

QRP パワー計の製作



IC-705 を使い出してから QRP 運用に目覚めました。これまで、100W あるいは 200W の出力で運用することが多かったため、1W 以下のパワーを測定するパワー計の持ち合わせがなく、今回 100mW を最大とする簡易 QRP パワー計を製作しました。市販の測定器ほど精度はよくありませんが、それでもだいたい何 mW のパワーが出ているといった目安にはなるとおもいます。

■パワー計の概要

原理は簡単です。入力信号を全波整流し、その信号を汎用の LM386(低電圧オーディオ・パワー・アンプ)で増幅して、その信号をメーターで振らせるだけです。一応測定器ですから、使用する前にしっかりした測定器で校正する必要があります。今回製作するパワー計のフルスケールは、50Ω 負荷で 1mW(0dBm)とします。1mW の RF 信号を入力すると、メーターは 0dBm を示すという意味です。例えば 0.1mW のパワーを入力すると、メーターは -10dBm を示します。また 1mW の 10 倍の RF 信号、10mW を入力すると、過大入力となりメーターは右に振り切れますから、予め 10dB のアッテネーターをオンします。10dB のアッテネーターをオンするとメーターは、0dBm を示します。

$$P_{REF}=1\text{mW} \quad (\text{パワー計のフルスケール値})$$

$$P_{IN}=10\text{mW} \quad (\text{入力したパワー})$$

$$A(\text{dB}) = 10 \times \log \frac{P_{IN}}{P_{REF}}$$

$$= 10 \times \log \frac{10 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}}$$

$$= 10 \times \log 10$$

$$= 10 \times 1 = 10(\text{dB})$$

RF 入力コネクタのすぐあとには 1dB、2dB、4dB、8dB、10dB、20dB の 6 種類のアッテネーターを付加します。今回、アッテネーターに使用した抵抗は 1/4W の金属皮膜抵抗です。1/4W 以上のパワーを入力すると抵抗が焼け切れてしまいますので注意が必要です。

アッテネーターの減衰量は、必要に応じて挿入してください。参考ですが 1dB、2dB、4dB、8dB としているのは、BCD(Binary Coded Decimal)と同じ考えで、この 4 つの数字の組み合わせで 1~9 までの数字を作ることができるからです。例えば 3dB のアッテネーターとする場合は、1dB と 2dB のアッテネーターをオンするといったイメージです。最大で 45dB の減衰量が得られる計算です。アッテネーターの製作は、本誌 FB NEWS のバックナンバーで「楽しいエレクトロニクス工作 第 67 回 可変アッテネーター その 2」の記事で紹介されているものをそのまま使いました。

