

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

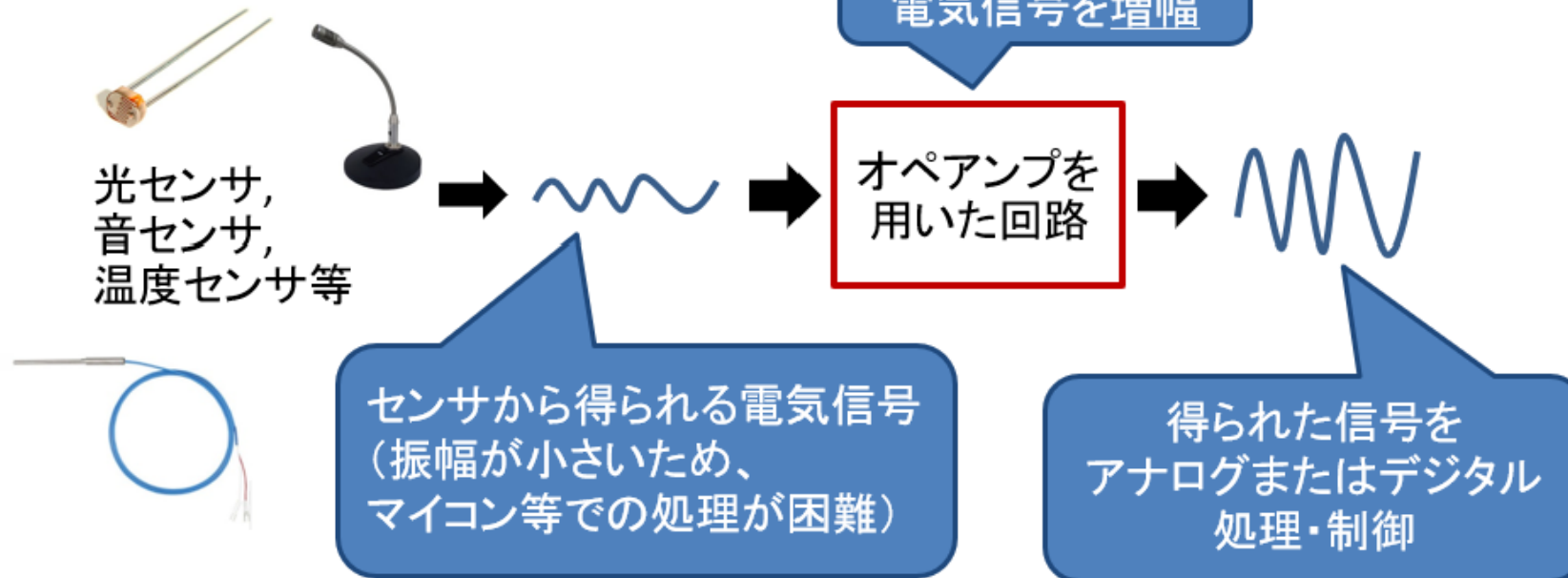
TA 横川 雄祐 (M2)

実験目的

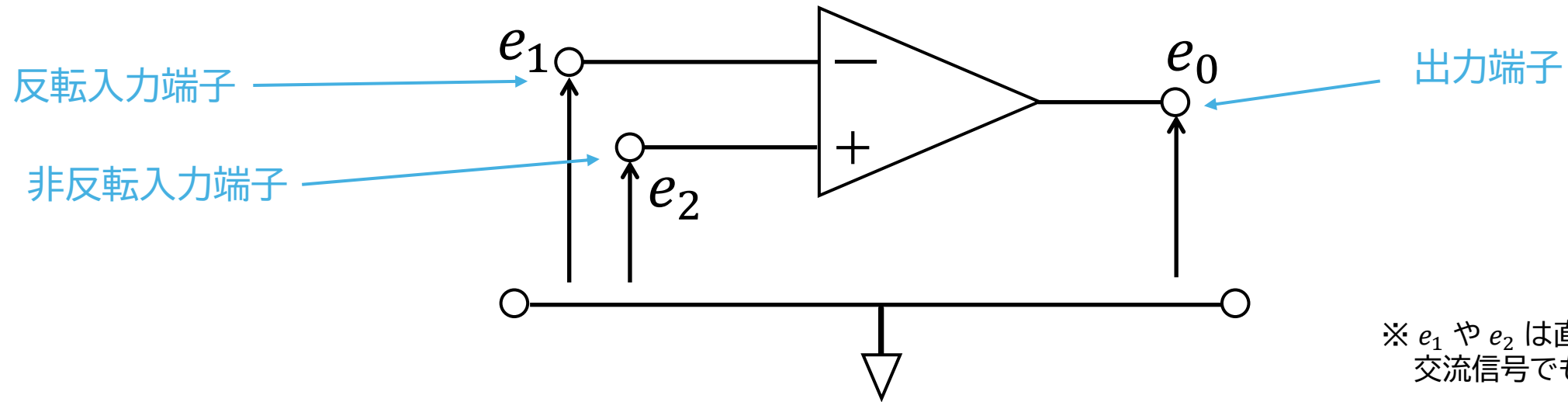
オペアンプ(演算増幅器)を用いた回路を設計し、オペアンプについての基礎知識を習得する。



＜オペアンプの使用例＞



オペアンプの原理



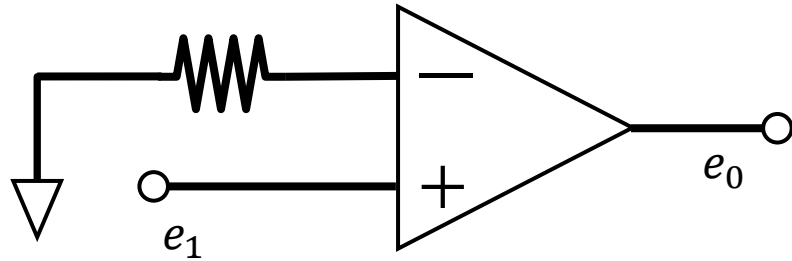
※ e_1 や e_2 は直流信号でも交流信号でも構わない.

$$e_0 = \mu(e_2 - e_1)$$

$\mu > 0$ 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)



