

実験A2. オペアンプによるアナログ回路設計(1日目)

高井研究室 助教 池本 隼也

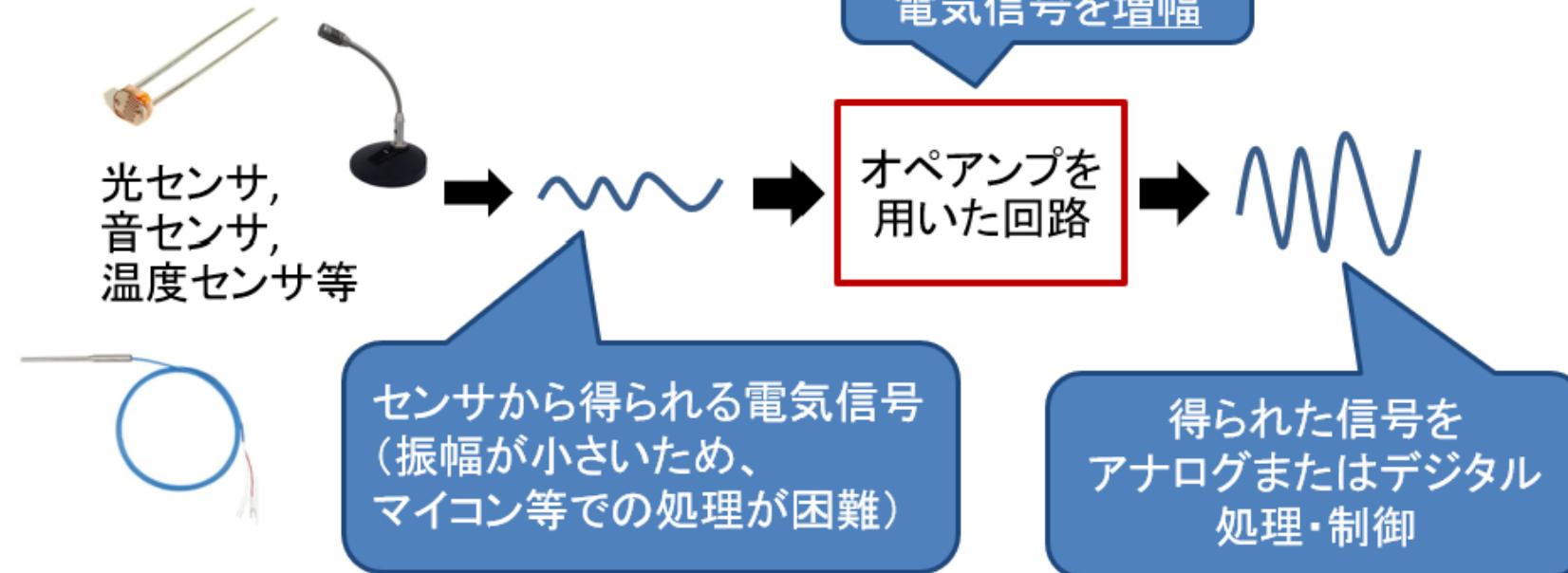
TA 横川 雄祐 (M2)

実験目的

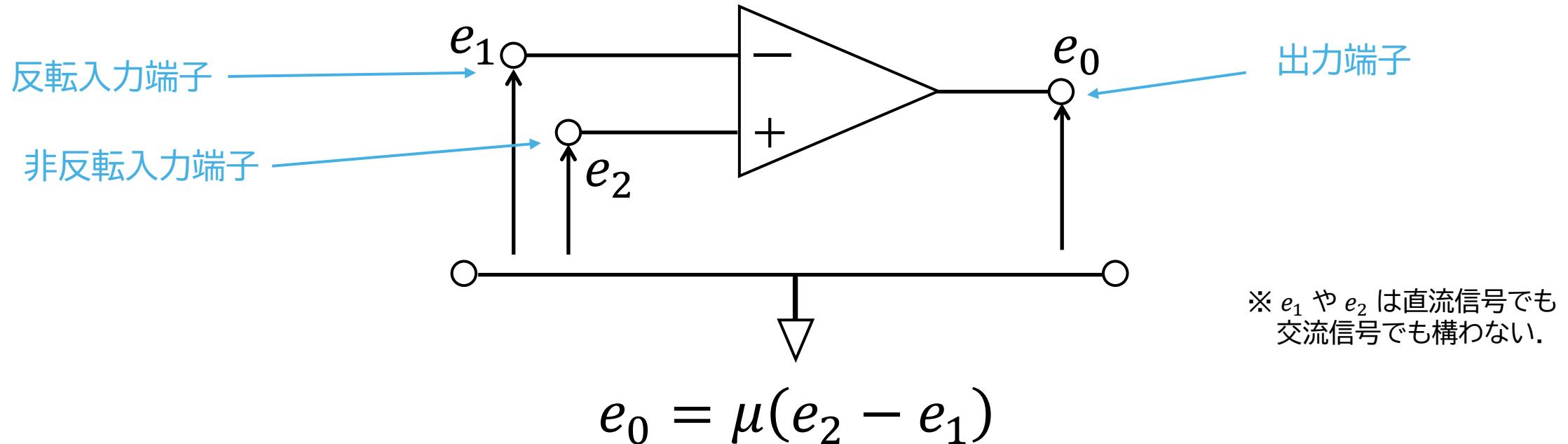
オペアンプ(演算増幅器)を用いた回路を設計し、
オペアンプについての基礎知識を習得する。



<オペアンプの使用例>



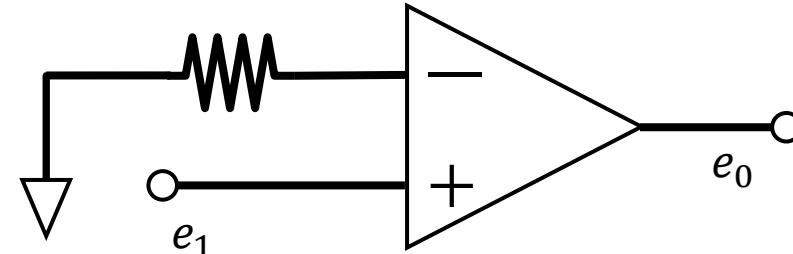
オペアンプの原理



$\mu > 0$ はオペアンプの**電圧利得(増幅度)**をあらわし, $10^5 \sim 10^6$ といった非常に大きな値になる.

ただし, 電圧利得の大きさは外部環境(熱など)によって大きく変化する.

