

# PRE-1 組み立てマニュアル

2010/03/19 version 1.00

OjisanKoubou

(c)2010 Ojisan Koubou, All Rights Reserved

## ■ 重要説明事項(必ずご一読ください)

- 本キットは個人が電子工作を楽しむことを目的としています。本キットで提供しているハードウェア、ソフトウェアの全部もしくは1部を製品に組み込んだり販売したりすることはおやめください。
- 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。
- この説明書および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。
- 基板をむき出しの状態で使用すると予期せずショートしたりする危険性があります。完成したあとはケースに入れてお使いください。

## ■ 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。不足部品がありましたら組み立て前にご連絡ください。
- 一部の部品では必要数より多く入っている場合があります。何個余るのかを袋や部品表にメモしておくとし組み立て後に必要な部品が全部マウントされたかどうかの確認が楽です。余った部品は他の工作にお役立てください。
- 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。

Device	Value	Qty	Parts
C	0.1/16 B or F or 0.1/25 B or F	52	C3, C4, C5, C8, C10, C12, C15, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C31, C32, C33, C35, C36, C37, C39, C40, C41, C42, C43, C44, C45, C50, C53, C54, C55, C56, C57, C63, C64, C65, C66, C67, C68, C69, C70, C71, C72, C75, C76, C77, C78, C82, C83
C	0.01 B	1	C34
C	1/10 F or 1/16 F	1	C73
C	10/10 F	4	C47, C48, C49, C51
C	100p	4	C1, C2, C9, C16
C	xxx	16	C6, C7, C11, C13, C14, C28, C29, C30, C38, C46, C58, C59, C60, C61, C62, C74
C	10/25(3216)	1	C52
C	220/6.3	3	C27, C80, C81
C	xxx	1	C79
CN	BNC	2	CN1, CN2
CN	Header pin	1	CN3, CN7, CN8
CN	xxx	1	CN4
D	1SV228	8	D1, D20, D21, D22, D24, D25, D26, D27
D	xxx	4	D2, D4, D6, D23
D	LED	1	D11
D	BAT54S	2	D9, D10
D	HVR100 or 1SV149	4	D3, D5, D7, D8
F	0.5A	1 (注2)	F1
FB	300@100MHz	2	FB1, FB2
IC	VHC595	1	IC1
IC	AD8331	1	IC2
IC	BH2228	1	IC3
IC	GBT3251	2	IC8, IC9
IC	LM358 or NJM358	2	IC4, IC5
IC	LM386 or NJM386	1	IC10
IC	TCM828	1	IC7
L	15u	2	L2, L4
L	150u	3	L1, L3, L5
L	xxx	2	L6, L7
R	1k	6	R12, R35, R36, R37, R38, R39
R	10	1	R33
R	10k	4	R20, R31, R32, R34
R	33	2	R16, R17
R	39k	4	R23, R25, R27, R29
R	100k	19	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R13, R14, R15, R22, R24, R26, R28, R30
R	4700	1	R21
R	xxx	2	R18, R19
T	FB801	1	T1
T	T37-6 or T37-7	1	T2, T3, T4, T5, T6, T7
基板		1	
ケーブル	フラットケーブル 10pコネクタ×2	1	

(注1) xxx の部品はマウントしません。

(注2) APB-1 基板から取り外して使用しますの付属していません。

## ■ 部品表

## ■ 組み立てに必要な工具など

- やに入り半田(太さ0.8mm以下の鉛入りのものを使いやすい)
- 無洗浄フラックス(Sunhayato HB20Fなど)
- マスキングテープ(部品の仮止めに使います)
- 半田ごて(温度調節付の60~80Wぐらいのものがお薦め)
- ピンセット(チップ部品をつかむため、竹串を削ったものでも可)
- ニッパー(先の細い良く切れるもの)
- ルーペ(5~10倍ぐらい)
- デジタルテスター
- USBケーブル
- USB電源(携帯充電用もしくは外部電源供給可能なUSBハブ)
- PC(Windows)
- アンプ付スピーカー(PC用など)

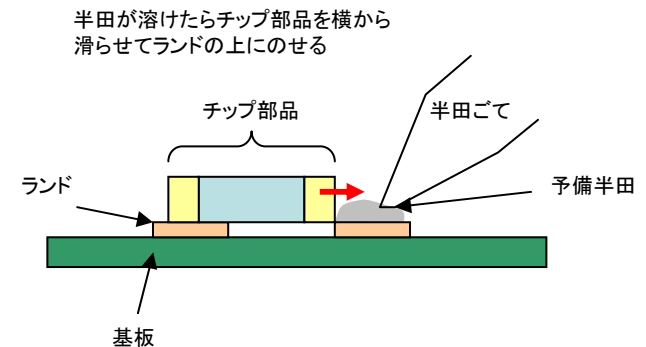
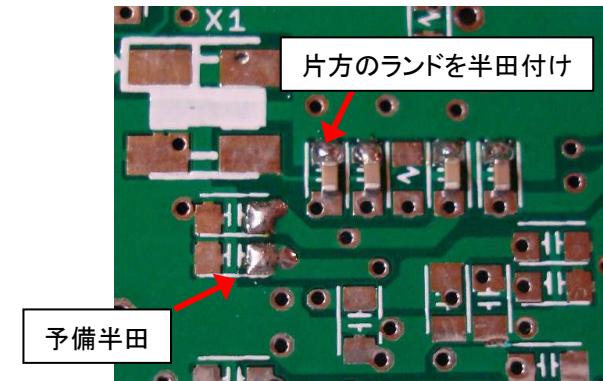
ピンセットは動作にあまり力がいらぬ先が曲がったもの(たとえばGootのTS-15など)がチップをつまむのに都合が良いです。

## ■ 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。

## ■ チップ部品などの半田付け方法

- 片側のランドに「予備半田」をしておきます。
- 半田ごてで「予備半田」を溶かし、部品を横から滑らせて半田付けします（右下図）。
- もう片方も半田付けします。このとき半田ごてで部品とランドを2秒程度暖めてから半田を流しさらに2秒で半田ごてを離します。半田がすーっと流れるようならOKです。GNDにつながっているランドなどは熱が逃げるのもっと時間をかける必要があります。
- 先に半田付けしたところに再度半田を足します。
- コネクターはマスキングテープで仮止めしてまず1箇所半田付けします。その後、コネクタを押しながら最初に半田付けしたピンをこてで溶かすとパチンと収まり浮きがなくなります。浮きがないことを確認したら残りのピンの半田付けをします。
- GNDなどで半田が流れにくいときは十分に時間をかけて熱めます。最近の部品は熱ではそう簡単には壊れません。
- ケミコンは基板から1mm程度浮かせて取り付けます。

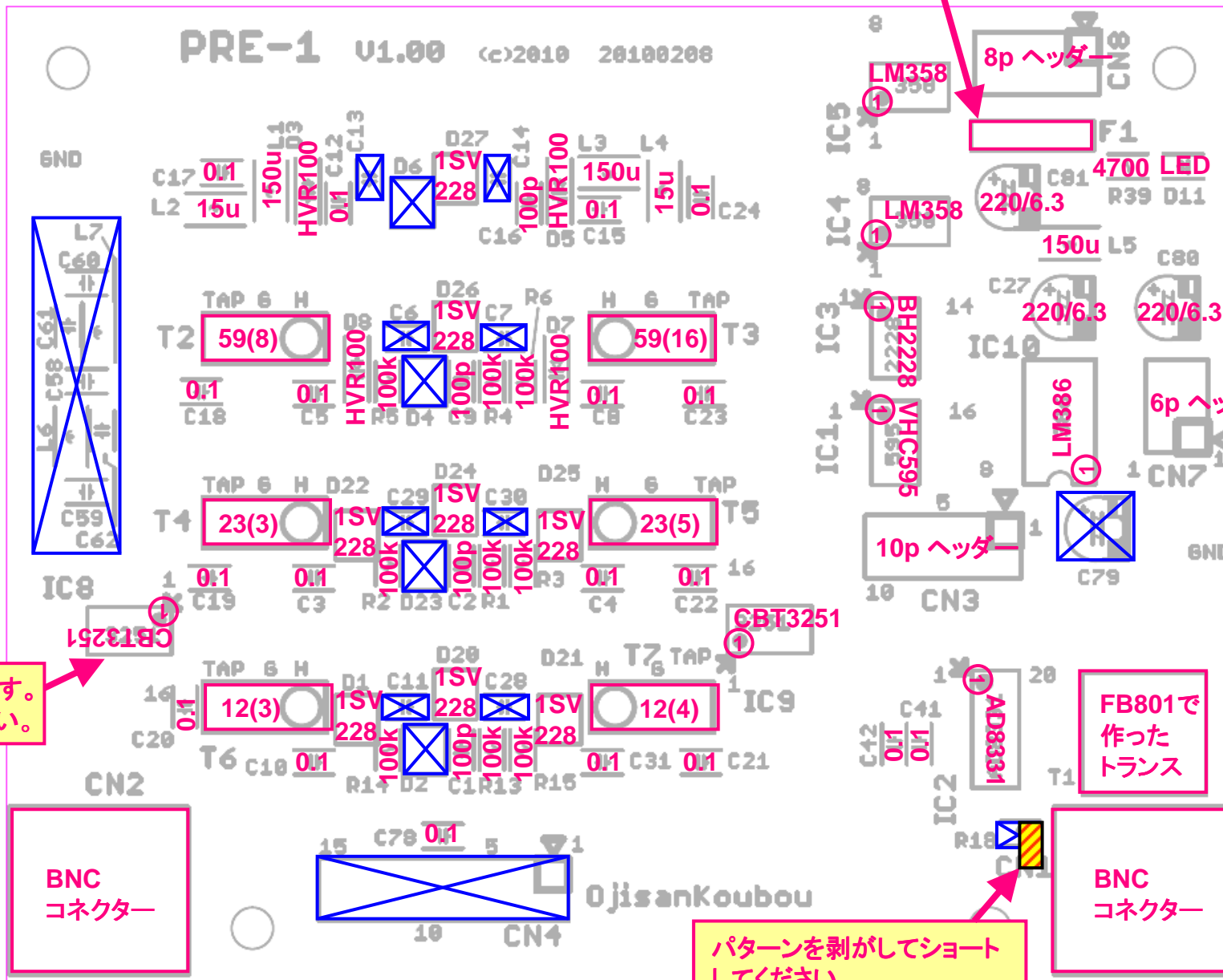


### ランド land

プリント基板 (PWB Printed Wiring Board) 上で部品がハンダ付けできるように銅が出ている部分。そのほかの部分にはソルダーマスク (Solder Mask) がかけられているのでハンダ付けはできない。

# ■ マウント図

セルフパワーにする場合は、APB-1のF1をはずしてここにマウントしてください。



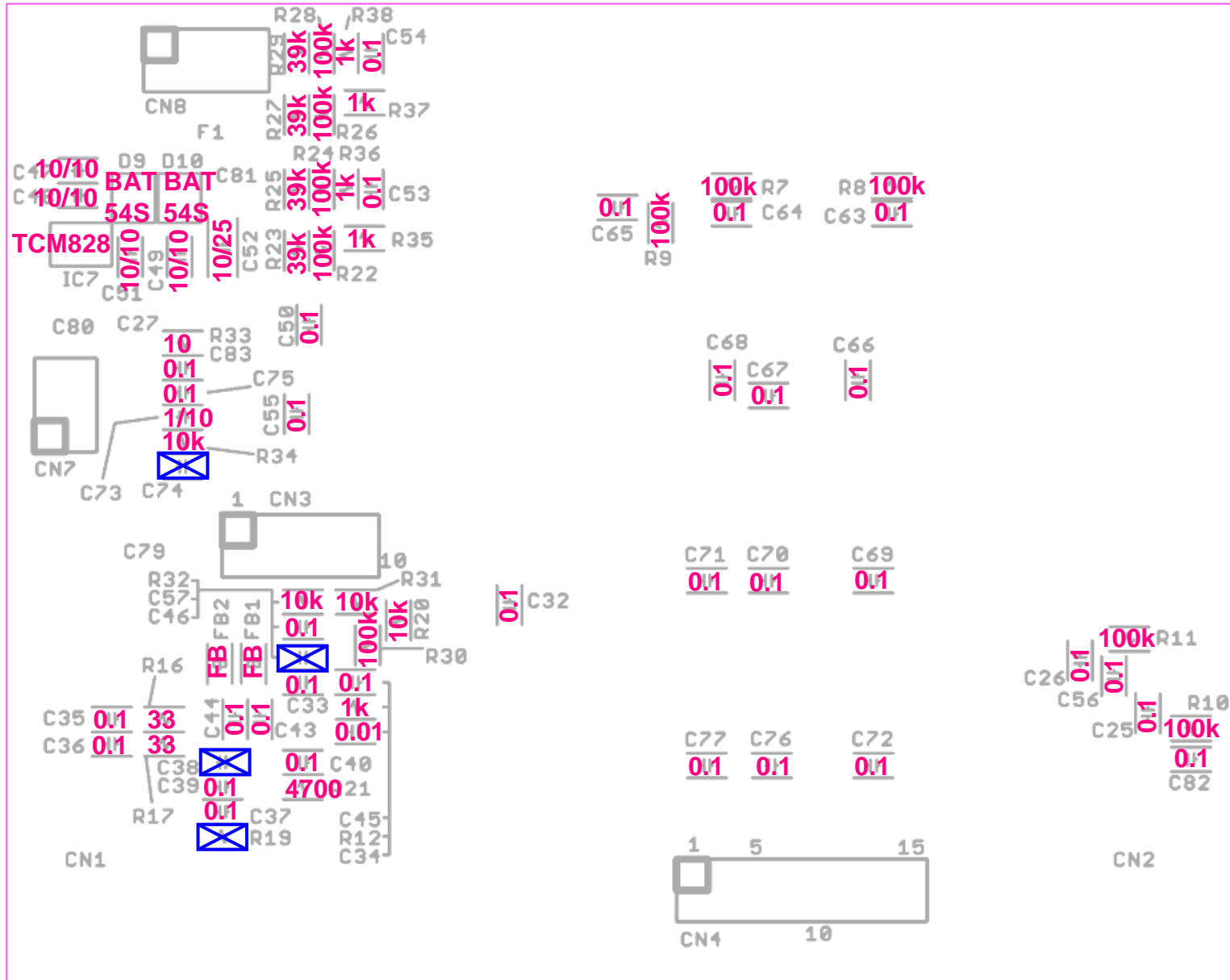
IC9と向きが逆です。気をつけてください。

BNC  
コネクター

パターンを剥がしてショート  
してください

FB801で  
作った  
トランス

BNC  
コネクター



## ■ 組み立て

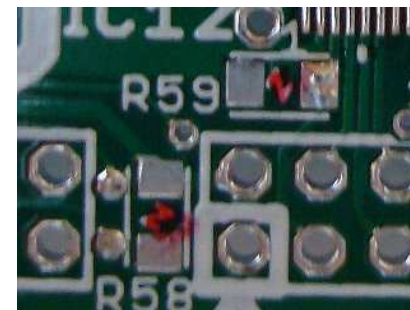
■ マウントした部品に順次マーキングしていきます。ピンク色がマウントする部品です。