■QRP パワー計の回路図

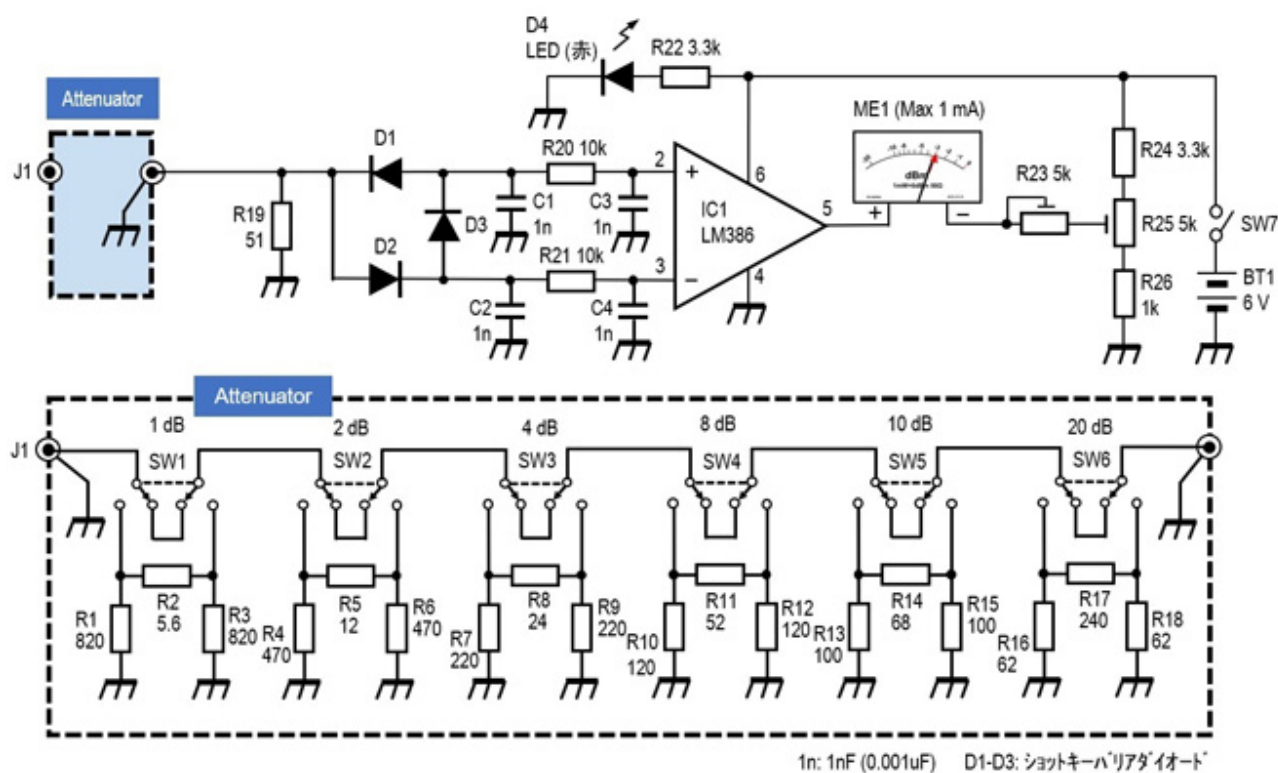


図 1 QRP パワー計の回路図

■QRP パワー計の回路構成

(1) QRP パワー計の感度

十分な感度を得るために D1、D2、D3 は、順方向電圧(V_F)の低いショットキーバリアダイオードを使います。今回使用したショットキーバリアダイオードの V_F は 0.17V でした。一般的なスイッチングに使用するシリコンダイオードの V_F は約 0.7V であることを考えるとかなり低いです。回路に使用したメーターは、フルスケールが 1mA の電流計です。内部抵抗等の詳しい電気スペックは分かりません。1mW 入力時、この 1mA の電流計でメーターを右端まで振らせることができます。

(2) ゼロ点調整

回路の構成上、入力信号がない場合 LM386 のピン 5 には電源電圧の約 1/2 の電圧が出力されます。入力信号がない場合でもメーターが振れてしまいますので、少し工夫が必要です。メーターのマイナス側を直接 GND に接続するのではなく、マイナス側の電圧を持ち上げピン 5 の電圧とバランスを取りゼロ点調整を行うことで回避できます。それが、R24、R25、R26 で構成した回路です。

(3) 省電力化

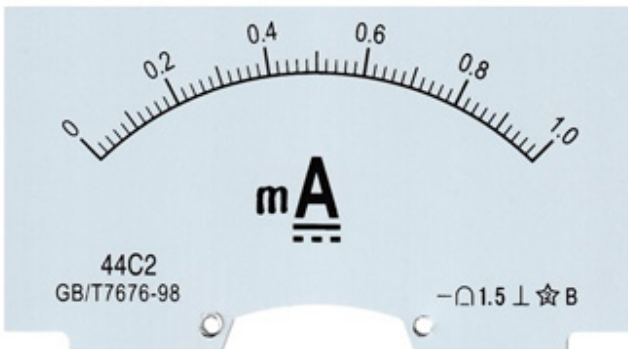
D4 は電源をオンしたときに点灯する LED です。このパワー計は電池で動作しますので、使用中はできるだけ消費電流を減らしたいことから、微小電流でも明るく輝く LED を選びました。LED には通常 10mA 程度の電流を流して使用しますが、今回は単 4 電池 4 本(6V)の電源に 3.3k Ω の抵抗を接続して、1.8mA で点灯させています。

