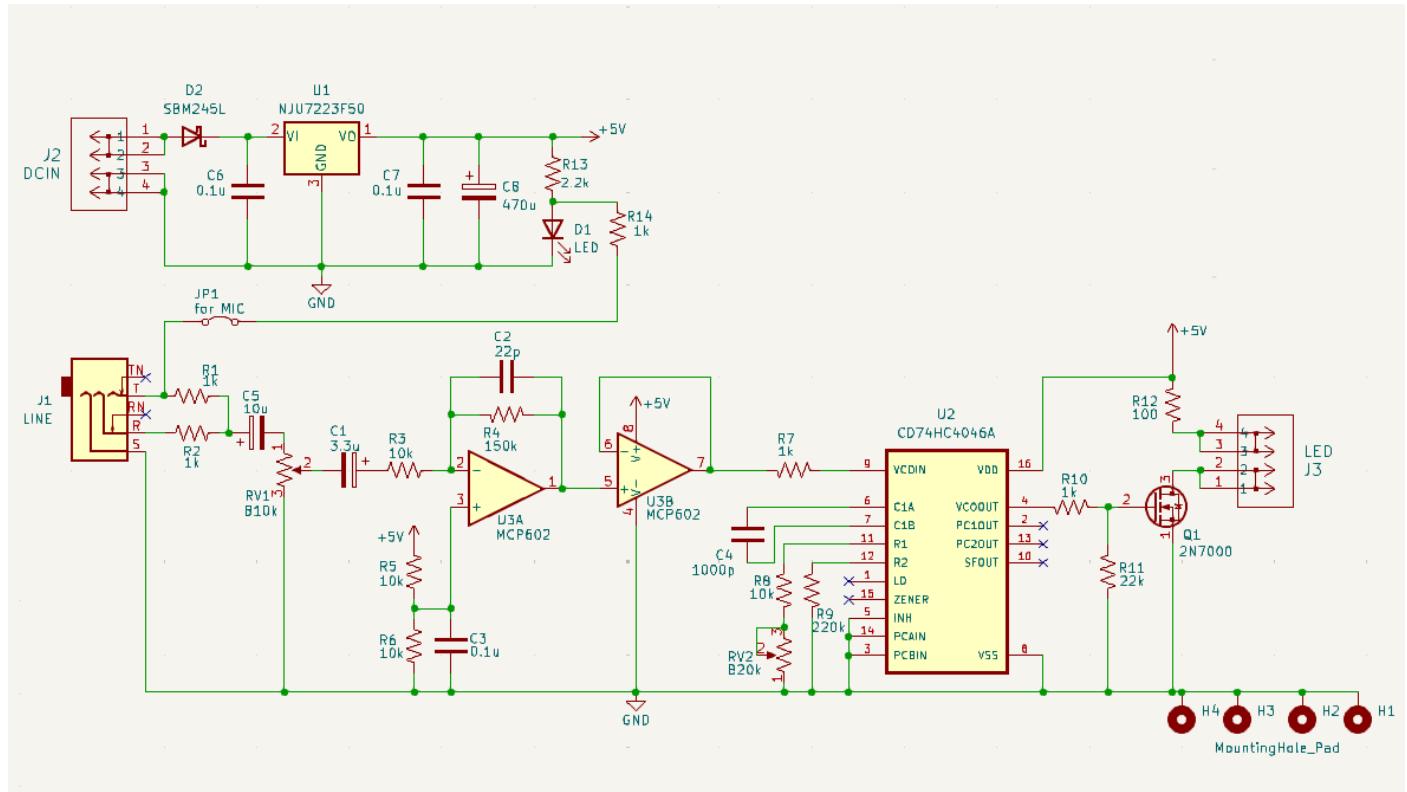


# FMT1 PFM 変調方式送信機

## 回路図と動作原理



本回路の心臓部は CD74HC4046 という PLL 用途の IC です。これを VCO 変調器として使っています。幅広い周波数で扱え、デューティー比が周波数による影響をほとんど受けない特徴があります。上記回路図の定数でおよそ 180KHz～460KHz の矩形波発振が得られます。受信側も周波数調整できますので特に固定して考える必要もないのですが、とりあえず RV2 の調整により発振周波数を 300KHz 前後に調整するようにしています。

LINE (MIC) 入力端子から入ってきた AF 信号はオペアンプ MCP602 によって増幅され、ボルテージフォロワを経て U2 の変調端子に導かれます。その信号はおよそ 2.5V の DC を中点とし、約±1V でスイングする低周波信号を想定していますが、これにより VCOOUT 端子からは 300KHz を中点とした PFM 信号が出力されます。周波数偏移は最大±75KHz になるように調整します。この出力を Nch MOSFET 2N7000 のゲートに与え、スイッチング動作にて LED をパルス点灯させています。

