

LME49830 と SW 電源を使った超薄型 MOS-FET パワーアンプ

構成 LME49830 + MOS-FET Class-AB

SW レギュレータ電源 +26.4V

出力 32W @8Ω x2

周波数特性 10-200kHz -1.5dB

THD+N 0.012%

ゲイン 27 倍

大きさ H44 xW320 xD230mm

1. まえがき

LM49830 というパワーアンプの初段部をワンチップにまとめたものが 2008 年の 1 月にナショナルセミコンダクタ社より発表されました。これは出力段に MOS-FET を追加するだけで高性能なパワーアンプができるという大変便利なものです。THD+N は 0.0006%、動作電源電圧も広く最大 300W までの出力をドライブすることができます。

姉妹品には LME19810 という出力がバイポーラトランジスタ版もあります。これをさっそく応用し、また電源部にはスイッチングレギュレータを使って超薄型のシャーシに納めてみました。SW 電源はいまやあらゆる電子機器の電源の中心となって広く使われていますがオーディオではまだまだ抵抗があるようです。スイッチングノイズが音に影響するのがその理由だと思いますが、なんとなく頼りなさそうというイメージもあるかもしれません。しかしこのアンプを製作してみて、メリットも多くありまたデメリットを十分補うこともできることがわかりましたのでここにまとめてみました。


SW 電源の長所を先にあげますと、1. 電源電圧の変動が負荷の変動に対して非常に少ない、2. 大音量時に電流を多く流したときにリップルが少ない、3. 効率が 80% ありまた保護回路があらかじめ入っている、4. 製作が簡単である、5 軽い薄い、6. コストが同容量のトランスに比べて安いなどです。

デメリットであるスイッチングノイズはやはりありますがそれを抑える方策をいろいろ実験で試してみました。簡単な部品だけで激減できました試聴でも全く問題にならないところまで低減できました。カットアンドトライで試行錯誤を繰り返しましたので再現性があるかどうかはわかりませんが特に特殊な方法はありません。

2. アンプ部回路構成と部品

LME49830 は動作電源範囲が $\pm 20V$ から $\pm 100V$ まであり、FET のドライブ電圧が最大で 68Vrms, 出力電流が 56mA までであっていろいろな MOS-FET が選べます。データシートにはシングルプッシュプルから複数のパラレルプッシュプルまでカバーでき最大で 300W (8Ω 負荷) のパワーアンプも可能であると記されています。また歪率は 0.0006%5 (typ)、スルーレートは 39V と大変優れた性能となっています。図 1 にその概要を転記しました。 サンプルはナショナルセミコンダクタ社のホームページから有料で直接入手できます。

[図 1] データシートより


January 24, 2008

LME49830 Mono High Fidelity 200 Volt MOSFET Power Amplifier Input Stage with Mute

General Description

The LME49830 is a high fidelity audio power amplifier input stage designed for demanding consumer and pro-audio applications. Amplifier output power may be scaled by changing the supply voltage and number of output devices. The LME49830 is capable of driving an output stage in excess of 300 W single-ended into an 8Ω load in the presence of 10% high line headroom and 20% supply regulation.

The LME49830 includes internal thermal shut down circuitry that activates when the LME49830 die temperature exceeds 150°C. The LME49830 has a mute function that mutes the input drive signal and forces the amplifier output to a quiescent state.

The LME49830 has high drive current, 56mA typical, and high output voltage swing for maximum flexibility in output stage choice. With a bias voltage range up to 16V the LME49830 can be used to drive MOSFET output stages using a wide selection of MOSFETs.

The LME49830 has a wide operating supply range of $\pm 20V$ to $\pm 100V$, which allows lower cost, unregulated power supplies to be used.

Key Specifications

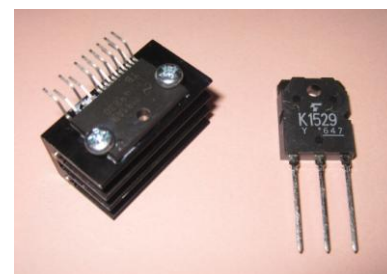
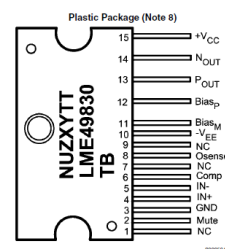
Wide operating Voltage range	$\pm 20V$ to $\pm 100V$
Output Voltage Noise (BW = 30kHz)	44μV (typ)
PSRR (DC)	105dB (typ)
Slew Rate	39V/μs (typ)
THD+N (f = 1kHz)	0.0006% (typ)

Features

- High output current and voltage for use with MOSFET output stages
- Very high voltage range: $\pm 20V - \pm 100V$
- Scalable output power
- Minimum external components
- External compensation
- Thermal shutdown of input stage
- Mute control

Applications

- AV receivers
- Audiophile power amps
- Pro Audio
- High voltage industrial applications



LME49830 はヒートシンクが必要

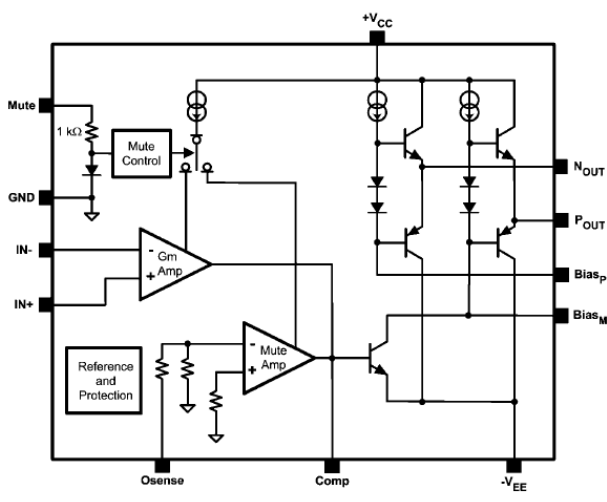


FIGURE 2. LME49830 Simplified Block Diagram

[図 2] IC の内部回路



NS 社のホームページから申し込むと直接送られてきます。 個人でも購入できるようです。

[図 3] IC の入手

図4は本アンプの全体の回路図です。データシートの推奨回路をもとに定数を合わせ込んでみました。出力のMOS-FETは入手がしやすくメーカ製のハイエンドアンプにもよく採用されている2SK1529と2SJ200です。LME49830はこのMOS-FETをダイレクトにドライブできる能力があります。FETのバイアス設定回路には定番の2SC3964を使いました。回路図の中の R_f と R_i でゲインを決めており、LM49830は安定動作の為に20倍を推奨していますのでそれぞれ33kと1.3kでゲインは26.3倍としました。それに合わせて R_{in} と R_s はそれぞれ同じ値の1.3kと33kにしています。このあたりの定数はオペアンプの非反転増幅回路と同じ考え方です。また R_s はアンプの入力インピーダンスにもなりますのであまり小さい値はできません。 C_i はDCのゲインを0dbにするためのものです。これを無くすれば低域の次定数が無くなるので低域の位相がまっすぐになりますがDCオフセットが出るので今回は入れました。 C_i と R_i で低域の次定数がままります。カットオフ周波数は $1/(2\pi R_i C_i)$ となり、1.2Hzです。これは1.2Hzで-3dBですが実際はその10倍の12Hzから徐々に下がりはじめますのでこれ以上高い F_c にしますと低音の不足が感じられます。よって C_i は100 μ Fでバイポーラ型を使います。バイポーラ型電解コンデンサは普通の電解コンデンサが2つ+どうしを内部で直列に接続されているらしくESR(等価直列抵抗値)が高くなります。同じ容量の電解コンデンサであれば電源耐圧が高いほうがESRが小さくなりますのでできるだけ耐圧電圧の高いものを採用しました。今回はサイズの関係から25V耐圧とし高域の特性改善の為に0.1 μ Fのフィルムコンをパラレルにしています。

