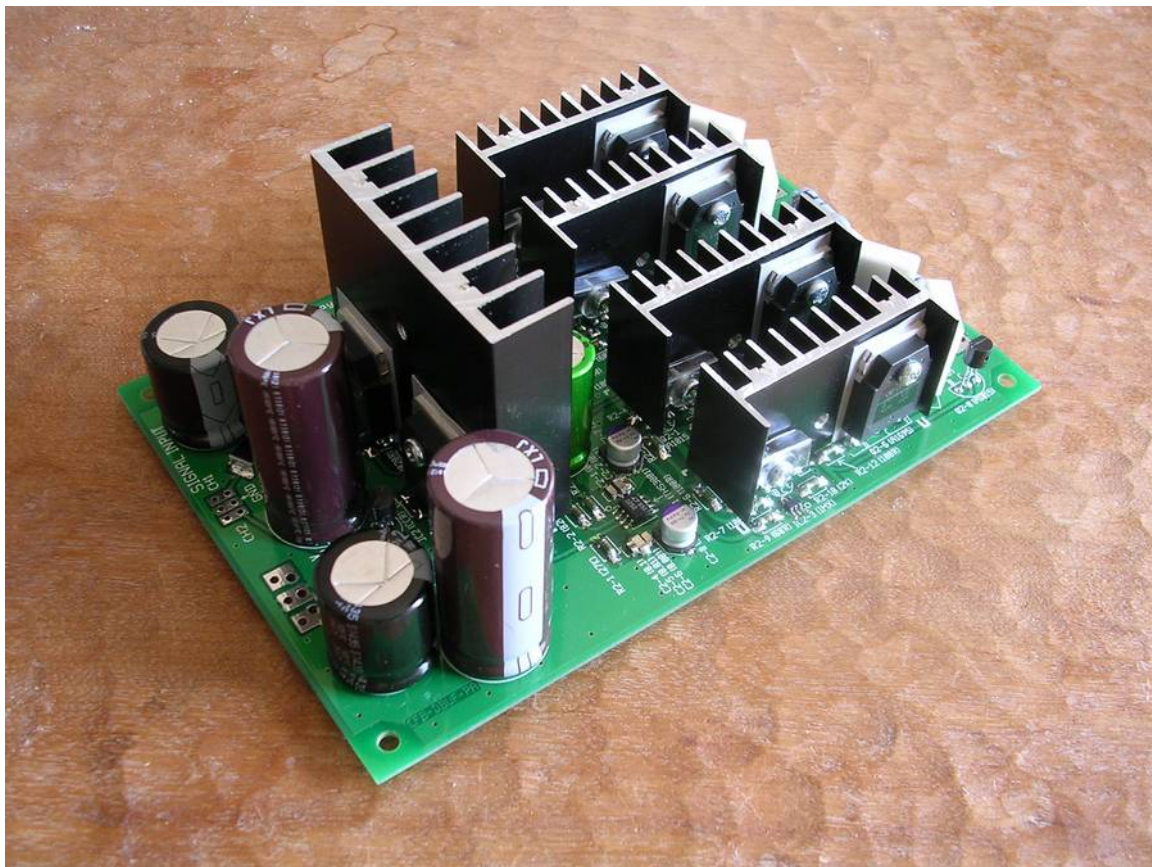


# 電流帰還型 ダイアモンドバッファ A 級 パワーアンプ 取扱説明書



お願い

- 本基板を安全に使用し、性能を十分に引き出すには、電子工作の深い知識と高い技術が必須です。
- 必ず、この説明書をご理解いただいたうえで、ご利用下さいますようお願いいたします。
- 本基板は、どのような環境においても、「必ず音質の向上を実感していただける」という性質のものではございません。
- 正しい使い方をしないと、本基板やスピーカー、あるいはその他の電子機器の故障を招いたり、火災や怪我などの災害をまねく可能性があります。安全には十分にご配慮いただいた上で、ご利用下さい。

© 2015. 音屋 とらたぬ. All rights reserved.

## 【概要】

入力段に電流帰還型のオペアンプ LT1252 を使用し、その出力をダイヤモンドバッファを使ってスピーカーを駆動するパワーアンプです。

ダイヤモンドバッファの1段目は、2SA1015-Y/C1815-Y を平行に使用することによって、ノイズの低減と駆動力の向上を狙っています。出力段には STMicroelectronics 社の 2STA1695/C4468 を使用しています。データシートから読み取れるように、**hfe-Ic** 特性の直線性の良好さを感じる素直な音になっております。

ダイヤモンドバッファの1段目の負荷には抵抗を使用せず、定電流源とシリコンダイオードを用いることによって、ダイヤモンドバッファの入力インピーダンスを高くし、歪みの低減を図っています。

アイドル電流は 500mA 程度で、シングルエンドで使用される場合は、1W(8Ω) までが A 級領域になります。BTL で使用される場合は、4W(8Ω) まで A 級領域になります。出力自体は、過電流防止回路が実装されているため、シングルエンドで使用される場合は 4W(8Ω) 程度、BTL では 16W(8Ω) 程度が上限となります。

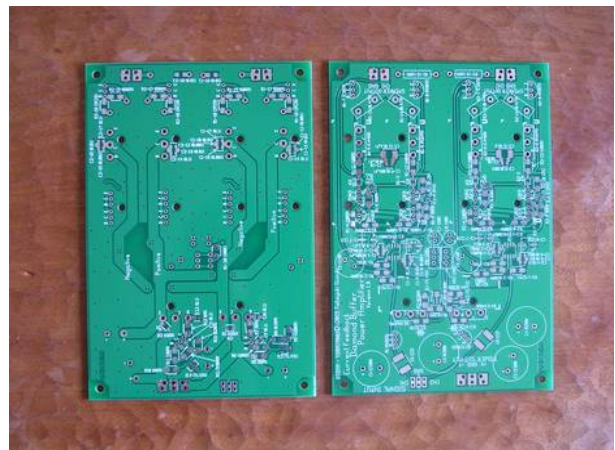
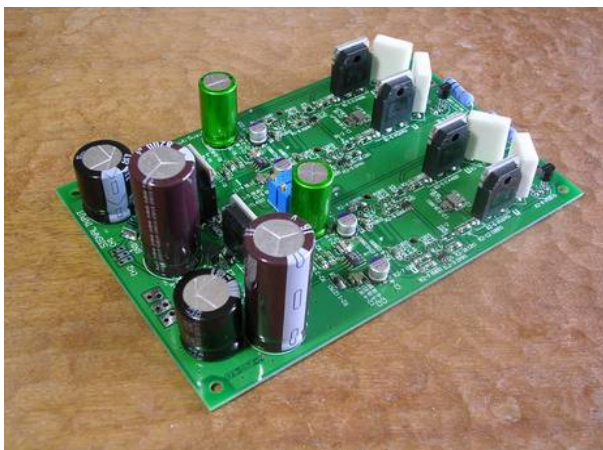
スピーカーへの出力端子の DC オフセットを調整する事によって、不快なポップ音を低減しております。また、使用中の DC ドリフト対策として、サーボ用のコンデンサも実装しており、ご安心して使用していただくことが出来ると考えています。発振対策として以下の3点を施し、安定性に配慮をしております。

