



8 いろいろな増幅回路 その

馬場 清太郎  
Seitaro Baba

今回は、増幅回路編の最後として、

- 電流・電圧変換回路
- 加減算回路
- T型帰還回路

を取り上げます。電流・電圧変換回路は、電流の測定に使います。設計の注意点は、この変換回路が被測定回路に影響しないようにすることです。

加減算回路は、複数の信号を加えたり差し引くときに使用します。T型帰還回路は、反転増幅回路のゲインを大きくしたい場合に、抵抗値の大きな抵抗器が必要になるときに便利な回路です。

電流・電圧変換回路

電圧測定においては、図8-1(a)のように測定回路の入力インピーダンスを充分大きくして電流が流れ込まないようにしないと誤差を発生します。

電流測定においては、図8-1(b)のように測定回路に電圧降下が発生しないようにします。言い換えると、電流測定回路の入力インピーダンスを0にするのが望ましいです。

電源ラインの電流を検出する

電源線(レールという)の電流は、図8-2や図8-3に示すような回路で検出します。使用OPアンプは、第2回(2002年2月号)の実験で入力ダイナミック・レンジが正側電源電圧  $V_{CC}$  までOKだったNJM072Bを  $V_{CC}$  レールの電流検出(図8-2)に、負側電源電圧  $V_{EE}$  までOKだったNJM2904を  $V_{EE}$  レールの電流検出(図8-3)に使用します。

図8-2(a)と図8-3(a)は前回扱った定電流回路を使用しています。

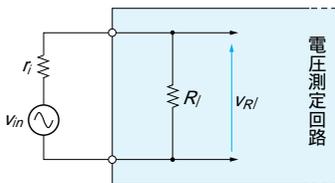
電流検出抵抗  $R_S$  の電圧降下にソース抵抗  $R_1$  の電圧降下が等しくなるように動作します。したがって出力電圧  $V_{out}$  は、

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} R_S I_{out} \dots\dots\dots (8-1)$$

となります。検出ゲイン( $R_2/R_1$ )を欲強ると、 $R_2$ が大きくなるので、 $V_{out}$ を測定する別回路の入力インピーダンスも大きくする必要があります。

図8-2(b)と図8-3(b)が第5回(2002年5月号)で紹介した、差動増幅回路を使った回路です。図のように記号をつけると、出力電圧  $V_{out}$  は式(8-1)で表されます。この回路の欠点は図中で説明したように、片電源で使用すると出力電圧が0Vまで下らないことと、

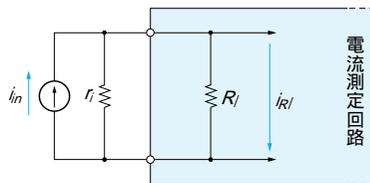
図8-1 入力インピーダンスと測定誤差



$$V_{RL} = \frac{R_L}{r_i + R_L} V_{in} \quad V_{in}$$

$R_L$  ならば、  
 $V_{RL} = V_{in}$   
ただし、 $V_{in}$ : 信号電源電圧、 $r_i$ : 信号源インピーダンス、 $R_L$ : 測定回路入力インピーダンス

(a) 電圧測定回路



$$i_{RL} = \frac{r_i}{R_L + r_i} i_{in} \quad i_{in}$$

$R_L$  0ならば、  
 $i_{RL} = i_{in}$   
ただし、 $i_{in}$ : 信号電源電流、 $r_i$ : 信号源インピーダンス、 $R_L$ : 測定回路入力インピーダンス

(b) 電流測定回路

差動増幅回路の入力抵抗により誤差電流が流れることです。

いずれの回路を採用するにしろ、**電流検出抵抗はできるだけ小さくして、被測定回路に影響しないようにします。**

### 電源電流検出回路の入出力特性

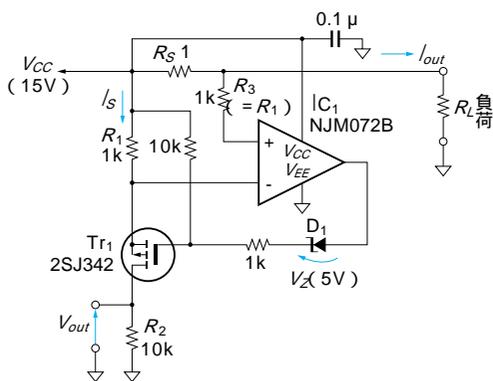
図8-2と図8-3に示す回路で実験してみると、結果は図8-4になりました。図を見ると、直線性は良

