

電子恒温槽と電子温度計の製作

アマチュア無線の勉強のなかで、「発振器は電源電圧・温度等によって発振周波数が変動しない」という一節があったのを覚えているでしょうか？

電子回路を構成する色々な部品は、温度の変化によって定数が変化します。例えば、温度の変化に対して安定な金属皮膜抵抗でも10Kの抵抗は1の変化で約1%増加します。(割合で表わせば0.01%/となる)、変化の割合を通常PPM単位で表わすので(PPMとは100万分の1の割合)この場合100PPMとなります。ところが半導体は温度の上昇によって電気抵抗が小さくなり、しかも、その割合はかなり大きいので(数千PPM)、電子回路は温度によってかなり大きく変動しますので、変化を小さくおさえるように色々工夫をします。

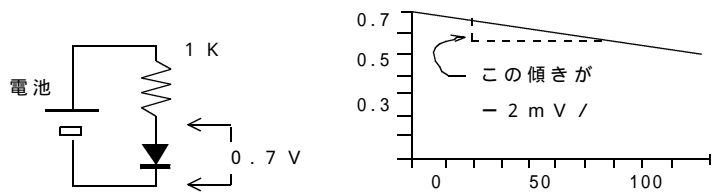
発振回路も温度によって大なり小なり必ず周波数が変化します。発振回路のなかで周波数の安定度が高い回路に水晶発振回路がありますが、これは水晶の温度による変化が通常1PPM程度に収まるので、この性質を巧みに使って高い安定度を実現したものです。

しかし、水晶発振回路が安定であると言っても、UHF帯の無線機の発振回路となると少し安定度に不安が出てきます。

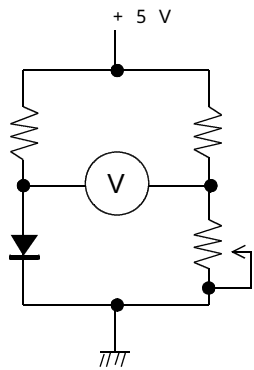
最近かなり一般的になった1.2GHz帯になると、20KHzおきにチャンネルが設定されるので、単純に周波数の安定度を考えると $20\text{KHz} \div 1.2\text{GHz} = 17\text{PPM}$ となりますが、完全に同調するために $\pm 1\text{KHz}$ の範囲になくてはならないとすると1.7PPMの安定度が要求されます。従って水晶発振回路が大変安定であると言ってもこの周波数帯では少し物足りなくなってしまう。

同じように大変高い精度が要求されるものに色々な測定器があります。先日周波数を測定するために8桁周波数カウンターを自作しました。周波数カウンターとは、一定時間の間に波の数を数えることで周波数を測定する装置です。例えば1KHzの周波数の信号は1秒間に1000この波を数えることとなります。この周波数カウンターで一番肝心な部分は一定時間間隔を刻む発振回路です。勿論水晶発振回路を使っていますが、8桁の精度を得るためには0.01PPMの安定度が必要になります。従って電源電圧が変動しない様に定電圧電源にするのは勿論のこと、温度が変動しないように特別な回路をつくって常に一定の温度になるように発振回路全体を恒温槽の中に埋め込んでしまいます。このような工夫により発振回路の周波数の安定度を確保します。

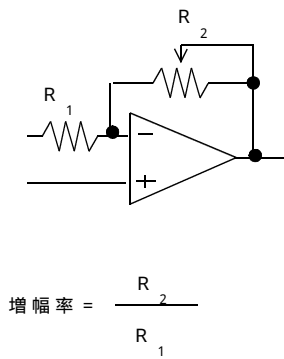
そこで今回は、温度を一定にする回路を紹介しましょう。またあわせて簡単な電子温度計の作り方を説明します。



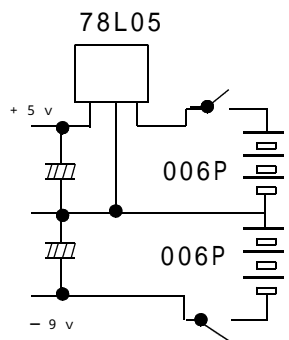
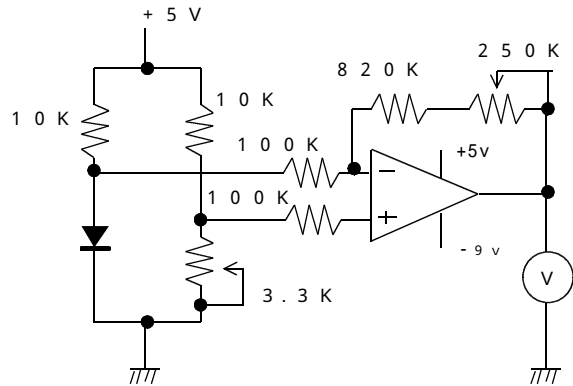
左の図を見てください。シリコンダイオードに順方向に電圧を加えたときのダイオードの両端の電圧をしめしています。この場合オームの法則に関係なく約0.7Vの電圧が発生します。この電圧を順方向電圧降下と呼び、1温度が上昇すると約2mV減少します。この変化はたいへん直線的なのでこの変化を利用して温度計を作ることが出来ます。



