

低電圧差動式バランス型ヘッドフォンアンプ製作マニュアル

1頁

2011.9.25 初版

2011.12.5 基板改

【概要】

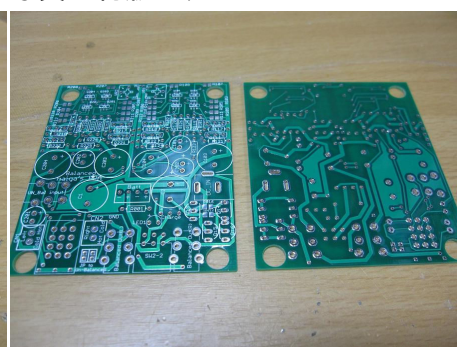
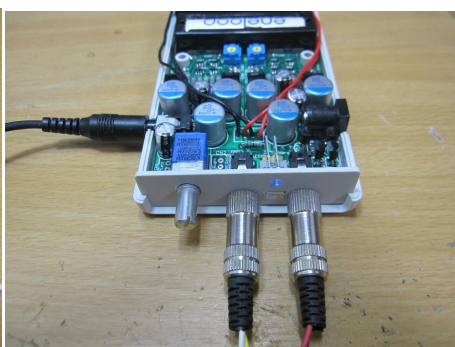
このアンプの製作にあたり留意点を記載します。但し、本マニュアルに従い機器を作った場合の機能や性能および信頼性を保証するものではありません。製作する各自の技術的スキルに従うことが第一です。

- ・電池2本の低電圧と性能の両面から、回路構成はバイポーラ・トランジスタを使った差動増幅回路を±の両極に配置した構成で、終段増幅は少しパワフルなトランジスタを用いたSEPP_BTLです。
- ・v3のHPAの差動増幅回路を利用し、バランス型アンプに必要なHot、Coldの増幅ができる回路としました。終段増幅はHot側とCold側にSEPPを設けたバランス出力となります。構成上出力カップリングコンデンサを使用。
- ・バランス型にするため入力回路もHot、Coldの2系統になるため4連ボリュームが必要です。従来の2連ボリュームを改造して4連化スペシャル改造品を採用しています。
- ・基板改バージョンにてアンバランス入力仕様では2連ボリュームが使えるように(C101,C202も不要)、電池使用時はレールスプリッターを経由しない回路に変更しました。

