

Craft audio for all generations

ラジオ技術

穴水忠昭・6SN7トーンコントロール付きプリアンプ
別府俊幸・MUSES03+EVR-3ヘッドフォンアンプ
塩田春樹・EL84無帰還シングルパワーアンプ
池田敏弘・カーICを12AU7でドライブした8Wアンプ
山崎 浩・ニアフィールド用高周波バイアスアンプ
中川浩一・呼べば応える 各社スマートスピーカの動向
スクランブルレポート マージングテクノロジーズNADACプレーヤー

11 No.928
2017



デュアルチップになった MUSES03 に EVR-3 type II-00, EVR-BALCON を組み合わせたヘッドフォンアンプ

製作★別府俊幸



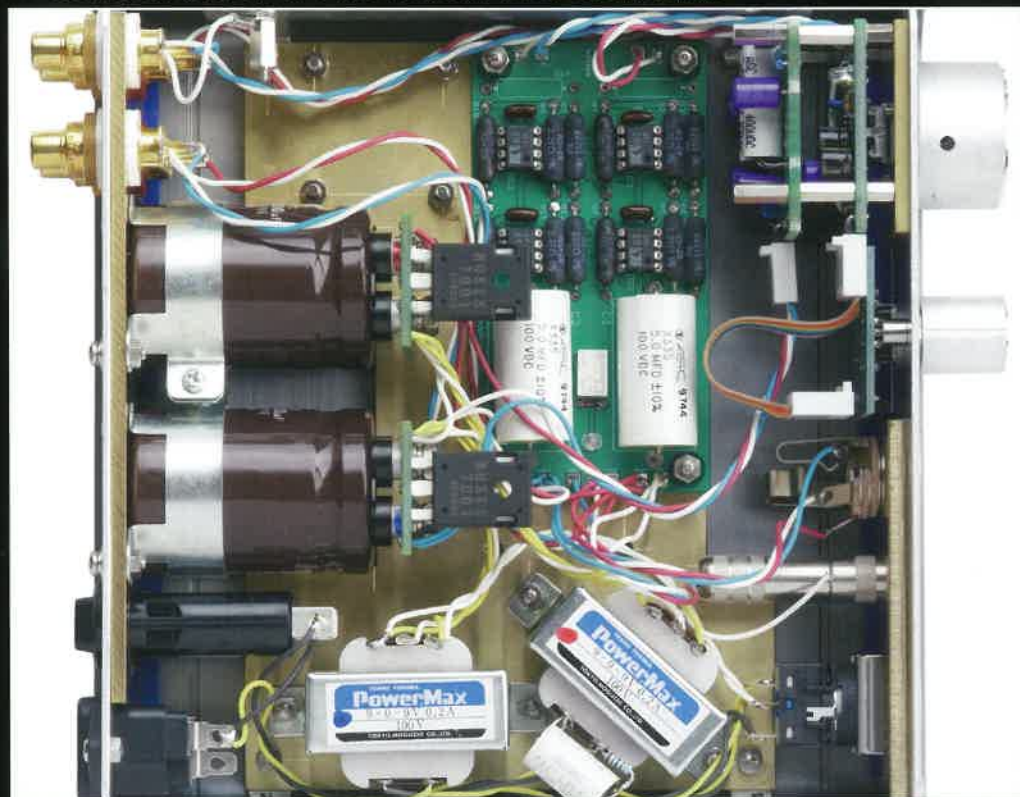
◆ボリューム、バランスともに EVR で完全電子化され摺動接点を撤廃した。



◆デュアルオペアンプになった MUSES03



◆RCA ジャックは WBT, ヘッドフォンジャックはスイッチクラフト製で確実な接触。



◆ケースの内部には各所に3ミリの真鍮板を追加。シャーン補強と防振が高音質化に効果的。

デュアル・チップ構成に改良された MUSES03 を使った



ヘッドフォン・アンプの製作

■別府 俊幸■

デュアル・チップ構成の大きなメリット

新日本無線 MUSES 03 (タイトル写真) は、入力段と出力段をそれぞれ別チップとした画期的な構造のオペアンプです。MUSES 01 / 02 はデュアル・チップでしたが、ステレオです。つまり1回路あたりはシングル・チップ、一方 MUSES 03 は、1回路デュアル・チップのぜいたくな構造の IC です。

組み立てコストは大きくアップしますが、2チップとするメリットは小さくありません。まず、共通電位の束縛から解放されます。プリント基板上の回路とは異なり、ICの回路は電位を持つ p 型半導体 (サブストレート) の上に空乏層で絶縁されて構成されます。つまり、-Vcc に接続

されたサブストレートよりもプラスになるように構成されます。

ところが、この空乏層はキャパシタンスとしても働きます。早い話が IC に構成された素子と素子は、キャパシタンスを介して電氣的に干渉します。出力段のエミッタ電位が変われば、入力段のソース電位にも影響が及びます。デュアル・チップにすれば、これをなくせます。

