

SK-MM967

768kbps MSK Modem Board

PRUG96 プロジェクトの無線による高速データ通信実験で使用する 768kbps モデム基板です。このモデムは JN1JDZ 氏 [1] が設計したもので、部品も専用 IC を使用せず、ROM やロジック IC などを使用しアマチュアにも簡単に製作できるようになっています。ベースバンドの信号でなく直接 2.688MHz の IF で出力しているためミキサーなどを使用して目的の周波数での運用が可能です。また、出力として IQ 出力を設けていますので、直交変調器などを使用することができます。

1 仕様

データ速度	786kbps
入出力 IF 周波数	2.688MHz
周波数偏移	±192kHz
変調方式	MSK
使用帯域	約 1MHz
TX 出力電圧	2.5V _{p-p} (無負荷時)
RX 入力電圧	1.2V _{p-p}

データ電圧レベル CMOS

電源電圧	5 or 12V
消費電流	500mA 以下

2 部品を集める

特殊な部品はありません。70ns 指定の 27C256 や TCO-711A タイプの 12.288MHz は揃えにくいかもしれません。

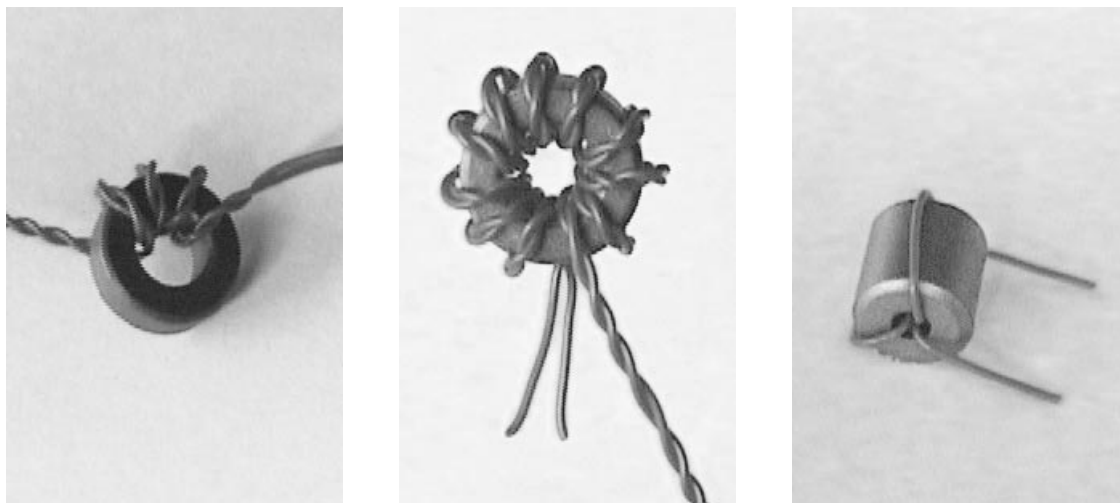
また部品表に金属皮膜抵抗や温度補償セラミックコンデンサを指定していますが、カーボン抵抗や普通のセラミックコンデンサでも動作します。回路上は 5V 単一ですが、12V で使用できるようにするため三端子レギュレータを実装できるようにしています。どちらの電源を使用するかによって三端子レギュレータの用いるかどうかを決定するとよいでしょう。

3 製作及び動作試験

組立て前にすべての部品がそろっているかどうか確かめましょう。すべての部品がそろえば、部品の種類ごとに半田付けを行ないます。半田付けは熱に強い部品または、背の低い部品から取り付けましょう。IC の半田付けに自信がない方は IC ソケットを使用すると良いでしょう。

フェライトコアは線を巻く必要があります。L6 から L8 は 2 本のホルマル線を用意し、それらをねじり約 20cm のケーブルにします。それを FT82-43 に 11 回巻きます。また、L9 から L14 は、1 本の線を FB801-43 に 3 回巻きます。この時巻き数は、中心の穴に 1 回通す毎に 1 回と数えます。線はなるべく均等に巻くようにしましょう。

図 1-a に FT82-43 に 4 回巻いた時の図を, 図 1-b に FT82-43 に 2 本の線を 11 回巻いた完成図を, 図 1-c に FB801-43 に 1 本の線を 3 回巻いた時の図を示します.



(a) 4 回巻いた時の途中経過 (b) FT82-43 の完成したコア (c) FB801-43 の完成したコア

図 1 フェライトコアに線を巻く

ROM に書き込む復調, 変調用のデータは,
<http://www.sunbit.or.jp/users/shin/Packet/MM967/>
 からダウンロードして下さい.