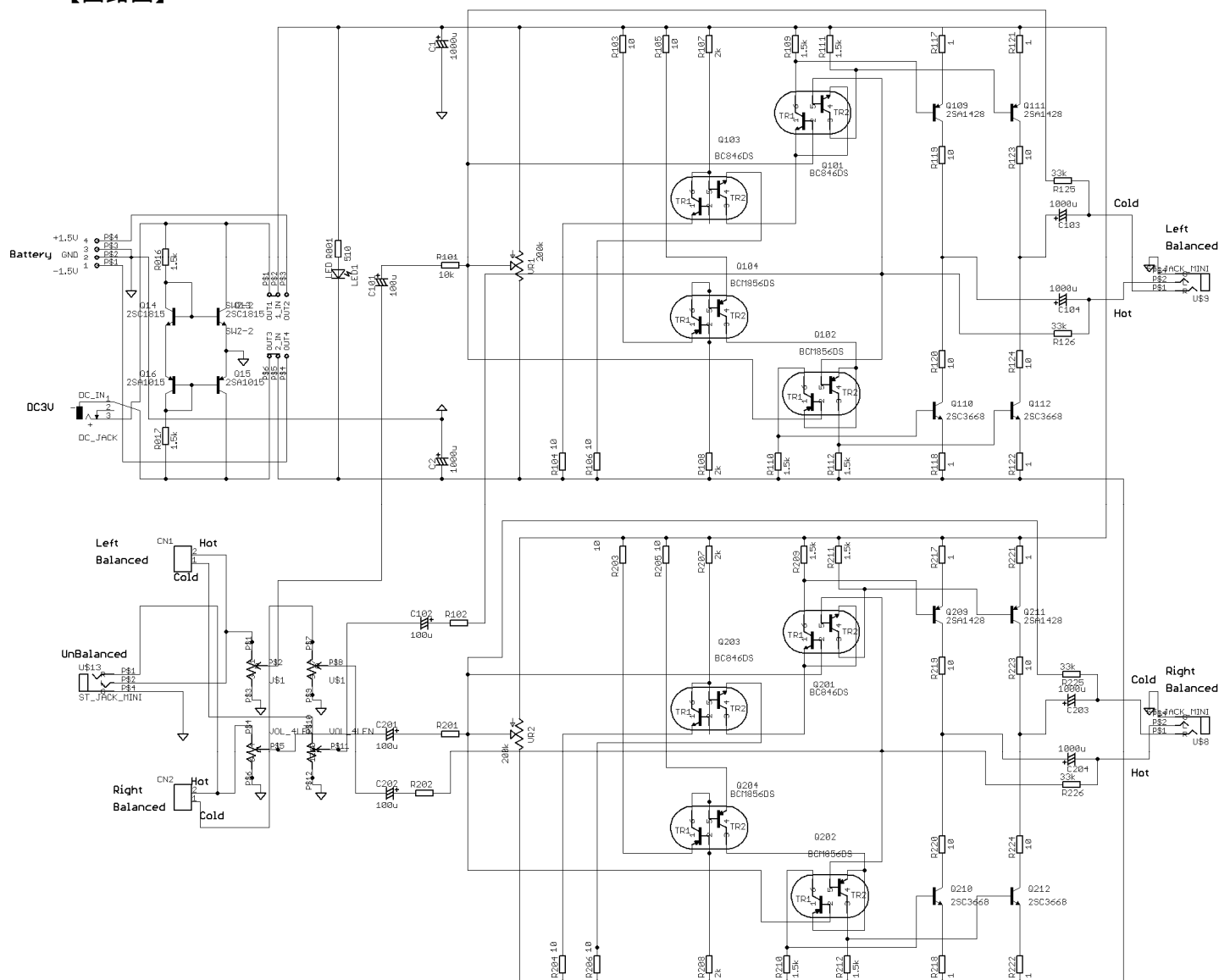
【完成イメージ】

左はHPA v3

写真は初版です



【回路図】



【部品リスト】

回路図記号	品名	仕様(備考)[用途]	個数	備考
Q1,Q5	Dualトランジスタ	BC846DS [差動増幅]	2	Philips製 Mouser
Q2,Q6	同上	BCM856DS [差動増幅]	2	
Q3,Q7	同上	BC846DS [定電流]	2	
Q4,Q8	同上	BCM856DS [定電流]	2	
Q109,111 Q209,211	トランジスタ	2SA1428-Y [終段増幅]	4	マルツ RSコンポーネンツ
Q110,112 Q210,212	同上	2SC3668-Y [終段増幅]	4	
Q13,14,15,16	同上	2SA1015,2SC1815(レールスプリッタ用)	4	
R109,111,110,112 R209,211,210,212	チップ抵抗,2012	1.5k [差動増幅 負荷抵抗]	8	マルツ
R107,108,207,208	同上	2k [定電流 調整抵抗]	4	マルツ
R103,104,105,106 R203,204,205,206	同上	10 [定電流回路保護]	8	マルツ
VR1,VR2	半固定抵抗	200k, GF063P1B204相当品 [オフセット電圧調整]	2	マルツ
R101,201,102,202	推奨REY,1/4W抵抗	10k [入力抵抗]、音質に寄与	4	千石
R115,215,116,216	同上	33k [負帰還量調整] 音質に寄与	4	千石
R117,217,118,218 R121,221,122,222	1/4W抵抗	1Ω [終段保護]	8	千石
R119,219,120,220 R123,223,124,224	推奨REY,1/4W抵抗	10Ω [終段負荷抵抗] 音質に寄与	8	千石
C1,C2 C103,203,104,204	電解コンデンサ	1000uF/4V (日ケミ,APSC4R0ELL102MJB5S)	6	マルツ
C101,201,102,202	電解コンデンサ	100uF以上/16V (UTSJ) [入力のDC保護]	4	千石、マルツ
		アンバランス入力時はC102,C202は不要です	2	
LED1	LED	φ3LED、赤または青 [電源ランプ]	1	
ST JACK MINI	φ3.5入出力ジャック	ステレオ、ST-005	3	秋月
VOL50K	4連ボリューム	バランス入力用:A50k,LINKMAN, RD925G改造合成品	1	いずれか 選択
	2連ボリューム	アンバランス入力用:A50k,LINKMAN, RD925G	1	
	ボリュームツマミ	φ6(LINKMAN等任意)	1	マルツ
SW2-2	電源スイッチ	LINKMAN、2UD1-T1-A1-M6-R-E	1	マルツ通販
DC JACK	DCジャックφ2.1	MJ-179P	1	秋月
	収納ケース	効チGHA7-2-11DB(ブラック)またはDG(アイボリー)	1	タカチ
	基板	専用基板	1	
	電池ケース	単三1本用	2	秋月 他

