

デジタルICで逡倍する

28MHz FM送信機



JA1AYO 丹羽 一夫

逡倍・あれこれ

昔の送信機に比べると、現在の送信機はHF、VHFともにその構成が大きく違ってきています。その一つは、昔の送信機には必ずといってよいくらいに逡倍回路があったのに、今ではこれがみえなくなっています。

その理由はいろいろ考えられますが、そのせんさくは本題ではないので省略して、今月は逡倍について、かねてからあたためていた回路を実験してみたいと思います。

なお、逡倍回路は、実際に使われている市販の無線機の中からは、ほとんど姿を消していますが、ハムになるときに勉強する「初級ア

マチュア無線教科書」の中にちゃんと生きています。ですから、HFやVHF送信機での逡倍回路の役目は十分にご存知のこととして話をすすめます。

さて、かねてからやってみたいと思ってあたためておいた逡倍回路というのは、「IC 応用回路アイデア集」(横井与次郎編、誠文堂新光社刊)に紹介されている第1図のようなものです。

この回路は、実は拙著「ハムのトランジスタ活用」(CQ出版社刊)の中に収録した『PLLによる144MHz帯用デジタルVFOの製作』の中で制御用のパルス発生回路に応用しています。この中では、ほかにも局発信号をデジタル

ICを使って分周するという試みも行いました。

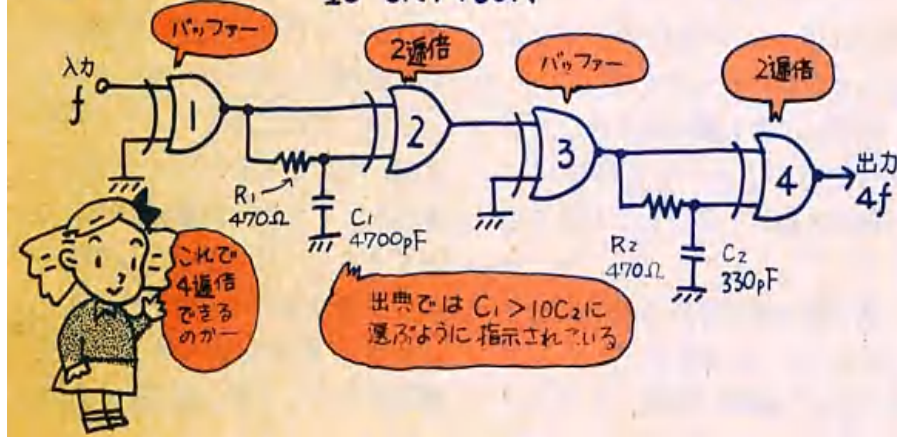
話をもとにもどして、ハムのトランジスタ活用の中では、第1図の回路を0.5Hzとか1Hzといった、ごく低い周波数で使ったわけですが、できればこの回路を送信機の逡倍回路に応用できないかと思っていたわけです。

そのように思ったのは、第2図に示したような理由によるものです。ここでは従来のやり方をアナログ型、今月実験するものをデジタル型と呼んでみましたが、アナログ型では、出力波形をひずませたうえで、同調回路の助けをかりて、高調波成分の $2f$ を取り出していました。このやり方だとしても基本波の成分が強く残ってしまい、スペアナでも見ながらやらないと、どの周波数で次段をドライブしているのか、いささか心もとないといった不安がまとったものです。