すべての部品を実装したら, もう一度見直します.

問題がなければ電源を接続します. 三端子レギュレータを使用した場合 “12V” のマーキングのコネクタから 12V を接続します. 三端子レギュレータを使用しない場合は “5V” のマーキングのコネクタから 5V を接続します.

電源を接続しそれぞれの IC に異常がないか確かめます. それぞれの IC はそれほど熱くはなりませんが, 触れないくらいに熱くなるようでしたら, 即座に電源を切って半田付けが間違えていないか, 電源を間違えていないか確かめてください.

TXOUT の I か Q にオシロコップを接続して, DATA I/O の 5 ピンを GND に接続すると何らかの波形が発生したら, とりあえず完成です.

調整は次章のように行いません.

4 調整

調整には必ずオシロスコープが必要です.

送信調整は簡単であるが, 受信調整はほぼ VR1 の調整でモデムの受信性能が決まってしまうので, 慎重に調整を行なう必要があります. VR1 を多回転可変抵抗にするのも一つの手です.

送信側の調整

- DATA I/O コネクタの 5 ピンの \overline{RS} を GND に接続 (送信状態にする).
- J1 を 1 にセットして TXOUT の I または Q を測定して, 2.496MHz が出力していることを確認.
- J1 を 3 にセットして TXOUT の I または Q を測定して, 2.880MHz が出力していることを確認.
- ジャンパースイッチ J1 を 2 にする.
デジタル側のコネクタ 3 ピンの TxD を IC11 の 14 ピンに接続 (010101010101010... の送信) し, I と Q を測定し, 振幅がなるべく一定になるように L4, L5(FCZ 07S3R5) を調整.
- またデジタル側のコネクタ 3 ピンの TxD を
IC11 の 13 ピンに接続 (00110011001100110... の送信)
IC11 の 12 ピンに接続 (00001111000011110... の送信)
IC11 の 11 ピンに接続 (00000000111111110... の送信)
にした時, 全項目と同様に TXOUT の I と Q の振幅がなるべく一定になるように L4, L5(FCZ 07S3R5) を調整.

