

## Qメータ/周波数カウンタ/信号発生器の製作 II (「Qメータ製作 I」3頁目に続く4頁～7頁)

山田 泉

2022.05.29/23.09.26 改

### 5. 信号発生器モジュール基板の組立て

市販の信号発生器モジュール（主 IC ; XR-2206）を使用した。

正弦波発振周波数は 10 Hz ～ 1 MHz で振幅も調節できる。デューティ比 50 % 固定とし、周波数切換・周波数連続可変・信号電圧可変は前パネルから操作できるようにして測定用信号とする。

同期して出力する方形波は周波数測定用に利用する。振幅は電源電圧相当で、カウンタモジュールの入力信号レベル（TTL）に合わせるため、本モジュール内でレベル変換した。この出力はオープンコレクタ形式で 5.1 k $\Omega$  で 12 V に接続されているため、直列にツェナーダイオードと LED を入れ 4.5 V 振幅とした。

周波数が 1 MHz に近づくとつれ、出力する方形波の立上り時間が遅くなって鋸歯状波になる。周波数測定に支障が出るかも知れないので以降で検討する。

組み立てて問題なく動作したが、正弦波出力は回路上 10  $\mu$ F で直流阻止されており、平均電位が 0 V に落ち着くまで 10 秒程時要することが分かった（特別問題はない）。

また、この基板はアース箔が固定用孔に直接触れていないため、別途用意した銅箔テープでアースを補強し、ネジ止めすることでシャーシにアースできるようにした（Fig.6-1）。

#### 5-1. コンプリメンタリエミッタホロワを追加

上記正弦波出力は共振回路（50  $\Omega$ ）をドライブする余裕がないため、検波回路基板上の  $\pm 9$  V 間に 2SA838 と 2SC828A-R でコンプリメンタリホロワを追加した。後者のエミッタ抵抗は約 20 mA 流せるようにし、50  $\Omega$  に 2 V<sub>p-p</sub> 印加できるようにした（約 10 mA）。

コンプリメンタリホロワは、 $V_{BE}$  による電位シフトが発生せず、出力インピーダンスが  $h_{fe1} \times h_{fe2}$  だけ低下するので低インピーダンス負荷を駆動するのに有効である。

### 6. カウンタモジュール基板の組立て

市販のカウンタモジュール（主 IC : PIC24FV32KA302）を使用した。

7seg.LED 表示・操作部とカウンタ部本体が切り離しできるようになっており、連結は 10 色フラットケーブルを使用、前者を筐体前パネルに取付けた（Fig.6-2）。

CH1 は汎用周波数測定用として前パネル BNC 接栓に接続し、CH2 に信号発生器モジュールで発生する（正弦波と同周波数の）方形波を入力した。なお、使用頻度が高そうな HF 入力端子は、背面パネルに取り付けた。電源を入れてみると問題なく完動した。

周波数可変の B 100 k $\Omega$  が 500 kHz ～ 1.2 MHz で Critical である。添付されている製作資料によれば、発振周波数上限 1 MHz 超過で IC の性能だろう。



Fig.6-1 ファンクションモジュール基板実装



Fig.6-2 カウンタモジュール基板実装

Fig.6-2 でカウンタモジュール基板は信号発生器モジュールの上に設置した。この基板も取付孔にはアース箔がないため、アースラグをアース箔にはんだ付けし、階下のモジュールのアースと接続している。前パネルの7seg.表示部との連結用10色フラットケーブルは基板に隠れて見えていない。

Fig.6-3 に信号発生器モジュール出力正弦波の周波数測定状態 (1.008 MHz) を示す。



Fig.6-3 正弦波周波数測定 (内部 CH2)

