

電流バッファ LME49600 ×4 使用 DCサーボ回路搭載

バランス出力専用設計ヘッドホンアンプ キット

でありやす！

LME49600 BALANCED HPA DESIGNED BY FIXER

【特長】

とにかくスペック重視のヘッドホンアンプです。ヘッドホンはもちろん、低インピーダンス・高感度のインイヤーモニター(IEM)やカナル型イヤホンまでも確実に駆動することを目的としました。必要な性能を満たすことを追求した結果、必然的にバランス接続専用となりました。シングルエンド(アンバランス)出力を除外することでバランス駆動に特化した回路設計を実現し、性能向上を図っています。

- ・アンバランス駆動の宿命である逆相クロストークの問題を排除。複雑な音像配置もバランスを乱さず、クッキリと再生します。
- ・インピーダンス10Ωといった極低インピーダンスのイヤホンであっても、低歪を維持した駆動能力を備えています。高感度イヤホンの使用においても、無音時のノイズが目立たないよう配慮しています。

ボリューム回路の排除やシングルエンド出力の廃止など、メーカー製品では実現できない割り切った設計を行うことで、ヘッドホンアンプの基準として使用できるものを目指しました。

【回路について】

バランス入力のインピーダンスは約10kΩ(対GNDはその半分)、入出力間のゲインはトータルで0dBです。

入力された信号はR1、R2およびD1～D4による過入力保護回路を経た後、インスツルメーションアンプ回路にてバランス信号が再構成されます。オペアンプ単体ではヘッドホンを駆動するための電流容量に余裕がないため、電流バッファのLME49600を各相に1個ずつループ内に設けています。LME49600の出力は発振対策のフェライトビーズを通過した後、ヘッドホンに供給されます。U3はDCサーボ回路となり、入力信号や回路内で発生するDCオフセット成分を検出して前段に戻すことで出力への直流重畳を回避しています。

全体がバランス回路のため、回路内のGNDは基準電位として用いるのみで、電流は殆ど流れません。これによりアンバランス(シングルエンド)回路におけるGNDラインの設計という悩みの種から解放され、バランス回路として理想の設計が実現できました。

【参考スペック】

主要半導体: LME49600、LME49720、OP275、OPA2134

周波数特性: 1Hz～100kHz

残留ノイズ: 2.4μV (A-Weighting 10Ω負荷)

全高調波歪率(THD): 0.0002% (32Ω 10mW 1kHz)

0.0005% (10Ω 2mW 1kHz)

ステレオクロストーク: -120dB以下 (1kHz 1V 10Ω 負荷 BPF 1%)

