

第9章 再生・超再生ラジオ

ここで取り上げる超再生ラジオは、優れた特性の簡易ラジオではありません。優れた特性の簡易ラジオをトランジスタ石で作るとしたら、レフレックスラジオが最適です。音量、音質、混信特性、部品点数、何をとってもレフレックスラジオが優れています。しかし、超再生ラジオは、その不思議な構成を楽しむことができますし、電子回路の醍醐味を十分味わうことができます。

●再生ラジオ

超再生を理解する前に、まず再生について理解する必要があります。図9-1を見てください。出力の一部を正帰還で入力に戻した場合の図です。こうすると、 $V_o=A(V_i+\beta V_o)$ となりますので、

$V_o=AV_i/(1-\beta A)$ となります。 $\beta A=1$ で発振状態になるのは、第4章発振回路で説明した通りです。もし、 $0<\beta A<1$ ならば、 $(1-\beta A)<1$ となって $V_o>AV_i$ となります。つまり、帰還回路がないときの出力である AV_i よりも大きな出力が得られることがわかります。以上では βA を実数としましたが、複素数であっても $|1-\beta A|<1$ ならば、同じ効果となります。このように、発振しない程度に正帰還をかけ、ゲインを大きくすることを再生とよんでいます。また、そのようにすることを再生をかけるといいます。

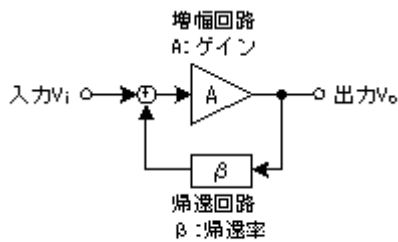


図9-1 正帰還をかける

では、実際の回路で正帰還をかけて再生の効果を実験してみます。正帰還をかける前の回路(ラジオ)を図9-2に示します。この回路は第5章ダイオード検波ラジオで扱った回路です。C局の音声出力は0.3mVくらいですので、ほとんど聞こえません。もしかしたら鳴っているかもしれない、といったところです。この状態が再生でどうなるかを実験します。

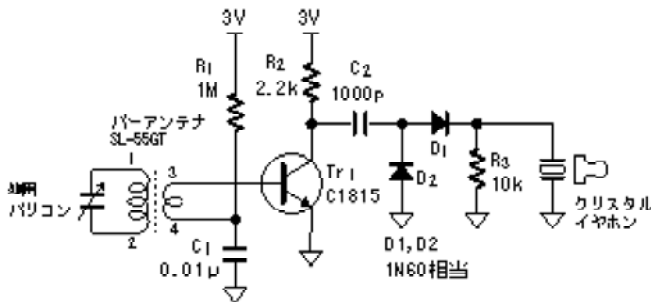


図9-2 正帰還をかける前の回路

正帰還をかけるには、そのためのコイルを用意する必要があります。そのコイルを図9-3に示し

ます。ここでは、このコイルを再生コイルとよぶことにします。この図では右に付けていますが、もちろん左に付けてもかまいません。この再生コイルを巻くために、まずボビンを作ります。私は普通の紙と両面テープを使って簡単に作りました。このボビンの表面に両面テープを貼っておくと、コイルを巻くときに、ほつれることがないので簡単にコイルを巻くことができます。なお、コイル用の最適な線材を入手するのが困難なので、私は別のバーアンテナをつぶして、その線を用いました。

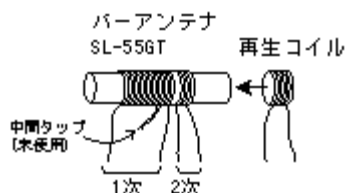


図9-3 再生コイルを巻く

再生コイルを作成したならば、トランスとしての極性(回路図で黒丸・で表されるもの)を確認しておきます。この極性は2次コイルと再生コイルとの極性ですので注意してください。2次コイルと再生コイルが全く同じ巻き方ですと、それぞれの巻き始めが同じ極性です。極性を確認したならば、同じ極性のリード線に黒インク等でマーキングをしておくと、後で便利です。

図9-4にコレクタから正帰還をかけた例を示します。2次コイルと再生コイルの極性に注意してください。VR1で帰還量を調整します。VR1を小さくしていくと、ピーと発振します。このときの発振原理は図4-25(a)のベース同調帰還型と同じです。再生には、この発振する手前が最適な帰還量です。

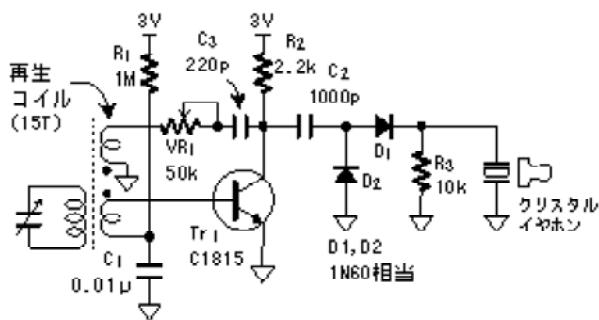


図9-4 コレクタから正帰還をかける

図9-4の回路でC局の音量はどのくらい大きくなるのでしょうか。実は、これを測定するのは結構困難です。というのは、音質をどうするかで音量が大きくなり変化するためです。例えば、ほとんど発振している状態で、異常に低音が大きくなりますが、音質は劣悪です。ここでは、まあまあの音質に調整することになります。そうするとC局の音声信号は10~20mVとなります。この値ですと、まあまあ聞こえます。再生をかける前は、この値は0.3mVだったのですから、再生をかけることによって実に30~60倍大きくなったこととなります。ただし、高周波増幅回路のゲインが30~60倍大きくなったというわけではありません。表5-1を思い出してください。ダイオード検波は入力電圧の大きさに大きく効率が変わりました。この表を考慮すると、高周波増幅回路のゲインの増加は5倍くらいのものでしょうか。それでも、再生の効果は絶大なのがわかります。

図9-4ではコレクタから帰還をかけましたが、エミッタからでも可能です。その回路を図9-5に示します。この回路では非常に強く帰還がかかりますので、再生コイルの巻き数を2Tにしています。また、帰還量の調整は図9-6に示すように、再生コイルとバーアンテナのコイルの距離Lで調整します。このLは、図9-5の回路では15~20mmくらい離す必要があります。ちなみに、図9-4ではこのLは0でかまいません。

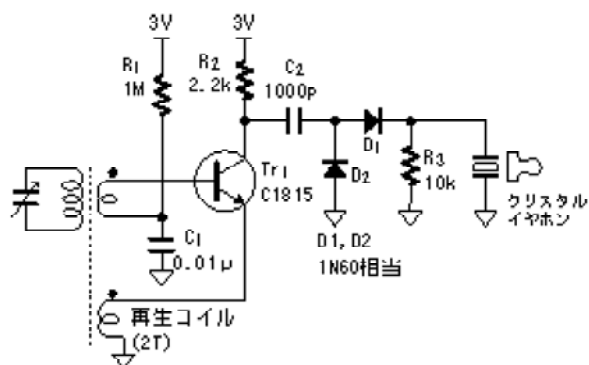


図9-5 エミッタから正帰還をかける

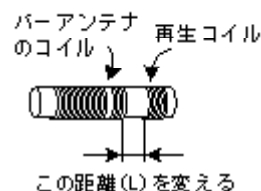


図9-6 帰還量の調整

図9-5の回路のC局の音声信号は、図9-4の回路より少し大きくなります。再生動作は非常に複雑ですので、なぜこうなるかを解明するのは困難です。

図9-5のような電流帰還は、コレクタからでも可能です。その回路を図9-7に示します。この回路のC局の音声信号は、図9-5とほぼ同じになります。

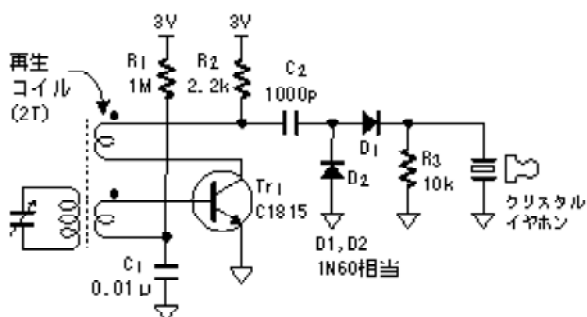


図9-7 コレクタから正帰還をかける別の方法

以上いろいろな再生ラジオを紹介しましたが、これらすべてのラジオに共通する重要なことがあります。それは混信特性です。再生ラジオでは共振回路に帰還をかけます。ですから、その共振周波数のみ正帰還がかかります。その結果、混信特性は大幅に改善されます。例えば、上のラジオでC局を受信したときに、D局は全く混信してきません。逆にこの特性のために、バリコンの調整幅は非常に狭くなり、チューニングがしづらくなります。