- 1) Zobel フィルタ (10Ω/0.01μF)
- 2) 出力段トランジスタのコレクタのバイパスコンデンサの実装
- 3) ダイヤモンドバッファのトランジスタの熱結合

入力のカップリングコンデンサには PMLCAP22μF を、またバイパスコンデンサには ECPU、ECHU という高性能フィルムコンデンサを使用しております。

電流帰還型アンプの特性そのままに、広帯域・高スルーレートの伸びやかで美しいサウンドをお楽しみください。

基板サイズ	: 150mm x 100mm x 1.6mm
基板素材	: FR-4
銅箔	: 70μm・両面 (2層)
表面処理	: ハンダレベラー、グリーンレジスト
放熱器と基板を含めた高さ	: 約 60mm

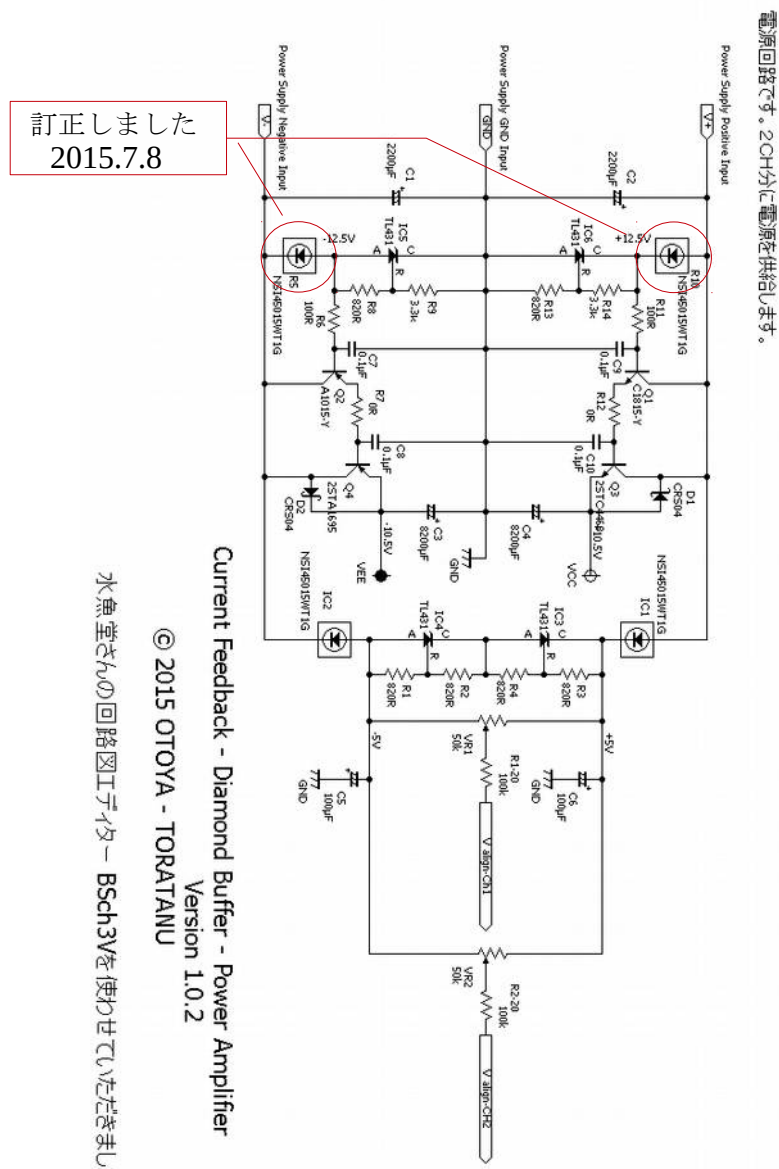


【回路図】

本パワーアンプの回路図です。増幅回路は1チャンネル分だけの記載となりますので、ステレオで使うためにはもう1回路必要になります。なお、この図ではシングルエンドでスピーカーを接続するようになっていますが、**BTL**で接続するには、2チャンネルの出力を、1つのスピーカーの**HOT**と**COLD**に繋いでください。非反転増幅になりますので、スピーカーの**HOT**に繋いだ回路の入力には**DAC**の**HOT**出力を、スピーカーの**COLD**に繋いだ回路の入力には**DAC**の**COLD**出力を接続して下さい。従いまして、**BTL**で使用される場合は4チャンネルの増幅回路と2つの電源回路を必要とします。

電源回路は、1つで2チャンネルの増幅回路に供給するようしております。

なお、**SP OUT CH1**の後にある回路は、アイソレーターとスピーカーですが、本基板には実装されておりません。しかしながら、パワーアンプを安定してご使用いただくために、アイソレーターは必須な回路です。必ず本基板を使われる場合は、アイソレーターをあわせてお使いいただきますよう、お願いします。



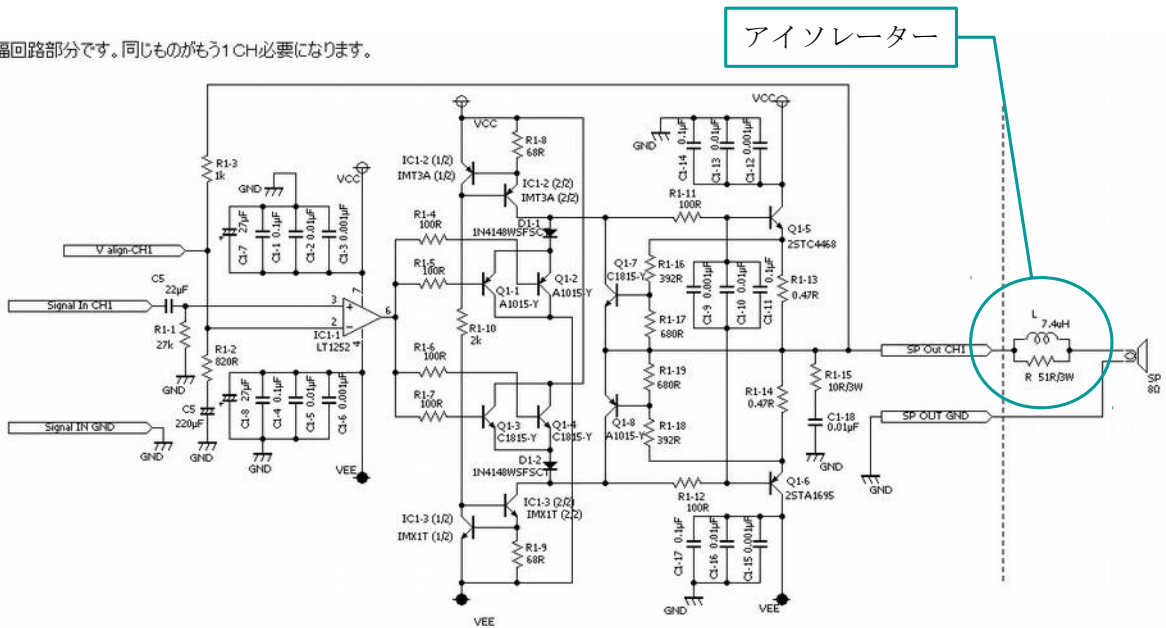
訂正しました  
2015.7.8

電源回路です。2CH分に電源を供給します。

Current Feedback - Diamond Buffer - Power Amplifier  
Version 1.0.2  
© 2015 OTOYA - TORATANU  
水魚堂さんの回路図デザイナー - BSch3Vを使わせていただきました