AF 入力は基本的にスマホや一般的のオーディオ機器から取り込むステレオ信号を想定していますが、JP1 をジャンパすることによって、コンデンサマイクも使えるようになっています。

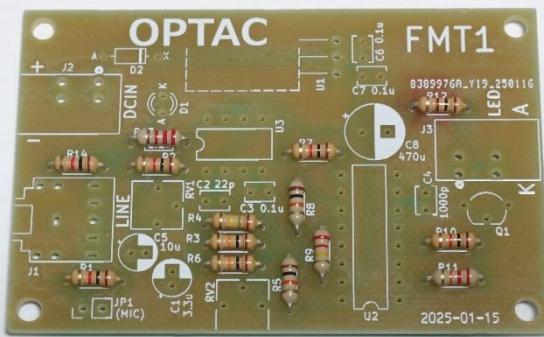
電源ターミナルには 9V～15V の DC を入力しますが、回路内部はすべて 5V で動作します。ドロップダウン電圧の少ない三端子レギュレータを使用していますので 6V 電源でも使えます。

# まずは同梱パーツの確認をしてください

もし足らない部品がある場合には [info@optac.org](mailto:info@optac.org) までお知らせください。

分類 No.	規格・数	備考	分類 No.	規格・数	備考
<b>基板</b>			<b>コンデンサー</b>		
基板	FMT1 (Rev)2025-01-15		C1	電解 3.3μF	
			C5	電解 10μF	
<b>半導体</b>			C8	電解 470μF	
U1	NJU7223F50	5V 0.5A	C2	積セラ 22pF	22
U2	CD74HC4046A	16pinDIP	C4	積セラ 1000pF	102
U3	MCP602	8pinDIP	C3、6、7	積セラ 0.1μF ×3	104
Q1	2N7000	FET			
D1	LED OSG8HA3Z74A	緑 3φ			
D2	SBM245L	ショットキ	<b>その他</b>		
外付け	OS5RKA5111A	赤 5φ	J1	ステレオミニジャック	MJ-495
			J2,3	ターミナルブロック 2P ×2	横穴
			(for U2)	IC ソケット	16pinDIP
<b>抵抗類</b>			JP1	ピンヘッダー & ジャンパー	2P MIC 用
R12	100Ω	茶黒茶金		バッテリースナップ	
R1,2,7,10,14	1KΩ ×5	茶黒赤金			
R13	2.2KΩ	赤赤赤金		真鍮スペーサー ×4	L-7 mm
R3,5,6,8	10KΩ ×4	茶黒柿金		M3 ネジ ×4	4mm
R11	22KΩ	赤赤柿金			
R4	150KΩ	茶緑黄金	<b>オプション</b>		
R9	220KΩ	赤赤黄金	<input type="checkbox"/>	電池ホルダー M3×6 本用	
RV1	半固定抵抗 10KΩB	103	<input type="checkbox"/>	小型スピーカーユニット	加工済み
RV2	半固定抵抗 20KΩB	203			

# 組立て手順



## ① 抵抗器の取り付け

抵抗器は根元を直角に曲げてから基板の穴に差し込みハンダ付けします。カラーコードでの値確認もお忘れなく。



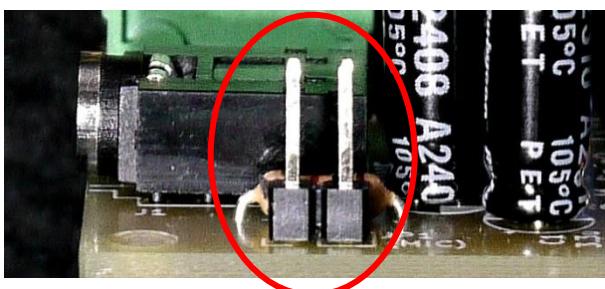
※ 写真では IC が基板直付けになっていますが、キットに IC ソケットが付属している場合にはそれを基板にハンダ付けしてください。

## ② その他の低頭部品の取り付け

セラミックコンデンサ以外はすべて挿し込む方向があります。左写真をよく見てマウントしてください。

- ▶ LED ⇒ 足の長い方が A=アノードです。
- ▶ IC ソケット ⇒ 切り欠きの方向に注意！  
基板側にランドのないものはハンダ付けせずにフロートのままにしておきます。

