

第1種ME技術実力検定試験講習会

理解すべき工学的基礎知識Ⅱ

(電子工学、計測工学)

北海道大学病院 核医学診療科

北海道大学 保健科学研究所

加藤千恵次 chtgkato.com

2016. 4. 17 札幌

【問題9】 電子素子の説明で、すべて正しい組み合わせはどれか。番号を解答欄

にマークせよ。

	電子素子名	半導体の構造	動作	動作特徴
a.	ツェナーダイオード	PN 接合	逆バイアスで使用 する	定電圧特性
b.	発光ダイオード	化合物の PN 接合	インコヒーレン ト光の放出	電氣的に対称 (性)
c.	半導体レーザ	Si の PN 接合	順方向バイアス で動作	コヒーレント 光の放出
d.	フォトダイオード	PN 接合	逆バイアスで動 作	光で電圧を制 御
e.	バリスタ	非晶質	電圧上昇で抵抗 値が低下	電氣的に対称 (性)

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
 6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

ツェナーダイオード Zener Diode 定電圧ダイオード
PN接合に逆バイアス(逆電圧)を加えると、低電圧では電流は通らないが、ある一定の電圧を越えると、急に電流が通り、端子間電圧を一定に保つ特性あり。

発光ダイオード LED Light Emitting Diode
PN接合に順方向電圧を加えると発光する。逆方向電圧では発光せず、電氣的対称性はない。
インコヒーレント光(干渉縞を生じない光、周波数がレーザーほど揃っていない)を放出する。

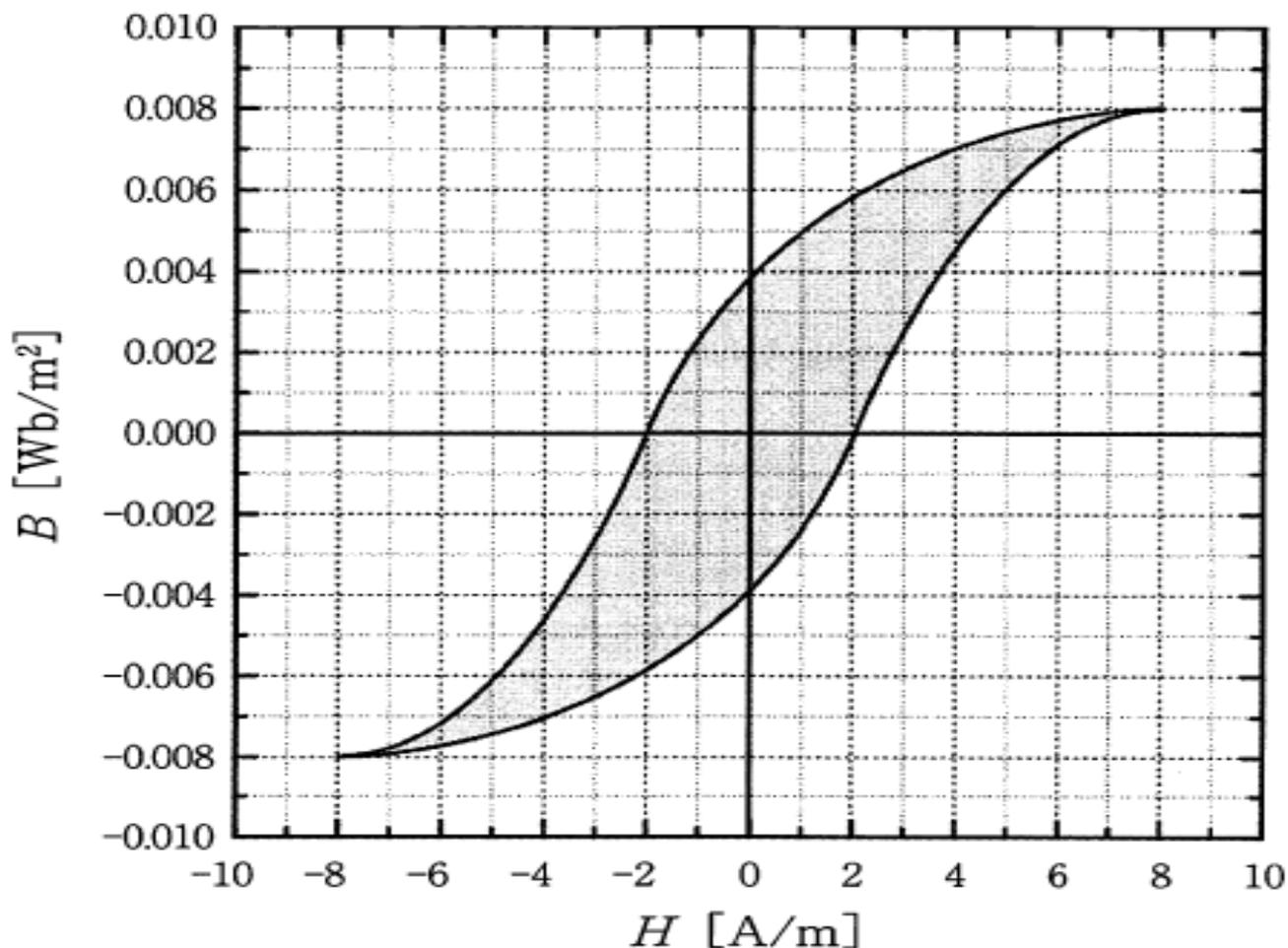
半導体レーザー LD Laser Diode
主に Ga や As 化合物のPN接合で作られる。
シリコン(Si)は、レーザー(LD)には使われない。
単一波長で、干渉性の高いコヒーレント光を発する。