【部品の定数について】

- ・終段トランジスタ2SA1428/2SC3668は同系統のものを好みで使用してください。
- ・R107,108,207,208は終段トランジスタのアイドル電流調整用です。単三エネループ2本の初期電圧2.8Vで20mA程度流れる設定です。単三アルカリ電池3.2Vで35mAですので過剰に流れないように定めています。
- ・VR1、VR2の半固定抵抗は内部回路のオフセット調整用です。
差動増幅Trのペア特性はDual化で良好ですが、PNP-NPNのhFEがなかなか合ったものが入手難です。
このhFE差がAC増幅の電流波形差に現れるのであまり好ましいことではありません。
しかし、SPICEによるシミュレーションや実測で確認したところ、この回路はこれらの差に対して自動的に電圧がバランスするような動作をするため、実害はあまり現れていないようです。
しかし、このバランスによる影響が内部回路のオフセット電圧として現れ、バランス型回路になったことで正常な差動増幅及びHot、Coldの増幅バランスを損なうので、***聴感によるオフセット調整を行ってください。**
***注: 従来は入力部のオフセット電圧調整をしていましたが、全体バランスされるようで音が割れない点を聴覚で合わせてください。**
- ・これらhFEの影響が最も気になる歪率は0.06%以下になっています(測定器にノイズ混入しているため高値を示します)
実際にはもっと良いはずなのですが...
- ・v3に付いていた入力Volオープン対策のGND接続抵抗や、Cold側の負帰還量調整抵抗は、バランス型回路のためと、スペースを考慮して外しました。
- ・終段負荷抵抗10Ωは少し高めになっています。効率を考えると4.7Ω程度でもOKです。
但し、10Ωでも出力余裕度は十分なことと、低インピーダンスのヘッドフォンのためにこの程度の値が良いかと思います。
- ・ボリュームは50kを使用し、4連化の改造を行ったものを使用していますが、入手性の関係で20k程度でもOKです。
- ・青LEDを使用の場合の抵抗510Ωは一般より高めに設定し電流を3~5mA程度にしています。それでも青LEDはかなり明るいですが、本器の電池使用限度2.4Vでは殆ど消灯状態です。

