

ここまでのQ測定結果を表8-1に示す。コイルか実装か回路か、意外に測定値が小さいようだ。

表8-1 現時点での測定結果

kHz \ Q	自作 0V3-2 用	並四コイル (通販品)
594	70.4	65.4
693	66.7	65.3
810	55.2	59.5
954		
1 134		
1 242		
1 422		
1 610		
	直流抵抗 4.7 Ω	直流抵抗 6.8 Ω



8-6. オペアンプ MUSES 8920D の GB 積調整 (220815)

シミュレーションで定めた定数だと 810 kHz 以上の測定でゲインが上がらず、Meter Gain 調整も少々不安定である。利得 1 倍 (0 dB) の帯域は 11 MHz で、初段が 5.7 倍のため既に余裕がない。

そこでゲイン配分を再検討し、100 μA メータの直流抵抗値は凡そ 600 Ω と見当がついたので、検波ダイオード出力からメータへの直列抵抗を 2.2 kΩ に変更した。この検討内容を Fig.8-5 に示す。

Meter Gain の RV16B 型 20 kΩ VR への配線は二芯シールド線を用い、①番と②番端子をショートして 220 μF に、③番端子を 8920D ⑥端子とし、VR のエンクロージャは筐体と接触していないため誘導を抑えるよう両波検波基板のアースに接続した。ただ、シールド線で分かるような変化はないようだ。

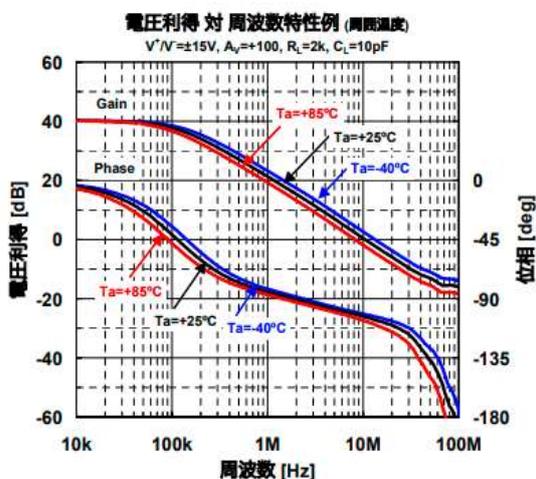


Fig.8-5 MUSES 8920D ゲインー周波数特性

1 段目 (共振電圧増幅)

周波数 2 MHz 以下を通過させるには、余裕をみて $GAIN \leq 12 \text{ dB}$ (4 倍)。

$G_1 = 1 + R_f/R_s$ から、 $R_s = 10 \text{ k}$ より $R_f = 30 \text{ k}$

2 段目 (両波検波・メータ駆動)

Meter Gain (R_s) は RV16B 型 20 kΩ VR

$G_m = 1 + R_f/R_s$, $R_f \cong 2.2 \text{ k} + 2.2 \text{ k} + 600 \times 1 = 5 \text{ k}$

$R_s \cong 0.2 \text{ k} \sim 20 \text{ k}$, ダイオード分を無視すると

$G_m \cong 26 \text{ 倍} (28 \text{ dB}) \sim 1.25 \text{ 倍} (2 \text{ dB})$ から、目的の 500 kHz ~ 8 MHz^{※2} 位まで増幅動作する。

※1 メータ直流抵抗値

※2 周波数が高くなると共振電圧が低下し、よりゲインが必要になるので高々 2 MHz であろう。

8-7.両波検波回路用+9 V リップルが 50 mVp-p

-9 V は約 5 mV だが、+9 V のリップルが大きい。整流回路で 470 μ F しか手持ちがなく、-9 V が 1 000 μ F でつり合いが取れないためである。見つけてきた 330 μ F/50 V を追加したところ、ほぼ同等になった。

8-8.100 k Ω ～青端子～PVC 間配線強化

8-5.で一時保留にしたが、上記間の配線を Φ 1.6 mm 裸銅線で強化した。安定性がやや向上した様子である。

8-9.+12 V を 13.75 V に

信号発生器モジュールの発振出力を少し上げるため、+12 V レギュレータの基準端子に LED を挿入した ($V_F=1.75V$)。12 V は 13.75 V になったが、発振出力は最大でも 2.25 Vp-p で変化はない。