フォトダイオード PD Photo Diode 光センサー
シリコン(Si)などのPN接合に逆バイアス(逆電圧)を加えた状態で、光(光子)エネルギーを受けると電流(光電流)が生じる現象を利用した光検出素子。光で電圧を制御する素子ではない。

バリスタ Varistor Variable Resistor
非晶質(結晶でない、アモルファス)半導体の素子。PN接合で形成されていない。端子間の電圧が低い場合には電気抵抗が高いが、ある程度以上に電圧が高くなると急激に電気抵抗が低くなる性質を持つ。他の電子部品を高電圧から保護するための素子として用いられる。順方向電圧、逆方向電圧の区別はなく、抵抗器のように電氣的に対称性である。

【問題 10】 鉄心に巻いたコイルに 60 Hz の正弦波交流を加えて、1 周期分の磁界 H と磁束密度 B の関係を調べたところ、図のようなヒステリシス曲線が得られた。この曲線内の面積が 0.05 J/m^3 を表わすとき、鉄心で失われる単位時間、単位体積あたりのエネルギー $[\text{W/m}^3]$ はいくらか。番号を解答欄 にマークせよ。

- 1) 0.05
- 2) 0.3
- 3) 0.5
- 4) 3
- 5) 5



磁性体のヒステリシス特性 Hysteresis

H: 磁界の強さ (A/m)

B: 磁束密度 (Wb/m^2) = ($\text{V} \cdot \text{sec/m}^2$)

HB: ヒステリシス損失 ($\text{A} \cdot \text{V} \cdot \text{sec/m}^3$) = (J/m^3)

ヒステリシス損失: 磁性体に大きい磁界Hを加えた後にHを0にしても磁性体内部に蓄積される残留磁束エネルギー。(磁気テープなどの原理)

ヒステリシス特性曲線が囲む面積が残留エネルギー。(磁性体内の微小磁石の回転で生じる摩擦熱で失うエネルギー)

60Hzの交流1周期で $0.05 (\text{J/m}^3)$ のヒステリシス損が生じるので、1秒では、 $0.05 \times 60 = 3 (\text{J/sec/m}^3)$
 $= 3 (\text{W/m}^3)$ のヒステリシス損失が生じる。

