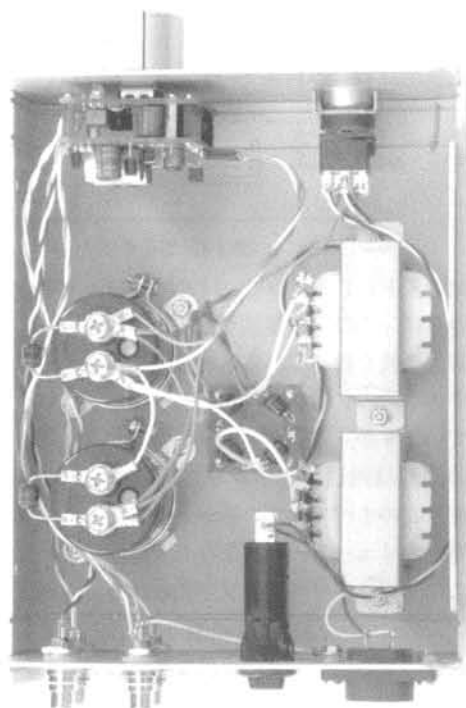
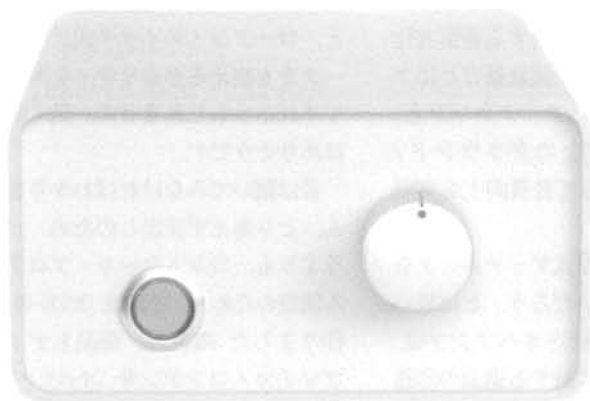


“ロータリ SW + デール抵抗” アッテネータの音質に迫る

高音質 電子ボリュームの 製作

別府 俊幸



ボリュームは必要悪(?)

ボリュームは、オーディオ・アンプにはなくてはならないデバイスです。しかし、音質面では問題の多いデバイスです。

機械式ボリュームは、抵抗体表面に機械的接点を接触させながら移動させます。このため、良好な音質と高い信頼性・耐久性を両立させることは困難です。加えて、抵抗体表面に高い接触圧を加えることができないため、接触抵抗による摺動ノイズやバネ材料の音圧による振動などの音質悪化要因もあります。

しかし、音量調節機構は再生装置に必要不可欠です。

ボリュームの音質に飽きたらならないオーディオ・マニアは、高音質ロータリ・スイッチを使用したステップ式アッテネータを使いたがります¹⁾。

私もマニアのはしくれとして、セイデン SD-45SG ロータリ・スイッチにビシェイ・デール NS-2B (一部だけスフェルニース YAM-22) を使用したアッテネータを使っています。T型アッテネータとすればなおよいことは知っていますが、28もの接点を使用していますのでP型で妥協しています。

信号は、最大28本もの抵抗を直列に通過しますが、それでも、一度アッテネータを使用すると、ボリュームには戻せません。ボリュームは絞るとクオリティも絞られたやせた音になりますが、アッテネータにはそれがありません。絞り込まないときには、音の輪郭が違います。何十年も前のテレビのCMにありましたが、まさに“クッキリはっきり”した音になります。

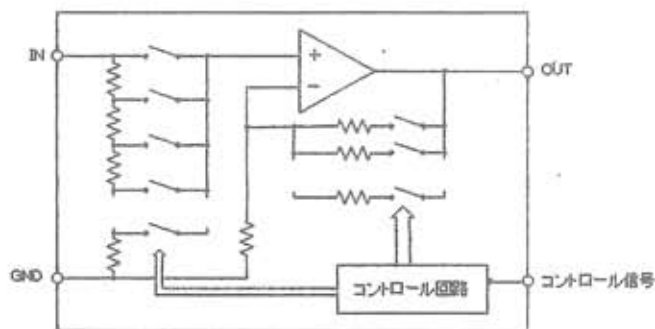
ところで、電子ボリュームはテレ

ビヤカー・オーディオなど広く使用されています。このままでは機械式のAカーブのボリュームがなくなってしまうのではないかと恐れていますが、幸いなことに、まだまだ入手できます。しかし音質的には、電子ボリュームは、機械接点を持ったボリュームに及びません。さらに、ゲイン調整するだけであっても、コントロール用マイコンが必要です。正直なところ面倒です。このため電子ボリュームは、オーディオ・マニアとは無縁のICでした。

電子ボリュームの構成

一般的な電子ボリュームは第1図に示すように、IC内部のアッテネータとオペアンプのフィードバック・ゲインを切り替えて音量調節します。

ゲインの切り替えに使用される



〈第1図〉電子ボリュームの一般的な構成

MOS-FETスイッチのON抵抗、さらに、このON抵抗が電圧依存の非直線性を持っていること、抵抗体そのものの音質などの問題点を持っていますが、電子ボリュームの最大の問題は内蔵オペアンプにあります。このオペアンプの音そのまま電子ボリュームの音となります。ここにふつうのオペアンプが使われていたのでは、他でどう頑張っても、音色の乏しい、やせた音になってしまいます。

ところで、新日本無線より発売されたMUSES72320は、同社のMUSESオペアンプを外付けにする電子ボリュームICです(第2図)。MUSES-72320は、MUSESオベ

アンプを外部に使用することにより、オペアンプに起因する音質劣化を最小とし、さらに減衰量ごとにブロック構成としたアッテネータと、アッテネータごとのグラウンド/GND端子によって音質向上を実現しています。