ところで本章の冒頭で、一石で作る簡易ラジオではレフレックスラジオが最適と述べましたが、そのレフレックスラジオに以上紹介した再生をかけることによって、最強の一石ラジオができます。

●超再生の原理

図9-8に超再生の原理を示します。再生動作で帰還量を大きくすると当然発振します。この発振は一瞬にして大振幅になるのではなく、徐々に振幅が大きくなります。ですから、この振幅が大きくなっている途中で増幅回路の機能を停止すれば、再生動作よりさらに大きなゲインを得ることができます。振幅が大きくなっている途中、つまり振幅が飽和するまでに発振を停止するのが重要です。これが超再生の原理です。増幅回路の機能を停止すると述べましたが、この動作をクエンチング動作(quench:消す、抑える)といいます。

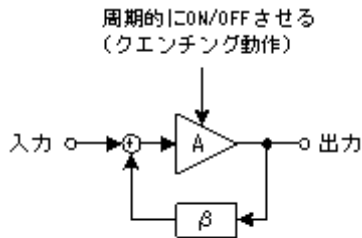


図9-8 超再生の原理

以上の超再生の波形を図9-9に示します。発振状態の振幅が大きくなる途中で、発振を停止している図です。この回路で入力信号があると、(b)のように発振状態のピーク値の包絡線が、入力信号の増幅したものになります。ですから、この回路では普通にダイオード検波すれば、音声信号を得ることができます。なお、この図では、まっすぐな線(波形)に発振波形をプラスしましたが、実際はこのようなまっすぐな波形ではなく、クエンチング周期で変化する複雑な波形になります。

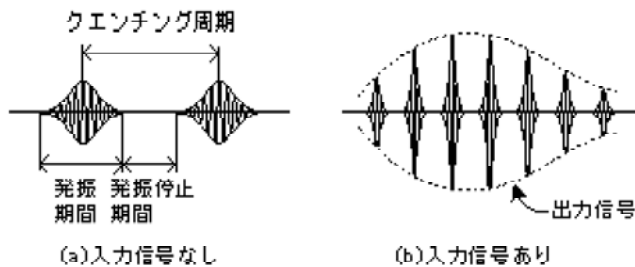


図9-9 超再生の波形(1)

図9-9(b)を普通にダイオード検波すれば、音声信号が得られると述べましたが、このとき当然クエンチング周波数が音声信号に加算されます。ですから、このクエンチング周波数は人間の耳には聞こえない周波数にする必要があります。この周波数は人によって異なりますが20kHz以上です。このクエンチング周波数を20kHzとし、その周期の半分が発振期間とすれば、発振期間は25 μ secとなります。受信周波数を1MHzとすれば、この期間ではこの受信周波数は25サイクルしかありません。0.5MHzでは、実に12サイクルしかありません。もう少し多いサイクルが望ましいのですが、どうしようもありません。ですから、AM中波放送は超再生にあまり適していないといえます。以下でいろいろな超再生ラジオを作るのですが、少しでも有利な1MHz以上の局のみを対象にしています。

図9-9では発振振幅が飽和するまでに発振を停止しましたが、実は飽和をさせても超再生が可能

です。図9-10にその波形を示します。この方式では、入力信号によって発振開始が早く始まるように回路を構成します。つまり、入力信号があると、それに刺激されて発振が早く開始するようにするわけです。このようにするには、発振するか、しないかのギリギリの状態が長く続くようにしなければなりません。

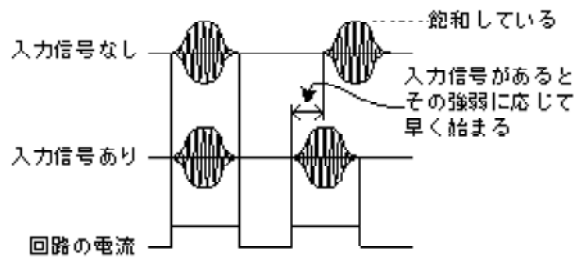


図9-10 超再生の波形(2)

図9-10の回路ではダイオード検波はできません。図に示しますように、発振が始まると、その回路電流が大きくなります。ですから、入力信号によって発振開始が早く始まると、その回路への平均電流が大きくなります。この平均電流が検波信号になっています。この検波信号をより大きくするには、発振時と非発振時の電流差を大きくする必要があります。この方式でも、クエンチング周波数を20kHz以上としなければならないのは同じです。ですから、この方式もAM中波放送にはあまり適していないと言えます。

以上超再生の原理について述べましたが、その超再生のクエンチング動作をさせる方式についてまとめておきます。

- ・外部に専用のクエンチング発振回路を設ける。この本では、外部クエンチング方式とよぶことにします。
- ・一つのトランジスタでクエンチング発振回路を構成し、そのトランジスタでAM波の再生増幅も兼ねる。この本では、自励発振クエンチング方式とよぶことにします。
- ・発振を間欠発振とし、この間欠発振をクエンチング動作として利用する。この本では、間欠発振クエンチング方式とよぶことにします。

以下これらの方式で具体的に超再生ラジオを作っていきます。

●外部クエンチング方式

図9-11に外部クエンチング方式の超再生ラジオの回路を、実際に製作したものを写真9-1に示します。

Tr2, Tr3でマルチバイブレータを構成し、外部クエンチング発振回路としています。このマルチバイブレータの回路以外は図9-4の再生回路と同じものです。ですから、この回路は図9-4の再生回路を超再生にすれば、どうなるかの比較に最適です。

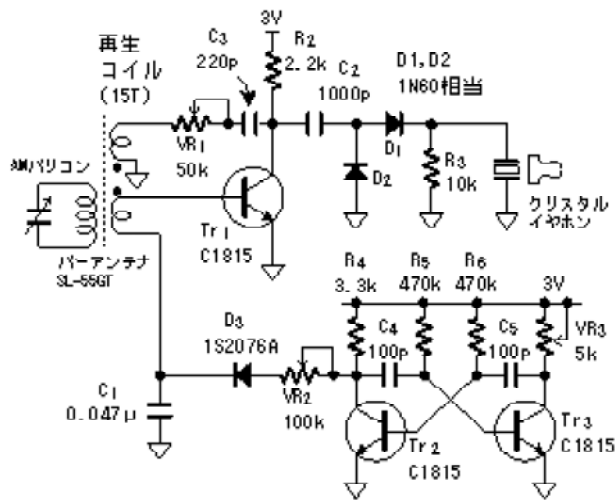


図9-11 外部クエンチング方式の超再生ラジオ

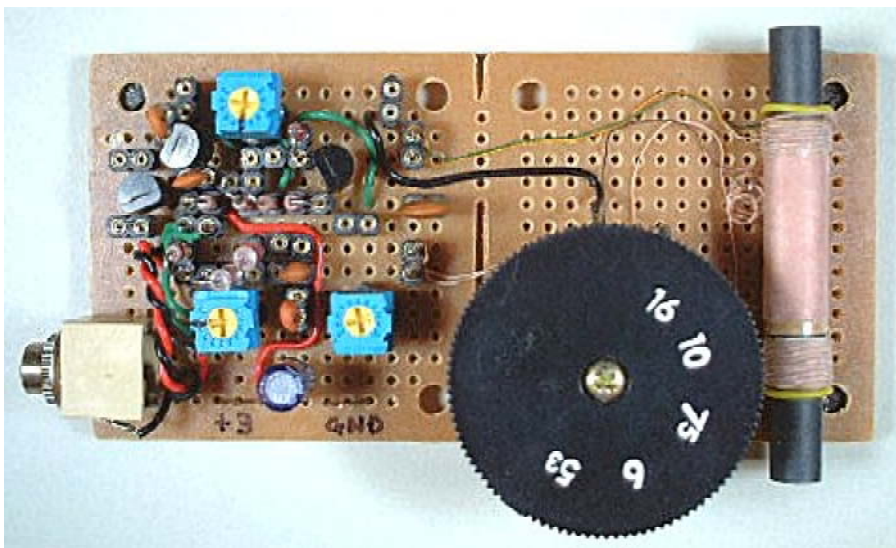


写真9-1 製作した外部クエンチング方式超再生ラジオ

超再生の原理で発振を停止させると述べました。この発振を停止させるには、Tr1のバイアス電流をなくする方法と、Tr1に大きなバイアス電流を流してTr1を飽和させる方法があります。間欠発振クエンチング方式の項で詳しく述べますが、一度発振を起こした回路は、バイアス電流をなくしても、なかなか発振は停止しません。ですから、Tr1のバイアス電流をなくして発振を停止させるより、Tr1を飽和させて発振を停止させる方が、より簡単にクエンチング動作をさせることができます。ここでは、後者の方法を採用しました。

