

SDR-1 組み立てマニュアル

2010/10/31 version 1.00

OjisanKoubou

(c)2010 OjisanKoubou, 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しょう。

■ 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
- 電源(7~12V トランス式が望ましい)
- スピーカー(適当なものを準備してください)

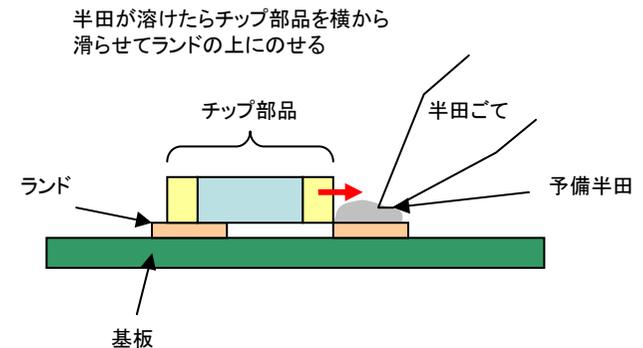
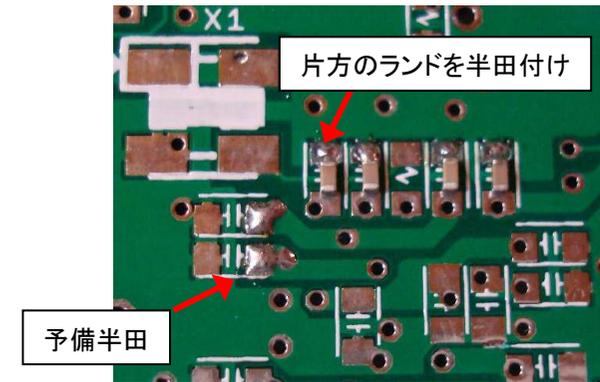
ピンセットは動作にあまり力がいらぬ先が曲がったもの(たとえば Goot の TS-15など)がチップをつまむのに都合が良いです。

■ 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で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します。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できない。

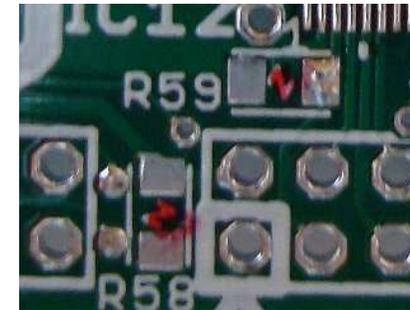
■ 組み立て

■ 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。

■ 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。

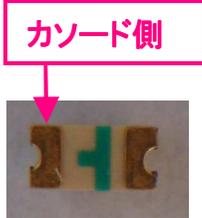
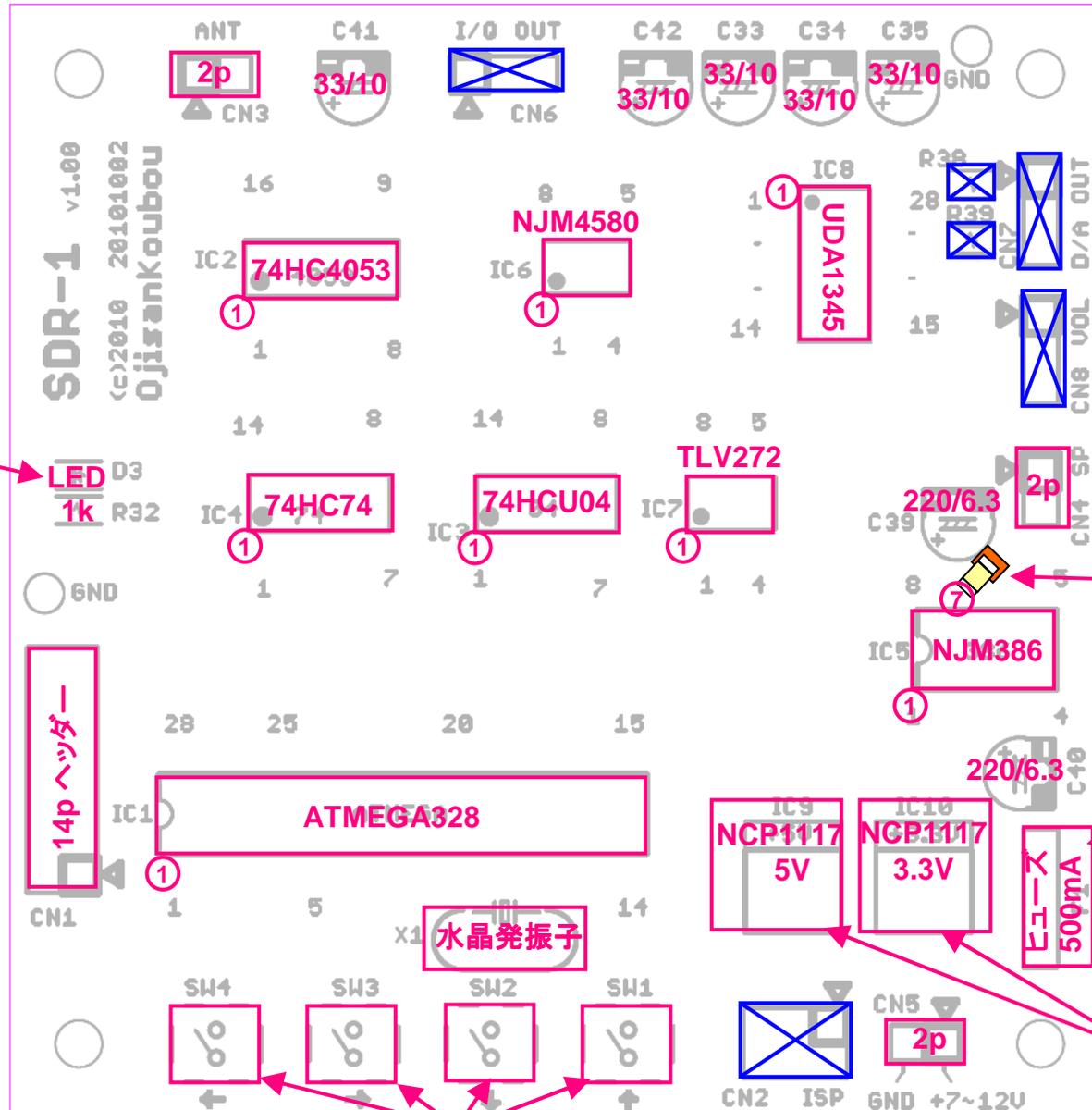


