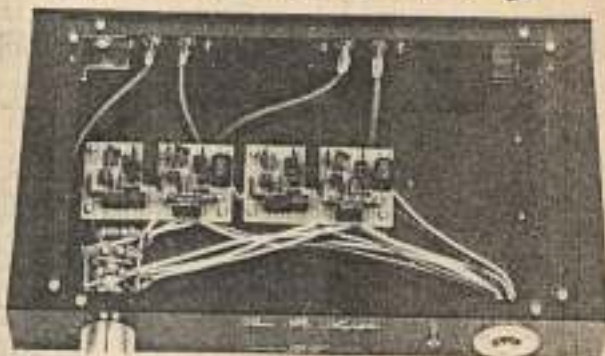


DCアンプシリーズNo.122

オールFETによる

スーパーストレート・プリアンプ

の設計と製作



金田明彦

球の音、石の音

アンプの音は何で決まるだろう。本来音楽再現用のアンプに固有の音などあってはならないはず。しかし現実にはアンプにも音がある。この音は何によって決まるだろう。

球や石の種類、コンデンサーや抵抗、トランスやケーブル類と答える人も多だろう。一歩つっこんで回路方式と答える人もいるだろう。しかしそのような答えを出すようではまだまだ修業が足りない。

アンプの音を本当に支配しているのは設計者であり製作者なのだ。設計製作者の音楽にかけた情熱がアンプの音を決めるのだ。

しかしその設計製作者がどんなに頑張っても、決して越えることができない音の壁がある。その壁を作っているのが、増幅素子やパーツ類の固有音である。回路技術は高音対パーツ音の比を高めるための手段である。

球アンプと石アンプではどちらが音がよいのだろうか。この問題はトランジスタアンプが実用化されてから現在まで、オーディオマニアにとって興味の対象だった。しかし未だに結論がない。なぜだろう。

音の判断基準は人によって差があり、また音の趣味にも個人差がある。と言う法まりきった答えが返ってくる。

だったら映像はどうだろう。誰が見ても自然な画像というのは決まってしまう。答えが大幅にバラつくことはないだろう。ふだん見ている地球上の光景が判断の基準になっており、その基準が万人に共通しているからなのだ。音には共通の基準がない。本当は生演奏のイメージが音の判断基準になるはずだが、再生音楽にそれを求める人は少ないだろう。

球と石の音の差、結論が出ない理由はもっと根本的な所にある。同一設計者、同一製作者によるアンプを比較しない限り、球と石の音の差を論じて意味がないのだ。設計者が違えば、音の目標も、追求の方法も違ってしまふ。音が違って当たり前。これでは永久に結論が出ない。複雑怪奇な回路技術で凝り固まったメーカー製半導体アンプと、十年一日どころか三十年一日の旧態依然とした古典的球アンプを比較しても何ら有意義な結論が出ないのは明白だ。

球と石の音の差を知りたければ、DCアンプ同志で比較するしかない。DCアンプは増幅素子以外の要素で音楽情報が失なわれることがないよ

うに、必要最少限のパーツで、かつ最もシンプルな回路で構成されているからだ。

球のDCアンプは空気感、音楽の雰囲気再現する絶大な力を持っている。上品で艶やかな音や、力強さの中に情感を持った音の表現に優れている。この表現力は石アンプをどう追求しても追いつけない。

石のDCアンプの強項は情報量の多さだろう。マーラーやショスタコーヴィッチのような複雑な音楽を完全に再現するには、どんな微細な音楽情報でも取りこぼすことはゆるされない。球アンプは残念ながら、石アンプに比べると情報を逃している所がある。同じマーラーの交響曲でも初期の作品、4番まではあまり気にならないが、音楽が複雑化する中期や後期の作品では、音楽の構造がやや不鮮明になる所もある。

ところが音楽が入った交響曲では球アンプが断然良い。音の表情が実にリアルで情感が素晴らしい。

録音系では安定感や信頼性の点で、球でDCアンプを作るのは非常にむずかしい。絶倫の球アンプではブッシュアンプが作れない。だからDC録音アンプは作れない。ソケットによって情報量が欠落する。録音

当り前だ。

FETはオールFETアンプでこそ特徴が発揮できる。となることまた難しい問題が持ち上がる。FETはゲインの割にはバカでかい電極間容量を持っている。特にPチャンネルFETがひどい。この辺もFETが使いづらい要素を持っている。

しかしここで諦めてはならない。とにかく作って音を聴いてみることだ。Trアンプでは考えられないような特徴が生れるかもしれない。

オールFETアンプの設計方針

TrをそっくりFETに交換してもちゃんと動作をする。しかしそれでは面白くない。Trでは真似のできないようなFETアンプを作らなければ意味がない。

FETはTrと違い、ゲート・ソース間に逆バイアスをかけ、ゲート電流を流さずに動作させる。この特徴をうまく生かせば定電流回路や、カスコードアンプが単純化できる。また g_m をうまく選択すれば、ほど良いオープンゲインのアンプができる。オープンゲインが大きすぎて、NFB量が多すぎるということもなくなる。常に過正NFBで使える。Trのローゲイン・フラットアンプではいつもオープンゲインが大きすぎて困っている。