つぎに、熱的絶縁です。半導体も電流を流せば発熱します。この発熱量は電流に応じて変化します。そして電気信号は常に変化します。要するに 1kHz のサイン波を入力すれば、1秒間に 1000 回発熱量が変わります。つまりは、温度も 1kHz で変動します。電流の大きな箇所である出力段の温度変動は、同じチップ上の入力段にも伝わります。もうお

わかりですよ。半導体は温度によって特性が変化します。ということは、入力段の FET は温度による熱変調を受けます。

供給電流が一定となる電圧増幅部、すなわち初段の差動回路と 2 段目のエミッタ接地を、出力段であるエミッタフォロワ・ブッシュアップとそのドライバとを別のチップに分ければ、この 2 つのデメリットを回避できます。

その効果は、圧倒的な透明感となって聞こえます。とにかく、残響の消えゆくさまがすばらしい。弦であれ管であれ、振動が収まる様子がそれぞれの楽器ごとに、というよりは、セットされたマイクロフォンごとに手に取るようにわかるような気がします。ミュートをかけたスネア・ドラムなど、フワッと消えてなくなります。オペアンプとは信じられない。絶品です。それぞれの残響音がクリアに聞こえますので、定位がグッと明確に感じられます。そしてその定位感は、すっきりとした見通しのよいパースペクティブにつながります。

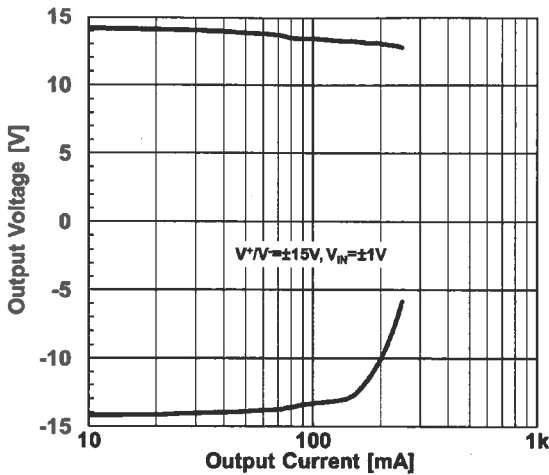
ややおとなしいかな、と思われるところはありますが、サウンド・バランスは申し分ありません。やたらと目立ちたがる高域強調のオーディオ用とはまったくの別世界です。高域の自然な下がり感はおペアンプと

項目	記号	定格	単位
電源電圧	V ⁻ -V	±19	V
差動入力電圧	V _{ID}	±6	V
同相入力電圧	V _{IN}	±18 ^(注1)	V
最大出力尖頭電流	I _{OP}	250	mA
消費電力(Ta=25°C)	P _O	870 ^(注2)	mW
動作温度	T _{opr}	-40~+85	°C
保存温度	T _{stg}	-50~+150	°C

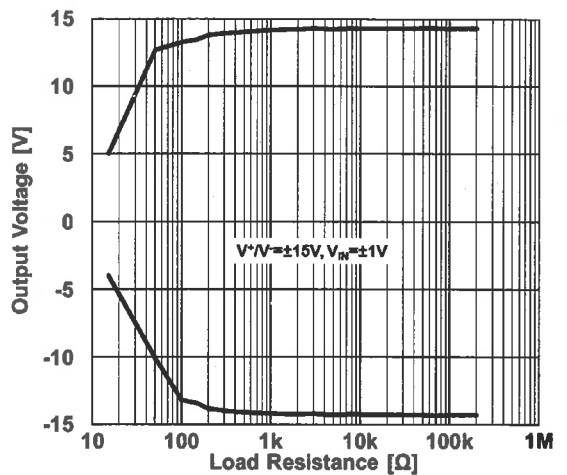
(第1表)
MUSES03の絶対最大定格

(注1) 電源電圧が±18V 以下の場合、電源電圧と等しくなります。

(注2) 消費電力は EIA/JEDEC 仕様基板(76.2×114.3×1.6mm 2 層)実装時



〈第1図(a)〉MUSES03の出力電流対出力電圧



〈第1図(b)〉MUSES03の負荷抵抗対出力電圧

は思えないどころか、ディスクリートでも簡単に実現できるバランスではありません。

聴いてしまえば、MUSES 03で作らずにはいられません。で、まずはヘッドホン・アンプです。

アンプの構成

第1表にMUSES 03の絶対最大定格¹⁾を示します。特筆すべきは最大出力先頭電流。なんと250 mA。第1図(a)に出力電圧対出力電流特

性を、第1図(b)に出力電圧対負荷抵抗特性を示します。±10Vで±200mAを、あるいは20Ω負荷に対し±5Vもの電圧を出力します。これならオペアンプのみでヘッドホン・アンプを作れます。