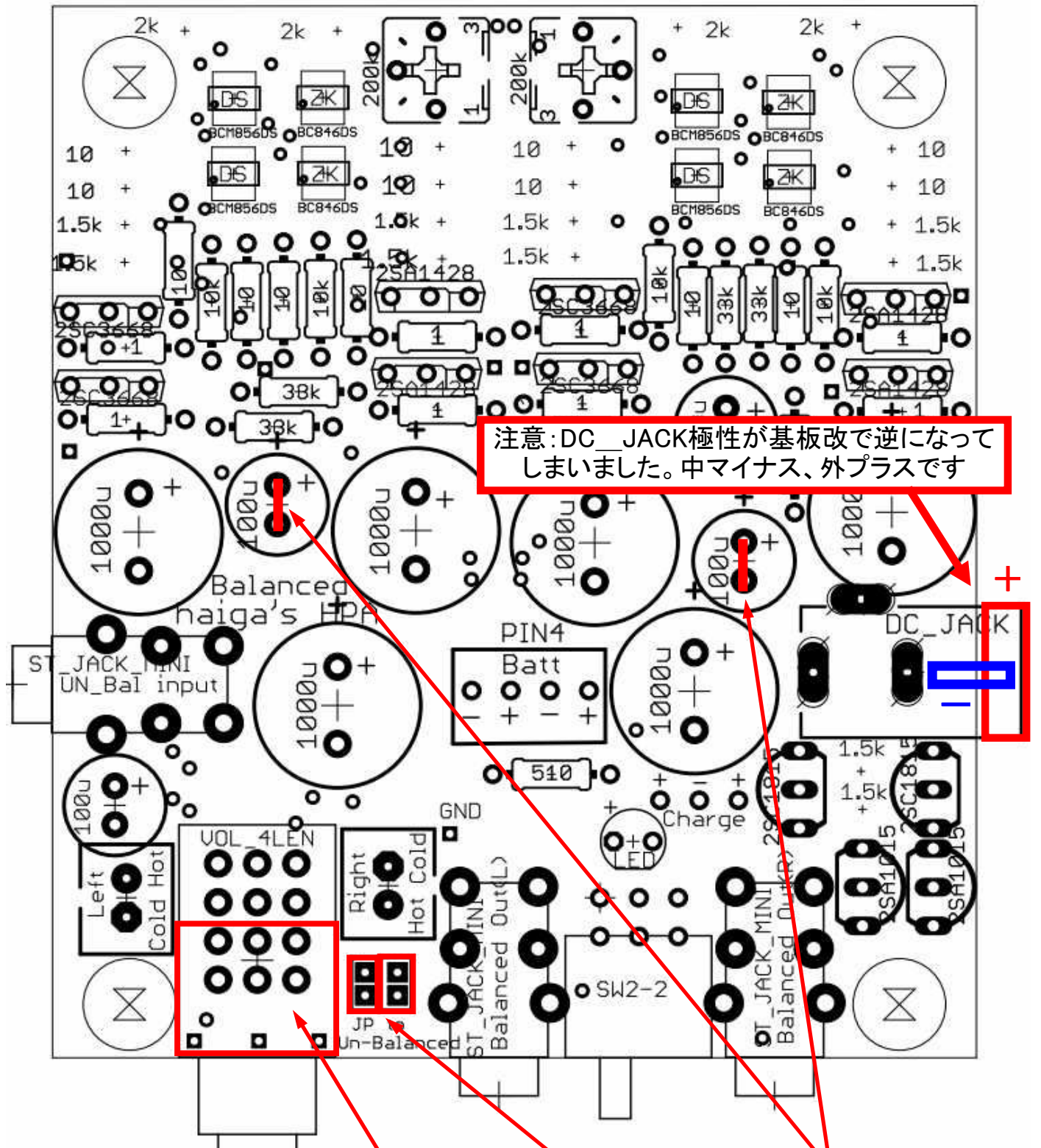
赤LEDは動作電圧が低いので調整抵抗は4.7kが推奨です。それでもエネループ2.8V初期電圧でかなり明るく上記の使用限度電圧でも点灯しています。もう少し高い抵抗でも良いかなと思います。

一般的に背の低い部品からハンダ付けします

- ・Dualトランジスタの取り付け
- ・チップ抵抗
- ・一般抵抗
- ・入出力ジャック、電源スイッチ、ボリューム、半固定抵抗、終段トランジスタ
- ・コンデンサ
- ・LEDの取り付け