図1 電源回路図

増幅回路部分です。同じものがもう1CH必要になります。

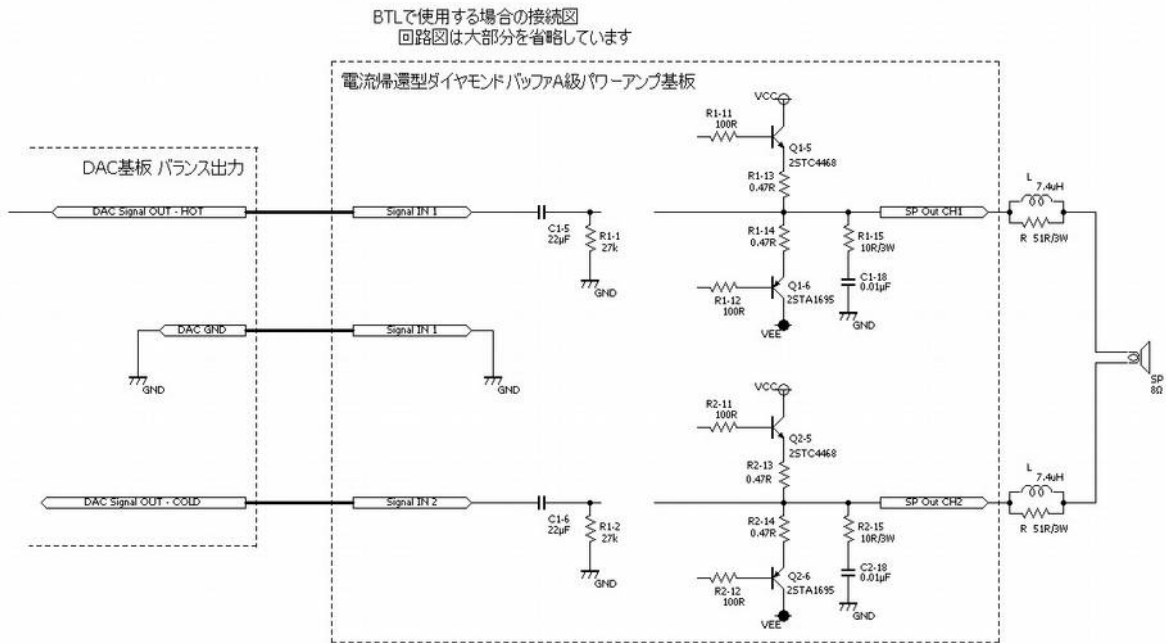


Current Feedback - Diamond Buffer - Power Amplifier  
Version 1.0.3  
© 2016 OTOYA - TORATANU

水魚堂さんの回路図エディター BSch3Vを使わせていただきました

図 2 増幅部回路図

BTLで使用する場合の接続図を示します。



Current Feedback - Diamond Buffer - Power Amplifier  
Version 1.0.3  
© 2016 OTOYA - TORATANU

水魚堂さんの回路図エディター BSch3Vを使わせていただきました

図 2-1 BTLの接続方法

## 【使用部品】

回路図で使用している部品です。名称とプリント基板の欄にある部品の ID が赤字になっているのは、プリント基板上のシルク表示に不具合があるということです。完成基板に実装されている部品はこの表に従って取り付けております。シルク表示の不具合は次回以降で修正する予定です。

名称	プリント基板/回路図	個数	摘要
<b>IC</b>			
LT1252	IC1-1, IC2-1	2	電流帰還型オペアンプ
TL431	IC3, IC4, IC5, IC6	4	シャントレギュレーター
NSI45015WT1G	IC1, IC2, R5, R10	4	定電流IC (15mA)
IMT3A	IC-2-1, IC1-2	2	2素子入り PNPTr
IMX1T	IC1-3, IC2-3	2	2素子入り NPN Tr
<b>Tr</b>			
2SA1015-Y	Q1, Q1-1, Q1-2, Q2-1, Q2-2, Q1-7, Q2-7	7	小信号用 PNP Tr
2SC1815-Y	Q2, Q1-3, Q1-4, Q2-3, Q2-4, Q1-8, Q2-8	7	小信号用 NPN Tr
2STA1695	Q1-6, Q2-6	2	出力段用 PNP Tr
2STC4468	Q1-5, Q2-5	2	出力段用 NPN Tr
シリコン整流ダイオード			
1N4148WSFSC	D1-1, D1-2, D2-1, D2-2	4	小信号用/一般用
ショットキーバリアダイオード			
CRS04	D1, D2	2	回復時間が小さい
電解コンデンサ			
2200 $\mu$ F / 35V	C1, C2	2	平滑コンデンサ
8200 $\mu$ F / 16V	C3, C4	2	平滑コンデンサ
220 $\mu$ F / 25V	C1-18, C2-18	2	DCサーボ用/両極性
100 $\mu$ F / 25V	C5, C6	2	平滑コンデンサ
27 $\mu$ F / 20V	C1-7, C1-8, C2-7, C2-8	4	低インピーダンス品
フィルムコンデンサ			
22 $\mu$ F / 16V	C1-19, C2-19	2	PMLCAP
0.1 $\mu$ F / 16V	C1-3, C2-3, C1-4, C2-4, C1-14, C1-17, C2-14, C2-17	8	ECPU
0.01 $\mu$ F / 50V	C1-2, C1-5, C2-2, C2-5, C1-10, C2-10, C1-13, C1-16, C2-13, C2-16	10	ECHU
0.001 $\mu$ F / 50V	C1-1, C1-6, C2-1, C2-6, C1-9, C2-9, C1-12, C1-15, C2-12, C2-15	10	ECHU
0.1 $\mu$ F / 50V	C1-11, C2-11	2	ECHU
セラミックコンデンサ			
0.1 $\mu$ F / 50V	C7, C8, C9, C10	4	X5R
チップ抵抗			
820 $\Omega$ 1/4W	R1, R2, R3, R4, R8, R13, R1-2, R2-2	8	SMM2040 (Vshay)
27k $\Omega$ 1/4W	R1-1, R2-1	2	SMM2040 (Vshay)
1000 $\Omega$ 1/4W	R1-3, R2-3	2	SMM2040 (Vshay)
100 $\Omega$ 1/4W	R6, R11, R1-4, R1-5, R1-6, R1-7, R2-4, R2-5, R2-6, R2-7, R1-11, R1-12, R2-11, R2-12	14	SMM2040 (Vshay)
68 $\Omega$ 1/4W	R5, R10, R1-8, R1-9, R2-8, R2-9	4	SMM2040 (Vshay)
2000 $\Omega$ 1/4W	R1-10, R2-10	2	SMM2040 (Vshay)
100k $\Omega$ 1/4W	R1-20, R2-20	2	SMM2040 (Vshay)
3300 $\Omega$ 1/4W	R9, R11	2	SMM2040 (Vshay)
0 $\Omega$	R7, R12	2	SMM2040 (Vshay)
392 $\Omega$ 1/4W	R1-16, R1-18, R2-16, R2-18	4	SMM2040 (Vshay)
680 $\Omega$ 1/4W	R1-17, R1-19, R2-17, R2-19	4	SMM2040 (Vshay)
酸化金属皮膜抵抗			
10 $\Omega$ 3W	R1-15, R2-15	2	
セメント抵抗			
0.47 $\Omega$ 5W	R1-13, R1-14, R2-13, R2-14	4	MCP74
半固定抵抗			
50k $\Omega$	VR1, VR2	2	多回転ポテンショメータ
放熱器			
17PB046-01025	出力段トランジスタ用	4	
15PB054-01050	電源部リップルフィルタトランジスタ用	1	
放熱シート			
TO3用		6	