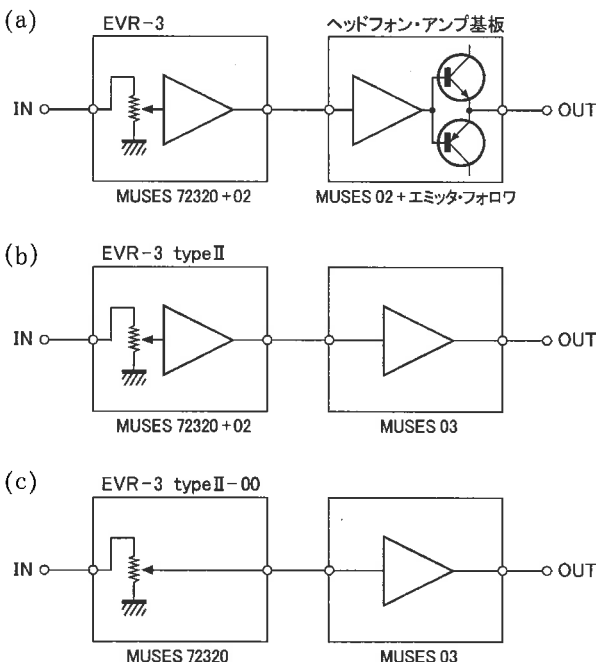
つぎに構成を考えます。

これまで、EVR-3-02電子ボリュームでは、MUSES 02の電圧増幅段にA950/C2120のエミッタ・フォロワを組み合わせたヘッドホン・アンプを使っていました(第2

図(a)²⁾。このヘッドホン・アンプ基板をMUSES 03だけにできます(第2図(b))。しかしこの構成でも信号は、EVR-3の中のMUSES02とヘッドホン・アンプの中のMUSES 03へと、2度もオペアンプを通過します。いかにMUSES オペアンプといえども、特有のキャラクタ、すなわち信号の劣化はあります。ゲインが足りるのであれば、増幅段数は最小としたいところです。

そこで第2図(c)の構成です。EVR-3内部のオペアンプは、MUSES 72320電子ボリュームの高出力インピーダンスを受けるバッファとして必要です。この役割をヘッドホン・アンプのMUSES 03に兼任してもらいます。

ところで7月号で発表したVR-Xでの経験から、MUSES 03もパラレルにしたいとの誘惑に勝てません。パラレルにすると細身の低域がふくよかとなり、テノールの力感が出てきます。調子に乗って4パラ(左右で8個のMUSES 03)も試しました。たしかに、女性ヴォーカルのなまめかしさは出てくるのですが、シングルから2パラにしたときに比べれば、1/16くらいのアップでしょうか。2パラとの違いはそれほどでもありま



〈第2図〉ヘッドホン・アンプとして考えられる3つの回路構成

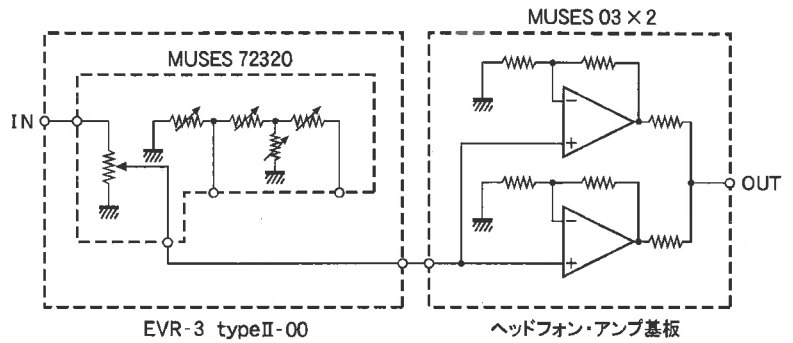
せん。それなら、安いほうがベターでしょう。

第3図に本機の構成を示します。専用にバッファを省略したEVR-3type II-00を用意しました。この出力をヘッドホン・アンプ基板の2パラMUSES 03で受けます。ヘッドホン・アンプ基板は固定ゲインとなります。アッテネータで絞ってから増幅することになりますので、もったいない気がしますが、これはボリューム+アンプの、至ってふつうの構成です。加えて、72320の内蔵抵抗を使わないメリットも小さくありません。NS-2Bのはっきりとした音像が感じられます。