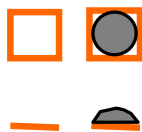
- ・電池ホルダの加工と配線
- ・ケースの加工と組立

部品の定数と配置はこの図を参照願います。

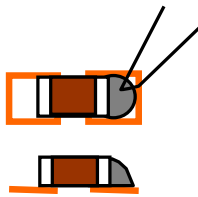


2. チップ抵抗の取り付け

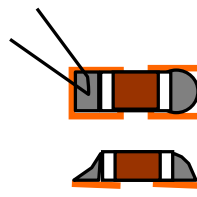
1)ランドの片側にハンダを付けて下さい。余り多すぎないように



2)部品をピンセットで支えて余盛部に近付けハンダ付けする

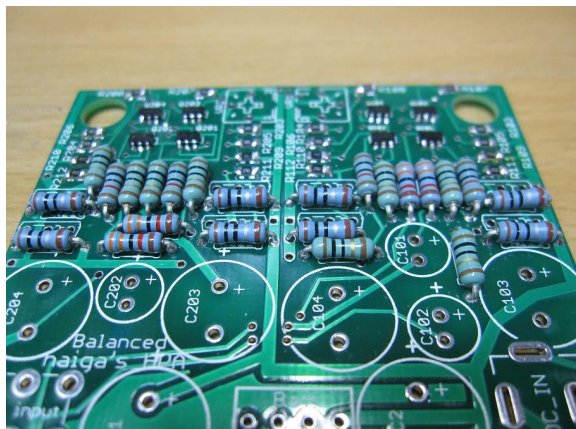


3)片側をハンダ付けする



3. 一般抵抗の取り付け

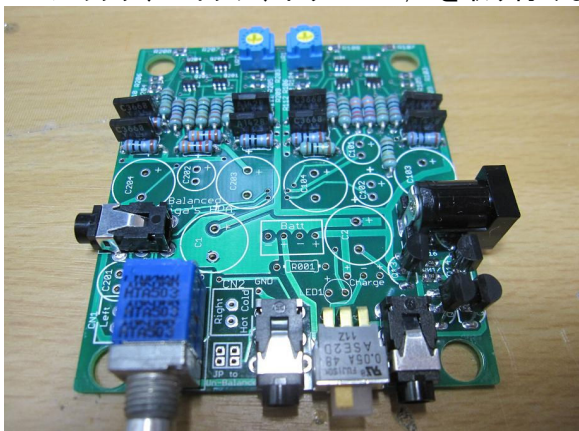
抵抗のリードはできるだけ短い位置で曲げます



4. その他部品の取り付け

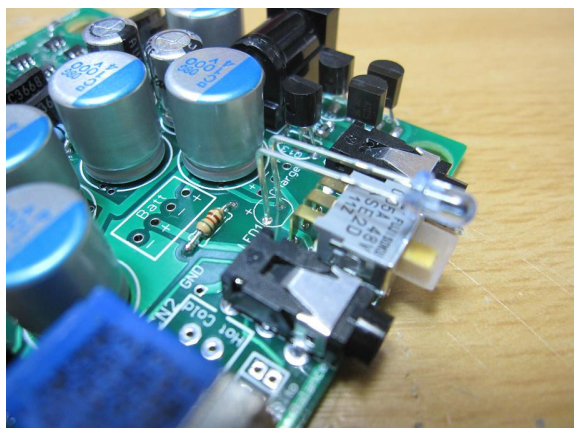
ジャック、スイッチ、ボリューム、Trを取り付けます

部品の浮き上がりに注意して(ケースに入らない)背の高いコンデンサ類を取り付けます



5. LEDの取り付け

LEDの段差部がスイッチ前端になる位置に曲げて付けます



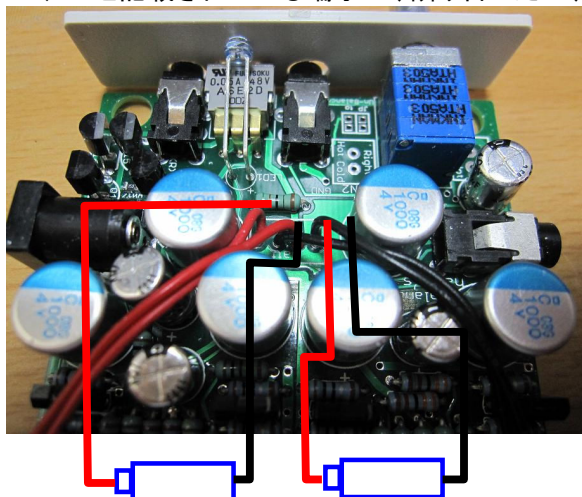
6. 電池ホルダの加工と配線（加工方法は私がやっている方法です。穴が開き電池が覗けばokです）
電池ホルダはそのままでは効チケースに入らないので、電池ケースの底に電池を落とし込む穴を開けます。