具体的には、Tr2がOFFしたときにVR2、D3を通してTr1に大きなベース電流を流し、Tr1を飽和させます。VR1を小さくして、Tr1が発振するように調整していますが、このときにこの発振が停止します。Tr2がONすると、D3が逆バイアスとなりますので電流が流れません。そうすると、C1の電荷がTr1のベースを通して放電しますので、徐々にTr1が能動状態になっていきます。ここで徐々に能動状態にするのが成功のミソです。このためにD3を用い、かつC1の容量を大きくしています。

Tr1のコレクタの波形を図9-12に示します。これはクリスタルイヤホンをつけた状態の波形です。Tr1が飽和状態になって発振が停止して、その後徐々に電圧が上がり発振が開始されています。クエンチング周期は45μsec(22kHz)ぐらいです。とにかくこの波形にならないと超再生にはなりません。ですから、この波形になるようにVR1～VR3を調整する必要があります。一度調整すると、

局を変更したときにはVR1のみの調整が必要であり、VR2, VR3の調整は不要です。もしオシロスコープがないときは、調整は非常に困難です。VR2はだいたい50k Ω 、VR3はだいたい1k Ω ですので、VR2, VR3をこのくらいにして、VR1を調整して音が大きくなるように調整します。その後、VR2, VR3を少し動かして、VR1を調整して音が大きくなるように調整します。このような調整を繰り返すしかありません。

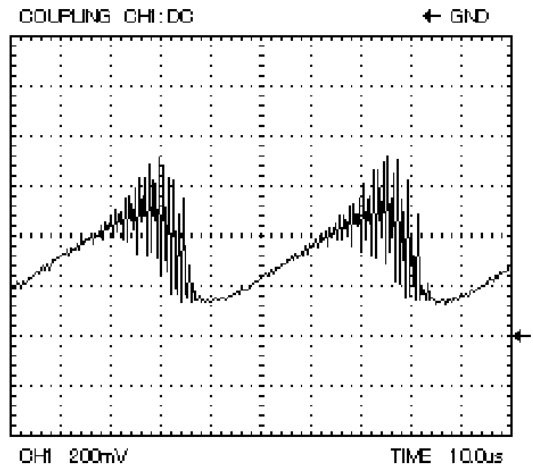


図9-12 図9-11のTr1コレクタ波形

検波は見かけ上、倍電圧検波回路になっていますが、倍電圧検波をしてはおりません。事実、D2を3.3k Ω ~10k Ω の抵抗に替えても全く同じ音量です。抵抗に替えると、この抵抗とC2とでハイパスフィルタとなり、それをD1で検波していることになります。D2はこの抵抗の替わりをしていると考えるべきだと思います。

C局の音声信号は50~60mVであり、十分な音量です。図9-4の再生ラジオのC局の音声信号が10~20mVだったので、超再生にして3~5倍になったことになります。ただし、ジャーとかシャーという雑音が聞こえてきます。この雑音がなければ音質はまあまあといったところです。超再生の原理の項で述べた通り、低い周波数の局であるF局はほとんど受かりません。実は、クエンチング周波数を低くすれば、F局も受信できます。しかし、音質は劣悪であり、とても聞けたものではありません。

ところで再生ラジオの項で、混信特性は大幅に改善されるかわりに、バリコンの調整幅は非常に狭くなり、チューニングがしづらくなると述べました。しかし超再生では、このようにある一点で正帰還が最適にかかるということがありません。すでに発振しているからです。ですから、逆にバリコンの調整幅は非常に広くなり、どこが最適のチューニングポイントかがわかりずらくなります。ただし、C局受信時にD局が混信してくることはありません。この特性は以下で作る超再生ラジオすべてに言えることです。

前述したように、このラジオの調整は大変です。さらに、最適の調整をしても、電源を再びOFFからONにすると、VR1の再調整が必要です。音質も雑音が大きく良くありません。トランジスタも三石が必要です。消費電流も2.3mAと多くを消費します。ラジオとしては全くいいところはなく、決して製作を薦められるものではありません。しかし、超再生ラジオと再生ラジオの比較を容易にできますので、電子回路の勉強にはよいラジオだと思います。

●自励発振クエンチング方式

図9-13に自励発振クエンチング方式の超再生ラジオの回路を、写真9-2に実際に製作したものを示します。L1でクエンチング発振をしています。もし再生コイル等のラジオ関係の回路がなければ、L1によるベース同調帰還型発振回路になっています。このベース同調帰還型発振回路でトランジスタがON/OFFを繰り返しています。そして、トランジスタがONすなわち能動状態のとき、受信周波数での発振が起こり、超再生動作をします。

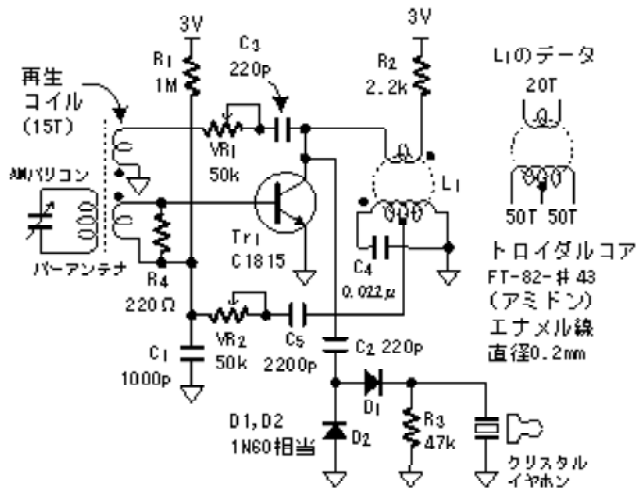


図9-13 自励発振クエンチング方式の超再生ラジオ

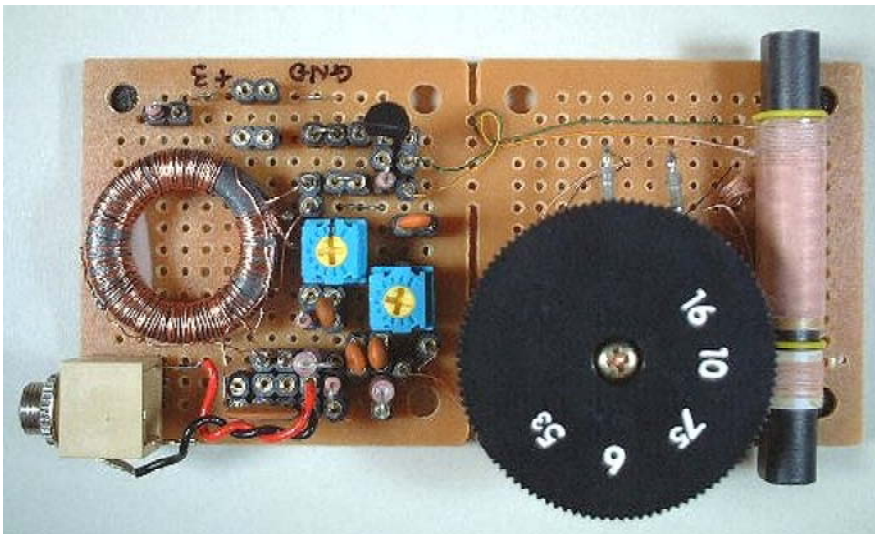


写真9-2 製作した自励発振クエンチング方式超再生ラジオ

L1には適当な市販のトランスがありません。そこで、アミドン(メーカー名)のトロイダルコア(FT-82-#43)にφ0.2mmのエナメル線を巻いて自作しました。100回巻いて、実測4.7mHでした。コンデンサC4との共振周波数は計算上では15.7kHz(周期64μsec)となります。実際でも、だいたいこのぐらいの値になります。クエンチング周波数としては少々低すぎるのですが、このぐらいにしないと良好な超再生になりません。それでも1MHz以上の高い周波数の局しか受信できません。もちろん、C4の容量を大きくして、クエンチング周波数をもっと低くすれば、低い周波数の局も受信できますが、音質が劣悪になります。