負帰還(ネガティブフィードバック)



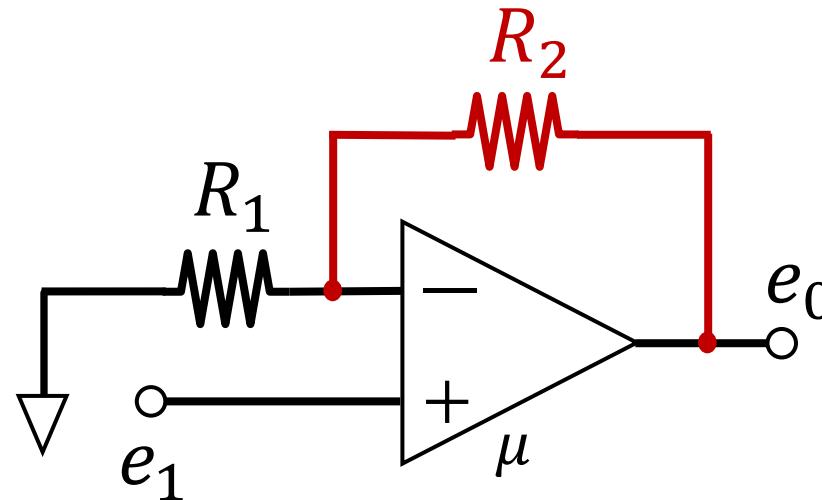
オペアンプは左のような出力から入力に戻さない開ループの状態で使用することはほとんどない。

$$e_0 = \mu e_1$$

なぜ？

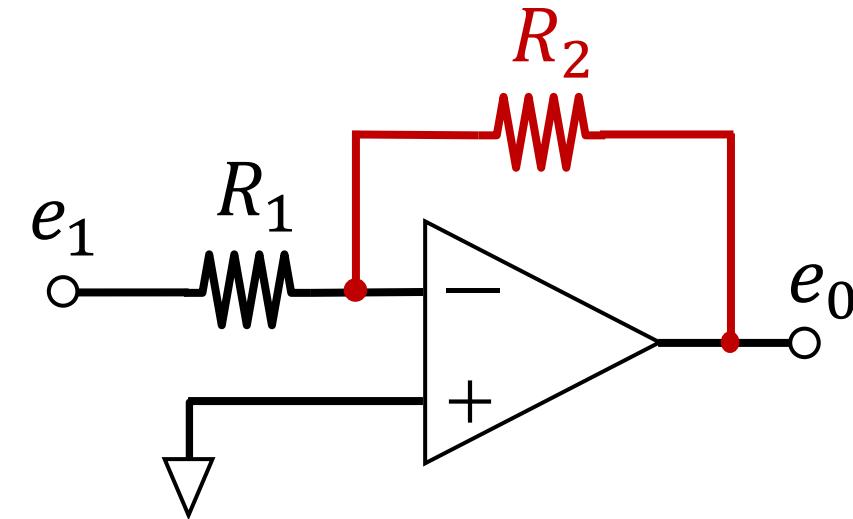
- 電圧利得が $10^5 \sim 10^6$ と非常に大きく、わずかな入力信号に対して大きな出力信号が現れ、飽和する。
- オペアンプは（能動素子を用いるので）温度といった外部環境により、その特性や増幅度が大きく変動する。

負帰還(ネガティブフィードバック)



非反転増幅回路

$$e_0 = \frac{\mu}{1 + \mu\beta} e_1, \beta = R_1 / (R_1 + R_2)$$

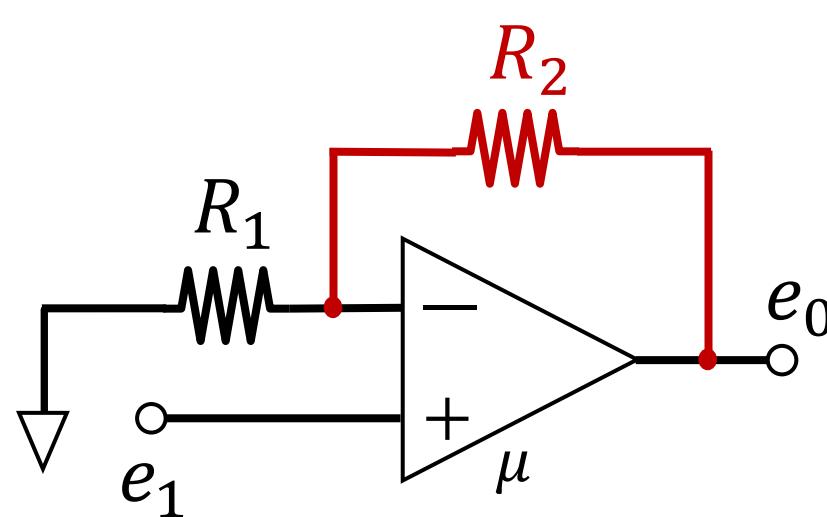


反転増幅回路

$$e_0 = \frac{-\mu R_2 e_1}{R_1 + R_2 + \mu R_1}$$

上記の入出力関係の式は各自導出してみてください。
※反転増幅回路の方はレポート課題に含まれます。

負帰還(ネガティブフィードバック)

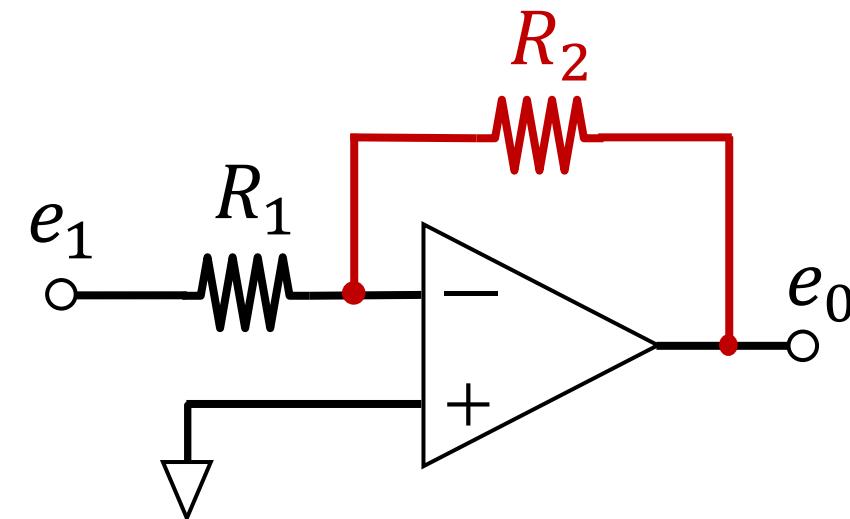


非反転増幅回路

$$e_0 = \frac{\mu}{1 + \mu\beta} e_1, \beta = R_1 / (R_1 + R_2)$$

$\mu \gg 1$ とすると,

$$e_0 \approx \frac{e_1}{\beta} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} e_1$$



反転増幅回路

$$e_0 = \frac{-\mu R_2 e_1}{R_1 + R_2 + \mu R_1}$$

$\mu \gg 1$ とすると,

$$e_0 \approx -\frac{R_2}{R_1} e_1$$

実験1日目

実験1日目

実験手順書の実験1, 実験3の直流電圧に関する実験をおこなう.
実験器具は3セットあるので, 3班に分かれて実験.

