

ディスプレイ付き電子ボリュームを使用 イーディオEVR-4ヘッドフォン・アンプの製作

製作★別府俊幸

●本文製作記事参照



◆今やヘッドフォン/ヘッドフォン・アンプ関連製品はオーディオ界の救世主?製品は星の数ほど存在する



ディスプレイ電子ボリュームつき ヘッドフォン・アンプ の製作

別府俊幸



●電子ボリュームとしても使えます

電子ボリュームでもボリュームの位置を確認したい

電子ボリュームの問題の1つは、ボリュームの位置がわからないことです。部屋で使っているときにはだいたい同じくらいのボリューム位置で使うのですから、パワー・オフし

た前のポジションを記憶していれば実用になります。しかし、夜中と昼間ではボリューム・ポジションは異なります。やっぱり位置が見えると便利です。

わが家ではEVR-3電子ボリュームに、ディスプレイ・ユニット DISP-1を組み合わせ使っていま

す(写真A)。リモコンも使えますので、使い勝手は良好です。しかしこのディスプレイ・ユニット、小さなケースに押し込むには大きすぎです。ですが、これよりディスプレイを小さくすると、文字が私の目には見えなくなってしまいます。電子ボリュームの設定位置をLEDで表示できればと、EVR-3を開発しているときから考えていました。

最初の試作は、0.4mm厚の白色プリント基板にチップLEDを取り付けたものです(写真B)。丸形の白色基板をパネルの外側から取り付けます。しかし、試作はしたものの、白色基板とパネル内側のEVRとの接続が極めて難しく、ラインがはずれて修理不能となってしまいました。

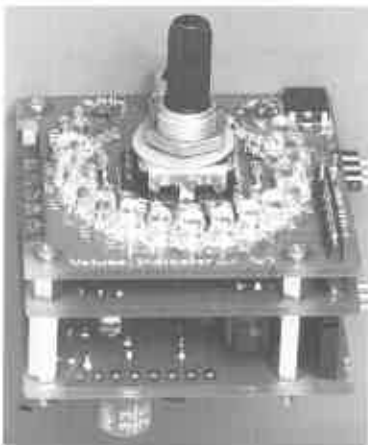
そこで、EVR-3にディスプレイ基板を加える方法を考えました。この方法ではLEDがパネルの裏側に来ますから、パネルに多数の穴を開けなければなりません。が、見かけはすっきりとします。試作基板も作りました。しかし、チップLEDを取り付けた基板がパネルから5mm奥まっていたため、チップLEDの光が他の穴からも漏れてしまい、点灯していないLEDが光っているように見えてしまいました。

それならば、チップLED基板がパネルのすぐ後ろに位置するようにすればよいだろう、と考えたのですが、適切な位置に固定するためのピン・ソケットが見つかりません。

以上の失敗(じつは他にも複数あります)を経て完成したのがEVR-4です。

LEDボードを追加し EVR-4

EVR-4は、EVR-3にLEDボードを追加した構成です(写真C)。そしてLEDがパネルのすぐ後ろに位置できるように、ディスプレイ・ボードにロータリー・エンコーダを配



▲《写真A》
上が本機、下がディスプレイ・ユニット
DISP-1つきEVR
(2013年5月号参照)

▲《写真B》試作したディスプレイ・ボード

▲《写真C》
EVR-4ディスプレイ
つき電子ボリューム

置しました。

EVR-3の減衰量は、 $-\infty$ 、 -60 、 -58 、 -56 、 \dots 、 0 、 $+2$ 、 $+4$ 、 $+6$ 、 $+8$ dBの36ステップです。直径30mmのつまみを使用すると考えれば、直径32~35mmの円周上にLEDを配置するとカッコよく並びます。チップLEDを使えば並べられないことはないのですが、パネル側の穴開けが不可能となります。3mmのLEDでは寸法的に入りません。

そこでLED表示は $-\infty$ 、 -60 、 -56 、 -52 、 \dots 、 0 、 $+4$ 、 $+8$ dBの4dBステップとしました。このときLEDは19個となります。ロータリー・エンコーダのステップは 15° ですから、これに合わせると表示範囲も 270° となり、よい感じでした。

しかし、電子ボリュームの動作ステップを単純に間引いたのでは、間引かれた2dBステップがわからなくなります。点灯している最上位のLEDの明るさを半分にした表示も

試みましたが、他のLEDが光っていると区別できません。

そこで、中間点では左端の赤色LED($-\infty$)を一瞬光らせ、EVRの応答を示すことにしました。一瞬光ってくると“動作した”との感覚が伝わります。

LED色は、左端($-\infty$ あるいはMUTE)と、右端(+8dB)を赤色として、 -60 、 -40 、 -20 、 0 dB表示は緑色、他は青色として、色で減衰量を直読できるようにしました。