出力インピーダンス: 100mΩ以下

■ パーツリスト

部品番号	値	表示	数量	部品名	型番	メーカー
R1,R2,R9,R10,R11,R12,R15,R16,R23 R24,R25,R26,R29	560Ω	緑青黒黒茶	13	金属皮膜固定抵抗器 1/4W 1%	271-560	XICON
R5,R6,R7,R8,R19,R20,R21,R22,R30	1kΩ	茶黒黒茶茶	9	金属皮膜固定抵抗器 1/4W 1%	271-1K	XICON
R3,R4,R17,R18	4.7kΩ	黄紫黒茶茶	4	金属皮膜固定抵抗器 1/4W 1%	271-4.7K	XICON
R13,R14,R27,R28	100kΩ	茶黒黒橙茶	4	金属皮膜固定抵抗器 1/4W 1%	271-100K	XICON
C1,C2,C7,C8 (実装しない)	—	—	—	—	—	—
C3,C4,C9,C10 (取付方向は決まっていない)	10μF 25V BP		4	アルミニウム電解コンデンサ 両極性品	UES1E100MDM	ニチコン株式会社
C5,C6,C11,C12,C15,C16,C17,C18,C19,C20 C22,C23,C24,C25,C26,C27,C29,C30	0.1μF	.1J63	18	メタライズドポリエステルフィルムコンデンサ	R82DC3100AA50J	KEMET
C13,C14,C21,C28 (取付方向あり)	470μF 25V		4	アルミニウム電解コンデンサ	MAL214256471E3	VISHAY
C31 (取付方向あり)	10μF 63V		1	アルミニウム電解コンデンサ	MAL214258109E3	VISHAY
L1,L2,L3,L4 (実装せずジャンパー接続)			—	フェライトビーズ	BL01RN1A1E1A	村田製作所
U1,U6 (取付方向あり)	LME49720NA		2	2回路入りオペアンプ	LME49720	Texas Instruments(NS)
U2,U7 (取付方向あり)	OP275GP		2	2回路入りオペアンプ	OP275GP	Analog Devices
U3,U8 (取付方向あり)	OPA2134PA		2	2回路入りオペアンプ	OPA2134PA	Texas Instruments(BB)
U4,U5,U9,U10 (取付方向あり)	LME49600		4	大電流オプティオバッファ	LME49600	Texas Instruments(NS)
U11,U12 (取付方向あり)	NJM7812		2	三端子レギュレータ 12V	NJM7812	新日本無線株式会社
U13 (取付方向あり)	NJM78M06FA		1	三端子レギュレータ 6V	NJM78M06FA	新日本無線株式会社
D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8 (取付方向あり)	1N4148		8	小信号用ダイオード	1N4148	FAIRCHILD
LED1 (取付方向あり)			1	発光ダイオード φ3mm 緑色	汎用品	
J1,J2,J3,J4,J5,J6,J7,J8			8	ジャンパー線 (抵抗器のリードを使用)		
ICソケット 8ピン (取付方向あり)			6			
専用基板			1	LME49600 BALANCED HPA		

※C1、C2、C7、C8は予備のため実装の必要がなく、パーツは付属しません。

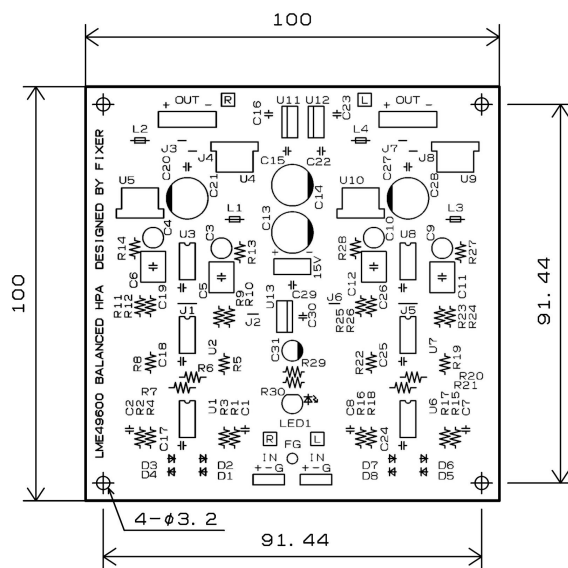
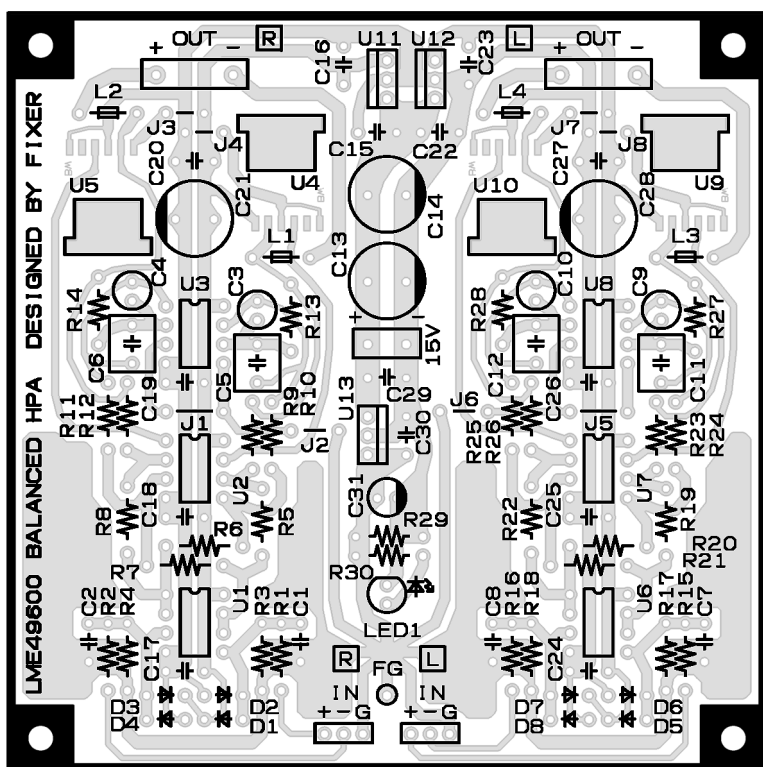
※L1、L2、L3、L4は使用せずジャンパー接続としてください。万一、発振が起こる場合の対策用です。取り付けると歪率が多少悪化します。