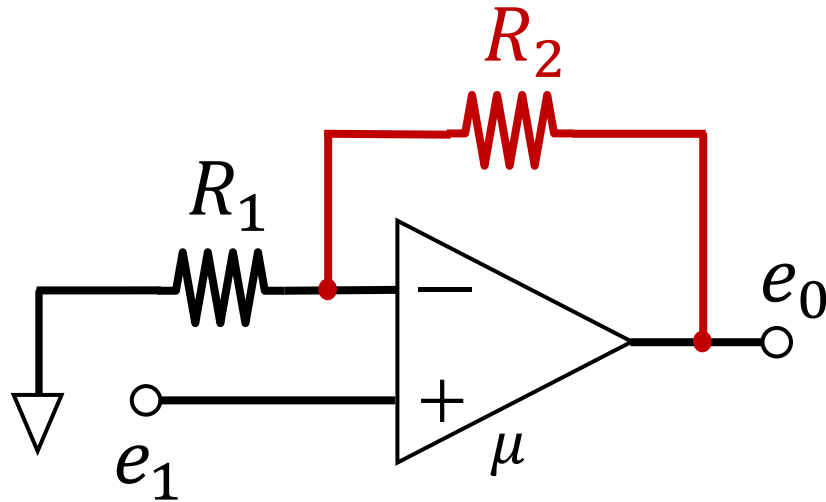
$$e_0 = \mu e_1$$

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。

なぜ？

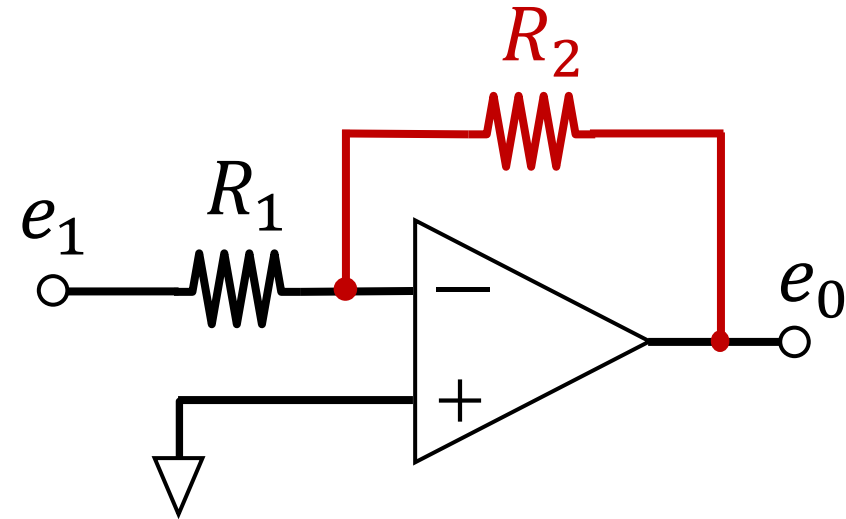
- 電圧利得が $10^5 \sim 10^6$ と非常に大きく, わずかな入力信号に対して大きな出力信号が現れ, 飽和する.
- オペアンプは(能動素子を用いるので)温度といった外部環境により, その特性や増幅度が大きく変動する.

負帰還(ネガティブフィードバック)



非反転増幅回路

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

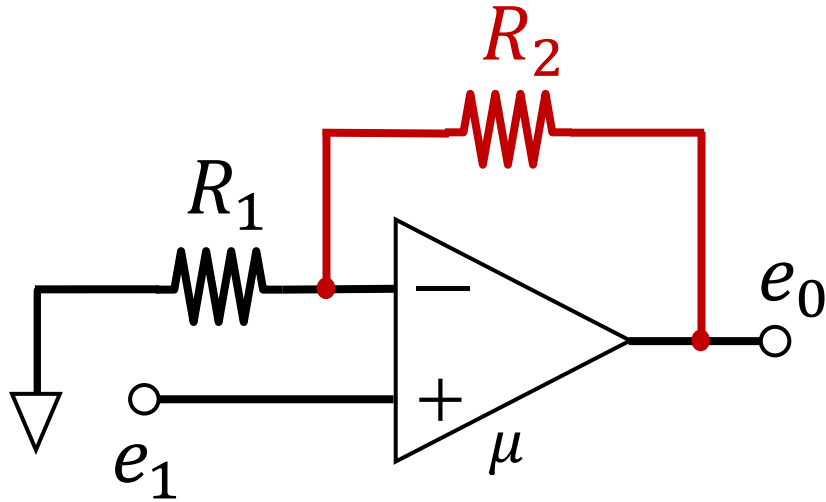


反転増幅回路

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

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)