(4) アッテネーターの製作

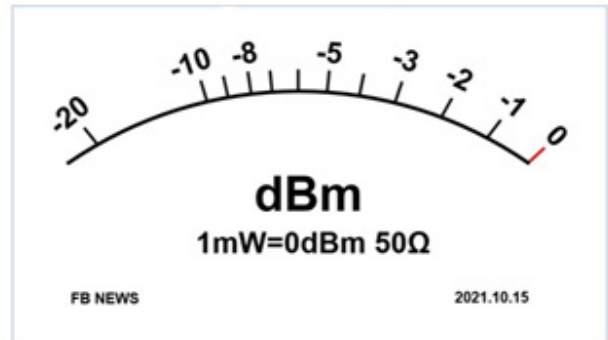
アッテネーターは、前述したように以前 FB NEWS に掲載された記事の情報をそのまま使いました。アッテネーターの減衰量はできるだけ正確なものとするため、抵抗器は金属皮膜抵抗を 1 本 1 本選別しながら、減衰量をオシロスコープで観測してカットアンドトライで製作しました。10W の RF 入力に耐える外付けの 30dB のアッテネーターがあれば、0.1mW~10W まで測定範囲が広がります。

(5) メーター

メーターは、フルスケールが 1mA の電流計です。メーターの目盛板を慎重に外し、パソコンで作った dBm 表示の目盛板に貼り替えます。メーターは、100x80mm と少々大きめですが見やすいです。使用したメーターは可動コイル型で精度は 1.5 級です。



もとの目盛板



製作した目盛板

(6) ケース

メーターの大きさに合わせてケースを選びました。ケースの大きさは 150×100×65mm で、材質はアルミです。ケースの内側にはアルマイト加工が施されているので、ケースアースを取る場合は、そのアルマイト加工をサンドペーパー等で取り除きます。

■製作

電子回路は、ガラスエポキシの両面スルーホール加工のユニバーサル基板に図3のように組み込みました。基板上のBNCコネクタからD1、D2、D3を通過してIC1に至る回路にはRF信号が流れますので、可能な限り結線は短くします。アッテネーター部は、基板に金属皮膜抵抗をはんだ付けしただけですが、各段間をシールドケースに収めるとアイソレーションが取れ、大きな減衰量も正しく得ることができます。