※部品の取付方向があるものは十分に注意してください。故障するだけでなく、電源投入時に発煙、破裂することがあります。

※オペアンプは第一に電氣的特性重視とし、低歪、低ノイズの製品から選定。測定上の特性を確保した上で、聴感上でのバランスが良い組み合わせを選定しています。U1、U2、U6、U7については多くの2回路入りオペアンプが使用できますので交換もお試ください。U3、U8はDCサーボ用で、低オフセットタイプ (OPA2277などに交換するとヘッドホン挿抜時の「バツツ」というノイズを減らすことができます。交換は音質も加味した上で総合的に判断してください。

※パーツは変更となる場合があります。(例: MAL214256471E3 → MAL203858109E3, MAL214258109E3 → MAL203858109E3, R82DC3100AA50J → R82EC3100AA70J)

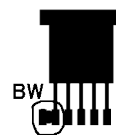
■基板パターン透視図および基板寸法



■LME49600の取付けについて

取り付け位置に注意。向かって左側のパッド(基板の銀色部分)が空きます。ピンがパッドを隠すように置くのではなく、わずかに上にずらしてパッドが見えるように置き、マスキングテープ等で仮止めしてください。フラックスを塗ってから、少ないハンダで良く温めれば簡単にキレイな実装ができます。最後に上の放熱フィン部分をハンダ付けて基板に固定します。

図のBW端子部分はハンダブリッジで接続して下さい。(計4箇所)



■接続について

【バランスライン入力】 IN + (HOT) - (COLD) G (GND)

バランス接続をするのが最良ですが、アンバランス機器との接続であっても信号伝送上のメリットが得られます。この場合、**COLD端子とGND端子を短絡してください。**

再生機器がアンバランス出力の場合は、XLR to RCAもしくはステレオミニプラグのケーブルを2芯シールド線×2本で作成し、アンバランスのプラグの根元でCOLDをGNDに接続する方法が最良です。

性能低下を招くため、本機へのボリュームの取り付けは推奨しません。プレーヤーのヘッドホン出力に接続し、そのボリュームを使用するのが最良です。ボリュームを取り付ける場合は、よく検討してください。

【バランスヘッドホン出力】 OUT + (HOT) - (COLD)

+端子および-端子をそれぞれヘッドホンの左右ユニットへ接続してください。本機はバランス接続専用ですのでアンバランス(シングルエンド)接続はできません。コネクタにGND端子があっても結線はしないでください。

【電源】 15V + -

DC15V 0.5A以上のスイッチングACアダプターを本機専用単独で接続します(秋月電子 NP12-US1508など)。必要に応じて+側に電源スイッチを取り付けます。ケースにDCジャックを取り付ける場合は一側がケースに接続されないタイプ(マル信無線電機 MJ-14など)を使用してください。指定外の電源を使う場合は、ここで電源が指定されている理由を理解してから検討してください。