【問題 11】 図 1 に示す回路で、図 2 の入出力特性をもたせたい。図 1 中の抵抗 R の値はいくらにするべきか。解答欄 に単位とともに記入せよ。ただし、オペアンプの入力抵抗および固有の増幅度は十分に大きく、また、出力電圧の上限、下限を $\pm V_s$ とする。

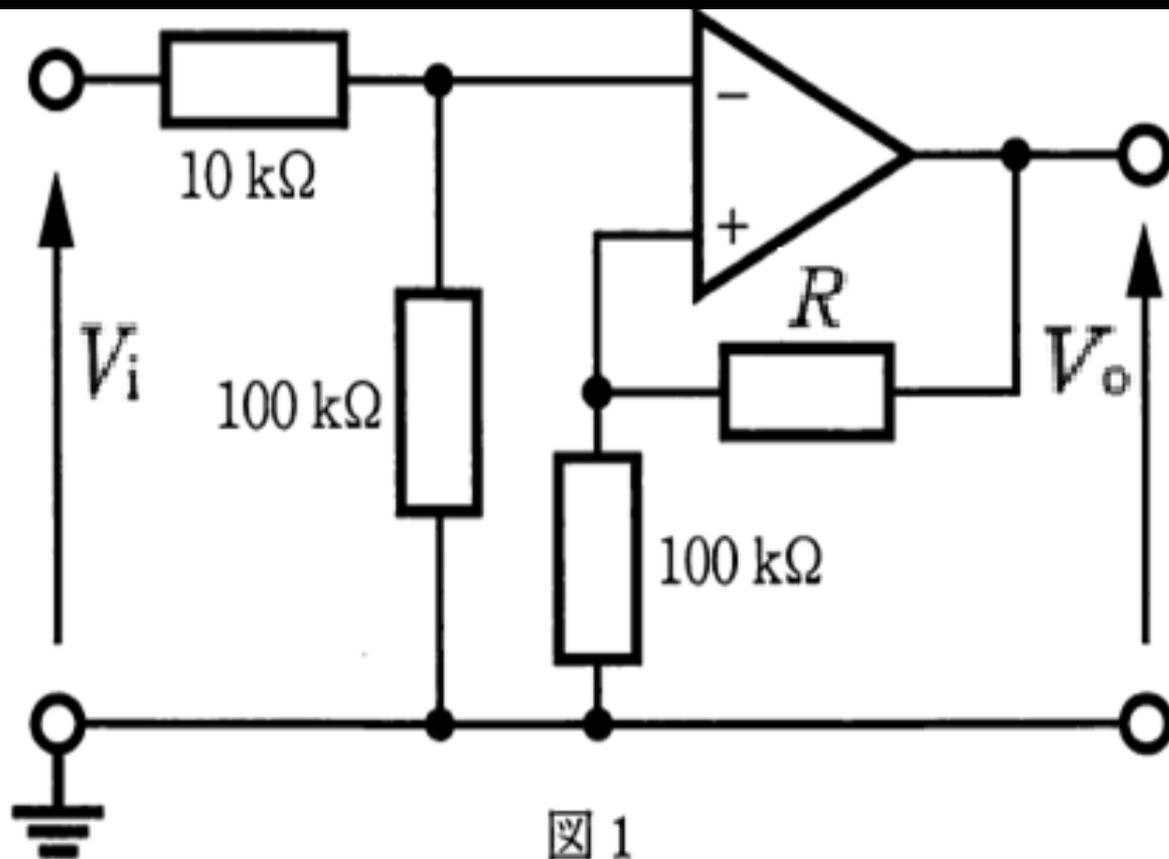


図 1

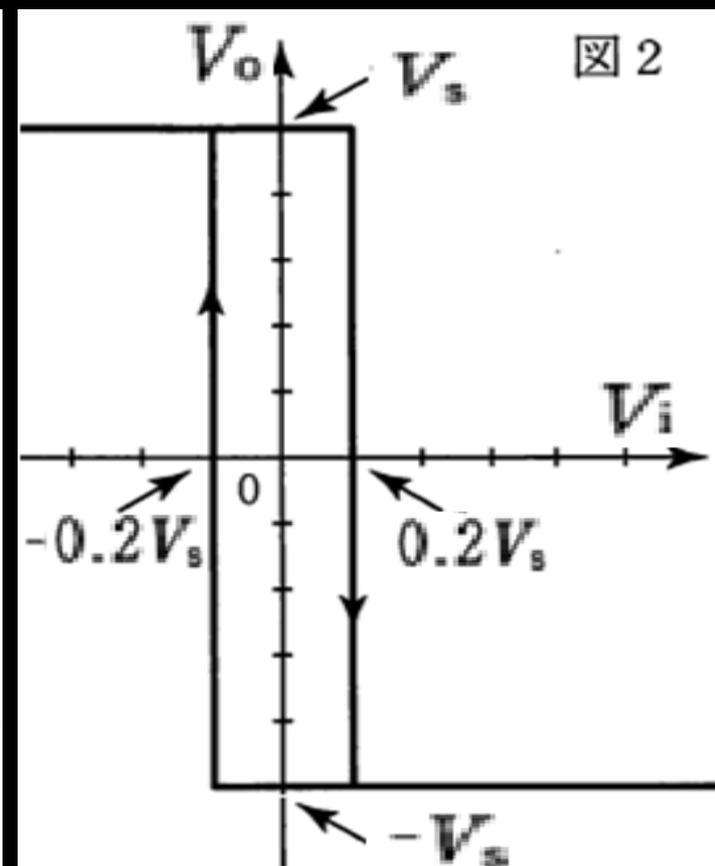


図 2

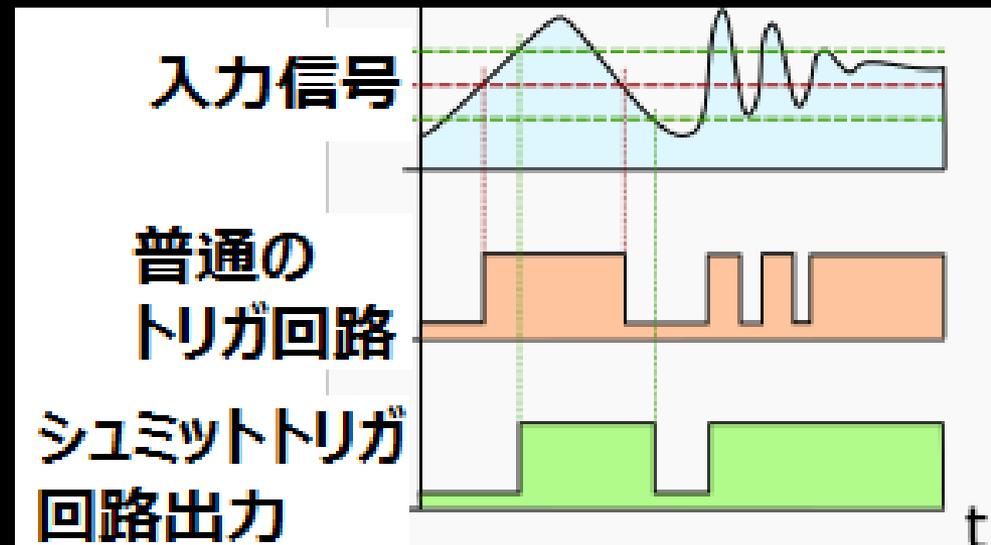
シュミットトリガ回路 Schmitt trigger

入力信号に対する閾値を2つ持ち、入力電位が高閾値以上では高電位を出力し、入力電位が低閾値以下では低電位を出力する。

入力電位が高閾値と低閾値の間の場合は直前の出力電位を保持する。入力が高低の閾値を超えると出力電位が切り替わる。

この回路の入出力グラフは、ヒステリシス状態になりシュミットトリガはメモリ回路の一種である。

この回路の役割は、入力信号の揺らぎ(ノイズ)を除去することにある。



オペアンプに電流が流入しないとする
オペアンプの - 入力電圧 V_- は

$$V_- = V_i \times 100\text{k}\Omega / (100\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega)$$