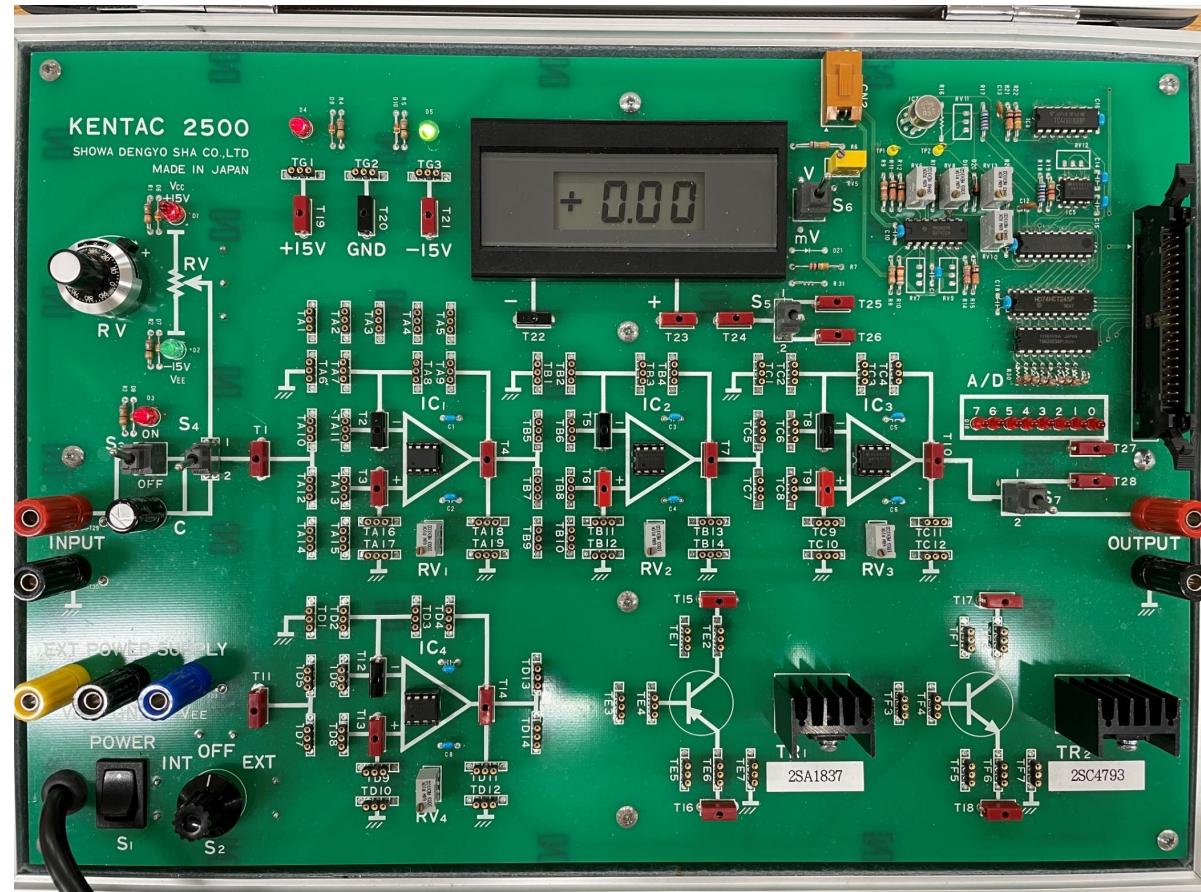
実験の流れ

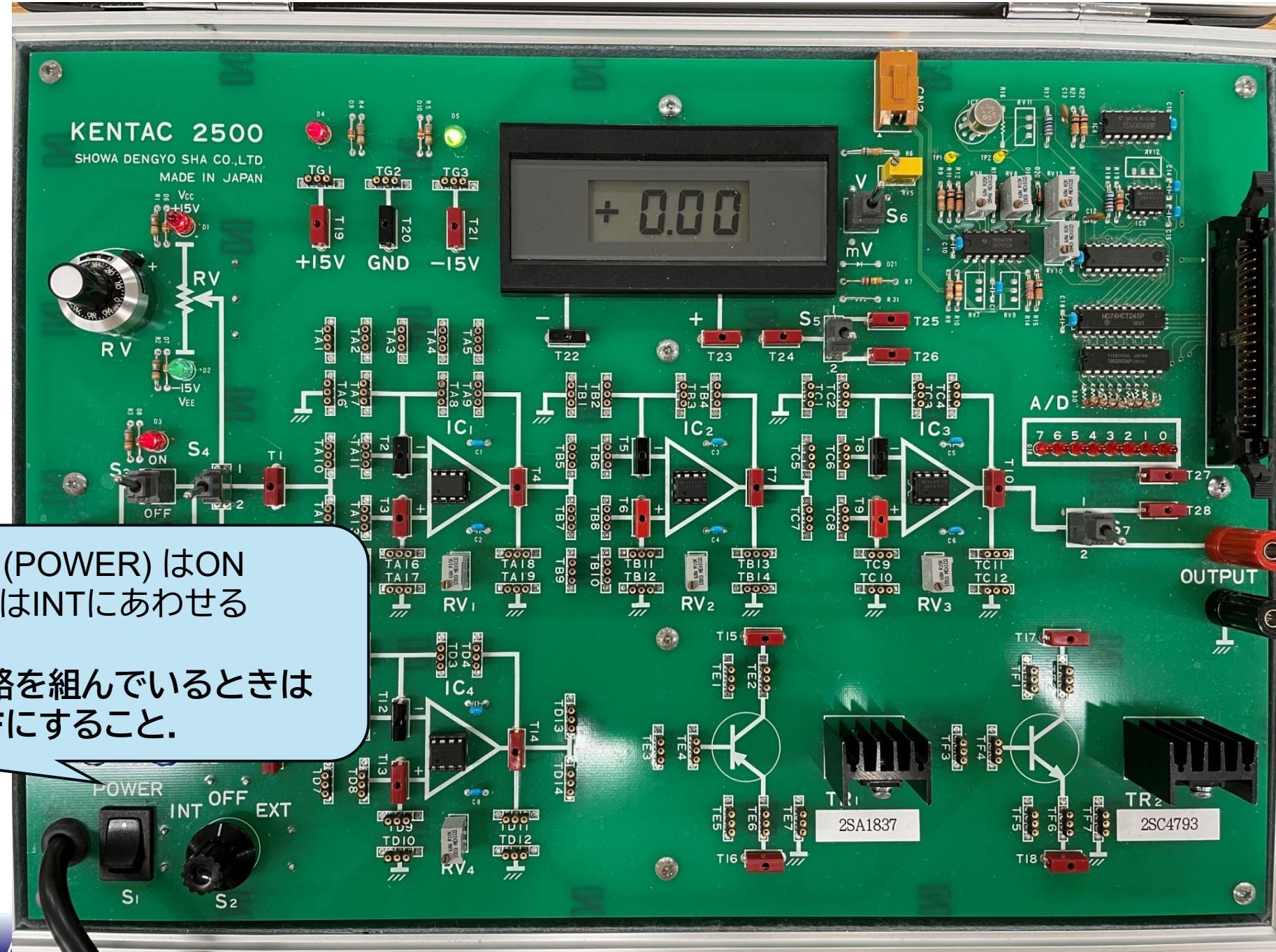
- ① 実験1の増幅度10の反転增幅回路を組み, 動作確認する.
- ② 実験1の増幅度10の反転增幅回路のオフセット調整をする. ← ここまで全体一緒にやります.
- ③ 増幅度10の反転增幅回路において, 入力電圧を変えて出力電圧の値を測定.
- ④ 実験1の増幅度100の反転增幅回路を組み, ①と同様に動作確認する.
- ⑤ 実験1の増幅度100の反転增幅回路のオフセット調整をする.
- ⑥ ③同様に, 増幅度100の反転增幅回路において, 入力電圧を変えて出力電圧の値を測定.
- ⑦ 実験3の絶対値增幅回路を組んで動作確認する.
- ⑧ 入力電圧を変えて出力電圧の値を測定.