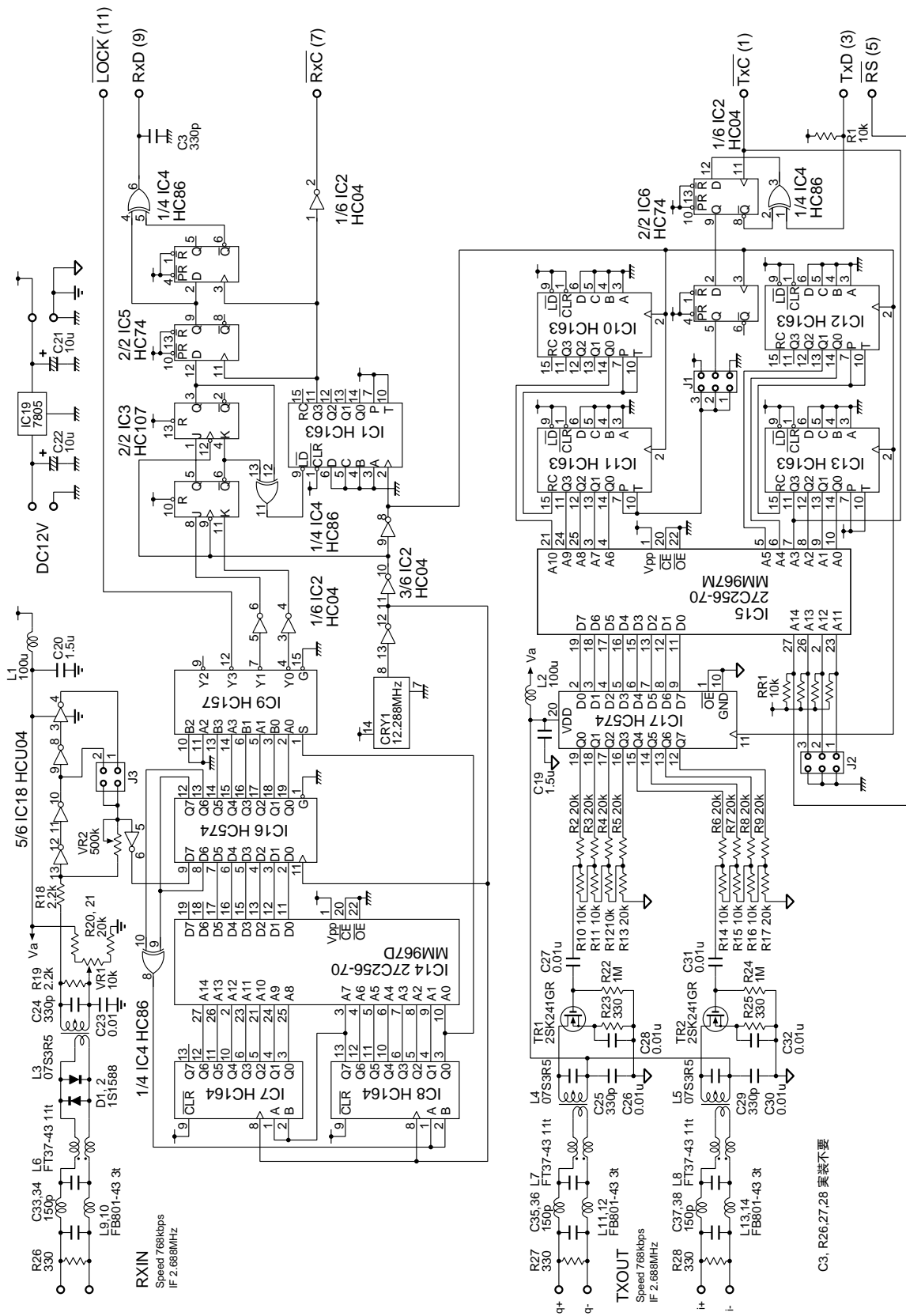
受信側の調整

- TXOUT の I (Q でも可) と RXIN を接続 (ループバック状態),
- デジタル側のコネクタの 3 ピン TxD を IC11 の 14 から 11 に接続した時に, R18 (2.2k) のコイル側の振幅がなるべく一定になるように, L3 (FCZ 07S3R5) を調整
- VR2 を中間より時計回りにしておく (回しきっても可). ジャンパースイッチ J1 を 1 に, J3 も 1 にしておく.
- IC18(HCU04) の 6 ピンの波形を見て, デューティ比を 50% になるように VR1 を調整する.
- ジャンパースイッチ J1 を 3 にする.
- IC18(HCU04) の 6 ピンの波形を見て, デューティ比を 50% になるように VR1 を調整する.
- 以上 4 項目を何回か繰り返し, なるべくデューティ比を 50% になるようにする.
- ジャンパースイッチ J1 を 2 にする. デジタル側のコネクタ 3 ピンの TxD を以下のそれぞれに接続
IC11 の 14 ピンに接続 (010101010101010... の送信)
IC11 の 13 ピンに接続 (00110011001100110... の送信)
IC11 の 12 ピンに接続 (00001111000011110... の送信)
IC11 の 11 ピンに接続 (00000000111111110... の送信)
デジタル側コネクタ 9 ピンの RxD を測定してこのデータが出ているか確認してデューティ比を 50% になるように VR1 を調整する. ただし, RxD に約 70 ns のヒゲが出るので, オシロがこれにロックしたりしてブレた波形になってしまう場合があるので, これを押さえるために C2 に 100pF を入れてヒゲをなくした方が測定しやすい.
そして, デジタル側コネクタ 7 ピンの \overline{RxC} の波形を測定して 768kHz でかつデューティ比が 50% になるように VR1 を調整.