+ 入力電圧 V_+ は

$$V_+ = V_o \times 100\text{k}\Omega / (100\text{k}\Omega + R\text{k}\Omega)$$

オペアンプの入力電圧が入れ替るとき
($V_- = V_+$)、 V_i は $0.2 V_s$ で、 V_o は V_s
になる。

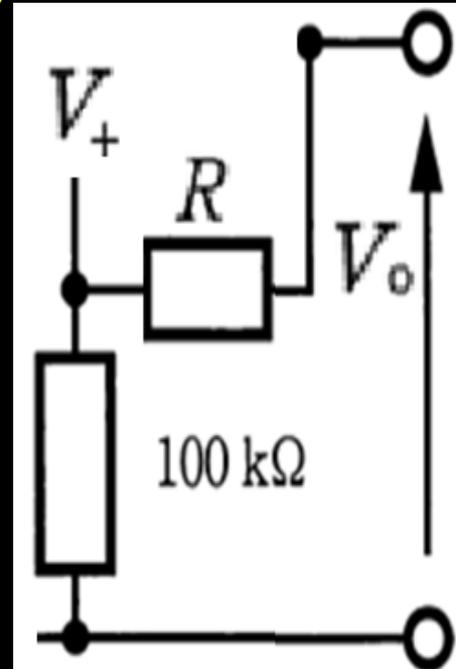
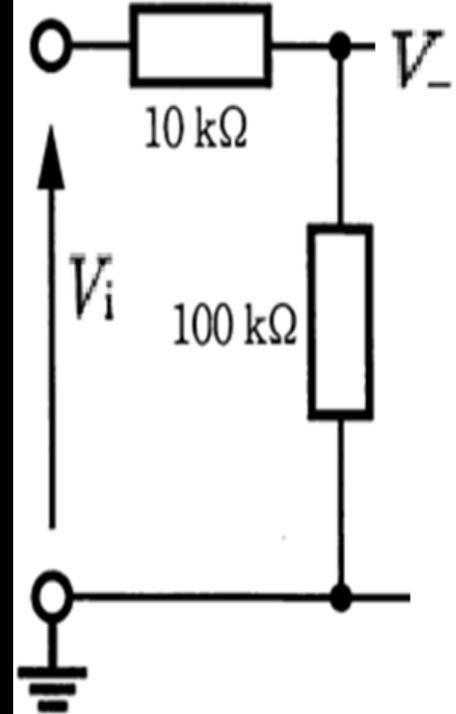
$$0.2V_s \times 100\text{k}\Omega / (100\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega)$$