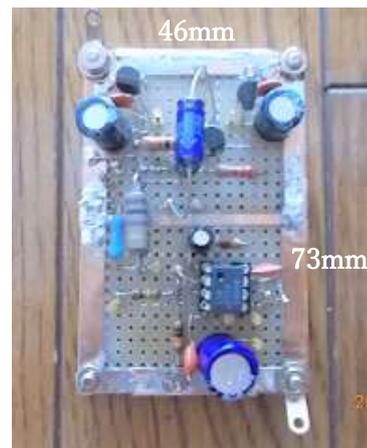


Fig.6-4 同調信号増幅・検波回路

なお、テストオシレータ GRG-450B の RF 出力を HF 入力に印加すると、50 MHz 迄の周波数表示に問題はない。また、信号発生器 AG-203D から方形波 (TTL レベル) を CH1 入力に印加すると、正しく測定・表示される。実際信号発生器モジュールの信号を測定してみると、10 Hz ~ 1.22 MHz 位まで測定できている。

#### 6-1.正弦波に同期する方形波特性改善 (信号発生器モジュール基板内)

5.で記載したが、+12 V から 5.1 kΩ が IC 内部のオープンコレクタトランジスタに接続している。振幅をカウンタモジュールの CH2 入力レベル (TTL) になるように工夫したが、1 MHz に接近すると鋸歯状波になるため 5.1 kΩ と並列に 4.7 kΩ で 2.4 kΩ とし、さらにツェナーダイオードアノードと LED カソード間に 1 000 pF を入れて高周波特性改善を図った。

以上で 1.6 MHz 位まで周波数測定ができている (IC の規格を超えたので、現時点で確度未確認)。

## 7.共振信号増幅・両波検波・電流計駆動回路

Fig.6-4 に製作した基板を示す。この基板に 5-1.で記述したコンプリメンタリホロワを組込んで（チューブラ型電解コンデンサの下）、入力インピーダンスは  $150\ \Omega$  と  $820\ \Omega$  で約  $1\ \text{k}\Omega$  とした。

その上側右は LM78L09 (+9 V)、左は LM79L09 (-9 V) である。中央左側に見えるのは共振回路用  $50\ \Omega$ （上下に  $100\ \Omega$  を並列）と  $0.68\ \Omega/1\ \text{W}$ 、右下が MUSES 8920D (J-FET 入力, 11 MHz) で、共振信号増幅及び両波検波並びに  $100\ \mu\text{A}$  DC 電流計を駆動する。なお、アース（部品面とハンダ面）を銅箔テープで補強している。

## 8.追加工

### 8-1.共振部の PVC（ポリバリコン；PVC-22KT-LD1, $Q=500$ ）シャフト延長

手持ちの PVC は基板ハンダ面にシャフトがあるタイプで、シャフト延長に利用できそうな適切な部品がない。そこで、 $\Phi 2.4\ \text{mm} \times 20\ \text{mm}$  のビスにジュラコン製  $\Phi 6\ \text{mm}$  スペーサを通し、緩みが出ぬようスプリングワッシャで固定、仮シャフトとした。

一方、正面パネルからの操作には他の取付け部品の位置関係で更にシャフト長が  $25\ \text{mm}$  不足するため、小型シャフトカブラを分解して軸保持用金具 2 個を外し、軸中心が一致するようハンダ付けで固定してから  $\Phi 6\ \text{mm}$  アルミ円筒棒  $30\ \text{mm}$  で延長した。この状態を Fig.8-1 に示す。

### 8-2.信号発生器モジュールの周波数レンジ切換用ツマミの製作

ロータリスイッチは樹脂製シャフトで極めて硬く、長いので鉄ノコで  $40\ \text{mm}$  ほど切り落とした。また、ツマミが付属しているが外形  $25\ \text{mm}$  で正面パネルの配置上無理がある。更にシャフトは最大径  $6.5\ \text{mm}$  で一般のツマミが使用できない。そこで手持ち  $\Phi 6\ \text{mm}$  用ツマミに貫入された黄銅部内径を径  $6.5\ \text{mm}$  六角棒で削り落とし、D カット面にアルミ端材を貼付け、丸形状  $6.5\ \text{mm}$  になるようにした。