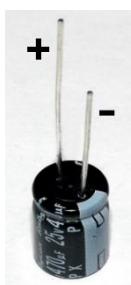
- ▶ ショットキダイオード ⇒ 白いストライプのある方が K=カソードです。
- ▶ FET ⇒ シルク印刷の向きの通りに。
- ▶ 三端子レギュレータ ⇒ シルク印刷の向きに寝かせる格好で。放熱対策は不要です。
- ▶ 半固定抵抗 ⇒ RV1 が 10KΩ(103)、RV2 が 20KΩ(203)を間違えないようにしてください。



## ③ 電解コンデンサ

### ジャンパピンの取り付け

電解コンデンサは足の長い方がプラスです。極性表示がない NP コンデンサが入っている場合は、どちらがプラスになんでもかまいません。



基板側にも+の文字表示、GND 側の白塗りシルク印刷があります。

ピンヘッダーは、足の長い方が基板の上面になるように取り付けます。ジャンパピンは、マイクを使う場合にのみ挿し込みます。挿し込んだまま LINE 機器に繋ぐと、一部のケースで不具合が生じる場合が稀にあります。

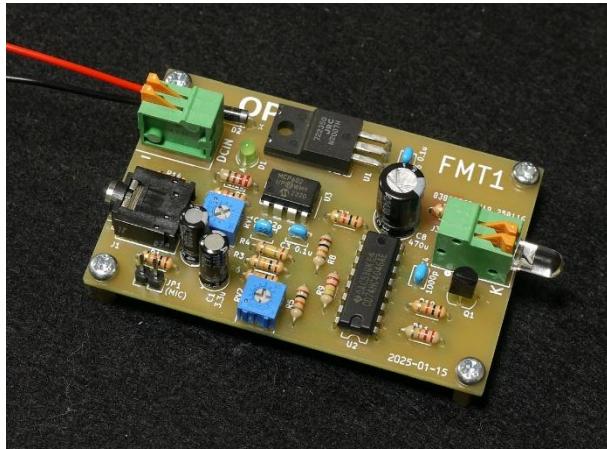
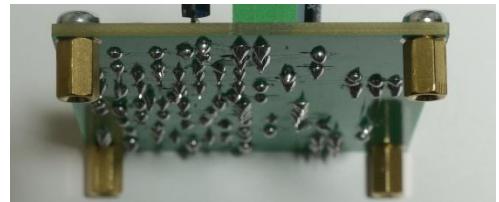


#### ④ ターミナルブロック、 ステレオジャックの取り付け

それぞれは底面が基板に密着するまでしっかりと挿し込み、また基板を上から見て正しい向きになるように位置決めしてからハンダ付けしてください。特にターミナルは穴が基板の外に向くように注意してください。

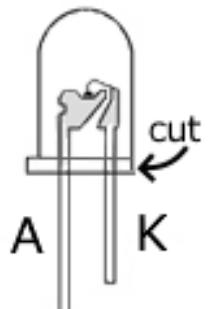
#### ⑤ スペーサーの取り付け

基板の四隅下に 7mm のスペーサーを 4mm ビスで固定します。

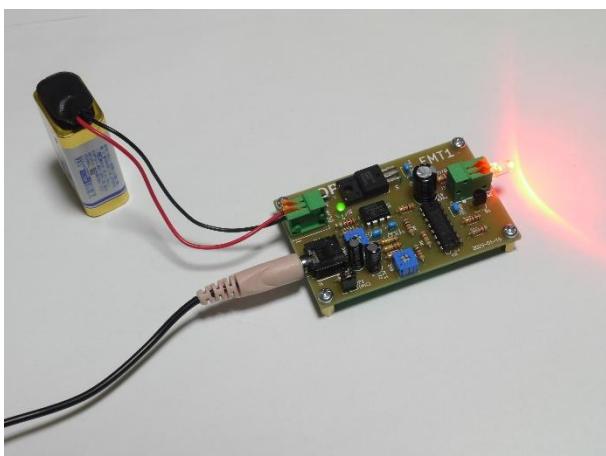


#### ⑥ LED の取り付け、電源ラインの接続

LED は両足を 15mm に切りそろえ、ターミナルブロックの奥までしっかりと挿し込みます。LED の内部構造を右に示します。リード線を切ってから極性が分からなくなったら時の参考にしてください。



電池スナップのリード線は被覆を 15mm ほど剥がし、ハンダメッキした後、しっかりと奥まで挿し込みます。電源としては残留ノイズの少ない 6V 以上の DC (6~12V の定電圧電源または相当の電池ボックス) を使ってください。標準キットでは 006P 電池用のバッテリースナップが付属しています。通電後、パイロット LED (3φ緑色) が点灯することを確認します。