FETを活かすにはシンプルな回路がよい。これ以上1個でもパーツを除くともはやアンプとして動作できないという境界を極めよう。音質コントロールのためにパーツを付け足すのは簡単だ。安定度の高いアンプほどコントロールは簡単になる。

FETの特性

オールFETアンプを作るにはFETの性質をよく飲みこんでおく必要がある。それには現在入手可能な小信号用FETとTrそして真空管を比較することだ。表1は各種FETとDCプリアンプ用Tr、そして電圧増幅用5極管の特性を比較したものだ。

	V_{GS} (V)	I_D (mA)	I_{DSS} (mA)	V_{DS} (V)	$ Y_{fs} $ (mS)	C_{gs} (pF)	C_{gd} (pF)	$ Y_{fs} /C_{gs}$ (MHz)
2SK30ATM	-30	100	2.2~4.5	-0.4~-5.0	1.2	4.2	6.2	2.6
2SK246	-30	300	1.2~1.4	-0.7~-4.0	2.3	4.0	6.2	2.5
2SK117	-30	300	1.2~1.4	-0.2~-1.3	4.2	11	11	3
2SK170	-40	400	2.0~2.0	-0.2~-1.3	22	26	6	2.6
2SK147	-40	600	5.0~20	-0.2~-1.2	30	75	15	2.6
2SK43	-30	300	0.2~14.2	-1.0~-1.49	6.3	10.4	14.0	1.9
FD1840	-30	250	0.5~0.2		1	1	1.2	1.8
2SJ72	25	100	-1.0~-20	0.2~2.0	30	40	165	18
2SJ303	50	300	-1.2~-14	0.2~4.0	1.0	4.0	18	1.8
2SJ74	25	400	-2.0~-20	0.15~5.0	8	22	165	22
2N3465	60	110	4.0~16	1.5~4.0	2	6	5.0	1.3
2SC1400	85	300	30	h_{fe} 15k	h_{fe} 500	$f_{T,0.5}$ 33		2.5
2SA726	-90	150	100	h_{fe} 15k	h_{fe} 500	$f_{T,0.5}$ 33		1
6BM6 (6257)	550	1000	6.0		2	1.1	0.05	40
4044 (6R-6B)	180	3000	5		12.5	1.2	0.04	310

〔表1〕 FET, Tr, 真空管の特性比較 * $|Y_{fs}|$ は typ または 平均値を使用 $\Delta|Y_{fs}| = \frac{h_{fe}}{h_{fe}}$

FETはゲート・ソース間電圧 V_{GS} を逆バイアス(NチャンネルFETではゲートがソースに対して負電圧)にして、 V_{GS} を変えてドレイン電流 I_D をコントロールする。だから V_{GS} が0Vの時に I_D が最大値 I_{DSS} となり、これ以上の I_D は流れない。この値はTrの最大コレクター電流に比べるとかなり小さな値だ。規格表では I_{DSS} が30mAのFETもあるが、実際に入手できるのは12mA以下のものだ。だから低負荷抵抗や容量負荷では、アンプの最大出力電流の目標値をきちんとチェックしておかなければならない。電源電圧は十分に高くても、 I_{DSS} で最大出力電圧が制限されることがあるからだ。

FETアンプのゲインを決定するのが順方向伝達アドミタンス $|Y_{fs}|$ つまり g_m だ。これは V_{GS} の変化分に対する I_D の変化分の比で表す。 $|Y_{fs}|$ の大きなFETを使えばゲインの高いアンプができる。

Trはコレクター電流 I_C と対ベース電流 I_B の比で順方向の電流増幅率 h_{fe} を表すが、FETと比較するために、 h_{fe} を入力インピーダンス h_{ie} で割って順方向アドミタンス $|Y_{fs}|$ を計算しよう。

2SA726や2SC1400は h_{fe} が500前後と比較的大きなTrだが、 h_{ie} は15kΩなので、 Y_{fs} は33mSになる。アンプの高域特性を左右するのはTrではコレクター・ベース間の掃過容量 C_{cb} であり、FETではドレイン・ゲート間の掃過容量 C_{gd} だ。2SA726の C_{cb} は3pF、2SC1400は2.5pFだ。これとほぼ同じ C_{gd} の2SK117の Y_{fs} は15mSとTrの1/2以下になり、2SJ103ではたった4.0mSでTrの1/8以下だ。

