

LNA-1 ローノイズアンプ 組み立てマニュアル



2014/June/26 version 1.02

Ojisankoubou

(c)2014 Ojisankoubou, All Rights Reserved

■ 重要説明事項(必ずご一読ください)

- 本キットを使ったことにより直接的、間接的に被害、損害を被ったとしても一切補償しません。
- 組み立てに失敗した場合や使用中に故障した場合でも交換、保証、返金などには一切応じられません。
- 本キットは汎用的に使えるハードウェアの提供を目的としています。このキットで作ることができると例示されたものは本キットの可能性を示したものです。例示されたものすべてを実際に製作したわけではありません。
- この説明書、トラ技誌上、ホームページなどに掲載されている特性、性能はあくまで1製作例であり、すべてのキットで同一性能が保証されているわけではありません。良い場合もあれば悪い場合もあることをご承知おきください。
- 充分注意して設計をしていますが、重大な設計ミスやバグがないことの保証はありません。
- 回路、使用部品、基板、ソフトウェアなどは予告なく変更することがあります。

■ 組み立てる前に

- 部品がすべて揃っているかご確認ください(次ページ部品表参照)。不足部品がありましたら組み立て前にご連絡ください。
- 組み立て、確認をステップバイステップで確実に行います。不具合が合った場合それが修正されるまで次のステップにはいかないようにします。確実な完成のためにはこれが一番の早道です。
- 全ページを印刷し、終わったところにはチェックマークを入れていきます。適宜気づいたことをメモしていくとよいでしょう。
- 一度、組み立て手順をすべて読んで、全体のイメージをつかんでおいてから始めると良いです。

■ 情報・ソフトウェア入手先

最新情報は下記サイトにて入手可能です。

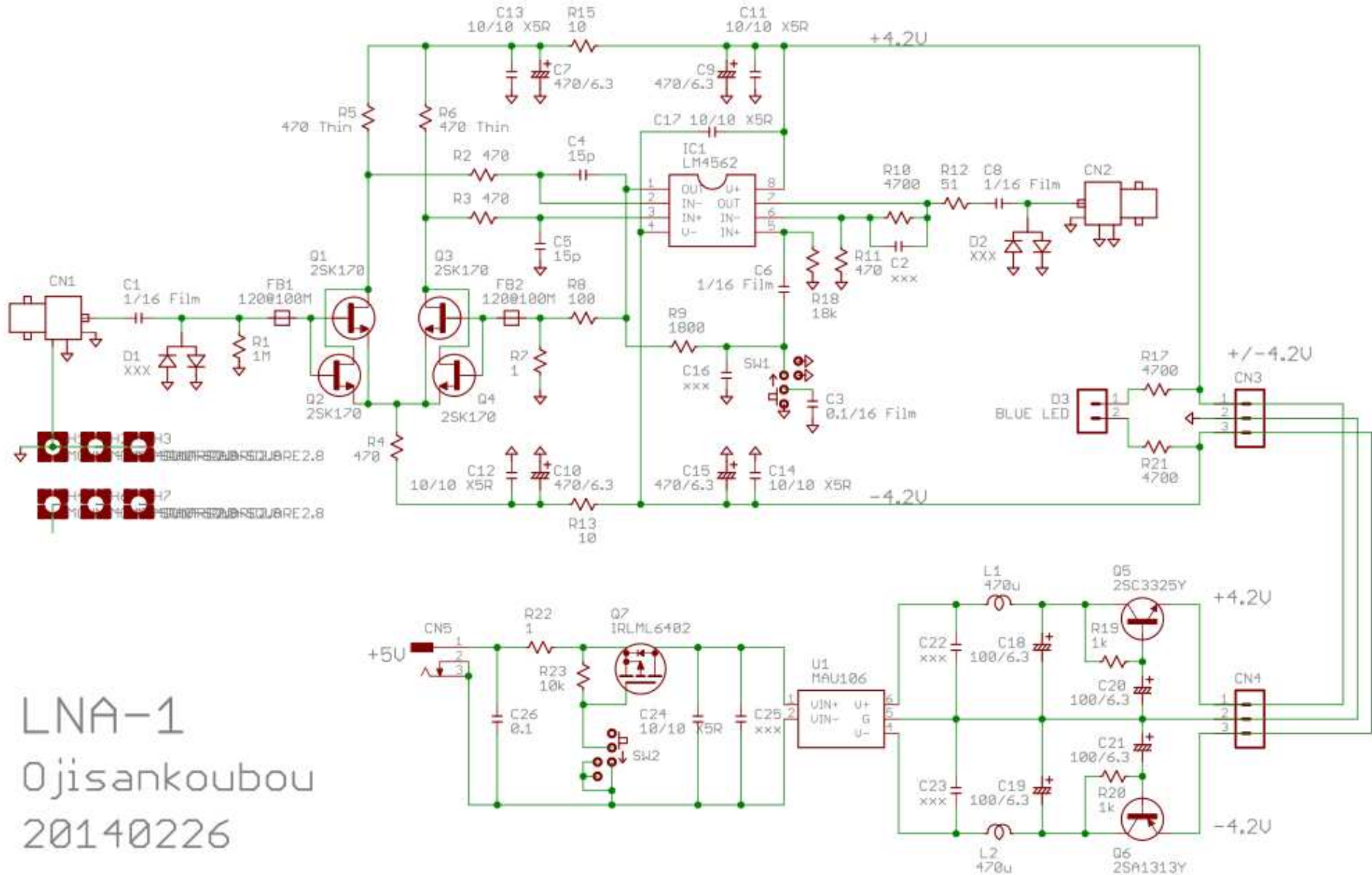
おじさん工房ウェブサイト
<http://ojisankoubou.web.fc2.com/>
トランジスタ技術ウェブサイト
<http://toragi.cqpub.co.jp/>

