



## 理想的でないコンデンサ (10 点)

この実験はコンデンサの性質を調べることを目的にしている。

コンデンサの静電容量 (以下この問題では静電容量といえば微分静電容量のことを常に指すものとする) は、抵抗  $R_1$  を経由した充放電における電圧の時間変化  $U(t)$  のグラフに基づいて定まる。回路に依存するが、微分静電容量を決定するためには、コンデンサの充放電電流の電圧依存性  $I(U)$  を知る必要がある。

$$C(U) = \frac{dq}{dU} = \frac{Idt}{dU} = \frac{I(U)}{dU/dt} \quad (1)$$

この実験において与えられた電気回路は図 1.1 に示されている。ボード上のスイッチ S1 を切り替えることで、コンデンサ C1 とコンデンサ C2 を切り替えることができる。スイッチ S1 の真ん中の位置はこの問題において意味を持たないため、使わないように注意せよ。

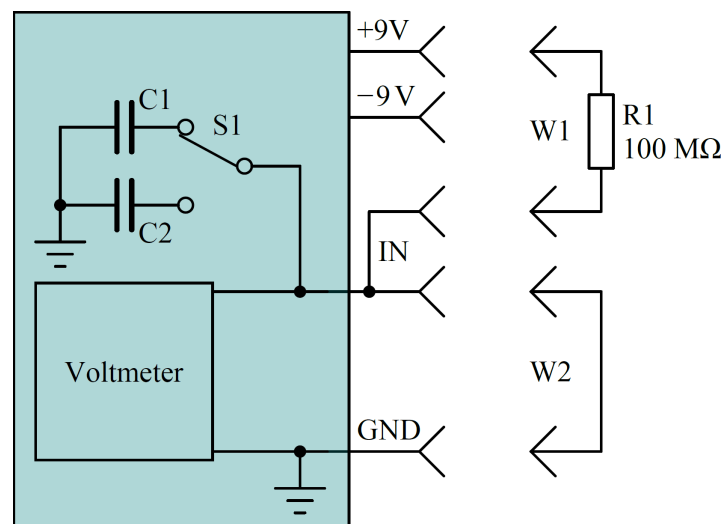


図 1.1. この実験における電気回路

**注意：** 標本コンデンサのうちの一つは、コンデンサにかかる電圧の変化率に依存した誘電率を持つ誘電体を含んでいる。できる限りこの変化率を安定に保つため、正の電圧についての測定の際は 9 V から -9 V へと変化させるようにし、負の電圧についての測定の際は -9 V から 9 V へと変化させるようにせよ。測定された静電容量はコンデンサの直前の状態の影響を受けうるため、測定の前に少なくとも 10 秒はコンデンサを測定開始時の電圧に保っておくこと。

### パート A. 室温でのコンデンサ (4.0 点)

室温において、電圧に対するコンデンサ C1 と C2 の静電容量を測定しそのグラフを描け。ただし、すべてのグラフは同じ軸上に示すこと。

- |                   |   |              |
|-------------------|---|--------------|
| <p><b>A.1</b></p> | <p>-7 V から 7 V の範囲で <math>C_1(U)</math> と <math>C_2(U)</math> を測定しそのグラフを描け。また、アンサーシートに 0 V, 3 V, 6 V のときの <math>C_1</math> と <math>C_2</math> を記せ。生の測定データから静電容量を計算するのに用いた式を記せ。さらに、ボードの ID と室温も記せ。</p> | <p>2.3pt</p> |
|-------------------|---|--------------|



**A.2** コンデンサの静電容量の電圧に対する相対変化  $\left(\frac{dC(U)}{C(U)dU}\right)$  が最大となるような電圧  $U_{\max \text{ change}}$  を求めよ。アンサーシートに C1 と C2 のどちらのコンデンサが最大の相対変化を示したか記し、そのときの電圧を記せ。 0.5pt