この回路では一つのトランジスタでクエンチング周波数と受信周波数の両方を同時発振します。

受信周波数が発振したときに、クエンチング周波数の発振が停止することなく発振を維持しなくてはなりません。この動作をより確実にするために、L1の中間タップからベースに戻しています。中間タップを使用しなくても同じ動作をしますが、中間タップを使用した方がより確実な動作になります。ちなみに、このクエンチング発振用として、ブロッキング発振やCR発振を使用すると、受信周波数が発振したときにクエンチング周波数の発振が停止してしまいます。つまり、どちらかの発振しか起こらず、超再生には絶対にできません。

ところで、前項の外部クエンチング発振方式で、一度発振を起こすとバイアス電流をなくしても、なかなか発振が停止しないと述べました。この回路ではベースを0.6Vよりマイナスにバイアスするのですが、それでも一度発振を起こすと、なかなかその発振は停止しません。ですから、なんらかの対策が必要です。その対策がR4(220Ω)です。この抵抗を付けることにより、受信の共振回路のQが低下して発振が停止しやすくなり、超再生として動作します。この抵抗がないと、発振が停止せず超再生にはなりません。

図9-14に実際のTr1コレクタ波形を示します。VR1, VR2はこの波形になるように調整します。一度調整すると、VR2は調整する必要がありません。局を変えたときは、VR1の調整のみ必要です。オシロスコープがないときは、VR2を10kΩぐらいにして、VR1で音が一番大きくなるように調整します。その後、VR2を少し動かして、VR1を調整することを繰り返す必要があります。

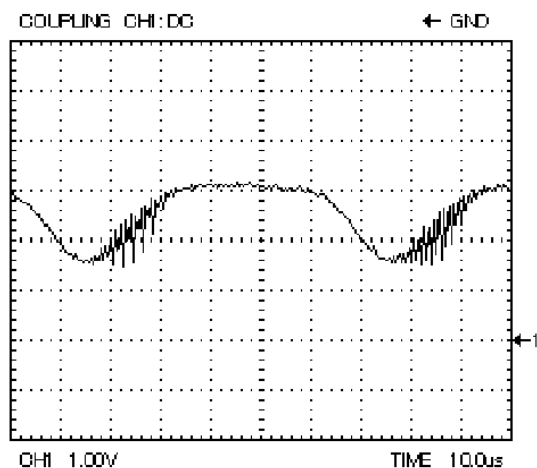


図9-14 図9-13のTr1コレクタ波形

ここで各部品について説明します。この回路でも倍電圧検波回路を使用していますが、D2を抵抗3.3kΩ~10kΩに換えても、ほとんど同じ音量が得られます。C2, R3は少し値を変えています。図9-14を見ると、図9-12の波形よりクエンチング発振の振幅が大きく、その雑音が大きくなるのがわかりますが、この雑音を少しでも小さくするためです。C1は1000pFと少し小さい値を使用しています。これは、ベース電圧を変化しやすくするためです。R2は受信信号の負荷ですが、この値を小さくすると、クエンチング発振がブロッキング発振となりますので注意が必要です。

この回路のC局の音量ですが、60~70mVであり外部クエンチング方式より少し大きくなります。この値は一石レフレックスラジオに匹敵します。60~70mVあると十分な音量で聞こえます。ただし、ジャーとかシャーという雑音聞こえるのは、外部クエンチング方式と同じです。

この回路もL1を自作する必要があると、製作するのは大変です。しかも決して音質が良いとはいえません。ですが、これぞ超再生という音で聞こえてくるので、電子回路が好きでラジオ製作が

好きな私のような人間にとっては、不思議な魅力のあるラジオです。

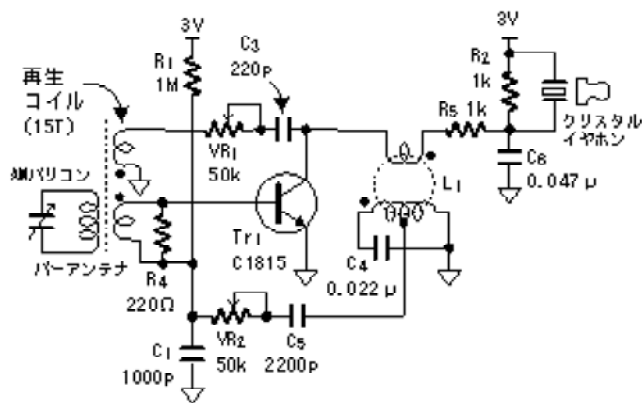


図9-15 図9-13の回路でダイオード検波しないとき

図9-13ではダイオード検波を使用しましたが、ダイオードを使用しなくても検波ができます。その回路を図9-15に示します。これはトランジスタ検波と同じ原理で検波しています。図9-10で説明した検波ではありませんので注意してください。この回路でも、図9-13とほぼ同じ音量になります。しかし、図9-13より雑音が大きくなります。

●間欠発振クエンチング方式

- ・ベース共通コルピッツ発振回路

以上の2方式では、図9-9の超再生でした。この項では図9-10の超再生になります。まず、代表的な回路からです。その回路を図9-16に示します。検討した基板を写真9-3に示します。なお、この基板で以下で取り上げるすべての間欠発振クエンチング方式の回路を検討できます。この回路でC5, VR1がなければ、ベース共通のコルピッツ発振回路です。C5, VR1を付けることにより、間欠発振をします。第7章フレックスラジオで間欠発振の問題を取り上げましたが、全く同じ発振です。この間欠発振をクエンチング発振として利用します。

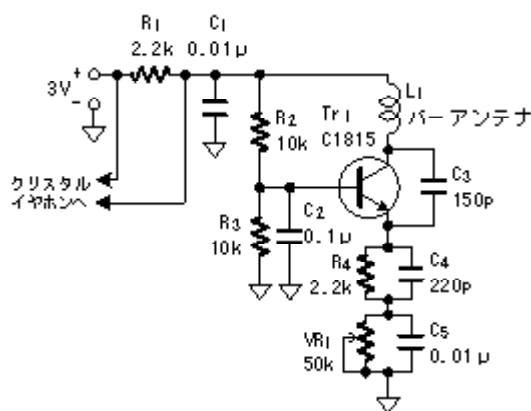


図9-16 間欠発振クエンチング方式
(ベース共通コルピッツ発振)