表 1 使用している部品

※緑字の部品を訂正しました。

## 【特性】

特性を測定する時の負荷として、特に断りがない場合は、抵抗性負荷として  $8.2\Omega$  セメント抵抗（無誘導タイプではありません）を、容量性負荷として  $0.1\mu\text{F}/50\text{V}$  セラミックコンデンサを使用しております。

## 1) 増幅率

シングルエンドで使用される場合の増幅率は 2.2 倍、利得は 6.9dB となります。

BTL で使用される場合は、増幅率が 4.4 倍、利得は 12.9dB となります。

## 2) 周波数特性

2) 周波数特性、及び 3) 矩形波応答の測定で使用している機材ですが、発振器としては AnalogDevices 社の DDS（プログラマブル波形発生器）AD9833 を使用して正弦波と矩形波を生成した後、THS3001（電流帰還型オペアンプ）を利用して HOT と COLD のバランス信号の生成と信号振幅の調整を行います。その出力を抵抗分圧にて適正な電圧にしてパワーアンプの入力に与えています。

正弦波の RMS 実効値と矩形波の波形は、オシロスコープ（DSO4102B）を使って観測しております。

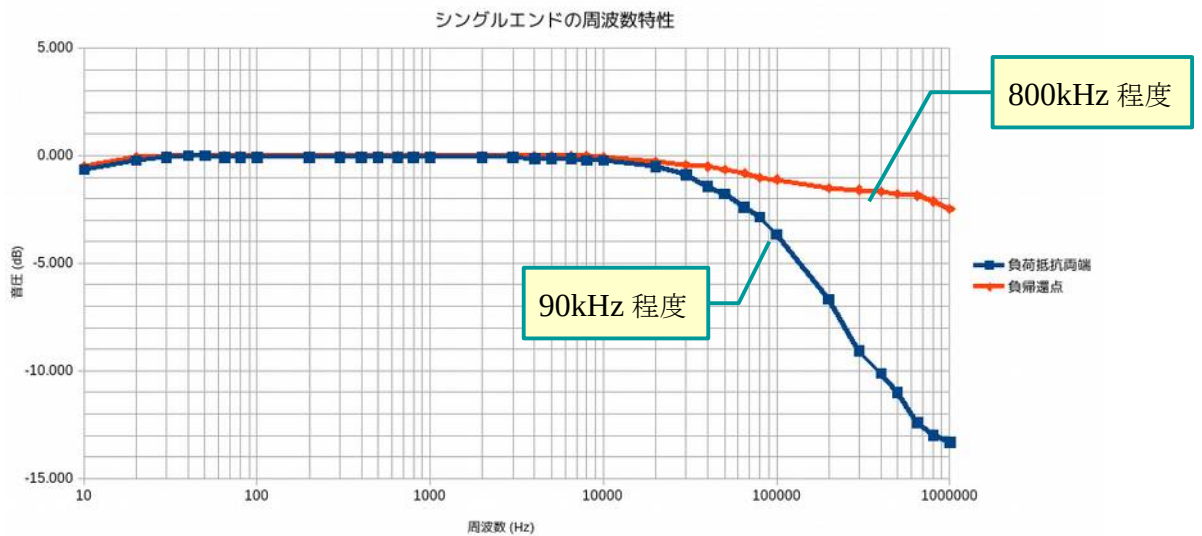


図 3 シングルエンドでの周波数特性

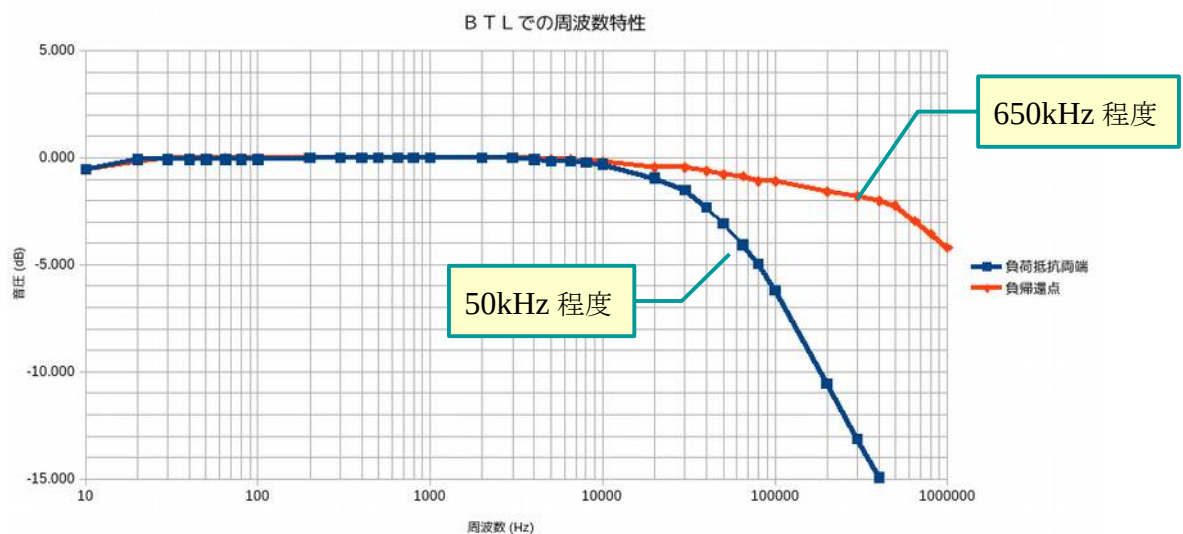


図 4 BTL での周波数特性

シングルエンドでの周波数特性のほうが BTL に比べて帯域幅 (-3dB) が広いのは、BTL ではスピーカーの HOT と COLD の両側に zobel フィルタとアイソレーターが入るのに対し、シングルエンドでは HOT 側だけになることが原因だと思います。いずれにせよ、この帯域の広い特性によって、周波数の高い領域で位相の変化が少なく、混変調の影響を受けないことが良好な音質に貢献していると考えています。

### 3) 矩形波応答

このパワーアンプの安定性を示すデータとして、矩形波応答を示します。周波数 1kHz・10kHz の矩形波を入力し、パワーアンプの出力をオシロスコープで測定しています。回路図の項で示したように、このパワーアンプの基板にはアイソレーターを実装しておりませんが、測定時にはアイソレーターをつけております。従いまして、応答波形としまして、パワーアンプ基板からみて、アイソレーターの外側になる負荷の両端での波形と、内側になる負帰還検出点での波形を測定しました。