また本文中で使用しているソフトウェアは本マニュアル執筆時点のもので、現在では変更されている場合があります。

■ 部品表

Device	Description	Qty	Parts Reference
基板	LNA-1基板部品実装済み	1	
CN	丸ピンICソケット (シングル40P)	1	IC1,Q1~Q4を差し替えるために使用
CN	BNCコネクタ 横向き	2	CN1, CN2
CN	DC ジャック 2.1mm 20V 4A	1	CN5
IC	LM4562	1	IC1
D	LED φ3 リード 青色	1	D3
Q	2SK170BL	10	Q1, Q2, Q3, Q4 ペア選別する
SW	PUSH_SW	2	SW1, SW2
U	MAU106	1	U1
その他	PUSH_SW用つまみ	2	SW1, SW2
その他	皿ねじ M2.6 長さ4mm	3	
その他	ナット M2.6	3	
その他	スペーサー M2.6 長さ5mm	3	
ケース		1	

■ LNA-1回路図



LNA-1
 Ojisankoubou
 20140226

■ 組み立てに別途必要な工具など

- やに入り半田（鉛入りのものを使いやすいです）
- 半田ごて（温度調節付の60～80Wぐらいのものがお薦め）
- ニッパー、ドライバー(#1、#2)
- DC電源（φ2.1センタープラス 5V）
トランス式のACアダプタは使わないでください。
軽負荷時に電圧が上がるため故障の原因になります。
トランス式ACアダプターを使う場合は必ず5Vのシリーズレギュレータを間に入れてください。
- テスター（デジタル）
- APB-3基板（動作確認用）
- 0Ω（ショート）治具 BNC
- 50Ω 終端器 BNC
- 銅箔