**A.3** 6V のとき、コンデンサ C1 と C2 に蓄えられた電荷  $q_1$  と  $q_2$  を求めよ。 1.2pt

### パート B. NTC サーミスタの校正 (1.0 点)

NTC (Negative Temperature Coefficient; 負温度係数) サーミスタの室温 (試験場の温度計により既知である) における電圧を測定せよ。 ”実験試験 - 全体のガイド” に示してある、抵抗対温度の関係式 (1) とその回路図を参照せよ。

**B.1** NTC サーミスタの定数  $R_0$  を求めよ。 1.0pt

### パート C. 種々の温度でのコンデンサ (3.0 点)

**C.1** 40 °C, 65 °C, 85 °C の温度において、-7V から 7V の範囲で  $C_1(U)$  と  $C_2(U)$  を測定しそのグラフを描け。 1.3pt

**C.2** 0V と 6V のときの静電容量の、室温から 85 °C までの温度依存性  $C_1(T)$  と  $C_2(T)$  をグラフに示せ。 0.5pt

**C.3** 電圧が 0V, 6V のときの比率  $C(85^\circ\text{C})/C(40^\circ\text{C})$  を、コンデンサ C1 と C2 両方について求めよ。 1.2pt

### パート D. 測定誤差の原因 (2.0 点)

この実験のこれまでの課題では、初期状態に長く保つという条件の下で行われてきた。より短い充放電時間 (0.1 - 10 s) にした場合を考えて見ると、複数の誤差要因が存在しうると考えられる。

- リーク電流
- 経過時間のスケールに依存する誘電率として表現される、コンデンサの誘電体媒体の分極特性

**注意:** 断熱材が空気中の水分を吸収して導電性を持つようになっているかもしれない。漏れ測定をする際には取り除くこと。

C1 と C2 の測定誤差の主要因を決定せよ。コンデンサの漏れ電流や電圧計の入力電流は電圧に依存するので、9V 付近の電圧における誤差を推定せよ。これらの質問に答えるために、どのような補助的な測定をどのような条件の下で行うべきかを考えよ。以下の D.1 及び D.2 の問題に対する回答においては、以下の表で例示されているように、測定の条件やどのような量を測定したか、測定に基づいてどのような結論が得られたかを示すと良い。

**補足:** これらはどのように測定の概略を描写すれば良いかの一例でしかない。測定の適切な条件は自分自身で決定する必要がある。



設問 D.1 及び D.2 に対する回答例を以下に示す。

**例 1.**

測定回路に接続された C1 の電圧変化率は 9V のときの方が 0V のときよりも大きいことを示す。

可能な S1 の位置：C1, C2

可能な IN の接続先：+9V, -9V, GND, Free

初期設定：

S1 の位置	IN の接続先
C1	9V

測定過程：

番号	S1 の位置	IN の接続先	測定時間, s	測定した量
1	C1	Free		$ duC(t) /dt$
2	C1	GND		
3	C1	Free		$ duC(t) /dt$

確かめられたこと： $|duC(t)|/dt|_1 > |duC(t)|/dt|_3$

**例 2.**

9V における C1 の電圧変化率は、0V から始めた 1000 秒間の平均の電圧変化率よりも大きいことを示す。

可能な S1 の位置：C1, C2

可能な IN の接続先：+9V, -9V, GND, Free

初期設定：

S1 の位置	IN の接続先
C1	9V

測定過程：

番号	S1 の位置	IN の接続先	測定時間, s	測定した量
1	C1	Free		$ duC(t) /dt$
2	C1	GND		
3	C1	Free		$uC$
4	C1	Free	1000	
5	C1	Free		$uC$

確かめられたこと： $|duC(t)|/dt|_1 > (uC|_3 - uC|_5)/1000$

**D.1** C<sub>1</sub>(9V) を測定する際の誤差の主要因は何か？ 測定の手順を表で示せ。

1.0pt

Experiment



IPhO Lithuania  
2021

Q1-4  
Japanese (Japan)

D.2  $C_2(9V)$  を測定する際の誤差の主要因は何か？ 測定の手順を表で示せ. 1.0pt