

第5章 電流/抵抗/周波数と電圧を相互に変換

電圧以外の信号を扱う

宮崎 仁
Hitoshi Miyazaki

電子回路では主として電圧を信号として用い、増幅や演算などの処理を行います。電流や抵抗、周波数など、電圧以外の信号を扱うために、それらの信号と電圧を相互に変換する回路が用いられています。

交流信号を直流信号に変換する整流回路のように、電圧信号どうしの変換を行う回路もあります。これらの回路も、付録基板を使って実験できます。

電流を電圧に換える

電流と電圧の関係はオームの法則で決まり、基準抵抗を用いれば電流 I と電圧 V の相互変換 ($I-V$ 変換 / $V-I$ 変換) ができます。

基準抵抗 R_{ref} に入力電流 I_{in} を流せば、 I_{in} に比例した電圧降下 $\Delta V = I_{in}R_{ref}$ を生じます。その電圧降下を出力電圧 V_{out} として取り出せば $I-V$ 変換ができます。 $I-V$ 変換は電流測定などの用途に用いられます。

■ 高精度な $I-V$ 変換回路

● 0 ~ 150 μA を 0 ~ -1.5 V に変換する

代表的な高精度 $I-V$ 変換回路は、図1のように反転増幅回路から入力抵抗 R_1 を取り去り、直接電流 I_{in} を流し込むようにしたものです。 R_1 を取り去っても負帰還による**仮想接地**は働きます。 I_{in} はすべて帰還抵抗 R_{ref} を流れるので、

$$V_{out} = -I_{in}R_{ref} \dots\dots\dots (1)$$

と、 I_{in} に比例した出力電圧 V_{out} が得られます。

図1の回路例では、 $R_{ref} = 10 \text{ k}\Omega$ を用いて、0 ~ 150 μA の入力電流を 0 ~ -1.5 V の出力電圧に変換しています。入力電流を逆向き(流れ出し)にすれば、正の出力電圧が得られます。入力電流が双方向なら、正負の出力電圧になります。

この回路の利点は、電流の入力点が**仮想接地**になっ

ていることです。信号源(電流源)から見た出力条件が常に一定のため、信号電流によけいな誤差を生じません。

例えば、**フォト・ダイオード**は受光量に応じた光電流が流れる光センサですが、この $I-V$ 変換回路を用いて、図2のように**光電流測定回路**を構成できます。このとき、フォト・ダイオード自体は常に 0 V にバイアスされるので、光量と光電流の間に高い直線性が得られます。

● 入力電流の最大値は OP アンプの出力電流の最大値に制限される

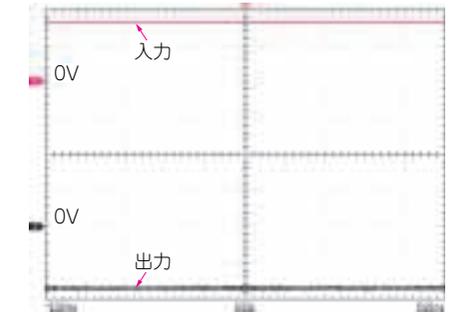
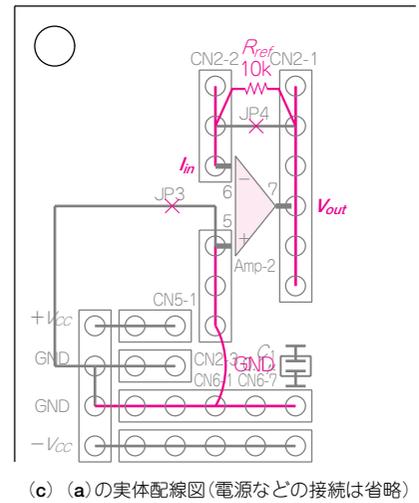
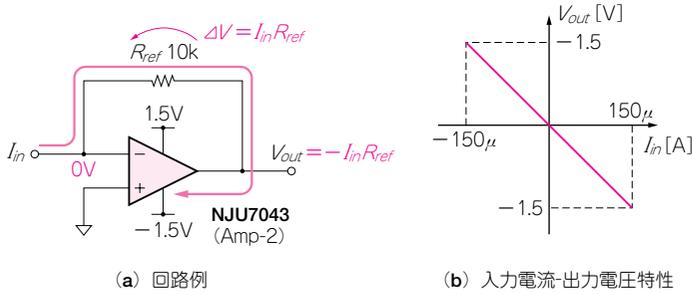
一方、この $I-V$ 変換回路の注意点としては、入力電流範囲は OP アンプの負荷電流範囲に制限されること、入力電流の周波数範囲は OP アンプの周波数特性に制限されること、OP アンプの入力バイアス電流が誤差要因になること、信号源の静電容量が大きい場合 OP アンプが発振しやすくなることなどがあげられます。