■ 組み立てる際の注意点

- 半田付けは半田付けする部分の温度を十分に上げてから半田を供給するのがコツです。半田付けする場所に半田ごてをあてて2秒、半田をながして2秒ぐらいのイメージでやるとよいでしょう。半田がすぐにとんがってしまう場合は半田ごての温度を下げてください。
- 半田ごてでランドに力を加えないように気をつけてください。半田ごてでランドの上を動かす際も半田ごての先をランドに強く当てないで滑らすようにします。特にランドの短手方向への力は禁物です。ランドは最小幅0.25mmしかなく、一度剥がれてしまうと修復は非常に困難です。
- 各段階で半田付け箇所のルーペでの確認（イモ半田になっていないか、ブリッジしていないか、半田ボールがないか）を十分に行ってください。半田付けが良くないと一度は動作してもあとで動かなくなることがあります。特に電源関係の不具合はICなどの破壊に直結します。
- 静電気に弱い部品があります。部屋の湿度を上げる、手洗い、部品に触る前に静電気を逃がす、などの対策を行ってください。とはいっても真冬などのセーターを脱いだらバチバチいうようなとき以外はそれほど神経質になる必要はありません。

1-1. 部品の半田付け

右写真のように、部品を半田付けします。

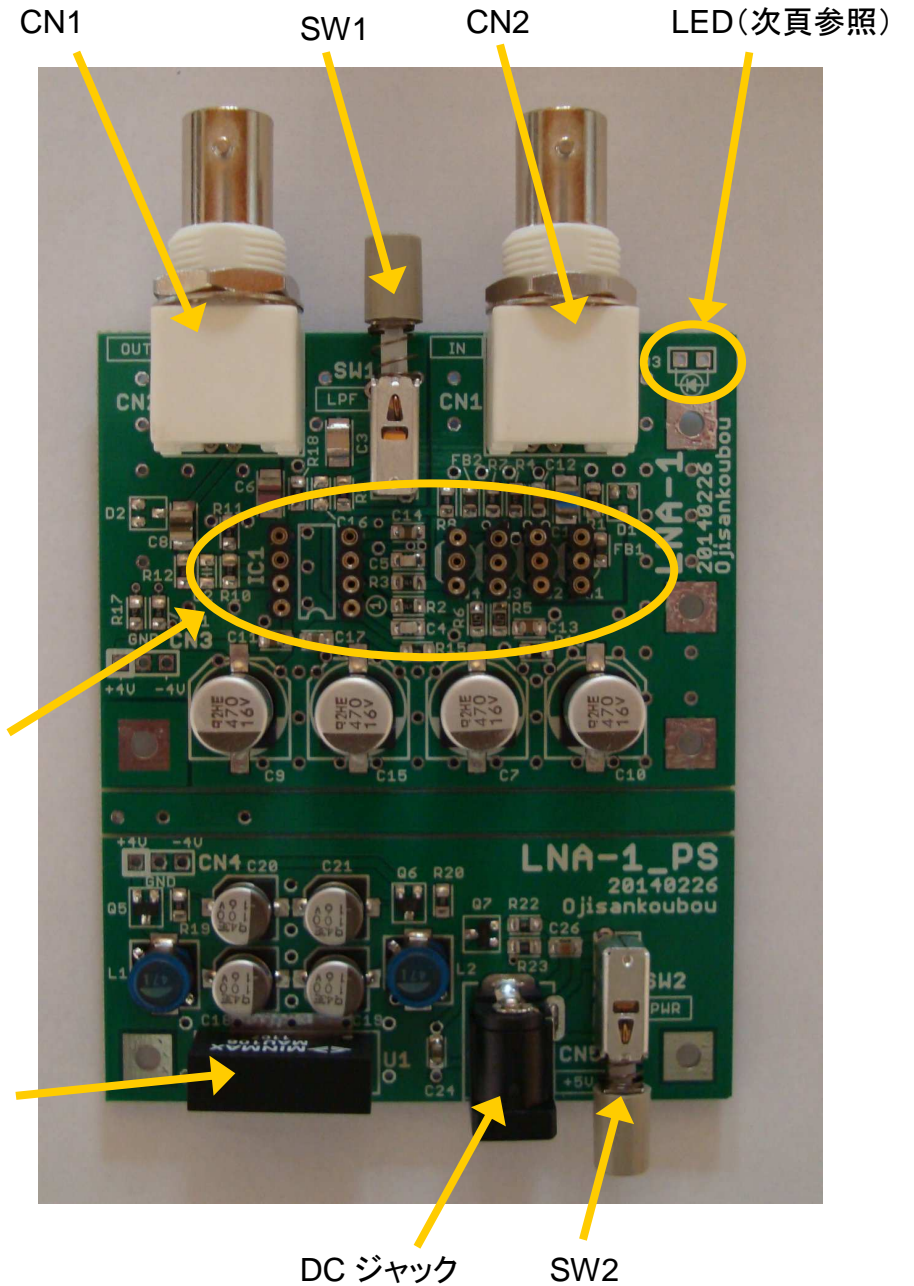
<input type="checkbox"/> BNCコネクター横向き	2ヶ	CN1, CN2
<input type="checkbox"/> DC ジャック	1ヶ	CN5
<input type="checkbox"/> PUSH_SW	2ヶ	SW1, SW2
<input type="checkbox"/> MAU106	1ヶ	U1