また、EVR-4はDISP-1と同じくりモコン(マルツパーツ、LV2-RE-MOCON)を用いて操作できるようにしました。

ヘッドフォン・アンプの構成

写真DにEVR-4搭載ヘッドフォン・アンプの内部を示します。第1図に電源構成を、第1表に使用部品を示します。参考として部品価格と購入店を示しますが、価格は変動す

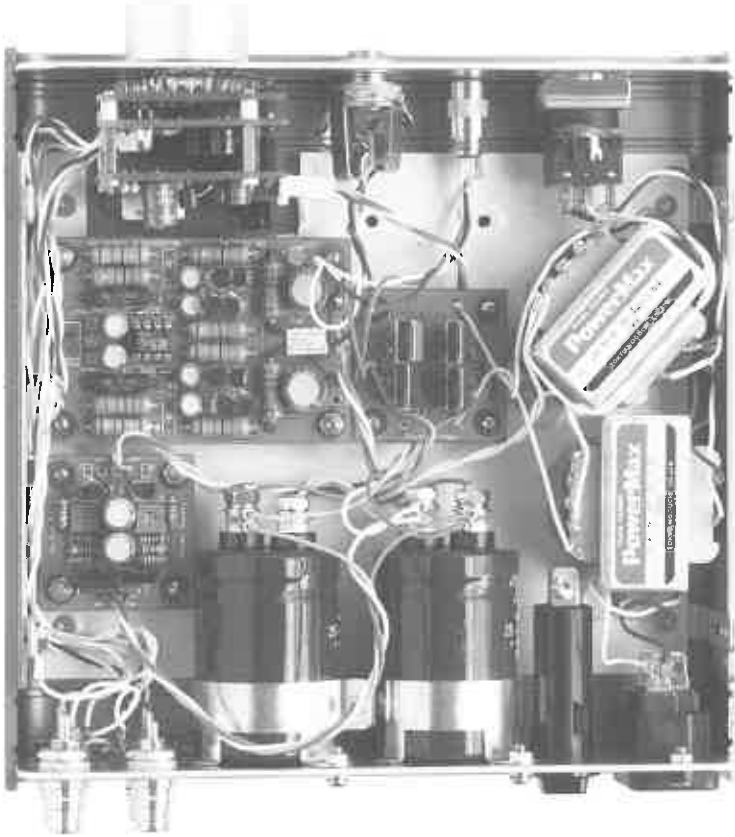
ることもありますので、購入の際に再度確認してください。

電源は、ノグチトランスPM1203を2個使用したプラス・マイナス独立トランス構成です。MUSES 02も、その内部は差動アンプ+エミッタ・フォロワ構成です。ディスクリートの差動アンプ+エミッタ・フォロワ構成では、プラスとマイナスの電源トランスを分けることにより音場感は広がり、音像定位感がはっきりとします。MUSES 02でも同じ傾向を感じます。

トランスの2次側は、富士電機ESAC85-009ショットキーバリア・ダイオードを用いてブリッジ整流しました。ESAC85-009は以前に購入していたものが押し入れから大量に発掘されたので、使いました。常用のERC84-009と同じ音に聞こえます。ダイオード・チップの設計が同じためでしょうか。ダイオードは、イーディオB0ブリッジ基板に取り付けます。

電源ケミコンは日本ケミコンKMH 25V 15000 μ Fです。まったくワイド・レンジ感のないコンデンサですが、中音域の実在感は、ネジ端子式でしか聴こえないものがあります。

EVR-4の電源電圧は ± 16 V~ 23 Vです。しかしプッシュプル・エミッタ・フォロワに使用する2SA950/2SC2120は、最大コレクタ



〈写真D〉EVR-4を搭載したヘッドホン・アンプの内部

エミッタ間電圧 V_{ce0} が 30V しかありません。ですから、電源電圧は $\pm 15V$ 未満でなければなりません。かといって、これより大きくて、同等のクオリティを再生できるトランジスタを知りません。さらに 2SA950/2SC2120 の最大コレクタ損失

PD も 600mW しかありませんから、電源電圧は高くたくありません。

そこで EVR-4 には電源ケミコン端子から直接電源を供給し、ヘッドホン・アンプにはレギュレータで $\pm 8V$ を作って供給しました。

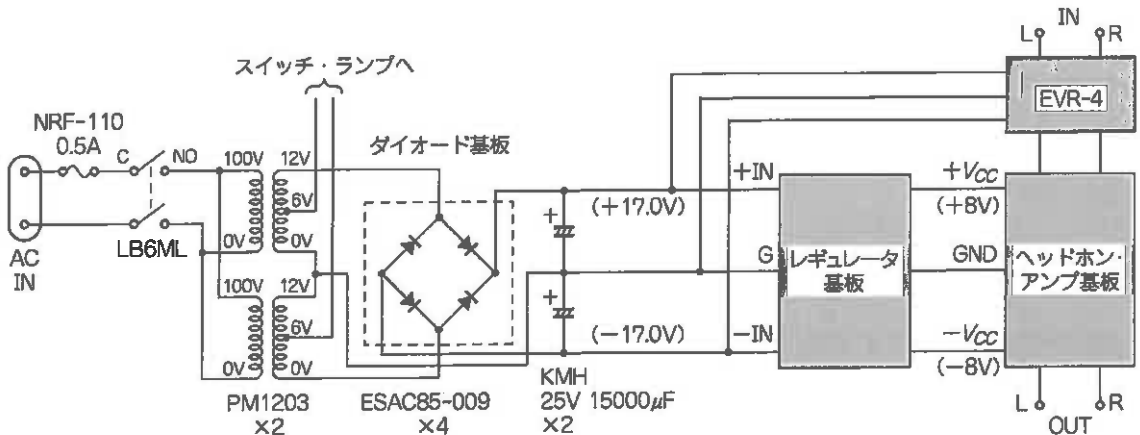
EVR-4 の出力は、ヘッドホン・

アンプとウラ・パネルの出力端子に並列接続します。ヘッドホン・アンプとしてだけではなく、電子ボリュームとしても使えるように、との欲張り設計です。

ヘッドホン・アンプとしての出力は、フロント・パネルに取り付けた 1/4 インチと 3.5mm のジャックに接続します (写真 E)。このミニのジャック、スイッチクラフトの中継用ジャック 35LJN が今回の目玉です。いろいろと試しましたが、ミニ・ジャックは例外なく音が壊れて、音と音の間にすさまじい風が吹くかのように聴こえます。ミニ・ジャックのヘッドホンも、変換コネクタを使用して 1/4 ジャックに挿入した方が、しっかりとした音を聴かせてくれます。