■ 部品表

Device	Description	Qty	Parts Reference
C	0.1	30	C3, C4, C6, C7, C8, C9, C10, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C20, C21, C24, C25, C26, C27, C28, C30, C31, C36, C37, C38, C47, C51, C52, C53, C54(IC5⑦-GND間)
C	10/10	8	C29, C32, C43, C45, C46, C48, C49, C50
C	1000p NP0 5%	5	C11, C18, C19, C22, C23
C	15p NP0 5%	2	C1, C2
C	xxx	2	C5, C44
C	ケミコン 220/6.3	2	C39, C40
C	ケミコン 33/10	5	C33, C34, C35, C41, C42
CN	14P	1	CN1
CN	2p	3	CN3, CN4, CN5
CN	xxx	3	CN6, CN7, CN8
CN	xxx	1	CN2
D	LED	1	D3
D	BAT54S	1	D1
D	HVR100 or 1SV149	1	D2
IC	74HC4053	1	IC2
IC	74HC74	1	IC4
IC	74HCU04	1	IC3
IC	ATMEGA328P	1	IC1
IC	NJM386	1	IC5
IC	NCP1117 3.3V	1	IC10
IC	NCP1117 5V	1	IC9
IC	TLV272	1	IC7
IC	NJM4580	1	IC6
IC	UDA1345	1	IC8
F	リセットデジタルリレー 500mA	1	F1
L	15u	1	L1
Q	2SC2712 or 2SC2412	1	Q1
R	10	4	R20, R22, R23, R24
R	100k	2	R5, R7
R	10k	15	R8, R9, R13, R14, R17, R18, R21, R25, R26, R27, R28, R29, R33, R40, R41
R	1k	8	R1, R2, R3, R4, R10, R19, R30, R32
R	470	7	R11, R12, R15, R16, R31, R36, R37
R	4700	3	R6, R34, R35
R	xxx	2	R38, R39
SW	タクトスイッチ	4	SW1, SW2, SW3, SW4
X	24.576M	1	X1
	基板	1	
	LCD	1	
	半田 など	1	

xxx はマウントしません

SDR-1 基板 マウント図(A面)



裏からみたところ

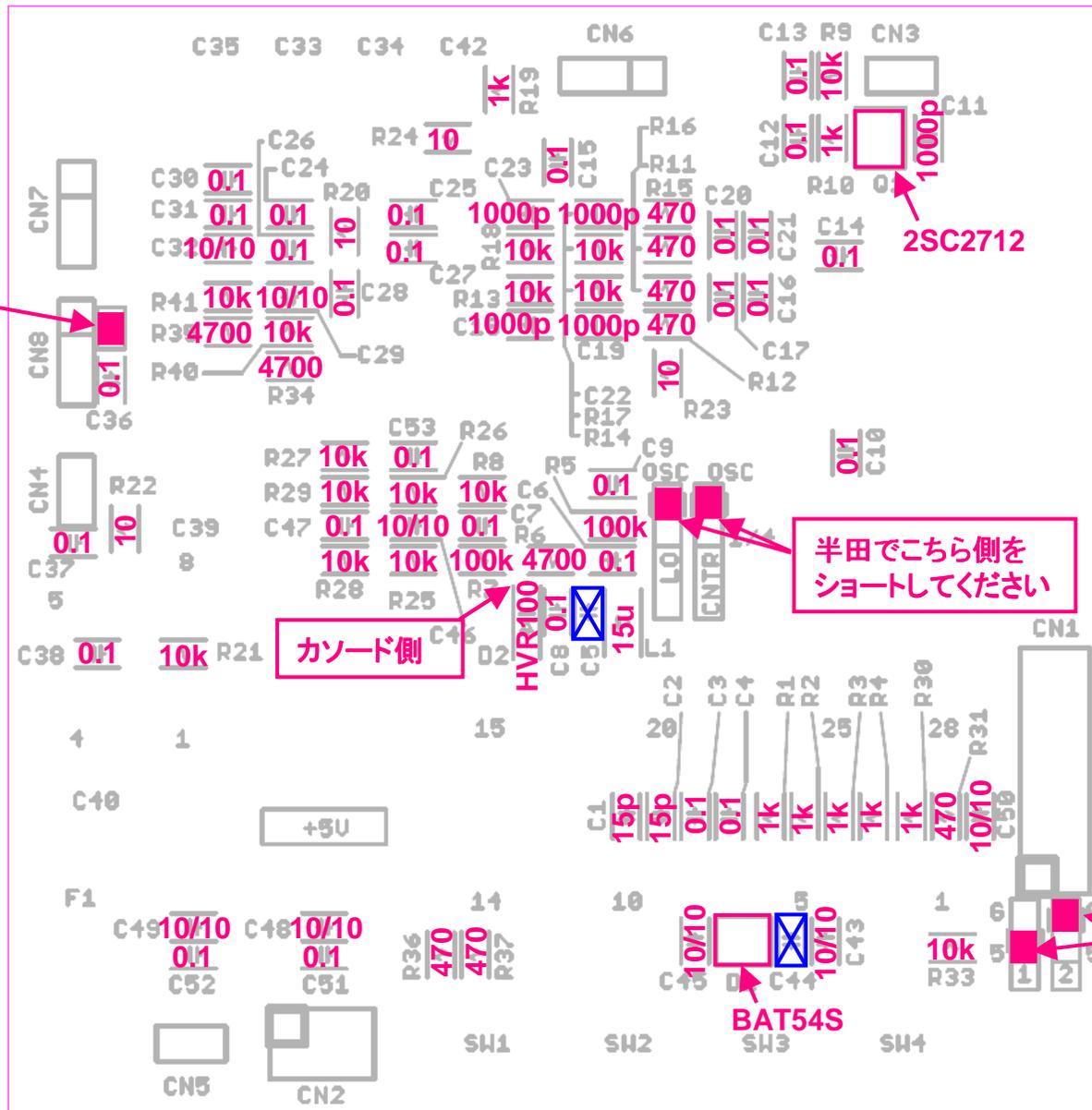
GNDのマスクをカッターで剥がし、IC5 ⑦ピンとの間に0.1を半田付けしてください。

LCDを取り付けたときにぶつからないように少し内側に曲げてください

放熱タブも半田付けしてください

タクトスイッチ4個

SDR-1 基板 マウント図(B面)