■ マウント図で青の×印はマウントしない部品です。マウントしないチップ部品にはあらかじめ基板にマジック(赤が見やすい)でマーキング(右下図)しておきますと間違えてマウントすることが防止できます。

■ 組み立ては右に示した順番で行います。各ステップごとにマウントした部品のチェック、半田付け状態のチェック、動作確認をします。部品を間違えたり、半田付けが良くない状態で通電すると部品を損傷することがあります。確実な組み立てのため、面倒だと思わずにすべて実施されることをお勧めします。なにごとにもステップバイステップです。

■ チップ部品は2012(2.0mm x 1.2mm)や1608(1.6mm x 0.8mm)サイズと非常に小さいので息を吹きかけただけで飛んでいってしまいます。1個ずつ取り出してマウントするようにします。別の種類の部品をマウントするときは机の上に他の部品が残っていないことを確認します。他の部品と混ざってしまうと探すのは不可能に近いです。

1. チップ部品(C、R、L、FB) —p.9
2. 半導体(D、IC) —p.11
3. トランス —p.12
4. 電解コンデンサ、コネクタ —p.15
5. ケーブル —p.17





# 1. チップ部品の半田付け

チップ部品を順番にマウントします。終わった部品にはチェックマークをいれていきます。

## チップキャパシタ(コンデンサ)

- 0.1
- 0.01 B
- 1/10
- 10/10
- 100p
- 10/25(3216)

## 抵抗

- 1k
- 10
- 10k
- 33
- 39k
- 100k
- 4700

## インダクタ

- 15u
- 150u

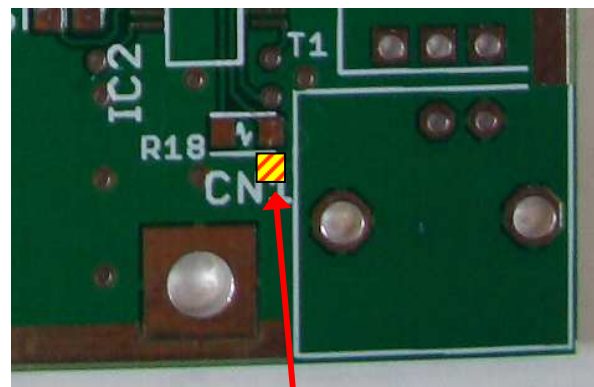
## フェライトビーズ

- FB1, FB2

これらの部品には極性はありませんので好きな向きに取り付けてください。

IC2 (AD8331)の13ピン(GAIN HILO)をLOにするため、R18のところでGNDにつながります。  
R18 はマウントしません。

GAIN HILO を HI にすると高ゲインモードになり、約10dBゲインが上がりますが、NFもその分悪くなります。  
30~40dB程度の使いたいゲイン領域でNFがよくなるように LOモードで使います。



ここの部分のマスク(緑色の被膜)をカッターナイフなどで剥がして  
すぐ上のR18のランドと半田でつながります。

## 2. 半導体(IC, D)の半田付け

IC をマウントします。丸印のついているところが1番ピンです。シルクの文字の方向に惑わされないようにして、IC の向きがあっているか何回も確認してください。

### IC

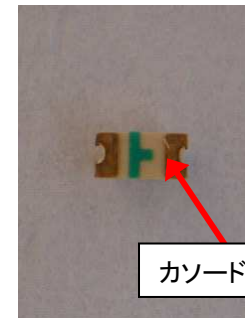
- VHC595
- AD8331
- BH2228
- CBT3251 (IC8とIC9で向きが逆になります)
- LM358
- LM386
- TCM828

### Diode

- LED (注)カソードをGND側にします。
- BAT54S
- HVR100(赤線のあるほうがカソードです) or 1SV149(正面から見て右側がカソードです)

### ICのマウント方法

1. ICの下になるところが平らになるよう適宜スルーホールなどの半田を吸い取ります。
2. ICをのせて位置を合わせたらどれか適当なピンを半田付けします。
3. ICの位置がランドと合っているか、浮きはないかなどを確認します。
4. 半田付けしたピンと対角にあるピンを半田付けします。
5. 再度位置を確認し、ランド、ICのピンにフラックスを塗ります。
6. 残りのピンの半田付けをします。
7. 吸い取り線で余分な半田を吸い取ります。
8. ルーペで半田がピンに流れているか、ブリッジしていないかを確認します。



### 3. トランスの半田付け

#### □ T2, 3

1. 0.26UEW線80cmを2本つくる。
2. T2は8回巻いたところで、T3は16回巻いたところでタップを作ります。
3. T2, T3とも全部で59回巻きます。
4. 巻き始めと巻き終わりは重ならないようにします。  
どうしても重ねないと巻けないときは最後のほうどうしで重ねます。

#### □ T4, 5

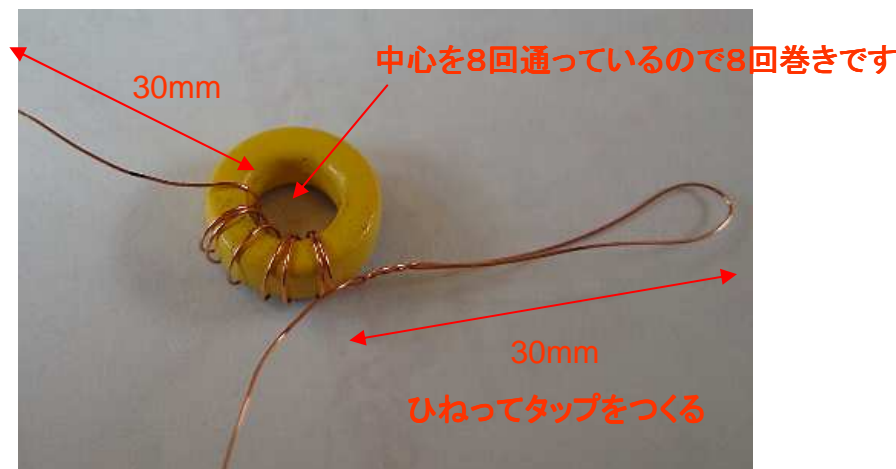
1. 0.5UEW線36cmを2本つくる。
2. T4は3回巻いたところで、T5は5回巻いたところでタップを作ります。
3. T4, T5とも全部で23回巻きます。
4. 巻き始めと巻き終わりは重ならないようにします。  
どうしても重ねないと巻けないときは最後のほうどうしで重ねます。

UEW線を巻くときは先っぽが目に入らないように気をつけてください。

UEW線の先を写真のように曲げておくとちょっとだけ安全になります。



トロイダルコアは中心を通った線の本数が巻き数になります。最初にコアの中心を通して一回、ぐるっと回して中心を通して2回です。



ラジペンで1回ひねって  
タップをつくる

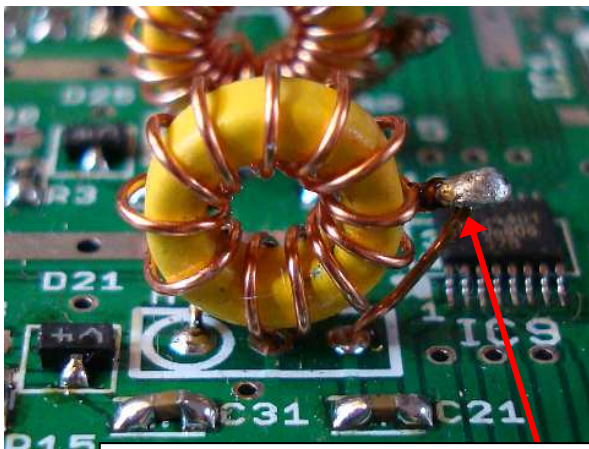
## □ T6, 7

1. 0.5UEW線22cmを2本つくる。
2. T6は3回巻いたところで、T7は4回巻いたところでタップを作ります。
3. T6, T7とも全部で12回巻きます。

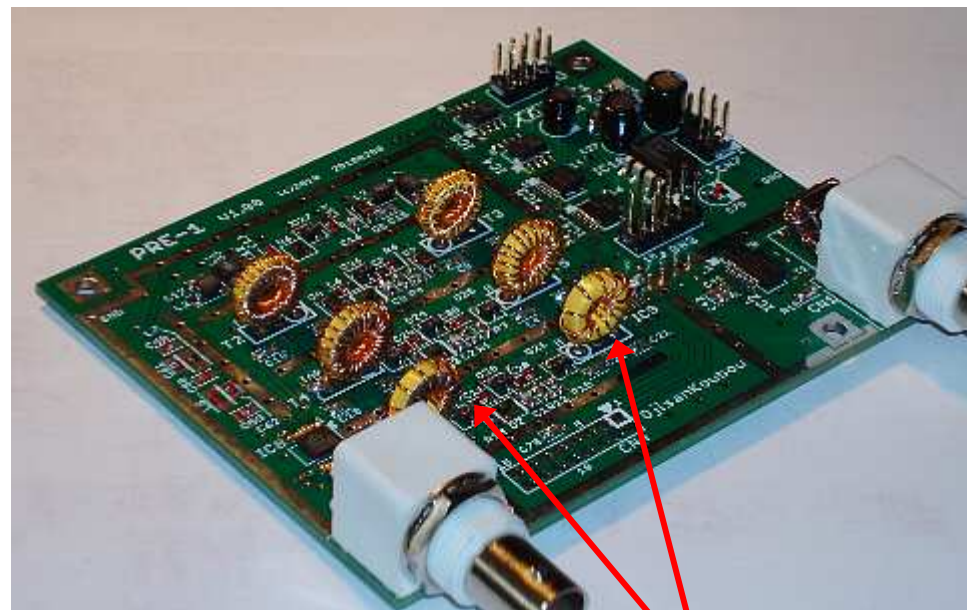
作ったトランスがどのトランスか間違えないよう巻き終わったトランスに、リファレンス番号を書いたテープを貼っておくとよいでしょう。

各トランスはタップが基板のTAPと書いてあるようになるように半田付けします。

右側と左側のトランスで取り付け方向が逆になりますので気をつけてください。



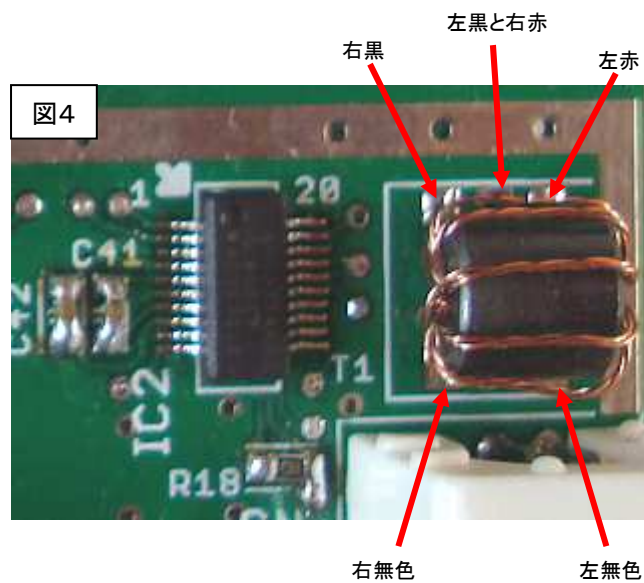
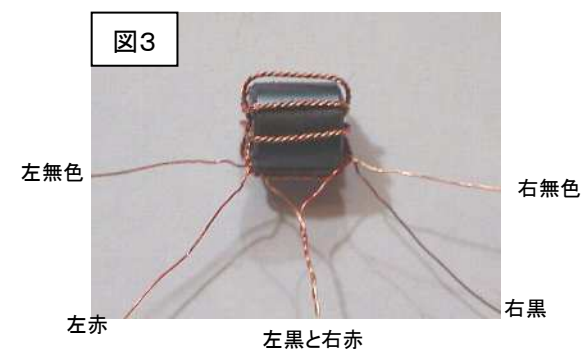
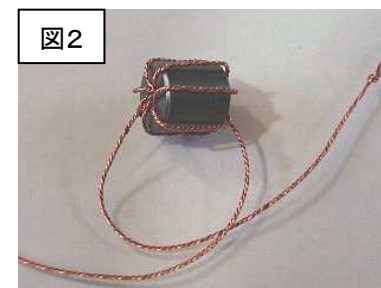
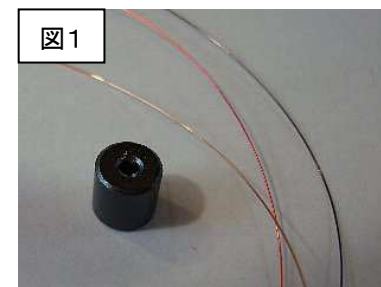
タップに別のUEW線を半田付けします。  
タップにはカッターで傷をつけてから予備半田しておきます。