2SK147や2SJ72は Y_{fs} が40mSとTrを上回る値だが、 C_{gd} は何と75pFと185pF。規格表を見ただけで湿意が出そうなバカでかい値だ。これらのFETはコンプリメンタリーで特性が揃っていることになっている。しかし C_{gd} のアンバランスはどうしたことだろう。もちろんTrでもpnp Trはnpn Trよりも一般に高域特性は悪い。これは電子とホール移動度の差によるもので致し方ないが、コンプリメンタリーでFETほどのアンバランスは生じない。

表1を見て気が付くことだが、一般に $|Y_{fs}|$ が大きなFETほど C_{gd} も大きい。だからゲインの大きなアンプを作ろうとすれば、高域特性が悪

再度DCアンプの心臓部、2段目
 変動アンプを考えよう。2S272はC
 とC₁はFET中流の抜けで大きい。
 変動アンプのままでは変動アンプには
 使えない。C₁が短大されるミラー効
 果を防ぎ、出力容量を減らすために
 カスコードアンプが必要だ。差動ア
 ンプのドレイン電流をゲート接地ア
 ンプでよく取り取って出力する
 のだ。
 ゲート接地アンプに容量の大きい
 FETを使ったのでは意味がない。ま
 たC₁が大きくなると差動アンプの
 出力電圧を受け取ることができなく
 なる。さらにドレイン電圧V_{out}が
 (ドレイン電流をカトトアツさせる
 ゲート電圧)が大きくなるとV_{gs}
 が1V以上あると図3のようにカス
 コードアンプのゲートを差動アンプ
 の共通ソース電圧で固定できる。こ
 れはFETだけにできることで、その
 カスコードアンプではベアソース電圧の

である。|Y₁|は2~6 mSと小さい
 がC₁は1.0pFと全FET中最小の
 値だ。2N5465はタートソース電流
 が特に少なく、ドレイン・ソース間
 の電圧も60VとFET中最大なので、
 電圧電圧の高いアンプの定電流回路
 にも使える。本機ではI_{DD}が4~5
 mAのものを選び、ゼロバイアスで
 使う。FETなら定電流回路は図4の
 ように単純化される。T₁式定電流で
 はベアソース電圧の固定用にツエナ
 イオードを使う。ツエナード電圧はソ
 ース電流によって変わる。定電流
 特性はT₁とツエナードの両方によ
 って決まる。FET式定電流ならFET
 のゼロバイアス特性だけで定電流特
 性が決まる。

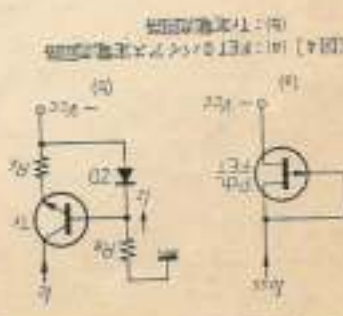


図4 (a) FETのソース電流回路 (b) T₁式定電流回路

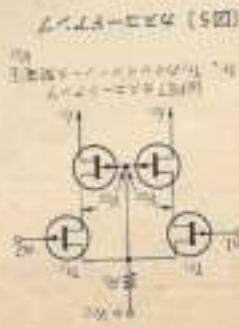


図5 カスコードアンプ

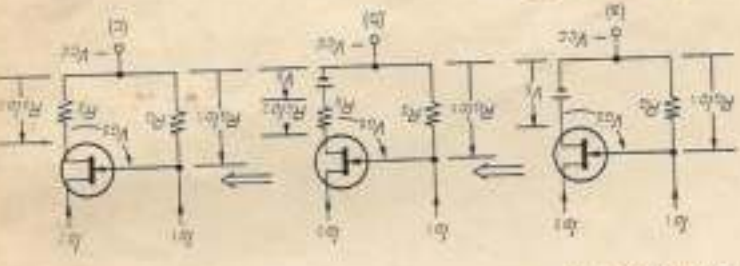
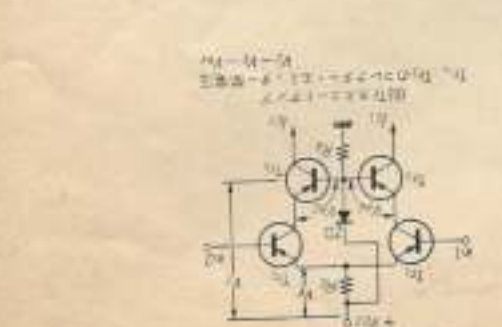
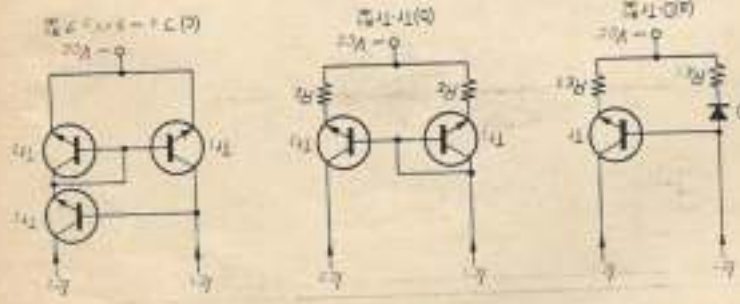