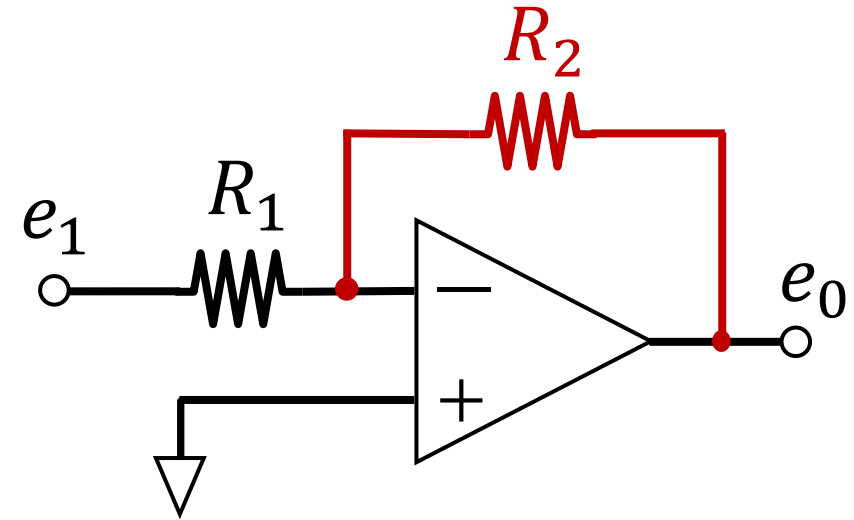


非反転増幅回路

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

$\mu \gg 1$ 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。

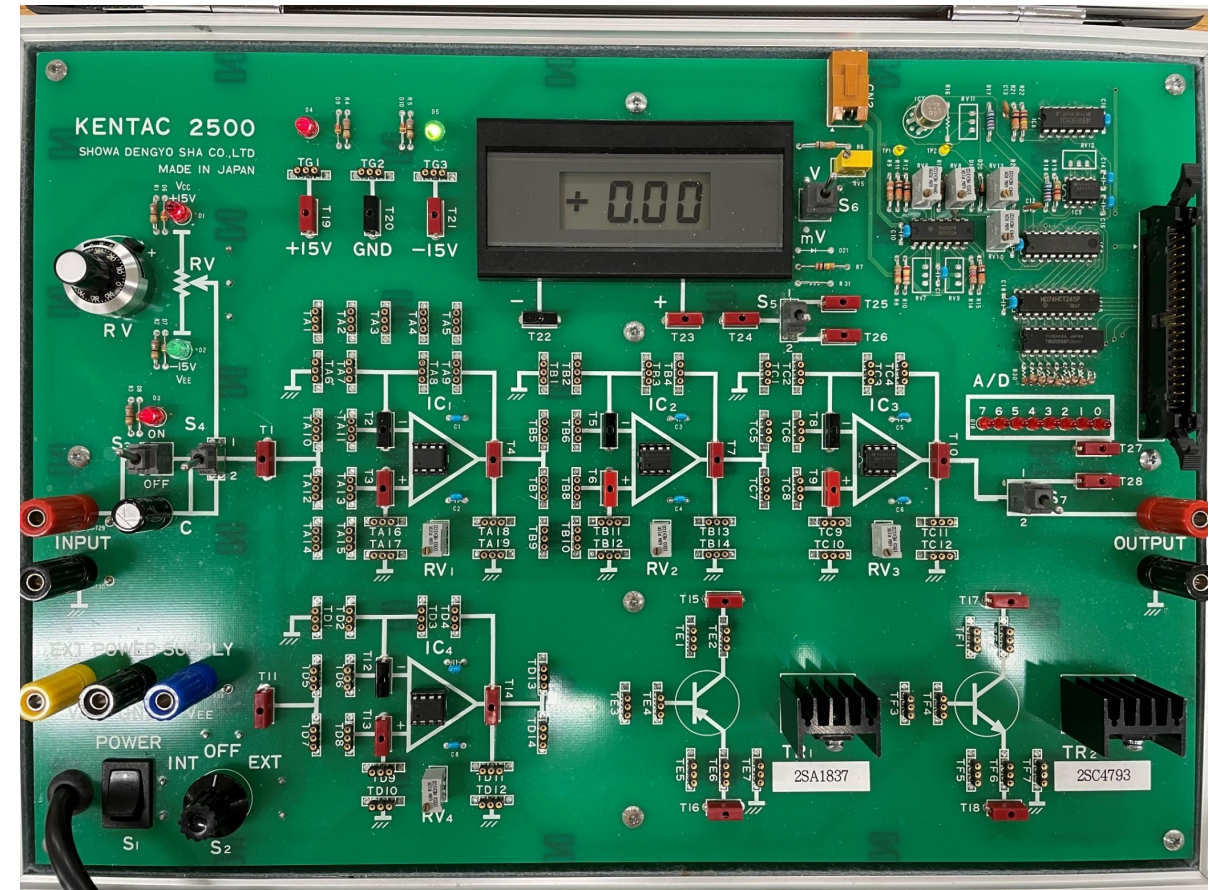
実験の流れ

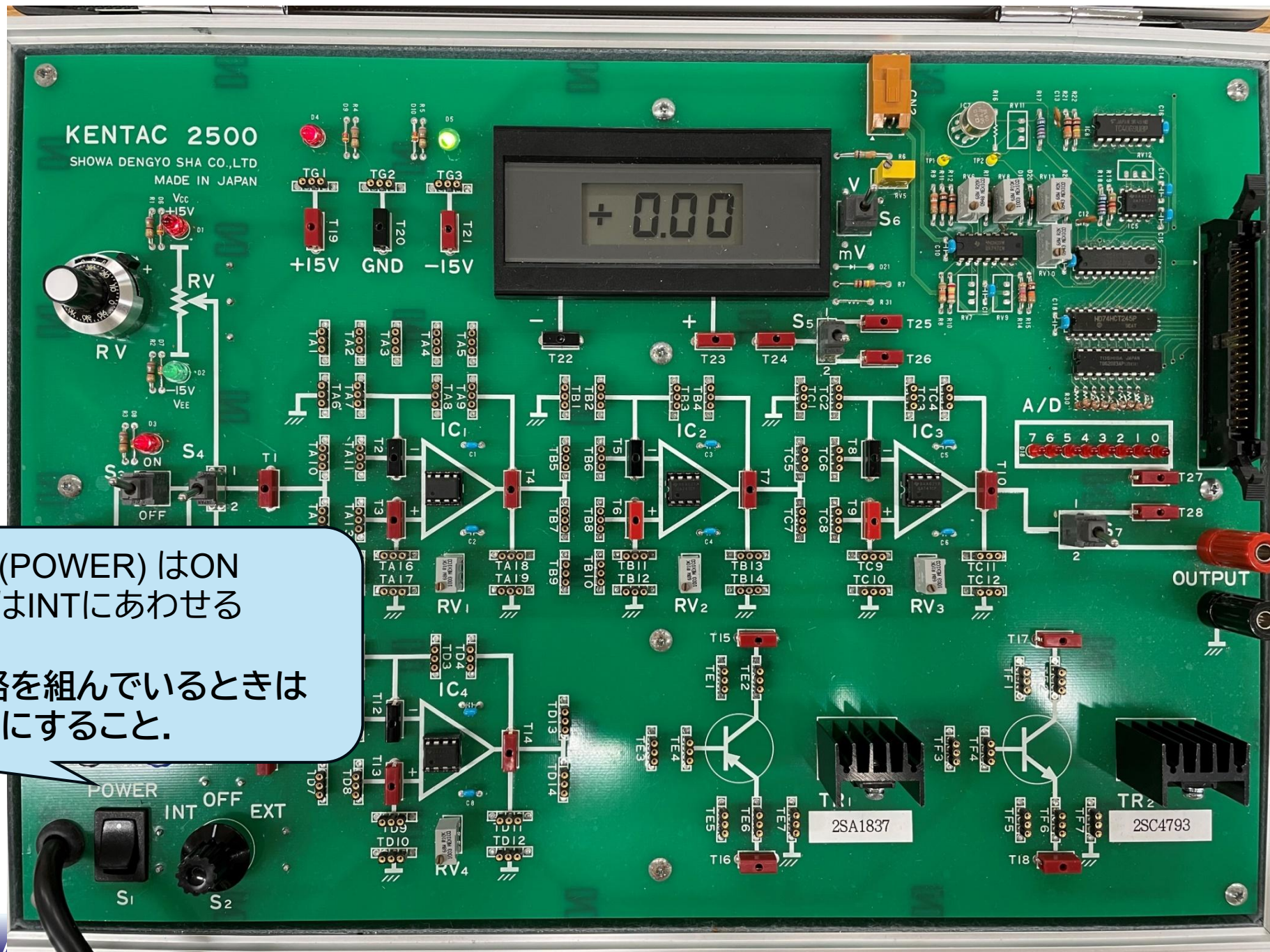
- ① 実験1の増幅度10の反転増幅回路を組み, 動作確認する。
- ② 実験1の増幅度10の反転増幅回路のオフセット調整をする. ← ここまで全体一緒にやります。
- ③ 増幅度10の反転増幅回路において, 入力電圧を変えて出力電圧の値を測定。
- ④ 実験1の増幅度100の反転増幅回路を組み, ①と同様に動作確認する。
- ⑤ 実験1の増幅度100の反転増幅回路のオフセット調整をする。
- ⑥ ③同様に, 増幅度100の反転増幅回路において, 入力電圧を変えて出力電圧の値を測定。
- ⑦ 実験3の絶対値増幅回路を組んで動作確認する。
- ⑧ 入力電圧を変えて出力電圧の値を測定。