半田でショートしてください

半田でこちら側をショートしてください

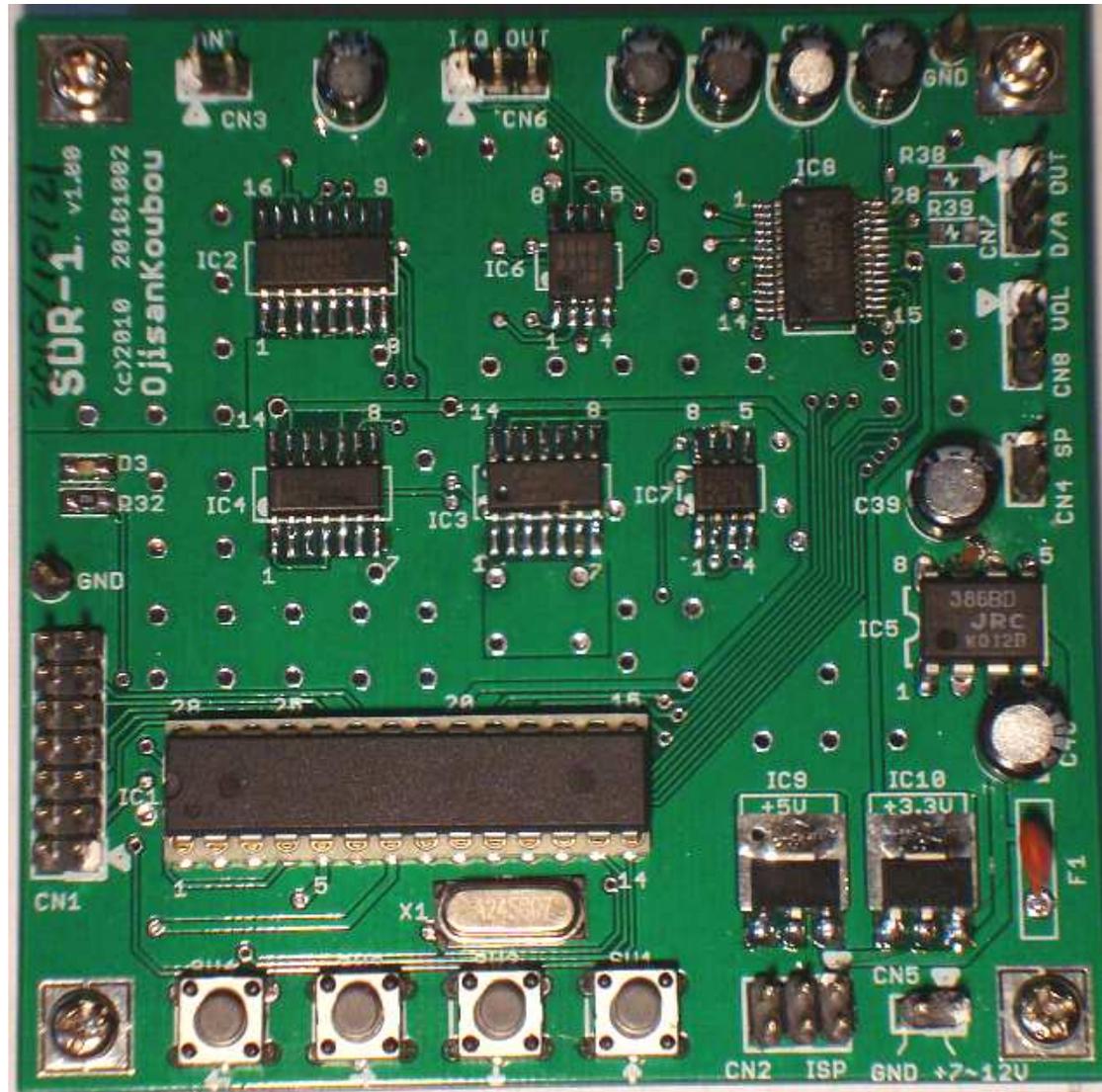
カソード側

半田でこちら側をショートしてください

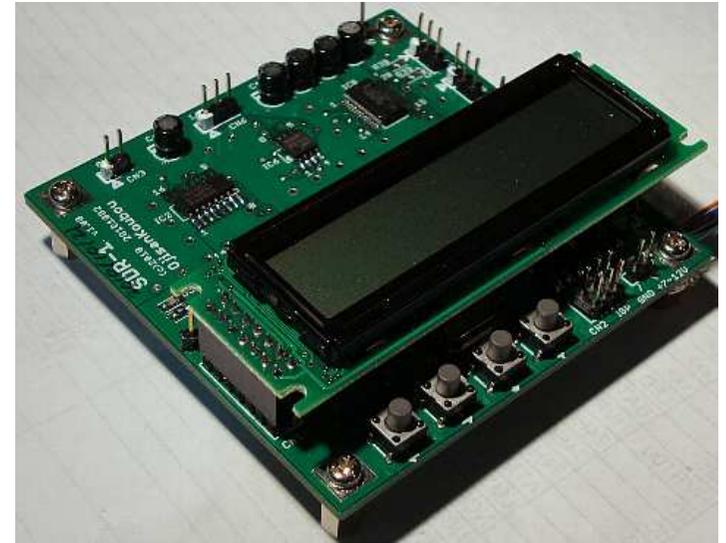
付属のLCDと違うものを使う場合はLCDの仕様書を確認してください。
電源とGNDが逆になっているものがあります。

SDR-1 基板完成写真(例)

テストのため CN2、CN6、CN7、CN8 も取り付けられています。



LCDを取り付けたところ



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
- 10/10
- 1000p
- 15p
- 100p
- 10/25(3216)

抵抗

- 10
- 100k
- 10k
- 1k
- 470
- 4700

インダクタ

- 15u

ダイオード

- HVR100(赤線のあるほうがカソードです)
- BAT54S
- LED (A面にあります)

トランジスタ

- 2SC2712 (or 2SC2412)

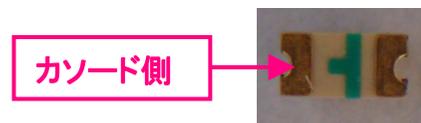
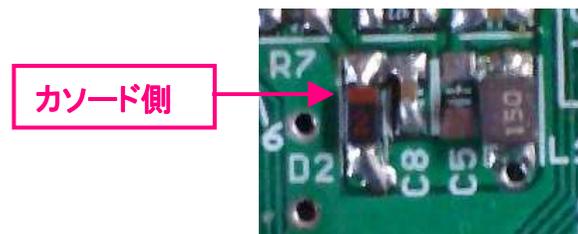
カットランド

- 5箇所(マウント図で指示する側を半田でショートする)

C54(0.1) は A面の IC5 ⑦ピンとGND間に取り付けます。事前にGND側のマスクをカッターナイフなどで剥がしておきます。

ここではGND 側のみ半田付けし、IC5 ⑦ピン側は、IC5 をマウントするときに一緒に半田付けします。

ダイオードには極性があります。
カソードマークを確認のうえ取り付けてください。



これは裏面側です。
取り付けるときはひっくり返します

2. 電源

■ 電源 IC と周辺部品をマウントします。

IC

- NCP1117 3.3V (放熱フィンも半田付けします)
- NCP1117 5V (放熱フィンも半田付けします)

リセットブルヒューズ

- F500mA

ケミコン

- C40 (220/6.3)

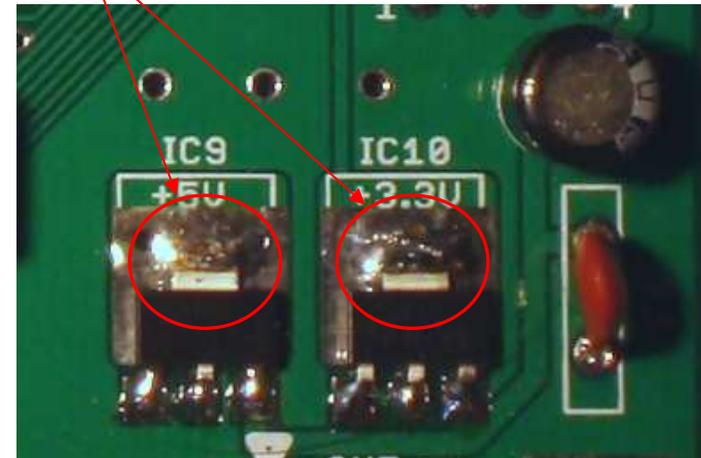
コネクタ

- CN3、CN4、CN5 (2ピンずつ切り取って使います)

■ CN5 ①、② に電源(7~12V)を供給し、レギュレーターの電圧をチェックします。

- IC9 の放熱フィンの電圧が 5 ± 0.1 V であること
- IC10 の放熱フィンの電圧が 3.3 ± 0.1 V であること

放熱フィンも半田付けする



正常動作しないときは、まず半田付けを確認してください。

イモ半田がないか、隣とブリッジしていないか、ルーペを使って一個一個確認していきます。ちょっとでもあやしいとおもったら再度半田づけします。

以降のチェックで動作しなかった場合も同様にまず半田付けを疑ってください。

3. ATMEGA328

■ ATMEGA328 と周辺部品をマウントします。

IC

ATMEGA328

水晶

24.576MHz

(足を伸ばしてから挿します。黒のスペーサーは間に挟みいれます)