$$= V_s \times 100\text{k}\Omega / (100\text{k}\Omega + R\text{k}\Omega)$$

$$0.2 \times 100/110 = 100/(100+R)$$

$$100/110 = 500/(100+R), \quad 550 = 100 + R$$

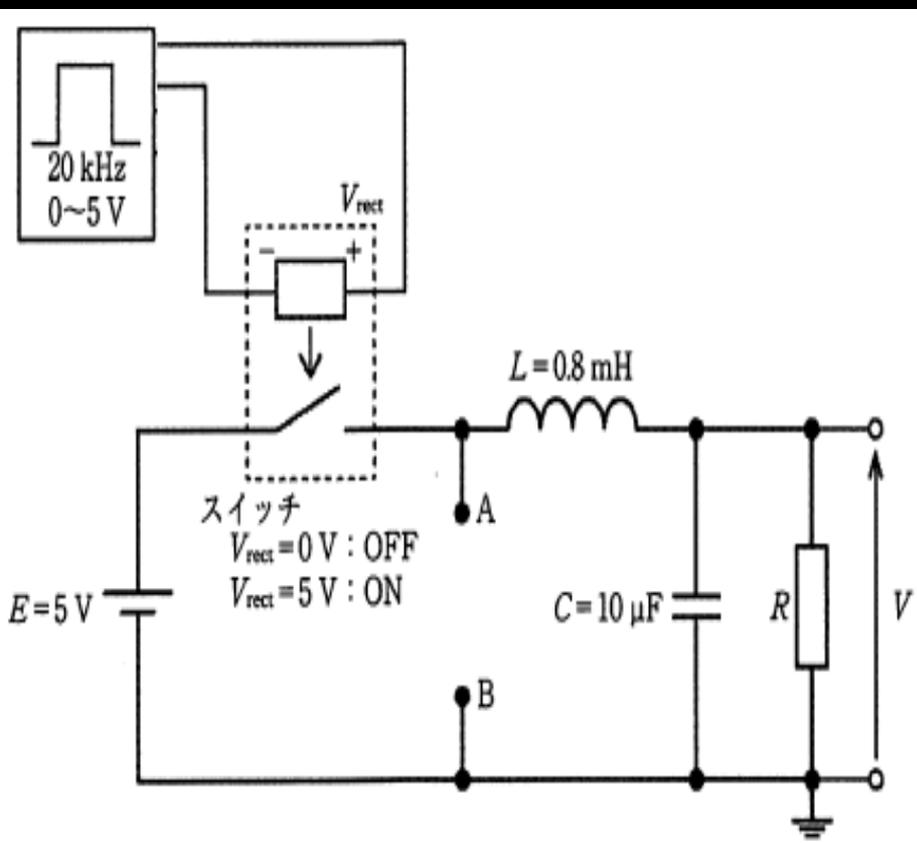
$$R = 450\text{k}\Omega$$



第21回 第1種ME試験問題

解答 3

【問題 12】 下図の回路は、直流電圧 E を方形波形 V_{rect} に基づいて低下させた直流電圧 V に効率よく変換する回路である。A-B 間に適当な素子を追加してコイル L に一定方向の電流を流し続けることで、よりリップルの少ない出力電圧 V が得られる。その素子として最も適切なものはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。各素子は理想的な特性とし、回路は定常状態にあるとする。



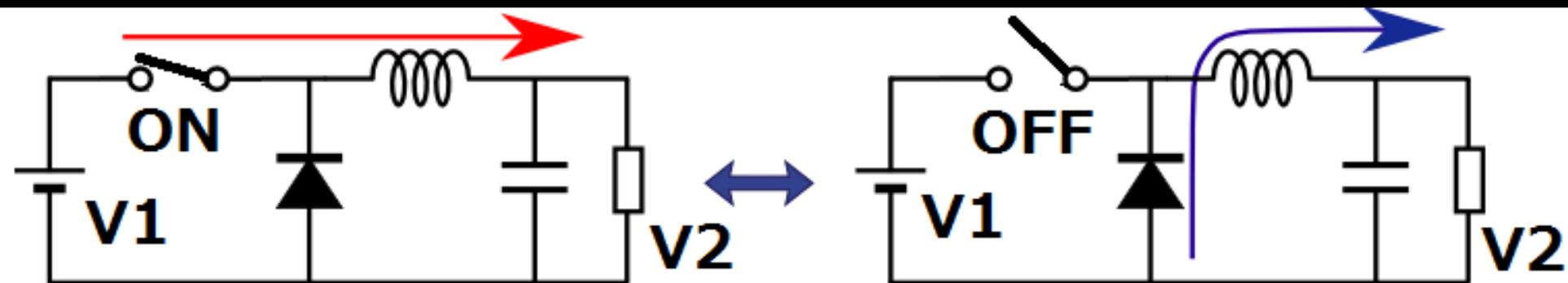
- 1) 抵抗 2) ダイオード 3) ダイオード
- A A A
- | | |
- | | |
- | | |
- B B B
- 4) 定電圧ダイオード 5) 定電圧ダイオード
 (ツェナー電圧は 5V 未満とする) (ツェナー電圧は 5V 未満とする)
- A A
- | |
- | |
- | |
- B B