- 1)丸穴と四角穴延長にカッターで切れ目を入れます 2)両サイドにカッターで**軽く切れ目を入れ、そこを何度もカッターを斜めで切り込むと意外に簡単に切れます**



*** 手指の位置に注意し、カッターが滑り手を切らないように十分に注意してください**

- 2)Batと記載されている端子の、隣り合った+、-の穴にそれぞれの電池ホルダからの赤、黒線を付けます

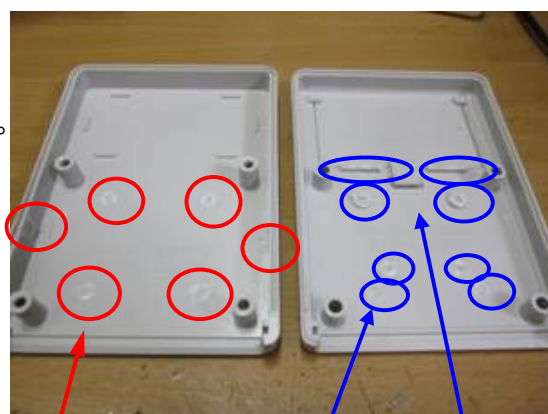
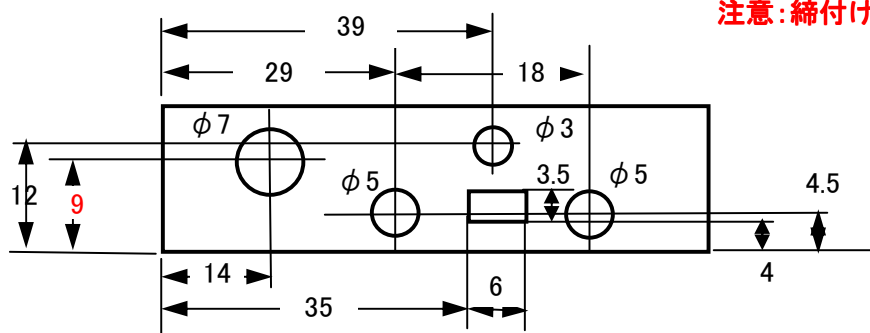


ケースに収まった時の配線イメージです。
この長さになるようにリード線長を合わせます

7. ケース本体の加工

この基板は効チ・GHA7-2-11Dに合わせて作られています。
特に電池ケース蓋部分とギリギリの寸法関係なので、
右のような加工を行うようにしてください。

前蓋の穴あけ(参考寸法)



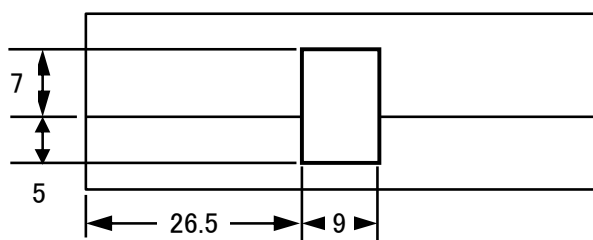
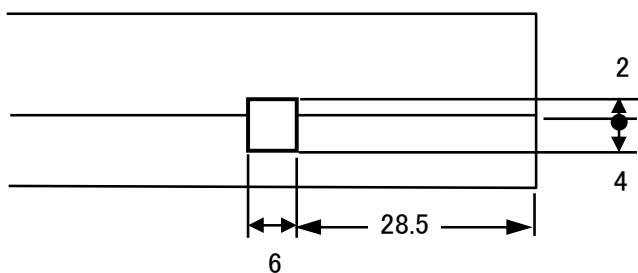
上蓋は6箇所のボスを下蓋は奥の仕切りと
取り除きます
注意: 締付け穴は残す
ボスを**1.5mmの高さ**に
切り取ります
(電池ケース蓋との
干渉を防止します)

前側のボスは取り除きます
(背の高いコンデンサ等の高さ確保
のためです)