1の変化で2mVの電圧変化を増幅してメーターを振らせることは比較的簡単ですが、通常順方向電圧降下が0.7Vあるのでそのままでは大きな電圧が生じてしまいます。そこで左の回路で変化分のみを取り出します。このような回路をブリッジと呼びます。具体的な調整方法は、まずダイオードを0に冷やし、その時の電圧が0Vとなるように半固定抵抗を調整します。すると温度が1増加すると図の電圧計に2mVの電圧が現われます。したがってかりに35mVの電圧が発生していれば温度は35であることとなります。



1で2mVの電圧変化は100温度が変化しても0.2Vの変化ですから、あまりにも小さいので、増幅器で10倍ほど増幅して100の変化で2Vの電圧になるようにします。その回路が左の図で、OPアンプを使います。増幅率は2つの抵抗の比率で決まるので、100のお湯の中にダイオードをつけてこの時に電圧が2Vになるように調整すれば完成です。



左に示した回路が実際の温度計測回路です。OPアンプとしてTL071のどのタイプのものが利用できます。温度の測定につかうダイオードはスイッチング用の小型シリコンダイオードならどのようなものでも使えます。

ただしOPアンプは正負2電源で使うのですし電源回路が面倒になりますが、単一電源で動作するLM358、CA3160などを使えばもっと簡単に乾電池で動作する回路となります。なお78L05は定電圧電源のようなICで、電池の電圧が変化しても常に5Vの電圧を発生させるために使います。

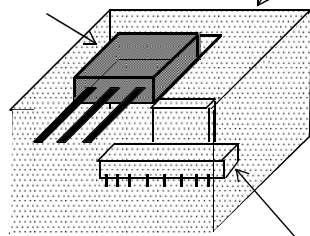
右の回路が温度を一定にする回路です。温度計を利用して、設定した温度以下の場合にはトランジスターに電流を流し発熱させ、上がり過ぎると電流を切って温度を常に一定に保つ回路です。計算上は設定した温度に対して ± 0.01 以内の範囲に入るはずですが、実測した所約 ± 0.07 程度の幅に収まっているようです。

この回路を利用して、右の図のように熱伝導のよい銅板で作った小さな箱の中に発振回路をいれ、回りを断熱材で囲んで発振回路全体を一定の温度に保つようにしました。この結果発振回路の安定度は0.1PPM程度は見込めるようです。

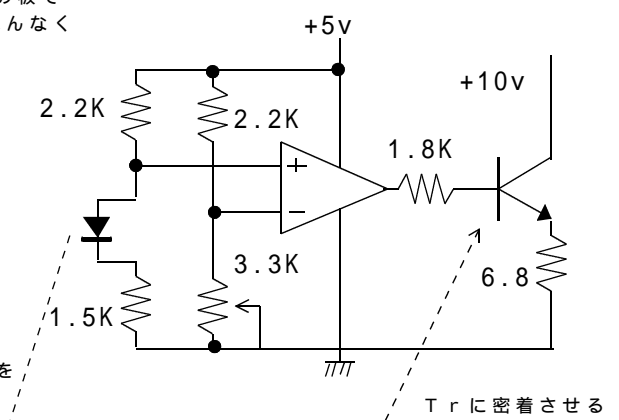
なお、発振回路、温度を一定に保つ回路に電圧を供給する定電圧電源もこのなかにおさめています。このほこの中は約45に設定していますので、1年を通じてほとんど温度の変化はないはずですが。

この発振回路を使った周波数カウンターで、無線機の水晶式発振回路の周波数変動が大変よく測定できました。

0.3mm程度の銅の板で箱を作り熱がまんべんなく伝わるようにする
ヒーター用のトランジスターを張りつける。



水晶式発振回路を内部にしまう。



このトランジスターをヒーターとして使う。ヒーターの温度はダイオードを使って検出し、常に一定の温度に保つ。