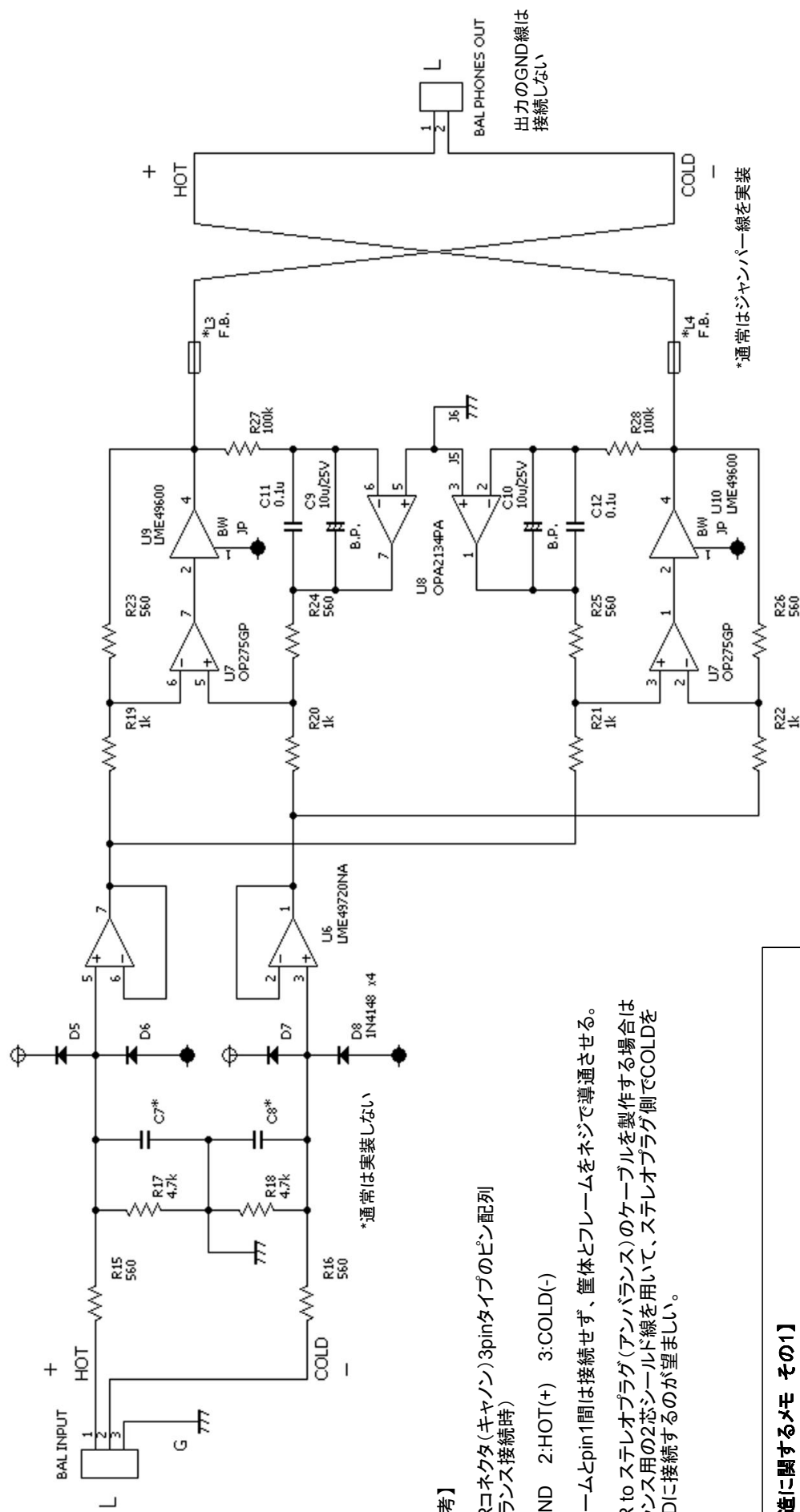
【フレームグラウンド】 FG

ノイズ混入防止や安全のためなるべく金属ケースに入れ、ケースとFG端子とを接続してください。この時ケースの蓋やパネル等が塗装などで絶縁されていないか確認し、全パーツが導通するようにしてください。接続されていない場合、電波や静電気によるノイズが聞こえることがあります。