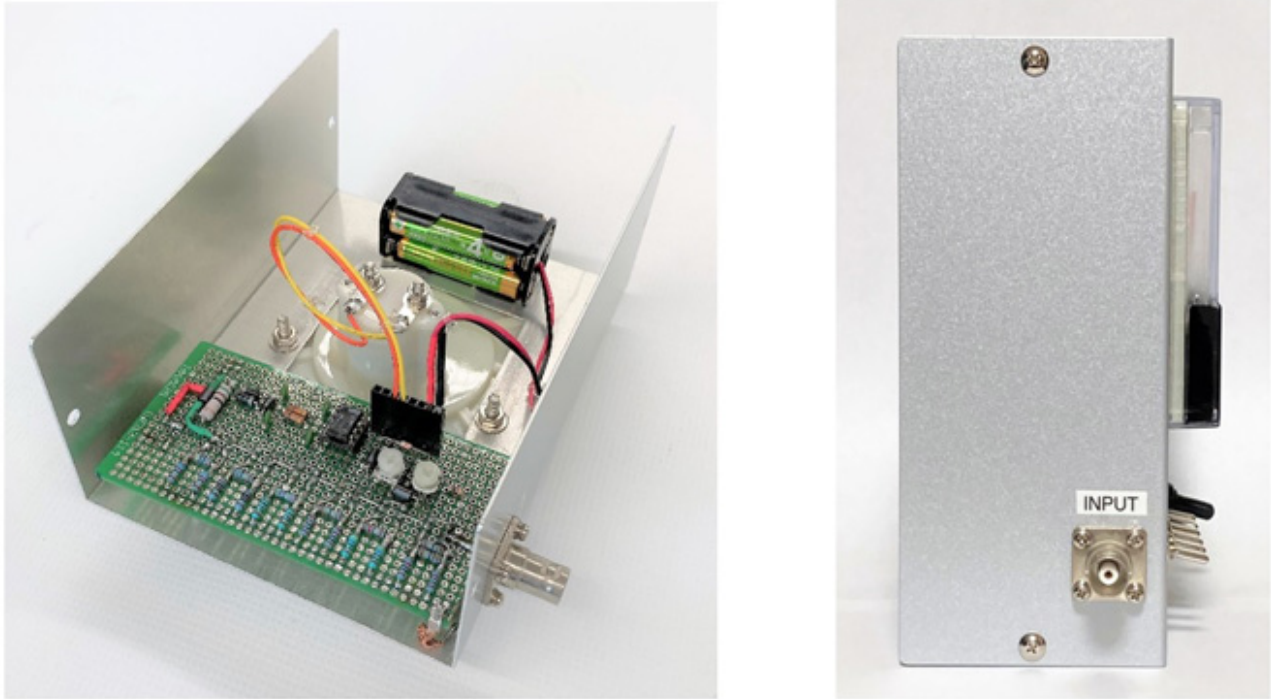


図3 完成したQRPパワー計の内部と入力部

■調整と校正

測定器を持っていないので測定器を製作するのですが、実際のところ測定器がなければ測定器は製作できません。今回のパワー計も同じです。友人から標準信号発生器(Standard Signal Generator)、通称SGを借りてメーターの校正をしました。

調整箇所は下記の2か所です。

- 電源スイッチをオンした時のメーター指針のゼロ点調整
- OdBmの信号を入力した時のフルスケール調整

(1)ゼロ点調整

- すべてのアッテネーターのスイッチをオフにします。
- メーター指針のゼロ点の位置を記録しておきます。
- QRPパワー計の電源を入れます。
- RF入力信号レベルはゼロ。(入力信号なし)
- メーターを見ながらR25を回し、メーターの指針を左端のゼロ点の目盛に合わせます。

(2)フルスケール調整

- 全てのアッテネーターのスイッチをオフにします。
- SG の出力を 0dBm(1mW)にセットします。
- SG の信号を、同軸ケーブルを経由して QRP パワー計に入力します。
- QRP パワー計の電源をオンにします。
- R23 を回しながらメーターの指針を右端フルスケールの 0dBm にセットします。
- (確認)SG の信号を-10dBm にセットします。
- その時のメーターの振れが-10dBm になっていることを確認します。