負荷電流が大きい点と入力バイアス電流が小さい点は CMOS OP アンプの NJU7043 が有利ですが、発振に対する安定性では NJM2732 が有利です。

この回路の入力電流 I_{in} は、すべて帰還抵抗 R_{ref} を通って OP アンプの出力ピンに流れ、OP アンプの負荷電流となります。そのため、この回路では OP アンプの負荷電流範囲の入力電流しか扱えません。NJM2732 は通常 $\pm 2.5 \text{ mA}$ 程度、高出力電流が特徴の NJU7043 は $\pm 40 \text{ mA}$ の負荷電流を流せます。一般の OP アンプ IC の負荷電流は、 $\pm 1 \text{ mA}$ 程度から $\pm 50 \text{ mA}$ 程度のものが多いようです。それ以上の大きな入力電流を扱いたい場合は、次に紹介する大電流用の $I-V$ 変換回路を用います。

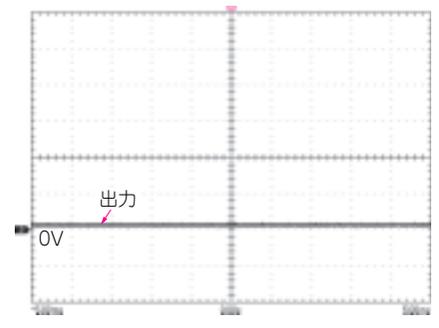
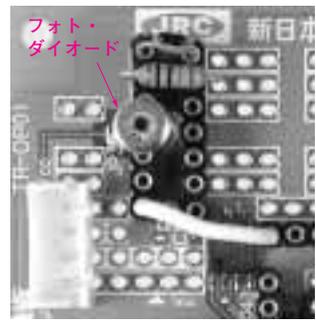
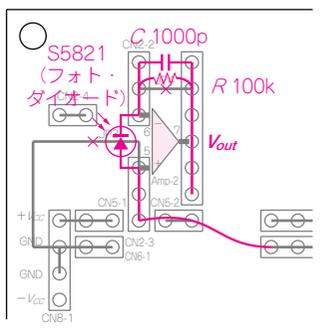
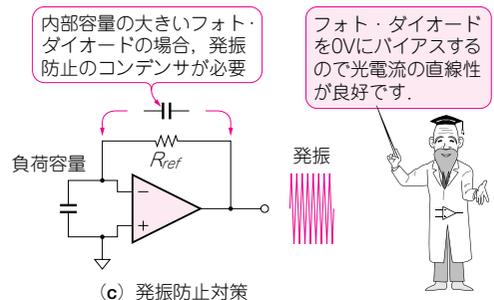
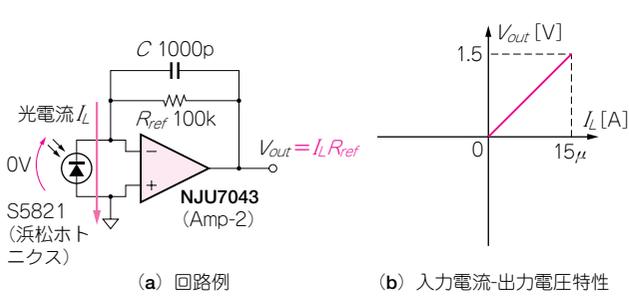
Keywords

$I-V$ 変換回路, フォト・ダイオード, 通過電流, $V-I$ 変換回路, $R-V$ 変換回路, 定電圧型, 定電流型, ブリッジ型, サーミスタ, $V-F$ 変換回路



(d) (a)の入出力波形(一般のオシロスコープで観測。入力: 10 μ A/div., 出力: 100mV/div., 1ms/div.)

図1 高精度 I-V変換回路(PSpice データ・ファイル: ¥fig6-1)



(d) (a)の実体配線図 (電源などの接続は省略)

(e) 付録基板への実装 (電源などへの配線は省略)

(f) (a)の入出力波形(一般のオシロスコープで観測。出力: 100mV/div., 1ms/div.)

図2 フォト・ダイオードの光電流測定回路

■ 大電流を扱える I-V変換回路

前述の I-V変換回路は高精度の電流測定に適していますが、扱える入力電流の大きさはOPアンプの負

荷電流範囲に制限され、通常は数mAからせいぜい数十mAです。しかし、I-V変換の用途によっては**数百mA**、**数A**といった大電流を扱いたい場合もあります。