さそうですが、理想直線(図中の色付き線)に対し平行移動しています。

原因は、使用したOPアンプのオフセット電圧の影響です。最大検出電圧が200mVで、定格オフセット電圧が最大10mV程度ですからやむを得ません。

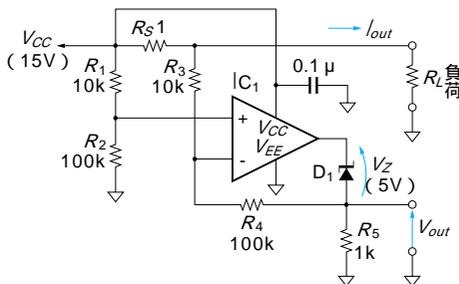
ずれを抑えるには、**オフセット調整可能なOPアンプ**か、**高精度レール・ツー・レールOPアンプ**を使用します。

図8-2  $V_{CC}$ レールの電流測定



$V_{out}$  [V] と  $I_{out}$  [A] には次のような関係がある。  
 $R_S I_{out} = R_1 I_s$  (バーチャル・ショート)  
 $V_{out} = R_2 I_s$   
 $V_{out} = \frac{R_2}{R_1} R_S I_{out}$   
 ただし、 $V_Z$   $V_{CC} - V_{OM}$  ( $V_{OM}$ : IC1の最大出力電圧)  
 上記のような定数設定の場合、出力電圧  $V_{out}$  [V] は、  
 $V_{out} = 10 I_{out}$   
 となる

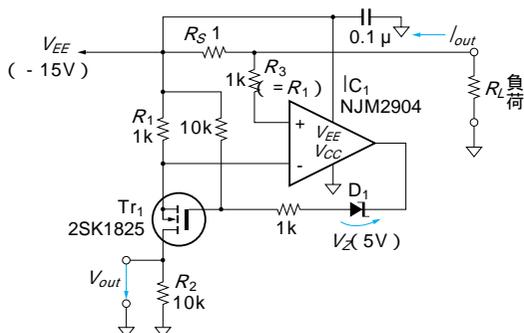
(a) 定電流回路



$V_{out}$  [V] と  $I_{out}$  [A] には次のような関係がある。  
 $V_{out} = \frac{R_2}{R_1} R_S I_{out}$   
 ただし、 $R_1 = R_3$ ,  $R_2 = R_4$   
 上記のような定数設定の場合、  
 $V_{out} = 10 I_{out}$   
 最低出力電圧  $V_{Omin}$  は、  
 $V_{Omin} = \frac{R_5}{R_3 + R_4 + R_5} V_{CC} = 135mV$  13.5mA  
 これをゼロにするには、 $D_1$  をショートして  $V_{EE}$  を -3V以下にする ( $R_5$  は不要)。その場合でも、次式で決まる誤差電流  $I_e$  が流れる。  
 $I_e = \frac{V_{CC}}{R_3 + R_4} = 136\mu A$

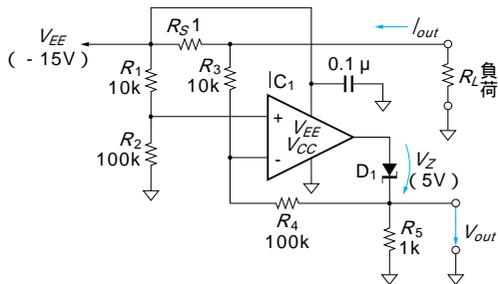
(b) 差動増幅回路

図8-3  $V_{EE}$ レールの電流測定



$V_{out}$  [V] と  $I_{out}$  [A] には次のような関係がある。  
 $V_{out} = \frac{R_2}{R_1} R_S I_{out}$   
 上記のような定数設定の場合、  
 $V_{out} = 10 I_{out}$   
 その他は、図8-2(a)と同様である

(a) 定電流回路



$V_{out}$  [V] と  $I_{out}$  [A] には次のような関係がある。  
 $V_{out} = \frac{R_2}{R_1} R_S I_{out}$   
 ただし、 $R_1 = R_3$ ,  $R_2 = R_4$   
 上記のような定数設定の場合、  
 $V_{out} = 10 I_{out}$   
 その他は、図8-2(b)と同様である

(b) 差動増幅回路