スイッチ

タクトスイッチ (足を少し伸ばすと挿しやすいです)

コネクタ

CN1 14ピン オス (LCD の袋に入っています)

14ピン メスを LCD の裏側にマウントしておきます

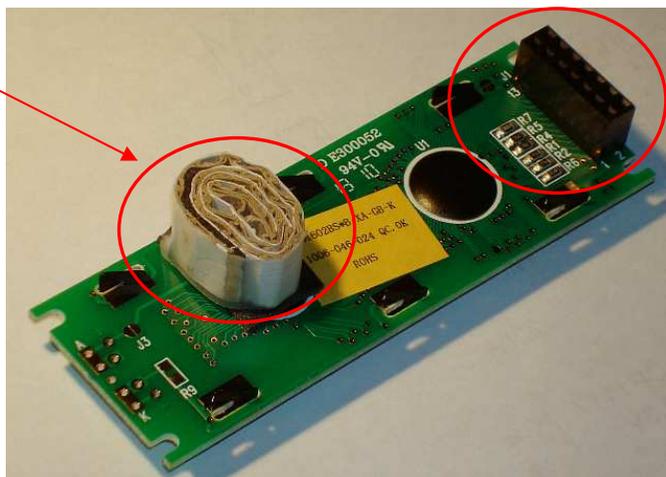
(LCD の裏に10mmぐらいのスペーサーをつけておくと安定します)

IC をマウントするときにはまず端の1本だけ半田付けし、浮きがないことを確認の上、対角のピン、もう一度浮きがないことを確認してから残りのピンを半田付けします。

タクトスイッチやコネクタもまず1本だけ半田付けし、浮きがないことを確認してから残りのピンを半田付けします。

特にタクトスイッチは浮きがあると何回も押しているうちに半田クラックやパターン切れの原因になります。必ず横から見て4個の高さが揃っていて浮きがないことを確認してから半田付けしてください。

紙でつくったスペーサーを両面テープで貼り付けます



コネクタ(メス)を裏側に取り付けます

■ CN5 ①、② に電源(7~12V)を供給します。

□ LED(D3) が一瞬点灯すること

■ 一度電源を切ってから LCD を CN1 に接続し、再度 CN5 ①、② に電源(7~12V)を供給します。

□ LCD にラジオ操作表示画面がでること

□ SW1、2 を押すと LCD 右上の周波数表示が変化すること

□ SW3、4 を押すと LCD 左上の音量数値が変化すること
(ゼロにするとこのあとのチェックで音がでなくなります。
10程度にしておいてください。)



■ LCD は半田付けの邪魔になるのでチェックが終わったら取りはずしておきます。

LED (D3) は FLL のロック状態表示ですが、まだFLL回路の部品を半田付けしていないので一度点灯したあと消灯するのが正常です。

正常動作しないときは、

□ まずイモ半田やブリッジ、未半田がないことを確認

□ IC1 ⑦ピンの電圧が 5V

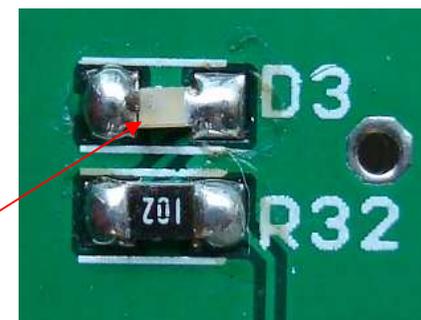
□ LED(D3)の取り付け方向を間違えていないか
正面から見ると中に黒いチップがカソード寄りに入っているのが見えます。

□ CN1 ①ピンの電圧が 5V、②ピンが 0V であること

□ CN1 ③ピンの電圧が 0.8V程度であること

を確認してください。

カソード寄りに黒いチップが薄く透けて見える



4. NJM386 (オーディオアンプ)

- AFアンプ NJM386 とその周辺部品を半田付けします。

IC

- NJM386

コンデンサ

- p.9 でGND側だけ半田付けした C54 の NJM386 ⑦ 側を IC の⑦ピンと一緒に半田付け

ケミコン

- C39 (220/6.3)

スピーカー (付属していませんので適当なものを準備してください)

- CN4 ①、② に接続します

- CN5 ①、② に電源 (7~12V) を供給します。

- CN8 ② のパターンを指で触るとハム音 (ブーンと言う音) が聞こえること
- CN8 ① のパターンを指で触るとハム音 (ブーンと言う音) が聞こえること

NJM386 ⑦ はバイパス端子です。ここには何もつながなくても動作しますが、電源の質が悪いときにはコンデンサをつなぐと S/Nが改善されます。

NJM386 の電源はCN5 からリセットブルヒューズをとおって直接つないでいます。NJM386 の電源電圧は最大12Vなので、12V以上の電源をつながないようにしてください。

5. FLL (Frequency Locked Loop) 発振回路

■ FLL 発振回路の部品をマウントします。

IC

- IC3 74HCU04
- IC7 TLV272

IC3 74HCU04 はフランクリン発振回路のVCOで、受信周波数の4倍で発振しています。

■ CN5 ①、② に電源(7~12V)を供給します。

- IC7 ⑧ピンの電圧が、 $9.5 \pm 0.5V$ であることを確認
- LED(D3) が点灯すること
- SW1、SW2 を押すと一瞬 LED(D3) が消灯し点灯すること

IC7 ⑧ピンの電圧は LRCLK を倍電圧整流して作っています。

LED (D3) は FLL のロック状態表示です。ロックすると点灯、アンロックすると消灯します。

点灯するということは FLL が正常に動作していることを示しています。

■ LCD を接続し、再度 CN5 ①、② に電源(7~12V)を供給します。

- SW1、SW2 を押して周波数を 531kHzにし、LED が点灯すること
- このとき IC7 ⑦ピンの電圧が2V程度であることを確認
- SW1、SW2 を押して周波数を 1603kHzにし、LED が点灯すること
- このとき IC7 ⑦ピンの電圧が8V程度であることを確認

IC7 ⑦ピンは可変容量ダイオード(バリキャップ、バラクター)の制御電圧です。この電圧が高いと容量が小さくなり発振周波数は高くなります。

FLL が正常に動作していると周波数を自動的に調整しますので受信周波数に応じて制御電圧が変化します。

ここでは受信周波数の上下限で制御電圧が0から IC7 電源電圧の間に入っていることを確認しています。

IC7 は CMOS Rail to Rail オペアンプなので 0Vから電源電圧まで出力できます。

6. UDA1345 (AD/DA コンバーター)

- UDA1345 とその周辺部品をマウントします。
IC は 0.65mm ピッチと狭いのでブリッジしないよう気をつけてください。
また1番ピンを間違えないように注意してください。

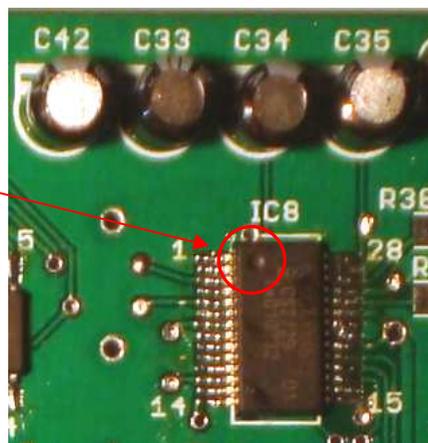
IC

UDA1345

ケミコン

C33, C34, C35, C42 (33/10)