2PINはMUTEピンで、ここには電源電圧からツェーダイオードで6Vを作って電流を流しこんで常時ONにします。 C_c は位相補償用コンデンサでここには21pのマイカコンをつかいました。

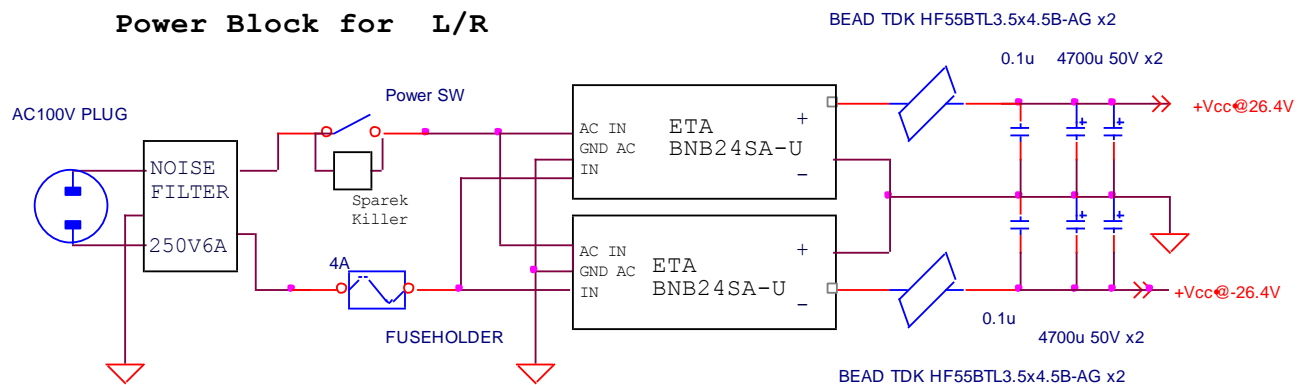
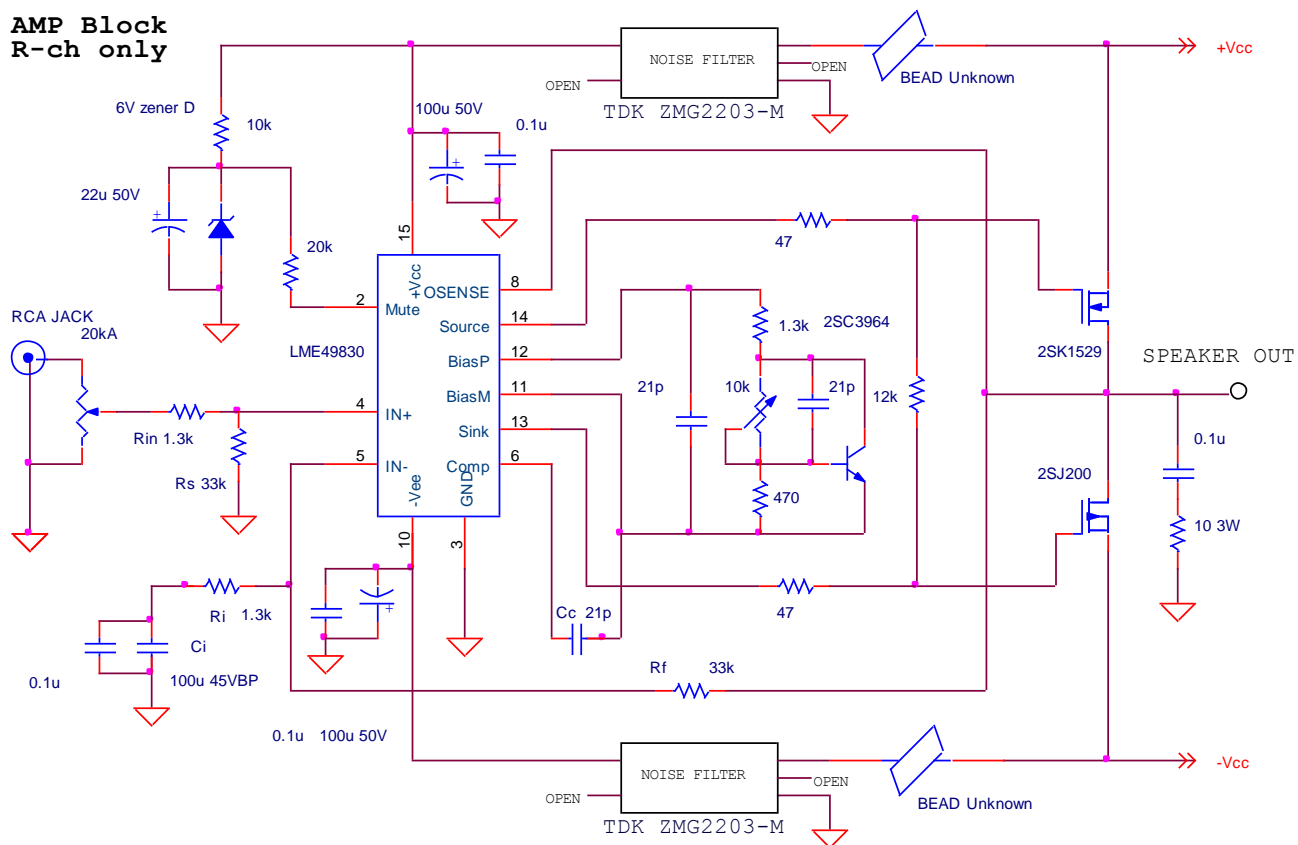
MOS-FETは熱に対してドレイン電流が減少する負の性格を持っているのでトランジスタのようにバイアス設定用トランジスタと熱結合による帰還回路は必要はありません。しかし2SK1529はドレイン電流が5A以下の応用では正の特性になるようにデータシートのグラフから読めますがそれほどパワーも取り出しませんので簡略にしました。FETのソース抵抗は普通は電流制限の為に0.22 Ω ぐらいを入れますが今回は無しにチャレンジしてみました。スピーカーの容量性負荷対策のコイルと抵抗も無くし、そのかわりに発振防止に0.1 μ Fと10 Ω を直列にしてスピーカーの+出力とGNDに入れてあります。これで電源からの電流がFETに入ってもそのままスピーカに流れて行きます。