パワーアンプの安定性とアイソレーターの効果をご確認ください。

なお、全ての測定結果は本文書に載せておりませんので、Web サイトでご確認ください。

特に問題が発生しやすい容量性負荷が含まれるケースについて説明します。シングルエンドと BTL の両方で、負荷の両端での波形は周波数に依存した多寡はありますが、リングングが発生しています。しかし、基板上の負帰還検出点での波形は、十分に制動の効いた矩形波として出力されていますので、このパワーアンプの安定性に問題がないと判断しております。

#### ①シングルエンド

- ・周波数 10kHz 抵抗と容量の並列負荷

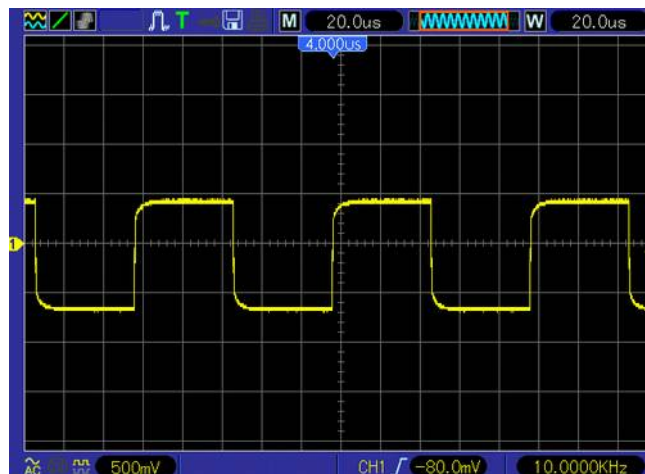


図5 負荷両端での測定 (10kHz)

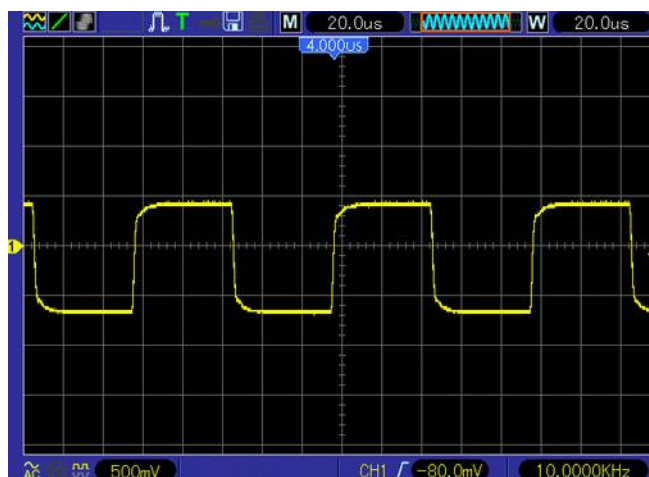


図6 負帰還検出点での測定 (10kHz)

- ・ 周波数 10kHz 容量負荷

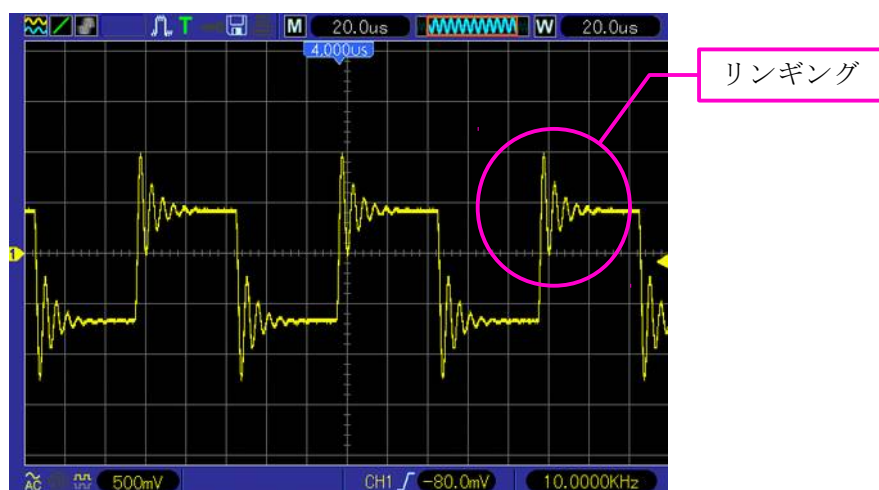


図7 負荷両端での測定 (10kHz)

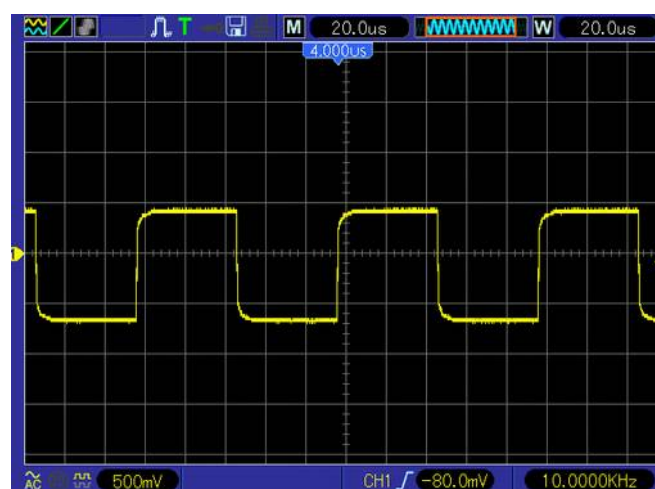


図8 負帰還検出点での測定 (10kHz)



## ② BTL

- ・ 周波数 10kHz 抵抗と容量の並列負荷

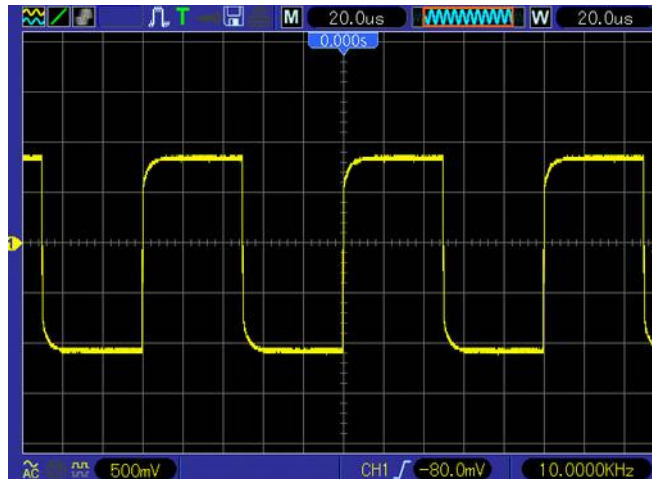


図 9 負荷両端での測定 (10kHz)