増幅度10の反転増幅回路を組む



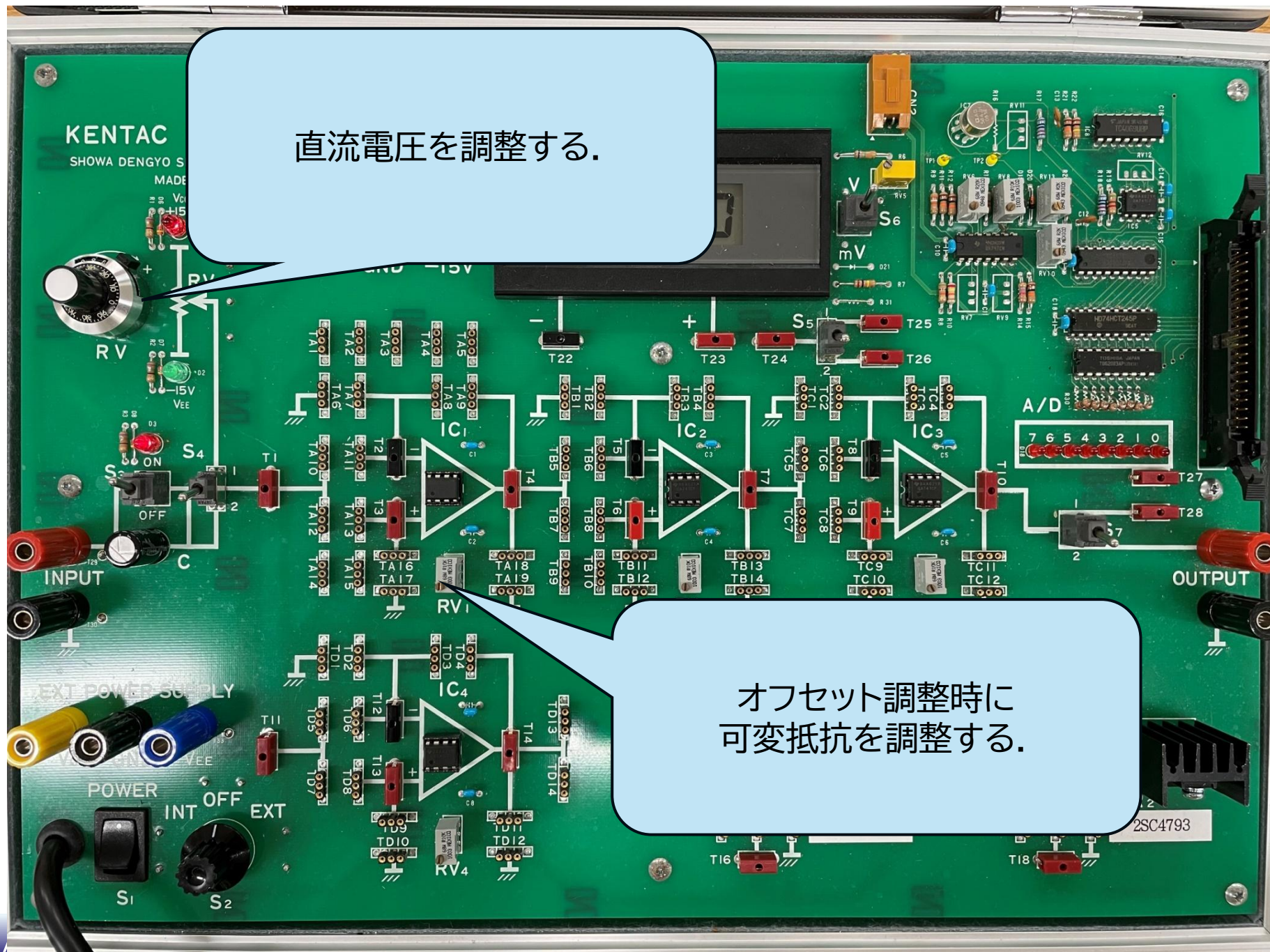
箱を開けるとこんな感じ.