まさかステップ式アッテネータを超えることはないだろう、とは思いましたが、MUSESオペアンプは、私のオペアンプに対する過去の印象を完全にぬぐい去ったデバイスです。そこらの差動2段オペアンプ式ディスクリット回路よりは、ずっとよい音がします。

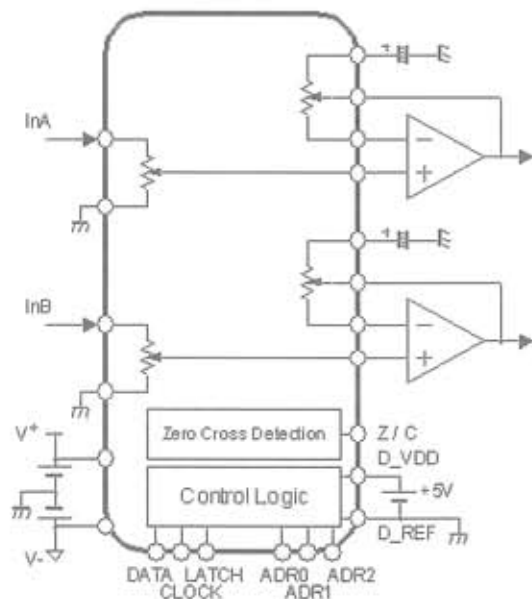
もちろんMUSESオペアンプにも固有の音色があり、音質の劣化があ

ります。しかしスイッチにも接点特有の音色があり、構造に起因する音質劣化があります。ロータリ・スイッチであっても、プリント基板に印刷された接点パターンを摺動子がなぞるタイプでは、MUSESオペアンプより音質劣化はずっと大きいと感じます(音質劣化の傾向はまったく異なります)。

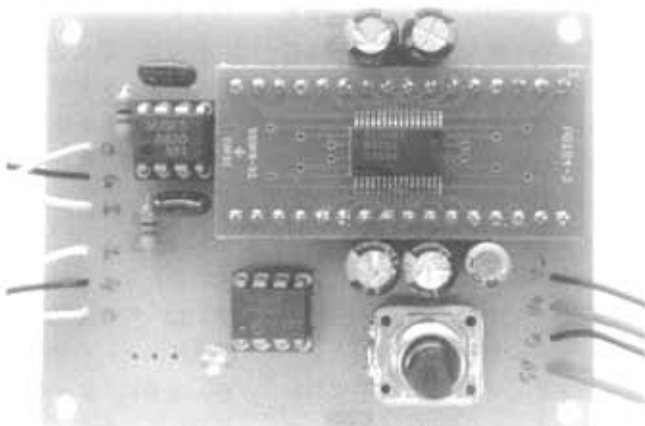
それならばMUSES72320は、機械式ボリュームはもちろんのこと、ロータリ・スイッチ式アッテネータをも超えるクオリティを再生してくれるかもしれません。試す価値はありそうです。

音は聴いてみなければわかりません。とりあえず音出しのため、というよりも、コントロール・プログラム開発のため、0号基板(EVR-0)を作りました(写真A)。部品もディップマイカ・コンデンサ(オペアンプのフィードバック・ループに積層セラミックを入れると、音は悲惨です)以外は汎用品を使用しました。ところが、この悪条件にもかかわらず、0号基板からはMUSES72320の優れた素性を聴き取ることができます。機械式ボリュームにはない透明感があります。

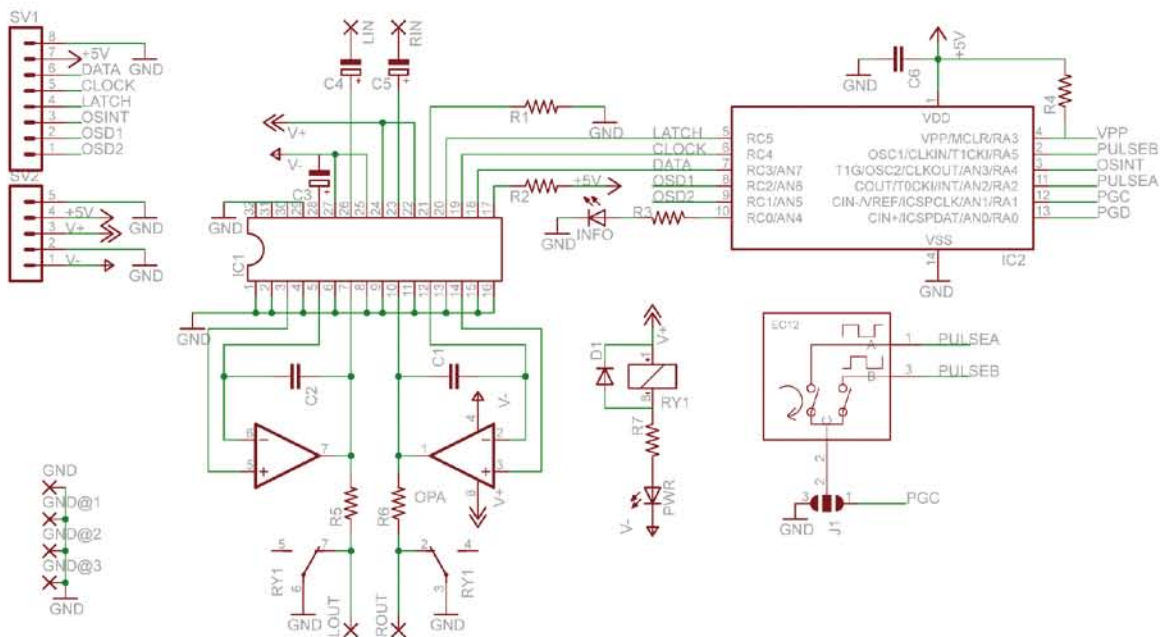
これはなんとか、スタンドアロンで使えるユニットにまとめたいと



◀(第2図) オペアンプMUSES72320のブロック図



〈写真A〉試作0号機のプリント基板



〈第3図〉AEDIO EVR-3 電子ボリュームの回路

ころです。

EVR-3 の考えかた

電子ボリューム IC を使用するためには、デジタル信号によるコントロールが必要となります。機械式ボリュームであればノブを回すだけで減衰量を変えられますが、電子ボリュームでは“一何 dB”に設定するかをコード入力しなければなりません。