右と左で向きが逆になります

## □ T1

1. 残った0.26UEW線を3等分し、2本はマジックで色をつけます(赤と黒とか)。→図1
2. 3本合わせて両端に結び目をつくってから電動ドリルなどで撚ります。
3. フェライトビーズに8回巻きます(中心を8回通す)。→図2
4. 3cm程度のところで切ってから根元まで撚りを戻します。
5. 左の黒と右の赤を撚り合わせます。→図3
6. 半田めっきをしてから基板にマウントします。→図4



## 4. 電解コンデンサ、コネクタの半田付け

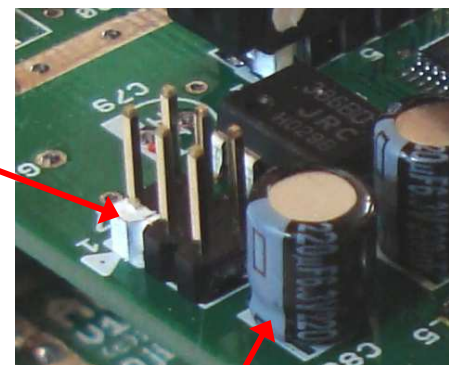
### 電解コンデンサ

- 220/6.3(白い帯がマイナス側です)

コネクター ピンヘッダーを10ピン、6ピン、8ピンで切断し、それぞれマウントします。

- CN3(10ピン)
- CN7(6ピン)
- CN8(8ピン)

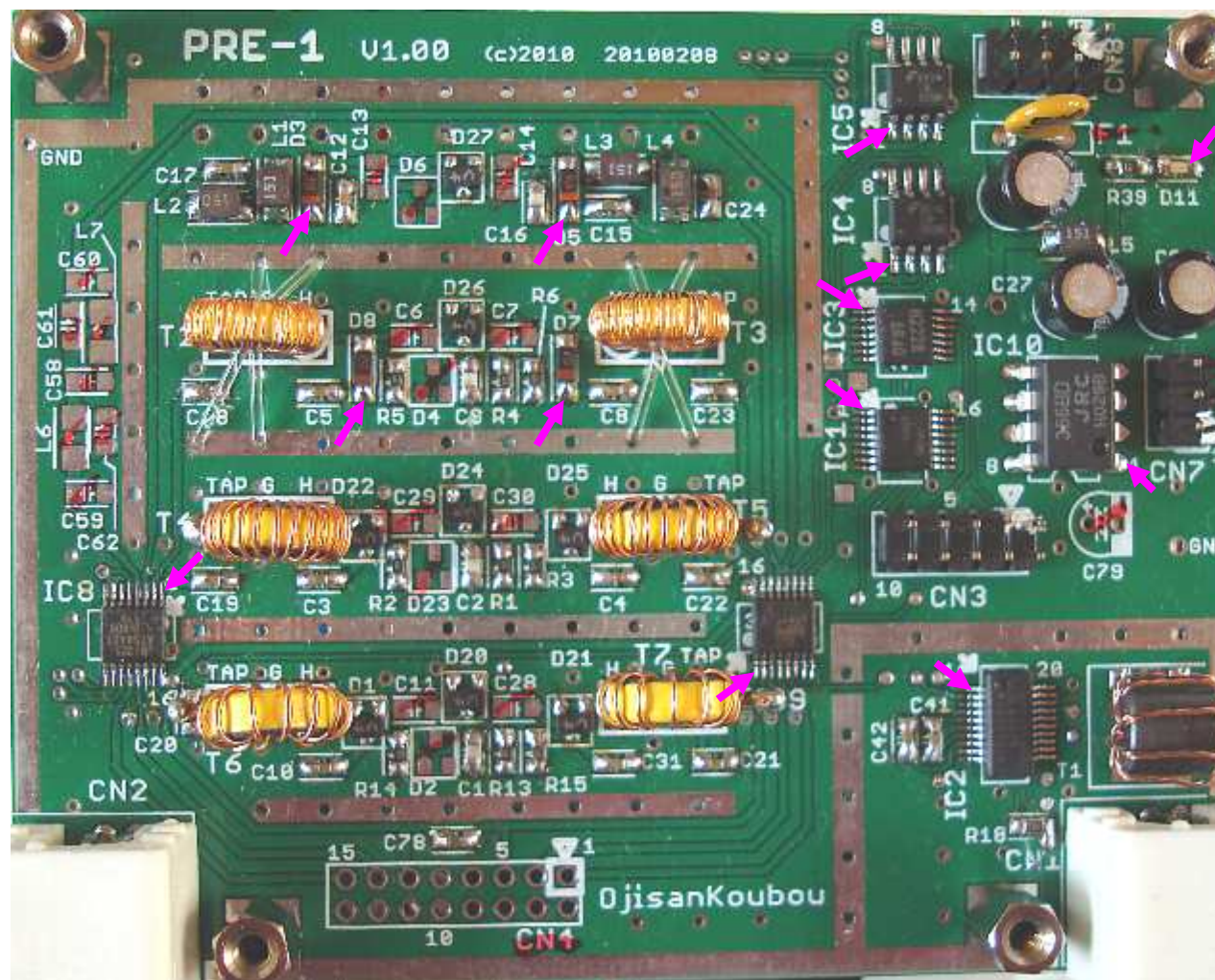
マウントする前に1番ピンのところに白マジックでマーキングしておくとかケーブル接続時、挿し方向がわかりやすくなり挿し間違いを減らせます。



マイナス側

ピンクの矢印がICの1番ピン、もしくはダイオードのカソード側です。

T2とT3は動きやすいのでホットグ  
ルなどで固定したほうがよいでしょ  
う。ここでは結束糸で縛っています。





## 5. 接続ケーブル

PRE-1基板とAPB-1基板を接続する10ピンケーブルを作成します。

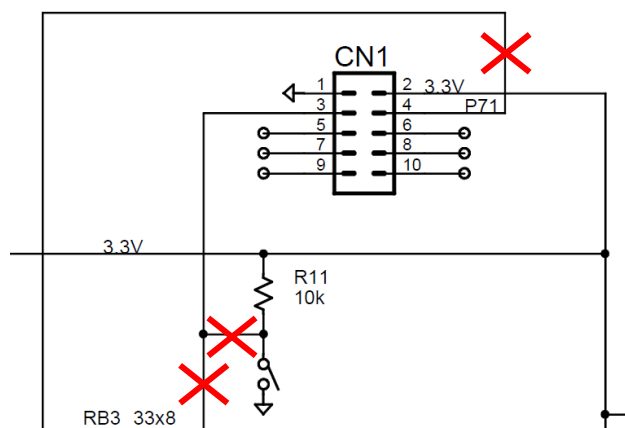
ケーブルはひねらないで取り付けできるようにコネクタを写真のよう  
右と左で逆方向を向くようにつけます。

万力をお持ちでない方は、ケーブルをここに示した方法で作成しなくても、  
PC用のケーブルを10ピンのところで金鋸で切断したのもでもOKです。  
切断して作ったケーブルはばらばらにならないように切断面にエポキシ系  
接着剤を盛り付けておきます。

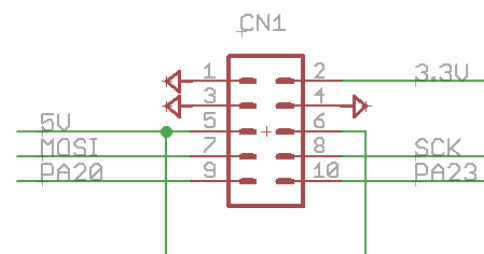


右と左でコネクタの取り付け向きを逆にすると基板接続時、  
ひねらなくてもよくなります。

## 6. APB-1基板の回路変更点



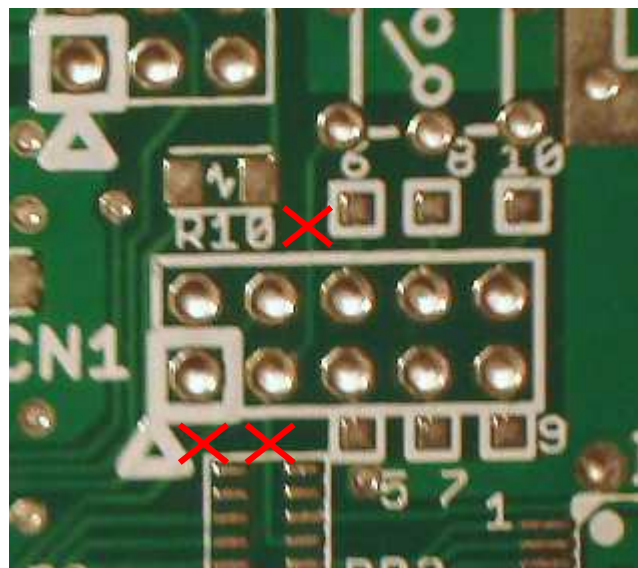
変更後



左図の赤の×印のところを3箇所カットし、  
ビニール線で追加の配線をします。(次ページ参照)

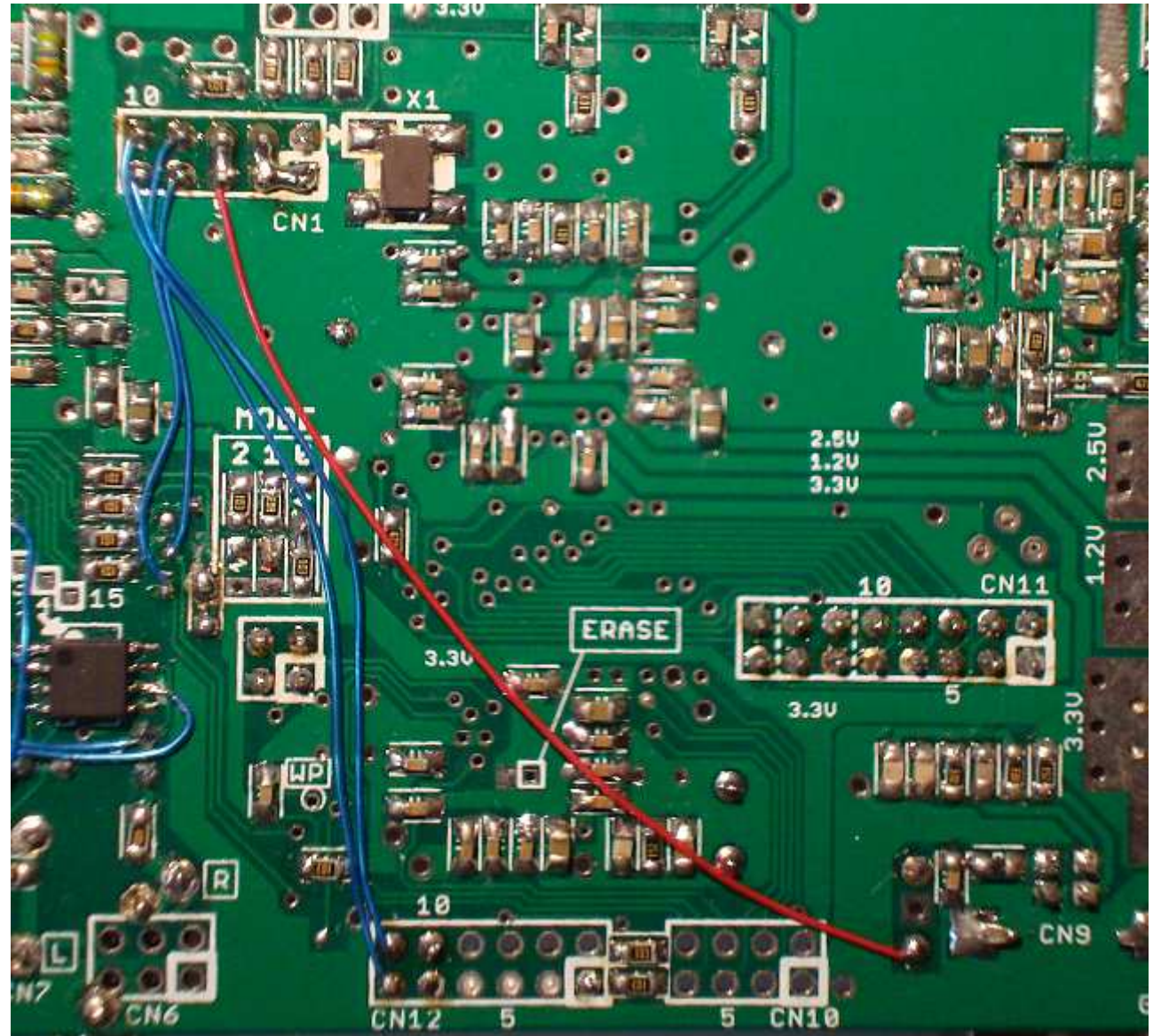
## APB-1基板 パターンカット

□ 赤の×印のところのパターン3箇所をカットします。



## APB-1基板 追加配線

- CN1に10ピンヘッダーをマウントします。
- CN1①、③、④を半田で接続します。
- CN1⑤、⑥を半田で接続します。
- CN1⑤とF1の下側をビニール線で接続します。(5V)
- CN1⑦と右図のスルーホールをビニール線で接続します。(MOSI)
- CN1⑧と右図のスルーホールをビニール線で接続します。(SCK)
- CN1⑨とCN12⑫をビニール線で接続します。(PA20)
- CN1⑩とCN12⑪をビニール線で接続します。(PA23)