【電源ランプ】 LED

必要に応じてリード線で延長し、ブラケットLEDなどをケースに取り付けてください。このLEDは回路が正しく動作しているかどうかの判断材料にもなります。

■ 回路図



【参考】

XLRコネクタ(キヤノン)3pinタイプのピン配列
(バランス接続時)

1:GND 2:HOT(+) 3:COLD(-)

フレームとpin1間は接続せず、筐体とフレームをネジで導通させる。

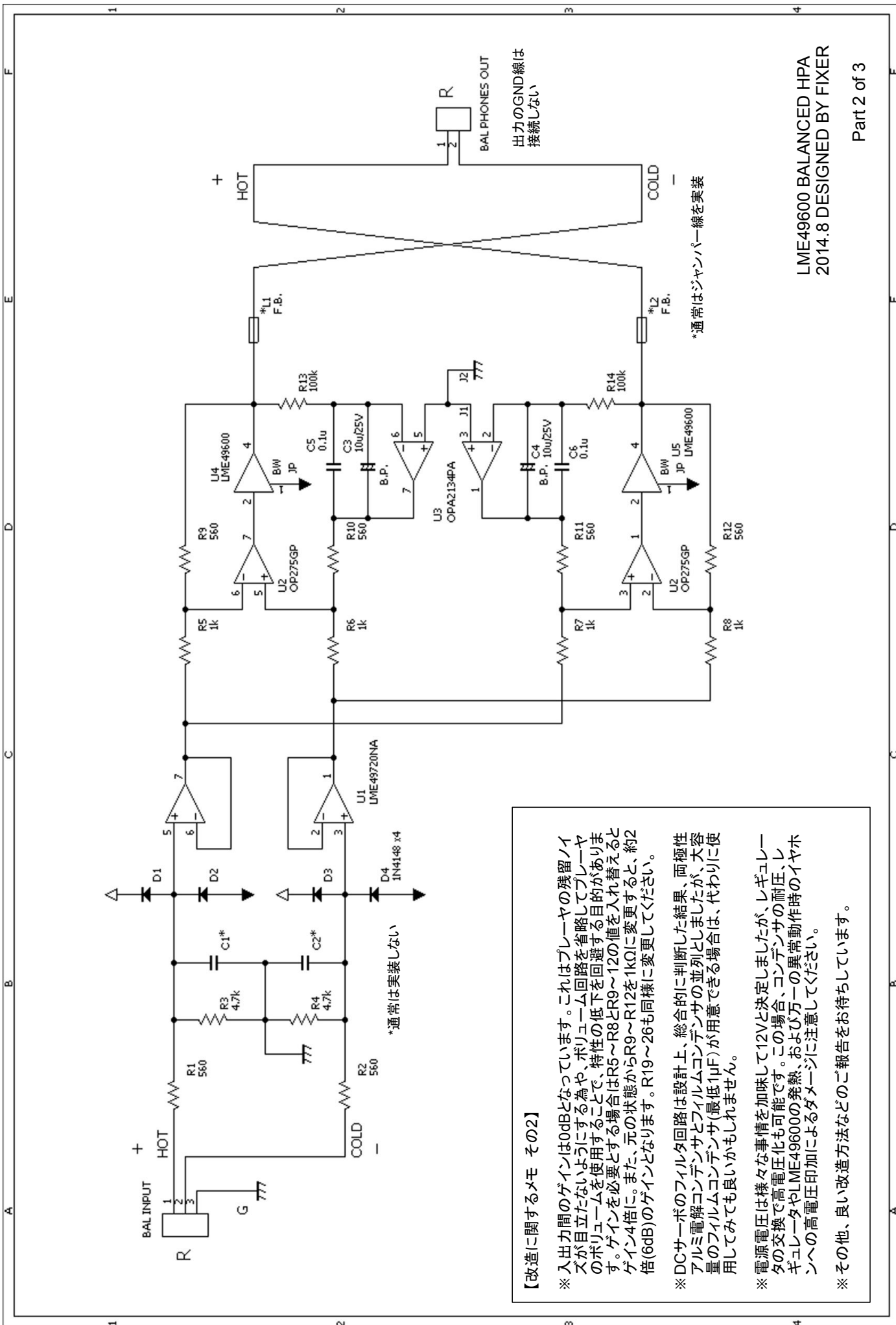
XLR to ステレオプラグ(アンバランス)のケーブルを製作する場合は
バランス用の2芯シールド線を用いて、ステレオプラグ側でCOLDを
GNDに接続するのが望ましい。