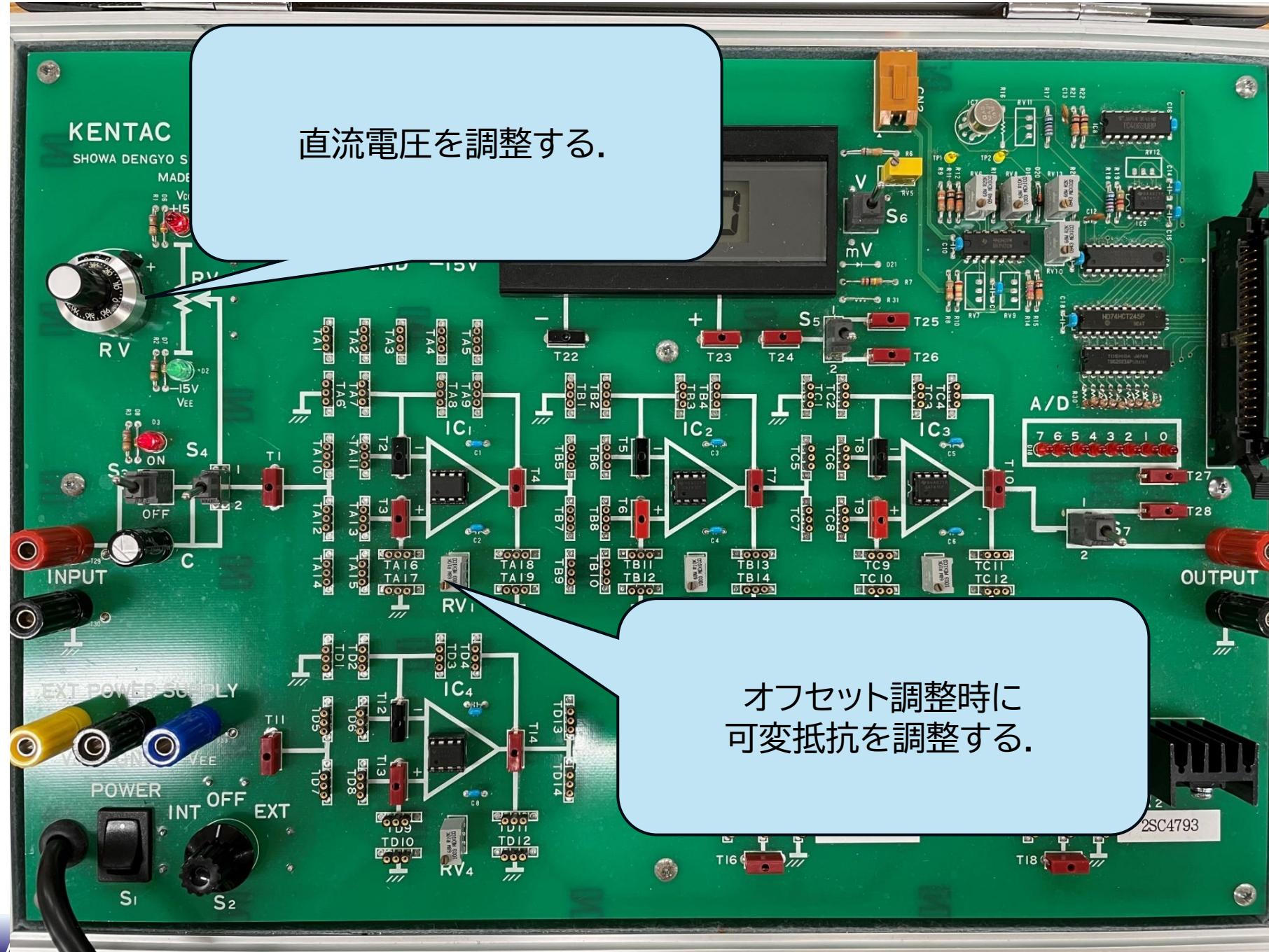
増幅度10の反転増幅回路を組む



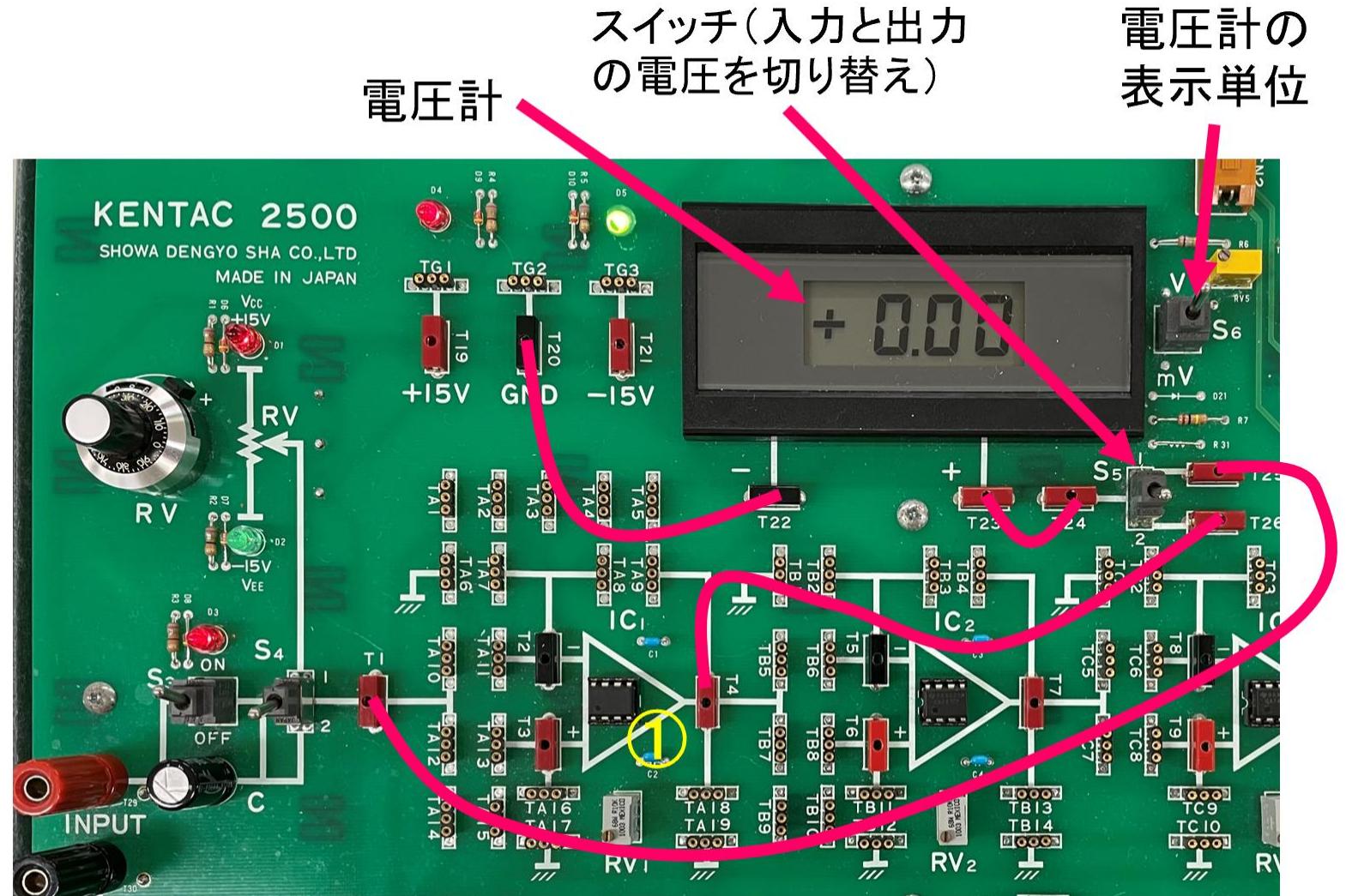
箱を開けるとこんな感じ。



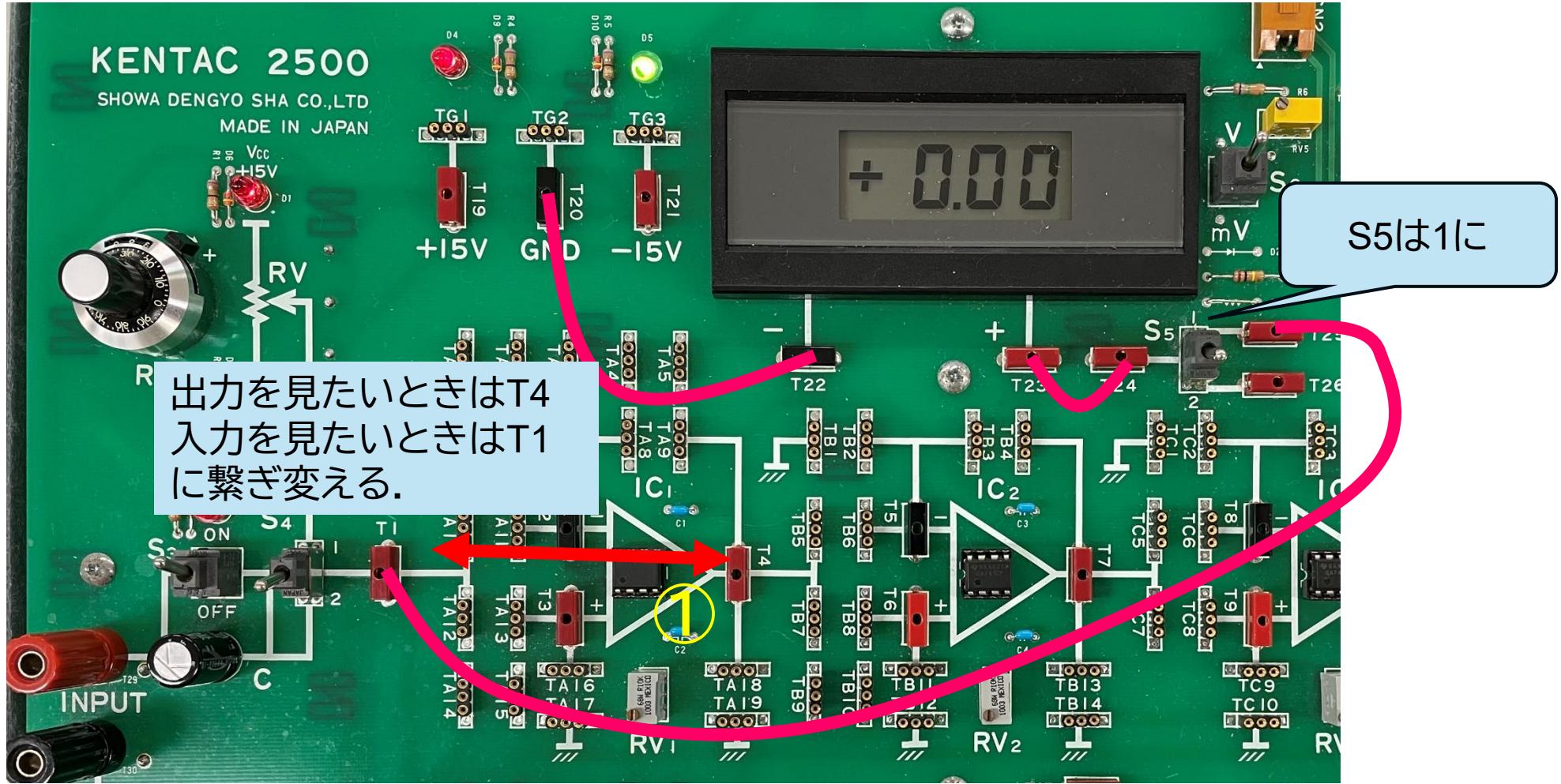




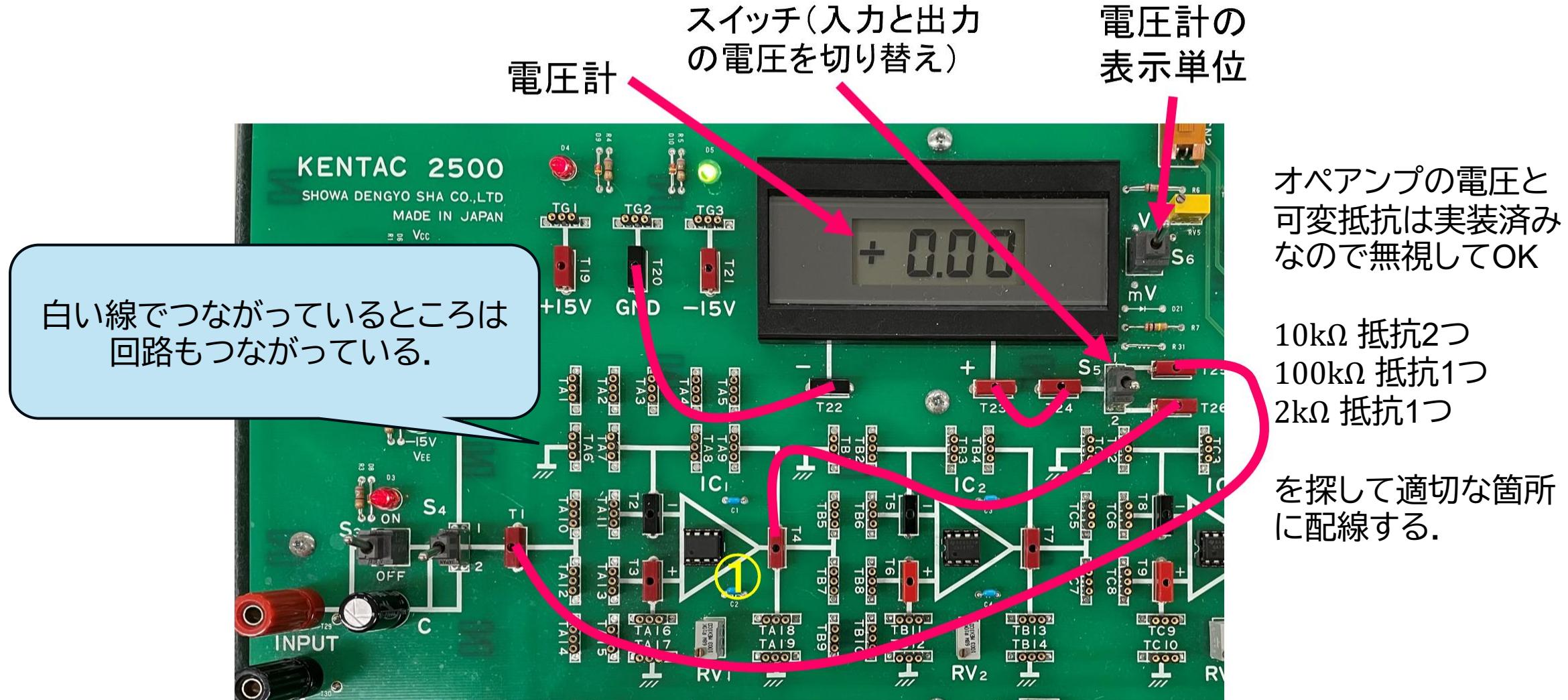
電圧計を配線



T26が壊れている場合(1班向け)



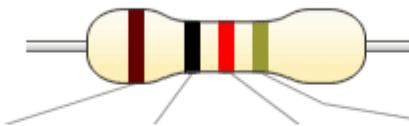
残りの抵抗を差し込んでいく



抵抗のカラーコード

抵抗器のカラーコードは、JIS C 5062（日本工業規格）、および、IEC 62（国際規格）で表示方法が定められています。

4本表示



| 色 | 第1色帯 | 第2色帯 | 第3色帯 | 第4色帯 |