左横の入力ジャック穴



右横のDCジャック穴



出力ジャックが干渉する部分を丸ヤスリで削る



18 12

四角青枠内 は両端間電圧を示す



(解説) ・計測時電池電圧はエネルギー電池初期値1.4Vです。

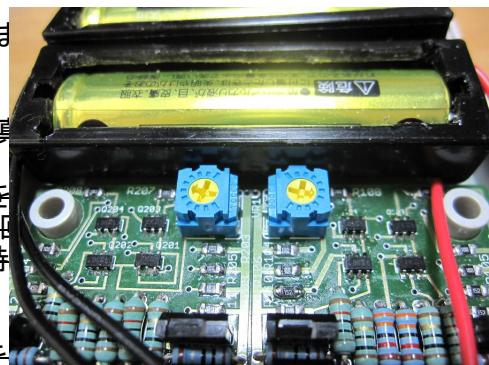
- ・1Ωに終段Trへの電流が流れます。電池電圧が一杯高いので、 $20\text{mV} \div 1\Omega = 20\text{mA}$ 流れてます。少し大き目ですが、エネループ電池の安定電圧1.25Vになれば約9～10mAの適正值になります。
- ・差動増幅回路の負荷抵抗1.5k(向こう側)の両端電圧は約0.65Vです。よって、差動増幅回路の電流は $0.65 \div 1500 = 0.4\text{mA}$ の電流が流れています。差動増幅回路で大事なのは定電流回路の電流ですので、上側にある10Ω抵抗の電圧10mV, 11mVですから、1.0mA, 1.1mAでバランスしていることが判ります。
- ・これらの値は電池電圧で大きく変わりますが、バランスは変わりませんのでチェックに使ってください。

これらのバランス(特に左右差)が異なる場合は「DualTrのハンダ付」を90%の確立で疑って調べてください。

【オフセット調整方法】

このHPAは出力カップリングを使用したのでヘッドホン出力にオフセット電圧が出ませんが、内部差動回路内にDualトランジスタのhFE差などによるオフセットが発生します。

VR1、VR2でオフセットを修正する電圧を入力に印加する方式を採っています。



調整ボリュームの一般的な中間点です

手順

- 電源を入れる前に、オフセット調整半固定抵抗VR1、VR2の位置をほぼ真ん中（音量調整ボリュームを最小にしてください（これで入力がGNDされます））
- **オフセット電圧計測点**（左側がトランジスタの小さな足）と**GND間**の電圧を測ります。
- この電圧がプラス側の場合は調整抵抗を右に、マイナスの場合は左に調整します。
- ボリュームを回すと徐々に値が変わって行きます。Dualトランジスタの特性上、調整に時間がかかりますので、ゆっくりとボリュームを操作してください。
- この作業を左、右チャンネルとも行います。
- 調整後、電源を入れたままにしておいて、20分程度経過した後の電圧を測ります。

本器ではオフセットが発生してもHot,Cold間にはオフセットが出ませんのでヘッドホン保護の点では問題が起きません。問題は全体バランスの中心がずれるため、低電圧の本器では増幅範囲を外れてノイズが発生します。これを調整するには、音楽等を再生した状態で「ノイズが出ない中間点を探す方法」を取ってください。