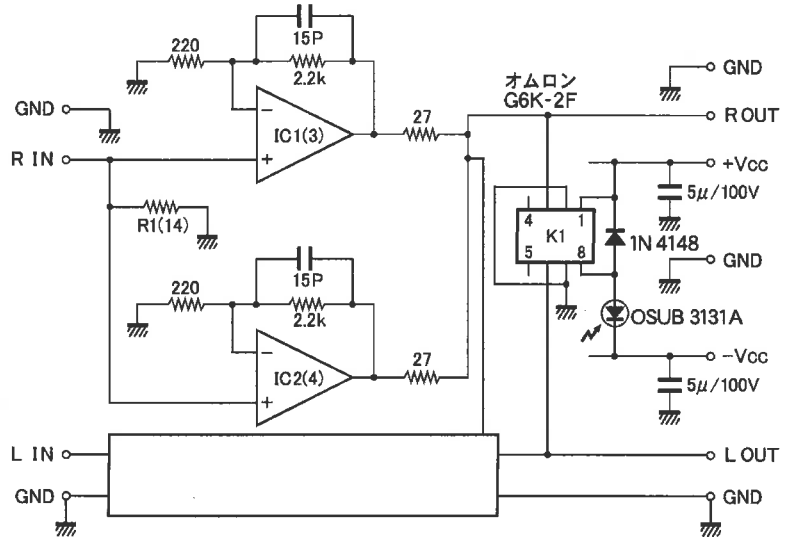
ヘッドホン・アンプ基板回路を第4図に、基板を写真Aに示します。部品番号は右チャンネルを、カッコの中に左チャンネルを示します。基板は2tで作りました。たったの0.4mmの差ですが、標準1.6tよりも音像がガッシリとします。

$\pm V_{cc}$ のパスコンはASC X335 100V 5 μ Fです。2パラなら平行接続特有のにぎやかさはありません。ですので、電源フィルタも不要です。それならX335です。OS-CONよりも重心の低い力感が加わり、弦楽器もよりしなやかに響きます。容量は大きいほうがよいのですが、30 μ Fはデカすぎですし、10 μ Fと5 μ Fでは違いは聴こえませんから、小さいほうとします。

ところでそのASCですが、ネット上には台湾製(?) OEM品が流通しています。何を隠そう私も買いました。しかし、リードは鉄足ですし、聞くとところによると、フィルムもアメリカ製とは異なるそうです。で、聴いてみたところ音は劣化品です。海神無線で扱っているものは、昔のレシピとおりのX335です。信頼できる店で買いましょう。



〈第3図〉本機の回路構成は第2図(c)



〈第4図〉本機の基板部の回路

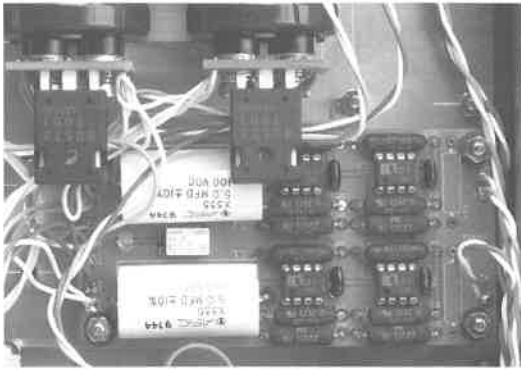
アンプ・ゲインは20dBとしました。ここでのゲインが大きいとアッテネータで絞る量も大きくなり、S/Nの点では不利になります。しかし0dBではヘッドホン・アンプには足りません。加えてMUSES 03も、ゲインを小さく、すなわちフィードバック量を大きくすると、ハイ上がりのシャリシャリ傾向になります。

ボルテージ・フォロワでは、キンキンしたひどい音です。フィードバック回路に分流を設けるとよいのですが、NS-2Bの本数が増えるのがやっかいです。まあ、ヘッドホン・アンプとして使うには10dBくらいは必要ですから、20dBとしました。

また、抵抗値ですが、MUSES 03にとってはある程度高くした方が伸

びやかになります。ところがNS-2Bは、抵抗値の高いものは巻線トーンが強くなります。ベスト・ポイントを絞り込んだわけではありませんが、経験的にこのあたりと、220 Ω と2.2k Ω としました。まあ、200 Ω と2k Ω でも、240 Ω と2.4k Ω でも違いは聴こえません。買ったときの海神無線の在庫の関係でこの値となった、これが真相です。

位相補償Cは、試聴により15pFとしました。22pF以上とすると寝ぼけた感じに、10pF以下だとシャープな感じになります。好みで15pFか18pFです。ここは絶対にディップ・マイカです。海神無線で扱っています。積層セラミックの音はゴミです。全帯域にまわりつく



《写真 A》アンプ部基板部のクローズアップ

ヒステリシス音がわからない人は幸いです。

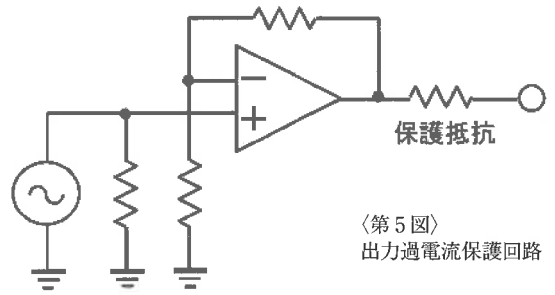
さて、MUSES 03 のデータ・シートには出力過電流保護抵抗を用いるよう示されています(第 5 図)。オペアンプでは見たことのない指示です。過電流保護回路を組み込んでいないと考えますが、音に対する執念が感じられます。たとえば電源電圧 $\pm 11V$ では、 $0.2 A$ で割って 55Ω 以上が推奨値とされます。