【改造に関するメモ その1】

※C1, C2, C7, C8は基本的に不要のため未実装ですが、入力の高周
波ノイズをカットするため、必要に応じて560pF程度のフィルムコンデ
ンサを取り付けることでローパスフィルタを構成することができます。
※フィルムコンデンサを採用したため、オペアンプの挿抜がしにくくなっ
ています。オペアンプの2-9pin間から6-7pin間の下に細いドライバ
等を通して持ち上げるとピンを曲げずに抜けます。

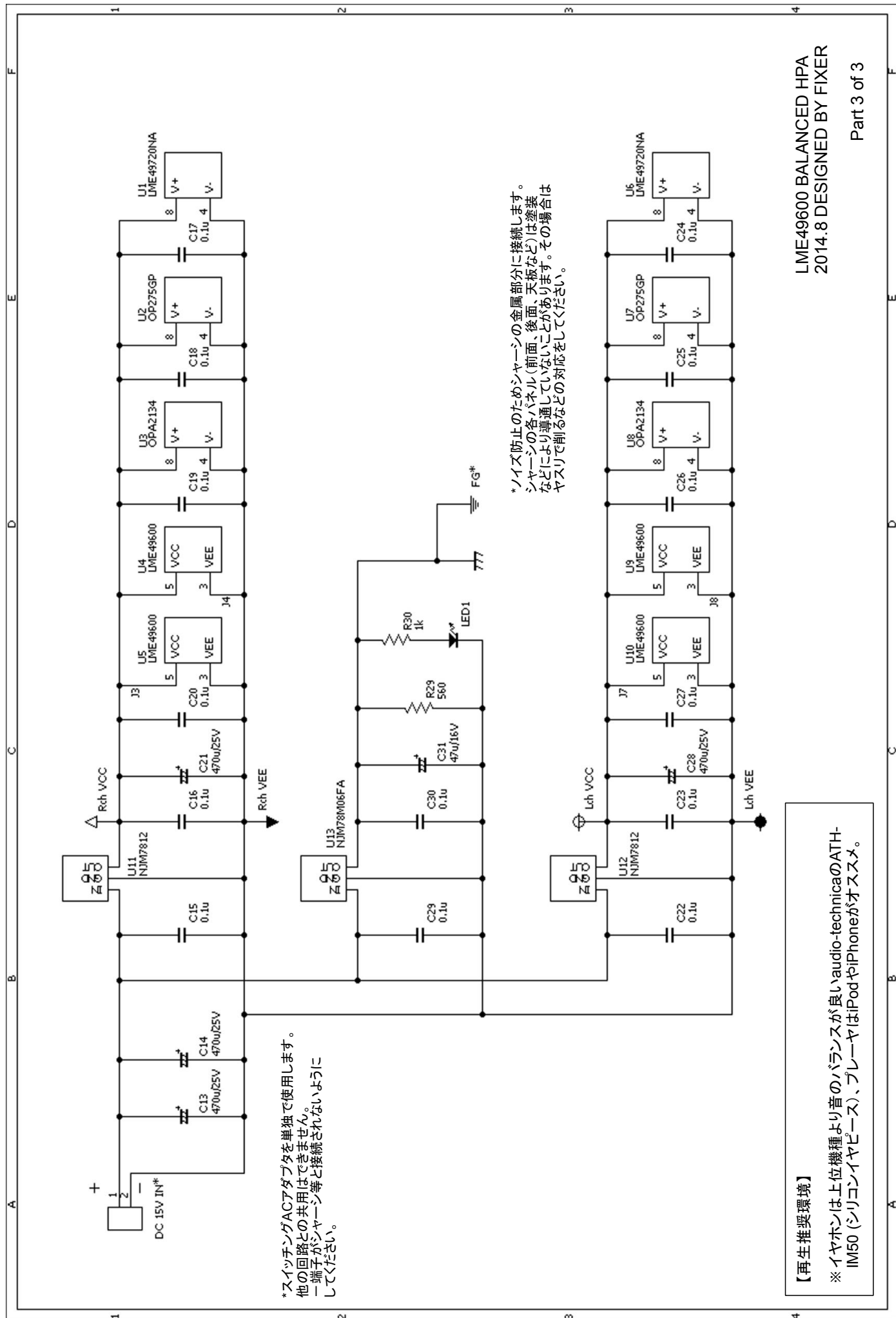
LME49600 BALANCED HPA
2014.8 DESIGNED BY FIXER