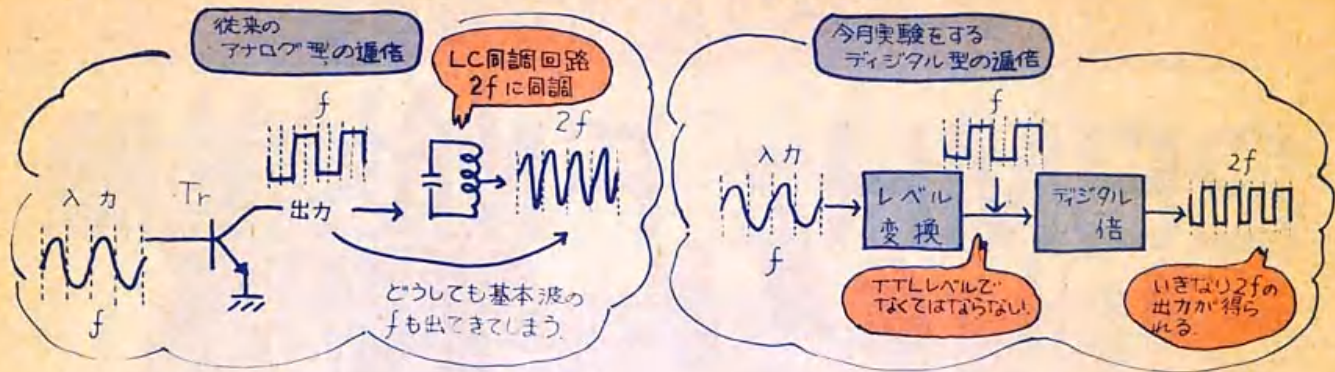
その点、デジタル型だと、出力はいきなり $2f$ になって出てくるので、アナログ型でしたような心配はなくなりそうです。

これが、デジタル型の逡倍をやってみたく思っていた大きな理由です。

第1図 デジタルICのEx(イスクルーシブ)ORを使った1チップ逡倍回路
IC SN7486N

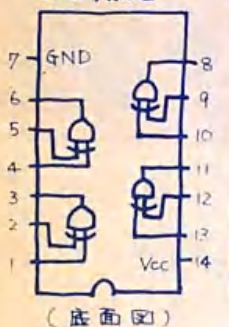


第2図 デジタル型ではいきなり2fが作られている



第3図 74F86の特性

ピン接続

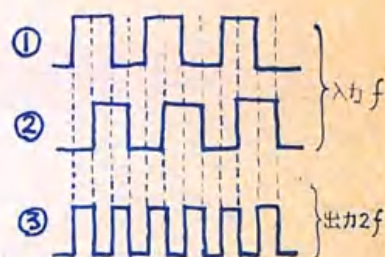
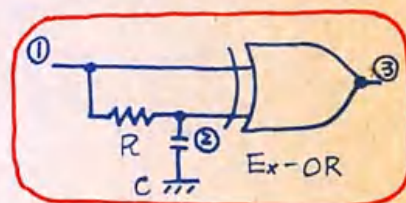


74F86のスピードと各ICとの比較

記号	条件		比較			単位
	入力	出力	N/LS	S	F	
tpd	L, L → H	L → H	23	10.5	6.5	ns
	L, H → L	H → L	17	10	6.5	ns
	H, H → L	L → H	30	10.5	8	ns
	H, L → H	H → L	22	10	7.5	ns

(値は最大値)

第4図 Ex-ORによる通倍の動作



なお、アナログ型では2通倍以外にも3通倍もできますが、第1図に示したデジタル型では、1回あたりの通倍は2通倍だけで、3通倍というのは原理的に不可能です。

それから、デジタル通倍の出力は方形波ですから、目的の2fだけを得るには、やはりLC同調回路なり、ローパス・フィルターの助けを借りなければなりません。

…というわけで、高周波でデジタル通倍をやってみたくてはいたのですが、従来のTTL ICでは数MHzまでがいいところで、うまい応用を思いつきませんでした。ところがデジタルICのスピードもどんどん速くなり、どうやらHFの送信機くらいなら実用になる時代がきたようです。

現在、最もスピードの速いTTL ICは74Fシリーズのファースト・タイプのもので、第1図に示したSN7486 (Ex-OR、4個入り) では74F86となります。そこで、この74F86のスピード(スイッチング時間)を従来のタイプのものとは

べてみると、第3図のようになります。

ちなみに、Nとはノーマル・タイプの7486で、LSは74LS86、そしてSが74S86です。こうしてみると、74F86がどれよりもスピードが速いことがわかりますね。なお、このようなデータは、「最新TTL IC規格表'85」(CQ出版社刊)に紹介されています。

さて、第3図を見ると74F86のスイッチング時間は、いちばん遅いときでも8nsです。

そこでこれを周波数になおしてみると125MHzとなります。もちろん、スイッチング時間の定義からいって、この周波数まで使えるわけではありませんが、どうやら短波(HF、3~30MHz)までならなんとか使えそうです。