3. 電源部の回路と部品

電源にはSW電源の専門メーカであるイータ電気(本社 東京都大田区)のものを使いました。特にオーディオ用ではありませんが汎用のローコストタイプであるBNB24SA-Uを選びました。図5が仕様です。これは+24Vの単出力で2.5Aが定格電流となっています。また2つをシリーズ接続できますので2つ使ってプラスとマイナスの電源を作ることができます。イータ電気のホームページから1つ2310円で直接購入できます。カバーがついていませんがサイズと価格とスペックでこれが気に入りました。半固定抵抗で $\pm 10\%$ の変動ができますので今回は+最大の26.4Vにしました。リップルの低減に4,700 μ Fの電解コンデンサを+/-にそれぞれ2つパラレルにし、高域の為に0.1 μ Fのフィルムコンデンサも付けました。

AC100VのノイズフィルターはこのSW電源モジュールに内蔵されていますが、2つのSWレギュレータ共通に外付けにノイズフィルターを増設しました。250V 6Aの定格のもので、ACのインレットと一緒にになっているタイプです。型番やメーカはジャンク品の為不明です。このノイズフィルタはSW電源の発するノイズがアンプの外に出て行かないようにする目的のためです。ヒューズも2つのSW電源共通のものを同様につけました。

[図 4] 本アンプの全体回路図



[図 5]

スイッチング・レギュレーター仕様書

M仕-04863

本仕様書は、型式 BNB24SA-U に適用する。

1. 入力特性

(1) 定格入力電圧	AC 100-115	[V]
(2) 定格入力電流	1.4	[A]
(3) 許容入力電圧範囲	AC 85~132	[V]
	DC 110~175	[V]
(4) 定格入力周波数	50/60	[Hz]
(5) 入力周波数範囲	47~440	[Hz]
(6) 相数	1	[φ]
(7) 入力突入電流	AC 100 [V] 入力時	30 [A] Typ.
	※但し、25 [°C] コールドスタート、定格出力時。	
(8) 効率	25 [°C] 定格出力時	84 [%] Typ.
	※但し、入力電圧はDC130 [V] とする。	

2. 出力特性

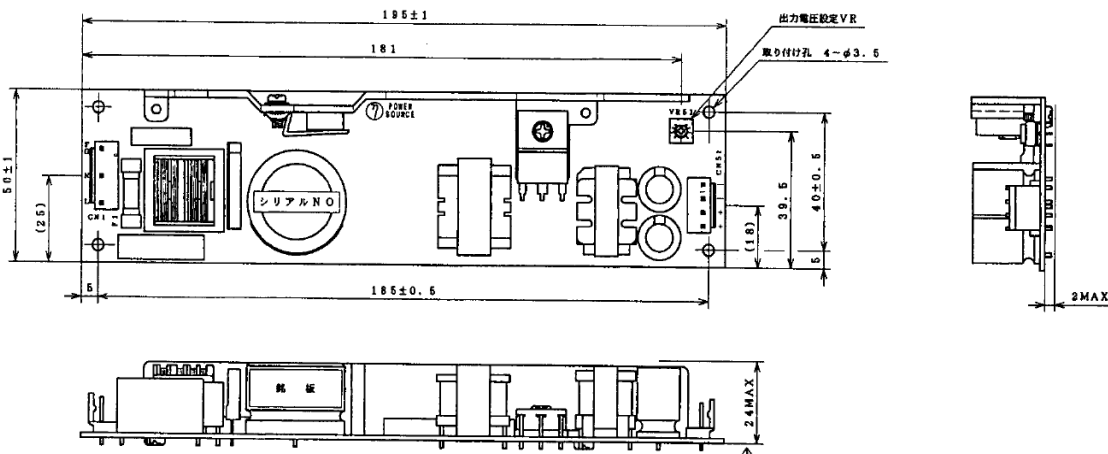
(1) 定格出力電圧・電流	+24.0 [V]	2.5 [A]
(2) 出力電圧可変範囲	+24.0 [V]	±10 [%]
※但し、許容入力電圧範囲、無負荷時。		
(3) 出力リップル・ノイズ	150 [mV p-p] 以内	※但し、0~60 [°C]
	180 [mV p-p] 以内	※但し、-10~0 [°C]
	出力電線150 [mm] 端に、100 [μF] の電解コンデンサ及び0.1 [μF] のフィルムコンデンサを接続し、20 [MHz] のオシロスコープにて測定する。	
(4) 定電圧精度		
a. 静的入力変動	定格出力電圧 × 0.8	[%] 以内
※ 但し、入力電圧AC85~132 [V]		
b. 静的負荷変動	定格出力電圧 × 0.9	[%] 以内
※ 但し、負荷を零から定格負荷まで変化させた時。		
c. 温度係数	0.03	[%/°C]
※ 但し、周囲温度-10~60 [°C] において。		
d. 経時ドリフト	定格出力電圧 × 0.5 [%] + 15	[mV] 以内
※ 但し、電源投入後 1 [H] 経過後から 8 [H] まで。		
周囲温度 25 [°C]、定格入出力時。		
e. 動的負荷変動	定格出力電圧 × 3.0	[%] Typ.
※ 但し、入力AC100 Vで負荷を25~75%と急変させたとき。		
f. 過渡回復時間	5	[mS] Typ.
※ 但し、入力AC100 Vで負荷を25~75%と急変させたとき。		
(5) 出力保持時間	20	[mS] Typ.
※ 但し、25 [°C] AC100 [V] 入力、定格負荷時に於て。		
	10	[mS] Typ.
※ 但し、25 [°C] AC85 [V] 入力、定格負荷時に於て。		
(6) 起動時間	200	[mS] Max.

