・ワールド基板組立て説明書, AEDIO, <http://www.aedio.co.jp/beppu/RG/PW-P2Manual.pdf>