最後に、第1図に示されたEx-OR (イクスクルーシブ OR) による通倍の動作を紹介しておきましょう。

第4図は通倍される様子を示したもので、Ex-ORの二つの入力端子には、時間(位相)をずらした

入力信号を加えます。一方の入力端子にはいつているRとCは、時間をずらす役目をしており、このような動作をすれば、RCによる以外の方法でもかまいません。

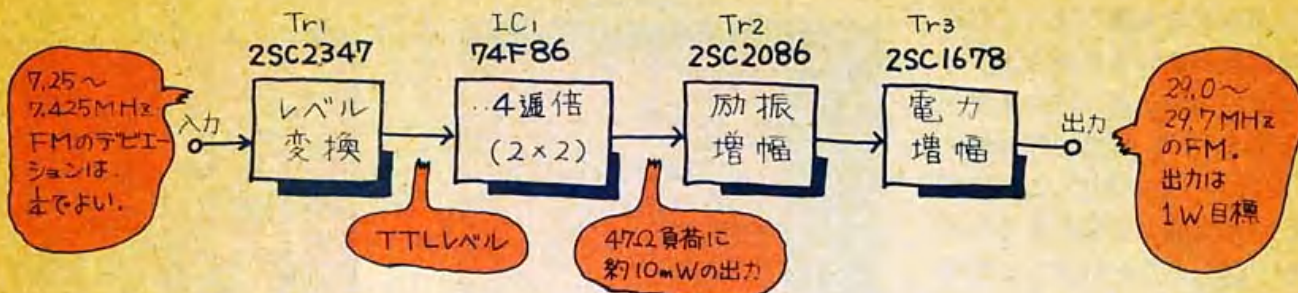
①と②の入力から③の出力が得られる様子は、第3図の中の表の条件のところの動作をあてはめていくとわかります。あなたもやってみてください。

28MHz FM 送信機への応用

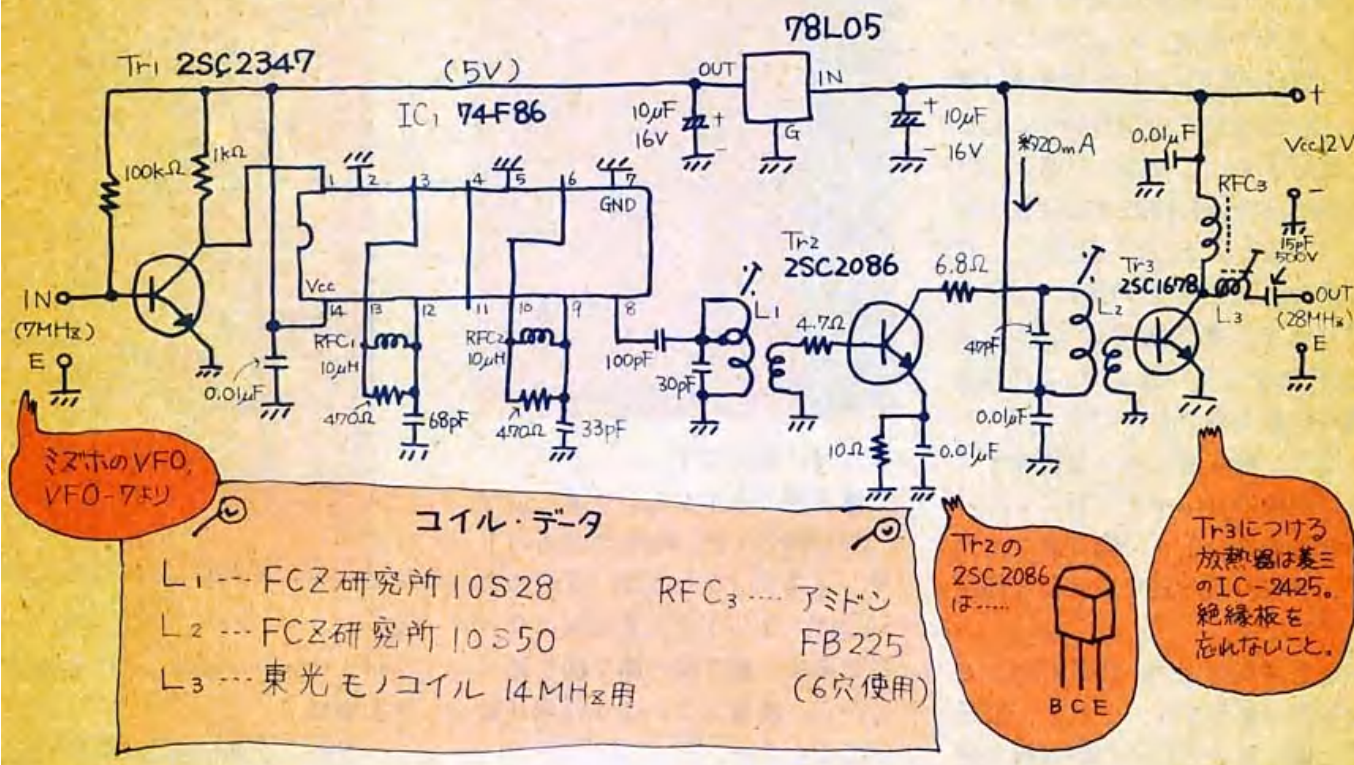
今月は前置きが長くなってしまいましたが、デジタル通倍の見通しがたったところで、早速なにかに 응용してみることにしました。