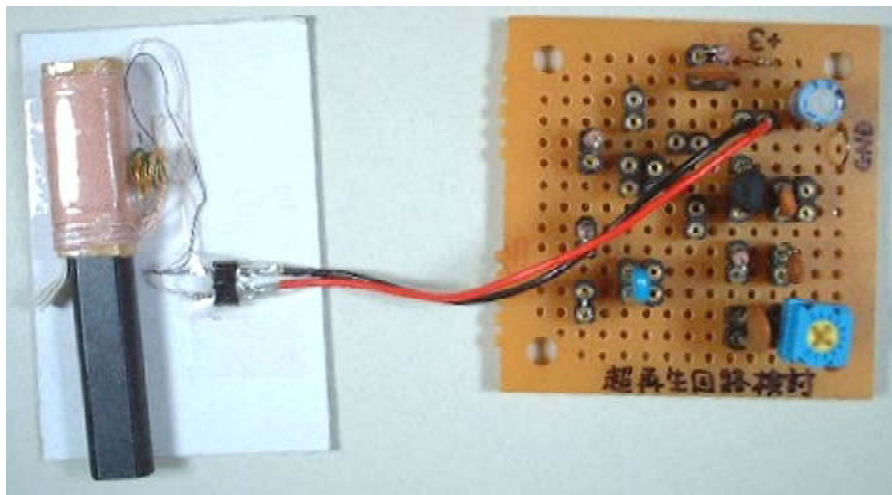


写真9-3 検討基板

なぜこの回路で間欠発振になるのでしょうか。図9-17に各部の波形を示します。発振が開始するとエミッタ電流が流れるので、VR1両端の電圧が上昇します。VR1両端の電圧が上昇すると、ベース電流が流れなくなるのでトランジスタの動作が停止します。図9-17の波形から、以上になるのがわかります。しかし、よくよく考えてみると、なぜ発振が開始すると、自分の発振を停止するまでVR1の両端電圧を上昇させるのかが疑問になります。換言すれば、発振開始→VR1の両端電圧が上昇→トランジスタのベース電流が小さくなる→発振振幅が小さくなる、という負帰還がかかり、ある振幅の発振で平衡に達するという動作にならないかという疑問です。外部クエンチング方式の項で、一度発振を起こした回路は、バイアス電流をなくしても、なかなか発振は停止しない、と述べました。実はここに、この疑問の解答があります。Tr1が発振を開始したときは、十分なベース電流が流れますので、強い発振を起こします。このときにVR1両端の電圧を上昇させますが、一度発振を起こすと当分その強い発振が持続します。その間でもVR1両端の電圧上昇は続きます。そして、VR1両端の電圧上昇がある値になった段階で、発振振幅が小さくなり始めますが、そのときにはこの小さい振幅の発振を維持するには、VR1両端の電圧上昇が大きくなりすぎているというわけです。以下でもいろいろな間欠発振を取り上げますが、全く同じ理由で間欠発振が起こります。

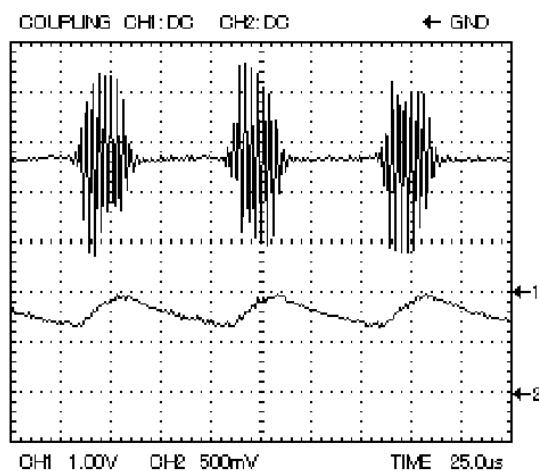


図9-17 図9-16の各部の波形(上:コレクタ 下:VR1両端)

間欠発振の理由がわかったところで、**図9-16**の回路でラジオになるかを実験します。R1, C1は発振回路に流れる電流のローパスフィルタになっています。ですから、**図9-10**の現象が発生するとR1両端には検波信号が発生します。ところで、**図9-17**の波形からクエンチング周期は75 μ sec (周波数13kHz) になっていますが、これはA局(1314kHz)を発振したときのものです。これより低い周波数の発振をすると、もっともっとクエンチング周期が長くなります。クエンチング周期が75 μ secでも長すぎますので、A局(1314kHz)を受信するのがやっとなです。ですから、A局のみ受信することにします。チューニングはバーアンテナL1のコアを抜き差ししてインダクタンスを変化させて行います。

結果ですが、A局がなんとか聞こえてきます。雑音が大きくて、その振幅が測定できませんので正確な値はわかりませんが、だいたい数mVではないかと思われます。音質は劣悪です。確かに超再生ラジオとなるのがわかりましたが、音量が小さすぎます。

図9-16の回路は27MHz帯のトイラジオコンやトイトランシーバによく使用される回路です。今でも現役で活躍しているはずです。しかし、このように検波出力が小さくては有用ではないと思われるのではないのでしょうか。実は27MHz帯のトイラジオコンやトイトランシーバではR4にコイルが使われます。R4をコイルに替えることにより、強い発振が得られます。コイルを使用すると、共振回路のQの低下がないからです。強い発振が得られると当然回路に流れる電流が大きくなり、検波出力が大きくなります。さらに27MHzと周波数が高いので、十分高い周波数のクエンチング周波数にできます。つまりクエンチング周波数に余裕があるので、発振するか、しないかのギリギリの状態が長く続くような設定が可能になります。こうして27MHz帯のトイラジオコンやトイトランシーバに使用される**図9-16**の検波出力は十分大きくできるわけです。

ではAMラジオでもR4の替わりにコイルを使用したらどうかと思われるのではないのでしょうか。AMラジオではR4の替わりにコイルを使用すると、クエンチング周期が極端に長くなってしまいます。例えば3.9mHのコイルを使用すると、クエンチング周期は200 μ sec (周波数5kHz) になってしまいます。これでは音声信号と同じですから、とても音声にはなりません。というわけで、ラジオにするには抵抗R4を用いて**図9-16**のようにするしかありません。しかし、音量は小さいながらも確かに超再生ラジオになることがわかりました。

同じベース共通のコルピッツ回路ですが、**図9-18**の回路でも間欠発振となります。この回路ではベース電圧安定用のコンデンサC2を小さくしているのがミソです。この回路の各部波形を**図9-19**に示します。発振が開始すると、ベース電圧が低下して発振が停止するのがわかります。

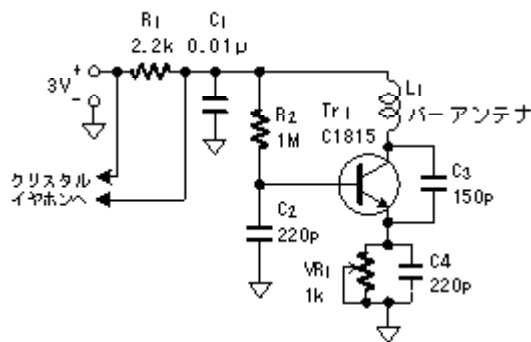


図9-18 ベース共通コルピッツ発振の別の回路

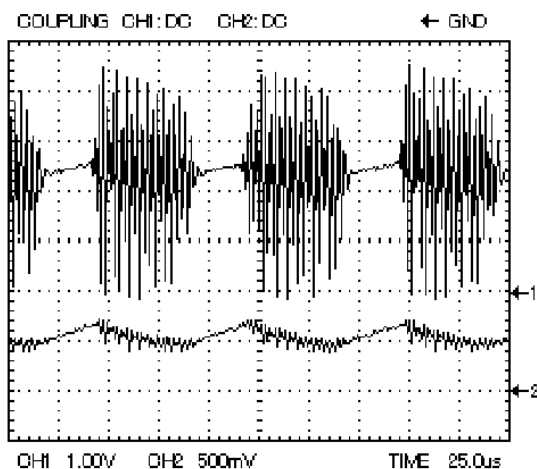


図9-19 図9-18の各部波形(上:コレクタ 下:ベース)

この回路でも図9-16とほぼ同じ音量の超再生ラジオになります。音質も同じ劣悪です。なお以下でも同じ間欠発振クエンチング方式の超再生ラジオを取り上げますが、どれもほぼ同じ音量、音質です。

・エミッタ共通コルピッツ発振回路

図9-20のエミッタ共通コルピッツ発振回路でも間欠発振になります。C2が十分大きいと普通のエミッタ共通コルピッツ発振回路ですが、C2を小さくすることにより間欠発振が起こります。C2はベースの直流電圧の安定にも関係しています。この値を小さくすると、ベース直流電圧が変化しやすくなります。そのためにC2を小さくすると間欠発振が起こりやすくなると考えられます。これは図9-18の回路でC2を小さくしたのと同じ理由です。

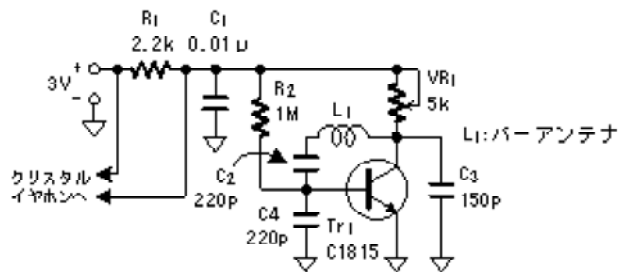


図9-20 間欠発振クエンチング方式
(エミッタ共通コルピッツ発振)