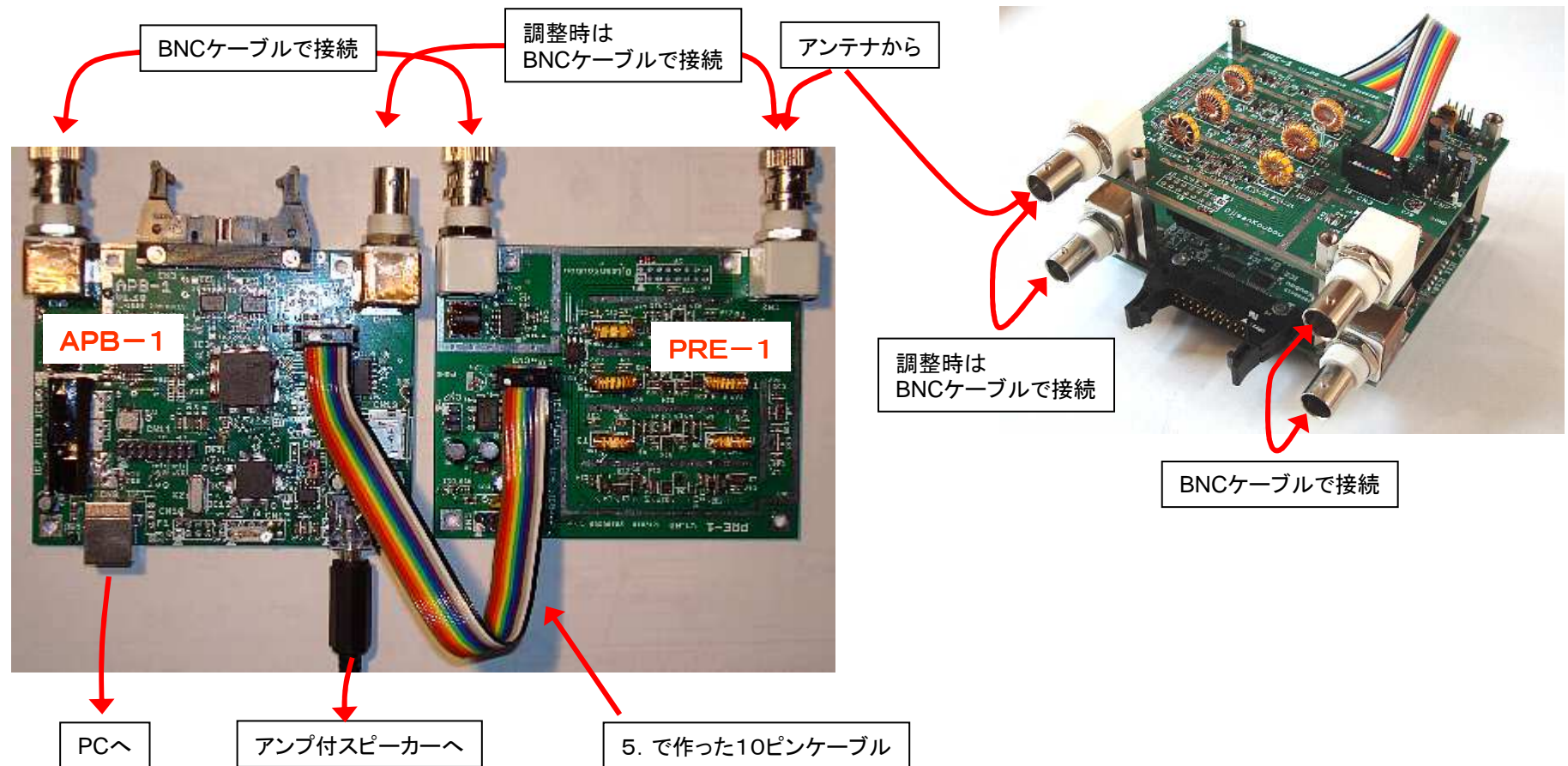
## 7. 基板どうしの接続

APB-1基板と以下の写真のように接続します。

このままだとバスパワーになりますが、消費電流が実装430mAと大きく、PCによっては正常動作しないことも考えられます。

電源外付けのハブに接続するか、セルフパワーに変更(13章参照)し外付け電源をつなぐことで対応できます。

PRE-1基板とAPB-1基板は取り付け穴、BNCコネクタの位置が一致していますので適当な長さのスペーサーで上下にスタックすることができます。



## 8. チェック

□ CN3 ⑤ピン(5V電源電圧)が4.5~5.5Vであることを確認します。  
低い場合は前述のように電源外付けハブを使用するか、セルフパワーへ変更してください(13章参照)。

□ IC5 ⑧ピン(3倍昇圧電圧)が、

上記5V電源電圧 $\times 3 - 1.2V$ (5Vの場合、 $5 \times 3 - 1.2 = 13.8V$ )

であることを確認します。

□ CN3 ②ピンが $3.3 \pm 0.1V$ であることを確認します。

□ APB-1\_RADIO を実行し、デバッグからプリアンプ設定を選ぶと右の画面がでます。  
この画面で、Tune1、Tune2、Tune3 に、100、150、200 を設定します。  
PRE-1 基板の Tune1、Tune2、Tune3 (右下の写真のところ)の電圧を測定し、

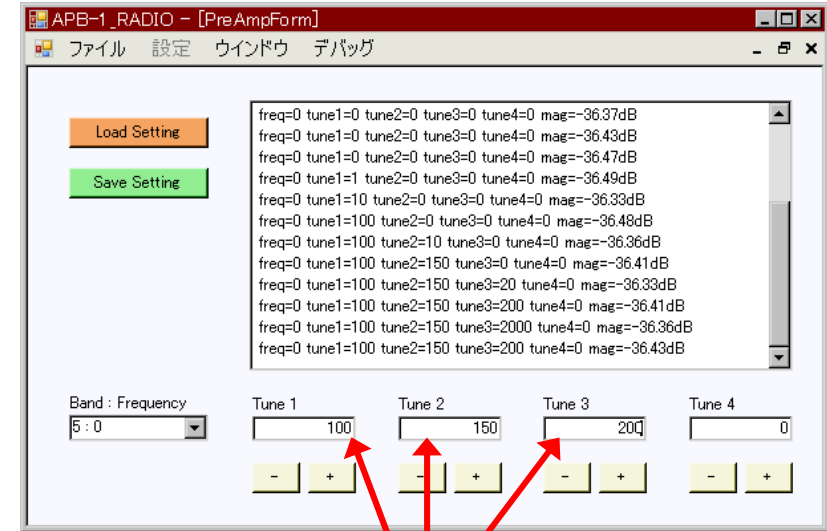
Tune1 4.6V  $\pm$  0.2V  
Tune2 6.9V  $\pm$  0.2V  
Tune3 9.2V  $\pm$  0.2V

であることを確認します。

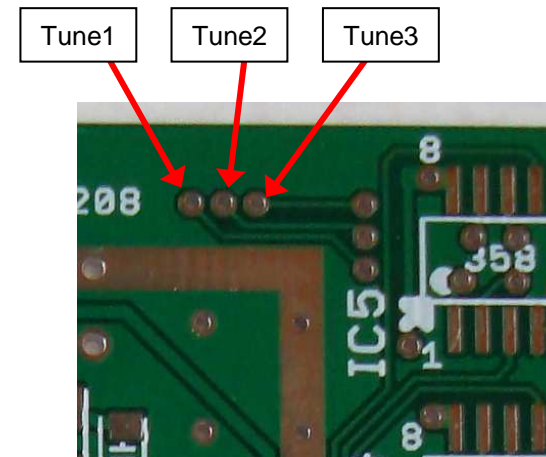
Tune電圧は、DA変換出力をオペアンプで3.56倍(139k/39k)したもののなので、

$$\text{Tune電圧} = \text{設定値} / 256 \times 3.3 \times 3.56$$

になります。



数値を直接入力します



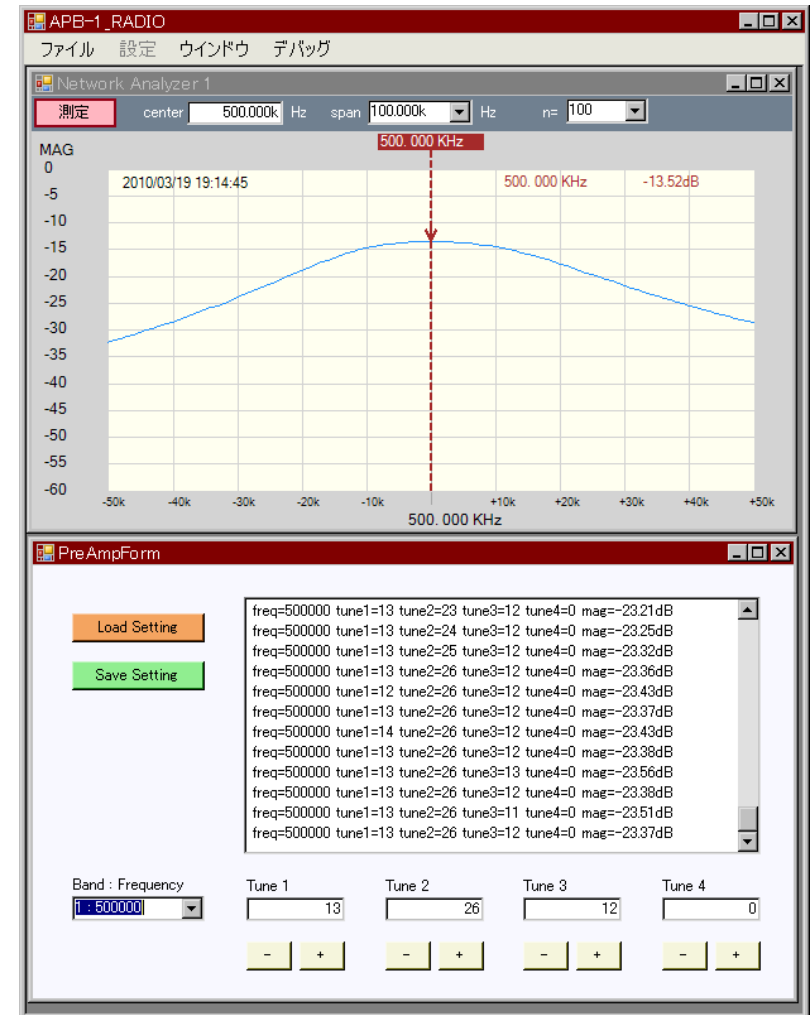
## 9. AT91SAM のフラッシュの変更

1. APB-1 基板の FLASH 端子をショートしてから、USBケーブルをつなぐ(電源を入れる)
2. APB-1\_RADIO を実行し、デバッグから AT91SAMフラッシュ書き込みを選ぶ。
3. 解凍したフォルダーに入っている radio\_main.bin を選ぶ。
4. 正常に終了したら USBケーブルをはずし、FLASH端子のショートピンもはずす。失敗したら、1からやり直す。 APB-1\_RADIO も一度終了する。
5. APB-1\_RADIO を終了する。

## 10. BPF調整

以下の手順でBPFの調整を行ないます。

1. PRE-1の入力とAPB-1の出力をBNCケーブルで接続する。
2. APB-1\_Radio を実行し、ネットワークアナライザとプリアンプ設定を選ぶ。
3. ネットワークアナライザの出力レベルを  $-20\text{dB}$  にする。
4. プリアンプ設定の load Setting ボタンを押し、preampsetting.txt を選択して設定をロードする。
5. プリアンプ設定の Band: Frequency で、1:500000 を選びます。  
これはバンド1、周波数 500kHz での調整を示しています。
6. Tune1 の数値をプラス、マイナスボタンで変更し、最大値のところにする。  
ゲインはマイナス表示されますので勘違いしないように気をつけます。
7. Tune3 の数値を変更し同様に最大値になるようにする。
8. Tune2 の数値を変更し同様に最大値になるようにする。
9. 6～8 を繰り返し、なるようにする。
10. Tune2 を大きくし最大値より0.5dBぐらい落ちたところにする。
11. Tune1、Tune3 を繰り返し調整し最大値にする。(1～2程度小さくする程度)
12. ネットワークアナライザを実行し特性が単峰で左右対称か確認する。
13. ほかのバンド(1～4)、周波数で6～12を同様に実行し調整する。  
(バンド5は直結なので調整しません)
14. すべての調整を終えたら Save Setting ボタンを押し調整結果を preampsetting.txt に書き保存する。



Tune2電圧を大きくして0.5dB 悪い値にするのは単峰特性にするためです。  
すべて最大値に調整すると通過域が平坦になってしまいます。  
Tune2を大きくすると段間容量が小さくなり単峰特性になります。



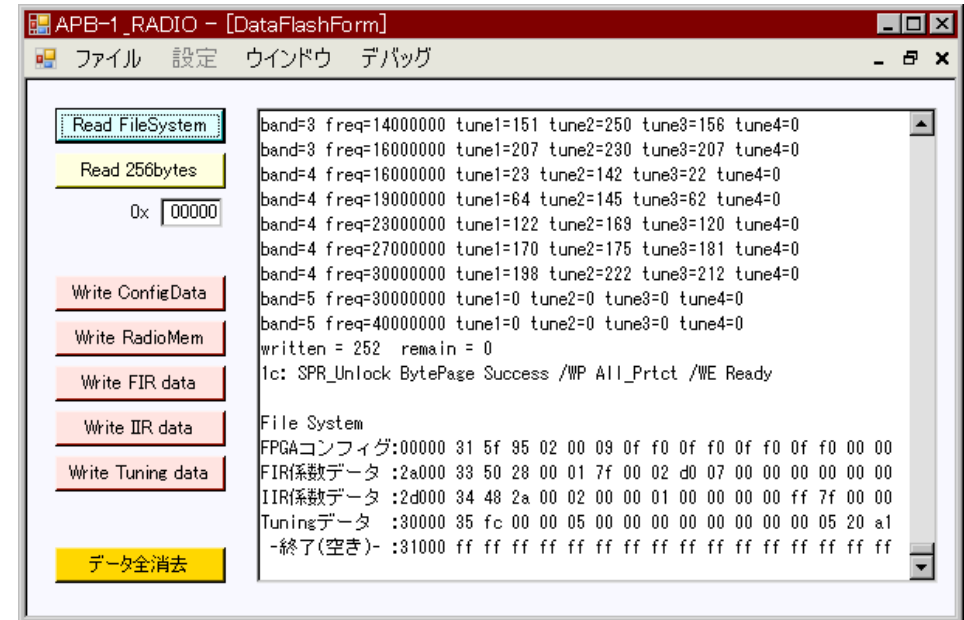
## 11. データフラッシュにファイルを書く

1. APB-1\_RADIO を実行し、デバッグから Data Flash 読み書きを選ぶ。
2. Write Config Data ボタンを押し、解凍したフォルダーに入っている apb-1\_radio.bit を選ぶ。
3. Write FIR Data ボタンを押し、解凍したフォルダーに入っている fircoef.txt を選ぶ。
4. Write IIR Data ボタンを押し、解凍したフォルダーに入っている iircoef.txt を選ぶ。
5. Write Tuning Data ボタンを押し、preampsetting.txt (10章で作ったBPFチューニングデータ)を選ぶ。
6. Read FileSystem ボタンを押し、ファイルシステムを表示すると、  
FPGAコンフィグ  
FIR係数データ  
IIR係数データ  
Tuningデータ  
の4つがあることを確認する。