実は、かねてからやってみたいと思っていたことがもう一つありました。それは、自作派ハムにはおなじみのミスホ通信のVFOユニットの流用です。このVFOユニットのRIT回路を使ってFM変調をかけてみたら面白そうだなあ

第5図 28MHz 1W FM送信機の計画



第6図 28MHz 1W FM送信機の回路



ということでした。

そこで、この VFO ユニットとデジタル通倍を組み合わせ、28MHz の FM 送信機を作る実験をしてみることにします。

第5図が今月やってみる 28MHz 1W FM 送信機の計画です。

まず、買ってきたミズホ通信の VFO ユニットは QP-7 (VFO-7) で、定格は第1表のようになっています。

そこでまず出力周波数を見ると、7.0~7.13MHz (カッコ内は QP-21 の場合) となっています。これを第5図のように 4 通倍して 28MHz 帯の出力を得ますが、28MHz 帯の FM は 29.0~29.7MHz なので、正確には 7.25~7.425MHz の出力が必要となります。VFO-7 の周波数

可変範囲は 130kHz で、これを 4 通倍しても 520kHz となって必要な 700kHz をカバーしない計算ですが、実際には可変範囲には余裕があり、やってみたところでは 700kHz 近くまでカバーできました。

出力を 1W に選んだのは、特に理由はありませんが、作りやすいところであり、また 10W にするにも手ごろな電力だからです。Tr₂ と Tr₃ の部分は「ハムのトランジスタ活用」の中で十分にいじったところで、そのときのやり方がすべて応用できます。

さて、74F86 を使って、第1図のデジタル通倍回路の実験を 5MHz と 10MHz で行った結果、どうやらいけそうなので、早速、第

第1表 VFO-7の定格

出力周波数範囲	7.0~7.13MHz (21~21.4MHz)
RFT可変範囲	±2.5kHz以上
出力電圧	1.5V (600Ω負荷)
周波数安定度	スイッチONから30分まで ±3kHz, その後30分あたり 200Hz以内(常温)
使用電圧	12~13.8V
消費電流	25mA

5 図の計画を現実のものにしてみることにしました。

第6図が、28MHz 1W FM 送信機の回路です。

まず、Tr₁ がレベル変換です。ここで、VFO の出力を TTL レベルに変換します。

IC₁ が、74F86 を使ったデジタル通倍回路です。この回路はバッファと組みになっていて、1 段目は 7→14MHz、2 段目は 14→28

MHz の逡倍を行います。

この回路を第1図と比べてみると、周波数が違いますからまずコンデンサーの値が違ってきます。それともう一つ、抵抗器に並列にRFCがはいっています。これは事前に行った実験の結果によるものですが、詳しいことはあとで実際に働かしてみながら説明することにします。