測定値にも特に変化はないが、1 100 kHz (規格外) での出力は+5 %程度上昇しているので、1 134 kHz で $Q=50$ (35.3 μ A/50 μ Amax) と測定は出来ている。

追加の LED はシャーシ上から検討する際、電源 ON 状態が分かり不注意なトラブルが避けられる。

8-10.PVC のツマミ

Fig.8-3 に示すように黒の Φ 15 mm だが、回転トルクが必要なため少々操作しづらい。暫定的に 1V2 で使用している AF GAIN のツマミに交換した。

8-11.PVC に並列にした温度補償型 47 pF を削除

8-5.で、PVC の 5.8 pF \sim 335 pF に並列に 47 pF を取付けたが、同調に関わる PVC 本体のアース端子処理で問題は解決されたため、最終的に削除した (PVC 容量不足なら再度追加する)。

8-12.

以上までの取組みで得た結果を表 8-2 に示す。明らかに Q が増加している。

このあたりが回路・実装の限界なのだろうか。

表 8-2 8-4.~8-9. 対策後の測定結果

kHz \ Q	自作 0V3-2 用		並四コイル (通販品)	
594	75.6		65.7	
693	71.8		63.1	
810	70.6		60.9	
954	61.7		51.5	
1 000	58.5		46.2	
1 134	51.8		40.7	
1 242	—		—	
1 422	—	—	—	
1 610		直流抵抗 4.7 Ω	—	直流抵抗 6.8 Ω

9.信号発生器モジュール正弦波出力の増幅（1 MHz 以上は仕様範囲外）

周波数が 1 MHz を超えても発振動作はしているので、出力電圧が低下する分を増幅すればそれ以上でも使用できそうだ。実現できればなお使い勝手が向上する。

そこで、手持ちの LF356（J-FET 入力、 $GB \leq 5 \text{ MHz}$ ）と 2SC828A-S 及び 2SA872A を対にして 2 倍（6 dB； GB 積から 2.5 MHz でゲイン 1 倍）の増幅器を作成してみることにした。2 倍としたのは、 GB 積もあるが負荷が 50Ω であり、4 Vp-p を出力する場合 $\pm 40 \text{ mA}$ 必要になるので、回路全体の消費電流がレギュレータの仕様 100 mA に近くなるからである。

Fig.9-1 に回路、Fig.9-2 に実装状態を示す。ダイオードには約 1.5 mA を流し、オフセット調整はほぼセンターでよい。モジュール出力は減衰しながらも 2 MHz を超えて出力するが、2 MHz までは

歪みなく増幅できている。手持ち定数 $R_f = 1.2 \text{ k}\Omega$ により、 $V_o = V_i \left(1 + \frac{1.2\text{k}}{1\text{k}}\right) = 2.2$ 倍である。

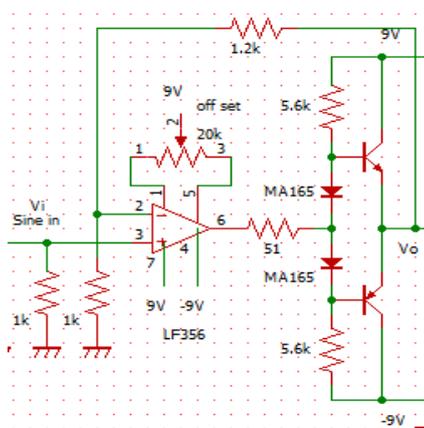


Fig.9-1 LF356 2 倍増幅器

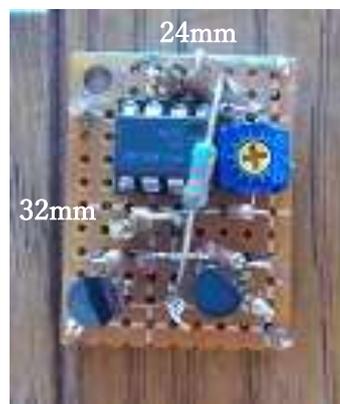


Fig.9-2 LF356 増幅器実装状態

※Fig.9-2 で抵抗カラーコードが赤-赤-赤で 2.2 k Ω に見えるが、1.2 k Ω である。

対策結果を表 9-1 に示す。1 134 kHz ~ 1 422 kHz まで測定できるようになった。

但し、1 200 kHz 以上はモジュール出力の緩やかな減衰が始まり、出力と Meter Gain の調節がやや難しくなる。目的の共振周波数でメータ指針が最大となる点に合わせ、その 0.707 倍の指示値を読み取り算定すればよい。効果が明らかなので 5-1.のコンプリメンタリエミッタホロワは全て削除した。