AEDIO EVR-3 は、“自作派がふつうのボリュームと同じような気軽さで使える電子ボリューム”をコンセプトに開発しました。具体的には、

- (1) プラス・マイナスの 2 電源で動作できること
- (2) 電源を供給すればアンプに既設のボリュームから置き換えられること
- (3) 音がよいこと

です。

まず、(1) です。

0 号基板の右下部分には 4 本のワイヤが見えます。GND とアナログの ± 15V、デジタル系 +5V の 3 電

源です。しかし、自作アンプの中にデジタル系 +5V が用意されていることはまずないでしょう。だいたい、0 号基板を動作させるためにも 2 台の電源装置を使っていました。電子ボリュームのためにアンプに新たな電源を用意するのは面倒です。自作派にとっては、プラス・マイナスの 2 電源で動かせることが必須です。つぎに (2) です。

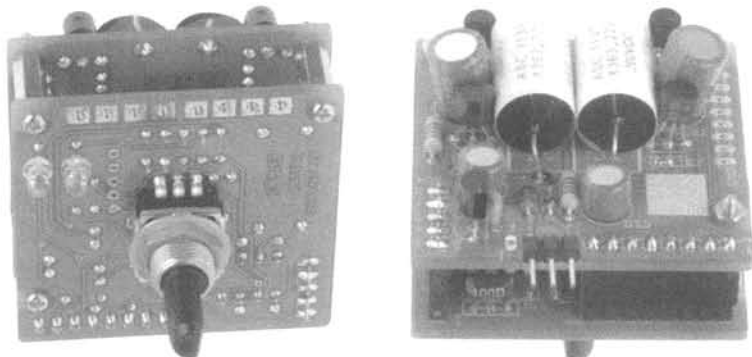
わが家にも取り替えたい古いボリュームがあります。ボリュームは何年も使えば“ガリオーム”となります。

ところで、アンプの中には ± 電源

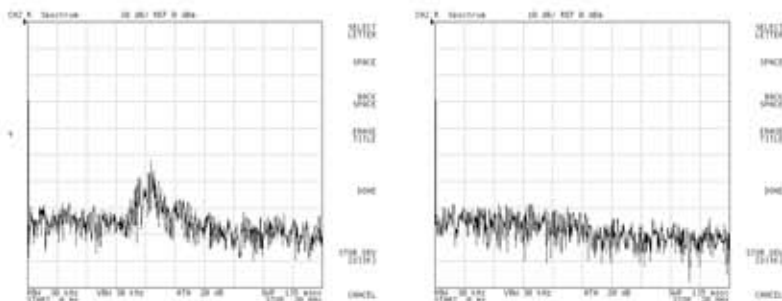
はあります。これを使うだけで電子ボリュームが動けば簡単です。機械式ボリュームのネジをはずしてそのまま取り替えられるなら、さらに楽です。ねじ穴の径も同じだともっと楽ですが、これは古いのをはずさないとわかりません。

そう考えると、ロータリ・エンコーダとすべての機能が載った基板を 1 つのユニットとしてまとめることがもっとも望ましい条件です。新たにアンプを作るときにも、1 つのユニットであれば、配置に悩むこともありません。

そして (3) です。



〈写真 B〉AEDIO EVR-3 ボリュームの外観。ほぼ原寸大



(第4図) クロックに起因するノイズ。左はクロックあり、右はPICスリープ

0号基板には接点の音はありません。しかし、電子ボリュームの音はあります。これをどこまで洗練できるか。これが最重要ポイントです。電子ボリュームに目標となる製品はありませんから、とりあえずのターゲットは機械式のA社最高級ボリュームです。まあ、ステップ式ということで、G社のロータリ・スイッチに抵抗を表面実装したアッテネータにも照準を定めます。

究極の目標は、セイデンSD-45SGロータリ・スイッチ+NS-2Bアッテネータです。こちらはいささか無茶とは思いましたが、

AEDIO EVR-3は3号機

写真BにAEDIO EVR-3の回路を示します。番号が示すようにEVR-1、EVR-2と試作バージョンをアップしてきました。じつをいえ

ば、EVR-3になってからも2回の細かな修正を繰り返しています。基板サイズは、45×45mm。ボリューム基板とレギュレータ基板の2階建てとしても約30mmの高さです。サイズ的にはSD-45SGを達成しました。

第3図にボリューム基板回路を、第1表に使用部品を示します。

入力はカップリング・コンデンサを通り、MUSES72320に入力されます。アッテネートした信号はオペアンプ・バッファを通して出力されます。

カップリング・コンデンサは音に大きな影響を与えます。できれば使いたくありません。じつは、このカップリング・コンデンサはなくても動作します。音的にもない方が良好です。しかし、送り出し側にDCオフセットがあると、ノイズの原因に

なります。自分だけで使うなら省きますが——と記しましたが、面倒なのではずさずに使っています——、自作派が気軽に使用できるという目標からは省略できません。本音としてはASC X363型を使用したのですが、MUSES72320の入力インピーダンスは約20kΩですので、カットオフ周波数を1Hz以下にするためには10μFもの容量が必要です。とても基板に載りそうもありません。ここはサンヨーOSコンデンサで妥協しました。