しかし、さすがに 55Ω は使えません。2 パラで半分になるとはいえ、ヘッドホンによっては駆動電力の半分近くが熱に変換されてしまいます。ついでに音的にも、出力抵抗は 10Ω 以下にしたいところです。このくらいだと愛用しているヘッドホン AKG K242 では、音はちょっと丸まるものの、悪くなるほどではあ

りません。ですので 18Ω としました。保護抵抗としては不十分ですが、出力をショートしなければ問題ないでしょう。ヘッドフォンから見た出力インピーダンスは、半分の 9Ω となります。

ところで、MUSES 03 も電源投入時にショック・ノイズを発生します。同様のノイズを発生する MUSES 01/02 に関してメーカーと話しましたが、「技術的には抑えられるが、音質に影響する」とのことでした。おそらくは 03 も同じ理由で抑制していないのでしょう。ヘッドフォンにダメージを与えるレベルではありませんが、それでも不快な大きさです。

そこで、ショック・ノイズ防止用リレーを用いました。OMRON G6K-2P です。電源電圧が上昇するまで出力を短絡します。接点に信



〈第 5 図〉
出力過電流保護回路

号を通すわけではありませんので、音質劣化はありません。基板ではリレー・コイルの電流制限抵抗の代わりに、青色 LED を入れて動作指示灯としました。

IC ソケットはスイスの PreciDip です。秋月電子で MUSES 03 を買うと IC ソケットが付いてくるのですが、この中国製(?) は音痩せします。なお、ネットには、MUSES オペアンプの偽物が流通しています。IC も信頼できるお店で買しましょう。

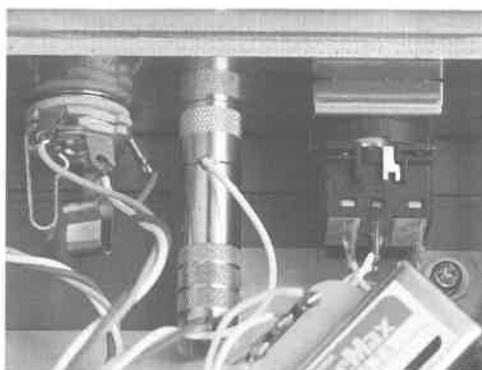
使用部品——標準ジャックはスイッチクラフトがおすすめ

第 2 表に使用した主要部品を示します。入出力端子は手元にあった WBT-0201 を使いました。いささか過剰品質かな。コストを節約するのなら、アムトランス AJ-320 でしょうか。値段は $1/10$ 以下です。残念ながらこの間の価格帯で対応のものを見つけていません。

品目	メーカー	型式	個数
電子ボリューム	AEDIO	EVR-3 type II -00	1
バランス調整ユニット	AEDIO	EVR-BALCON	1
電源トランス	ノグチトランス	PM-09X02	2
電源ケミコン	日本ケミコン	KMH 25V 15000 μ F	2
整流基板	AEDIO	MUSES7001 用	2
ダイオード	JRC	MUSES 7001	6
ケース	タカチ電機	UCS180-55-180DD	1
シャーシ		真鍮 3t \times 162 \times 114	1
フロント・プレート		真鍮 3t \times 80 \times 45	1
リア・プレート		真鍮 3t \times 145 \times 45	1
	LEX	MF-32	1
RCA ジャック	WBT	WBT-0201 (赤、白)	各 2
ヘッドフォン・ジャック	スイッチクラフト	#12	1
	スイッチクラフト	35LJN	1

品目	メーカー	型式	個数
インサートキット・プレーカ	IDEC	NRF110-1A	1
ノイズ・キラー用抵抗		1/4W 120 Ω	1
ノイズ・キラー用コンデンサ		200V 0.22 μ F	1
ヘッドフォン・アンプ基板	AEDIO		1
IC ソケット	PreciDip	110-83-308-41-00101	4
オペアンプ	JRC	MUSES 03	4
抵抗	Vishay-Dale	NS-2B 18 Ω	4
	Vishay-Dale	NS-2B 220 Ω	4
	Vishay-Dale	NS-2B 2.2 k Ω	4
コンデンサ	ディップマイカ	15 pF	4
	ASC	X335 100 V 5 μ F	2
リレー	OMRON	G6K-2P 24VDC	1
ダイオード	FairChild	1N4148	1
LED	OptoSupply	OSUB3131A	1

〈第 2 表〉本機の主要部品一覧表



◀《写真B》
配線をジャックのハウジングに挟んで締め込んだ



▼《写真C》
フロントとリア・パネルには3tのしんちゅうプレートをつけた

ヘッドフォン出力端子は、スイッチクラフト #12 と 35LJN です。この端子も重要です。ヘッドフォンには音のよさそうなプラグがかっついています。アンプ側には、たいはいひどいジャックがついています。