図6 ミラーコンペナ

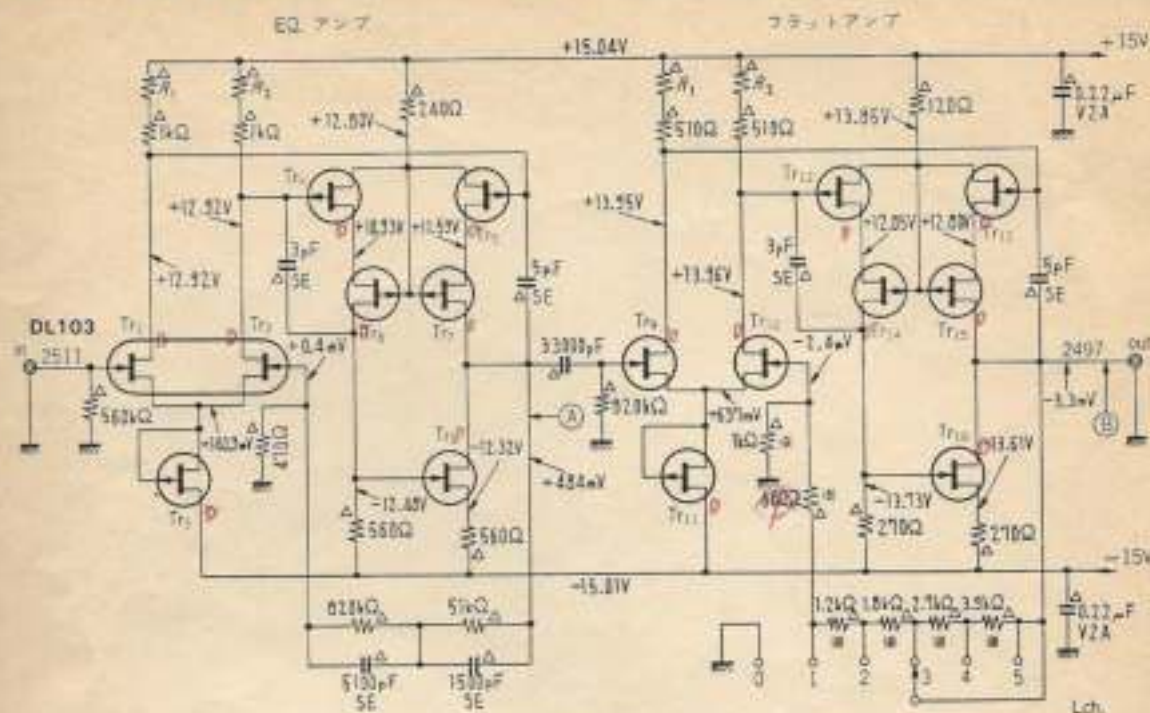


オールFETな-バ-ストレ-ト・リアンプ

トミラーなら図8のように電流源
 が少なく、音が良いカレントミラー
 がある。T₁のベア・ソース電圧間
 の電圧電流特性は、ツエナード(ま
 たはツエナード接続のT₁)の両方向
 特性と同一だ。この性質を利用する
 と精度の高いカレントミラーが作れ
 るからだ。
 FETはT₁と違い、入力電流では
 なく入力電圧V_{gs}で出力電流I_{DD}が要
 化する。V_{gs}対I_{DD}の関係は直線ではな
 く一般に2次曲線だ。しかもツエ
 ナード・ソース間には逆バイアスをかけ
 なければならぬ。どうやらカ
 レントミラー動作が実現でき、スラ
 したら電流源を少なくできるだろ
 う。
 差のためにできるだけツエナ
 ード回路でやりたい。ツエナードの音
 質にはなりたくない。2段目変動

固定用にツエナード・ツエナードが必要
 だ。しかもこのツエナードで音か変
 る。
 カスコードFETには2N5465
 が最適だ。2S1403に比べて電極間
 容量がずっと少なく、|Y₁|/C₁は4
 mS/pFとPチャンネルFET中最大
 の値だ。ここは初期の定電流回路と
 異なりなるべくI_{DD}の大きさを
 使う。
 オールFETアンプの難問中の難
 問、ここをクリアできなければ、キ
 ャップしてT₁の助けを借りなけ
 ればならないという所がカレントミ
 ラーだ。カレントミラーとはある場
 所に生じる電流と全く同じ値の電流
 を、まるで鏡にうつしたように他の
 場所を作り出す回路だ。差動アンプ
 の2つの出力電流を合成するにはな
 くてはならない回路だ。T₁式カレン