また、出力バッファとなるオペアンプは重要です。ここにふつうのオペアンプを使うくらいならMUSES72320を使う意味はありません。一般的なオペアンプ内蔵の電子ボリュームと同じになってしまいます。

MUSESオペアンプにはFET入力の01とバイポーラ入力の02がありますが、FETかバイポーラかなど、どうでもよいことです。イチオシはMUSES02。中域から高域にかけての透明感は、とてもオペアンプとは思えません。私の知る限り、弦楽器の質感を再生してくれる唯一のオペアンプです。

リレーRY1(OMRON G6K-2P DC24V)は、電源投入時のショック・ノイズ防止用です。MUSESオペアンプは、ICパッケージの電源端子から内部のシリコン・チップまでの配線も、徹底した低インピーダンス化が図られています。オペアンプの足からパッケージの中のシリコン・チップまでの金のボンディング・ワイヤやシリコン・チップ上の配線パターンは、プリント基板の35ミクロン厚の銅箔とは比較にならない大きなインピーダンスを持ちます。音のためにこれらのインピーダンスを徹底的に低くしたのですが、その代償として、電源投入時のショック・ノ

名称	メーカー	規格	個数	部品番号
エンコーダ	Alps	Alps EC12E2420801	1	
ピンヘッダ(オス)		8P	1	SV2
ピンヘッダ(オス)		5P	1	SV4
オペアンプ	JRC	MUSES01またはMUSES02	1	OPA
ICソケット(8P)	PreciDip	110-83-308-41-001101	1	OPA
電子ボリューム	JRC	MUSES72320	1	IC1
PIC	Microchip	PIC16F1823-I/SL-ND	1	IC2
リレー	OMRON	G6K-2P DC24V	1	RY1
ダイオード		1N4148	1	D1
デカップマイカ	松崎電機	10pF	2	C1, C2
電解コンデンサ	サンヨー	OS-CON 100μF 16V	3	C3, C4, C5
積層セラミックコンデンサ		0.1μF 50V	1	C6
カーボン抵抗 1/6W		10kΩ	3	R1, R2, R4
カーボン抵抗 1/6W		1kΩ	1	R3
抵抗	Vishay-Dale	NS-2B 39Ω	2	R5, R6
カーボン抵抗 1/6W		510Ω	1	R7
LED 黄色		OSYL3133A	1	INFO
LED 緑色		OSNG3133A	1	PWR

(第1表) EVR-3ボリューム基板の部品表

イズが大きくなっています。

このためリレーを用いて、パワーオン時に電源電圧が立ち上がるまで出力とGNDをショートするノイズ防止回路を入れました。出力に接点が入るわけではありませので、音質劣化はありません。

さらに、基板パターンもロー・ノイズと高音質を実現するため、試作を繰り返しました。配線用パッドには、入力側と出力側のそれぞれにGNDパッドを設けて、配線も楽にできるよう配慮しています。

コントローラにはマイクロチップ社のPIC16F1823を使用しました。PICコントローラは、ロータリ・エンコードからのパルス入力よりMUSES72320のコントロール信号を作ります。

1ステップあたりの減衰量は2dBとしました。じつは最初、欲ばって0.5dBステップとしました。ところが、回せども回せども音量が変化しません。ロータリ・エンコードは1回転24パルスを出力しますが、0.5dBステップでは360°回してやっと12dBです。ふつうのボリュームは90°くらいです。4倍大きく回せばよいとお考えのあなた、手首は200°ちょっとしか回せないことをお忘れです。そうです。私も忘れていました。思いっきり絞るためには2回転半くらい回さなければなりません。つまり、5回も回さなければなりません。これはやり過ぎでした。

それでも懲りずに1dBステップとしましたが、これでも3回回してやっと、です。一般的なアッテネータが2dBステップとなっているのには、それなりの理があることを納得しました。

MUSES72320の減衰量は最大で-111.5dBまで、またプラス・ゲイン側も+31.5dBまで使用できま

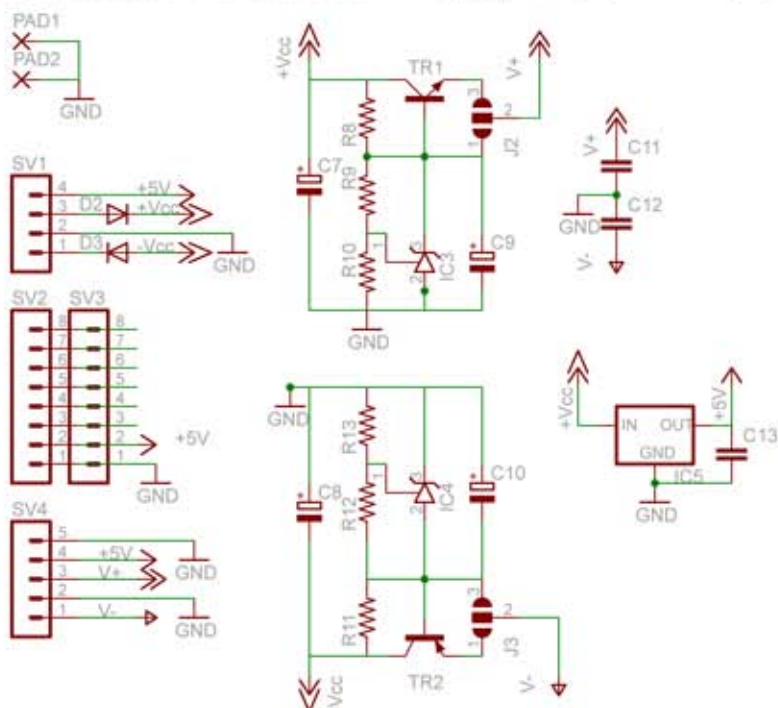
す。しかしロータリ・エンコードを使用していると、どこまで絞り込めるのかわかりません。ついつい延々と絞ってしまい、つぎに音量を上げたいときにいくら回しても上がってこないことが何度もありました(2dBステップとしてからの話です)。そこでマイナス・ゲイン側は-60dBまで絞ると、つぎは-∞として、それ以上絞れないようにしました。