部品を半田付けするときは、まず最初に1箇所だけ半田付けし、傾きがないか確認してから残りの箇所の半田付けをします。
部品に傾きがあるとケースに組み込んだとき引っかけたり見栄えが悪くなります。

丸ピンICソケットを折ったもの
(次頁参照)

後述するようにDC-DCコンバーターからのSWノイズのかぶりは周辺に銅箔を巻くと改善できます。
基板に半田付けする前に巻いておくと楽です。

DC-DCコンバーター MAU106



DC ジャック

SW2

1-2. 部品の半田付け

丸ピンICソケットは右写真のように、

- FET 用に 3pin 4個
- オペアンプ用に 4pin 2個

を折って基板に半田付けします。

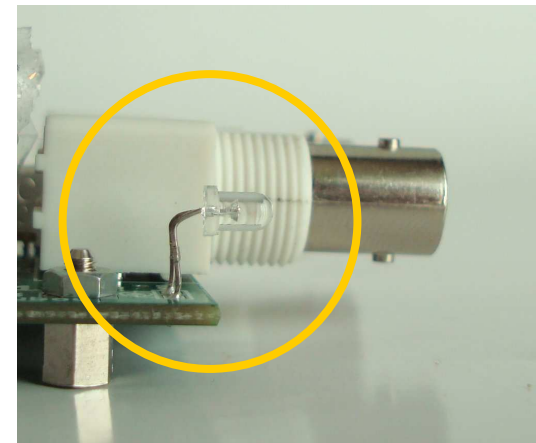
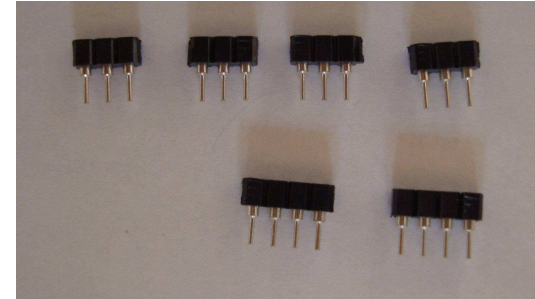
オペアンプを交換して特性の変化を試せるように、ここではソケットにしていますが、オペアンプを交換しない方はオペアンプを基板に半田付けしてもOKです。