DCアンプシリーズNo.122



Tr_1, Tr_2 : 2SK97, $Tr_3, Tr_4, Tr_5, Tr_{11}, Tr_{12}, Tr_{13}, Tr_{14}, Tr_{15}$: 2N5465, $Tr_6, Tr_7, Tr_{10}, Tr_{16}$: 2SJ72, Tr_8, Tr_9 : 2SK30ATM
 Tr_{17} : 2SK43, R_1, R_2 : オフセット調整抵抗, Δ : トリム, \bullet : スカルトン, Tr_2 と Tr_3 , Tr_4 と Tr_5 , Tr_{12} と Tr_{13} は熱結合
 (図8) 本機オールFETスーパーストレート・プリアンプ

アンプまではダイオードを使わずや
ってこれたではないか。

図7はFETだけでカレントミラ
ーを実現すべくひねり出した回路で
ある。大げさに問題提起をした割に
はあっけないほどシンプルな回路で
ある。この回路の成立過程を図に従
って考えればうまくいく理由と、動
作限界がわかる。

目的は電流 I_{in} と等しく電流を
FETのドレイン電流 I_{out} として作り
出すことだ。まず I_{in} を抵抗 R_1 に流
し、電圧 $R_1 I_{in}$ を作る。この電圧を
FETのゲート・ソース間にかけて I_{out}
をコントロールする。ソースには直
流電圧 V_1 を入れてゲート・ソース間
に逆バイアスをかける。

この方法では I_{in} に比べて大きな I_{out}
が流れ、しかもFETの V_{GS} 対 I_D 特
性の非直線のため I_{out} は I_{in} に比例し
ない。そこで V_{GS} 特性を直線化す
ると同時に I_{out} を I_{in} に近づけるため
に、ソースに抵抗 R_2 を入れて、電流
増強をかける。 R_2 に生じた電圧をバ
イアス電圧に利用すれば V_1 を省略

できる。 R_2 と R_1 の比を調整して I_{in}
と I_{out} を等しくする。

実験では2段差動アンプにFET
カレントミラーを入れ、負荷抵抗を
3.6kΩから36kΩまで変えて歪率を
測り、電流バランスを調整した。そ
の結果FETには I_{out} が大きく、 V_{GS}
が小さく、 $|V_{GS}|$ の大きいものを使
い、 R_2 , R_1 に生じる電圧を V_{GS} より
大きく設定し、 $R_2 = R_1$ としたとき、
良好なバランス状態になることが判
明した。

この回路にも限界がある。 I_{in} が0
になったとき、 $R_2 I_{in}$ も0になる。 I_{out}
も0にするにはFETに $V_{GS(off)}$ 以上
の逆バイアスをかけなければならない
が、 R_2 による自己バイアスだけで
は、 I_{in} がカットオフしない。しかし
心配はいらない。 I_{in} が0にならない
範囲内で動作させればよいのだ。ア
ンプの最大出力は、最大出力電流が、
最大出力電圧で決まる。抵抗負荷シ
ングルアンプではこれらの限界値が
一致している。プッシュプル出力の
G・O・A では電流出力に十分に余裕

があるので電圧による制限だけで最
大出力が決まり、電流がカットオフ
することはない。

もっと精度の高いFETカレント
ミラーも色々考えられる。実験もし
てみた。しかしFETの非直線を完全
にキャンセルするには、もう1個特
性の揃ったFETが必要になる。抵抗
も増え、回路によってダイオードも
必要だ。総合的には最もシンプルな
方法が良い。

本機の回路

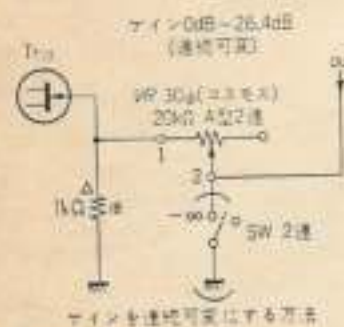
図8が本機、MC専用プリアンプ
である。図3のFET式プリアンプに比
べて大幅にシンプル化されている。

まず初段のカスコードアンプを取
り除いた、90AAイコライザerのよう
に高域下降特性のアンプでは初段カ
スコードはない方がよいことが多い。
本機でもカスコードのない方が音が
躍動的で音色の変化が鮮明だった。
カスコードを入れると音がおとなし
くなり、FETアンプの特徴が失われ
てしまう。