ところがミニ・ジャックにもかわらず、35LJN は 1/4 ジャックに近いクッキリとした音を聴かせてくれます。中継用のメタル・ボディに収められ、接点がしっかりと保持されていることが音に効いていると考えます。

ただし、もともと中継用のジャックですので、パネルに取り付けるナットがありません。仕方ありませんので、他社ジャックに附属している M6P0.5 リング・ナットを流用し



〈第1図〉電子ボリュームつき EVR-4 ヘッドホン・アンプの電源構成

品名	メーカー	型式	数量	単価	小計	購入店	備考
電子ホリウム							
	AEDIO	EVR-4	1	¥30,240	¥ 30,240	AEDIO	限定受注生産
ヘッドホンアンプ基板							
アンプ基板	AEDIO	H0	1	¥ 2,376	¥ 2,376	AEDIO	
ICソケット	PreciDip	110-83-308-41-001101	1	¥ 53	¥ 53	コバデンネット	
OPアンプ	新日本無線	MUSES02	1	¥ 3,400	¥ 3,400	秋月電子	I-03417
トランジスタ	東芝	2SA950Y	4	¥ 200	¥ 800	秋月電子	TR3, TR4, TR7, TR8, 20個入り袋 I-02730
トランジスタ	東芝	2SC2120Y	4	¥ 200	¥ 800	秋月電子	TR1, TR2, TR5, TR6, 20個入り袋 I-02732
R	ビシエイ・デール	NS-2B 620Ω	2	¥ 442	¥ 884	海神無線	R1, R6
R	タクマン電子	REY-75 510Ω	2	¥ 74	¥ 148	千石電商	R2, R7
R	タクマン電子	REY-75 2.4kΩ	2	¥ 74	¥ 148	千石電商	R3, R8
R	タクマン電子	REY-75 3.3kΩ	4	¥ 74	¥ 296	千石電商	R4, R5, R9, R10
R	タクマン電子	REY-75 10Ω	2	¥ 74	¥ 148	千石電商	R12, R13
C	サンヨー OS-CON (SP)	4V270 μF	4	¥ 200	¥ 800	AEDIO	C3, C4, C5, C6
C	サンヨー OS-CON (SPS)	16V 100 μF	2	¥ 200	¥ 400	AEDIO	C7, C8
C	サンヨー OS-CON (SP)	16V 270 μF	2	¥ 300	¥ 600	AEDIO	C9, C10
リレー	OMRON	G6K-2P DC12V	1	¥ 560	¥ 560	Mouser	653-G6K-2P-DC12 (為替により価格変動)
ダイオード		1N4148	1	¥ 100	¥ 100	秋月電子	D1, 50本入り袋 I-00941
LED	スタンレー	EBG3402S	1	¥ 100	¥ 100	秋月電子	LED1, 20個入り袋 I-03459
レギュレータ基板							
レギュレータ基板	AEDIO	R0	1	¥ 935	¥ 935	AEDIO	
トランジスタ	東芝	2SA1930	1	¥ 124	¥ 124	Mouser	TR2, 757-2SA1930 (為替により価格変動)
	東芝	2SC5171	1	¥ 124	¥ 124	Mouser	TR1, 757-2SC5171 (為替により価格変動)
IC	新日本無線	NJM431	2	¥ 30	¥ 60	秋月電子	TR3, TR4, I-00431
R		金属皮膜1/4 W 470Ω	2	¥ 32	¥ 64		R1, R5
		金属皮膜1/4 W 12kΩ	4	¥ 32	¥ 128		R4, R6, R9, R10
		金属皮膜1/4 W 30kΩ	2	¥ 32	¥ 64		R2, R8
VR	Bourms	3362P 2kΩ	2	¥ 40	¥ 80	秋月電子	R3, R7, P-03273
C	サンヨー OS-CON (SPS)	16V 100 μF	2	¥ 200	¥ 400	AEDIO	C1, C2
電源							
トランス	ノグチ	PM-1203	2	¥ 935	¥ 1,870	ノグチトランス	
電源ケミコン	日本ケミコン	KMH25LGSN15000M	2	¥ 2,160	¥ 4,320	三栄電波	
整流ダイオード	富士電機	ESAC85-009	4	¥ 972	¥ 3,888	AEDIO	ケースとセット
ブリッジ基板	AEDIO	B0	1	¥ 972	¥ 972	AEDIO	
ケース・外装							
ケース&シャーシ	AEDIO		1	¥20,520	¥ 20,520	AEDIO	限定受注生産
スイッチ	IDEC	LB6ML-A1T64PW	1	¥ 3,260	¥ 3,260	IDEC	
ブレーカ	IDEC	NRF110-0.5A	1	¥ 985	¥ 985	IDEC	
3Pステレオジャック	スイッチクラフト	#12B	1	¥ 245	¥ 245	Mouser	502-12B (為替により価格変動)
3Pミニジャック	スイッチクラフト	502-35LJN	1	¥ 1,117	¥ 1,117	Mouser	502-35LJN (為替により価格変動)
ACインレット	エコー電子	AC-P01CF01	1	¥ 140	¥ 140	マルツパーツ	
ACケーブル		C-01701	1	¥ 250	¥ 250	秋月電子	C-01701
つまみ	Linkman	30X15BRPS-7-6.3	1	¥ 580	¥ 580	マルツパーツ	
RCAジャック	スーパーロンピンジャック	赤、白セット	2	¥ 4,095	¥ 8,190	若松通商	26020005
スベーサ	広杉計器	B5B-307E	12			広杉計器	M3 7ミリ
ネジ		M3×5	12				
		M3×8	10				
ナット		M3	22				
圧着端子	日本圧着端子	R1.25-5	12				
	日本圧着端子	R1.25-3	2				
電線	協和ハーモネット	UL3265-24 L2×7	1	¥ 480	¥ 480	秋月電子	P-06756
合計					¥ 85,561		