S1(POWER) はON
S2はINTにあわせる

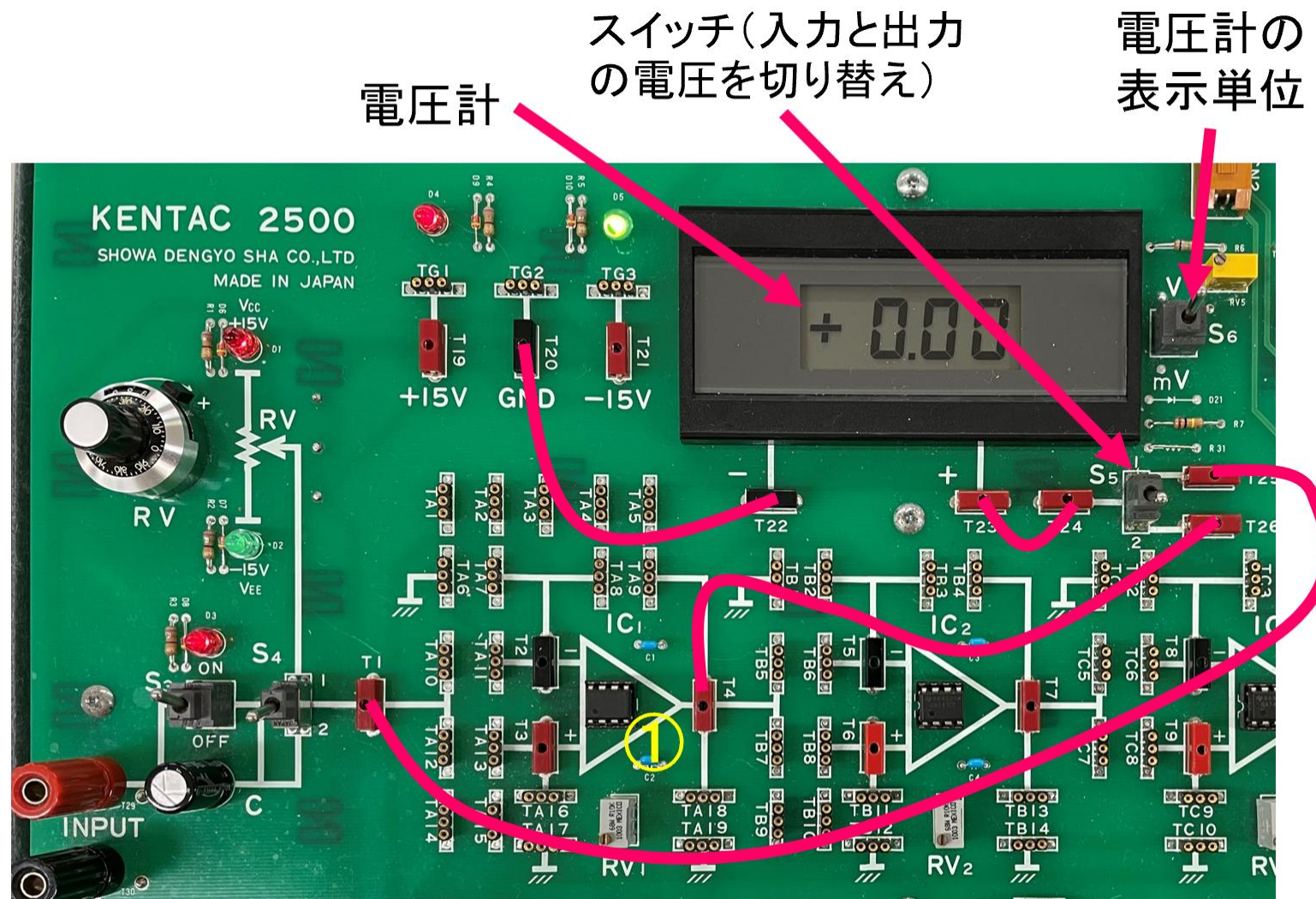
注意:回路を組んでいるときは
S1をOFFにすること.