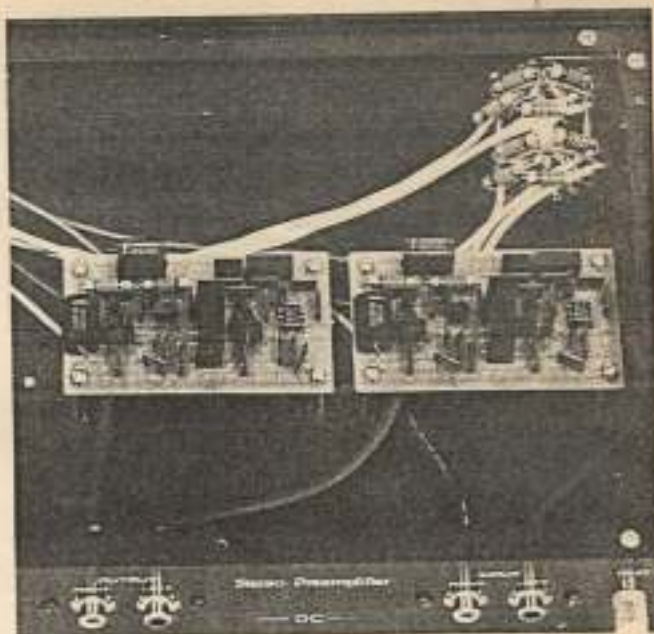
オールFETスーパーストレート・プリアンプ



(図9) ゲインを減らす方法



(図10) ゲインを連続可変にする方法



NFB回路を比べて載きたい。Tr式アンプでは不可欠の3.6kΩがFETアンプでは入っていない。NFB安定化のための抵抗が本機ではまったく不要だけでなく、ない方が艶やかな音が再現される。

本機の最大の特徴は恐るべきNFBの安定度だ。TrアンプもFETアンプもオープンゲインとクローズドゲインが等しく、NFB量も同じだ。本機では全ての位相補正コンデンサー(5pF, 3pF)をはずしても何ら問題は生じない。そればかりでない。フラットアンプに100%のNFBをかけ、クローズドゲインを0dBにしてもトラブルが生じない。フラットアンプの出力抵抗(10Ω)も不要。ケーブルの容量負荷にも安定に動作する。+側のバイパスコンデンサー(0.22μF)がなくても問題ない。Trアンプでは全く考えられない安定度だ。実はFETの巨大な接合容量で不安定になるかもしれないと心配していたが、結果は逆だった。初段に十分に電流を流したのが功を奏した。

本機の位相補正は音色コントロール用である。オーディオアンプは

間に帯域を広げるよりは(と言ってもMHzくらいの話だが)、オーディオ帯域にエネルギーを絞り込む方が音楽表現力が大きくなる。これは初期のDCアンプから何度も経験したことだ。位相補正には必ず最適値がある。これだけはヒアリングテストで決るしかない。

Tr式プリアンプは、高効率スピーカーシステムではゲインが高すぎて使いづらい面があった。本機はフラットアンプのゲインを0dBまで絞れるので、ゲインを自由に設定できる。図9のようにNFB抵抗を変更すると使いやすいゲインになるだろう。もしゲインを連続可変にしたい時は、図10のようにボリューム(20kΩ, A型, 2連)を入れればよい。ただし音を0まで絞れないので、出力端子をショートするスイッチを入れる。しかしスイッチがなくても実用上不便ではない。本機によってV・G・A(可変ゲインアンプ)の完成度が高まり、一層使いやすくなった。

フラットアンプの初段のFETは2SK30ATMであり、デュアルFETではない。G・O・Aは熱的安定度がよ

いので、MC用イコライザーアンプ以外はデュアルでなくても十分に安定だ。

レギュレーター

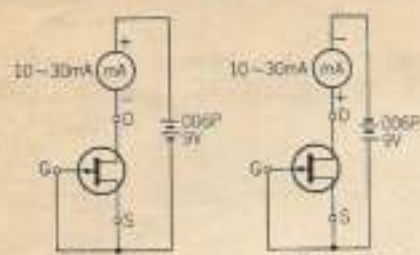
本機は電源変動に対する安定度が特に高いので、レギュレーターは必要ない。むしろ入れるとFETアンプの特徴が失われ、どちらかと言うとつまらない音になる。オールFETで音の良いレギュレーターが完成するは結果は変わるかもしれないが、制御FETに良いものが見つからない限り、可能性は少ないだろう。

FETアンプは全てFETで構成してこそ真価が表れる。FETとTrの混用は難しい。ダイオードさえ使いたくない。

本機のバリエーション

本機をできるだけ多くの人が作れるようにバリエーションを紹介しよう。経済的理由または用途の違いによって、なるべくローコストで作りたいときは、迷わずカップリングコンデンサー(33000pF, SE)に0.1μF, V2Aを使おう。これで相当コス