(第1表) EVR-4ヘッドホン・アンプの部品一覧表(価格は筆者購入時のもの)

て取り付けます。

なお、35LJNジャックには金メッキ・タイプもありますが、音的にはシルバーが良好です。35LJNはMouser (<http://www.mouser.jp/>) から購入しています。しかし香港からやって来るので、ジャック代の倍くらいの送料が煩です。

1/4ジャックは、スイッチクラフト12Bです。こちらも構造が音を決めていると感じます。同社にはカバーの付いたモデルもありますが、音がフニャッとします。見ると、接点材の板厚が違います。また、12Bに金メッキしたかのような模造品を

見かけますが、オリジナルには遠くおよびません。接点材料が劣るうえに、金メッキ(の下地?)がよくないのでしょう。

入力端子は、無酸素銅削り出しのスーパーロン・ピンジャックです。そっくりの形状の安価な品がありますが、音はぜんぜん違います。

ヘッドホン・アンプ回路

ヘッドホン・アンプ回路を第2図に示します。拙著『OPアンプ MUSESで作る高音質ヘッドホン・アンプ1』に示したものと同一構成です(この拙著もご覧いただくと嬉

しいです)。新日本無線 MUSES 02 を用いて、Tr2/Tr4の2SA950/2SC2120のエミッタ・フォロワ・プッシュプルをドライブします。

MUSES 02は改めてご紹介するまでもないと思いますが、新日本無線ミュージック・シリーズのフラグシップ・モデルです。ディテール再現に優れ、オペアンプとは思えない伸びのあるクリアなサウンドを聴かせてくれます。しかも MUSES 02は、100Ω負荷においても±6Vをスイングできる強力な出力段を有しています。これを生かしてエミッタ・フォロワをドライブします。

エミッタ・フォロワには、東芝2SA950/2SC2120を使用します。2SA950/2SC2120は、ヘッドフォンを駆動するために作られたかのようなトランジスタです。TO92サイズにもかかわらず、800mAものコレクタ電流を流すことのできるペアです。しかも音がよい。やや太めかなとも感じますが、細かな表現力を持ったトランジスタです。

ヘッドフォンのインピーダンスは、16～100Ωを想定します。16～48Ωの低インピーダンスでは最大電流100mAを、49Ω以上では最大電圧5Vを供給できるように考えます。最低の16Ωのとき、エミッタ・フォロワのトランジスタのhfeを100と想定すれば、この段の入力インピーダンスは約1.6kΩとなります。これにバイアス回路のR4とR5の3.3kΩが並列になりますので、オペアンプの負荷は800Ωです。

第3図にMUSES 02の±15V使用時の最大出力電圧対負荷抵抗特性2)を示しますが、800Ωでは電源電圧-2Vのスイングが期待できそうです。電源電圧は±8Vあればよいでしょう。

さて、第2図の回路に戻ります。左チャンネルで説明しましょう。

エミッタ・フォロワ段 Tr2/Tr4のアイドリング電流は、ダイオード接続された Tr1/Tr3のコレクタ電流によって決めます。Tr1とTr2、Tr3とTr4にそれぞれ同じトランジスタを用いれば、Vbe-IC特性も同じですから、Tr2/Tr4のコレクタ電流ICはTr1/Tr3によって決まります。ただしTr2/Tr4の方のエミッタ・コレクタ間電圧Vceが大きいですから、アーリ効果分だけICは増えます。ただし電源電圧は±8Vですから、仮にアーリ電圧を150Vとしても、