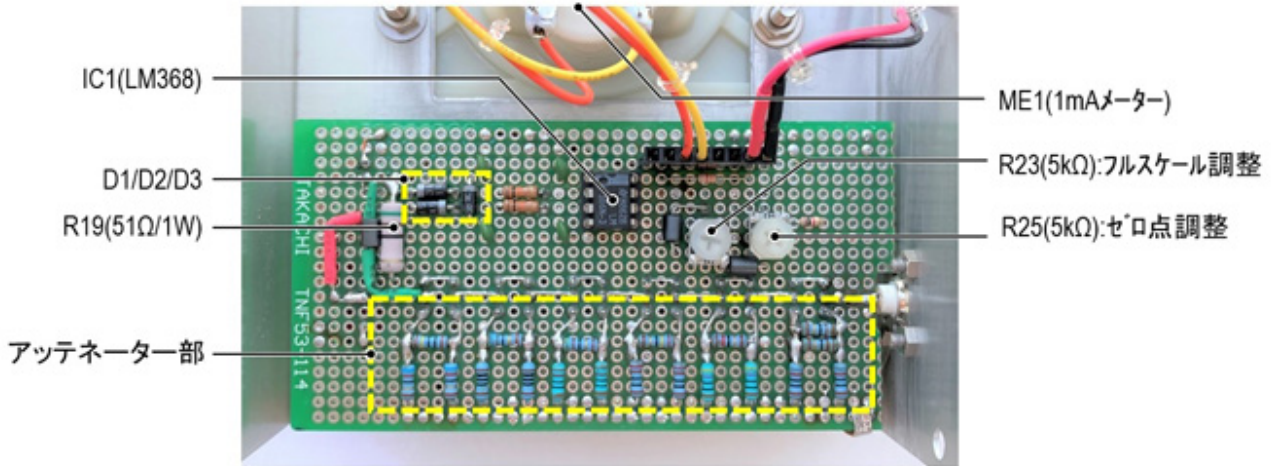


図 4 内部の基板

■QRP パワー計の実使用

市販されているような正確なパワー計ではありませんが、パワーが 2 倍になったとか、1/10 になった程度のことは分かります。ここで、IC-705 を使ってパワーの測定を行ってみます。IC-705 のパワー調整は、スクリーン右側のマルチファンクションダイヤル[MULTI]で行います。

<ご注意>100mW 以上のパワーを直接入力しないでください。内部のアッテネーターが焼損します。

(1) IC-705 最小パワーの確認

IC-705 は、出荷時の最小パワーはおおよそ 50mW にセットされています。これを確認してみます。IC-705 を下の条件にセットします。

- 周波数:7MHz
- モード:RTTY
- パワー:最小(0%)

上記をセットし、IC-705 のアンテナコネクタと本パワー計のコネクタを同軸ケーブルで接続します。マイクの PTT ボタンを押し送信状態にします。本メーターは、1mW の入力信号で 0dBm を指します。したがって 50mW の出力をそのままこのパワー計に入力するとメーターは振り切れてしまいます。先に計算で示しますが、17dB 分、つまり 10dB、4dB、2dB、1dB のアッテネーターをオンすることで、メーターは、0dBm を示すはずで

$$\begin{aligned}
 A &= 10 \times \log \frac{50mW}{1mW} \\
 &= 10 \times \log 50 \\
 &= 10 \times 1.7 \\
 &= 17dB
 \end{aligned}$$

(2) IC-705 の 100mW の確認

IC-705 を下のようにセットします。

- 周波数:7MHz
- モード:RTTY
- パワー:約 100mW(2%)

100mW とは dBm 表記では 20dBm です。上記(1)同様に 100mW の信号を本パワー計に入力すると振り切れますので、予め本体の 20dB のアッテネーターをオンしておきます。マイクの PTT を押し、送信状態にするとメーターは 0dBm を指すはずでず。

(3) 任意のパワー測定

100mW 以上のパワーを測定する場合は、外付けのアッテネーターを準備してください。予め外付けアッテネーターで 100mW(20dBm) まで減衰させることで、図 5 の dBm=mW 変換表を見ながらパワーを測定することができます。

dBm	RF Power (mW)	dBm	RF Power (mW)
20	100	0	1.0
19	80	-1	0.8 (800μW)
18	63	-2	0.63 (630μW)
17	50	-3	0.5 (500μW)
16	40	-4	0.4 (400μW)
15	32	-5	0.32 (320μW)
14	25	-6	0.25 (250μW)
13	20	-7	0.2 (200μW)
12	16	-8	0.16 (160μW)
11	12.5	-9	0.125 (125μW)
10	10	-10	0.1 (100μW)
9	8.0	-11	0.08 (80μW)
8	6.3	-12	0.063 (63μW)
7	5.0	-13	0.05 (50μW)
6	4.0	-14	0.04 (40μW)
5	3.2	-15	0.032 (32μW)
4	2.5	-16	0.025 (25μW)
3	2.0	-17	0.02 (20μW)
2	1.6	-18	0.016 (16μW)
1	1.26	-19	0.0126 (12.6μW)

図 5 dBm=mW 変換表

<参考>

パワー計本体の製作にあたっては、「Radio Project for the Amateur Volume 3」(Drew Diamond/VK3XU)の記事を参考にしました。

アッテネーターの製作に関しては、本誌 FB NEWS のバックナンバー「楽しいエレクトロニクス工作 第67回 可変アッテネーター その2」の記事を参考にしました。