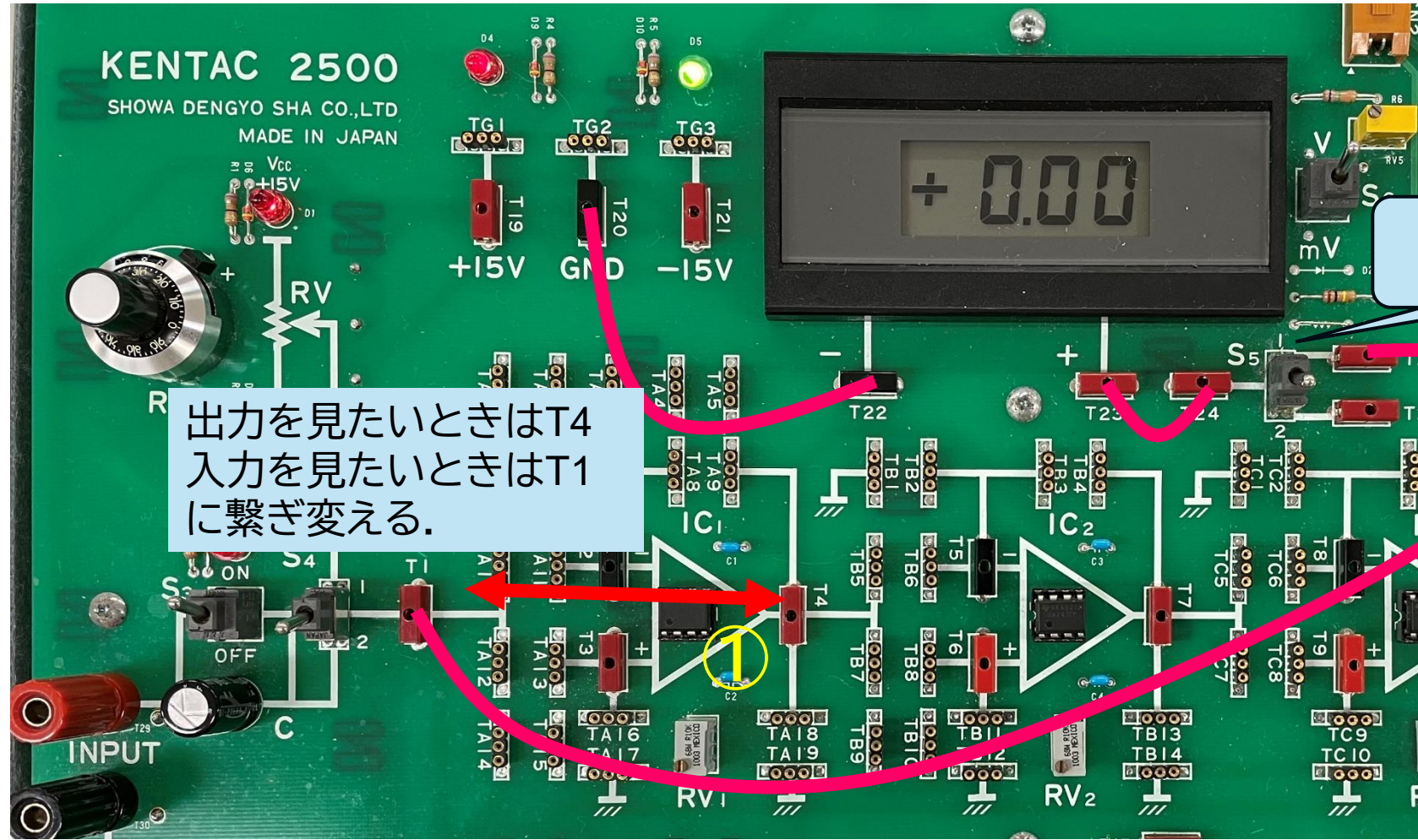
直流電圧を調整する。

オフセット調整時に
可変抵抗を調整する。

電圧計を配線



T26が壊れている場合(1班向け)



出力を見たいときはT4
入力を見たいときはT1
に繋ぎ変える。

S5は1に

残りの抵抗を差し込んでいく

電圧計

スイッチ(入力と出力の電圧を切り替え)

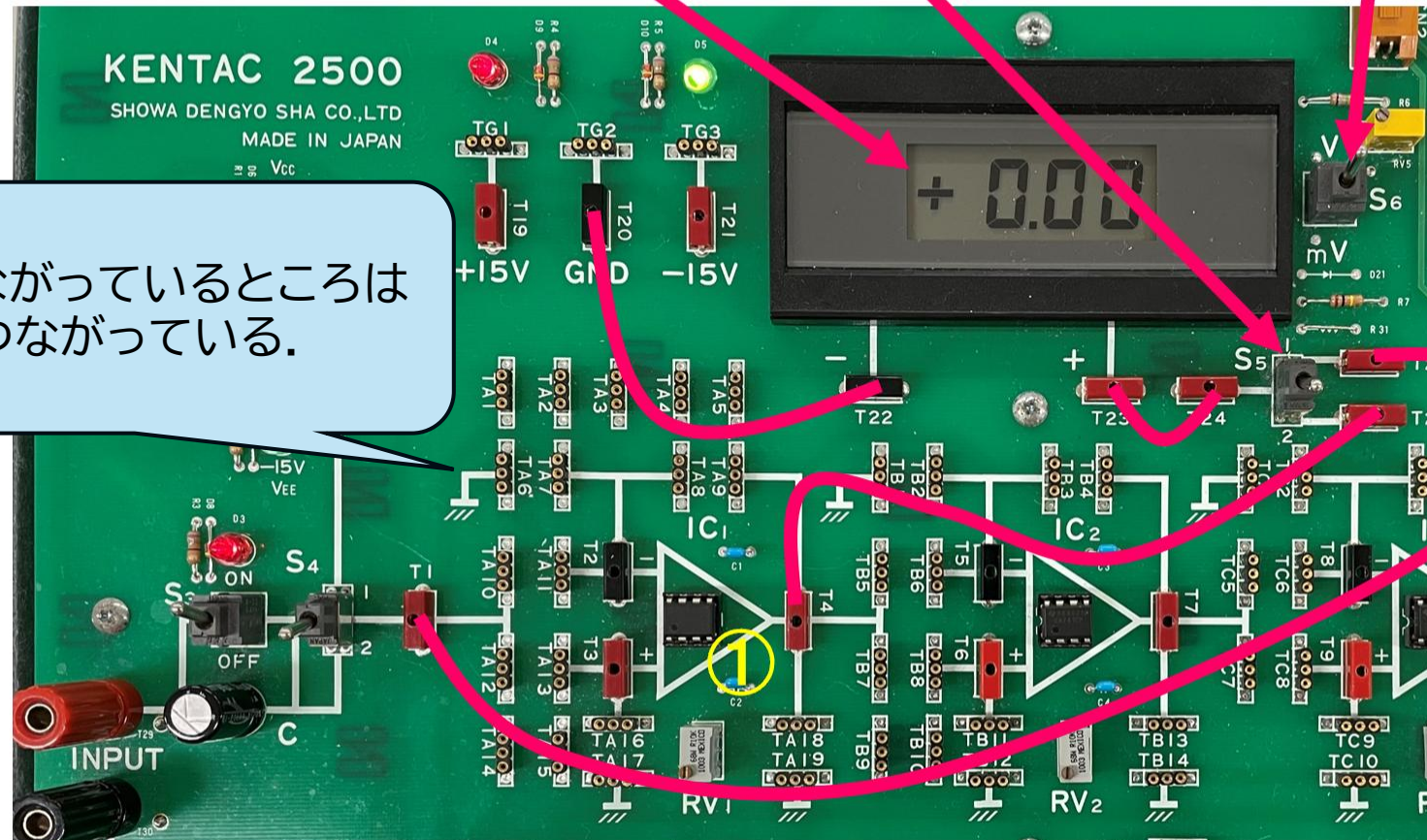
電圧計の表示単位

白い線でつながっているところは回路もつながっている。

オペアンプの電圧と可変抵抗は実装済みなので無視してOK

10kΩ 抵抗2つ
100kΩ 抵抗1つ
2kΩ 抵抗1つ

を探して適切な箇所に配線する。



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1数字	第2色帯 第2数字	第3色帯 乗数	第4色帯 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
 $10 \times 10^2 \Omega = 1000 \Omega = 1 \text{ k}\Omega \pm 5\%$