また、アッテネータであればプラス・ゲインは必要ないのですが、MUSES72320はゲインを持たせる

こともできるようになっています。せっかくですから、+8dBまで使えるようにしました。

ところで、電子ボリュームをコントロールするマイコンは、数10MHz~GHzのクロックで動作します。しかし、このクロックはノイズ源となります。EVR-3に用いたPICコントローラも例外ではありません。8MHzのクロックに起因するノイズが、わずかですが出力に現れました(第4図(a))。

そこで、ロータリ・エンコードを



(第5図)レギュレータ回路。

名称		規格	個数	部品番号
レギュレータIC	STMicro Electronics	TL431	2	IC3, IC4
レギュレータIC	JRC	NJM78L05	1	IC5
ダイオード	PANJIT	SD103A	2	D2, D3
トランジスタ	東芝	2SC2120Y	1	TR1
トランジスタ	東芝	2SA950Y	1	TR2
ピンソケット(メス)		8P	1	SV2
ピンソケット(オス)		3P	1	SV3
ピンソケット(メス)		5P	1	SV4
フィルムコンデンサ	ASC	X363 0.22μF 100V	2	C7, C8
電解コンデンサ	サンヨー	OS-CON 33μF 25V	2	C9, C10
電解コンデンサ	サンヨー	OS-CON 22μF 20V	2	C11, C12
積層セラミックコンデンサ		0.1μF 50V	1	C13
金属皮膜抵抗 1/4W		510Ω	2	R8, R11
金属皮膜抵抗 1/4W		56kΩ	2	R9, R13
金属皮膜抵抗 1/4W		10kΩ	2	R10, R12

(第2表) EVR-3レギュレータ基盤の部品表

回した約2秒後PICコントローラがスリープ状態に入るよう、プログラムしました。スリープ状態ではプログラムはもちろん、クロックも停止します。これで出力に現れるノイズもなくなりました(第4図(b))。ロータリ・エンコーダを回すと、PICコントローラはスリープ状態から復帰して、電子ボリュームをコントロールします。

余談ですが、ふつうにリモコンでコントロールする電子ボリュームでは、EVR-3のようにコントロール・マイコンを止めることはできません。

2種のレギュレータを用意

第5図にレギュレータ基板回路を、第2表に使用部品を示します。シャント・レギュレータ431を基準電圧に用いたシリーズ・レギュレータです。

MUSES72320の電源電圧範囲は $\pm 8.5 \sim 18V$ と広がっていますので、外部電源からの直接供給も考えました。しかし、MUSES72320の再生音のクオリティは電源によって大きく変化します。3端子レギュレータから電源供給されたのでは、せつかくのクオリティも台なしになってしまいます。

それに $\pm 15V$ のレギュレータを備えたアンプであれば、 $\pm 18V$ くらいのレギュレータ入力(整流回路出力)電圧があるはずで、そこから電源供給できれば、アンプ本体と電子ボリュームのレギュレータを分離できます(第6図(a))。これだけでも音質向上に効果あります。あるいはディスクリット・アンプの電源電圧は $\pm 18V$ より高いこともあります。この場合にも電子ボリュームがレギュレータを内蔵していれば、そのまま使用できます(第6図(b))。

そこで、レギュレータを装備しました。小電流ですからシャント・レギュレータとしたのですが、無信号時の最大電流はMUSES72320が10mA、MUSES02が12mA、リレーが9.1mAです。MUSES72320の消費電流は信号によって変化しませんが、オペアンプの出力電流は最大振幅を600 Ω 負荷で8Vrmsとすれば、ステレオでピークは37.3mAです。合計69mA。これを15Vシャントするためには1Wを超える消費電力となります。431だけでは流せません。

シャント・トランジスタを付加する手もあるのですが、もうひとつやっかいな問題があります。整流電圧に応じて直列抵抗の値を調整しなければなりません。半固定抵抗とすることも考えましたが、最大0.7Wの消費電力にもなりますし、いちいち電圧と抵抗値を計らなければなりません。これも“気軽に使える電子ボリューム”のコンセプトに反します。そこで、2SA950/2SC2120を使

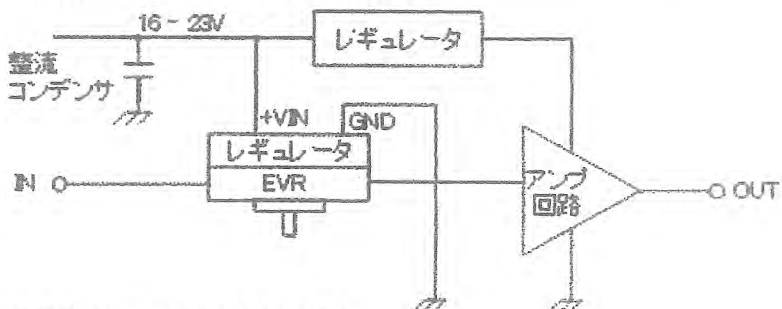
用した1石レギュレータとしました。

ところで、電子ボリュームに接続されるアンプの入力抵抗もたいいてい10k Ω 以上あるでしょう。さらには、8Vrmsもの大振幅を出力することもないでしょう。10k Ω 負荷で最大出力を2Vrmsと考えれば、出力電流は0.6mAにしかありません。電源電流は合計32mAです。これなら $P_c=700mW$ のTO-92パッケージの431でも使える範囲です。