図9-20の各部の波形を図9-21に示します。発振が開始すると、ベース電圧が低下して発振が停止するのがわかります。

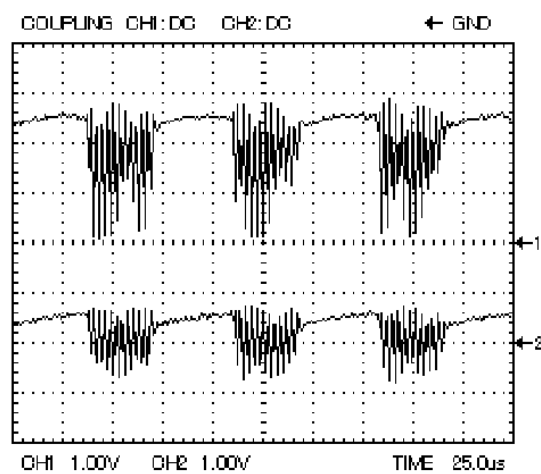


図9-21 図9-20の各部波形(上:コレクタ 下:ベース)

図9-20の回路で、L1とR2を直列にして図9-22のようにしても同じ間欠発振を起こすことができます。図9-22のような回路に出会うと、何かと複雑に考えてしまいがちですが、図9-20の回路と本質は同じです。

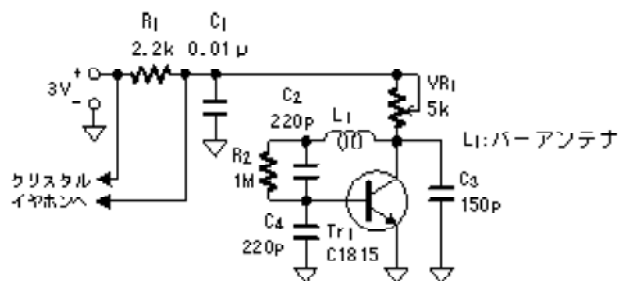


図9-22 コイルとバイアス回路を直列に

・コレクタ共通コルピッツ発振回路

最後はコレクタ共通コルピッツ発振回路です。この回路でも同じく間欠発振が起こります。各部波形を図9-24に示します。発振が開始すると、ベース電圧が低下して発振が停止するのがわか

ります。

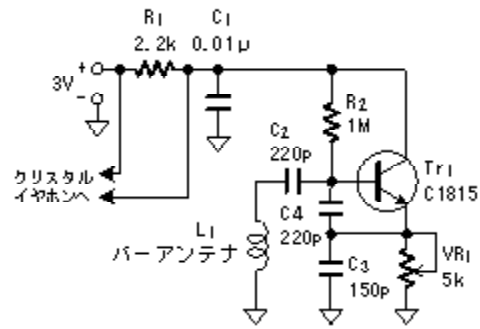


図9-23 間欠発振クエンチング方式
(コレクタ共通コルピッツ発振)

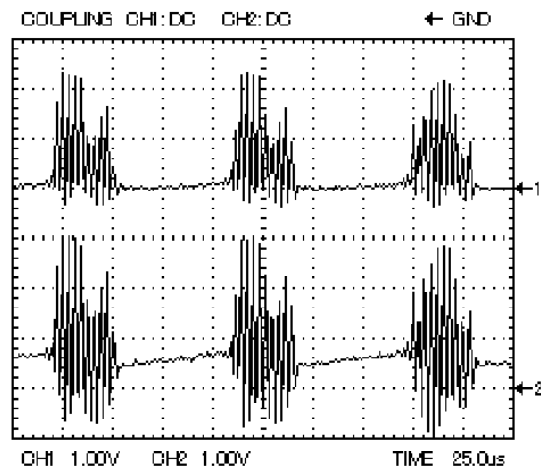


図9-24 図9-23の各部波形(上:エミッタ 下:ベース)

この回路でも、L1とR2を直列にして図9-25のようにしても同じ間欠発振を起こします。

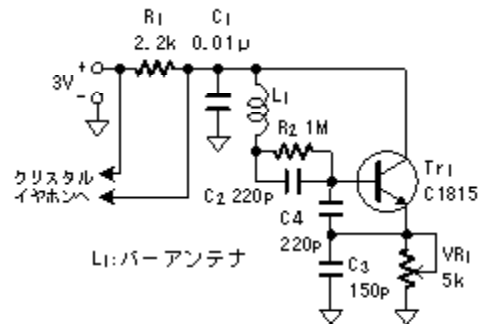
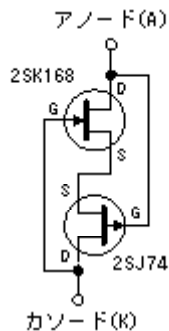


図9-25 コイルとバイアス回路を直列に

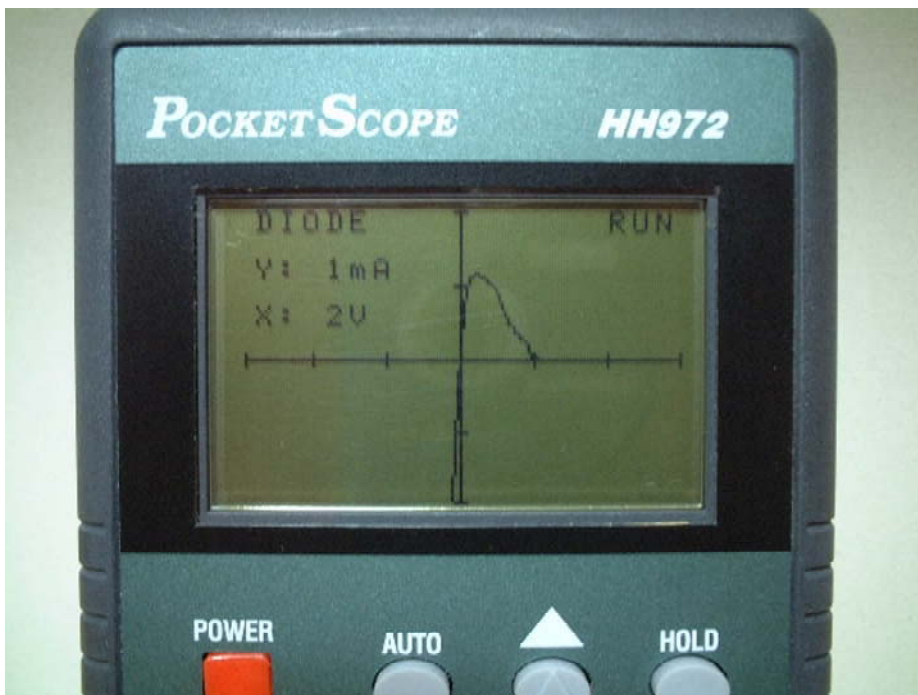
以上では、コルピッツ発振回路の間欠発振を取り上げましたが、ハートレー発振回路にしても間欠発振は可能です。ですから、ハートレー発振回路の間欠発振を用いた超再生ラジオも、いろいろな方式が可能です。

■ちょっと道草4 ラムダダイオード超再生ラジオ

FETを用いてラムダダイオードを構成することができます。図M4-1にそのラムダダイオードを示します。アノード(A)にプラス、カソード(K)にマイナスの電源をつなぎます。ここで、この電源の電圧が十分大きいとします。両FETのソース(S)は必ずこの電圧の間にあります。そうすると少なくともどちらかのFETのゲート(G)、ソース間の逆バイアス電圧が大きくなって、電流が流れることができません。つまりこの回路は電圧が大きくなると電流が流れません。しかし、電圧が小さいときはゲート、ソース間の逆バイアス電圧が小さく、ある電流が流れることができます。図M4-1の例では、0.5V、1.2mAをピークとして、これ以上の電圧では電流が減っていきます。