表 9-1 9-2.対策後の測定結果

kHz \ Q	自作 0V3-2 用		並四コイル（通販品）	
594	73.6		64.9	
693	69.2		61.5	
810	70.2		61.9	
954	65.1		53.7	
1 000	62.5		51.1	
1 134	54.1		46.8	
1 242	50.6		43.4	
1 422	48.5		41.4	
1 610	—		—	
			直流抵抗 4.7 Ω	

※ツマミの操作で Q が 1 ~ 4 程度変化する。

LF356 増幅器を組込んだ状態を Fig.9-3 示す。検波回路基板上にしたのは、検討を継続するためでもある。また背面パネルにある BNC はカウンタの HF 入力端子である。

テプラでレタリングをし、書籍付属の赤色暗記用シートを 2 枚重ねて 7 seg. LED 保護用のカバーとして貼付けた (Fig.9-4)。



Fig.9-3 LF356 増幅器は 2 階建て設置



Fig.9-4 周波数表示部に赤シート貼付

PVC のつまみは大きめの方が操作しやすいので、8-10.から再度最小径 Φ 16.5 mm のものに代えた。やや全体のバランスを欠くようなので改めて相応しいものにする。

10. 最後に

測定周波数 1 MHz 以上に課題が残ったが、信号発生器モジュールの性能にも起因するので機会をみて背面パネルに BNC 接栓を設けて外部の信号発生器を接続できるようにしたい。

Fig.10-1, 10-2 に外観を示す。



Fig.10-1 Q メータ外観

左下から電源 SW, カウンタ入力, 内部信号発生器周波数切換, 発生器出力可変, 周波数可変
メータ下 Meter Gain, L 測定端子 (青, 黄)
メータ左横 大きいつまみは PVC 可変 (同調)

※カウンタ機能の選択は Fig.10-1 赤遮光パネルの最左窓にある Dip sw で設定 (通常 CH2)



Fig.10-2 Q メータ背面

背面の BNC はカウンタ用 HF 信号入力
(100 kHz ~ 50 MHz / 感度 700 mVp-p)

11.製品仕様

表 10-1 に最終的な製品仕様を示す。

11-1.カウンタ

前パネルの BNC (CH1) 入力は、0 ~ 50 MHz (\leq TTL) が測定できる。Dip switch 設定は通常 CH2 に設定しており、内蔵信号発生器モジュールの周波数を測定する。背面パネルには HF 信号入力 BNC を用意しており、7 seg. LED 下の Dip switch の設定によりこちらの入力信号も測定できる。

11-2 信号発生器

方形波・三角波・正弦波が出力できるが、Q 測定のため正弦波出力の設定になっている。前パネルの BNC にはこの正弦波信号が出力する。モジュールの製品仕様では \leq 1 MHz だが、実力 10 Hz ~ 1.5 MHz (\leq 2 Vp-p) である。また、周波数が高くなるほど出力電圧は低下する。

11-3.Q メータ (Q 測定)

中波帯測定が主体なので、測定範囲は 500 kHz ~ 1 200 kHz とした。信号発生器の出力レベルが低下するため、1 200 kHz 以上の測定では共振最大値の設定と -3 dB 点及び発生器出力可変並びに Meter Gain 可変の微調整が必要である。

表 11-1 製品仕様

項目	区分	カウンタ	信号発生器	Qメータ
周波数		0 Hz ~ 50 MHz CH1, HF(切換可※)	10 Hz ~ 1 MHz 6 レンジ, 正弦波	500 kHz ~ 1 200 kHz
表示形式		7 seg. LED 8 桁	7 seg. LED 8 桁	100 μ ADC 電流計
入力信号電圧		\leq TTL	-	(測定電圧) \leq 4 Vp-p
出力信号電圧		-	\leq 0 ~ 2 Vp-p 波形・電圧表示なし	-
Q 測定範囲		-	-	10 ~ 100
電源電圧/消費電力		AC100 V/5.5 V·A		
外形/質量		W200 mm×D180 mm×H80 mm/約 2.5 kg		

※通常は CH2 に設定 (発振器出力周波数を表示)。CH1 及び HF は Dip switch (S1, S2) で切換

12.参考資料

ネットに掲載された Q メータ記事, Wikipedia の解説