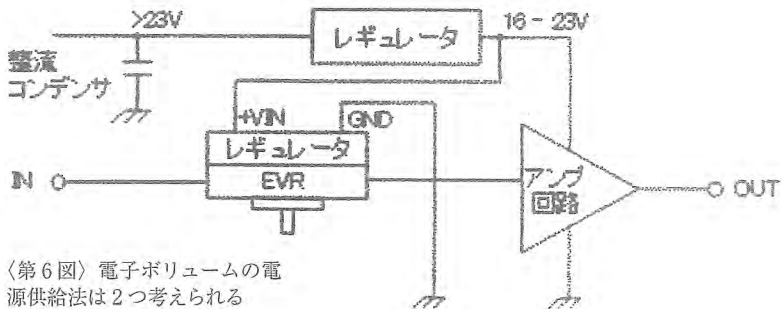
そう考えて、レギュレータ基板は、シャント・レギュレータ接続も可能としています(写真C)。

なお、レギュレータ基板のC11およびC12はMUSES72320とオペアンプのパスコンとなっています。パスコンにはASC X363がベストです。というか、これ以外に選択はありません。しかしボリューム基板には、面積的に載せることができません。そのためレギュレータ基板上としました。もちろん、パスコンをレギュレータ基板に載せても音的、回路動作的にまったく問題ない

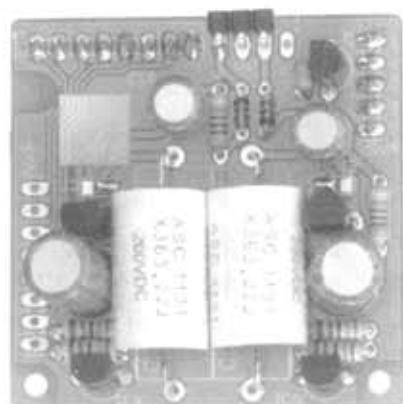
(a) 電子ボリュームとアンプ本体へ別々に供給



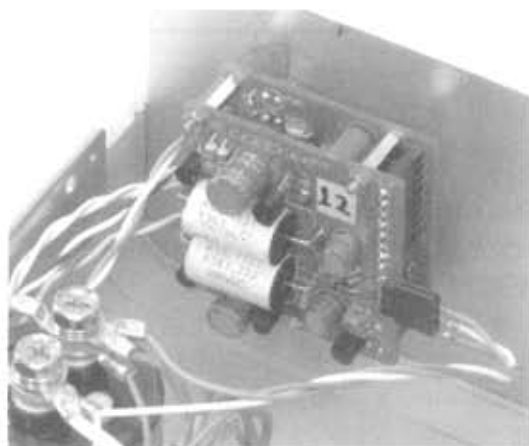
(2) 電子ボリュームには2段重ねる場合



<第6図> 電子ボリュームの電源供給法は2つ考えられる



◀(写真C)・標準としたシリーズ・レギュレータ基板



●シャーシ内に取付けられた電子ボリューム

ことは確認しています。

ただし、レギュレータ基板を省略して、ボリューム基板だけで用いることはできなくなりました。

フラット・アンプにもなるアッテネータの製作

さて、本題に入りましょう。

MUSE02 オペアンプを使用した EVR-3-02 に、電源をくっつけてケースに収納しました。第7図に電源回路を、第3表に使用部品を示します。

電源は、何の変哲もない電源トランスと整流回路だけの回路です。が、音的にはベストな回路です。トランスはノグチトランス PM-1603 です。手元にあったから使いましたが、12V の巻線を使用しますので、PM-1202 あたりがいいでしょう。

じつは、当初インド製のトロイダル・トランスでテストしていました。値段は安いですが、音も、トロイダルらしいハッキリとしない寝ぼけた音です。が、それには目をつぶろうかとも思いました。6mm のネジ1本で固定できますし、リード線が引き出されていて配線も楽です。

しかしこのトロイダル・トランス、容量にかかわらず、ほとんどがブー

ンとうなります。しかも、ブーン音が大きくなったり小さくなったりと、気分がよくありません。大きさも重さも形状も不利ですが、やっぱり EI コアです。

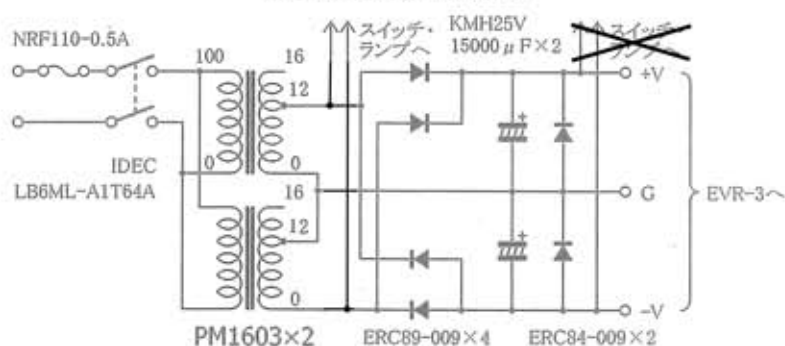
整流ダイオードはショットキー・バリアの富士電機 ERC84-009 (90V 3A) です。このダイオードも、多数持っているので使用しましたが、ERC81-004 (40V 3A) の方が安いのでお勧めです。音は、違いを感じま

せん。ケミコンは日ケミのネジ端子 KMH 25V 15000 μ F (メーカー品番 EKMH250LGB153MA50M) です。ここはネジ端子にこだわります。同じ KMH の名前が付いていても、ラグ端子型は貧相な音です。