3. 付属機能

(1) 過電流保護	定格出力電流 × 105 [%] 以上にて動作。 定電流垂下特性 要因を除いて自動復帰する。但し1分間以上の過電流、短絡状態は保証しません。
(2) 過電圧保護	定格出力電圧 × 115 [%] 以上にて動作。 出力遮断し、発振を停止する。 要因を除いて入力再投入により復帰する。
(3) リモート・センシング	不可能

M仕-04863

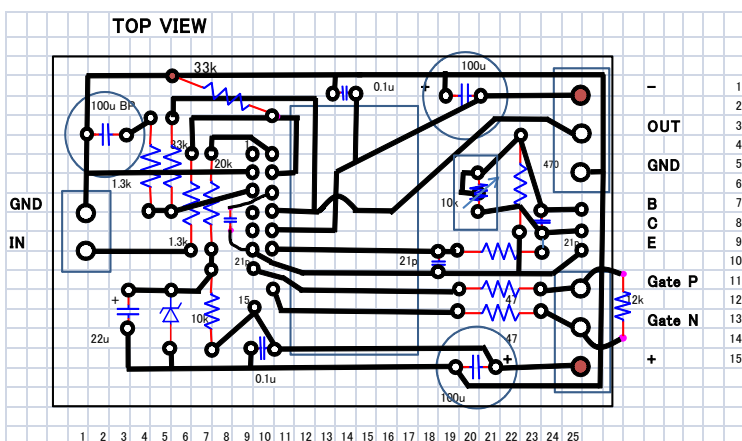
イーター電機工業株式会社



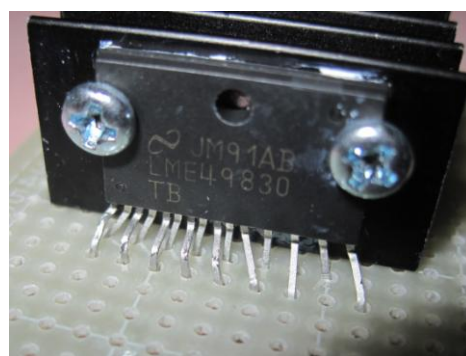
段の基板の製作

アンプの初段は図6のようにユニバーサル基板を使いました。サンハヤトのICB-886 72mmx48mm という一番小さいものです。この基板は四隅には穴が開いていません、部品が詰まっていますのでそれぞれの四隅にも小さいドリルで穴を開けます。赤丸のランドは新しくあける穴です。

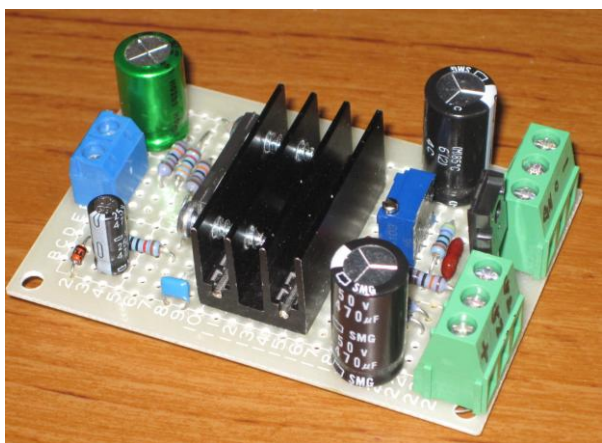
GND ラインは基板のランドの外側を通ります。かなりきっちりと部品が配列されますのでよく図と写真をご覧になって部品を挿入してください。また LME49830 は PIN が特殊な配列となっていますがラジオペンチでそろえなおして写真のように挿入します。半田付けは注意深くし他のランドとブリッジなどで接触しないようにしてください。1か所だけジャンパー線として配線をまたぐところがあります。また位相補償用の Cc は基板の裏から IC の PIN に直接半田つけします。基板のスペースが無いのと最短距離での配線したかったのがこのようにしました。また 2SK と 2SJ のゲート間の 12k の抵抗も基板の裏に取り付けています。LME4983 はヒートシンクを必要とします、3端子レギュレータなどの汎用のヒートシンクを横向きにし、穴をあけてタッピングねじで取り付けました。



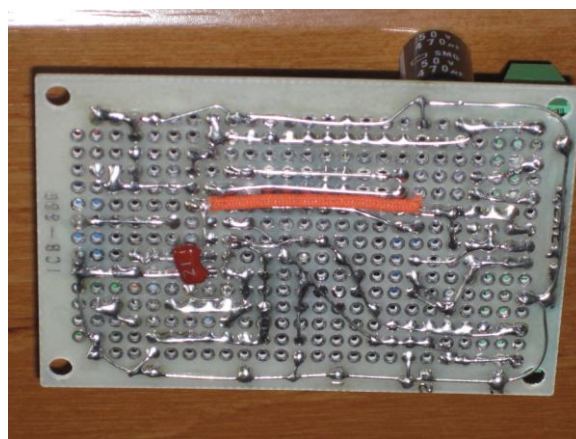
[図6] 配線パターン、トップビュー



IC の PIN をこのように基板にさす



部品の配置の様子

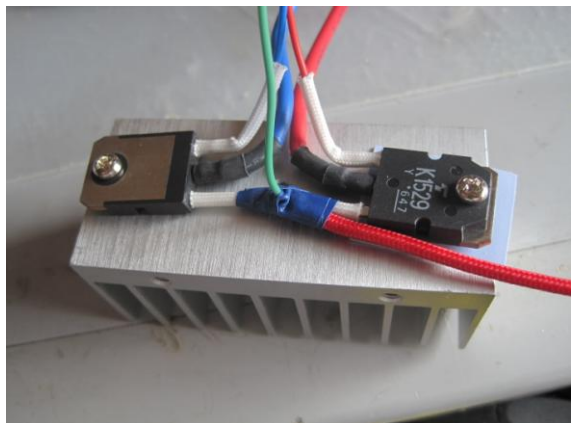


裏に 21 p、GATE の 12 k はまだつけていません

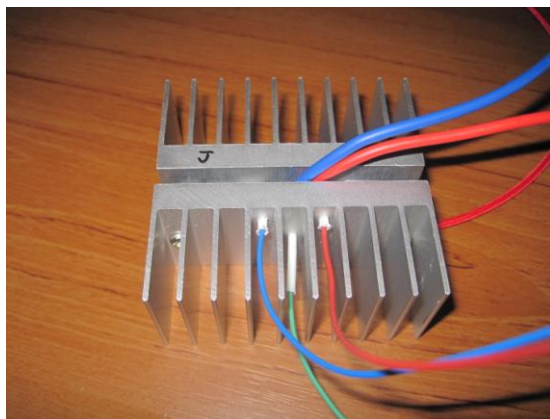
5. その他の部品と製作

ケースは薄型でスマートで高級感のあるタカチの W0-44-32-23 (H44mmxW320mmxD230mm), 放熱用に底板と天板に 3.5mm の穴をあけます。FET のヒートシンクはジャンクで買ったものですので型番は不明です。これを

2つ使い 2SK と 2SJ をサンドイッチにして放熱効果を高め、同時にスペースの削減をしています。なお、ゲートの配線との出力のフィードバックの配線の 3 本はヒートシンクに穴をあけて LME49830 まで最短距離となるようにしました。2 本のビスとナットを使いヒートシンクで FET をサンドイッチにします。絶縁用の放熱シートは忘れずに。FET の足にも絶縁チューブをかぶせてヒートシンクとの接触を防ぎます。あまり強く挟みますと中のチップにストレスがかかりますのでほどほどにしてください。