DCアンプシリーズNo.122

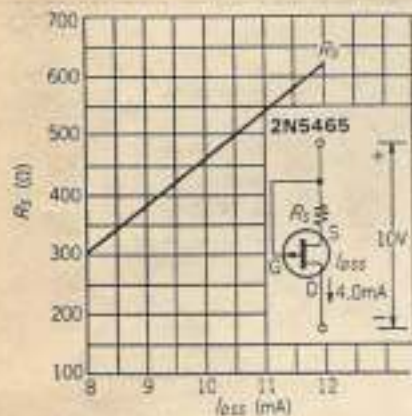


Nチャンネル (2SK97, 2SK30ATM, 2SK43) Pチャンネル (2SJ72, 2N5465)

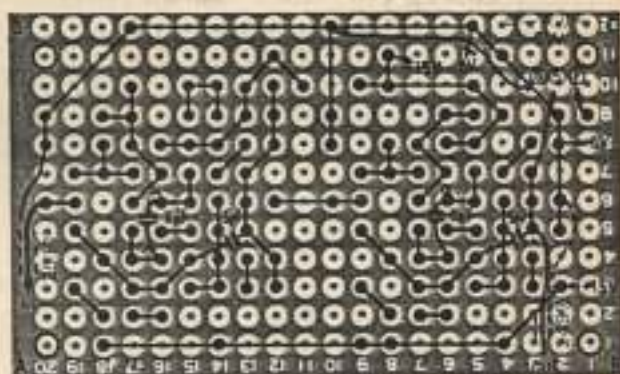
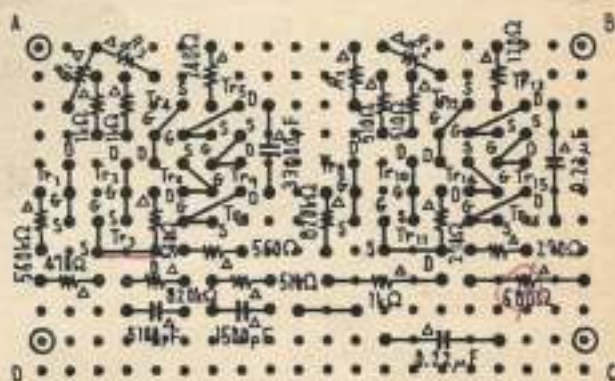
【図11】 I_{DSS} の測定回路

FET		I_{DSS}	ΔI_{DSS}
T_{n1}, T_{n2}	2SK97	3mA以上	0.3mA以下
T_{p1}, T_{p2}	2N5465	5mA以下	—
$T_{n1}, T_{n2}, T_{n3}, T_{n4}$	2SJ72	8mA以上	0.4mA以下
$T_{n1}, T_{n2}, T_{n3}, T_{n4}$	2N5465	8mA以上	—
T_{n1}, T_{n2}	2SK30ATM	3mA以上	0.3mA以下
T_{n1}, T_{n2}	2SK43	7mA以上	—

【表2】 I_{DSS} の範囲



【図12】 $I_D = 4.0$ mAの定電流回路



【図13】 プリアンプ基板



トダウンできる。さらに安くしたければ位相補正コンデンサーを全部タイプマイカにする。それでも駄目なら3 pFを省略する。+側の0.22 μ F, V2Aもなくてもよい。ゲインコントロール用抵抗にはポリウムを使う。ケースには安いアルミシヤン

一を使う。こんなことをしても本機FET プリアンプの特徴は十分に発揮できる。後は予算ができた時に改良すればよい。色々なパーツがなくともまともな音が出る所が面白い。

FETの選別

本機に使う FET は製作前に選別しておく。図11の回路で I_{DSS} を測る。

IC用のソケットを使うとFETの交換が楽だ。表2に各FETの I_{DSS} の範囲を示す。差動アンプには I_{DSS} の差がなるべく少ないもの。初段定電流には I_{DSS} の小さいもの、カレントミラーには I_{DSS} の大きいものを使う。もし T_{n1}, T_{n2} で I_{DSS} が5 mA以下のものがみつからないときは、図12のようにソース抵抗を入れるとよい。