□ LED を半田付け

右写真のように、BNCコネクタの中心に高さが合うようにフォーミングしてから半田付けします(高さ7mmぐらい)。

LED のリード線の長いほうがアノードで、写真の手前側(BNCから遠いほう)になります。

ケースに組み込むときにフロントパネルの穴とあうように位置を微調整します。

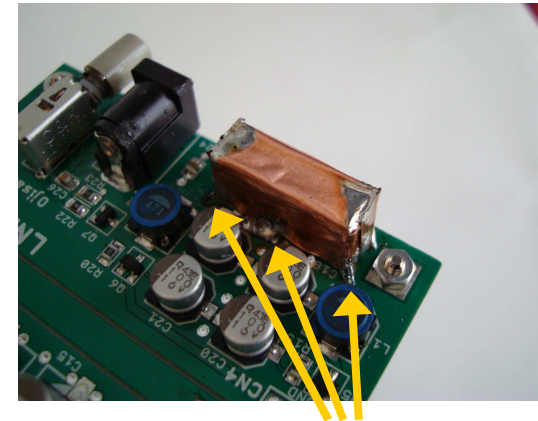


1-3. DC-DCコンバーターからのSWノイズの改善

DC-DCコンバーターのSWノイズのかぶりがあり、DC-DCコンバーター周辺に銅箔を巻くと改善できます。

右写真のように巻いた銅箔は基板のグランドに半田付けします。近くに電源端子がありますのでショートしないように注意してください。

銅箔は以前はダイソーで「虫よらず」として売っていたのですが最近は見かけません。サンハヤト(株)が出している銅箔テープが入手製がよいです。他にもホームセンターなどで入手できるかと思います。



半田付け

半田付け



ノイズを完全になくすのはDC-DCコンバーターを使っている限り無理なので、どうしてもノイズをなくしたいときは006P電池を電源に使うように改造すればよいかと思います。

基板は電源とアンプ部が分離できるようになっていますので電源部分にオペアンプなどを使って擬似グランド回路(レールスプリッター)をつくれればよいでしょう。

1-4. 通電確認

FETやオペアンプはまだ接続しません。

□ ACアダプタ(5V)をつなぎ、電源スイッチ(SW2)を入れて青LEDが点灯することを確認します。

□ テスターで、CN4 のところの電圧をチェックします。

+5.2 ±0.3V

-5.2 ±0.3V

グランドはCN4のセンターまたは LED 近くの取り付け穴を使います。他の取り付け穴は必ずしもグランドに落ちていないので注意してください。

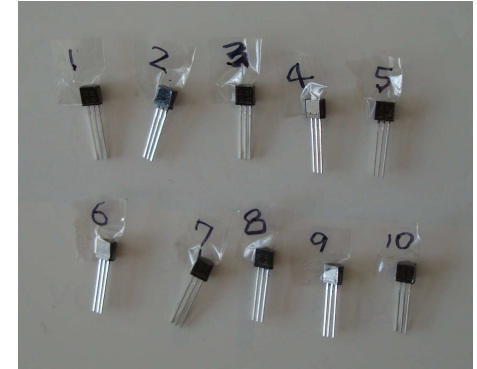
まだオペアンプやFETをつないでいないのでDC-DCコンバータの負荷はLEDだけと軽負荷なので電圧は高めになっています。

最終的には +4.5V、-4.5Vぐらいになります(FETのペア性により消費電流は増減し電圧も変わる)。

異常があった場合はすぐに電源スイッチを切り、ACアダプターを抜いてください。

2-1. FET のペア選別

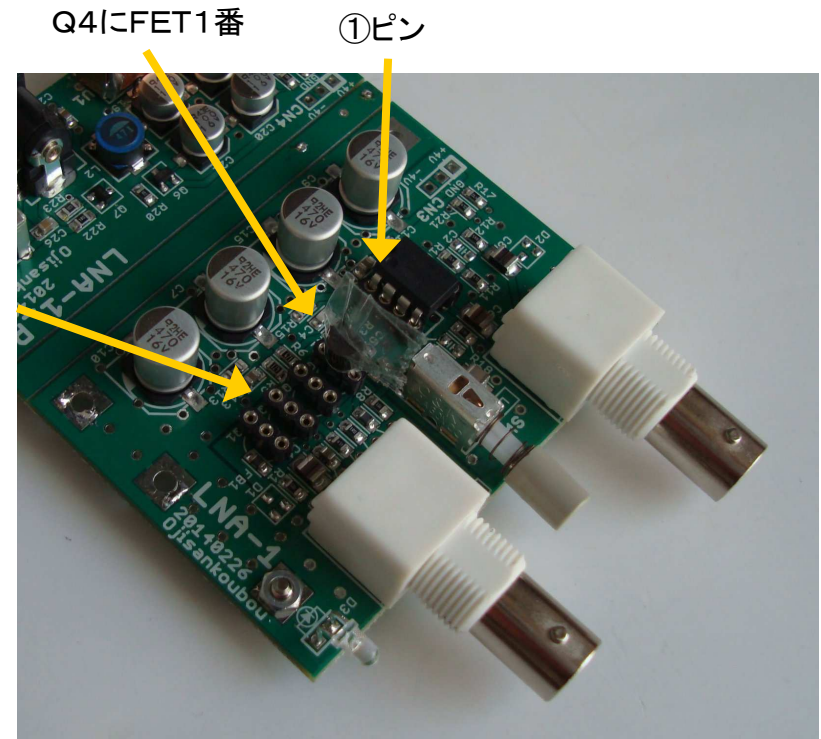
- FET に右のようにセロテープなどを貼り番号をつけます。
- IC1 にオペアンプLM4562をつけます。 ①ピンを間違えないように注意してください。
- Q4にFETの1番をつけます。
- Q2にFETの2番から10番をつけて、IC1 ①ピンの電圧をテスターで測ります。