Tr₂とTr₃の部分は、「ハムのトランジスタ活用」のp.170に示した21MHz帯用の混合・励振部(第3-2-35図)を28MHz用に直して使います。ちなみに、第3-2-7表の出力結合回路を設計しなおしてみると、L₃は2.84μH、これに直列に入れるCの値は12pFとなります。第6図ではこのCは15pFになっていますが、これは実験の結果決めたものです。

では、第6図に示した部分をプリント板の上で作ることにして部品を集めましょう。第2表が、プリント板の組み立てに必要な部品の一覧です。

電力増幅に使う2SC1678には、放熱器が必要です。それと、放熱器に取り付けるための絶縁板と絶縁ワッシャーが必要ですので、トランジスタを買うときに忘れずにいっしょに買っておきましょう。

第7図が、プリント板のプリント・パターンです。プリント板の加工が終わったら部品を取り付けて組み立てますが、このときに注意しなければならないことがあります。それは、Tr₂の2SC2086の

第2表 プリント板の組み立てに必要な部品

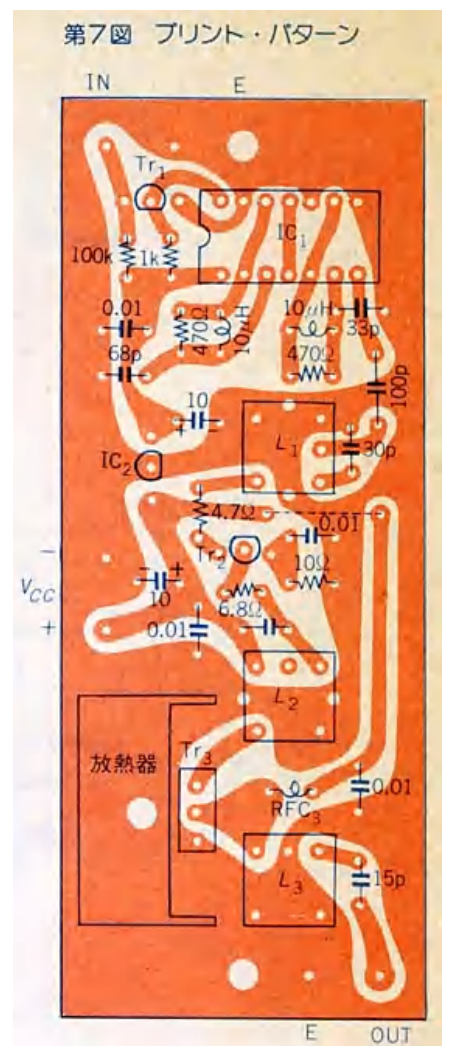
部品名	種類と規格	数量
半導体部品	Tr...2SC2347	1
	2SC2086	1
	2SC1678	1
	IC...74F86	1
放熱器	78L05	1
	IC-2425(菱三)	1
コイル類	絶縁板, 絶縁ワッシャー	一式
	FCZ...10S28	1
	10S50	1
	東光...28MHz用モノコイル	1
	FB225(アミドン)	1
	RFC...10μH	2
コンデンサー	セラミック	
	15pF(500V)	1
	30pF	1
	33pF	1
	47pF	1
	68pF	1
	100pF	1
	0.01μF	4
	電解...10μF16V	2
抵抗器	カーボン(1/4W)	
	4.7Ω	1
	6.8Ω	1
	10Ω	1
	470Ω	2
	1kΩ	1
100kΩ	1	
その他	プリント板(40×100mm)	1

取り付け方向です。

第6図にも示しておきましたが、2SC2086のピン接続は普通のトランジスタ(たとえば、Tr₁の2SC2347)とちょうど正反対になっています。第6図と第7図を比べながら、間違えないように取り付けてください。

デジタル逡倍の動作

プリント板の組み立てが終わったところで、VFO-7をつないで逡倍の様子を調べてみました。第6図のデジタル逡倍回路は第8図のようになりますが、写真1は①(上)と②(下)点の波形を見ました。これを見ると、やはり



バッファが必要なことがわかりますね。

つぎに、2逡倍出力の◎点の出力波形を見たのが、写真2です。最初、R₁の470ΩだけでRFC₁はなし、C₁をトリマー・コンデンサーにして最もよい状態にした結果が写真2でした。