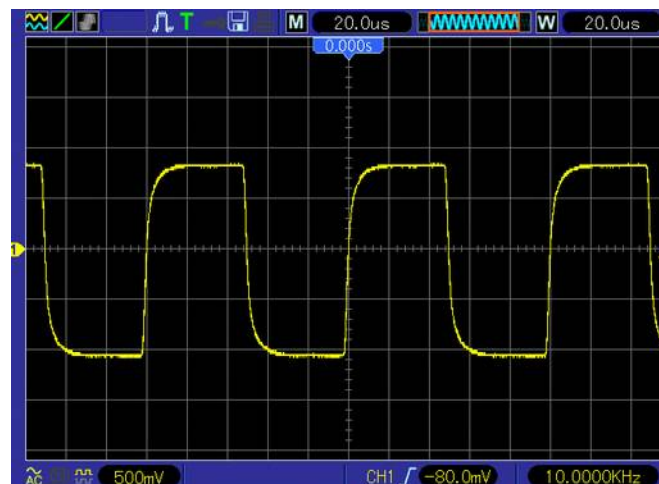


図 10 負帰還検出点での測定 (10kHz)

- ・ 周波数 10kHz 容量負荷

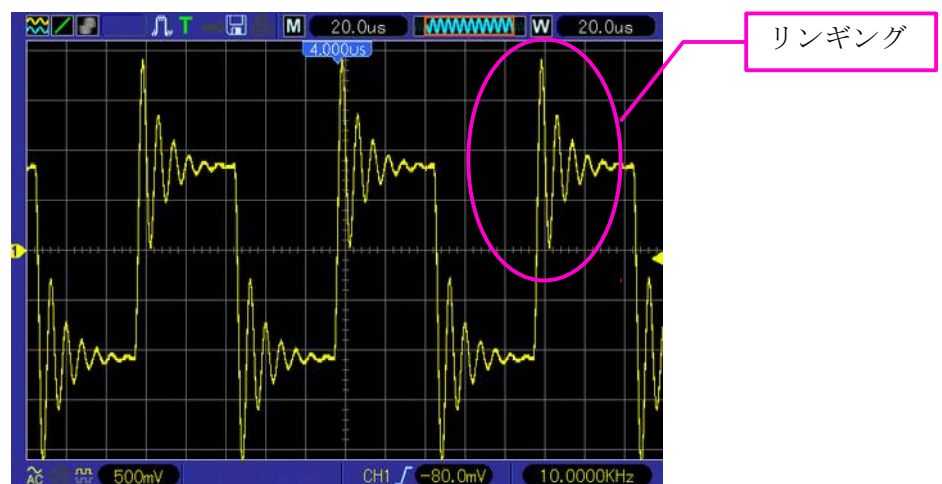


図 11 負荷両端での測定 (10kHz)

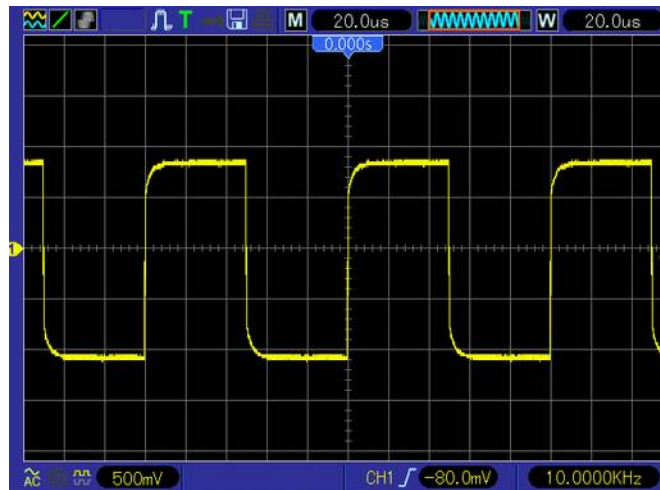


図 1 2 負帰還検出点での測定 (10kHz)

## 4) 歪率／雑音

歪率と雑音歪率につきましては、発振器や測定装置の制限上、その値の絶対値の信頼性は高くありません。特に、測定装置が測定中に故障した可能性があり、シングルエンドのデータは測定し直す予定です。（時期は未定です）

測定装置について説明します。

発振器として、パーソナルコンピュータ（OS:Daphile）で 44.1kHz16bit の正弦波の WAV ファイルを 176.4kHz24bit にアップサンプリングして再生し、USB DDC（combo384）にてオーディオ信号に変換後、Digital Audio Signal Conditioner（LMK04805B）でジッターを除去します。それを DAC（WM8741）にてアナログ信号に変換し、抵抗分圧で振幅を調整した信号をパワーアンプに入力しています。

測定器としまして、IC レコーダーの ZOOM H2 にて 96kHz、24bit、リニア PCM で録音し、その WAV ファイルをパーソナルコンピュータ（OS: WindowsVista）で WaveSpectra にて解析しております。

