

R・L・C 測定 ACブリッジの回路説明

1.正弦波発振部

位相形 CR 発振回路で、発振周波数は約 14 kHz である。出力電圧は約 7 V_{p-p} を得ている。発振周波数は以下の式で表される。

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6CR}} \text{ (Hz)} \quad \dots\dots\dots 1-1$$

FET で CR 回路を受けたのは、トランジスタの入力インピーダンスが関与しないよう配慮したことによる。増幅は Q2 が約 40 倍、Q3 は約 2 倍で Q3 コレクタから Q2 エミッタへフィードバックをかけている。Q4 はエミッタホロワで出力インピーダンスを下げるため追加した。D1 は直流電位を 0.7 V 上げて出力電位を 0 V にする。Q3 と Q4 のベース抵抗は寄生発振防止用である。回路図上抵抗が直列になっている箇所は、手持ちの抵抗を接続したことによる。当初、発振周波数は約 1 kHz としていたが、最終的に約 14 kHz とした（別稿で詳述する予定）。ゲイン計算は回路図に示した。

2.LF356

R と C の測定実験を繰り返すうち、ブリッジが発振器に与える負荷が意外に大きく、7 V_{p-p} を確保するには大きな電流が必要であり、しかも波形歪みが生じるケースがあることが分かったので、LF356 (f_t ≦ 5 MHz) を追加して発振回路の負荷を軽減した。

発振信号電圧は R, C 測定時はそのまま ACブリッジに印加するが、L 測定では低い方が安定した測定結果が得られたため、L の場合だけ 1/5 になるよう決定した。出力インピーダンスは一般の信号発生器出力同様の 50 Ω である。

3.EXT IN

外部からも測定用正弦波信号を入力できるよう BNC 接栓と切換 SW を設けている。トグルスイッチで切換えするようにし、EXT ; 外部信号, INT ; 内臓の位相型 CR 発振器である。

4.ACブリッジ部

4 回路 3 接点のロータリ SW で R, L, C 測定を切り換えられるようにした。回路図で太い線に強調されている部分は、直径 d = 1.6 mm 裸銅線で配線抵抗を低減している。「製作記事」でも記載したがポテンショメータのダイヤル目盛表示が Z_x の値を示すように ACブリッジを構成している。ブリッジの平衡条件から、式 1-2 が成り立つ。

$$Z_x = R_m \cdot R_s / R_{ref} \quad \dots\dots\dots 1-2$$

- R_m ; ヘリカルポテンショメータ (1 kΩ, 直線性 ±0.25 %)
- R_s ; 測定レンジ切換用精密抵抗 (10 Ω/100 Ω/1 kΩ/10 kΩ 0.1%, 100 kΩ 1%)
- R_{ref} ; 精密抵抗値 (10 Ω 0.1%), C_{ref} ; 精密キャパシタ (0.01 μF 1%)

- ① Z_x が抵抗の場合、R_m 及び R_s 並びに R_{ref} は全て抵抗となる。
- ② Z_x がインダクタの場合、R_m 及び R_{ref} の入替えはなく、R_{ref} を C_{ref} に置き換える。
- ③ Z_x がキャパシタの場合、R_m 及び R_{ref} の入替えを行い、R_{ref} を C_{ref} に置き換える。

ブリッジの構成は経路が最短になるよう部品配置を工夫し、特に Rs を構成する 5 本の抵抗のブリッジ端子 B 側は、一ヶ所に集めハンダ付けしている。

5. 平衡検出部

AC ブリッジが平衡すると回路図の B 及び C 点の電位は一致する。ブリッジに負荷効果を与えぬよう高インピーダンスの FET 入力 TL082 とダイオードで両電位の正方向だけを抽出し、その差異で ±50 μADC 電流計を駆動する。ダイオードは閉ループ内にあるため、その非直線性は裸ゲインと閉ループゲインの差異（約 80 dB）で軽減される。

TL082 ゲイン約 20 dB（10 倍）及び 390 Ω 並びに 33 μF は、電流計のフルスケールに合わせ Cut & Try で最終決定したものである。センターゼロ電流計が“0”を指示する（平衡時）Rm のダイヤル目盛表示（三桁表示）が測定値となる。

基本回路とそのシミュレーション結果を Fig.1-1～Fig.1-3 に示す。R1（±50 μADC 電流計）に流れる電流が ± 双方向になるのが分かる。

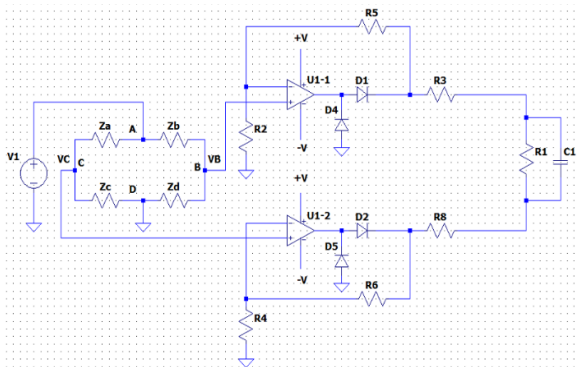


Fig.1-1 シミュレーション回路

・ 電圧増幅度 A

$$A = 1 + R5/R2 = 1 + R6/R4 \text{ (倍)}$$

$$R5 = R6 = 10 \text{ k}\Omega, R2 = R4 = 1.2 \text{ k}\Omega \text{ 時}$$

$$A = 1 + 10 \text{ k}/1.2 \text{ k} \approx 10 \text{ 倍}$$

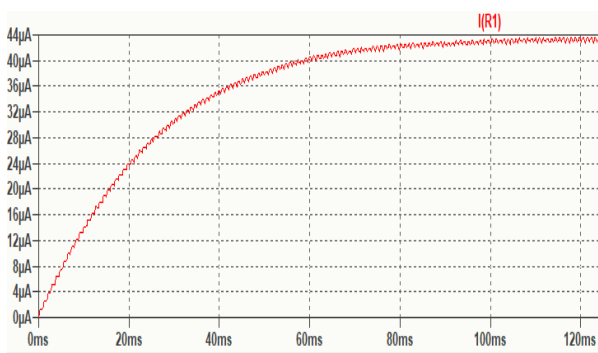


Fig.1-2 $V_B \geq V_C$ 時の R1 の電流

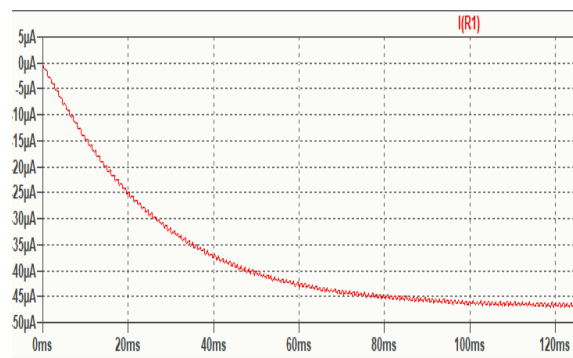


Fig.1-3 $V_B \leq V_C$ 時の R1 の電流

6. 電源回路

センタータップのある出力 12 V をブリッジで整流し、三端子レギュレータ 78L08 で +8 V、79L08 で -8 V を得ている。

位相形 CR 発振回路及び AC ブリッジ回路のデカップリングは、それぞれの回路の必要なところで行っている。