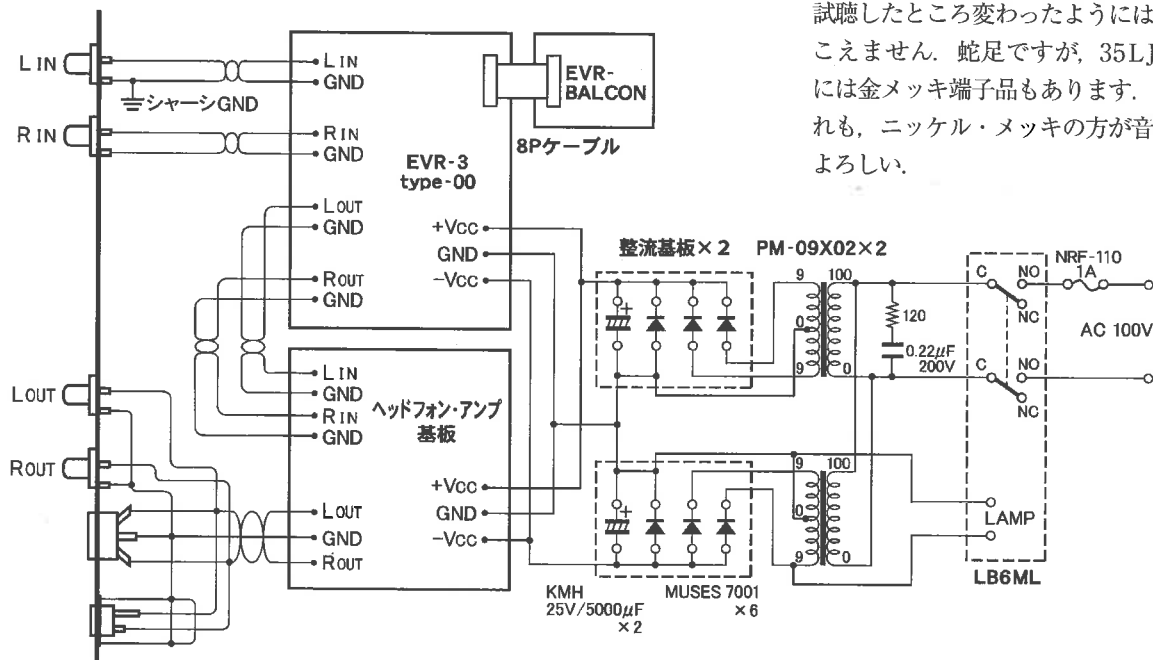
標準ジャックは6種類ほど試しました。結果は、古典ともいえるスイッチクラフト #12 がベストでした。がっちりとした構造が、がっちりとした音像に効くようです。構造がしっかりしていないと、音もふにゃつとします。同社にはベークの薄いタイプやプラスチック・カバーのタイプもありますが、#12 がベター。一見し

たところ同形のC国製(?)金メッキ品も試しましたが、音はデッドコピー。死んでます。だいたい、安っぽく光る金メッキにろくなものはありません。それよりはニッケル・メッキがよるしい。ン千円も払ったのにゴミ箱にポイしたジャックもあります。

ミニのジャックも7種類ほど試しました。こちらはスイッチクラフトの中継ジャック 35LJN がベストでした。中継ジャックですが、ねじ込み式になっています。100円くらいの他のミニジャックを買って、ナットだけ頂戴すればパネルに固定できます。けれども、ミニはミニです。標準ほどのカッチリとした音像は得られません。

手元の AKG K242 は 3.5mm のミニのプラグが付いており、標準 6.3mm ジャックを使用するときはねじ込み式の変換プラグを用品ます。接点の数で考えれば、ミニプラグ→ミニジャックがミニプラグ→変換プラグ→標準ジャックよりも少ないのですが、音は標準ジャックに軍配が上がります。

ところで、35LJN は GND ラグが鉄製です。NS-2B の足以外の磁性体には音を通したくないので、電線をジャックのハウジングに挟んで締めました(写真B)。こういうしょうもないこだわりが余計ですね。で、試聴したところ変わったようには聴こえません。蛇足ですが、35LJN には金メッキ端子品もあります。これも、ニッケル・メッキの方が音はよるしい。



〈第6図〉電源部を含めた本ヘッドフォン・アンプの全回路図

ケースはタカチ電機フリー・サイズ UCS ケースにて 180-55-180 サイズを頼みました。ヘッドフォン・アンプを組み込むにはぴったりです。

パネル加工ですが、足はΦ35の真鍮丸棒で作りました。購入されるのでしたら、タカチの AFS/AFM アルミ・インシュレータ・フット AFS30-12S がカッコいいです。

なお、自作の真鍮足もタカチのアルミ・フットも、ケースに接着してもしなくても、音は変わったような気がするかな、くらいの違いです。

それよりも、フロントとリア・パネルに取り付けた真鍮 3t プレートの方が重要、ではなくて必須です(写真 C)。プレートを付けると透明感がアップし、音の密度が高まったように感じます。プレートは、アロンアルファで接着しています。