WaveSpectra で解析中に示される歪率と雑音歪率は常に変動していますので、目視で 20 秒程度の間でもっとも低い値を記録しました。

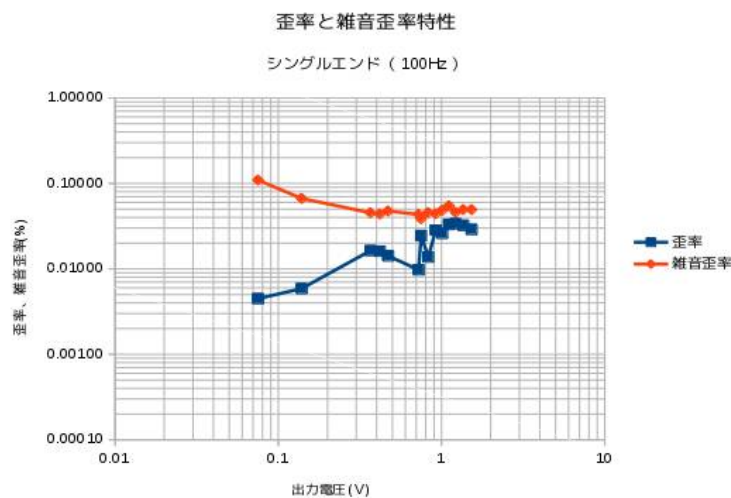


図 1 3 シングルエンド 100Hz での歪率と雑音歪率

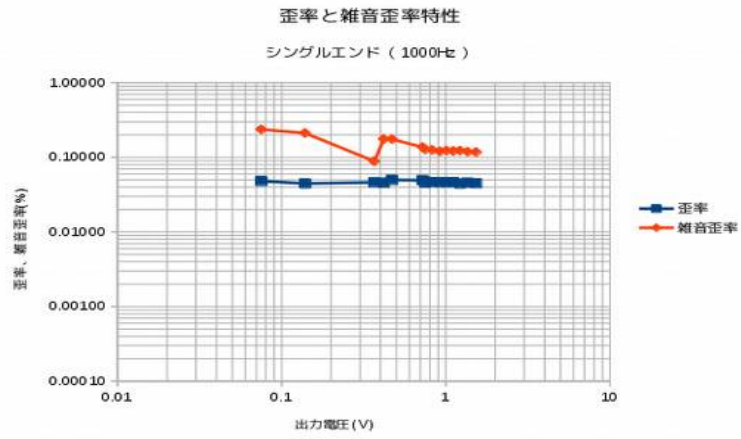


図 1 4 シングルエンド 1000Hz での歪率と雑音歪率

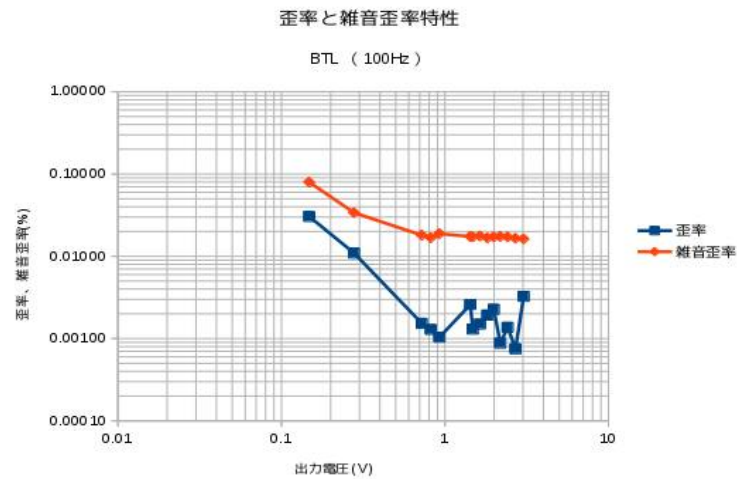


図 1 5 BTL100Hz での歪率と雑音歪率

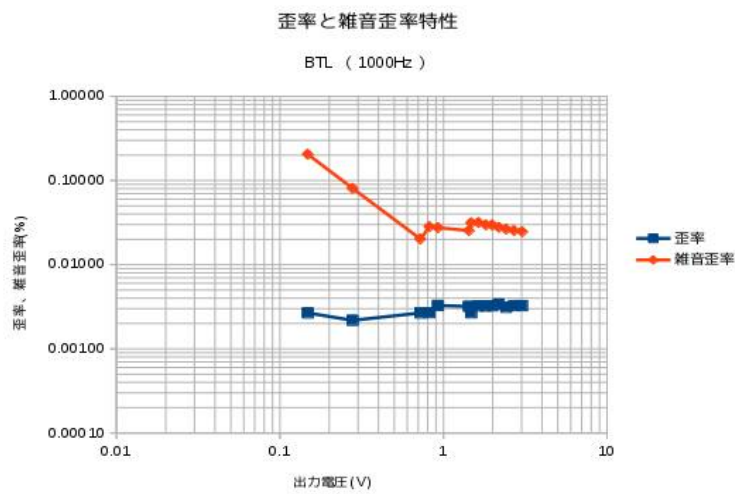


図 1 6 BTL1000Hz での歪率と雑音歪率

## 【ご使用方法】

## 1) 電源

**重要**：絶対に交流(AC)電源をそのまま接続しないで下さい。必ず整流平滑後の直流(DC)電源を接続して下さい。また直流電源であっても、正負の電源を逆に接続することも絶対にしないでください。

本基板 1 枚で最大 4A 程度の電流が流れることがありますので、ご留意願います。

本基板内に正負の定電圧回路を実装しておりますので、ご使用される方には、ブリッジ整流回路と平滑コンデンサ、電源用変圧トランスをご用意願います。

電源用変圧トランスにはセンタータップ付きのものか、2 回路入りのものが必要です。最大 4A という基板の電流量に見合ったトランスをご用意下さい。

ブリッジ整流回路に使用するダイオードには逆電圧（耐圧）と順方向電流に十分に余裕のあるデバイスを選択して下さい。ショットキーバリアダイオードは高性能ですが、一般的に大電流に耐えるものが少ないです。シリコンダイオードを含めて、使用されるダイオードのデータシートで、必要な性能があるかを必ず確認して下さい。

本基板では終段トランジスタに 2A 以上の電流が流れないように、電流制限回路が実装されております。1 枚の基板で 2 チャンネル分の回路がありますので、ダイオードには最低でも 4A が流せるものを選択して下さい。1 つのブリッジ整流回路で本基板 2 枚に電源を供給する場合は 8A 以上で、出来れば余裕をみて 10A 以上の電流を流せるダイオードを選択して下さい。

放熱設計では、周囲温度を 50°C・基板に与える平滑後の電圧を  $\pm 13.5V \sim \pm 16.5V$  で計算しております。A 級領域だけに限定してご使用される場合は、電源電圧の上限を  $\pm 20V$  まで上げることが出来ますが、定電圧回路のリプルフィルタに使用しているトランジスタの発熱量が多くなりますので、設計範囲内で低めの電圧にさせていただくことで、安全性を向上させることが出来ます。設計範囲内で低めの電圧にさせていただくことで、安全性を向上させることが出来ます。

なお、基板に実装している定電圧回路では、初段に使用しているオペアンプから出力段のトランジスタまでの全ての回路に、 $\pm 10.5V$  の電圧を供給しております。

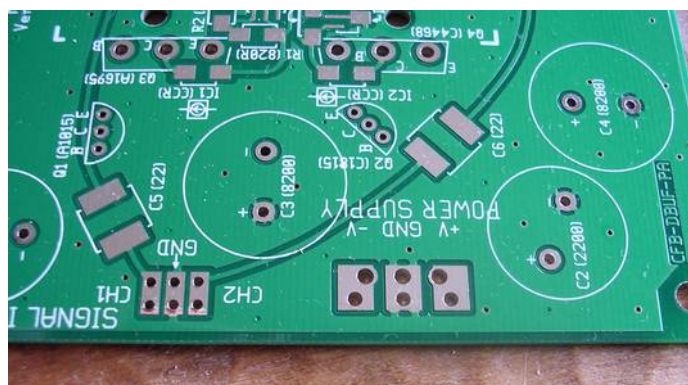


図 1 7 プリント基板の入力部

電源の入力端子は、図 1 7 の POWER SUPPLY の部分です。コンデンサを実装すると隠れてしまう部分があつて、(P)OWER SUPP(LY)とわかりにくくなりますので、お間違えの無いようにお願いします。+V に正の電圧を、-V に負の電圧を与

えて下さい。GND は、ブリッジ整流回路のグラウンドに繋いで下さい。

2種類のピッチの穴を開けていますが、1つは3.96mmピッチで、もう1つは5.08mmピッチです。一般的な端子台や圧着端子のVHコネクタのいずれかを利用することが出来ます。

使用している放熱器の熱抵抗値 (°C/W)

定電圧回路のリプルフィルタ用 : 5.6

出力段のトランジスタ用 : 11.9

## 2) 入力信号

本基板の入カインピーダンスは27k $\Omega$ です。

入力端子は、図17の左側にあるパッドです。BTLで使用しやすいように、CH1とCH2を隣接するようにデザインしました。図では切れてしまっていますが、「SINGAL INPUT」となっています。CH1、CH2にアナログオーディオ信号を、GNDにはグラウンドを接続して下さい。なお、BTLで使用される場合は、本基板を2枚使用しますので、グラウンド線がループしないようご注意ください。本基板2枚を共通の整流回路で駆動する場合、その時点で基板同士のグラウンドがつながっていますので、それにアッテネーター (DAC) からのグラウンドを両方の基板に繋いでしまうとグラウンドのループが完成してしまいます。ノイズの原因になりますので、アッテネーター (DAC) からのグラウンドは、片側だけに接続するようにして下さい。