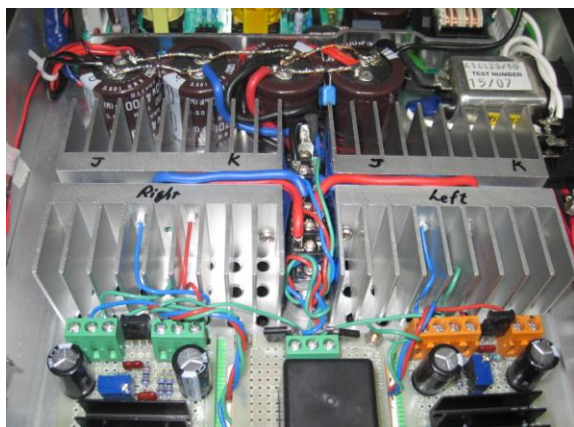
2SK と 2SJ はこのように取り付ける



ゲートと OUT のフィードバックは穴をあけて出す



スピーカ出力端子と発振防止の CR



ヒートシンクはシャーシに直接ねじ止めする



SW 電源は絶縁スペーサを介してシャーシにねじ止め
電荷コンデンサは接着剤でシャーシに取り付けます



入力ボリューム付近
網のあるシールド線で配線します

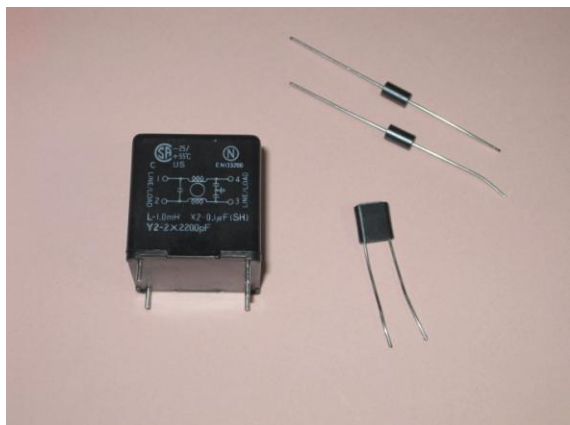


リアパネルはこういう感じです

現物合わせでレイアウトをしました

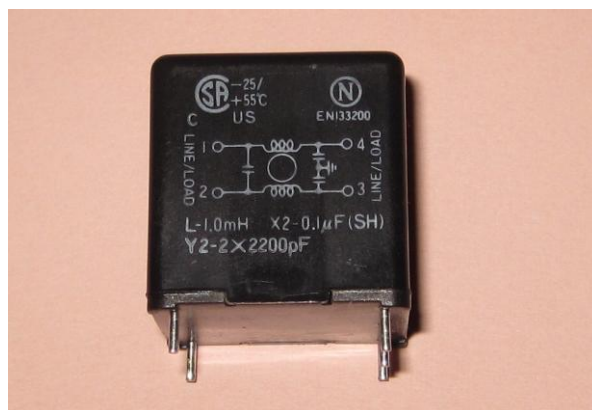
6. ノイズ低減対策

ノイズ対策は主にコンデンサとビーズとモジュールになった AC 電源用ノイズフィルターだけです。ダイオードのような形をしたビーズは TDK の HF55BTL3. 5X4. 5B-AG という型番です。マイラコンデンサのような形のビーズはジャンク品の為メーカーと型番わかりません。ビーズは SW 電源から電解コンデンサの間と LME49830 へ行く電源ラインに 2 か所入れました。2 種類のビーズを使用したので回路図と写真をご参照ください。回路図の中には“BEAD”と書いてあります。AC 電源のノイズフィルターは TDK の ZMG2203-M です、中には 1mH の L と 0.1 μ F の C が組み合わさっています。LME49830 の+と-の電源ラインにそれぞれホット側をディファレンシャルモードノイズ用としてひとつづつ入れました。コールド側は 2 つのノイズフィルターの入力側だけをコモンにしています。試しに GND を出力側のコールドを通してみましたがグラウンドに L 成分を入れたのと同じことになり LME49830 がきれいに発振しました。このノイズフィルターモジュールの GND 端子はシャーシにアースしています。



黒いダイオードのようなものがビーズです

黒いマイラコンデンサのようなものもビーズです

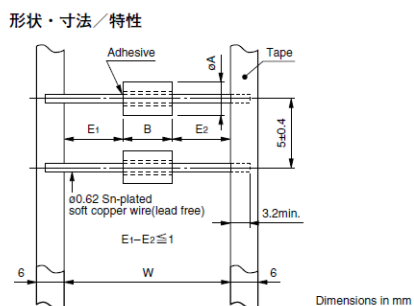


TDK の ZMG2203-M

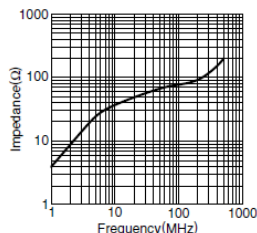
ビーズは電源ラインや信号ラインに直接挿入でき、L と R が直列になったような働きをし、高周波領域では L が大きな R 成分になってノイズを取り除きます。また AC ラインフィルターは L と C と R が組み合わさり AC ラインのディファレンシャルモードとコモンモードの両方のノイズを取り除きますが DC の電源ラインにも応用できます。今回の使い方はディファレンシャルモードだけを使っています。[図 7]に HF55BTL3. 5X4. 5B-AG

と[図 8]に ZMG2203-M の等価回路とスペックを TDK のホームページより引用しました。

[図 7] ビーズ



電気的特性例
インピーダンス周波数特性
HF55BTL3.5X4.5□-AG
HF55BTS3.5X4.5B-AG

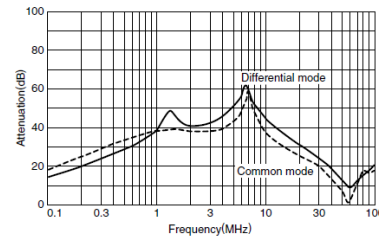


品名	寸法 (mm)			インピーダンス (Ω)[at 23°C]	
	A	B	W	10MHz typ.	100MHz typ.
HF55BTL3.5X4.5B-AG	3.5±0.2	4.5±0.4	52+2/-1	34	74
HF55BTL3.5X4.5R-AG	3.5±0.2	4.5±0.4	52+2/-1	34	74
HF70BTL3.5X6R-AG	3.5±0.2	6±0.4	52+2/-1	50	83
HF55BTL3.5X8R-AG	3.5±0.2	8±0.4	52+2/-1	58	125
HF70BTL3.5X9R-AG	3.5±0.2	9±0.4	52+2/-1	76	120
HF55BTS3.5X4.5B-AG	3.5±0.2	4.5±0.4	26+1.5/-0	34	74

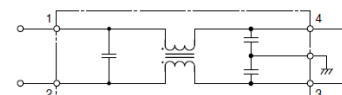
[図 8] AC ラインフィルタ

品名	ZMG2201-M	ZMG2203-M
定格電圧 Eac(V)	250	250
定格電流 (A)	1	3
試験電圧 Eac(V) [端子・アース端子間]	1500	1500
絶縁抵抗 (MΩ)	100min.	100min.
[DC.500V, 1min / 端子・アース端子間]		
漏洩電流 (mA) [250V・60Hz]	0.5max.	0.5max.
直流抵抗 (mΩ)	140max.	120max.
使用温度範囲 (°C) [自己温度上昇分を含む]	-25 to +85	-25 to +85
デレーティング開始温度 (°C)	55	55
温度上昇 (°C)	30max.	30max.
減衰特性周波数範囲 (MHz) [+5 to +35°C]	対称波減衰量 25dB 保証 0.8 to 10	0.8 to 10
	非対称波減衰量 25dB 保証 0.6 to 10	0.6 to 10
質量 (g)	24	24