|----|------|------|-----------|--------------|
| | 第1数字 | 第2数字 | 乗数 | 許容差 |
| 黒 | 0 | 0 | 10^0 | |
| 茶 | 1 | 1 | 10^1 | $\pm 1\%$ |
| 赤 | 2 | 2 | 10^2 | $\pm 2\%$ |
| 黄赤 | 3 | 3 | 10^3 | |
| 黄 | 4 | 4 | 10^4 | |
| 緑 | 5 | 5 | 10^5 | $\pm 0.5\%$ |
| 青 | 6 | 6 | 10^6 | $\pm 0.25\%$ |
| 紫 | 7 | 7 | 10^7 | $\pm 0.1\%$ |
| 灰 | 8 | 8 | 10^8 | |
| 白 | 9 | 9 | 10^9 | |
| 金 | | | 10^{-1} | $\pm 5\%$ |
| 銀 | | | 10^{-2} | $\pm 10\%$ |

例：茶・黒・赤・金の場合

$$10 \times 10^2 \Omega = 1000\Omega = 1k\Omega \pm 5\%$$

コンデンサの値 [※] 単位はpF

コンデンサの値は略数字で表示されています。



| 第1桁 | 第2桁 | 第3桁 |
|------|------|--------|
| 第1数字 | 第2数字 | 乗数 |
| 0 | 0 | 10^0 |
| 1 | 1 | 10^1 |
| 2 | 2 | 10^2 |
| 3 | 3 | 10^3 |
| 4 | 4 | 10^4 |
| 5 | 5 | 10^5 |
| 6 | 6 | 10^6 |
| 7 | 7 | 10^7 |
| 8 | 8 | 10^8 |
| 9 | 9 | 10^9 |