このパッドは2.54mmピッチです。2列x3Pのヘッダーピンなどが利用できます。

## 3) 出力信号

接続できるスピーカーは8 $\Omega$ です。安全性や特性の試験は全て8 $\Omega$ のスピーカーやダミー抵抗を使って行っています。6 $\Omega$ ・4 $\Omega$ という低インピーダンスのスピーカーをつなぐと、流れる電流が多くなり、発熱量が増加します。止むを得ず低インピーダンスのスピーカーをつなぐ場合は、必ず小音量から始めていただき、放熱器の温度をモニターしながら、ご使用者自身で安全性を十分に確認した上でご使用下さい。低インピーダンスのスピーカーをつないで起こるいかなる損害に対してもその責を負いません。

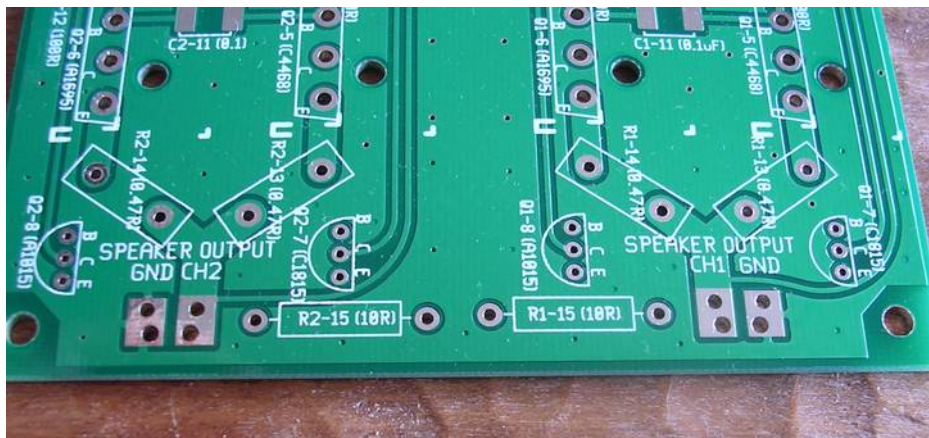


図18 プリント基板の出力部

図18の「SPEAKER OUTPUT」のパッドが出力です。シングルエンドで使用される場合はGNDにスピーカーのCOLDを接続して下さい。BTLで使用される場合はGNDは使用する必要がありません。なお、CH1とCH2ではパッドの左右の構成が違いますので、お間違えの無いようにお願いします。BTLの場合は、例えばDACの片側のチャンネルのHOTをSIGNAL INPUTのCH1に接続したなら、スピーカーのHOTをCH1に接続して下さい。DACのCOLDをCH2に接続したら、スピーカーのCOLDをCH2に接続して下さい。このパッドにも3.96mmピッチと5.08ピッチの穴があり、端子台やVHコネクタを利用することが出来ます。

#### 4) アイソレーター

安定性向上（発振防止）のために必ず本基板の出力端子（Signal Out）とスピーカーの間にアイソレーターを取り付けて下さい。

アイソレーターとは、コイルと抵抗を並列に接続したもので、それを信号路に挿入していただく必要があります。

コイルは空芯コイルで7.4 $\mu$ H程度、抵抗は酸化金属皮膜抵抗で51 $\Omega$ 程度が適切です。図2をご参照下さい。

**アイソレーターが必要な理由**：パワーアンプの負荷はスピーカーになりますが、スピーカーにも様々なタイプがあり、スピーカーネットワークやケーブルによっては、抵抗性や誘導性の負荷だけではなく、容量性（コンデンサ的な）の負荷としても働く場合があります。アイソレーターを付けずに容量性の負荷を接続した場合、条件によってはパワーアンプが発振することがあります。発振してしまうと、パワーアンプ自体が故障するばかりでなく、スピーカーやスピーカーネットワークを破壊してしまいます。大切なスピーカーを保護するためにも、必ずアイソレーターは接続して下さい。

#### 5) DC オフセット調整

入力端子をグラウンドに接続するかアッテネーター（ボリューム）を最小にしてから、出力端子とグラウンドの間の電圧をモニターしながら、多回転式のポテンショメータ（半固定抵抗）を回転させて調整します。

完成品は出荷時に調整しておりますので、お客様が変更する必要はないと思いますが、電源を入れた時のポップ音が気になるようでしたら、再度調整をおねがいます。入力端子をグラウンドに接続し、出力端子を開放（何も接続しないで）にします。その時のグラウンドー出力端子間の電圧を測定します。CH1の調整はVR1を、CH2の調整はVR2をマイナスインプで回転させて0Vになるように調整します。完全に0Vにならなくても、 $\pm 1\text{mV}$ 以内であれば問題はありません。

シングルエンドでのご使用の場合は、以上で調整は終わりですが、BTLでご使用される場合は、右と左のそれぞれのチャンネルでHOT側とCOLD側の間の電圧差も出来るだけ0Vに近づけるように調整して下さい。

#### 5) その他の保護回路

可能なかぎり、リレーやDCオフセットが発生した時の出力カット回路など、必要な保護回路を接続して下さい。

**【保証規定】**

部品の実装に関しましては手作業で行っており、放熱器の加工（ネジ穴の作成）も自前ですので、全製品に対して、完成後に機能試験をして正常動作を確認してから発送しております。

このような製造体制でありますので、保証期間は商品到着後、2週間とさせていただきます。到着後、お早めに機能のご確認をお願いします。正しい使い方をされても正常に動作しない場合は、修理が可能であれば修理で、修理が不可能であればご返金で対応させていただきます。

ハンダ付けなど、お見苦しいところがあると思います。また、機能確認時にクリップなどでパッドを挟んでおりますので、周囲のグリーンレジストを含め多少の傷がありますが、どうぞご容赦願います。

正常動作を確認するまでは、こちらから発送に使用しました箱と緩衝材をとっておい  
て下さい。

**\* 動作不良の場合の取り扱いについて**

申し訳ありませんが、まず購入者様のご負担で返送していただき、こちらで基板が不良品であることを確認した後で、修理可能であれば修理とテストが完了後に送らせていただきます。ご負担いただいた返送料を購入者様の口座に振り込ませていただきます。

修理不可能と判断した場合は、ご負担いただいた返送料・商品代金・送料を購入者様の口座に振り込ませていただきます。

こちらでは正常に動作する場合は、ご返金はできかねますので、ご了承下さい。また、着払いでご返送いただいても、受け取れませんのでよろしく願います。

**【最後に】**

この電流帰還型ダイヤモンドバッファ A 級パワーアンプ基板が、お客様に今以上の豊かな音楽ライフを楽しんで頂くための一助となることを願っております。

本文書と電流帰還型ダイヤモンドバッファ A 級パワーアンプ基板の著作権は

「音屋 とらたぬ」にあります。

利用の範囲は個人で楽しむ電子工作とさせていただきます。

営利目的でのご利用はお控え下さい。

本文書に記載されている回路図や部品表に従って、個人で楽しむ事を目的に

アンプを作製されることを妨げるものではありませんが、そのことにより

発生する一切の損害の責を負いかねますのでご了承ください。