表 1: 部品表

部品番号	部品名	個数	備考
IC1,10,11,12,13	HC163	5	16pin 4-Bit Binary Counter HC161 可
IC2	HC04	1	14pin Hex Inverters
IC3	HC107	1	14pin J-K Flip-Flops
IC4	HC86	1	14pin Quad 2 Input Ex-OR
IC5,6	HC74	2	14pin Dual D Flip-Flops
IC7,8	HC164	2	14pin 8-Bit Shift Register
IC9	HC157	1	16pin 2 to 1 Data Selectors
IC14,15	27C256-70	2	28pin 32k × 8 Bit EPROM 70ns 指定
IC16,17	HC574	2	20pin Octal 3-State D-FFs
IC18	HCU04	1	14pin Hex Inverters
IC19	7805	1	三端子レギュレーター
CRY1	TCO-711A 12.288MHz	1	水晶発振器
D1,2	1S1588	2	小信号用ダイオード
TR1,2	2SK241GR	2	
L1,2	100 μ H	2	横型
L3,4,5	07S3R5	3	FCZ 研究所
L6,7,8	FT82-43	3	ホルマル線 0.28mm 2本 11回巻き
L9-14	FB801-43	6	ホルマル線 0.28mm 3回巻き
C1,2, 4~18	0.1 μ F	17	(104) 積層セラミック
C19, 20	1.5 μ F	2	(155) 積層セラミック
C21,22	100 μ F 16V	2	電解コンデンサ
C23,26,27,28,30,31,32	0.01 μ F	7	(103)
C24,25,29	330pF	3	(331) 温度補償 (青) FCZ 用
C33-38	150pF	6	(151) フィルタ用
R1,10,11,12, 14,15,16	10k Ω	7	金属皮膜抵抗 (茶黒黒赤茶)
R2-9,13,17,20,21	20k Ω	12	金属皮膜抵抗 (赤黒黒赤茶)
R22,24	1M Ω	2	金属皮膜抵抗 (茶黒黒黄茶)
R18,19	2.2k Ω	2	金属皮膜抵抗 (赤赤黒茶茶)
R23,25	330 Ω	2	金属皮膜抵抗 (橙橙黒黒茶)
RR1	10k Ω	1	4素子集合抵抗 (103)
VR1	10k Ω	1	可変抵抗 基板型
VR2	500k Ω	1	可変抵抗 基板型
J1,2	2×3 ジャンパーヘッダ	2	
J3	2×2 ジャンパーヘッダ	1	
	ショートピン	3	
IC ソケット	14pin	8	
IC ソケット	16pin	6	
IC ソケット	20pin	2	
IC ソケット	28pin	2	
	ホルマル線 0.28mm		L6-14 に巻く線