それぞれのファイルを書いたときに出るメッセージにエラー表示がないことを確認してください。

また4つのファイルが書けなかったときは、データ全消去ボタンを押して前ファイルを消去し、もう一度1番から実行してください。

iircoef.txt と fircoef.txt を変更することにより自分好みのフィルター特性にすることができます(16章、17章参照)。



データフラッシュのファイルシステムはチャンク構造を使っています。

チャンクは、ヘッダーとしてファイル種類とファイルサイズがあり、そのあとにデータが続く単純な構造をしています。

フラッシュメモリーに設定を入れておくのに便利な構造です。

## 12. ラジオで受信してみる

PRE-1 の入力端子にアンテナをつなぎ、USBケーブルをつなぎます(セルフパワーにしたかたは外部電源も入れます)。

APB-1\_RADIO.exe を実行し、ファイルからラジオを選ぶと右の画面がでます。

大きく分けて左半分が周波数設定、右半分が各種設定です。  
 スタンドアロン動作では、通常モードではロータリーエンコーダーで周波数変更をし、モードSWを押すとそれぞれの設定モードに移って各種設定を行います。この画面に出ている設定と同じことをスタンドアロン動作でもおこなうことができます。(というか、スタンドアロン動作で設定できることと同じことがPCからも設定できます。)

### 周波数変更

Minus、Plus ボタンを押すたびに step 分受信周波数を変更できます。

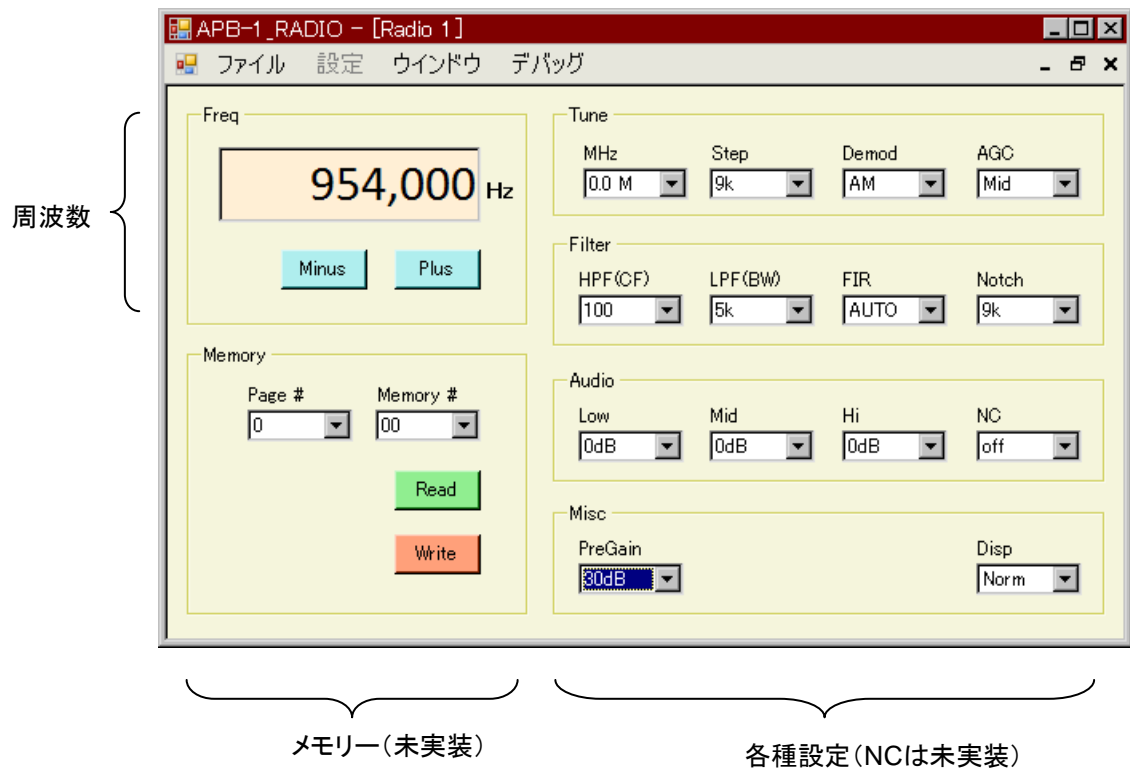
### Tune

MHz 0.5MHz単位で直接周波数変更できます。  
 周波数は step の整数倍で一番近い値になります。

step 周波数ステップ

Demod 復調モード(AM、LSB、USB、CW、I+Q)

AGC AGCの時定数



メモリー(未実装)

各種設定 (NCは未実装)

## Filter

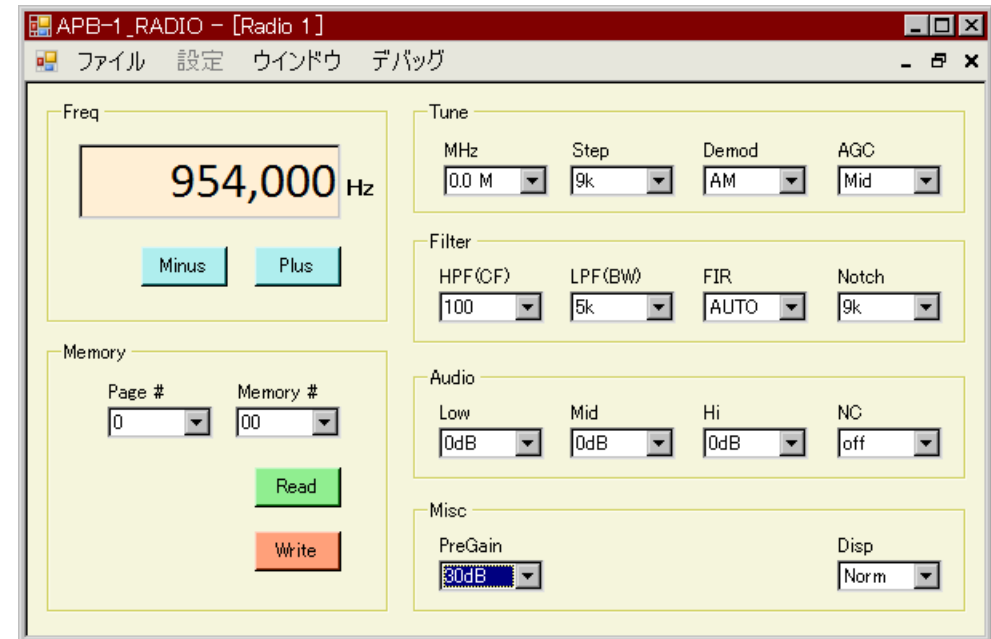
- HPF ハイパスフィルターのカットオフ周波数
- LPF ローパスフィルタのカットオフ周波数
- FIR 復調器前のフィルターカットオフ周波数
- Notch ノッチ(ヌル)フィルター周波数  
AM放送隣接ビート(5k、9k)除去などに使用

## Audio

- Low トーン調整(500Hz以下)
- Mid トーン調整(1kHz)
- Hi トーン調整(2kHz以上)
- NC ノイズキャンセラー(未実装)

## Misc

- PreGain プリアンプゲイン  
AUTO にすると自動調整するが、ゲインを切り替えるため周波数変更時にブツ音がでる。
- Disp LCDの2行目にどういう情報を表示するか選択
- Norm 通常モード
- Vrbs ちょっと情報量多いモード(verbose)
- Agc プリアンプゲイン、復調器入力レベル、IIRゲイン
- Ncan ノイキャン各種パラメータ
- Pamp Band、Tune1、Tune2、Tune3 の値
- Dbug デバッグ用、今はFIRフィルター、IIRフィルターカットオフ周波数



## 13. セルフパワーへの変更

セルフパワーへの変更は、以下の手順で行ないます。

1. APB-1 の F1 (リセットブルヒューズ 0.5A) を取り外す。
2. 取り外したリセットブルヒューズ 0.5A を PRE-1 の F1 にマウントする。
3. 5V電源(できれば5.5V電源)で1A以上のものを用意し、CN8に接続する。

当然ですがセルフパワーに変更後はPCと接続して使うときはUSBケーブルで接続しさらに外部電源もONしなくてはなりません。

電源をONにした状態でUSBケーブルを挿すとPCから認識されますが、一度抜いてから再度挿入しても2回目は認識されません。これはUSBインターフェースの初期化を電源ONしたときにしか行っていないためです。

本来はUSBコネクタの電圧を見て、ケーブルが挿されたとき、抜かれたときの検出をし、それによってUSBインターフェースの初期化をするべきなのですがハード、ソフトともに修正が必要で今後対応予定です。

いまはケーブル抜き差ししてUSB認識できないときは電源ON/OFFすることで対処してください。

CN8 はオーディオアンプ用の電源とそのほかの回路用の電源でピンが別れています。これはオーディオアンプの消費電流が音量によって大きく変動し、それが他の回路に悪影響を与えないためです。

電源の大元で分離して配線することで影響を最小限にできます。

消費電流が実測0.43Aと大きく、0.5Aのリセットブルヒューズでの電圧降下が0.3Vぐらいあります。

5VのICは4.5~5.5V必要なので電源電圧を少し高めに(5.5Vぐらい)しておくとうちょうどよい電圧になります。

また5Vを3倍昇圧してチューニング電圧で使用していますので、5Vの電圧が低いと十分なチューニング電圧が供給できなくなり、高い周波数でチューニング調整ができなくなります。

APB-1のF1とPRE-1のF1の両方をマウントするとUSBからの5Vと外部電源からの5Vが衝突しPCを壊す可能性があります。

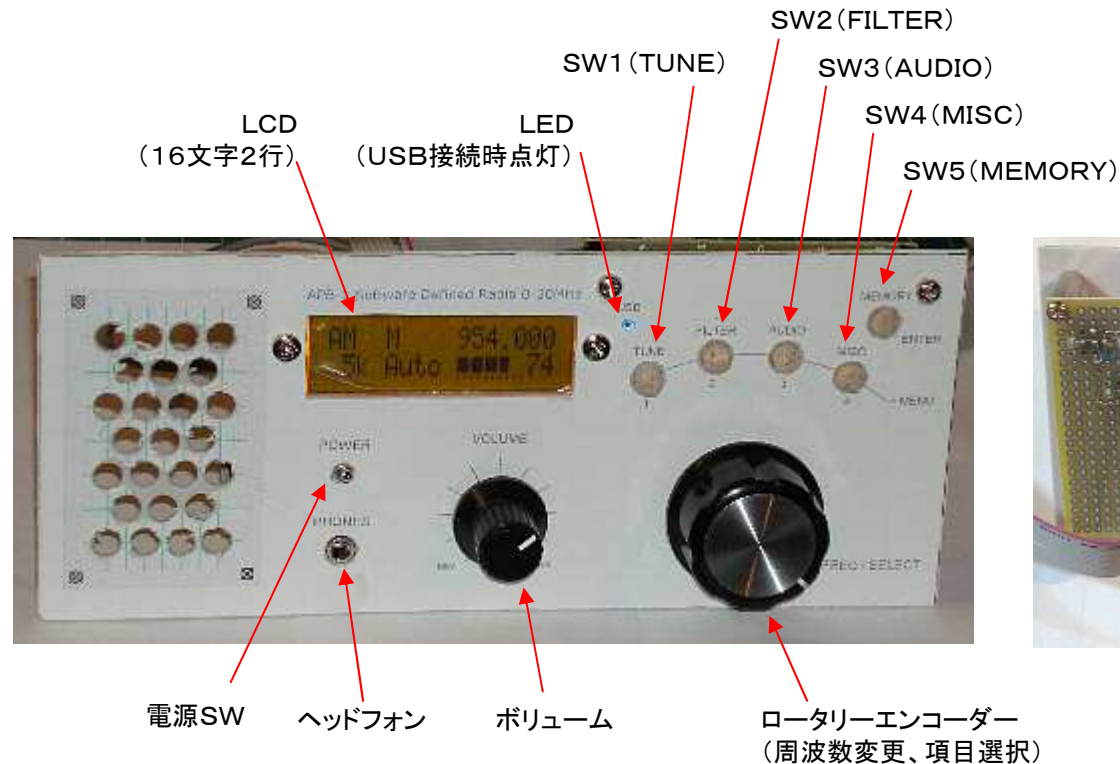
こういったミスを防ぐためAPB-1のF1を取り外してPRE-1で使うようにしています。いわゆるファイルセーフの考え方ですね。

## 14. スタンドアロンで使う

フロントパネル(入力SWやロータリーエンコーダー、LCDなど)をユニバーサル基板で作成し接続することでスタンドアロン動作(PCと接続しないで操作すること)させることができます。