ICの増加分は約7%でしかありません。

ここで、Tr1/Tr3のコレクタ電流ICはR4とR5で決まります。電源電圧をVcc、トランジスタのベース・エミッタ間電圧をVbeとすれば、

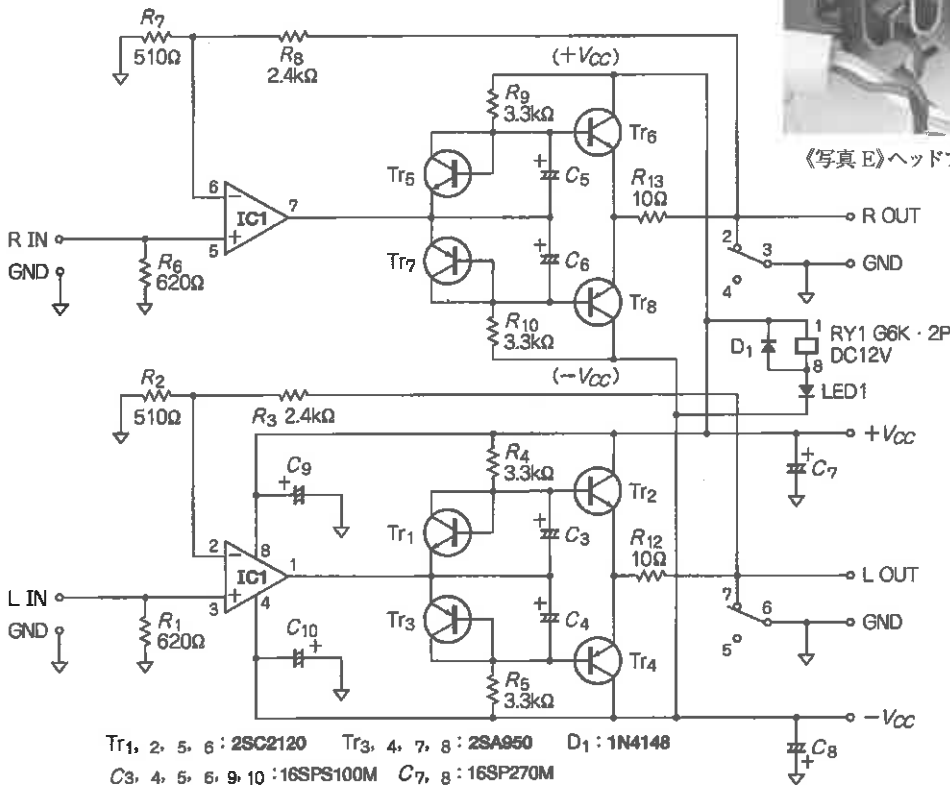
$$I_{C2} = I_{C3} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{8} = \dots\dots(1)$$

です。

経験的にここは20mAくらい流したいのですが、前述のとおりR4とR5はオペアンプの負荷となりますので、電流を流せば流すほど負荷は重くなります。それから発熱も増えます。トランジスタも小さなTO-92です。そこで3.3kΩとしました。電流は約2.2mAです。

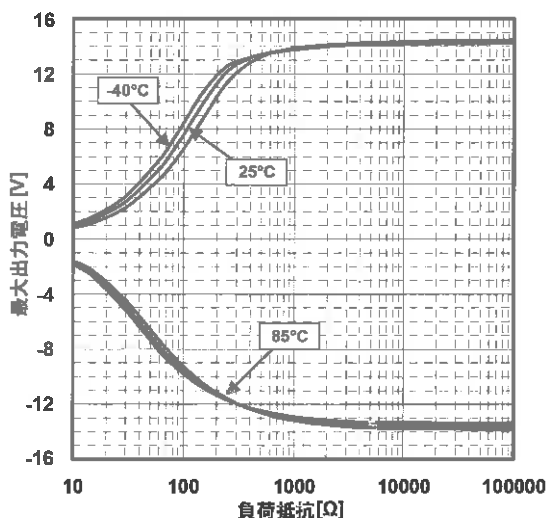


《写真E》ヘッドフォン・ジャックへの配線



《第2図》ヘッドフォン・アンプ部の全回路図

Tr1, 2, 5, 6 : 2SC2120 Tr3, 4, 7, 8 : 2SA950 D1 : 1N4148
C3, 4, 5, 6, 9, 10 : 16SPS100M C7, 8 : 16SP270M



〈第3図〉
NJM MUSES02 オペアン
プの最大出力電圧対負荷
抵抗特性. 電源電圧は±
15V(データシートより)

なお、トランジスタの V_{be} -IC 特性は温度によって大きく変化します。おおむね 10°C 温度が高くなれば、同じ V_{be} でも IC は 2 倍になります。IC が大きくなればトランジスタの自己発熱も大きくなり、さらに温度が高くなり、またまた IC が増えます。これを繰り返すループが熱暴走です。熱暴走を起せば、発煙するか、パッケージが割れるまで止まりません。どちらにしても、トランジスタはあの世へ旅立ってしまいます。

したがって、Tr2/Tr4 のアイドルリング電流を Tr1/Tr3 によって決めるためには、これらのトランジスタを同じ温度に保たなくてはなりません。そこで、Tr1 と Tr2, Tr3 と Tr4 を瞬間接着剤で接着して熱

結合します。

余談ですが、拙著と同じような説明を記したところ「トランジスタを接着しても温度は同じにならないからやってもムダだ」とケチをつけたうえに、「動作が安定しない。設計がおかしい」と文句をつけてきたクレーマーがいました。「頭の悪い奴ほど 1 つのことを考えるとほかに考えが及ばなくなる」との恩師の言葉を思い出しました。

もちろんトランジスタを接着しても、チップ温度がぴったり同じになることはありません。そもそも 1 つの IC チップの上でも温度勾配は生じます。ちなみに MUSES オペアンプは、IC チップ上の温度差にも配慮した設計がなされています。1 つ

のケースに入ったデュアル・トランジスタであっても、トランジスタの消費電力の差によって温度差が生じます。

当然、エミッタ・フォロワの出力電流が大きくなれば発熱も大きくなります。Tr1/Tr3 との温度差も大きくなります。ここでパッケージを熱結合していれば、発熱に応じて Tr1/Tr3 の温度も上昇します。温度が上昇すれば V_{be} は減少し、Tr2/Tr4 のコレクタ電流を減らします。これに対して、もし熱結合していなければ Tr1/Tr3 は温度上昇せず、 V_{be} もそのままです。コレクタ電流は増加し、最悪の場合、熱暴走に至ります。