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1数字	第2桁 第2数字	第3桁 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
 $47 \times 10^2 \text{ pF} = 4700 \text{ pF}$

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

[※] $1000 \text{ pF} = 1 \text{ nF}$
 $1000 \text{ nF} = 1 \text{ }\mu\text{F}$

[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

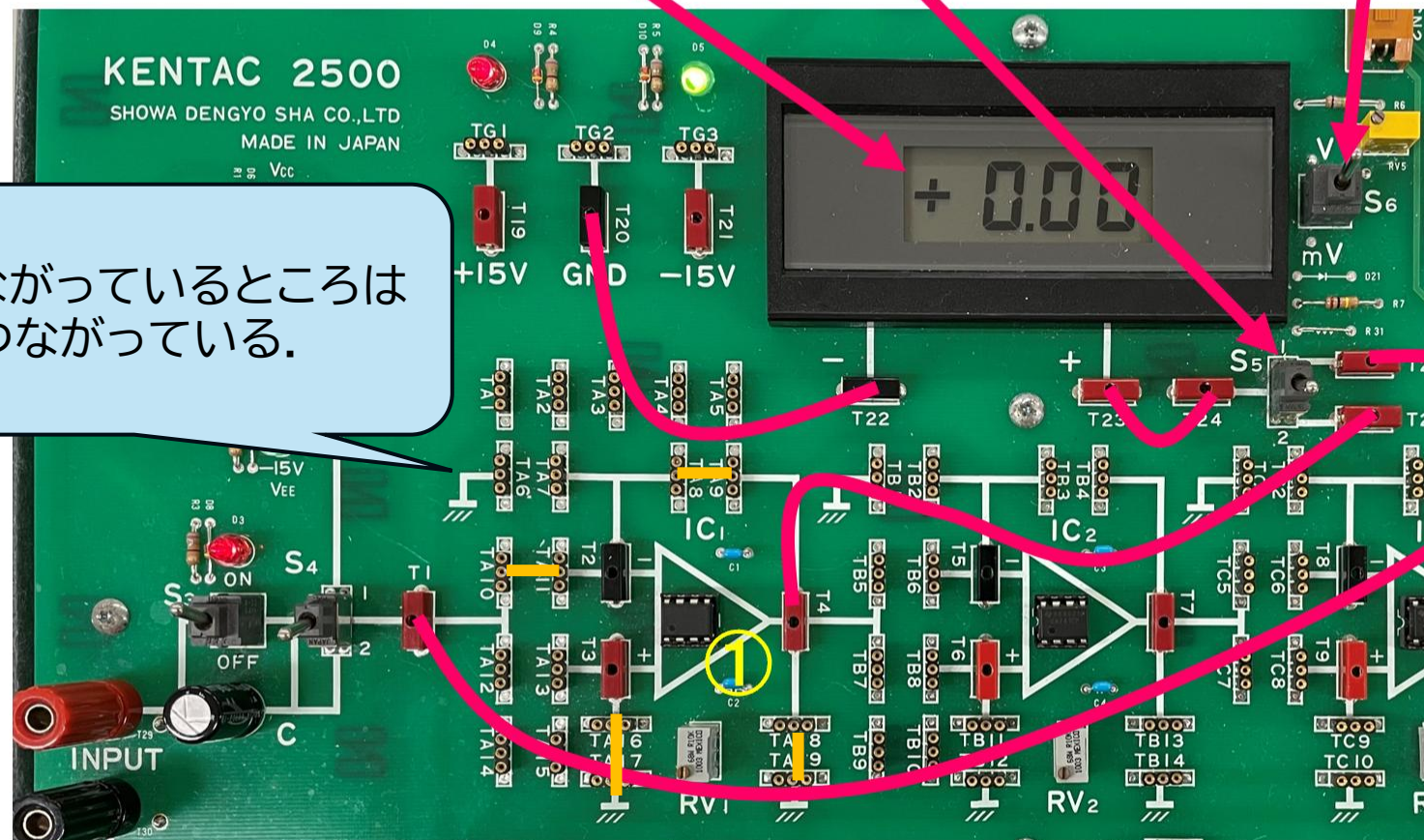
電圧計
 スイッチ(入力と出力の電圧を切り替え)
 電圧計の表示単位

オペアンプの電圧と可変抵抗は実装済みなので無視してOK