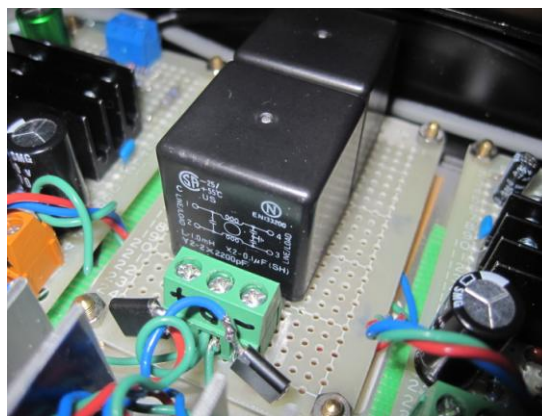
ZMG2203-M



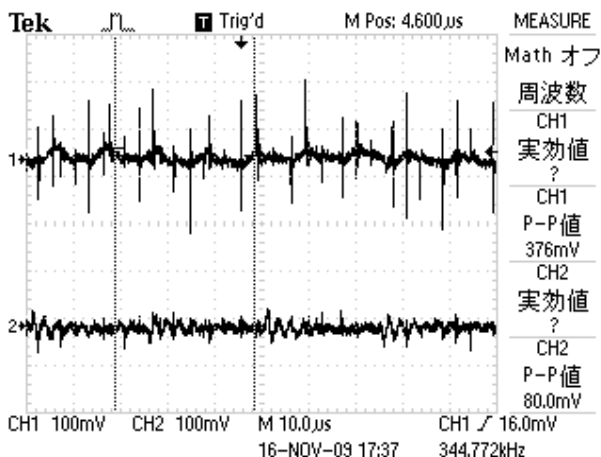
回路図



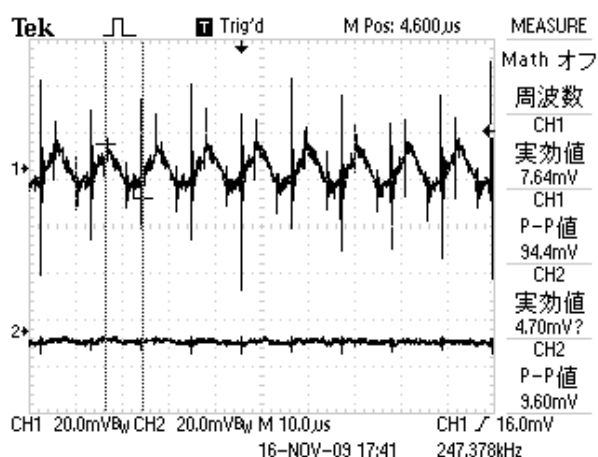
SW 電源から電解コンの間の+と-のラインにビーズをそれぞれ 2 つずつ入れました



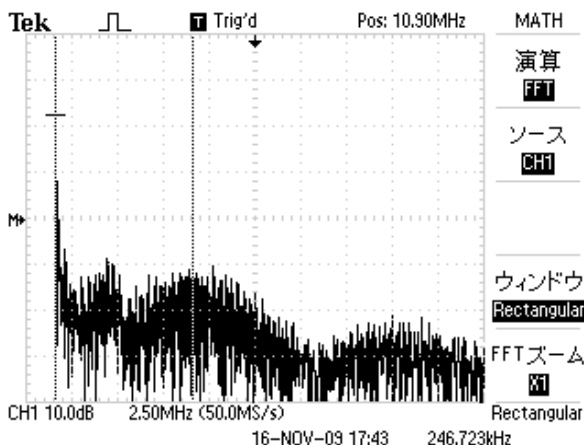
黒い四角いものは TDK のノイズフィルタ
手前の黒い小さい四角い薄いものはビーズです
LME49830 の電源ラインに入れました



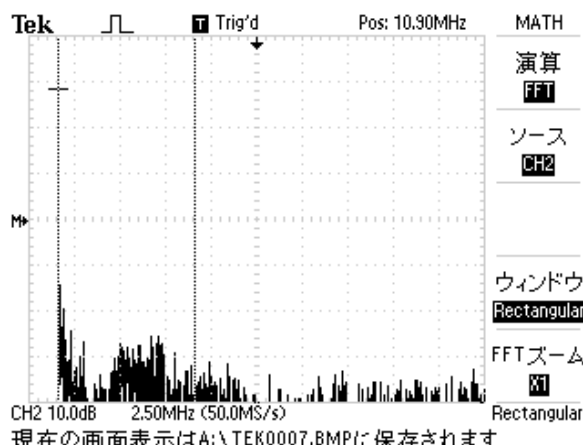
[図 9] CH1 は SW 電源の出力の AC 成分
CH2 は LME49830 の電源端子の AC 成分



[図 10] 信号キャプチャをアベリッジモードに変えて測定
CH1, CH2 は図 9 と同じ、ただし縦軸を 5 倍に拡大
これほどまでにノイズを低減させることができた



[図 11] SW 電源の出力の FFT 解析



[図 12] LME49830 の電源端子の FFT 解析
大幅に高調波が低減しているのが分かる

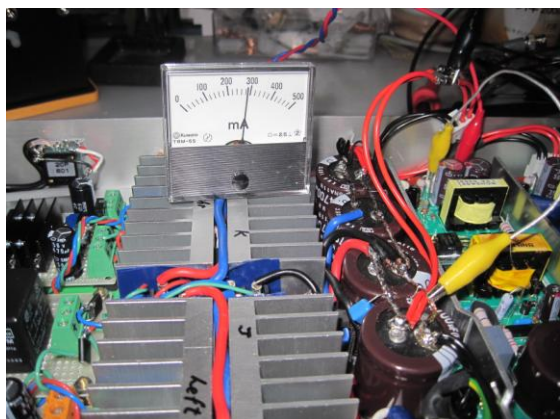
7. 調整

調整箇所は半固定ボリュームだけです。これは FET のバイアス電圧の設定です。ソース抵抗を省きましたので FET のドレイン電流がどれくらい流れているかを測定できません。そのかわりに +26.4V の電源の電流を見ます。SW 電源から回路全体に行く +26.4V のラインの間に電流計を入れます。そして入力ボリュームをゼロにして無音時の電源電流が 260mA 流れるように半固定抵抗を回します。LME49830 のクイッシュメント電流(無音時の定常電流)はデータシートからだいたい 24mA です(ステレオで 48mA)です。よって FET には 260mA-48mA の約 212mA がステレオで流れている計算になります。片 CH で一つの 2SK に 106mA です。その時の 2SK と 2SJ のゲート間の電圧は 3.5-3.6V のはずですのでダブルで確認してください。これで無音時にヒートシンクがほんのりと暖くなり、大音量で 2 時間以上聴いてもシャーシの裏が少し熱い程度です。SW レギュレータはほんのりと暖かい程度です。この電流値を上げて行きますと A 級での動作範囲が広がりますがかなり熱くなります。電流計で見て、耳で聴いてみて、触ってみてお試しください。