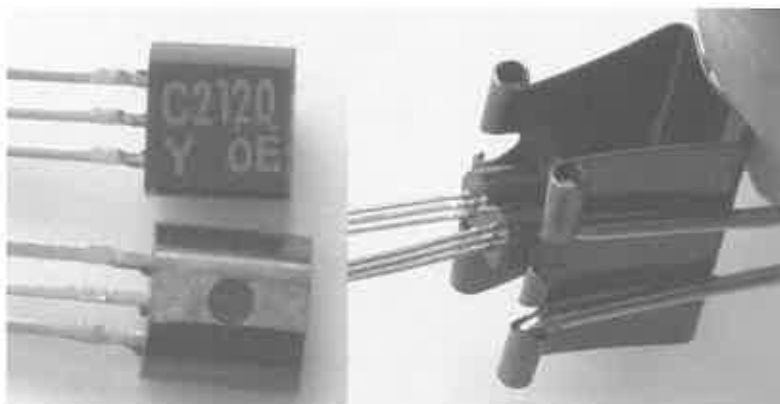
熱結合には、Tr1/Tr4 側のトランジスタの丸い背中を、削り幅が 3 mm くらいになるまでヤスリで削り、アロンアルファなどのシアノアクリレート系の瞬間接着剤、またはエポキシ接着剤を用いて接着します(写真 F)。

さて、この回路の音の秘密は C3/C4 にあります。C3/C4 は、なくても動作します。しかし、ないと音が空虚になります。MUSES 02 の出力を正しく Tr2/Tr4 の 2SA950/2SC2120 に伝える要めです。

カップリング・コンデンサは、音質に大きく影響します。このためカップリング・コンデンサを忌み嫌う人たちもいます。かくいう私も、できれば使いたくないと思っているひとりです。

ところが pn 接合は、カップリング・コンデンサ以上に音に影響する非線形要素です。独特の瘦せた音を附加します。

ダイオード接続された Tr1/Tr3 は、バイアス電源として絶対に必要ですが、Tr2/Tr4 から見れば信号系に直列に入る pn 接合です。オペ



〈写真 F〉トランジスタの外を削り、クリップで挟んで接着する

アンプによって回路には強力にフィードバックがかかっていますから、出力波形を観測したとてわかりません。しかし、音は変わります。正弦波や方形波の出力写真をいかに眺めたところで、音は見えません。

そもそも、フィードバック・ループに入っていようと、オープン・ループであろうと、コンデンサを交換すれば音は変わります。C3/C4は、音のよいコンデンサを使用し、交流信号を非線形要素からバイパスさせます。

ベストはBG-PK 4V 220 μ Fで多田オーディオに在庫があるようです(<http://www.7b.biglobe.ne.jp/~tda/BG.html>)。10V 100 μ Fでも構いません。私には同じ音に聞こえます。BGはOS-CONよりも低域の厚い重心の低い音を聴かせてくれます。

第2候補は、今回使用したOS-CON 4SP270M (4V 270 μ F)です。BGほどの低域の厚みはありませんが、極めてクリアな音です。

ちなみにこのOS-CON、オーディオ氏が香港で見つけてくれました(<http://www.aedio.co.jp/beppu/201404/OS-Con-Nyuuuka.pdf>)。

ところで疑ってはいけませんが、かの国は模造品の大国としても知られています。きっと贋物だろうと(やっぱり疑っている!)、リード線に磁石を近づけると、意外や意外、くっつきません。非磁性リードのSPシリーズをきちんと真似ています。ここまでコピーするとはりっばです。

リードを触っただけでわかるMUSES オペアンプのインチキ品とは違います。MUSESの足はメチャメチャ柔らかいです。柔らかすぎてソケットに入れるときにも注意が必要です。

でも音まではコピーできてないだろう、と思って試聴しましたが、私

の耳にはOS-CONサウンドに聞こえます。アキバのK無線で買い占めたOS-CONと同じ音がします。

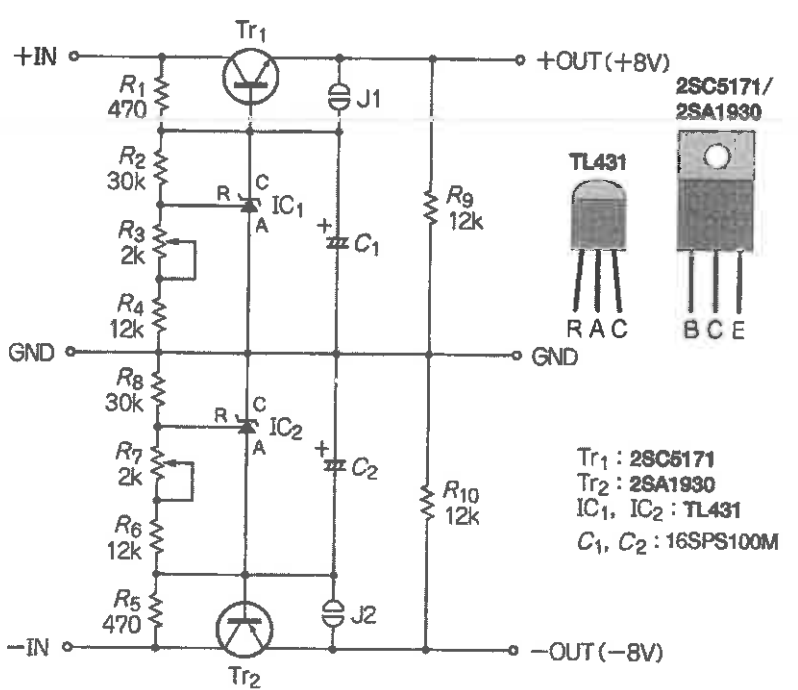
私は自分の聴感しか信じませんが、どうやら本物かもしれません。まあ、偽物であろうと音がよければOKです。南の島のASC X363もどきのように、違いが聴けると不幸になります。ただしX363もどきは、リード線も磁性体でした。