#### ⑦ LINE、またはマイク入力

3.5φジャックにスマホやオーディオ機器からの LINE レベルの信号を入力します。(RV1 はとりあえず 9 時位置にセット) ステレオ信号は LR ミックスされます。

コンデンサマイクを接続する場合は、ピンヘッダーにジャンパピンを取り付けます。LR が内部ショートしてある PC 用ヘッドセットの 3 極プラグを推奨しますが、モノラルプラグも使えます。(RV2 はとりあえず 2 時位置にセット)

## ⑧ 動作確認と簡易調整

投光用の赤色 LED、PL の緑色 LED が点灯していることを確認したら、送信機単体でできる調整を行います。

### ●測定器がない場合

RV2 を 2 時位置に合わせると凡そ 300KHz の発振が得られる設計です。手元に AM ラジオがあれば基板に近付けてみて、900KHz（三次高調波）辺りに信号が感じられれば OK です。何かの AF 信号を入力し、その信号音に変化があれば変調もかかっています。（綺麗な音声としては聞こえません。）

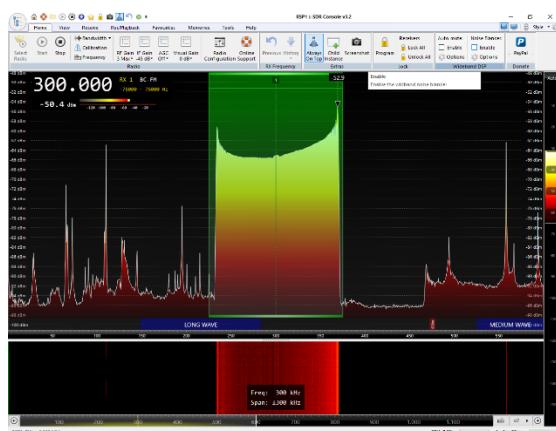
### ●オシロスコープがある場合

プローブの先を LED の A または K に当て、矩形波が見えるかどうか確認します。多くのオシロスコープは同期している周波数が表示されているはずですので、それを見ながら RV2 を調整し、300KHz 近辺に合わせます。±20~30KHz の誤差なら問題ありません。

何かの AF 信号を入力し、矩形波が左右にブレることを確認します。

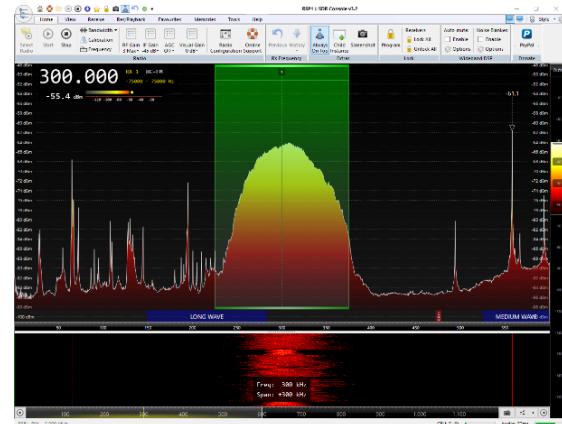
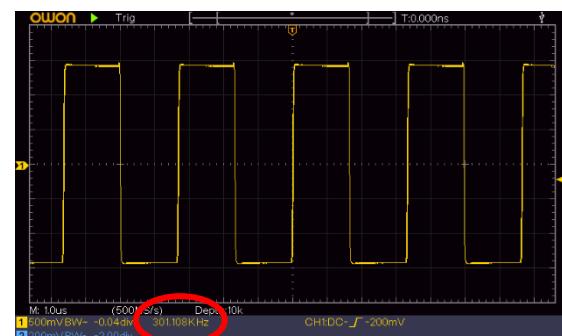
### ●SDR などで長波帯の広帯域 FM 波が受信ができる場合

AF 信号を入力し実際の音を聴いてみましょう。FM の周波数偏移幅は、VHF の FM 商用放送に合わせて±75KHz を想定しています。RV1 を調整してこの枠内に入るように調整してください。周波数偏移幅については特に指定があるわけではなく、受信機側の設定との兼ね合いで決めます。



OSC から 500Hz 正弦波を入力

両脇にエネルギーが偏っているように見えますがこれは受信側の問題です。



音楽等の一般信号を入力

中心周波数を軸に左右対称にならないのは、変調の非直線性の問題が残っているからですが、音質に影響が出るレベルではありません。

※ 送受テストの場合、LED 光拡散キャップを装着した方がよい場合があります。通常は付けません。

※ 最終的な調整は、受信基板との“鳴き合わせ”段階で行います。別紙「[基板が完成したら・・・机上の送受テスト \(FMT1—FMR1 編\)](#)」を参照してください。