1番ピンのマーキング
を確認



- CN5 ①、② に電源(7~12V)を供給します。

CN6 ①、③ のパターンを指で触るとハム音(ブーンと言う音)が聞こえることを確認します。

p.12 のチェックでボリュームをゼロにしていると音がでません。
ボリュームを10ぐらいに上げてください。

ICの半田付け方法

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角のピンを1本半田付けします。
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。

ハム音がでないときは、

イモ半田やブリッジ、未半田がないことを確認します。

7. 周波数変換回路

■ 周波数変換回路部分の部品をマウントします。

IC

- IC4 74HC74
- IC6 NJM4580
- IC2 74HC4053

ケミコン

- C41 (33/10)

その他

- CN3 ① にアンテナ (30cm ぐらいのビニール線で可) をつなぐ

■ LCD を接続し、CN5 ①、② に電源 (7~12V) を供給します。

- SW1、SW2 を押して放送のある周波数にすると放送が聞こえること
- SW3、SW4 を押すとボリュームが変化すること

完成おめでとうございます。

ケースに入れてベッドサイドラジオとして使う以外にも
いろいろ応用ができます。
CPU+DA/AD の実験基板として使い方は無限です。

IC4 (74HC74) はジョンソンカウンターで FLL の出力を4分周し、90度位相のずれた変換キャリアをつくります。

IC2 (74HC4053) で入力信号を周波数変換すると同時に I/Q 信号にしています。その後 IC6 (NJM4580) の差動アンプで約 30dB 増幅したあと AD 変換されます。

受信できないときは、

- まずイモ半田やブリッジ、未半田がないことを確認
- IC4 ⑭ピンの電圧が 5V
- IC2 ⑭ピンの電圧が 5V
- IC6 ⑧ピンの電圧が 5V
- IC2 ⑭ピンの電圧が $2.5 \pm 0.2V$
- IC6 ①ピンの電圧が $3.3 \pm 0.1V$
- IC6 ⑦ピンの電圧が $3.3 \pm 0.1V$

などを確認してください。

8. 操作方法

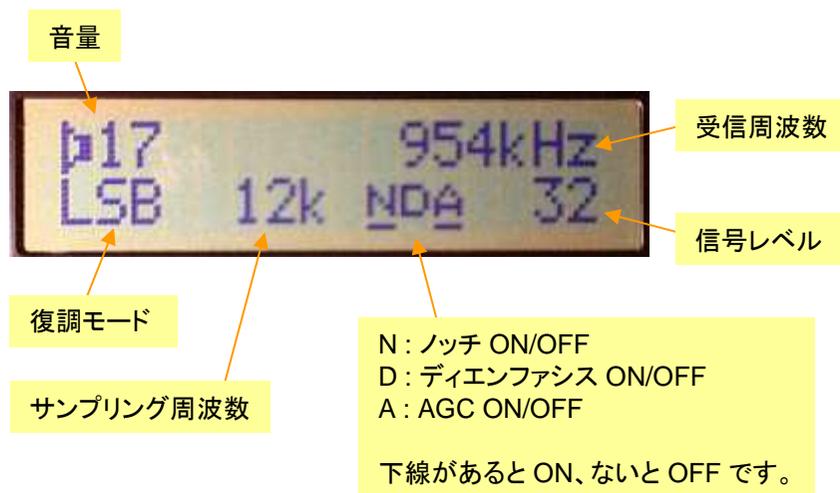
通常画面には周波数モードとメモリーモードの2種類があります。

この2つのモードはSW1、SW2 を押したとき周波数が上下するか、メモリー番号が上下するか、が一番大きな違いです。

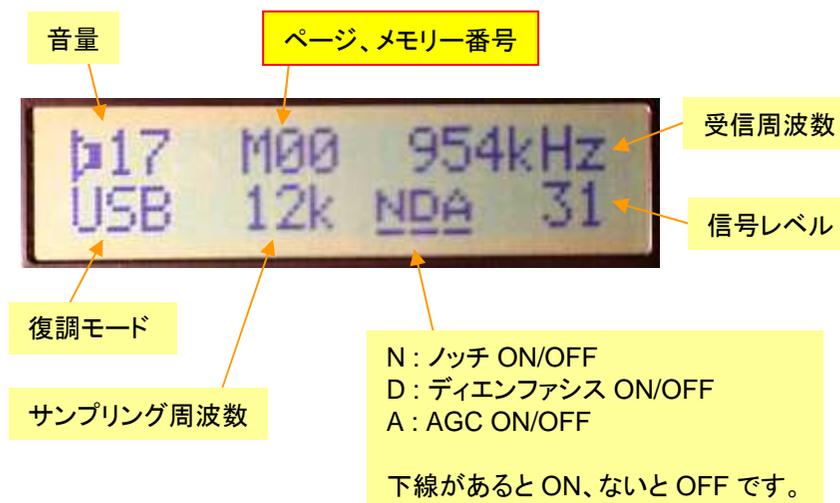
周波数モードとメモリーモードはSW1を長押し(1秒以上押しっぱなし)すると切り替わります。

周波数や設定は自動的にEEPROM に記録され、次に電源を入れたときには電源を切る前の状態に戻ります。

通常画面(周波数モード)



通常画面(メモリーモード)