写真3は、RFC₁を入れたあとの②(上)と◎(下)点の波形です。これを見ると2逡倍の出力波形が改善され、しかもたしかに2逡倍

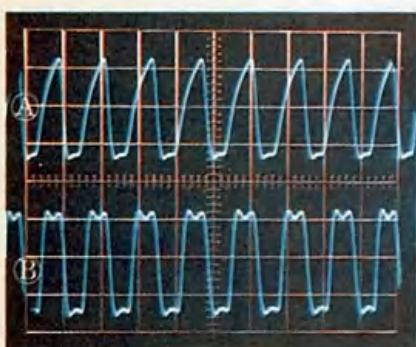


写真1 バッファの效果を見る。(7MHz)

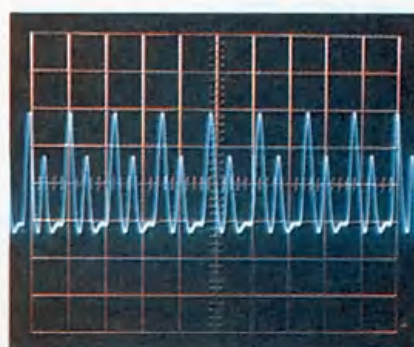


写真2 ◎点の逡倍された波形(14MHz)

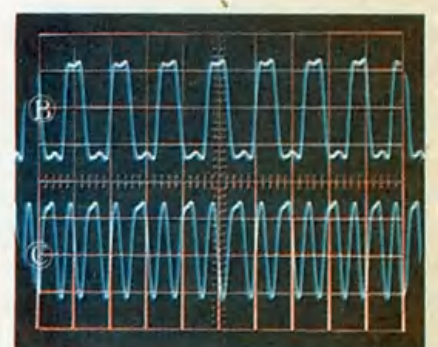


写真3 7MHzから14MHzへの逡倍が完成したところ

されていることがわかるでしょう。なお、RFC₁の値もいろいろ考えてみましたが、10 μ HがいちばんFBでした。

私の使っているオシロ・スコープは15MHzまでのものなので、ここまでの波形しかお見せできませんが、つぎの2通倍回路のRFC₂やC₂の値も同じように実験により決めたものです。C₁とC₂の値については、第1図の出典の指示と違っていますが、とにかくこれで働いています。

なお、デジタル通倍回路がうまく働いた所でL₁のリンク・コイルに47 Ω の負荷をつないで出力電圧を測って見たら0.7Vほどが得られました。これは、電力にすると10mWほどになります。

FM 変調の実験

VFO-7のRIT回路を利用したFM変調の実験を、簡単に紹介しておきます。

VFO-7では第9図のようにG端子にRIT回路が出ており、F端子からは安定化された6Vの電圧が得られます。そこで第9図のようにA端子のVFO出力に周波数カウンタをつなぎ、10k Ω のVRを回してみました。そうしたら6kHzほど周波数が変わり、G端子の電圧がほぼ1Vのときに可変範囲の中央となりました。そこでここにVRを固定し、オーディオ発振器から1kHzで0dBm(約0.7V)の信号を加えて4倍の高調波を28MHzのFM受信機(たとえば、IC-2N+本誌1984年5月号で作った28MHzクリコン)で聞いてみたら、みごとにFM変調がかかりました。

実験の結果では、オーディオ信号レベルとしては0.4~0.5VあればほどよいFM変調がかかります。したがって、ゲインをおさえたトランジスタ2段増幅か、プリアンプ用のICを使えばちょうどよさそうです。ただし、正式な