パソコンにもOS-CONを使用しました。オーディオのヘッドホン・アンプ基板は、オペアンプの電源とトランジスタの電源を分けて供給できるようになっています。こんな凝りすぎの設計をしたのは私ですが、今回はまず“ケースの大きさありき”で設計しましたので、電源トランスを分けることはできません。凝りすぎた基板のジャンパSJ1とSJ2を接続して電源を共通にします。パソコンのC7とC8は16SP270M (16V 270 μ F)を、C9とC10は16SPS

100M (16V 100 μ F)を使用しました。ヘッドホン・アンプのゲインは、R2とR3に510 Ω と2.4k Ω を用いて+15.1dBとしました。EVR-4にもゲインがありますから、R3をもう少し下げた方がよかったかもしれませんが、絞るとやせ細ったカスカスの音になるアナログVRのようなことはありません(これがEVRのもっともよいところですが!)、それでも、余分なゲインをボリュームで絞る使いかたは、S/Nを悪化させます。

R12は出力保護用です。ヘッドホン・ジャックが抜けかかった状態では、出力が短絡されることがあります。このとき、トランジスタに過大電流が流れて焼損することがあります。それに対する電流制限の働きをします。

R1は回路の入力抵抗ですが、EVR-4から見れば負荷となる抵抗です。この回路で最も音に影響する抵抗です。ここはビシェイ・デール



(第4図)電源回路

NS-2Bを使います。R1は回路図では620Ωとしていますが、海神無線で品切れだったため560Ωを使用しました。

その他の抵抗は、タクマン電子オーディオ用金属皮膜抵抗REY 75です。容量は1W。もちろんこの回路に1Wの抵抗は必要ありませんが、1/4Wよりも1/2W、1/2Wよりも1Wの方がしっかりとした音を聞かせてくれます。抵抗は大きい方がよい音になる、という経験則のとおりです。

レギュレータ回路

第4図にレギュレータ回路を示します。2SA1930/2SC5171を用いた1石レギュレータです。新日本無線NJM431シャント・レギュレータを用いてトランジスタの基準電圧を作ります。3端子レギュレータを使えば簡単ですが、音は一気に安物

になってしまいます。

シャント・レギュレータにはOS-CON 16SPS100Mを並列に使用します。このコンデンサも音に効きます。使用しないと、ざわついたような、見通しの悪い音になります。

結局のところ、電圧制御トランジスタに何をを使うか、このトランジスタのベース電位をどれだけ安定化させるか、でレギュレータの音は決まります(そんな気がします)。

3端子レギュレータの内部には、出力電圧を変動させないようにフィードバック・ループが構成されています。このフィードバック・ループの音が聴こえてしまうのではないかと考えています。シャント・レギュレータにもフィードバック・ループはありますが、431はループの設計が音的によかったのでしょう。

レギュレータには、オーディオR0基板を使います。2SA1930/2SC

5171はTO-220パッケージですが、基板のTR1(2SC5171)とTR2(2SA1930)にはTO-92パッケージのシルクが示されています。BCEの足の並びが逆になりますので、シルクの丸い方にトランジスタの文字面が来るように取り付けます。

組立て

基板の組立てでは、部品の取り付け位置とトランジスタ、コンデンサの向きに注意してください。

ICソケットはPreciDip社のものを使用しました。下手なICソケットを使うと、音も痩せてしまいます。PreciDip社は、きちんとICリードをくわえ込む構造となっているためか、音質劣化も小さいです。作ってから思いましたが、MUSESは足が柔らかいので、ICソケットを使わない方がよいでしょう。

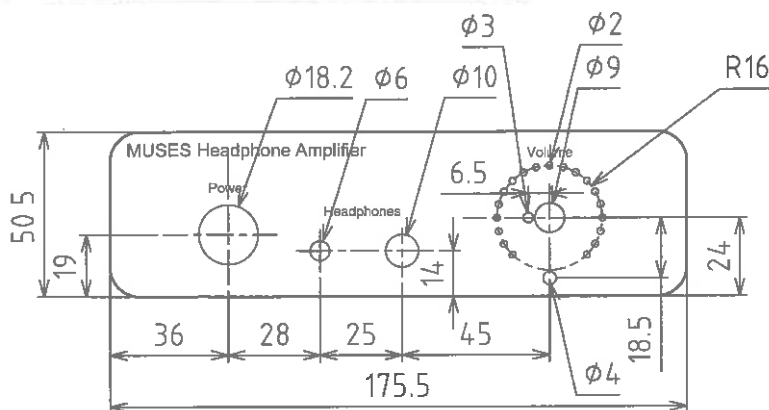
なお、「出力段のエミッタ・フォロワのプッシュプル回路に使用するコンプリメンタリ・トランジスタのhFEを揃える」とするアンプ製作記もありますが、揃えても音はよくなりませんので、選別不要です。というのが、かつては100本もトランジスタを買い込んで選別していた私の経験です。