図M4-1 FETによる
ラムダダイオード

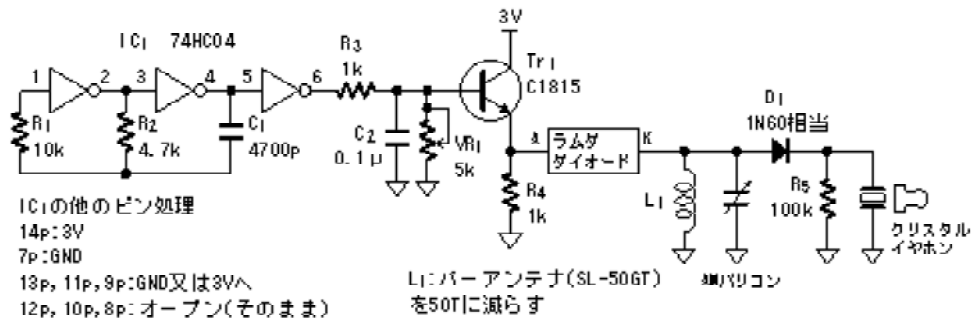


写真M4-1 図M4-1のラムダダイオードの特性

実際の特性を写真M4-1に示します。このように、0.5V、1.2mAをピークとした特性になります。この形はギリシャ文字の Λ (ラムダ) に似ているので、ラムダダイオードとよばれます。なお、今回は手持ちの関係でK168, J74を用いましたが、ディプリーション型であれば、接合型でもMOS型でも使用可能と思います。ただし、上にはNチャネル、下にはPチャネルを用いてください。また、最大であるピーク電流が数mA以下であることを必ず確認してください。

以上のようにラムダダイオードではピークを越えると、電圧が大きくなると電流が減るといった領域が発生します。この領域は負性抵抗領域とよべれます。普通の抵抗なら電圧が大きくなると電流が増えますので、この逆という意味で負性という言葉を使用しています。この負性抵抗を共振回路に挿入すると、発振回路になります。普通の共振回路では抵抗分により共振が減衰するのですが、負性抵抗を共振回路に挿入すると、この抵抗分を打ち消すからです。

今回はこのラムダダイオードを用いた超再生ラジオを製作します。回路を**図M4-2**に示します。ラムダダイオードおよびその左の回路がなければ、ただのゲルマニウムラジオです。前述したようにこのゲルマニウムラジオではどの局も全く聞こえません。ですから、この回路でどこかの局が聞こえれば、それは超再生の威力ということになります。

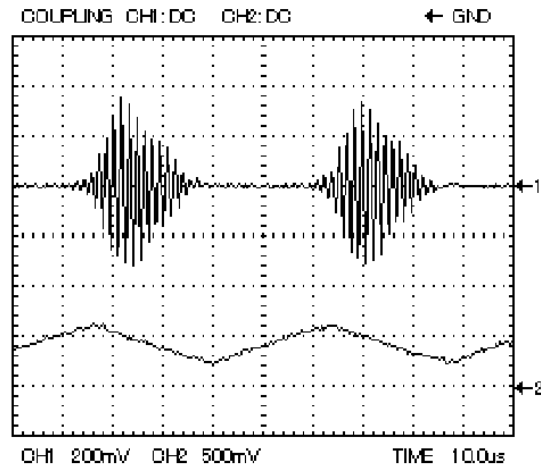


図M4-2 ラムダダイオードによる超再生ラジオ

IC1の回路はクエンチング発振回路です。デジタルICを用いた非常によく使用される、し張発振回路です。Tr1はただのバッファであり、VR1両端の電圧をインピーダンス変換して出力しているだけです。C2はIC1の発振回路の出力である矩形波を、なだらかな波形にするためのものであり、この波形で超再生の性能が決まりますので非常に重要です。L1にはSL-50GTを用いていますが、これは手持ちの関係であり、もちろんSL-55GTでもかまいません。ラムダダイオードの容量の影響でSL-50GTそのままでは高い周波数の局が受かりませんので、巻き数を50Tに減らしました。もちろんコアを抜いてインダクタンスを減らしても可能です。

ここで注意して欲しいことがあります。それはラムダダイオードのピーク電流です。もし、ラムダダイオードのピーク電流が大きすぎたり、またはショート状態のとき、Tr1に大電流が流れて危険です。ですから、ラムダダイオードのピーク電流が必ず数mA以下であることを確認してください。

この回路の動作ですが、IC1の6ピンがHになりR4両端の電圧が上がると、ラムダダイオードの負性抵抗領域に入り発振が開始されます。そして、発振波形が大きくなる途中でR4両端の電圧を0にしてクエンチング動作をさせます。実際の波形を**図M4-3**に示します。まさに**図9-9**の波形となっています。トリマVR1はこの波形が得られるように調整します。もしオシロスコープがないときは、音声が大きくなるように調整します。なお、全消費電流は3.2mAになります、



図M4-3 図M4-2の各部波形(上:L1両端 下:R4両端)

音声信号の大きさですが、C局で20~30mVになります。十分ではありませんが、結構聞こえる音量です。音質もそんなに悪くはありません。D局では50mVで、十分な音量になります。D局は強力なのでもう少し大きくなりそうですが、超再生では電界強度に比例した音量にはなりません。

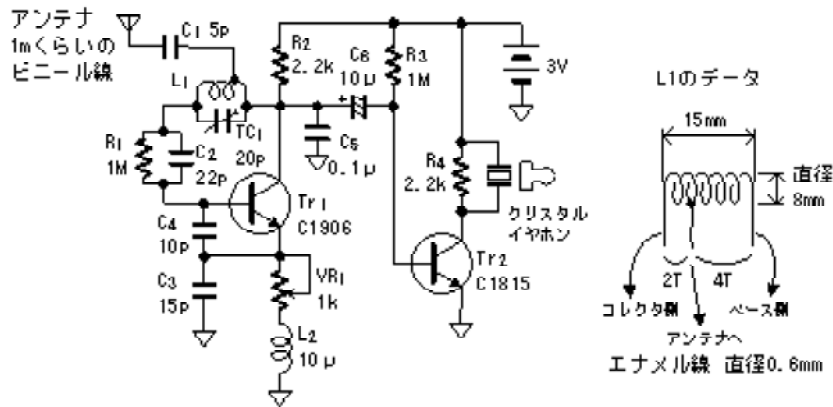
このラジオは負性抵抗素子を用いた超再生ラジオですが、見方を変えると負性抵抗素子で増幅したことになります。負性抵抗素子で増幅もできるということの実証でもあります。このようなことを考えながらこのラジオを聞くと、あまり十分な音量ではありませんが、素晴らしいラジオに思えてきます。

■ちょっと道草5 超再生FMラジオ

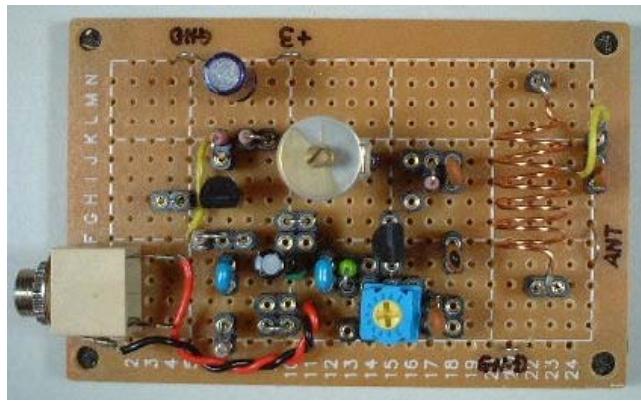
間欠発振クエンチング方式で超再生AMラジオを検討しましたが、十分な超再生ラジオになりませんでした。この原因は、大きな音量にしようとする、クエンチング周波数が低くなりすぎるためでした。ならば、FM放送ではどうなるか検討したくなります。そこで間欠発振クエンチング方式の超再生FMラジオを作ることになりました。図9-10の超再生の原理でFMを検波できるのか疑問に思われるかもしれませんが、発振が早まる効果は振幅変化でも周波数変化でも同じです。ですから、間欠発振クエンチング方式でFM超再生ラジオができます。

どの回路にするかですが、ここでは他の書籍等で全く見たことがない図9-25を採用することにします。この回路で超再生FMラジオができると、他の回路でも、まず間違いなく超再生FMラジオができるはずです。