これは1番の FETと他のFETでどのくらいペア性があるかを調べていることとなります。

Q2	Q4	IC1 ①電圧
2	1	
3	1	
4	1	
5	1	
6	1	
7	1	
8	1	
9	1	
10	1	

Q2にFET2番
~10番を挿す



2-2. FET のペア選別

オペアンプ IC1 ①ピンの電圧がほぼ同じになるものを探しペア候補とします。±2V以上になっているときはオペアンプが飽和するぐらいペアにならないということなので、Q4につけるFETを換えて同じようにペア候補を探します。

次にペア候補をQ1とQ4につけて同様にオペアンプの①ピンの電圧を測定します。電圧が±0.2V以下ならそれをペアとします(できるだけ小さいほうが良い)。

このようにしてペアが2つ取れたならそれぞれを Q1-Q3、Q2-Q4 につけオペアンプの①ピンの電圧を測定します。Q1とQ3を交換してペアを逆につなぎ、同様に①ピンの電圧を測定します。電圧が±0.2V以下(できれば±0.1V以下)になる組み合わせが見つければOKです。

この手順を繰り返し2ペアの組み合わせで±0.2V以下になるものを探します。逆特性のものをうまく組み合わせるとよい結果が得られます。

2ペアで±0.2V以下になる組み合わせが見つからないときは±0.5V以下でできるだけ小さくなる組み合わせで使います。この場合消費電流が増えますのでCN4電源電圧が±4V以下になっていないことを確認してください。

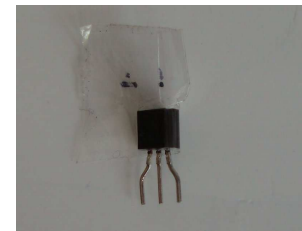
どうしても見つからないときは1ペアにします。この場合でも1.1nV/√Hz程度の雑音密度が得られ普通の用途には十分低雑音です。

ペア選別は、文字で書くと難しそうに思えますが、実際にやってみるとなんとなくわかると思います。

最終的に使うFETは足はフォーミングしてからソケットに入るぎりぎりぐらいまで短くカットします。

オペアンプIC1 ①ピンは FET のアンバランスがあってもオペアンプの入力で同一電圧になるようにフィードバックしています。FET が同一特性だとゲート電圧は同じ0Vになるので①ピン電圧も0Vになります。