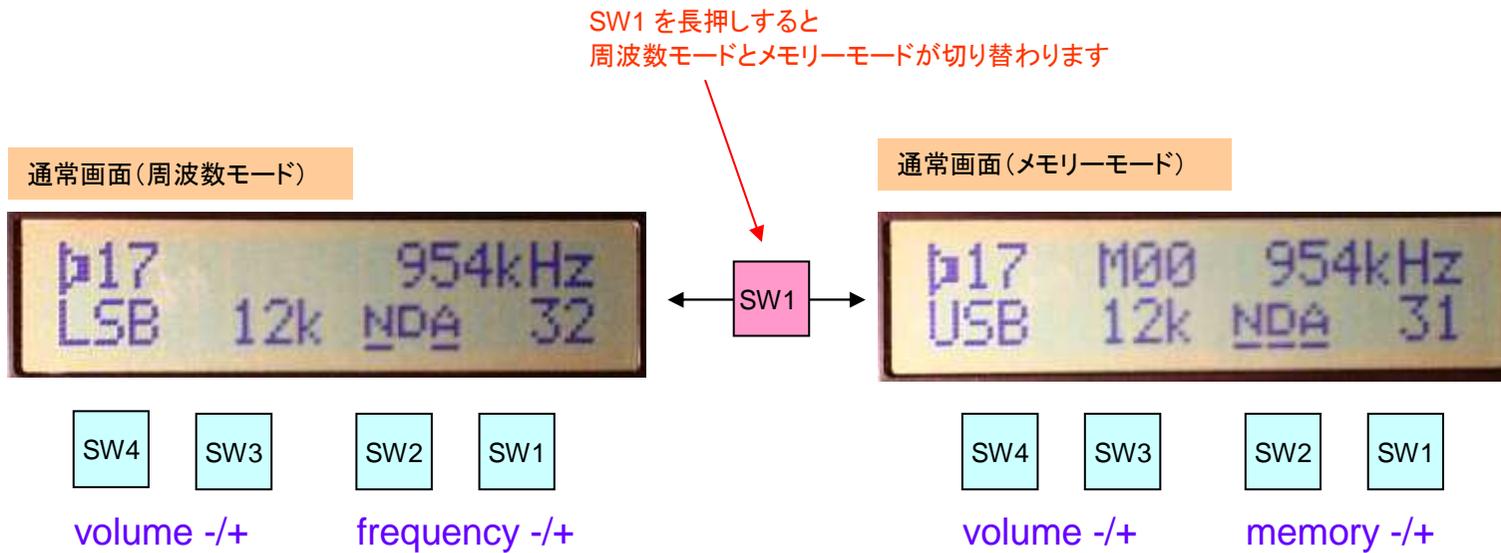


これ以降の説明では、

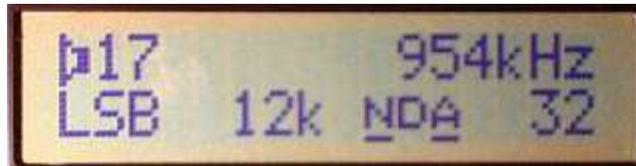
SW は短押し

SW は長押し(1秒以上押しっぱなしにすること)

をあらわします。



通常画面



約10秒間何も操作しないと通常画面に戻ります。

SW4

SW3

SW2

メモリー書き込み画面(周波数モード)



SW4 を押すとメモリーへの書き込みをします。メモリーには周波数と一緒に復調器、ノッチ、ディエンファシス、AGC のON/OFFなどの情報も書き込みます。

メモリー消去画面(メモリーモード)



SW4 を押すと現在選択しているメモリー番号の情報をメモリーから消去します。

復調器選択画面



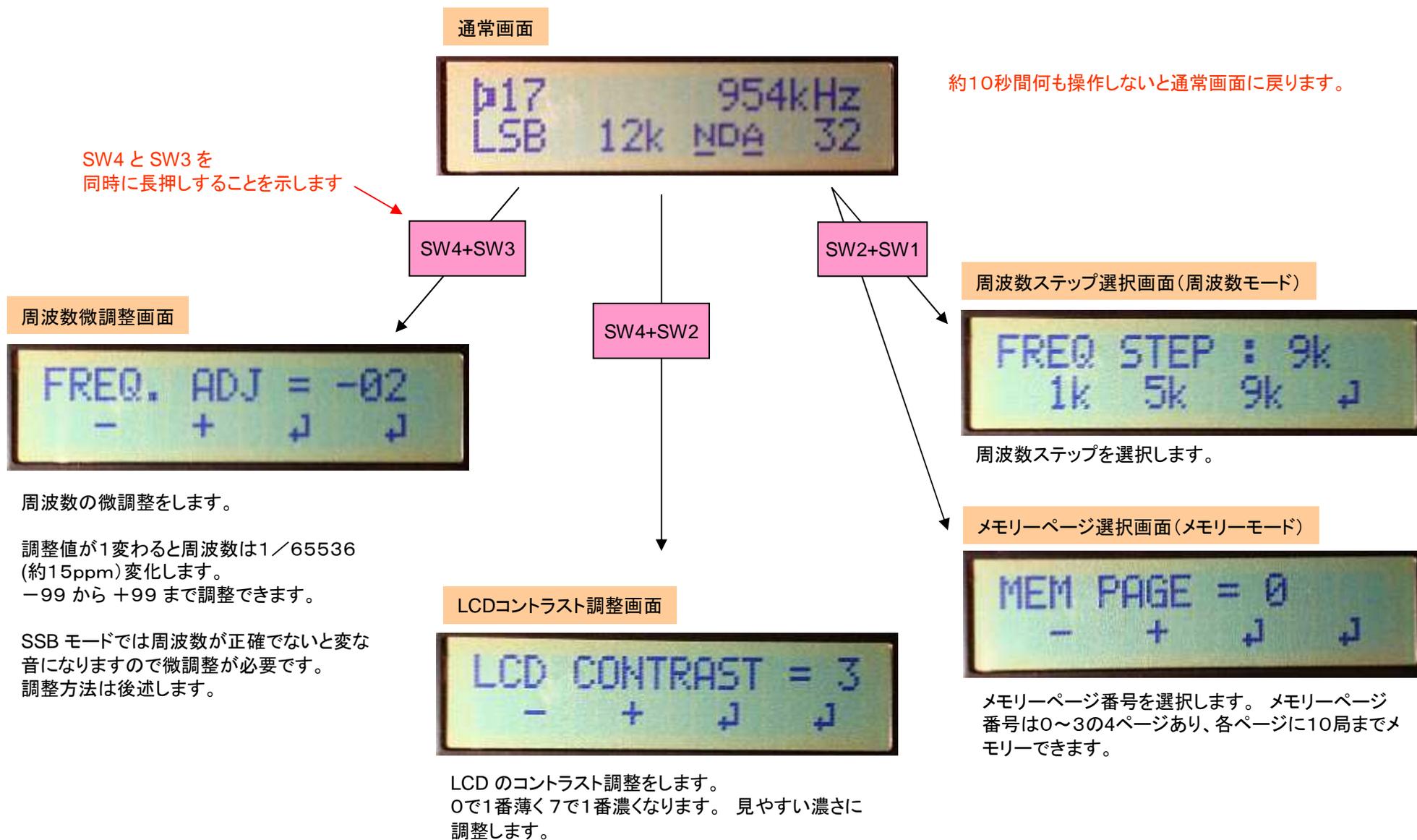
AM には、AM-6kHz と AM+6kHz の2種類ありますが、これは変換周波数をキャリア周波数の -6kHz にするか、+6kHz にするかの違いです。

AM モードではサンプリング周波数が24kHz、SSB では12kHz になります。

ノッチ、ディエンファシス、AGC ON/OFF画面



ノッチ、ディエンファシス、AGC のそれぞれをON/OFF します。ON の項目は通常画面で下線がつきます。



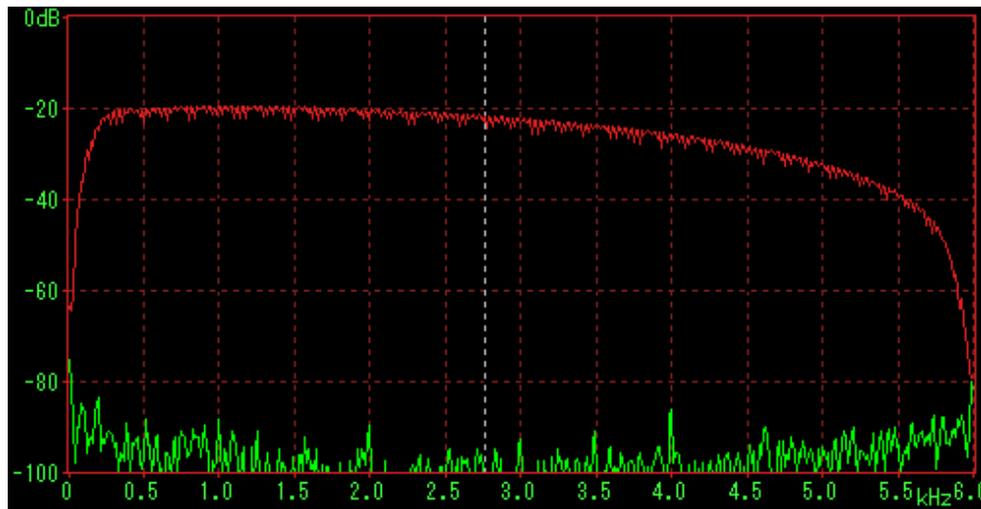
ノッチ、ディエンファシスを ON すると以下の周波数特性になります。当然両方 ON にすることもでき、その場合は2つ足し合わせた特性になります。