なお、35LJN はネジの突起が短いので、真鍮プレートではなく、ケースのアルミ・パネル取付けとしています。それでも、周囲のアルミ・パネルがガッシリとしますので、効果はあります。

それから、真鍮 3t のシャーシが効きます。基板をスペーサに固定するだけで、違いが聴こえます。音像がクリアとなり、録音されている残響がよりはっきりと聴こえます。真鍮シャーシは、9月号で紹介したバランス付き電子ボリュームのアル

ミ・シャーシと比較しようと作りましたが、比べるまでもありません。

配線—— ダイオードも MUSES

第 6 図に全体配線を示します。電源トランスは、ノグチトランス PM-09X02 です。±独立のセンター・タップ整流で使います。整流ダイオード MUSES 7001 は専用基板に載せて、日本ケミコン KMH 25V 15000 μ F の端子に取り付けました。

MUSES 7001 は、圧倒的に透明な音を再生してくれるダイオードです。ところが、高価で売れないため(?) でしょうか、秋月電子が扱いを止めました。残念です。まあ、@2,500 円はたしかに高い。MUSES 03 も @2,500 円ですが、2 個買えばステレオにできます。ところが、ダイオードは 4 個買わなければ電源になりません。それを 6 個も使っているのですから……。

整流ダイオードを妥協するとなると、ローム SCS106AGC でしょう。同じくシリコン・カーバイドです。これなら @300 円です(それでも安くないですね)。秋月で売っています。シリコン・カーバイドらしい立ち上がりの早い音を聴かせてくれます。でも、ダイオードをケチるよりは入力端子を節約します。

電源スイッチとブレーカをつなげ

ば電源はできあがり。入力端子から EVR-3type II -00 に配線し、EVR からヘッドフォン・アンプ基板、基板からヘッドフォン・ジャックと出力端子に配線すれば完成です。シャーシ GND は、どちらかの入力端子から接続します。信号入力なしでの電源電圧は ±12.8V くらいとなります。

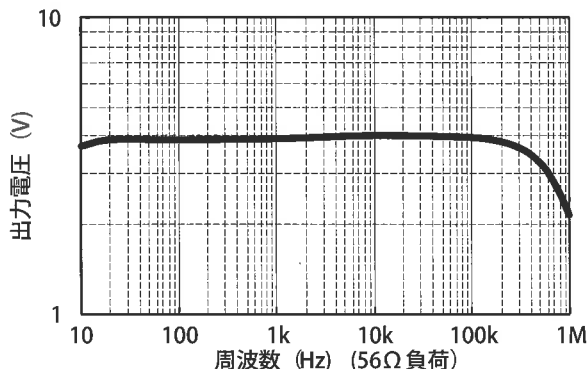
電線は協和ハーモネット UL3265 の AWG24 です。

特性—— 22 Ω も十分ドライブ

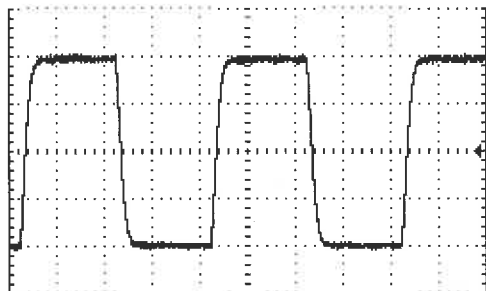
第 7 図に 56 Ω 負荷時の周波数特性を示します。フラットな特性です。ちなみに -3dB 点は約 700kHz です。無負荷もほぼ変わりません。

ついでに 100kHz の方形波の出力も示します(第 8 図)。当然ですが、周波数特性そのままに、良好な波形です。というよりも、スルー・レートで制限されていない波形です。もともと、波形に音は表されません。

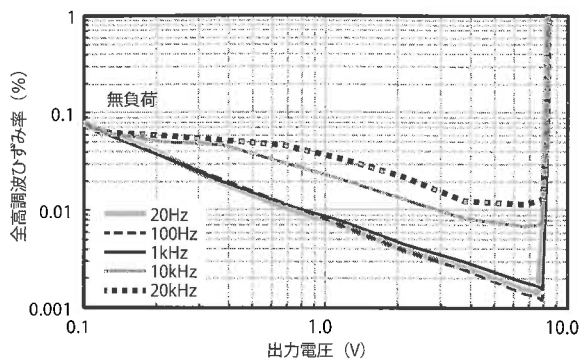
第 9 図に Panasonic VP-7723B を用いて測定したひずみ特性を示します。第 9 図 (a) は無負荷特性です。厳密には VP-7723B の入力インピーダンス 100k Ω の負荷です。アンプとしては良好な特性と思います。第 9 図 (b) は 56 Ω 負荷。ヘッドフォン負荷に近い状態です。出力電流が大きくなるためか、3.5Vrms あたりからひずみが増えています。といっても 0.1% 以下ですから、聴感上