①ピンの電圧が0Vではないとグラウンドに対して直流電流が流れ、0.5Vで5mAになります。



ソケットにあうよう
フォーミングしてカット

3. ケースに組み込む

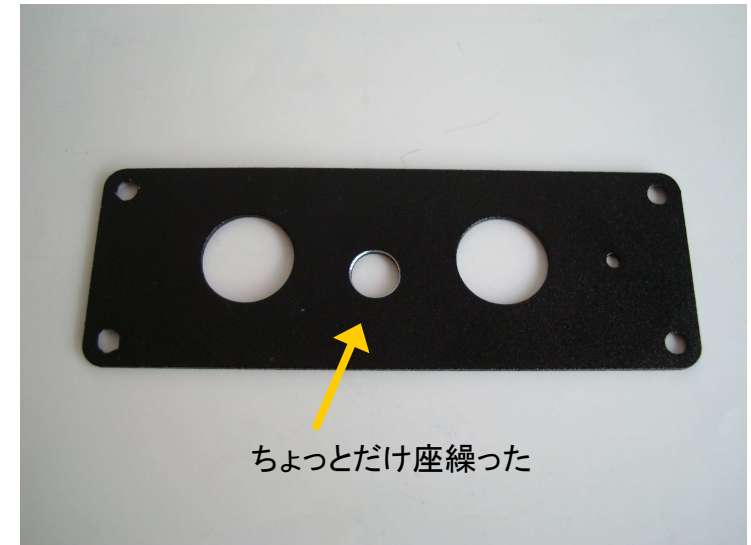
スタッドを3個を基板正面(BNCコネクタ側)からみて左側に寄せるようにつけてください。スタッドのナットはケースに組み込んだとき空回りしないようしっかり止めておきます。

ケースのネジは最初は遊びがあるように緩く止めます。

その後、プッシュスイッチの引っかかりがないか、LED がちょうど穴のところに
あっているか、などを確認しながらすべてのネジを締めていきます。

最後にBNCコネクターをワッシャとナットで固定します。

どうしてもプッシュスイッチの引っかかりが残るときはパネルの穴の裏側(見えない
ほう)をほんの少しカッターなどで座繰ります(右写真)。



ネジやナットを入れるときは最初に逆方向に回してカタンとネジが噛み合う
感触のところを探し、それから順方向に回すと良いです。

ネジ止めは、一度に全部を締めるのではなく、対角方向から順番に少しずつ
締めます。

4-1. ノイズ測定(APB-3 をお持ちの方)

完成したローノイズアンプのノイズレベルがどの程度なのかを確認します(気になりますよね)。APB-3 の新しいソフトウェアには、スペクトラムアナライザに PSD (Power Spectral Density) 表示モードがありますのでこれを使います。