【参考】

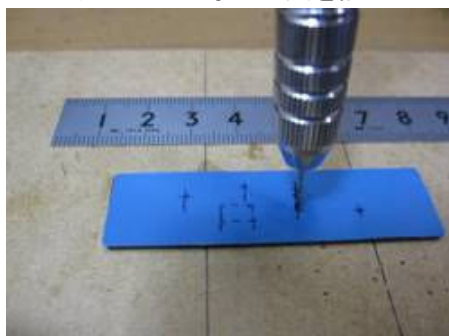
前蓋の穴加工方法：私が行っている方法を参考に記載します

1) 寸法記入用にビニルテープを貼る



テープ周囲を蓋に合わせ切り落とす

2) ボールペン等で寸法を記入



ピンバイスで中心穴を開ける
四角穴は内接穴を開ける

3) 四角穴は裏表からカッターを入れる



刃先の加工向きを交互に入替えながら慎重に加工すれば綺麗にできます

4) φ3のドリルで穴を開ける



5) リーマで所定寸法に拡張する



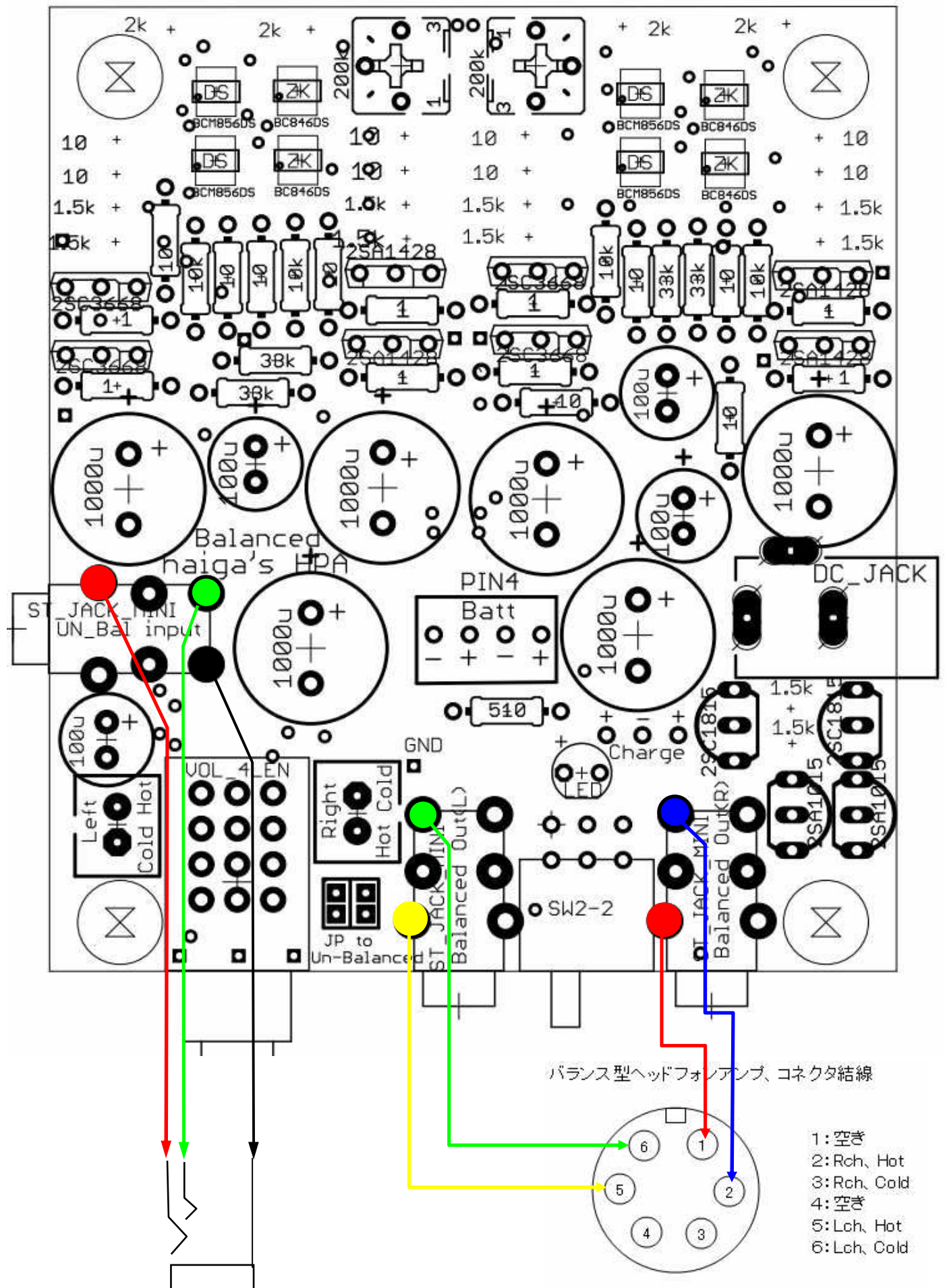
仕上げは

- ・四角穴は細い四角やすりで仕上げる
- ・丸穴の周囲にバリが出るのでカッター刃先で丁寧に落とす

加工性が非常に良いやわらかい材料なので、このような加工で所定の寸法に綺麗に仕上がります

1) 入力ジャックを前側に設ける方法

2) ヒロセ6Pコネクタでアンバランス出力を出す方法



コネクタ型番:ヒロセ、HR10A-7R-6S(73)