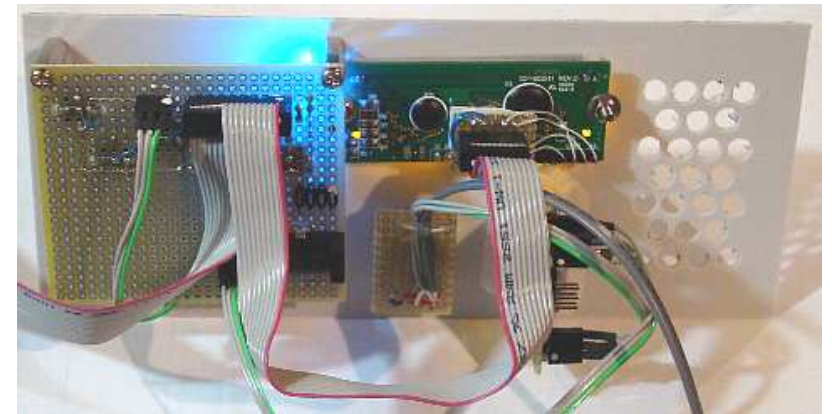
スタンドアロンで使うようにしてもPCと接続することで、PC側からラジオの操作をしたり、プログラムやファイルのアップロードができます。

またPCの測定器アプリからFPGAのコンフィグをやり直して測定器として使うこともできます。普段はラジオとして使い、必要なときには測定器としても使い便利です。



今作っているスタンドアロンバージョンの試作機

まだちゃんとしたケーシングはできていませんが、こんなイメージでつくっています。





ロータリーエンコーダーを回すと周波数が変わります

SW5 ENTER

SW1 TUNE



SW1 周波数直接入力 SW2 ステップ SW3 復調モード SW4 AGC時定数

SW2 FILTER



SW1 HPFカットオフ SW2 LPFカットオフ SW3 FIRカットオフ SW4 ノッチ周波数

SW3 AUDIO



SW1 Low(500Hz) SW2 Mid(1kHz) SW3 Hi(2kHz) SW4 ノイズキャンセラー

SW4 MISC

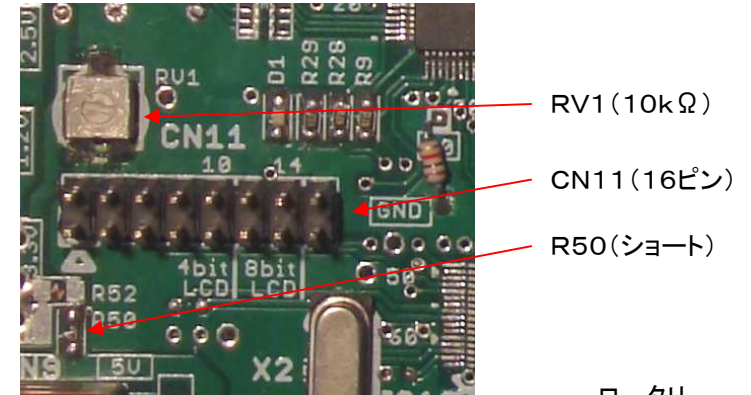


SW1 プリアンプゲイン SW4 2行目表示項目

## APB-1基板の改造

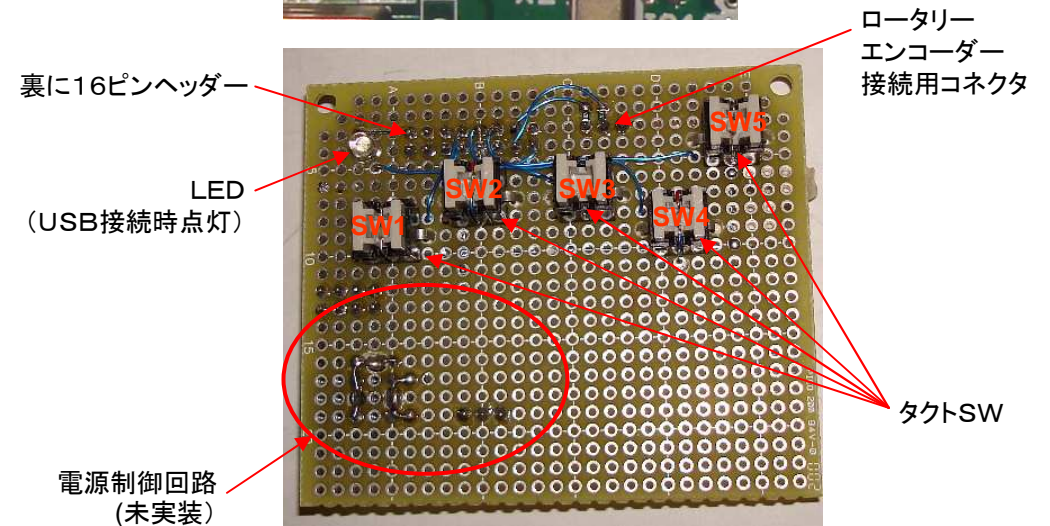
LCD(16文字2行)を接続するため、以下の改造が必要です。

1. R50 をショートする(5VをLCDに供給)
2. RV1に10k $\Omega$ の可変抵抗器(コントラスト調整)をマウントする(なければとりあえずGNDとショートしておけば表示はされます)
3. CN11に16ピンヘッダーをマウントする。



## SW基板

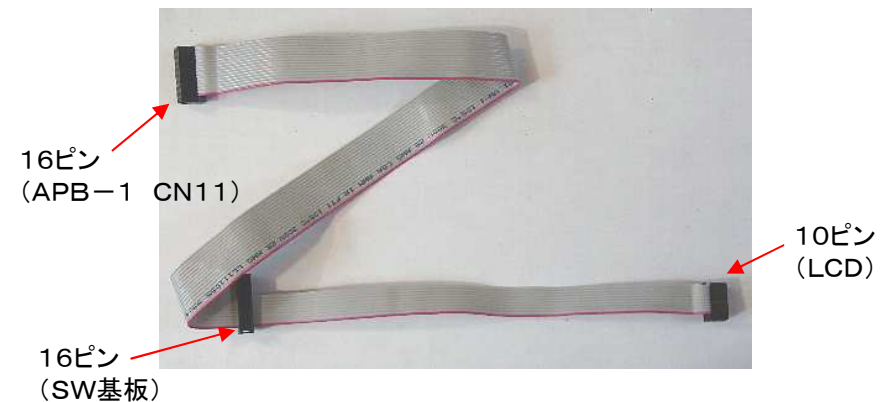
操作用のSWを載せた基板が必要です。ユニバーサル基板にSWの回路を載せます。ロータリーエンコーダーとはコネクタで接続するようにします。各自フロントのデザインは違うと思いますのでデザインにあわせて基板のSWやLEDの位置を決めてください。



## 接続ケーブル

PCのIDEケーブル(昔からPCを自作している方はジャンク箱に入っているでしょうし、ジャンク屋さんで安く入手できます)を加工するのが簡単です。

IDEケーブルはプライマリーとセカンダリーがつけられるようになっていますのでそれを右図のように、16ピン、16ピン、10ピンにします。16ピンをAPB-1基板CN11、真ん中の16ピンをSW基板、10ピンをLCDにつなぎます。



## LCD

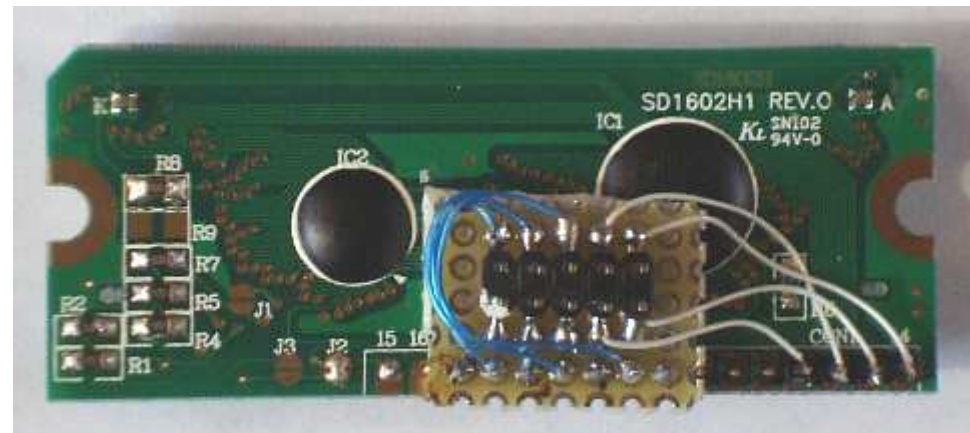
LCD(16文字2行)の裏側にコネクタをつけます。

これは秋月で販売している SD1602HUOB (バックライト付き) の場合です。  
LCDのモデルによっては信号の順番が違う場合がありますので注意してください。  
たとえば SC1602BSLB では電源とGNDが逆になっています。

コネクタの①～⑥はそのままLCDの①～⑥に配線します。(写真の青い線)

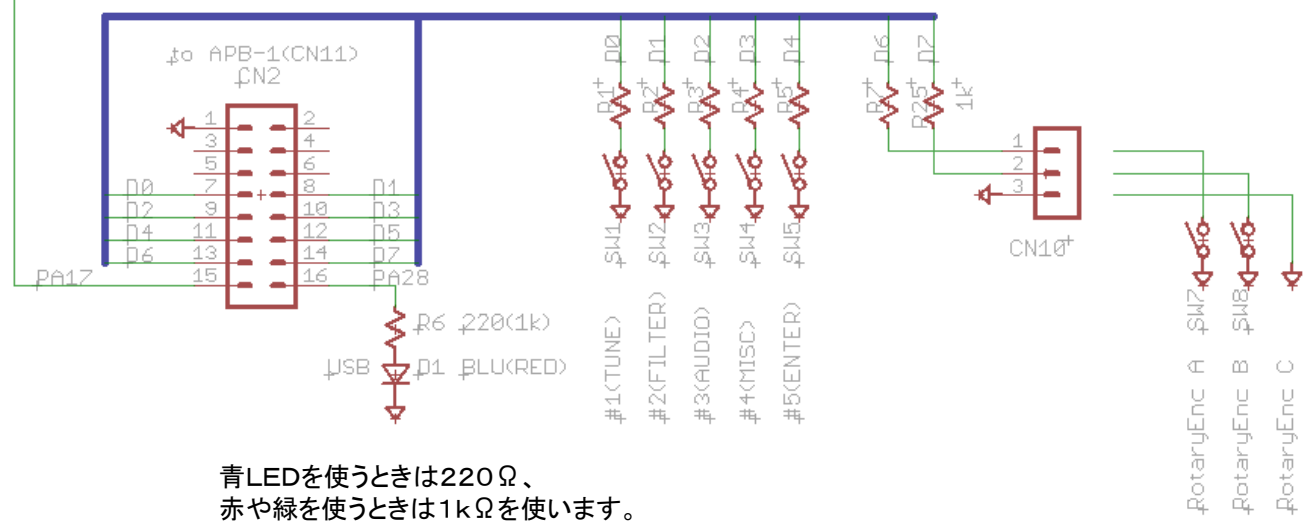
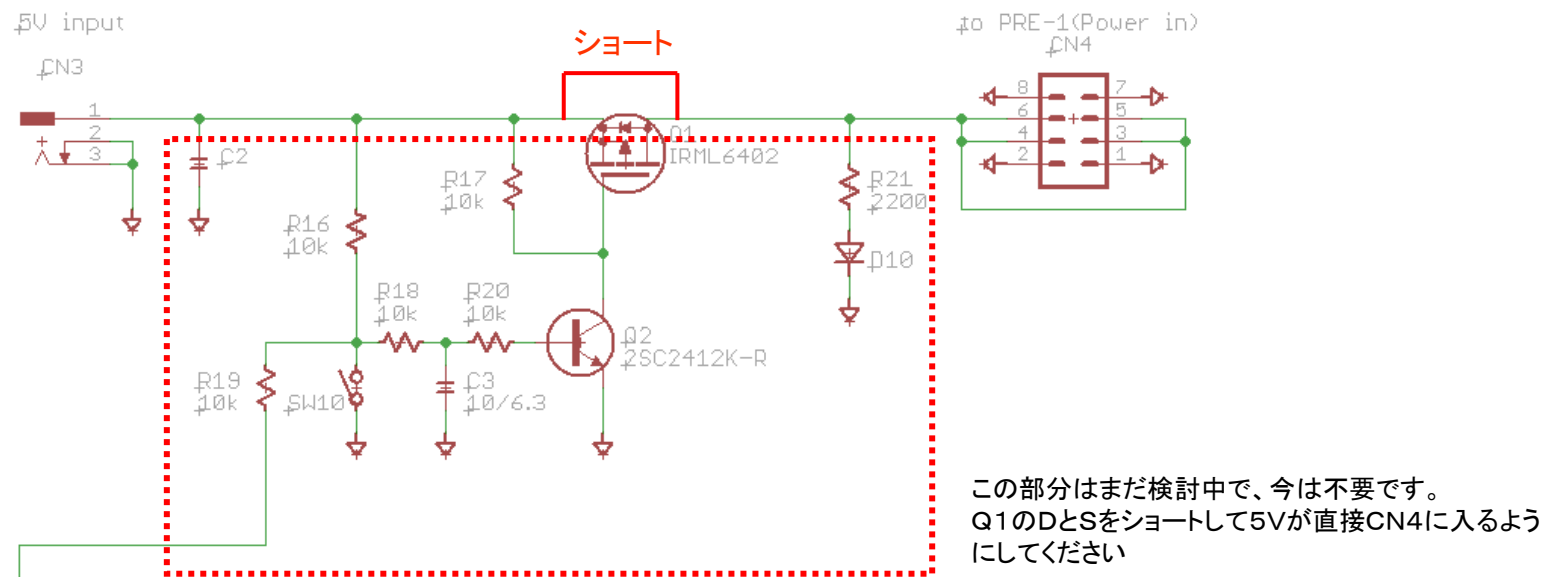
コネクタの⑦～⑩はLCDの⑪～⑭に配線します。(写真の白い線)