ケースは、タカチ電機工業 UC15-8-20 を使用しました。電源スイッチは IDEC LB6 スイッチを用いました。照光式の 6P スイッチです。取り付け穴が大きいのがやっかいですが、デザインが気に入ってます。

名称		規格	個数
ケース	タカチ電機工業	UC15-8-20	1
ACメガネケーブル		2m	1
メガネコネクタ	マル信無線電機	MJ-27S	1
電源スイッチ	IDEC	LB6ML-A1T64A	1
サーキットプロテクタ	IDEC	NRF-110 0.5A	1
電源トランス	ノグチトランス	PM-1603	2
ダイオード	富士電機	ERC84-009	6
ネジ端子ケミコン	日本ケミコン	KMH 25V 15000 μ F	2
電子ボリューム	AEDIO	EVR-3-02	1
つまみ	マーベル	CRD-28020-SWT	1
RCAジャック			4

〈第3表〉他の小物部品表



〈第7図〉EVR-03-2用の電源部回路

名称		規格	個数	部品番号
トランジスタ	東芝	2SC5171	1	TR1
トランジスタ	東芝	2SA1930	1	TR2
電解コンデンサ		10 μ F以上 50V	2	C9, C10
金属皮膜抵抗		本文参照	2	R3, R11

〈第4表〉電源電圧アップ仕稼時の変更部品

色は6色用意されていますが、光らせたときに落ち着きのあるアンバーを選びました。

サーキット・プロテクタはIDEC NRF-110 0.5Aです。ヒューズよりもサーキット・プロテクタの方が色づけの少ないスキップした音になり、お奨めです。

RCA ジャックは、若松通商で売っているスーパー・トロン・ジャックを使用しました。1ペア4000円もしましたが、挿入による色付けの少ない端子です。

特性

周波数特性を第8図に示します。0dBV (1Vrms) 入力、出力は600 Ω 負荷です。+8dBV (2.5Vrms) 出力では約300kHz、0dBV 出力では約700kHzより出力が低下していますが、これは、MUSES02のスルー・レート限界と考えられます。

スルー・レート SR (V/s) に制限されることなく出力できる最大周波数 f_{PB} (Hz) は、信号の振幅を A (V) とすると

$$f_{PB} = \frac{SR}{2\pi A} \quad (1)$$

となります。MUSES02のスルー・レートは標準で5V/ μ Sですから、振幅 A を2.5Vrmsのピーク電圧である3.5Vとして式(1)に代入すると、

$$f_{PB} = \frac{5 \times 10^6}{2\pi \times 3.5} \approx 227 \text{ kHz} \quad (2)$$

です。まちがいないでしょう。フラット・アンプとして、十分な広帯域です。

第9図に600 Ω 負荷時のひずみ率

特性を示します。0.03%を下回る優秀な特性です。クリッピング・ポイントは約8Vrmsです。

第10図に10k Ω 負荷時のひずみ率特性を示します。一瞬、第10図よりも悪くなっているかのように思われるかもしれませんが、縦軸は1桁下げています。さらに、ひずみ率が低下していることがわかります。クリッピング・ポイントも9Vrmsにアップしています。いずれも良好な特性です。

ロータリ型に劣らぬ音

とりあえず、イヤな音はありません。安心して聴いていただける音です。MUSES01を使用したEVR-3-01のかっちりとした低音も魅力はありますが、個人的にはEVR-3-02の声の再現能力が好みです。

SD-45SG ロータリ・スイッチ + NS-2B アッテネータと比べると、

よくいえば柔らかな、悪くいえばよくない響きが付帯する傾向にあります。これはMUSES02の傾向でもあるのですが、全体的にソフトな音質となります。

ところが比較していると、SD-45SG+NS-2Bの方が透明感はありませんが、キツイ金属質の音にも聴こえます。低音に関してはSD-45SG+NS-2Bは締まりすぎて、EVR-3の方がふくよかな感じもあります。よくいえば低音が豊かです。チェロやコントラバスの弦をはじく音が再現されます。が、悪くいえば、ぼけた感じもします。

究極の目標SD-45SG+NS-2Bとのクォリティ差はわずかです。作った自惚れがありますが、SD-45SGにも自分でNS-2Bをはんだ付けしました。こちらも自作です。しかも電源を含めたEVR-3の2.5倍以上の投資をしています。ケースも含めれば5倍を超える投資です。

EVR-0~EVR-3と開発してきましたので、半年以上聴き比べていますが、透明感でわずかに劣るものの、ロータリ型とほとんど劣らない

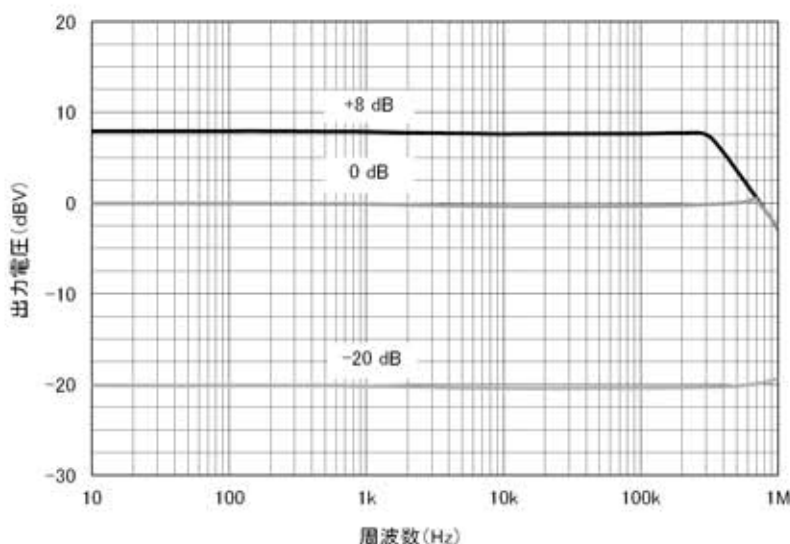


図8 周波数特性

クオリティと断言できます。

ましてや、ふつうの機械式ボリュームやプリント基板式ロータリ・スイッチとはグレードが違います。比較を記すまでもないでしょう。というより、一瞬にして比較する気が失せたのですが。