ノッチは主に AM モードで使います。AMモードでは放送を -6kHz もしくは $+6\text{kHz}$ に変換していますので復調したあとに 6kHz 成分が残ってしまいます。そこでこのノッチで 6kHz にヌルをつくります。SSB(LSB もしくは USB)ではこのようなことはないのですが、周波数特性がフラットだとついでに高域を落とす目的で使えます。

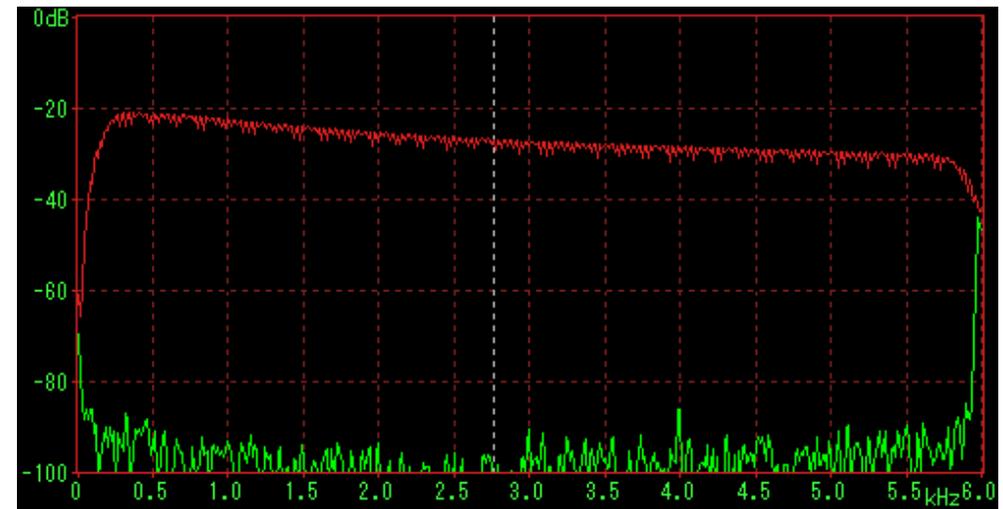
ディエンファシスはゆるやかなハイカットフィルターです。右下の周波数特性をみてわかるように高域で 10dB 程度落とします。放送の信号レベルが低くS/Nが悪いときなどに ON にすると効きやすくなります。

両方 ON にすると普通のラジオで聞いたような音質になり、ある意味聞きやすいです。

ノッチ周波数特性



ディエンファシス周波数特性



AGC OFF はこのような周波数特性を測定するときに使うための機能で、通常は使いません。

周波数特性は、WaveSpectra(<http://www.ne.jp/asahi/fa/efu/soft/ws/ws.html>)で測定しました。入力信号は APB-1 で周波数を手動スイープしました。

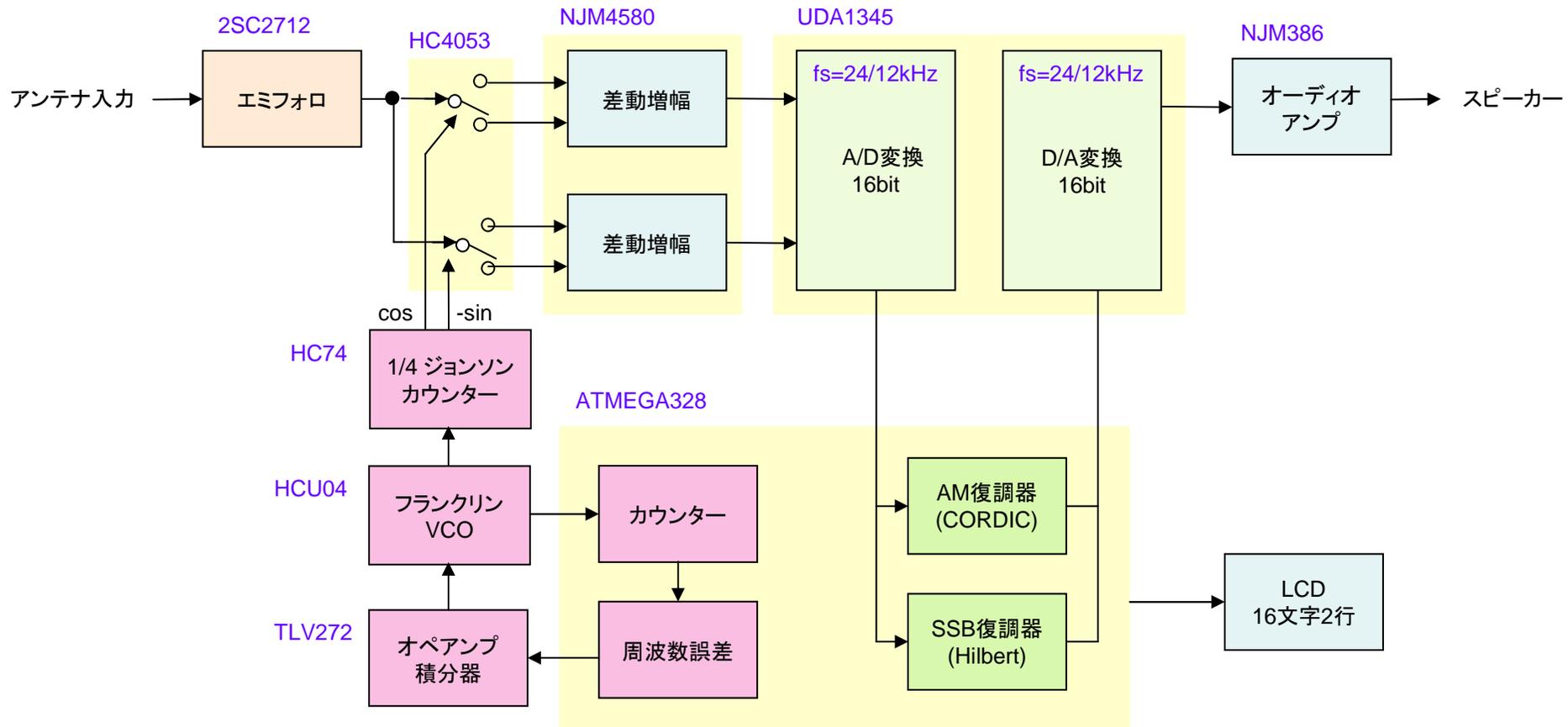
9. 周波数微調整方法

LSB、USB モードでは周波数ずれがあると聞き辛くなりますので周波数の微調整が必要です。

1. 周波数が正確だと思われる放送局を AM モードで受信します。
2. CN6 ①ピンを WaveSpectra(<http://www.ne.jp/asahi/fa/efu/soft/ws/ws.html>) でみます。周波数範囲を5500~6500とします。
3. SW4 と SW3 を同時に長押しして周波数微調整画面に入ります。
4. SW4 と SW3 を押してキャリア周波数が6kHzになるように調整(下図)します。