バックライトを点けるため、LCDの表側でGNDを接続し、電流制限抵抗を5VとLEDアノード間につけます。





# SW基板回路図

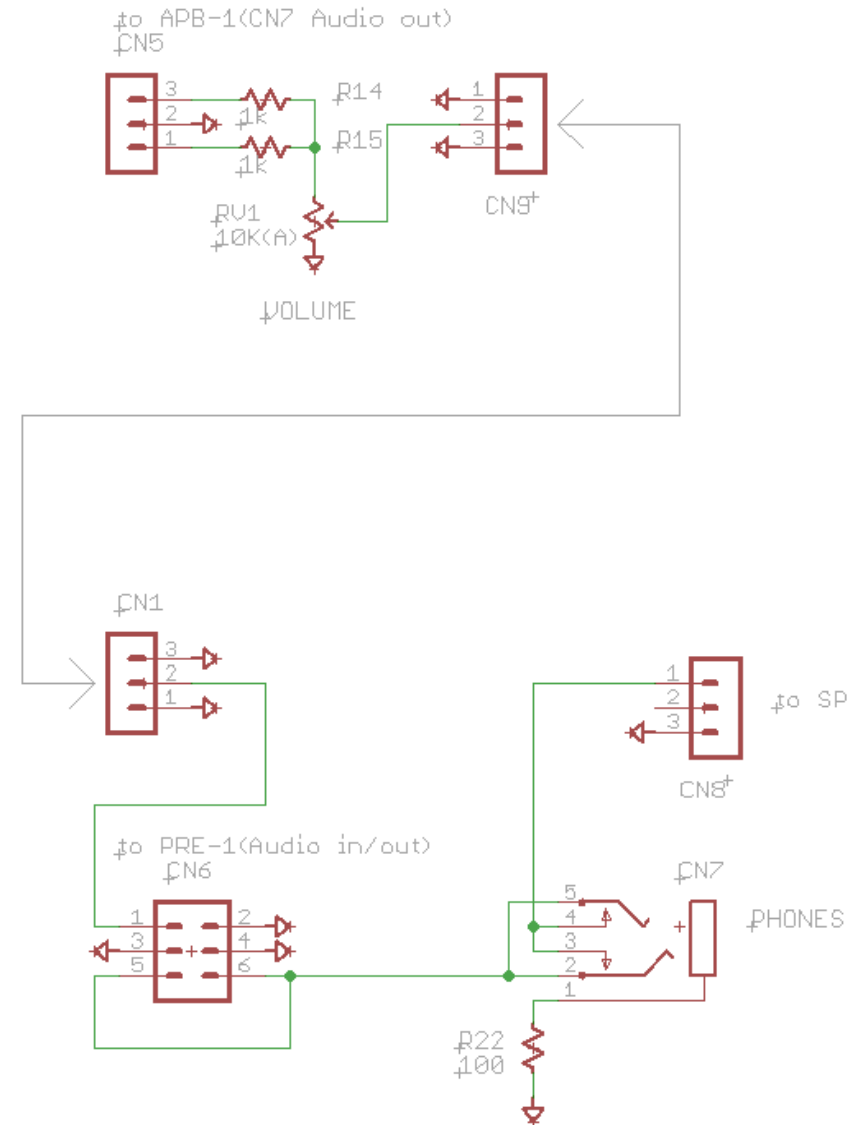


青LEDを使うときは220Ω、  
赤や緑を使うときは1kΩを使います。

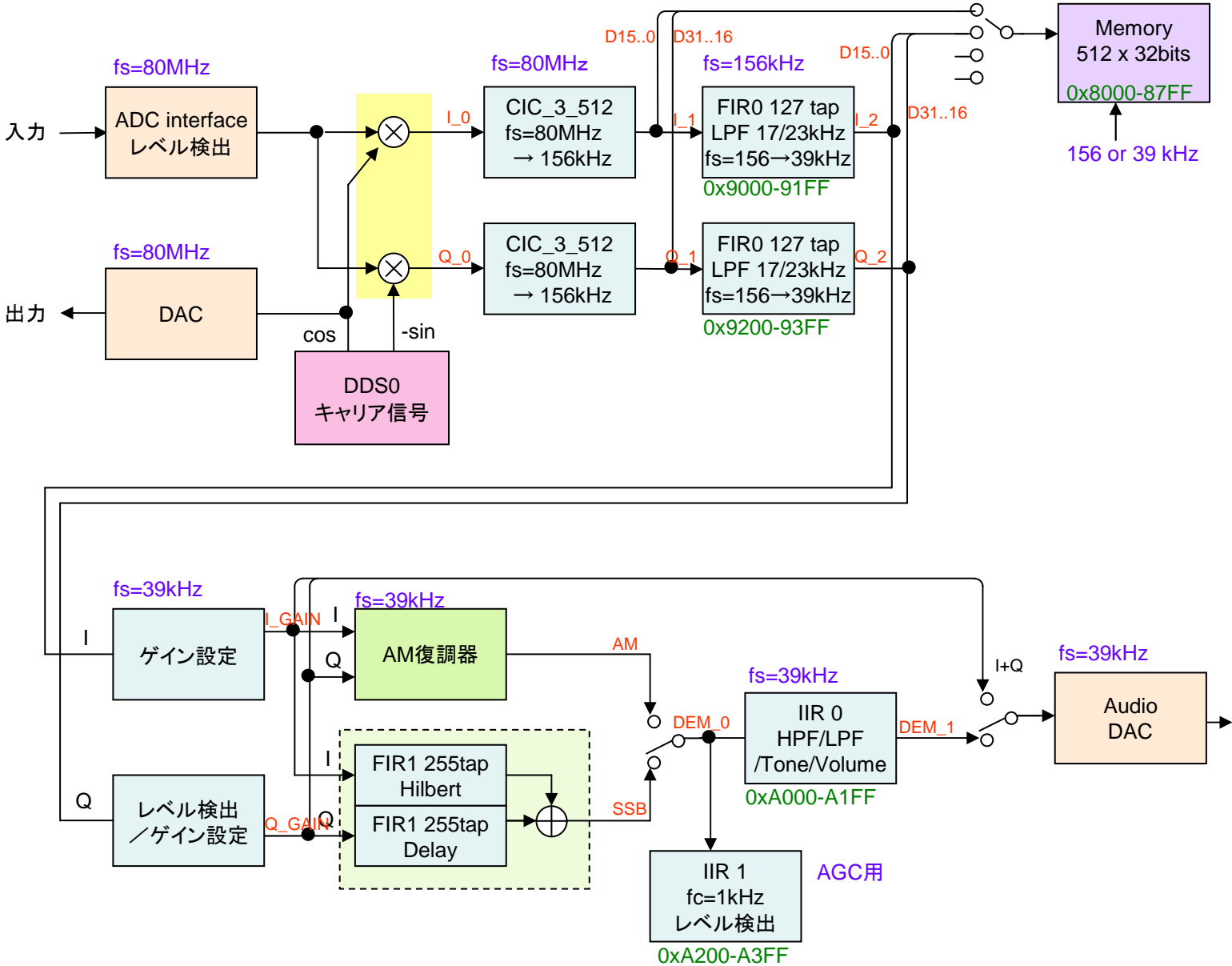
## ボリューム周辺回路図

PRE-1のアンプやボリュームを使わないでPC用のアンプ付スピーカーを使うときはこのページの回路は不要です。

LとRをミックスしてモノラルにしていますのでI+Q信号を使いたいときはミックスする前のところから分岐して出力する回路を追加してください。

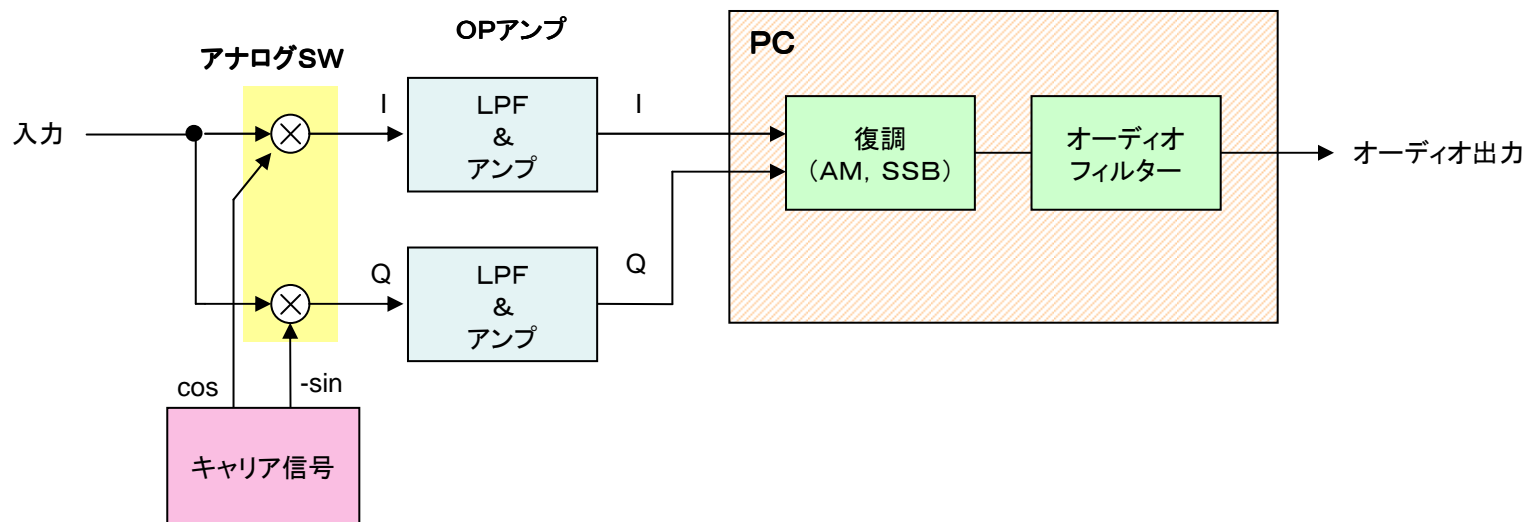


# 15. ブロックダイアグラム



## 一般的なSDRのブロックダイアグラム

前頁のAPB-1のブロックダイアグラムと比べると良く似ていることがわかります。



一般的なSDRでは、入力した信号をアナログ領域で周波数変換したあと、PCのADコンバーターでデジタル変換し、PC上で復調 (AM、SSB) とフィルター処理を行なっています。

APB-1のラジオ受信機では、入力をADCLしたあと最終的なオーディオ信号になるまですべてデジタル領域で復調 (AM、SSB) とフィルター処理をしています。

このように両者でやっていることは、アナログかデジタルか、処理をしているのがPCかFPGAか、というだけの差で本質的には同じです。

# 16. FIRフィルター

FIRフィルター係数は127tapが2個で構成されています。1個はI信号、もう1個はQ信号のLPFになります。

入力信号は $f_s = 156.25\text{kHz}$ ですが、その後 $f_s = 39\text{kHz}$ にサンプルレートを変更するためこのLPFで19kHz以上の信号を十分に落とす必要があります(アンチエイリアシングフィルターといいます)。

係数ファイルは右のように最初にフィルタの種類、カットオフ周波数、係数の個数、タップ数があり、その後係数が続きます。係数は127タップですがそれぞれ128個用意します。

実際のフィルター係数の計算はネット上にいろいろありますので適宜使用してください。

お勧めは、Quick Filter Technologies 社の QF1DA512 の設計ツールです。

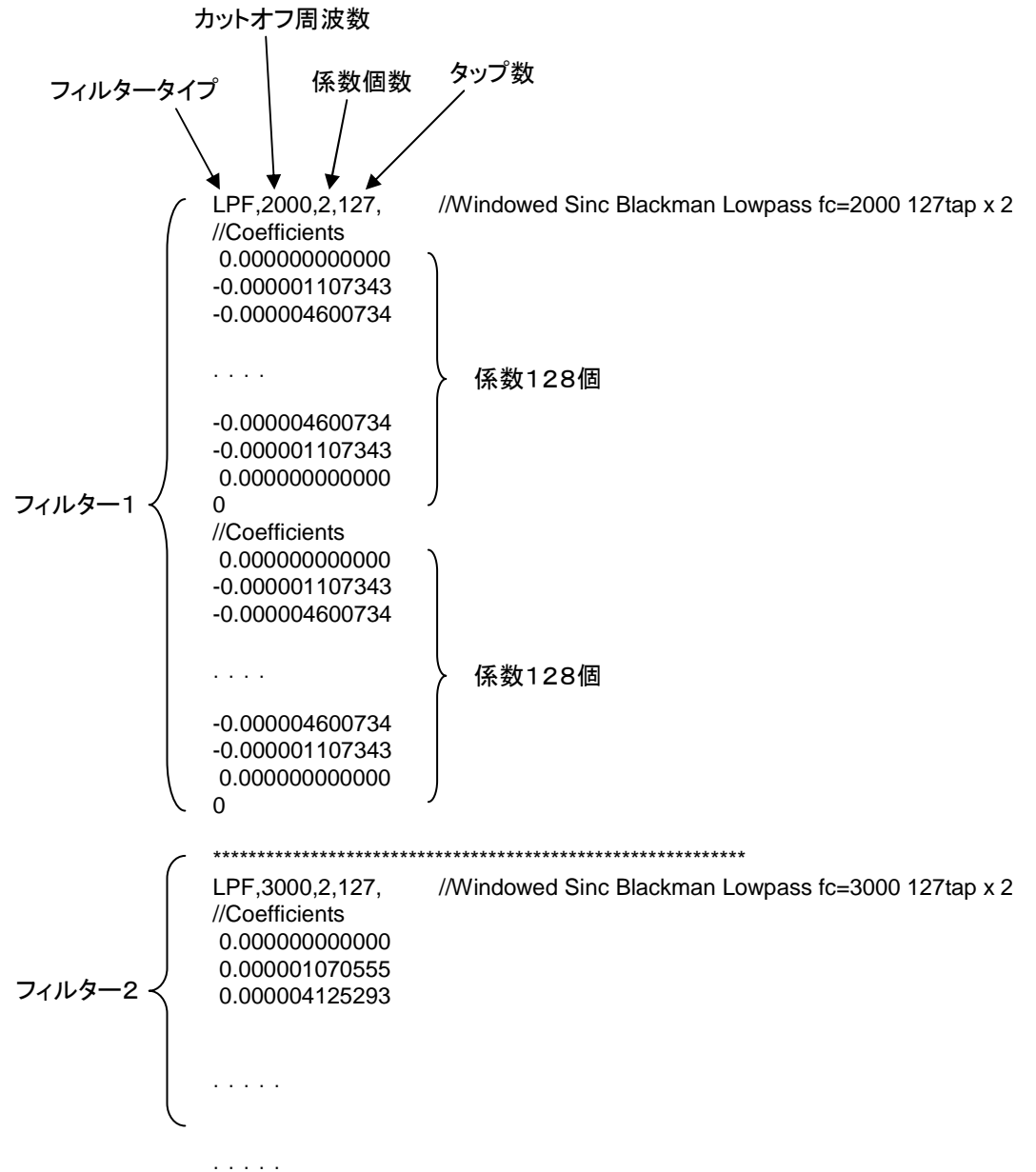
19kHz以上を十分に落とすことができればよいのならいろいろなカットオフ周波数のフィルターを用意する必要がないように思えます。たしかにアンチエイリアシングフィルターとしては1種類あれば充分です。