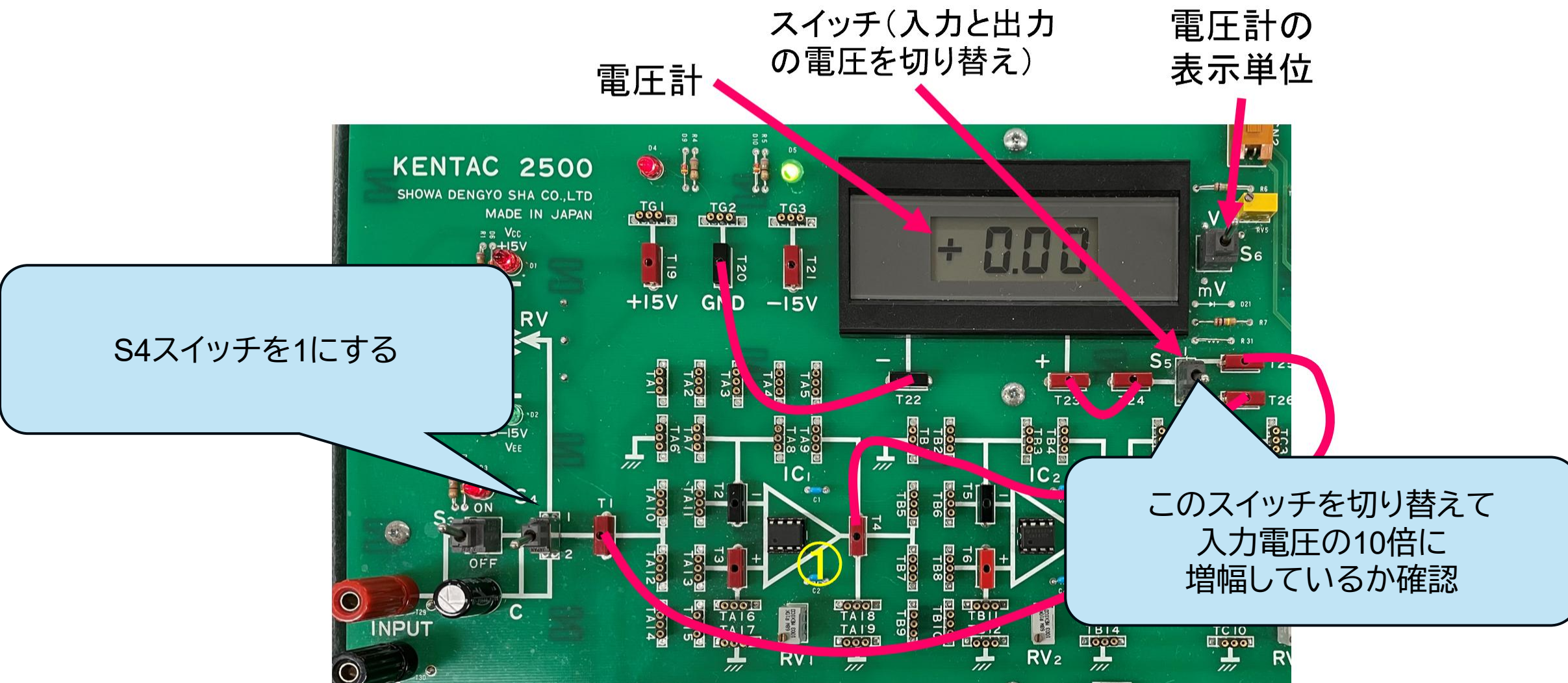
10k Ω 抵抗2つ
 100k Ω 抵抗1つ
 2k Ω 抵抗1つ

を探して適切な箇所に配線する。

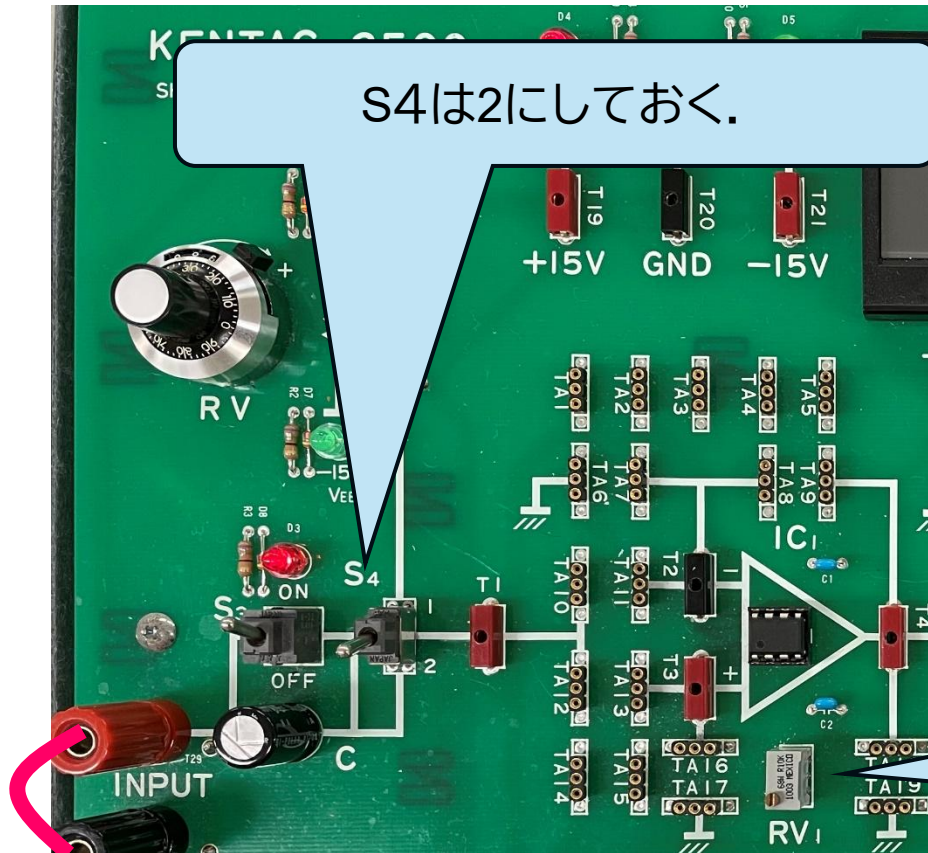
白い線でつながっているところは回路もつながっている。



動作確認

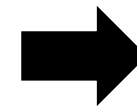


オフセット調整



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

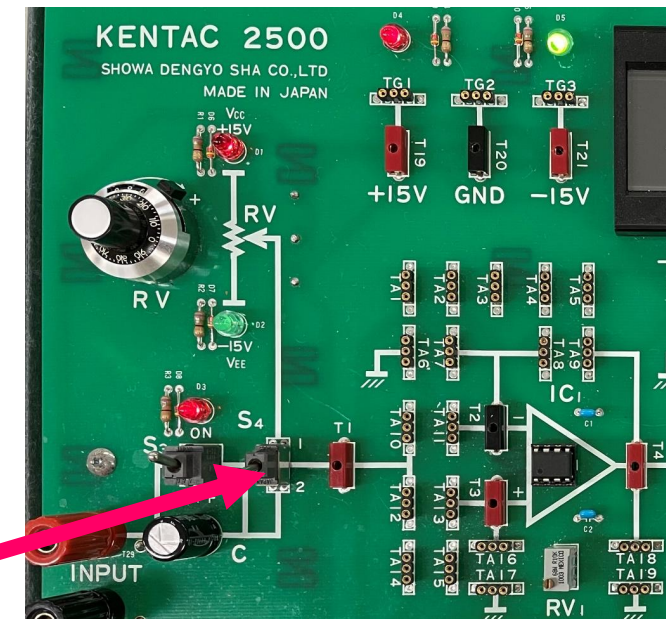
ここを付属のドライバーで回して
オフセットをなくす.
(完全にはなくなることもあり)

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の交流反転増幅回路を組み, 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。