ケースはタカチ電機UCSフリーサイズ・ケースを特注して、180×55×180サイズとしました。内部に1.5tのシャーシをセットし、電源トランスおよび基板をシャーシに取り付ける構造です。第5図にケース加工図を示します。ケースは若干の余分を作りましたので、興味ある方はAE-DIO社までお問い合わせください。

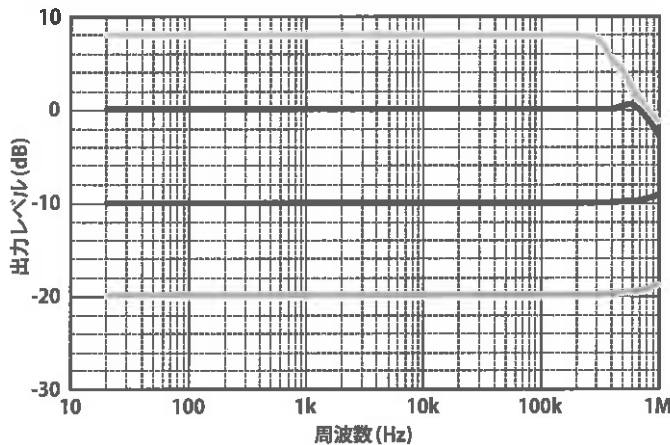
シャーシは1.5tのアルミ板で作りました。シャーシとケース底板の隙間が3mmちょっとしかありませんので、M3ネジはシャーシ下面から通します。基板は7mmのスペー



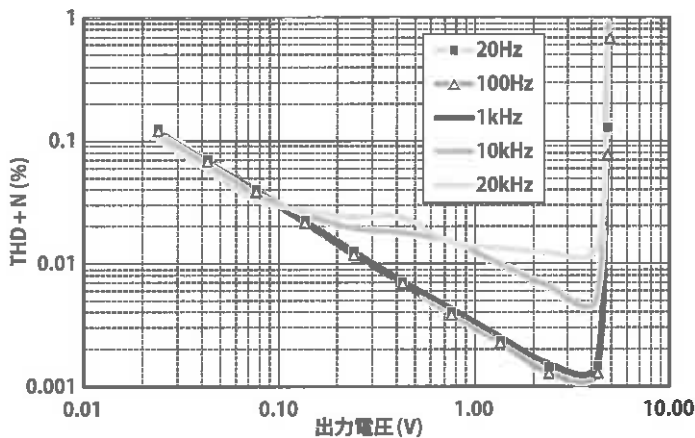
《写真G》
ケースへは、シャーシ取り付け金具を使ってグラウンド・アースをとる



《第5図》フロント・パネルの加工図



〈第6図〉EVR-4の周波数特性



〈第7図〉EVR-4の雑音ひずみ率特性

サを用いて固定しました。

写真Gに示すように、シャーシ・グラウンドは、左チャンネル入力端子のグラウンドから、シャーシ取り付け金具とリア・パネルのコンデンサを固定するネジに接続します。UCSはメタル・ケースですが、アルマイト処理されているため、フロントおよびリアのパネルと上下のカバーは導通しません（上下のカバーはネジで固定すると導通します）。

フロント・パネルは、ヘッドフォン・ジャックによってグラウンドに接続されます。標準ジャックとミニ・ジャックの2箇所で接地することになりますが、ハム・ノイズは聴こえません。標準ジャックとミニ・ジャックへは、ヘッドフォン・アンプ基板

からそれぞれラインを接続します。

電源スイッチは24V用のランプ(LED)内蔵ですが、24Vでは明るすぎますので、12Vを供給しています。

接続には、協和ハーモネットUL3265のAWG24サイズを使用しました。メッキ撚り線です。音的には可もなく不可もなし、です。被覆が薄く熱にも強いので、作業性は極めて良好です。

動作前に配線を確認

配線をよく確認し、テスターで電源ラインとシャーシが絶縁されていることを確かめます。ケミコン端子間が短絡していないことを確認し、すべてのグラウンド(入出力RCA端子、ヘッドフォン・ジャック、シャーシ)が導

通していることを確かめます。

スイッチをオフしたときにACプラグ間の抵抗は無限大、オンしたときに約75Ωとなります。

電源をオンし、ケミコンの端子電圧を測ります。本機はEVR-4を絞り込んだ状態で、AC電圧101.7VのときにDC電圧±17.0Vでした。EVR-4のLED点灯が増えるとプラス側が0.3Vくらい下がりますが、問題ありません。

レギュレータ出力を±8Vに合わせれば、他に調整はありません。

特性

第6図に周波数特性を示します。変則的ですが、220mVrms入力として、EVRを-20dB、-10dB、0dBおよび+8dBとして計測しました。+8dB時に300kHz付近からゲインが下がりますが、ヘッドフォン・アンプ回路のMUSES 02のスルーレートによる限界と考えられます。

第7図に33Ω負荷時のひずみ特性を示します。10kHz、20kHzがやや高くなっています。MUSES 02を低負荷インピーダンスで使用すると、この傾向が現れますが、音的には何の問題もないでしょう。

自分でいうのも何ですが、悪くありません。耳障りな音はありません。良好なバランスですし、なによりヴォーカルが美しく聴こえます。安心してお楽しみいただけたと思います。

それよりもEVRのポジションが見えるのが嬉しいです。便利です。

●参考資料

- (1) 別府俊幸『OpアンプMUSESで作る高音質ヘッドフォン・アンプ』CQ出版社、2013
- (2) 新日本無線、MUSES 02 データシート、2009