10. ブロックダイアグラム



11. ATMEGA328 のプログラム変更方法

- ISP 用のコネクタ-CN2 (6ピン オス)を取り付けます。

ピンは AVR のほぼ標準的なものですが、②ピンが未接続なのが異なります。本来ここは電源5Vなのですが、プログラマー側が3V系に移りつつあるなか電源を接続すると電源電圧の違いからトラブルの元になるのを避けるためあえて未接続になっています。

そのためプログラムするときはプログラマー側から電源供給されないので SDR-1 側の電源を入れる必要があります。

- AVRプログラマーはどれでも ISP 対応していると思いますので何を使ってもかまいません。Atmel 純正のものもありますが、ググると安価に自作する方法が見つかります。

私は以前は

AVRSP(<http://elm-chan.org/works/avr/avrreport.html>)

を使っていましたが、PC を新調したら COMポートがなくなってしまったので、今は

HIDaspx(<http://www-ice.yamagata-cit.ac.jp/ken/senshu/sitedev/index.php?AVR%2FHIDaspx>)

を使っています。

- コンパイラーは WinAVR (<http://sourceforge.net/projects/winavr/files>)を使っています。バージョンは 20100110 です。

CN2(ISP)端子信号割り当て

- ① MISO
- ② 未接続
- ③ SCK
- ④ MOSI
- ⑤ /RESET
- ⑥ GND

12. 復調プログラム説明

- 復調プログラムは SDR の肝ですね。
いま実装しているのは AM と SSB です。それぞれの復調プログラムの中にノッチフィルターも実装しています。

- AM はCORDIC で絶対値を計算して復調します。

CORDIC は、COordinate Rotation Digital Computer の略で座標変換を繰り返して三角関数の計算をするアルゴリズムです。
ここでは絶対値だけが必要で三角関数(サインやコサインなど)は不要なので一般的なCORDIC で必要な ATAN のテーブルは不要です。
プログラムは右図のようにシフトと加減算のみで簡単です。実際にはループをアンローリングして高速化しています。

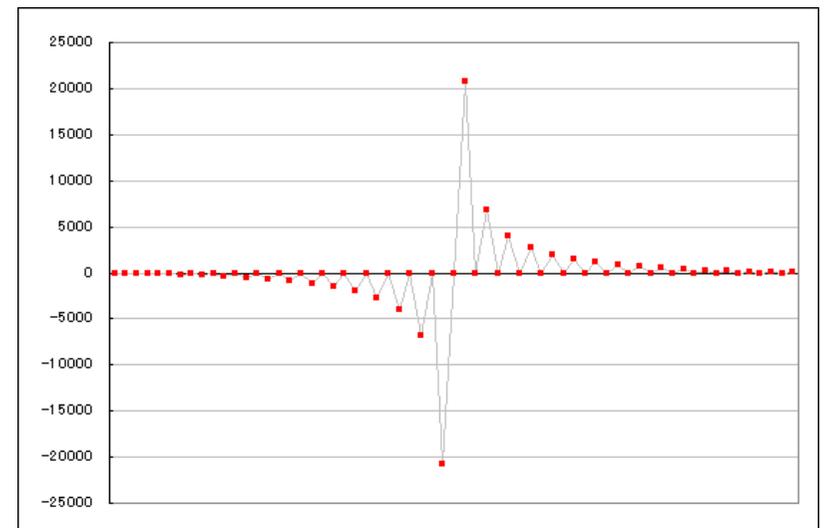
CORDIC の注意点として最終的な絶対値が 1.64倍されて得られるというのがあります。入力でオーバーフローしていなくても出力でオーバーフローすることがあります。

- SSB はヒルベルトフィルター(Hilbert filter) で位相を90度ずらしたものを加減算して復調します。

入力信号を I/Q に変換したあとヒルベルトフィルターでさらに90度位相をずらし、加減算することで LSB/USB 復調します。Phasing 方式というようです。
ヒルベルトフィルターは FIR(Finite Impulse Response) の一種で、90度位相のずれたバンドパスフィルターになります。位相は90度で一定ですが振幅にリップルがあります。理想状態では振幅が1になるところで逆サイドサプレッションが最大になり、リップル最大のところで逆サイドサプレッションが最小(悪く)になりますが、実際には入力振幅誤差が支配的で正負リップルのどちらかで最大、もう一方で最小になります。

実際のプログラムではヒルベルトフィルターの係数が右図のように奇対称で1つおきにゼロになることを利用して計算量を削減しています。

```
while( n!=14 ) {
  if( y>0 ) {
    x1 = x + (y>>n);
    y1 = y - (x>>n);
  }else{
    x1 = x - (y>>n);
    y1 = y + (x>>n);
  }
  x = x1;
  y = y1;
  n++;
}
```



13. カスタマイズいろいろ

- CN8 に可変抵抗をつけて音量調整することができます。

CN8 ①、② 間をつないでいるカットランドの半田を取り除き 10kオーム程度の可変抵抗をつなぎます。電子ボリューム側で音量最大値を設定し、新たに取り付けた可変抵抗で音量調整できるようになります。

- CN1 から延長ケーブルをつかって LCD、操作スイッチを接続する

ケースにいれるとき、LCD や操作スイッチを延長ケーブルで接続できます。LCD は大体同じ信号配列なので16文字2行の LCD でたいいのもの(HD44780 コンパチ品)が使えます。操作スイッチは新しく4個用意し、LCD 接続信号の ⑪～⑭に抵抗を通して接続します。SDR-1 基板上のスイッチと新たにつけたスイッチの双方で操作ができます。

- CN7 に DA 出力信号がでています。

たとえば IC6 をマイクアンプに改造し、AD 変換したものをヒルベルトフィルターにたおして90度移送のずれた信号を CN7 に出力することができます。これを使えば移送方式の SSB ジェネレータが簡単に作れます。昔はアナログ回路で PSN を組んでいたところですが、この基板を使えば簡単に50dB 以上の逆サイドサプレッションをもつことができます。74HC4053 で周波数変換してSSB 出力するようにも改造できるかもしれません。

- CN6 に I/Q 信号がでていますので PC に入力して復調することができます。

とはいっても AM 放送の受信に使うのなら PC を使うメリットはないような気がします。受信周波数を短波に拡大すればそれなりに使えるかもしれません。

■ 受信周波数変更

短波を受信するには FLL の発振周波数の変更が必要です。その際、ATMEGA のカウンター入力がクロック同期になっているため最大10MHz程度になります。10MHz以上の発振をさせるときは4分周したものをATMEGAに入力するようにカットランド(CNTR)を切り替えます。また、FLLのプログラムも変更が必要です。

■ FLL を使わないで固定周波数受信

ATMEGA のタイマーで作った信号を4分周回路に入力するようにカットランド(LO)で切り替えます。

たとえば、JJY(40kHz)を受信するには、システムクロック 24576kHz を 153で割った 160.63kHz を 4分周回路にいとると 40.157 kHz になりますので JJY の40kHz が 157Hz に変換されます。これをDFTで検出するようなプログラムを組めば JJY 電波時計が作れます。

■ オーディオ信号発生器

使っているDA コンバーターはサンプリング周波数が最大96kHzなので40kHzぐらいまでのオーディオ信号発生器が
つくれます。

サイン波だけでなく、三角波や矩形波、トーンバースト、スイープなどどのような波形でも可能です。

■ MIDI シンセサイザ

どれぐらいのものがつくれるかな。