例：4・7・2の場合

$$47 \times 10^2 pF = 4700 pF$$

注：容量の大きいものでは「 μF 」を基準にしている場合もあります。

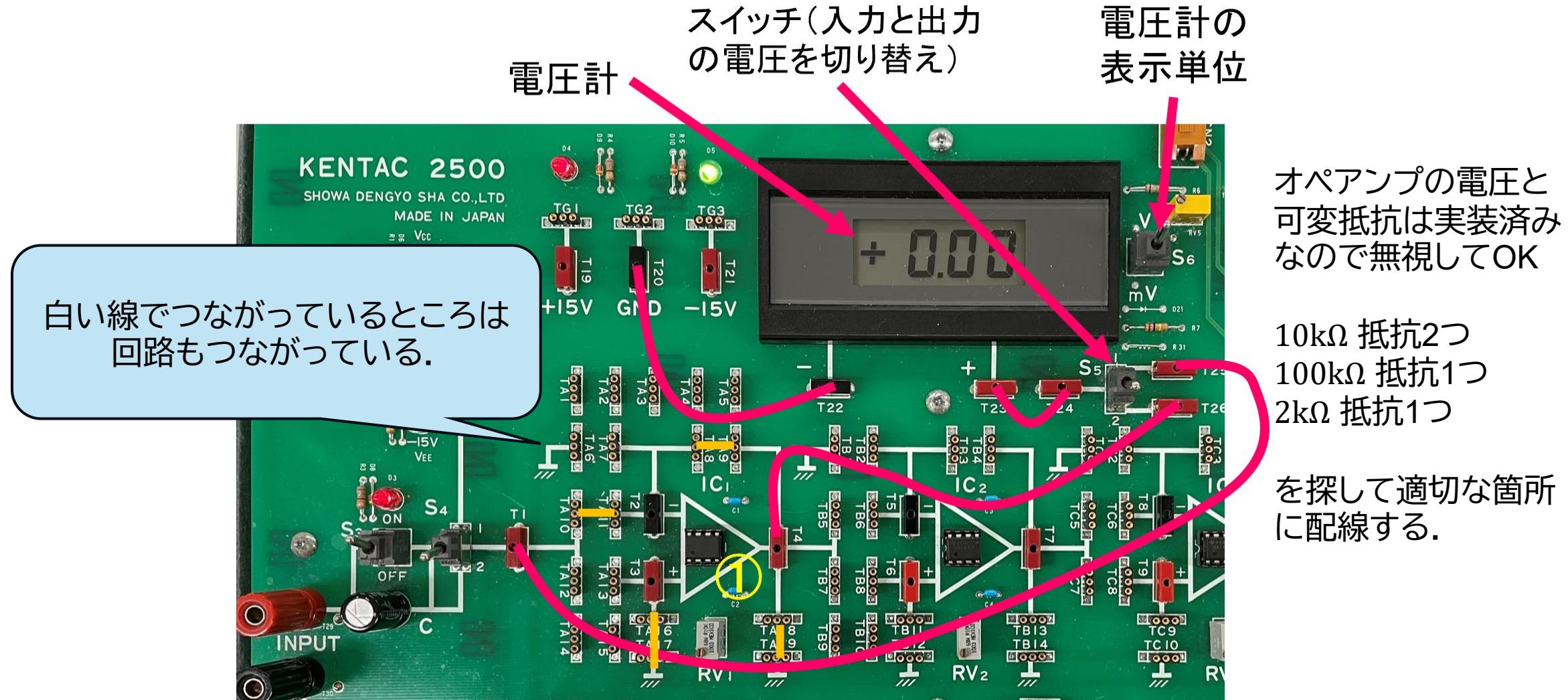
| 英記号 | 許容差 (%) |
|-----|------------|
| B | ± 0.1 |
| C | ± 0.25 |
| D | ± 0.5 |
| F | ± 1 |
| G | ± 2 |
| J | ± 5 |
| K | ± 10 |
| M | ± 20 |

[※] $1000 pF = 1 nF$

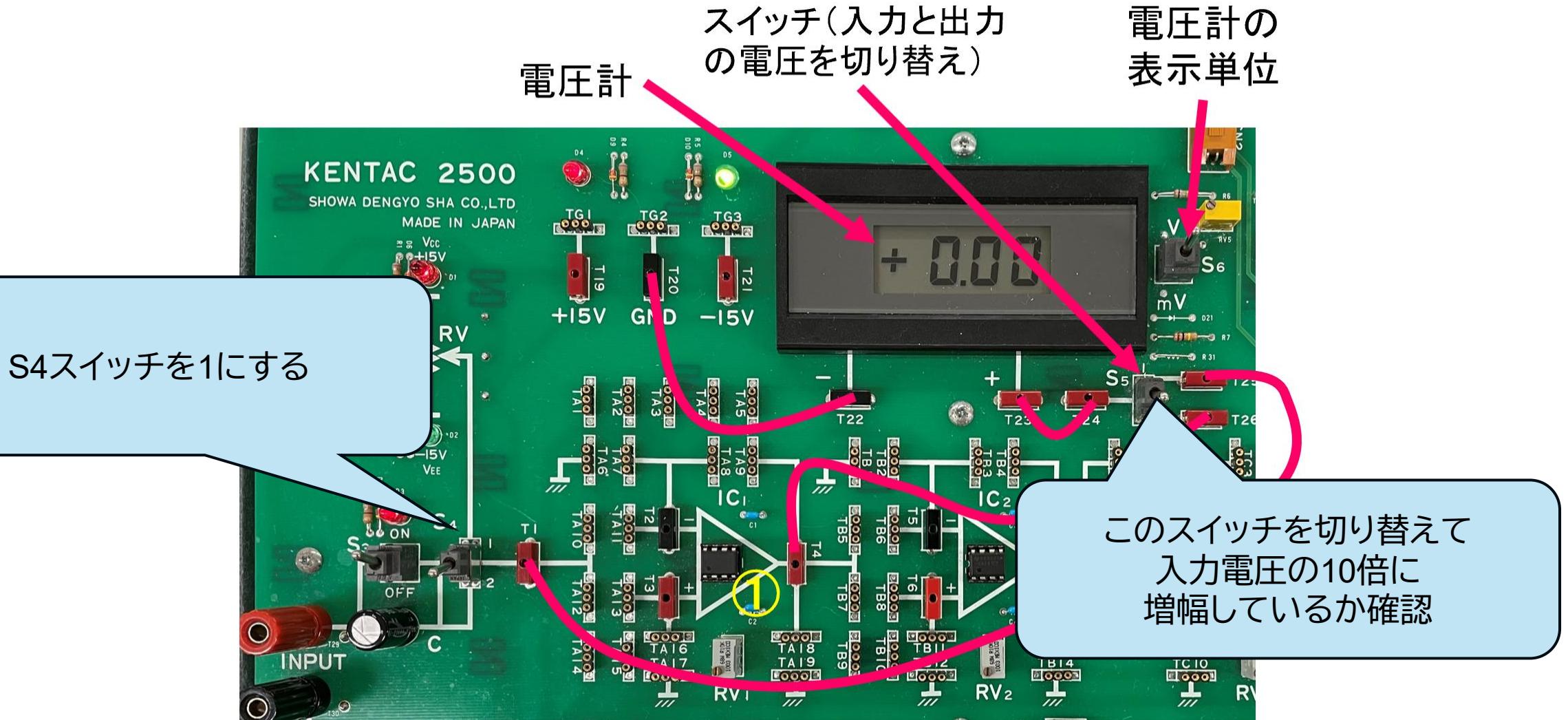
$1000 nF = 1 uF$

[出典] 技術情報:「抵抗器のカラーコードとチップ抵抗の読み方」および「コンデンサの種類と記号表示の読み方」, RSオンライン (22/5/26閲覧)