EVR-3 キットの仕様

フラット・アンプにもなるアッテネータは、ケースの穴開けを除けば、プラモデル以下の簡単さで組み立てられます。これでは物足りない方のため、EVR-3-02キットも用意しています。キットはEVR-3と同じボードに、はんだ付けのやっかいな表面実装部品（私も8枚ほど手はんだで付けましたが、2個壊してしまいました）MUSES72320とプログラム書き込みずみのPIC16F1823を取り付け、MUSES02 オペアンプ、リレー、2mmのネジ類をセットにして組立説明書を入れました。CR部品はお好みでお使いいただけます。また、半導体類も添付していませんので、以下の仕様も選べます。

EVR-3の電源電圧は±16～23Vとなっていますが、最大電圧はトランジスタとケミコン（TR1、TR2、C9、C10）の耐圧から規定されています。ここを耐圧の高いパーツに変更すれば±35V入力も可能となります。第4表に変更パーツを示します。トランジスタを2SA950/2SC2120から2SA1930/2SC5171に変更の場合は、トランジスタの足の並びが逆ですので、向きも逆となります。取り付けには注意してください。

また、レギュレータ基板は負荷インピーダンスが10kΩ以上あるときは、第5図に示したようにシャント・レギュレータとすることも可能です。シリーズ・レギュレータと比べ

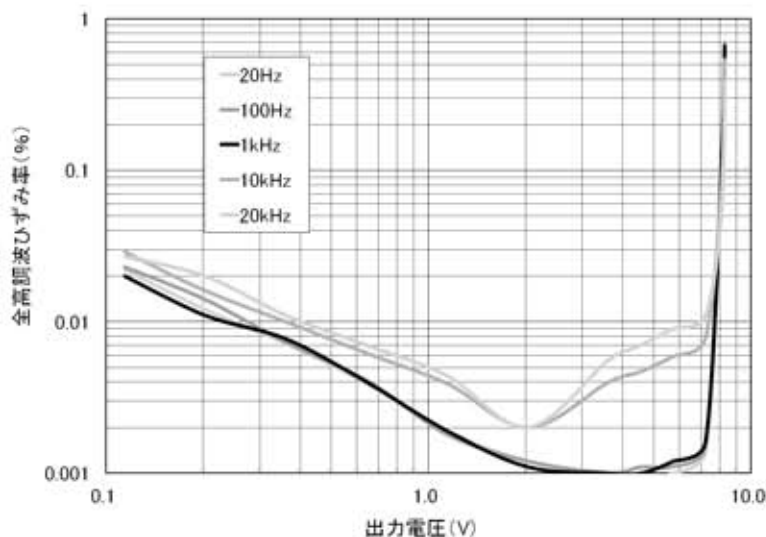


図10 600Ω負荷時のひずみ率

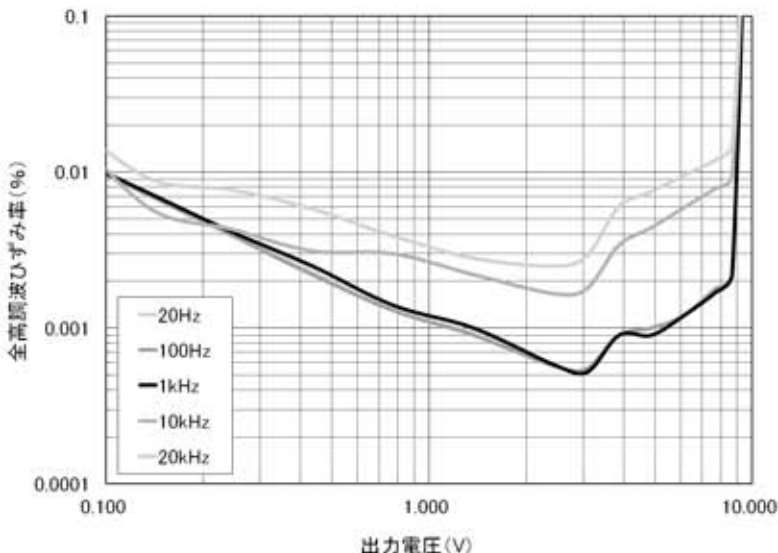


図11 10kΩ負荷時のひずみ率

て、若干ですが音の固さが減り、響きの豊かな音になります。この場合には、TR1、TR2、C9、C10は使用しません。

R8とR11の抵抗値は、平均整流電圧を V_{avr} として、

$$R8=R11=\frac{V_{avr}-15}{0.033}(\Omega) \quad (3)$$

とします。R8とR11は、平均整流電圧 V_{avr} が25Vまでは1/2Wを、25Vを超える時は1Wを使用

します。シャント・レギュレータ431の耐圧は37Vですから、超えない範囲で使用できます。

●参考文献

- 1) 石塚峻「音のよいアッテネータのすすめ。設計のしかたと作りかた」『ラジオ技術』1992年8月号、pp.46～48。
- 2) MUSES72320 データシート、新日本無線

AEDIO EVR-3は本誌サービス部で扱っています。EVR-3キットはイーディオまで問い合わせてください。