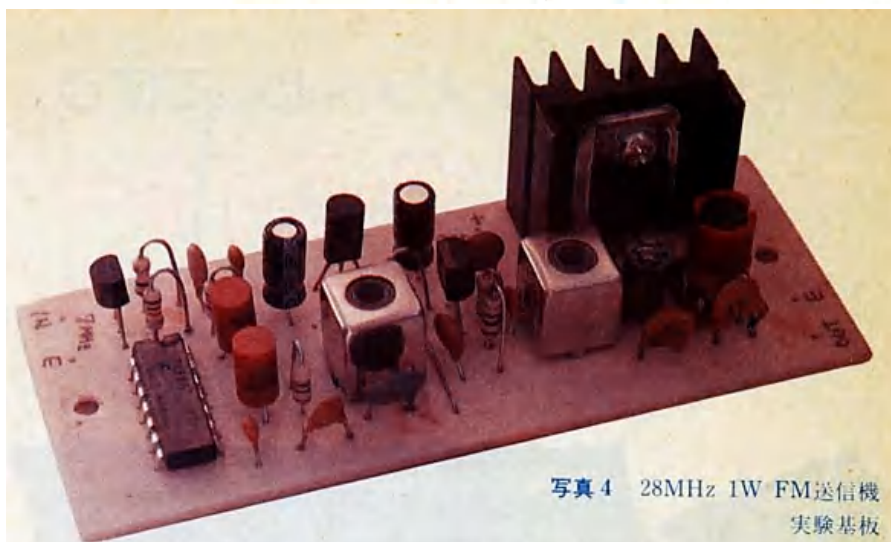
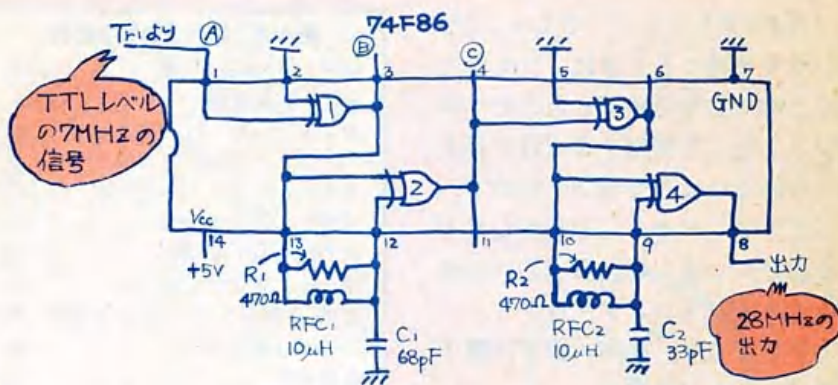
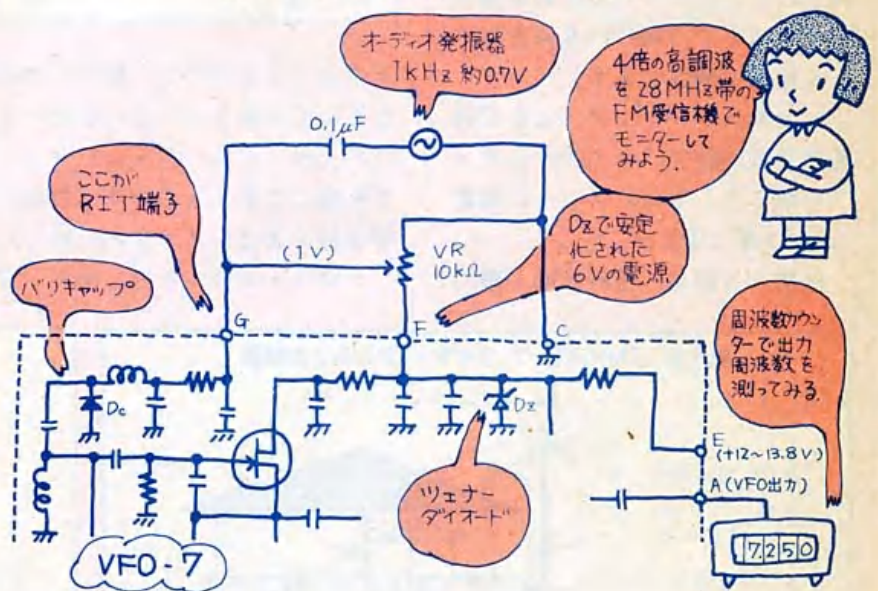


写真4 28MHz 1W FM送信機
実験基板

第8図 デジタル通倍の実験



第9図 VFO-7を使ったFM変調の実験



FMにするには、IDC(リミッター+フィルター)なども必要になるでしょう。

*

ちゃんとした28MHz帯のFM送信機にするには、今月作ったもの

以外にマイク・アンプやスタンプ回路も必要になってきます。今月はそこまでいきませんでしたので実験としましたが、できればちゃんとした送信機にまとめてみたいと思っています。 口