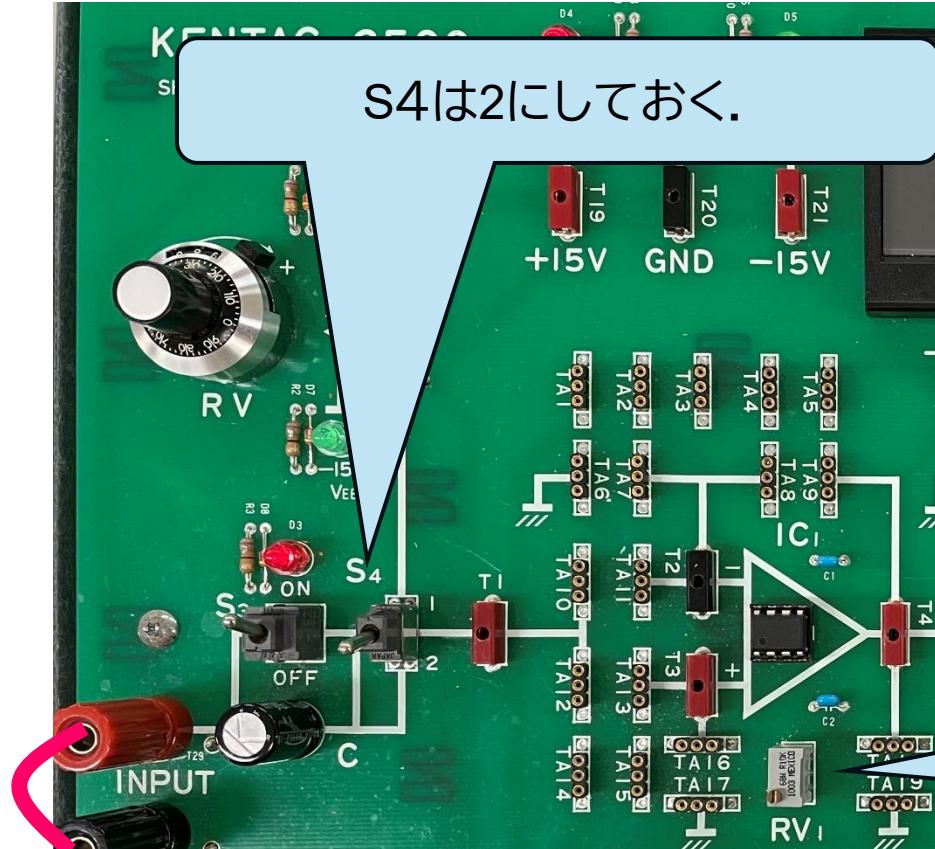
ヒント



動作確認

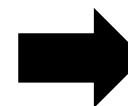


オフセット調整



実験1(オフセット調整)…

実際のオペアンプでは入力電圧が0であったとしても、出力電圧が0になるとは限らない



可変抵抗器を調節し、
オフセットをなくす

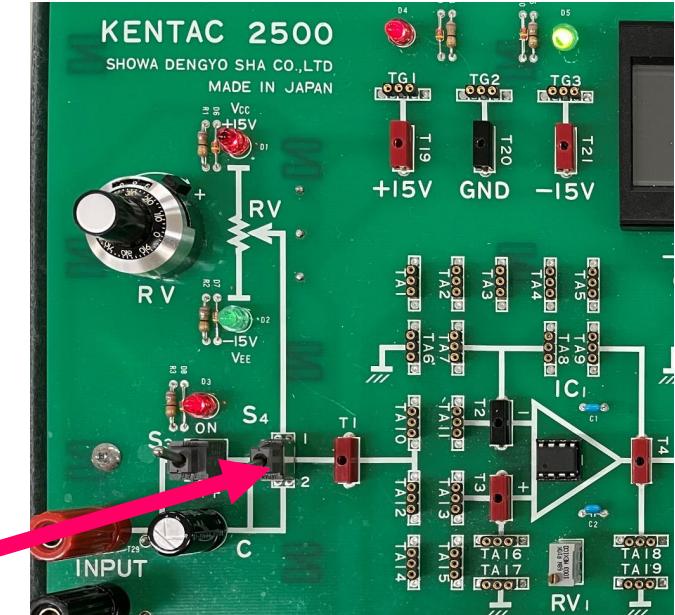
ここを付属のドライバーで回して
オフセットをなくす。
(完全にはなくなることもあります)

実験1, 実験3について

増幅度10と100それぞれにおいて, 実験データを記入していく.
(エクセルでメモをしてもよい)

実験3も同様に実験データを記入していく.
実験3は回路を組む難易度は高め. ダイオードの向きに注意.

1にする



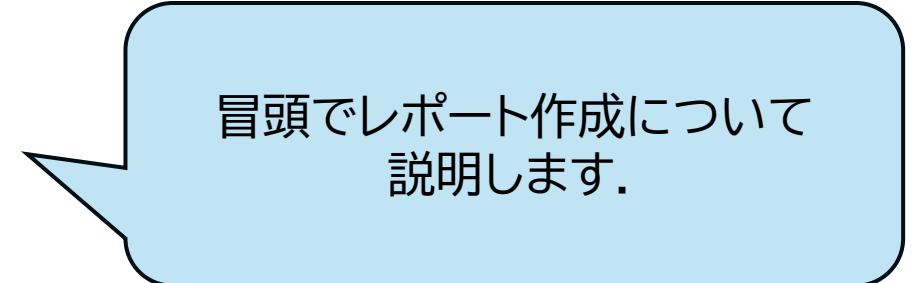
実験2日目の予定

実験2日目の予定

実験手順書の実験2, 実験4, 実験5の交流電圧に関する実験をおこなう。
実験器具は3セットあるので, 3班に分かれて実験。

実験の流れ

- ① 実験2の増幅度10の交流反転增幅回路を組み, 動作確認する.
- ② 実験2の表を埋めていく.
- ③ 実験4の2次形ローパスフィルタを組み動作確認する.
- ④ 実験4の2次形ローパスフィルタの表を埋めていく.
- ⑤ 実験4の4次形ローパスフィルタを組み動作確認する.
- ⑥ 実験4の4次形ローパスフィルタの表を埋めていく.
- ⑦ 実験5のハイパスフィルタを組んで動作確認する.
- ⑧ 実験5のハイパスフィルタの表を埋めていく.



冒頭でレポート作成について
説明します。