Part 1 of 3



【改造に関するメモ その2】

- ※ 入出力間のゲインは0dBとなっています。これはプレーヤの残留ノイズが目立たないようにする為や、ポリウム回路を省略してプレーヤのポリウムを使用することで、特性の低下を回避する目的があります。ゲインを必要とする場合はR5~R8とR9~R12の値を入れ替えるとゲイン4倍に。また、元の状態からR9~R12を1kΩに変更すると、約2倍(6dB)のゲインとなります。R19~26も同様に変更してください。
- ※ DCサーボのフィルタ回路は設計上、総合的に判断した結果、両極性アルミ電解コンデンサとフィルムコンデンサの並列でしたが、大容量のフィルムコンデンサ(最低1μF)が用意できる場合は、代わりに使用してみてください。
- ※ 電源電圧は様々な事情を加味して12Vと決定しましたが、レギュレータの交換で高電圧化も可能です。この場合、コンデンサの耐圧、レギュレータやLME49600の発熱、および万一の異常動作時のイヤホンへの高電圧印加によるダメージに注意してください。
- ※ その他、良い改造方法などのご報告をお待ちしています。



*スイッチングACアダプタを単独で使用します。他の回路との共用はできません。一端子がシャージ等と接続されないようにしてください。

*ノイズ防止のためシャージの金属部分に接続します。シャージの各パネル(前面、後面、天板など)は塗装などにより導通していないことがあります。その場合はヤスリで削るなどの対応をしてください。

【再生推奨環境】

※イヤホンは上位機種より音のバランスが良いaudio-technicaのATH-IM50 (シリコンイヤピース)、プレーヤーはiPodやiPhoneがオススメ。

LME49600 BALANCED HPA
2014.8 DESIGNED BY FIXER

Part 3 of 3

■製作に関するメモ

【作業順序について】

基板にパーツを実装するにあたり、背の低いものから順に取り付けていくのが、作業をスムーズに進行させるコツです。ジャンパー、抵抗、ダイオード、ジャンパー線、ICソケット、コンデンサ、IC類といった順序が望ましいでしょう。背の高いパーツが実装されると基板を置いた時に安定しません。基板の四隅にスペーサを取り付けることで、作業性を向上させましょう。部品の曲がりや破壊も防ぐことができます。今回は裏面に面実装するLME49600を最初に取り付けるのが良いでしょう。

【配線の末端処理】

リード線の基板への取付で最も簡単なのは被覆を剥いた後に芯線を擦って予備ハンダした後、基板の穴に通してハンダ付けする方法です。しかし、この方法ですと仮配線で配線を動かしているうちに断線してしまうことがあります。市販の機器ではコネクタを用いるのが一般的ですが、圧着工具の問題やコネクタ自体の接点不良の問題があり、おすすめできません。作例では基板にピンソケットを取り付け、ピンに対してリード線をハンダ付けした上で熱収縮チューブを被せています。手間は掛かりますが、トラブルの少ない方法です。