オールFETスーパーストレート・プリアンプ

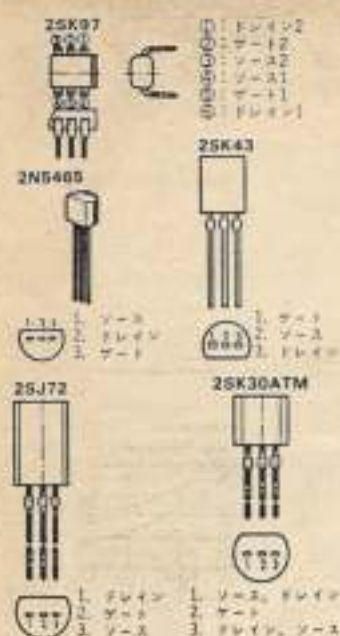


図14) FETの電極接続

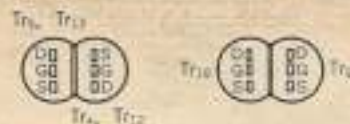


図15) 熱結合

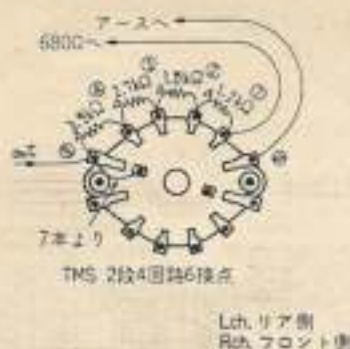


図16) ゲインコントロール用ロータリーSWの配線

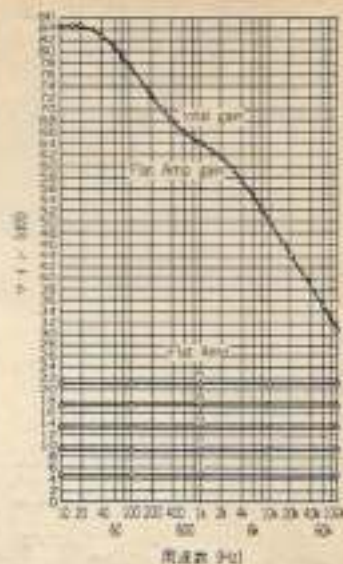


図17) 周波数特性

プリント基板

図13は本機の唯一のプリント基板図であり、図14はFETの電極配置図だ、FETによって電極配置が違うので注意されたい、図15は熱結合図だ、アララダイト・ラビットで接着してから5~10分後に位置修正し、20分後に余分の接着剤をカッターで取り除くと正確に仕上がる。

FETアンプのプリント基板はTrアンプに比べて驚くほど小型になった、パーツが大幅に減ったからだ、こんな小さな基板2枚で凄いい音が出る、DCアンプも進歩したものだ、

調整方法

FETアンプはNFBの安定度が高いので、電圧測定時にテスター棒を直接つないでも(直列抵抗不要)トラブルが生じない、また基板をケースに組み込む前に調整した方がよい、

Tr_0 のゲートはアースにショート配線し、オフセット調整抵抗 R_1 、 R_2 はショート配線し、フラットアンプのNFB抵抗のかわりに抵抗12kΩを出力と Tr_0 のゲート間につないでおく、この値の抵抗がなければ10kΩ

~20kΩなら何でもよい、

±15Vと0Vの配線を伸ばし電源コネクタに仮配線しておく、初めはフラットアンプの調整だ、電池を入れ、出力DC電圧(チェックポイント⑧)を測る、これが+なら R_2 に、-なら R_1 に半固定VR50Ω~500Ωを入れ、DC電圧(オフセット)が0VになるようにVRを調整する、VRの抵抗値を測り、これに近い値の固定抵抗に交換する、

Tr_9 と Tr_{10} の特性が極めてよく揃っているとき、 R_1 または R_2 の値が10Ω以下の事がある、このような時は R_1 と R_2 の両方とも入れ、その差の抵抗値が目標値になるようにする、例えば目標値が $R_1=3Ω$ のときは、 $R_1=13Ω$ 、 $R_2=10Ω$ とすればよい、

イコライザーアンプはチェックポイント⑧で出力DC電圧を測る、DCゲインが非常に高いのでデリケートな調整が必要だ、VRは50Ωの方がやりやすい、もし抵抗値が足りない時はシリーズに51Ωを追加すればよい、イコライザーのオフセットは±500mVに納まっていれば優秀だ、±700mV以内でも十分だ、MCイコライザーのようなハイゲインアンプではこの程度のドリフトは当たり前、ドリフトを気にするひまがあったら一曲でもレコードを聴こう、

本機の特長

多くのDCアンプ中でもオールFETプリアンプは初めての、まず電気的特性をTrアンプと比較しながら評価しよう、

図17は本機の周波数特性である、DCアンプの周波数特性を測るほど無意味なことではないと書いたことがあったが、本機も真にその通り、フラットアンプはいずれのゲインでもDCから100kHzまで±0dB、文字通り完全にフラットなアンプである、ゲインの変化範囲は4.6dBから20.9dBと広くなり、V・G・Aがぐんと使いやすくなった、NFB抵抗を変えるとゲインを0dBまで絞ることもできる、100%のNFBをかけ、しかも位相補正コンデンサーをはずし、バイパスコンデンサーを除いて安定だ、こんなアンプはボルテージフォロワー用OPアンプといえども有り得ない、いかに本機の安定度が高く、応用範囲が広いかが計り知れないほどだ、

トータルゲインの周波数特性は正にRIAAイコライザー特性そのものだ、本イコライザーではNFB素子に直列抵抗(3.6kΩ)を含まないので超高速でもRIAA特性を維持できる、