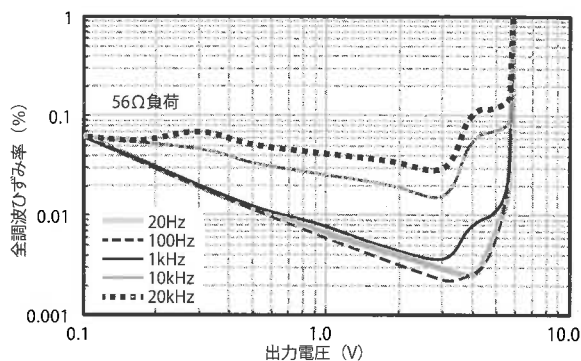
〈第 7 図〉負荷 56 Ω 時の周波数特性



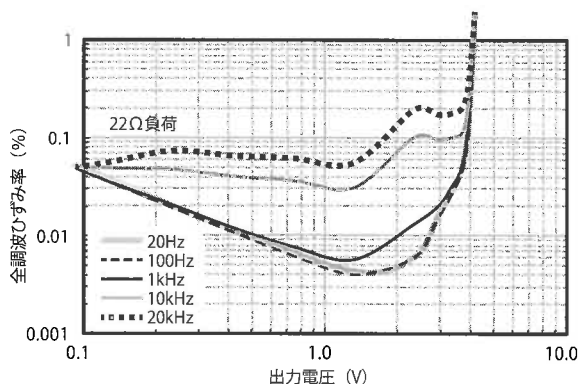
〈第 8 図〉100kHz 方形波応答



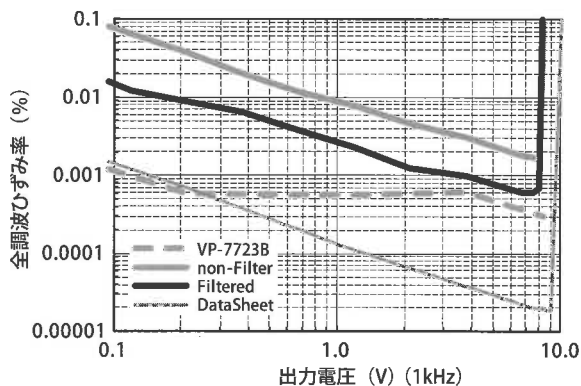
〈第9図(a)〉無負荷時の全調波ひずみ率



〈第9図(b)〉負荷 56Ωでの全調波ひずみ率



〈第9図(c)〉負荷 22Ωでの全調波ひずみ率



〈第10図〉フィルタつきの1kHzでの全調波ひずみ率

は聴こえない世界です。第9図(c)の22Ω負荷では、1.2Vrmsあたりから増加が見られますが、クリッピングに至るまで0.2%以下です。MUSES 03の強力な出力段が良好な特性を支えています。

第10図にデータ・シートの特性を示します。図には第9図(a)の1kHz特性をnon-Filterとして転記しましたが、30倍以上も増えています。ひずみ率と音には関係はないと確信していますが、それでも数字が悪いのは設計者としての能力が低いのがわかって気分が悪い。これはフィルタを使用していない(データ・シート特性は400Hz-20kHzバンドパス・フィルタあり)ためと、測定器の限界(VP-7723Bとして点線で表示)と、インバータ照明やマイコンのスイッチング電源などがある測定環境によるものといひわけします。

ちなみにVP-7723B内蔵の200Hz-20kHzバンドパス・フィルタを通した特性は、フィルタなしに比べて1桁近くひずみが少なくなっています。いずれにしても、低ひずみ特性です。まあ、低ひずみで音がよくなるのなら簡単な話ですが。

音楽に浸れる音

これまでは、EVR-3-02+MUSES 02電圧増幅段にA950/C2120のエミッタ・フォロワのヘッドホン・アンプを使っていました。つまり2段のオペアンプと1段のトランジスタを通過させた信号を聴いていました。このヘッドホン・アンプも透明感の高い音を再生してくれた、とうぬぼれていました。

ところが、本機で信号が通過するのはたった1段のMUSES 03です。そしてその1段のオペアンプは、最

高に透明な音色と、広いパースペクティブを再生してくれます。さらに、そのオペアンプをパラレルとしてドライブ能力を倍加すると、女性ヴォーカルに色気が薫り、パーカッションの消えゆく空気振動を感じさせてくれます。

おひとついかがでしょう。音楽に浸れます。

× ×

入手できないパーツで製作記事は書かない、と決めています。MUSES 7001はAEDIOよりお問い合わせください。アンプ基板は海神無線で扱います。

【参考文献】

- (1) 新日本無線, MUSES 03データ・シート
- (2) 別府俊幸『OPアンプMUSESで作る高音質ヘッドホン・アンプ』CQ出版, 2013