【オペアンプの交換について】

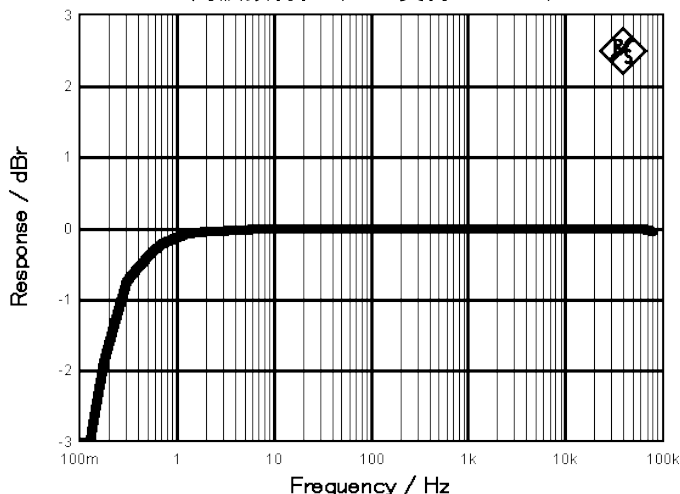
オペアンプのバイパスコンデンサには、一般的に用いられる積層セラミックコンデンサより高性能であるフィルムコンデンサを採用しています。バイパスコンデンサはオペアンプの直近に配置する必要があるため、オペアンプが取り外しにくくなっています。オペアンプの2-3pin間に細いドライバー等を差し込んで持ち上げると、足を痛めずに引き抜くことが可能です。

【完成後、電源を入れる前に】

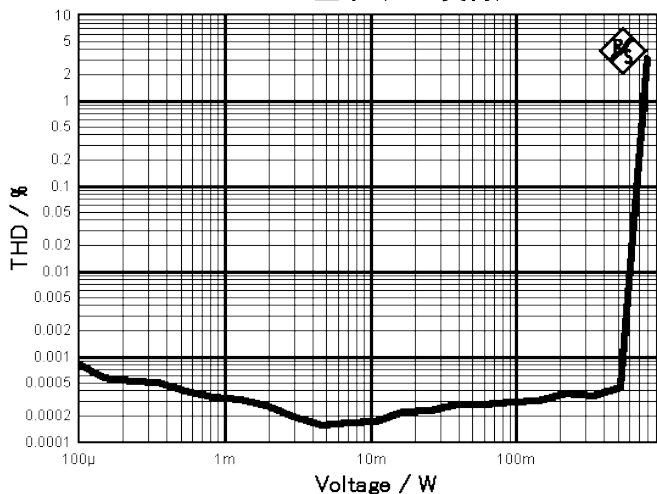
基板および配線が出来上がったら、電源を入れる前に接続などの間違いがないか念入りに確認してください。間違いのある状態で電源を入れると正常に動作しないだけでなく、過度の発熱、発煙、パーツの破裂、イヤホンの故障といった事態を招く可能性があります。ICやダイオード、電解コンデンサの方向、配線のプラスマイナス、部品のつけ間違い、ハンダのショートがないかを確認します。目視で異常がないことを確認したら、いよいよ電源投入です。最初はイヤホンは取り付けず、異音や発熱などの問題がないか観察をします。若干大げさですが、電解コンデンサが破裂しても安全な体制で電源を投入しましょう。LEDが点灯して異常がなければ、いよいよプレーヤとヘッドホンを接続しての音のチェックです。この場合も、最初はなるべく大切な機器は使用せず、異常が感じられたらすぐに電源を切れる体制を維持してください。レギュレータが触れないような発熱をする場合は異常です。問題なくきれいな音が出れば、無事に完成です。

■参考実測データ

周波数特性 (32Ω負荷 100mV)



THD 歪率 (32Ω負荷)



※キットの製作には電子回路に関する知識や技能を必要とし、完成後の性能や安全性は製作者のスキルに依存します。設計にあたって十分に配慮をしておりますが、製作および使用にあたっては各自、十分な安全管理のもと行ってください。
※本キットの提供は、完成を保証するものではありませんが、どうしても動作しない場合、製作にあたってのアドバイスは可能です。ブログのコメント欄もしくはtwitterにてお尋ねください。

LME49600 BALANCED HPA

バランス出力専用設計ヘッドホンアンプキット でありやす！

製作マニュアル

2014.8 designed by Fixer <http://fixerhpa.web.fc2.com/>