C3,R26,R27,R28 不必要



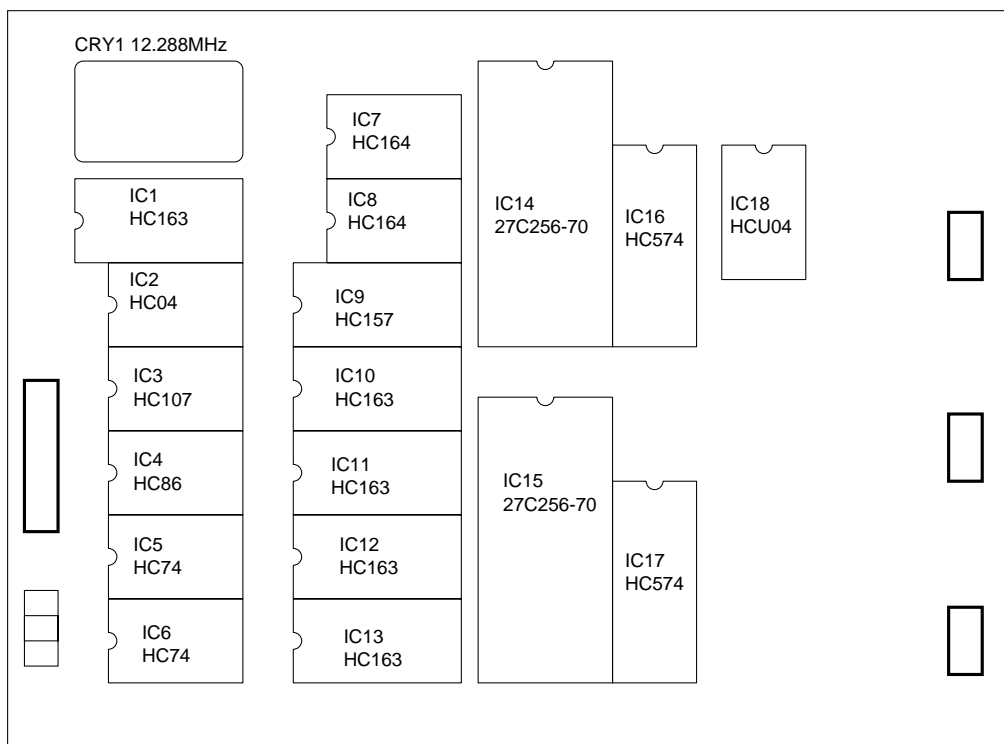


图 3: IC 配置图

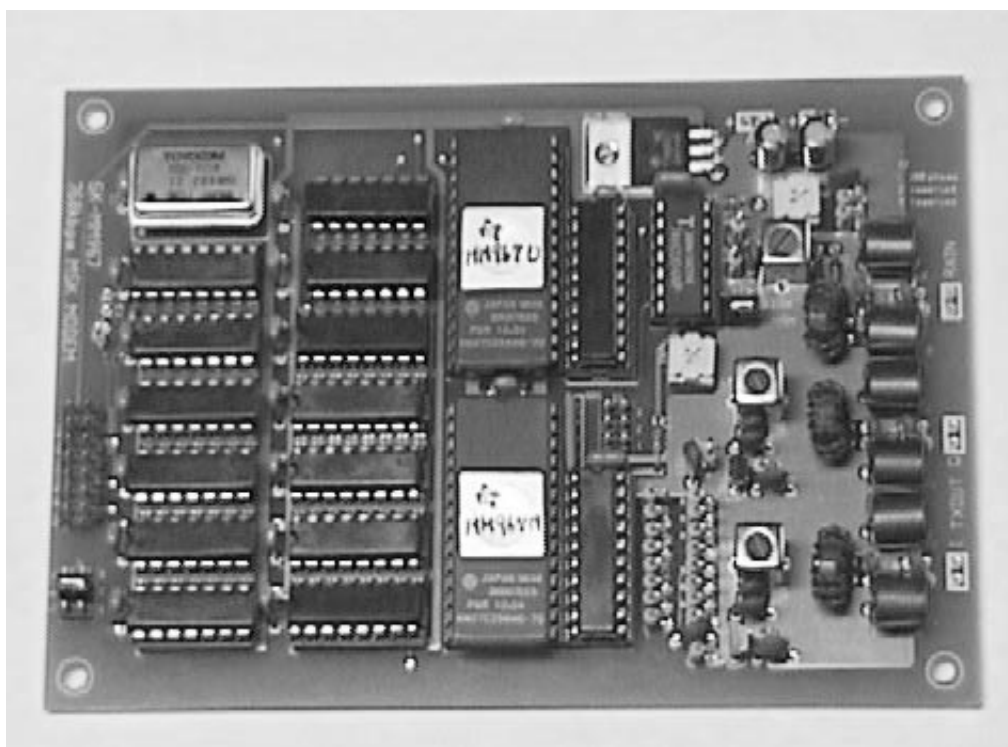


图 4: 完成图

5 コネクタ, ジャンパー表

- **DATA I/O** デジタルデータコネクタ

デジタルデータの入出力を行なう部分です。14ピンコネクタを接続することで、フラットケーブルによる結線が容易になります。

番号	信号名	I/O	意味
1	$\overline{\text{TxC}}$	O	送信クロック
3	TxD	I	送信データ
5	$\overline{\text{RS}}$	I	送信要求
7	$\overline{\text{RxC}}$	O	受信クロック
9	RxD	O	受信データ
11	$\overline{\text{LOCK}}$	O	受信ロック
13	NC ¹		
偶数ピンは GND			

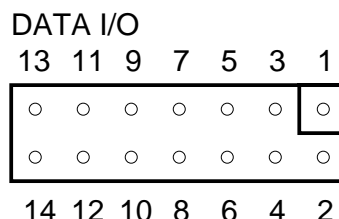


図 3: ピン番号の読み方

- **J1** データセレクトジャンパー

テスト用のジャンパーです。通常は 2 番の位置にしておきます。テスト時このジャンパーを、1 番の位置にすることで送信データが L になり出力から 2.496MHz が送信されます。また、3 番にすると送信データは H になり出力からは、2.880MHz が送信されます。コアの調整などに使用します。調整後は必ず 2 番の位置に設定しておきます。

番号	信号名	意味
1	L	送信データを L に固定
2	D	NRZI 化された TxD (default)
3	H	送信データを H に固定

- **J2** 波形ジャンパー

送信波形の選択を行なうジャンパーです。1 番は送信波形を 180° ずらしたい場合に使用します。直交変調器などを使用した場合に $f_c \pm f_s$ の目的側の周波数が得られない場合にこのジャンパーをセットすると目的の周波数を得ることができます。

1	180°	送信波形を 180° ずらす
2	reserved	
3	reserved	

- **J3** 受信利得ジャンパー

受信の利得をセットします。必ずどちらかにセットしてください。特に問題がなければ 1 番にしておきます。

1	HIGH	高利得 (default)
2	LOW	低利得

¹Non-Connection どこにも接続していないことを示す

参考文献

- [1] 菅野伸一 JN1JDZ/1: 768kbps RF MSK MODEM
<http://www.sunbit.or.jp/users/shin/Packet/MM967/>

- [2] 共立電子産業(株): Silicon Kit Products Catalog
<http://www.kyohritsu.com/CATALOG/SIKIT/index.html>

SK-MM967

768kbps MSK Modem Board 説明書

初版 1997年7月25日

共立電子産業株式会社

〒556 大阪市浪速区日本橋5丁目7-19

TEL (06) 644-4446

FAX (06) 644-6666

e-mail: sikit@kyohritsu.com

www: <http://www.kyohritsu.com/>