### 8-3. $100\ \mu\text{A}$ Meter Gain 用 $\Phi 3\ \text{mm}$ シャフト VR のツマミ

信号発生部・カウンタ部と Q 測定用同調部は、機能が異なるのでツマミを分けることにした。前者には Fig.8-2 の頭部銀色 2 種類、後者は黒物とした。黒物は  $\Phi 6\ \text{mm}$  のものしか手持ちがないため、ここでも  $\Phi 6\ \text{mm}$  ジュラコン  $8\ \text{mm}$  スペーサをツマミ内黄銅部に嵌入し、 $3\ \text{mm}$  ドリルで孔加工して使えるようにした。



Fig.8-1 PVC シャフト連結状態



- 1) 左； $\Phi 6\ \text{mm}$  内径を  $\Phi 6.5\ \text{mm}$  に加工
- 2) 中； $\Phi 3\ \text{mm}$  用
- 3) 右； $\Phi 6\ \text{mm}$  内径をスペーサで  $\Phi 3\ \text{mm}$  化

Fig.8-2 ツマミ

上記 3 種類の追加工は試行錯誤で時間がかかった。

#### 8-4.600 kHz ~ 1.6 MHz 調整が Critical (220810~0811)

信号発生器モジュールの発振周波数だが、一番高い周波数レンジで操作用 RV16 型可変ポリウムの回転角に対し、変化範囲が過大で安定しない。説明書を見ると、 $f = 1/CR$  で R が小さいほど周波数が高くなるが、実際の抵抗値は回転角 150 度から 270 度の間で  $50\text{ k}\Omega \sim 0\ \Omega$  まで変化する。

本来モジュールでは多回転型調整用可変抵抗器( $100\text{ k}\Omega$ )で調整するようになっているので、試しにポテンショメータ B10  $\text{k}\Omega$  で代用してみると、周波数設定操作も格段に向上しかつ発振周波数も安定してきた。例えば 810 kHz の設定にすると 100 Hz オーダは安定しており、1 レンジ下の周波数とのオーバーラップも満足して良好である。交換することにして前パネルの孔を  $\Phi 9\text{ mm}$  に拡大，専用ダイヤルも取付けた (Fig.8-3)。また，配線は二芯シールド線で最短にし，シールドは信号発生器モジュールのアースへ接続した。

#### 8-5.PVC の可変に関して (220811 ~ 0812)

PVC は仕様上 180 度で  $5.8\text{ pF} \sim 335\text{ pF}$  が可変できる。エアバリコンよりも  $40\text{ pF}$  ほど少ないので温度補償形  $47\text{ pF}$  を並列に取付けた。これで同調作業を繰り返してみたが，710 kHz 以下は範囲外なのかうまくいかない。調べた結果 PVC 本体のアース端子を接続すると安定し，594 kHz も同調させることができた。100  $\text{k}\Omega \sim Lx$  用ターミナル青～トグル SW～PVC ステータ迄は，非常に敏感で指の接近でもメータ指針が変化する。線径確保のため  $\Phi 0.4\text{ mm}$  銅線を 3 本撚り合わせ配線とした。様子を見て最終的にもう一度配線検討する (Fig.8-4)。



Fig.8-3 F var. ⇒ ポテンショメータに変更

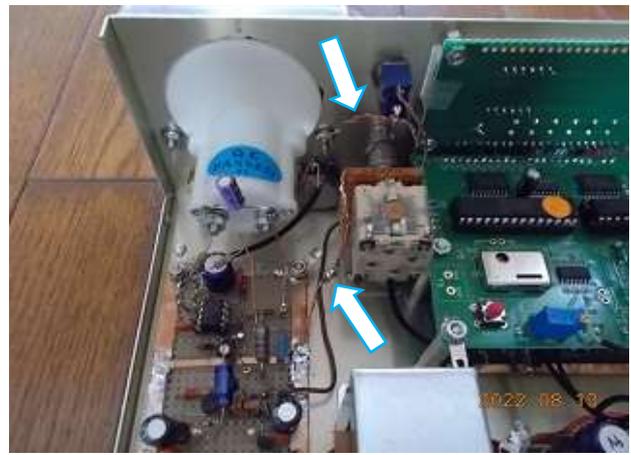


Fig.8-4 PVC/信号増幅両波検波回路 配線