しかし、AM復調するとき高い周波数のノイズが残っているとその信号を変調キャリアと見なして復調してしまい復調後の信号S/Nが悪くなることがあります。ノイズを変調キャリアとして復調すると復調後の信号にはノイズ周波数周辺の信号が低い周波数となって混じりあい、それ以降では分離することはできません。

たとえばAM放送の隣接放送は9kHz離れたところにありますが、これが充分取り除かれていないと隣接放送が混じって復調されてしまいます。

かといってノイズや隣接放送がないときにまで帯域を狭めて復調すると高域の落ちたものになってしまいます。

なので状況に応じていろいろなカットオフ周波数のフィルターを選択できるようにしています。



右図は、Parks-McClellan 法で計算したLPFの周波数特性を計算したものです。

実際には係数や演算を固定小数点で行なっているため演算誤差があり、そのため周波数特性(特に減衰域の特性)は計算値とは異なります。

演算ビット幅が18ビットの場合、減衰量はだいたい80～90dBぐらいしかとれません。なので減衰量がー120dBといったフィルターを設計しても無駄になるだけです。その分、急峻にすると帯域内リップルを減らすとかに振り分けるほうがよいでしょう。

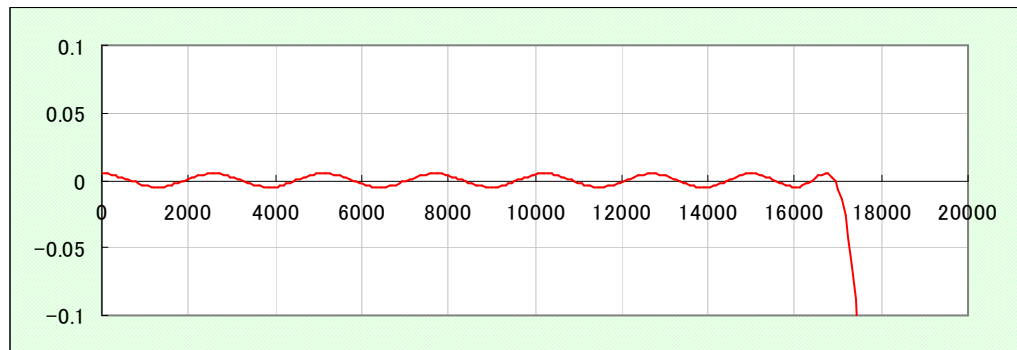
タップ数が決まっていますので、その範囲内で一番目的にあったフィルターを構成するのが肝要です。

FIRとは Finite impulse Response Filter の略で、有限インパルス応答フィルターという意味です。インパルス応答数はタップ数と等しくなります。

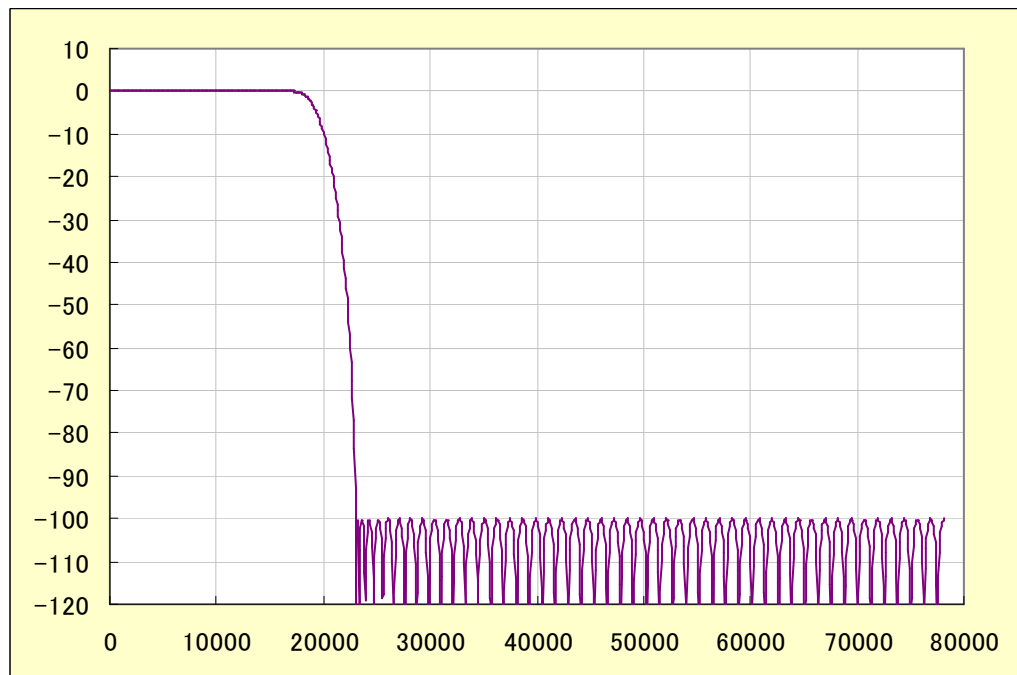
安定(発振しない)で、線形位相が実現できるという特徴がありますが、IIR に比べハードウェア資源を多く消費します。移動平均フィルターも FIR の一種です。

設計はいろいろな方法がありますが、必要な周波数特性を逆FFTして得たインパルス応答を窓関数を掛けて有限長にするというのが一番簡単です。高度な方法としてParks-McClellanアルゴリズムでは右図のように帯域内リップル、減衰域が揃ったフィルターを設計できます。このアルゴリズムは大抵の設計ツールに含まれています。

帯域内リップル

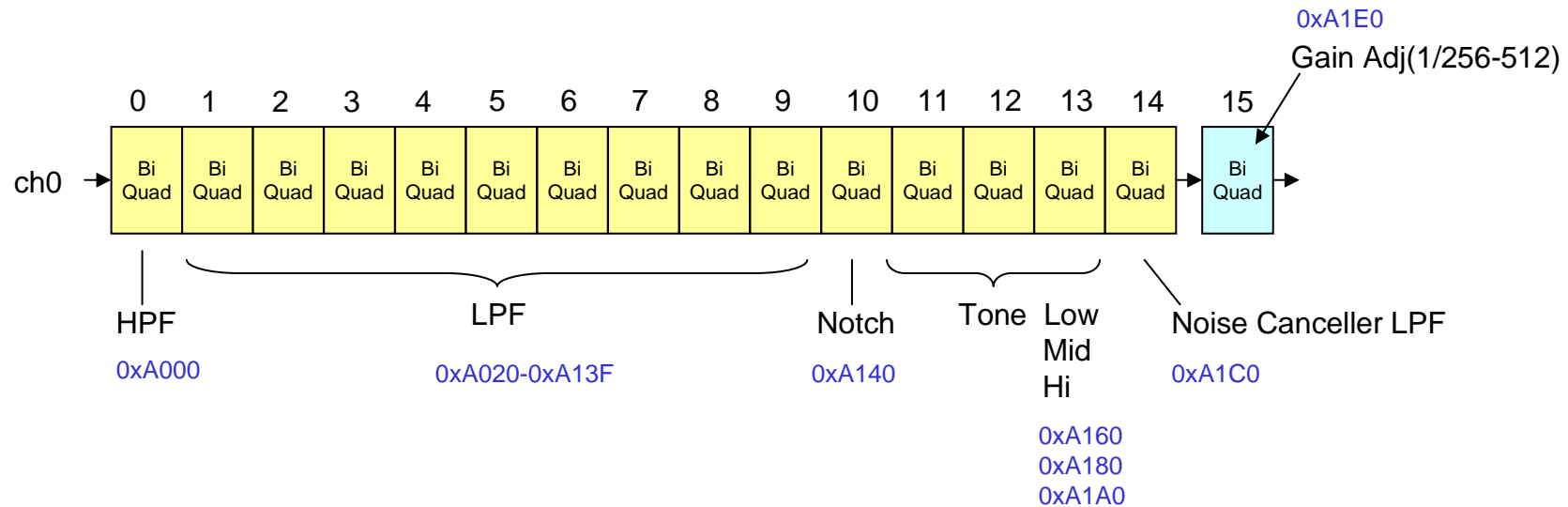


帯域外減衰量 (Out-of-band attenuation)



## 17. IIRフィルター

IIRフィルターブロックは下図のようにBiQuadが15個+ゲイン設定でできています。  
 0番のBiQuadをHPFに、1～9の8個をLPFに、...と使用しています。  
 BiQuadブロックは1個で2次のフィルターを構成できるので、HPFは2次、LPFは18次のフィルターになります。



IIRとは Infinite impulse Response Filter の略で、無限インパルス応答フィルターという意味です。

フィードバックがあるため必ずしも安定ではありません。また入力信号によってリミットサイクルという一種の発振におちいることがあります。FIR に比べ少ないハードウェアで良好な特性のフィルターを構成できます。

必要な特性のアナログフィルターをまず設計し、s空間から双一次変換でz空間に変換して設計します。アナログフィルターと同じ設計ツールが使えるので特性が理解しやすいです。

1つのBiQuadブロックは、

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2}}{a_0 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}}$$

という伝達関数になり、係数が6個あります。

IIRフィルター係数ファイルには、右図のように、最初に

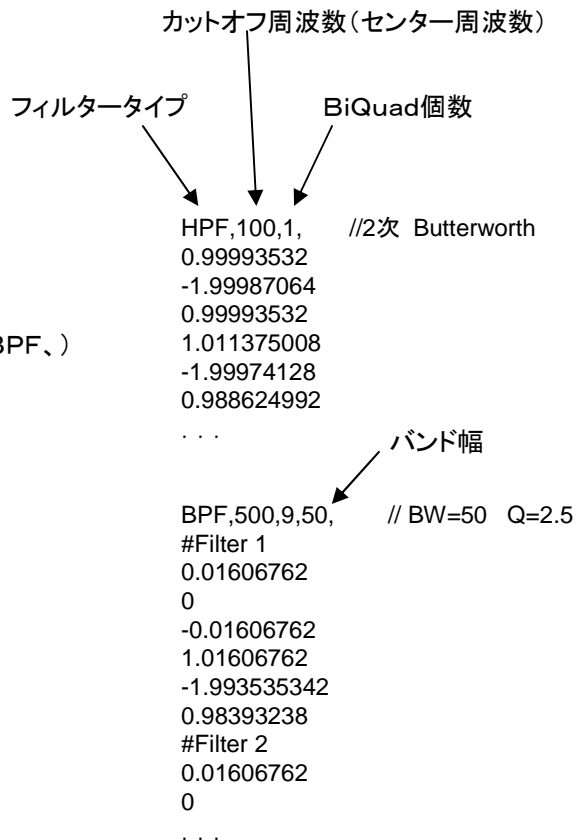
フィルタータイプ (HPF、LPF、NOTCH、LOWSHELF、PEAKING、HIGHSHELF、BPF、)  
 カットオフ周波数 (BPFのときはセンター周波数)  
 BiQuad個数  
 BPFのときはバンド幅

を記し、その次の行から6個の係数をb0、b1、b2、a0、a1、a2の順に書きます。  
 これをフィルターの個数分繰り返します。

フィルター係数の計算は、まずアナログフィルターの設計をしてくれるサイトがあります  
 のでそこで各段のQを計算し、

CookbookformulaeforaudioEQbiquadfiltercoefficients.txt

を使って実際の係数を計算します。  
 z変換とか双1次変換がわからなくてもフィルターの設計が簡単にできます。



バターワースの次数とQ										
2次	0.707106781									
4次	0.5411961	1.306562965								
6次	0.51763809	0.707106781	1.931851653							
8次	0.509795579	0.601344887	0.899976223	2.562915448						
10次	0.506232563	0.561163119	0.707106781	1.101344632	3.196226611					
12次	0.50431448	0.5411961	0.630236207	0.821339816	1.306562965	3.830648788				
14次	0.503163788	0.529726486	0.590511055	0.707106781	0.93979296	1.513871322	4.465702135			
16次	0.502419286	0.522498615	0.566944035	0.646821783	0.788154623	1.060677686	1.722447098	5.101148619		
18次	0.501909919	0.51763809	0.551688959	0.610387294	0.707106781	0.871723398	1.183100792	1.931851653	5.736856623	