

第3章

コンパクトで高効率なループ・アンテナと100%変調が可能な回路を採用した

ミニAMトランスミッタの製作



第9回でAMワイヤレス・マイクを製作しましたが、今回は、もう少し本格的なミニAMトランスミッタを作ってみましょう。本機はセラミック発振子を使って安定な周波数を得ているほか、第1章で使った「大人の科学」(学習研究社)の「磁界検知式鉱石ラジオ」に使われているループ・アンテナを送信用に流用し、波長の長い中波帯でありながらも効率の良い送信を目指しました。

なお、振幅変調の原理などここでは説明しないので、第9回を参考にしてください。

ミニAMトランスミッタの概要

AM送信機は、搬送波と上下の音声成分の変調波を送信するため、アマチュア無線などでよく使われるSSB(単側波帯)方式に比べて電波の利用効率が低く、同じ送信出力なら到達距離が短くなります。そこで、できるだけ到達距離を大きくするために変調を深くします。変調が深いほど明瞭な音声信号を伝送できるので、電波が弱くとも聴き取ることができます。本機は最大変調度100%を目指しました。

また、よく使われるロング・ワイヤ・アンテナの代わりに、コンパクトながらも電波を効率よく空間に放射できるよう、ループ・アンテナを使いました。写真3-1が製作したミニAMトランスミッタの外観です。

変調回路の検討

■ 100%変調が得られる変調回路に求められる条件

変調方式は第9回の図9-3(a)で示した、終段コレクタ変調としました。この方式のポイントは最終段の高周波パワー・アンプにおいて、電源電圧に対し高周波出力がリニアに変化することです。そのために高周波パワー・アンプはCクラスで動作させます。

変調をかけるための低周波電力増幅段では、高周波

パワー・アンプに電流を供給しなければなりません。100%変調を実現するためには、高周波パワー・アンプへ供給する電源電圧の振幅の下限を0Vまで駆動する必要があります。したがって、低周波電力増幅段に求められる条件は次の二つです。

(1) 負荷への供給電流は50mA以上

(2) 負荷への供給電圧の振幅は0~電源電圧まで
ただし、RFの送信出力は高周波パワー・アンプの動作電圧の最大値で決まるので、RFの送信出力が低くてもよい場合は最大供給電圧が電源電圧以下でもよくなります。

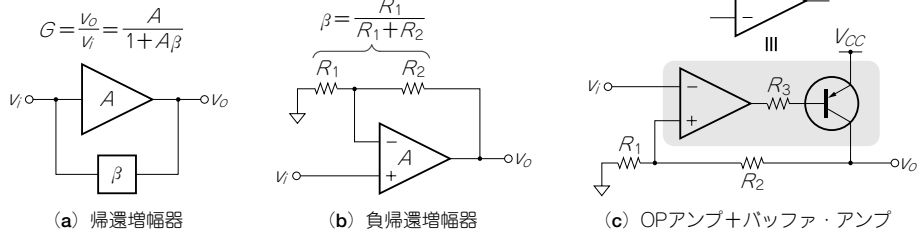
第9回で採用したオーディオ・パワー・アンプICによる変調回路の場合、供給電圧は1V~電源電圧-1V程度でしたから、(1)は満たしますが(2)を満たさず、100%変調はできません。一方、(1)と(2)を満た

〈写真3-1〉製作したミニAMトランスミッタの外観



〈図3-1〉

帰還増幅器の構成



すレール・ツー・レールOPアンプもありますが、少し高価で入手困難です。これらを使った100%変調可能な変調器に関しては、本章のAppendixで説明したので参考してください。

■ OPアンプを使った帰還増幅器

本機の変調回路は、レール・ツー・レールの汎用OPアンプの出力電流を増強するためにPNPトランジスタによるバッファ・アンプを付加したものです。OPアンプを使った帰還増幅器の知識がないと、非常に不安定なアンプになりかねないので、少し詳しく説明します。なお、Appendixでボード線図などについて説明したので、そちらも参考してください。

図3-1(a)に示す帰還増幅器において、閉ループ利得 G は次式で表されます。

$$G = \frac{A}{1 + A\beta} \quad \text{..... (3-1)}$$

ただし、 A ：開ループ利得、 β ：帰還率

OPアンプだけを使った場合の回路は図(b)です。これに電流増幅用のPNPバッファ・アンプを付加すると図(c)となります。バッファ・アンプで波形が反転されるので、OPアンプの入力(±)が反転していることに注意してください。

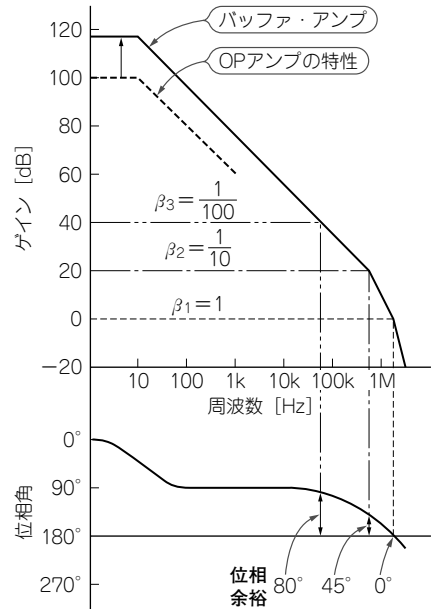
PNPバッファ・アンプを付加した場合のボード線図を図3-2に示します。使うOPアンプとして内部位相補償されたもの(破線)を考え、バッファ・アンプの利得を20dBとしました。

まず単なる $G = 0$ dB の場合を考えましょう。この場合、 $\beta_1 = 1$ とします。このときの位相余裕は 0° なので、発振すると考えられます。次に利得を20dB、 $\beta_2 = 1/10$ とします。このときの位相余裕は 45° で問題なく使えるでしょう。さらに、利得を40dB、 $\beta_3 = 1/100$ とすると位相余裕は 80° となります。このように、PNPバッファ・アンプをOPアンプの出力に付けると、利得1では安定動作しませんが、利得を20dB以上にすれば十分安定します。そこで、利得は27dBとしました。

■ パスコンの影響と安定度

今回の回路では振幅変調回路に使うために、RF段

〈図3-2〉OPアンプにバッファ・アンプを付加した回路のボード線図



からの高周波成分を除去するために負荷に $0.01 \mu\text{F}$ のパスコン C_7 を接続しています。これはアンプとの間にポールを発生させるため、ボード線図が図3-2とは異なり、発振に対してさらに厳しい状況となります。

そのような場合、負荷を含めたボード線図を調べることも有効な方法ですが、簡易的には負荷としてより厳しい、例えば $0.1 \mu\text{F}$ のパスコンを接続し、それで問題がなければ良いでしょう。また、さらに安定性を高めるために、帰還増幅器の利得を40dBくらいに高くしてもよいでしょう。ただし、あまり利得を高くしすぎると、ドリフト、雑音、回り込みなどの問題が発生し、かえって不安定になるので、注意が必要です。

回路

図3-3に全回路を示します。各ブロックごとに説明しましょう。音声信号を扱う低周波部と、搬送波を扱う高周波部に大きく分けることができます。