製作した回路を図M5-1に、製作したものを写真M5-1に示します。まず、図9-25との違いを説明します。L1に並列にトリマコンデンサTC1を付けています。これはチューニングのためです。ですから、このラジオはトリマコンデンサでチューニングします。注意していただきたいのはL1とTC1で共振するわけではないことです。あくまでもコルピッツ発振回路ですから、L1, C3, C4で共振します。TC1はL1の値を変えるのみです。L2はなくてもよいのですが、これを付けると、より確実に間欠発振するようになります。L1はφ0.6のエナメル線で自作しました。私は丸い赤鉛筆に巻きつけて作成しました。長さが15mmとなっていますが、この値を小さくすると、インダクタンスが大きくなります。ですから、うまくFM放送が受かるように、この長さを適当に調整することもできます。大体のインダクタンスは6Tで0.3μHより少し小さいぐらいとなります。Tr1は2SC1906です。さすがにここには2SC1815は使用できません。このトランジスタの f_T は600MHzです。同じような f_T のトランジスタなら使用できると思います。



図M5-1 超再生FMラジオ



写真M5-1 製作した超再生FMラジオ

AMラジオではL1にバーアンテナを用いていたのでアンテナは不要でしたが、この回路ではアンテナは必須です。そこで1mくらいのビニール線を付けました。このアンテナをどのように設置するかは非常に重要ですが、実際に放送を受信して決定するしかありません。また、金属ケースに収納していないので、体を動かすとチューニングがずれるという問題もあります。あまりにも人体が影響するようであればC1を小さくすれば影響を小さくできます。ただしそうすると、もちろん信号は小さくなります。

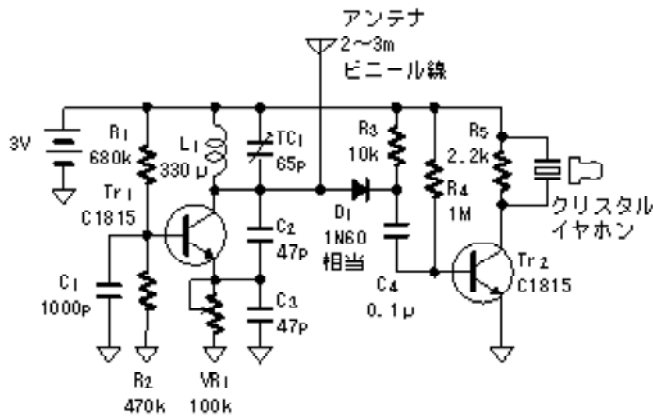
受信をするには、以上のアンテナの設置、TC1の調整(チューニング)、VR1の調整(超再生特性)を最適に行う必要があります。そうして受信した結果ですが、私の地域では四つのFM局があるのですが、このラジオですべての放送が聞こえました。電界強度が大きい局では、アンテナの設置がうまくいくと、うるさいくらい大きな音が出ます。また、クエンチング周期が10~25 μ secと理想に近いので、FMらしい非常に良い音質です。

以上のように良い音質で大きい音量で聞こえる局もある、という申し分のないラジオのようですが、そうではありません。アンテナの場所、TC1、VR1の調整はかなり微妙ですし、受信状態も決して安定とはいえません。しかし、このような簡単な回路で、あのFM放送を聞くことができるのは、やはり超再生は恐るべしです。

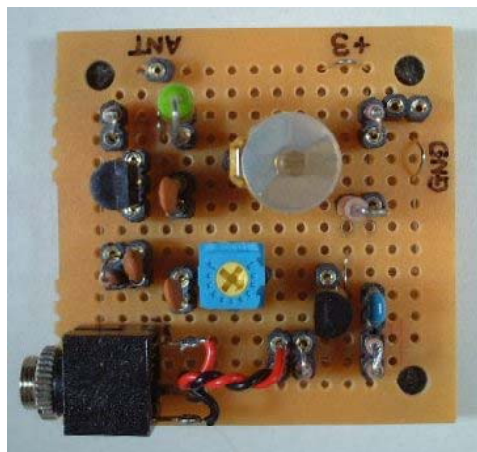
■ちょっと道草6 ちょっと変わった再生ラジオ

第9章の再生ラジオは、再生コイルを別途巻いた再生ラジオでしたが、この方式でなくとも、一般的にLC発振回路を発振ぎりぎりに設定すると、たいていは再生ラジオになります。事実、**図7-16**のレフレックスラジオがそうでした。このラジオでは、ハートレー発振回路を発振ぎりぎりに設定して、非常に大きな音量を得るものでした。そこでここでは、ちょっと変わった再生ラジオを製作します。発振回路としては**図9-18**のコルピッツ発振回路を用います。もちろん他のコルピッツ発振回路でも可能です。

図M6-1に回路を、製作したものを**写真M6-1**に示します。今回は、この変わった再生ラジオを検討することが目的でしたので、できるだけ簡単になるようにしました。まず、バーアンテナではなく、2~3mのビニール線を用いました。ですから、L1は固定のインダクタです。また、バリコンのかわりにトリマコンデンサを用いました。手持ち部品の関係で65pFを用いましたが、50pF~100pFであればよいと思います。トリマコンデンサですから選局はスムーズではなく、また全局を受けることができません。検討が目的で、主にC,D局が受かればよいので、このようにしました。



図M6-1 再生ラジオの回路



写真M6-1 製作した再生ラジオ

まず、Tr1を取った回路で考えます。Tr1を取ると、単なるゲルマニウムラジオに一石の低周波増幅回路をつないだ回路です。R3はプラス電源につないでいますが、グラウンドにつなぐと、D1

にバイアス電流が流れてしまうからです。Tr2には平滑をせずに信号を加えています。平滑はクリスタルイヤホンの容量でおこなっています。私の中では、このTr1を取った回路ではD局がやっと聞こえる程度です。C局は全く聞こえません。

次にTr1を付けます。Tr1は普通の信号増幅をしていないのは明らかです。コレクタに信号を入れて、そこから出力しているからです。これでは普通の増幅はできません。では一体どんな働きをするのでしょうか。このトランジスタはコルピッツ発振回路です。ですから、発振ぎりぎりになると、信号が入ってきたときに、それが増幅されるのです。つまり正帰還になって再生がかかるといわけです。発振回路は、トランジスタ回路が負性抵抗となり、共振回路の抵抗損失を補っていると考えられます。この見方をすると、Tr1が負性抵抗になり共振回路のQを非常に高める、つまり、共振回路につながっている損失回路を減少させるために信号が大きくなるとも考えられます。

発振ぎりぎりにするためにVR1を用いています。VR1は小さくしても大きくしても発振は停止しますが、この回路ではVR1を大きくして、発振ぎりぎりの状態にします。VR1を大きくしたとき確実に発振が停止するように、R2を用いています。R2を用いるとベース電圧が低下しますので、VR1を大きくしたときに確実に発振が停止するようになります。この調整ですが、まずVR1を最大にして発振を停止します。それから徐々にVR1を小さくして発振ぎりぎりの状態にします。ところでこの調整では、発振開始すると停止するようにVR1を少し戻しますが、このときに初めに発振停止していた点より多く戻す必要がある現象があります(ヒステリシス現象)。これは前述したように、一度発振したら、なかなか発振が停止しないからです。この現象をなくすためにR3を小さくしています。R3を小さくすると共振回路のQが低下して、この現象がなくなります。

では、実際に私の中でのC局を受信してみます。十分な音量ではありませんが、まあまあ聞こえます。オシロスコープのプロブが非常に影響しますので(線アンテナを用いると、プロブがアースとなるため)、音声信号の大きさは測定できませんが、おそらく10mVくらいと思われます。これは、**図5-18**の回路とほぼ同じです。Tr1を取った回路では全く聞こえなかったのですから、確かに再生回路になっているのがわかります。なお、チューニングをD局に合わせると、D局はがんが聞こえます。ところで、**図1-9**に示したようにアンテナには両方に金属棒が必要です。ですからこの回路でも、グラウンドに2~3mのビニール線をつなぐと、音量がかなり大きくなります。

ここで重要なことがあります。それは混信特性です。私の中では、C局受信時にD局がほとんど混信してきません。再生ラジオでは混信特性が非常に良くなることを前述しました。ですから、C局受信時にD局がほとんど混信してこないのは、このラジオが確実に再生ラジオとして動作している証拠です。



ふじひら・ゆうじ

RFワールド・ウェブ・ブックス「ラジオで学ぶ電子回路」第9章 再生・超再生ラジオ

(C)Yuji Fujihira 2009

<http://www.rf-world.jp/>