スピーカ出力の DC オフセット電圧漏れは R, L とも約 2mV でしたので全く問題ありませんでした。

これが 50mV-100mV ですとどこかに配線間違いか、部品の定数間違いがありますので確認してください。

5V-9V であればおそらく+か-の電源がショートしていますので確認してください。

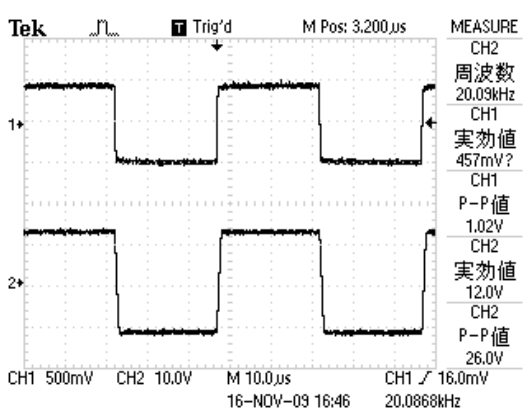


回路全体の電流値から LME48930 のクイシエント電流を差引いて FET のドレイン電流を推測する。
半固定ボリュームを右に回すとこの電流が増える。
約 260mA で安定するように調整する。

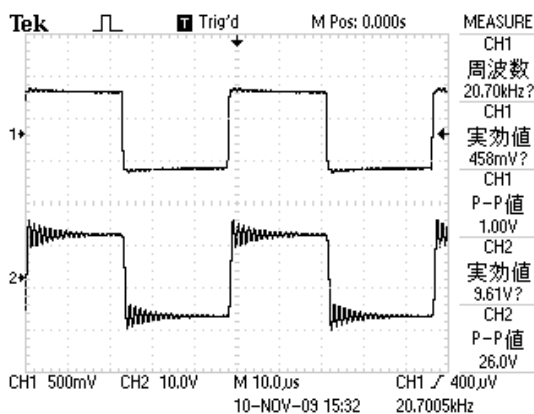
8. 測定

各種測定結果を図 13, 14, 15, 16 に記しました。予想通りのとても良い結果です。

8-1. 方形波応答波形

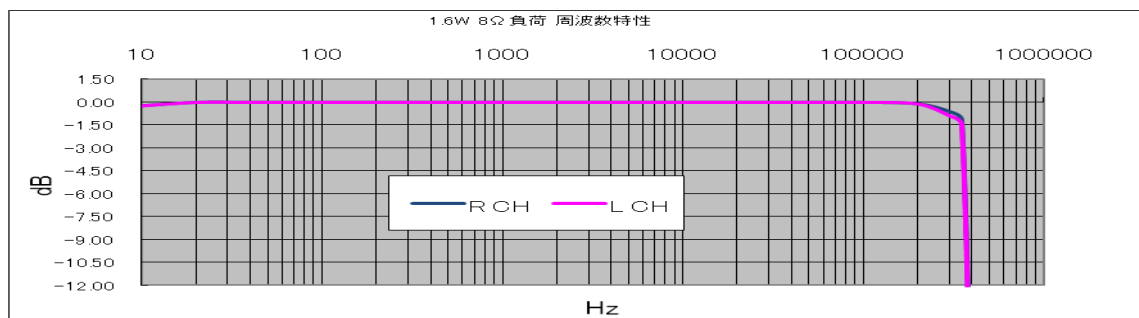


[図 13] 入力 20kHz 443mVrms 8 Ω 負荷
入力は CH-1, 出力は CH-2



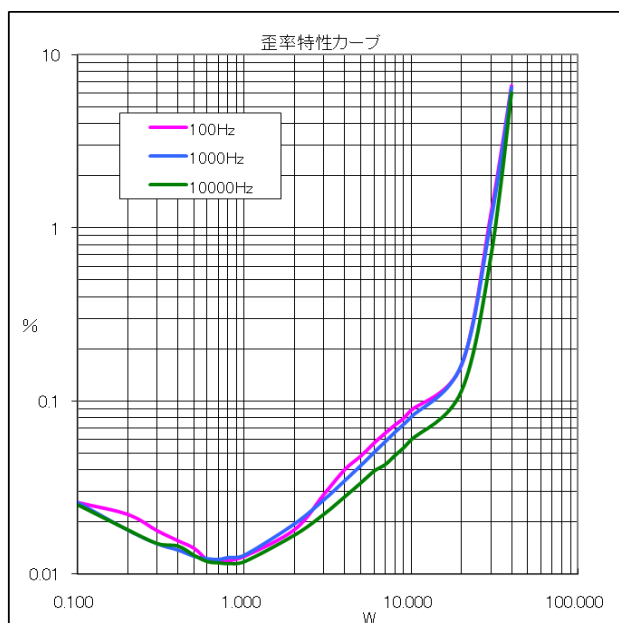
[図 14] 8 Ω + 0.1μF 負荷

8-2. 周波数特性



[図 15] 10Hz から 300kHz (測定限界) まで -1.5dB R/L ともきれいにそろっています

8-3. 歪率 (THD+N)



[図 16]