LNA-1 と APB-3 を同軸でつなぎ、APB-3は1M Ω 入力にします。



自作した0 Ω (ショート) 治具

右図のように、スペクトラムアナライザ画面の左軸のところで右クリックしてコンテキストメニューから dBu/ $\sqrt{\text{Hz}}$ を選びます。

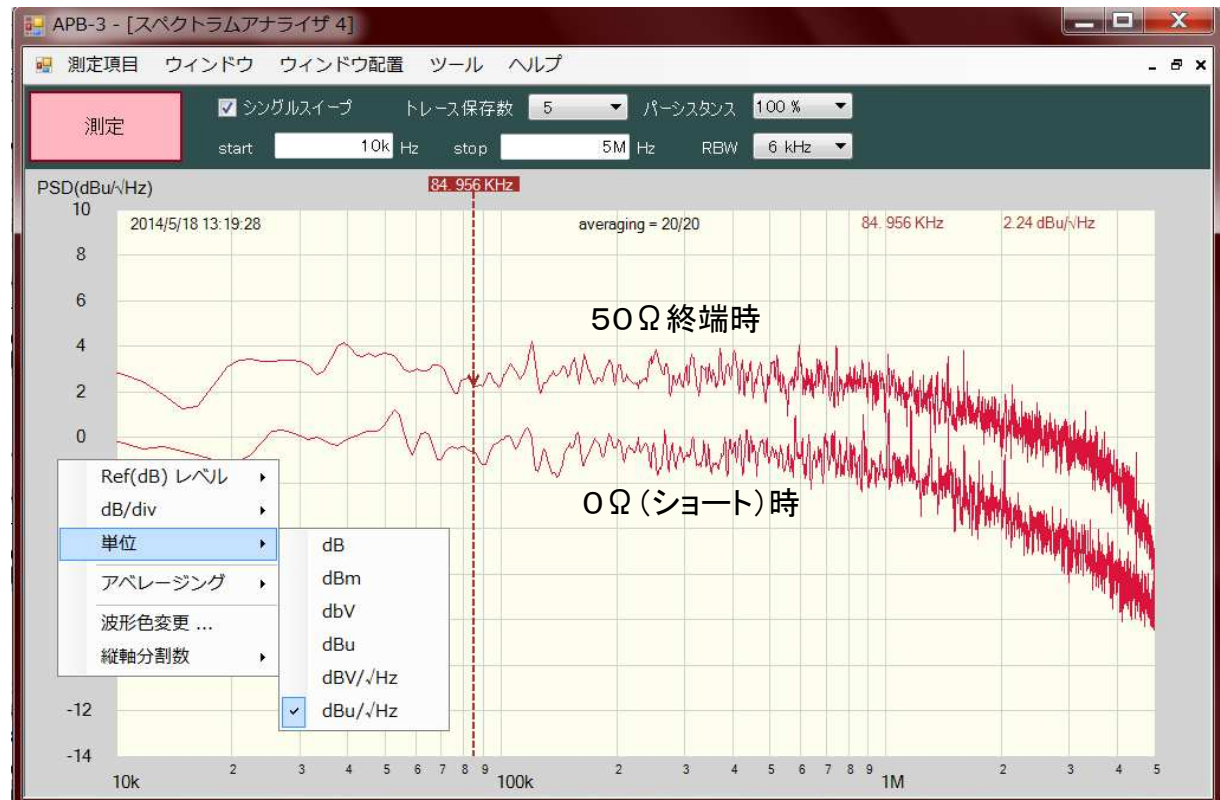
START=10kHz
STOP=5MHz
log sweep
RBW=6kHz
averaging=20

と設定して測定します。

右図は下が0 Ω (ショート) 時、上が50 Ω 終端器を入力につけた時です。

ゲインが60dB (1000倍) なので0dBu/ $\sqrt{\text{Hz}}$ が1nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ に相当します。

ショート時に 0dBu/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 付近であればOK です。



ノイズが3dB落ちるところからアンプの周波数特性はだいたい2MHzぐらいとわかります。

4-2. ノイズ測定(オシロスコープをお持ちの方)

LNA-1 の出力とオシロスコープを同軸でつなぎます。

LNA-1 の入力をショートした場合のノイズのp-p 値を測ります。

ここでは、12.3mVpp となりました(右図)。 オシロスコープで読み取った値を 6.6 で割ると実行値に換算できます。

$$12.3\text{mVpp} \div 6.6 = 1.86\text{mVrms}$$

これを $\sqrt{\text{雑音帯域幅}}$ で割れば $\sqrt{\text{Hz}}$ あたりの雑音密度になります。 雑音帯域幅はアンプの3dB落ち周波数(とりあえず2MHz とします)の1.571倍です。

$$1.86\text{mVrms} \div \sqrt{(2\text{e}6 * 1.571)} = 1.056 \mu\text{Vrms}/\sqrt{\text{Hz}}$$

アンプゲインの1000 で割ると

$$1.056 \mu\text{Vrms}/\sqrt{\text{Hz}} \div 1000 = 1.056 \text{nVrms}/\sqrt{\text{Hz}}$$

入力換算雑音密度は $1.06\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ と求められました。

次に50Ω 終端器をつないだ場合は 17.9mVppとなりました(右図)。

同様に計算して入力換算雑音密度にします。

$$17.9 \div 6.6 \div \sqrt{(2\text{e}6 * 1.571)} \div 1000 = 1.53\text{nVrms}/\sqrt{\text{Hz}}$$

50Ω 終端器をつけたことによる雑音増加分は、

$$20 * \log(1.53 / 1.06) = 3.2 \text{ dB}$$

となりました。 この値がだいたい 3dB 前後になっていれば正常です。

ちなみに 3dB だとアンプの雑音は 50Ω の熱雑音と同じ雑音値(0.91nV)ということです。