100Hz, 1kHz, 10kHz ともよくそろっています

特に高域の歪率がよいのは LME49830 が MOS-FET のゲートの容量負荷のドライブが優れていることを示しているようです。

30kHz Filter 入りで測定

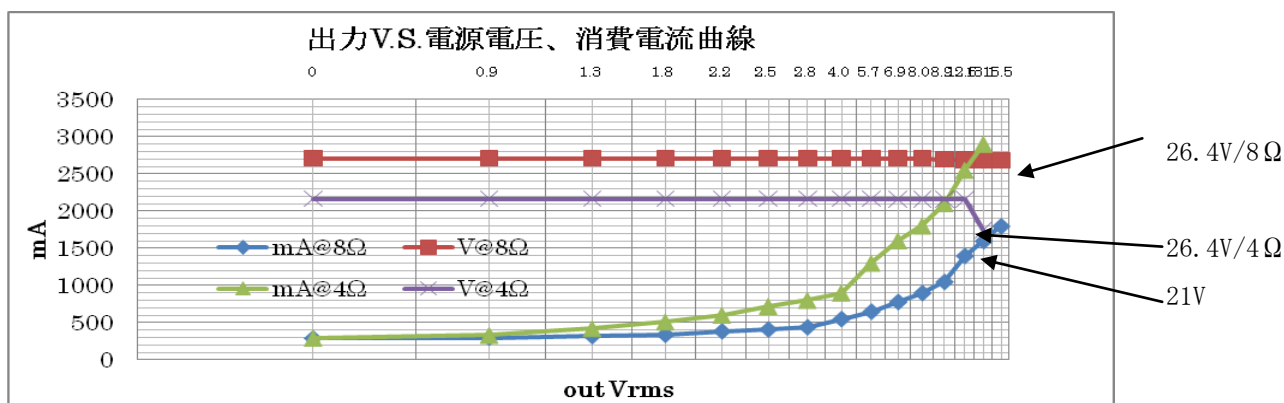
THD+N は 0.012%

32W@8Ω 出力で 1%

8-4. 電源の安定度

図 17 に入力 R/L 両方に 1kHz のサイン波を入れてボリュームを上げて行き、クリップする寸前までの消費電流と電源電圧の変動をプロットしてみました。スピーカの負荷は 8Ω と 4Ω のダミーロードを切り替えてみました。グラフの横軸は出力の電圧 Vrms、これは 8Ω でも 4Ω でも同じスケールになるようにしたからです。W 換算は Vrms x Vrms / Ω です。左の縦軸はステレオ動作時の消費電流 mA、右の縦軸は電源の電圧 V です。8Ω と 4Ω の時の電圧はグラフが重なりますのでずらしました。

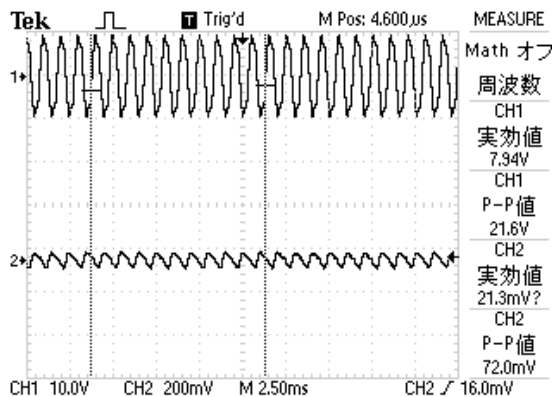
8Ω では最大出力 16Vrms (=32W@8Ω) で 1800mA の消費電流ですが電源電圧はほとんど変化がありません。SW レギュレータのスペックは 2.5A です。普通トランスを使ったアンレギュレーション電源では 3V-4V は下がります。これが SW レギュレータの長所でしょう。4Ω 負荷に変えてみますと 8Ω の時の 2 倍の電流が流れますのでスペックの 2500mA で 12.6Vrms (=40W@4Ω) まで大丈夫です。さらに上げて行き 12.9Vrms (=42W@4Ω) まで行きますと電流は 2900mA まで流れ電圧は 21V に急に下がります。これはこの SW レギュレータの過電流保護回路が働いたようです。しかし通常のリスニングレベルである 5-30W までは 4Ω 負荷でも 8Ω のきっちり 2 倍の出力 W となっています。



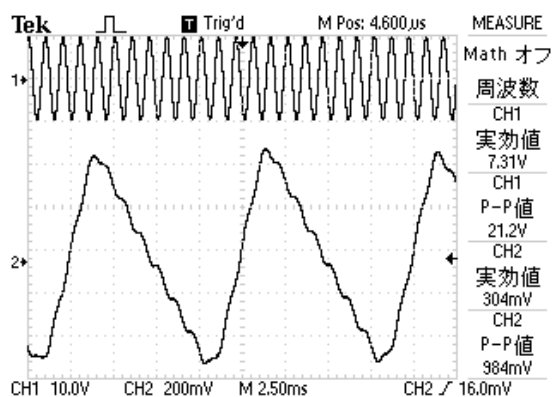
[図 17]

さらに電源のリップル波形を見てみました。 図 18 は RL 両方の入力に 1kHz のサイン波を入れて負荷は 8 Ω で最大出力にしたときの電源のリップル成分です。信号に逆にシンクロした 21.3mVrms が CH-2 に見られます。図 19 は同じ条件で電源を 250VA のトロイダルトランス+3,900uF×6 のアンレギュレテッド電源に変えてみました。そのトランス電源の回路図は図 20 です。最大出力時には電圧が約 8% 下がり、また整流時の 100Hz のリップルが大きく表れています。SW レギュレータの優秀さがここにも表れていると思います。

また最大出力時でも FET の熱とドレイン電流の問題は無いようでした。

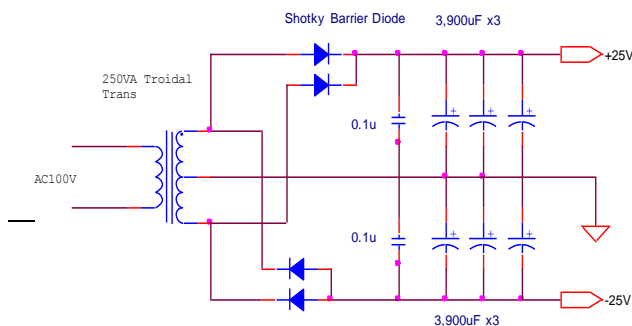


[図 18] 最大出力時の SW 電源のリップル

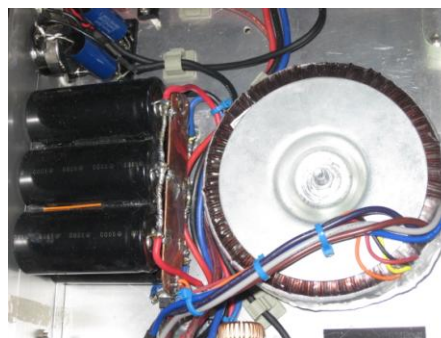


[図 19] 250VA トロイダルトランス+3,900uF×6

図 18 と同様の条件



[図 20] 比較したトロイダルトランス電源



9. 試聴

とてもなめらかな音です。普通のトロイダルトランスのアンプと比べてみましたが全く遜色ありません。むしろ電圧が安定しているので 32W x2 しかありませんが 86dB の能率のスピーカーでも 100Wx2 のアンプに比べて聴感上のパワー不足は感じられません。女性ボーカルのエバキャシディははつらつとシャウトします、ディキシーチックスの 3 人組はつややかな声で歌います。バイポーラトランジスタアンプに比べますと乾いた感じのサウンドです、これは FET の特長なのでしょうか。特にウエストコーストや南部系の音楽にぴったりのようです。クラシックの室内楽はもうちょっと湿り気があったほうがいいかもしれませんが木管楽器やギターなど木製の楽器は好ましい響きがしました。能率 100dB の ALTEC-604G に変えて、ボリューム最大にしても残留ノイズは全く聞こえませんし、電源 ON-OFF 時のポップノイズもほとんどありません。製作がしやすく高音質でまた環境にやさしいのでぜひとも皆様もお試しくください。私はこれに気を良くしましたので次は 48V の SW レギュレータを使ってもっとハイパワーに挑戦してみたいと思います。