DC-DC コンバータの一種 降圧チョッパ回路

直流電源から、異なる電圧の直流電源を得る回路。
入力電圧 $V1$ を出力電圧 $V2$ に降圧する。

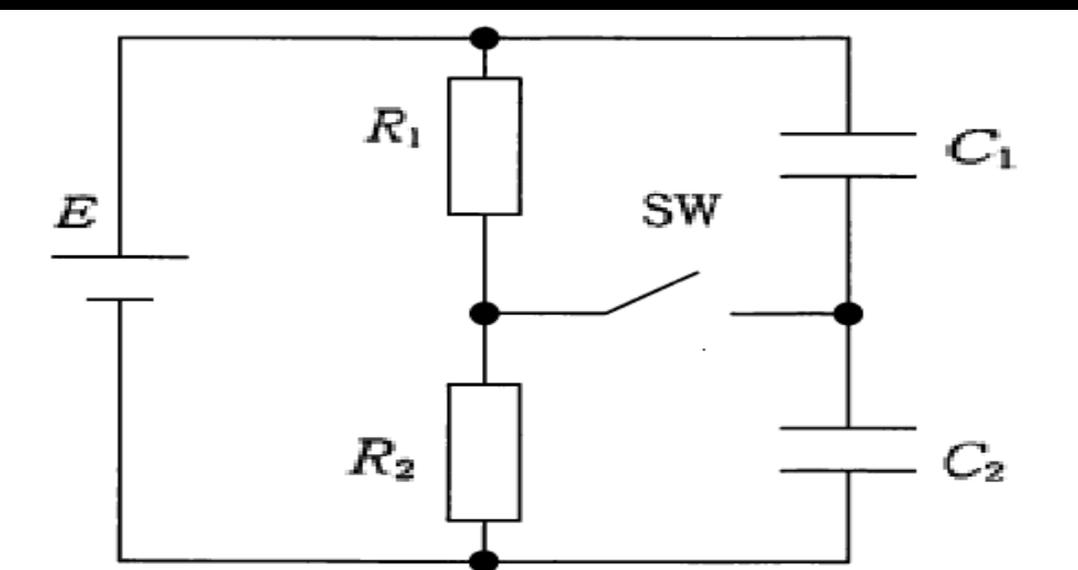
スイッチ (MOS型FET等の半導体スイッチを使う) が
ONの時間 $t\text{-on}$ と OFF の時間 $t\text{-off}$ の比で $V2$ が
決まる。 $V2 = V1 \times (t\text{-on} / (t\text{-on} + t\text{-off}))$

ダイオードを入力電圧と並列接続することで、
ON、OFF時のコイルから出る電流の逆行を防止し、
出力電圧のリプル成分 (変動成分) を抑制できる。



【問題 13】 図の回路のスイッチ SW を OFF にした状態で，静電容量の同じ大きさのコンデンサ C_1 ， C_2 を充電した結果，それぞれ $500 \mu\text{C}$ の電荷が蓄えられた。その後 SW を ON にしたとき， C_2 に蓄えられている電荷の大きさはいくらになるか。番号を解答欄 にマークせよ。ただし， $E = 5 \text{ V}$ ， $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$ とし，SW を ON にして十分な時間が経過したものとする。

- 1) $200 \mu\text{C}$ 2) $300 \mu\text{C}$ 3) $400 \mu\text{C}$ 4) $500 \mu\text{C}$ 5) $600 \mu\text{C}$



コンデンサの単位 : **ファラッド (F)**

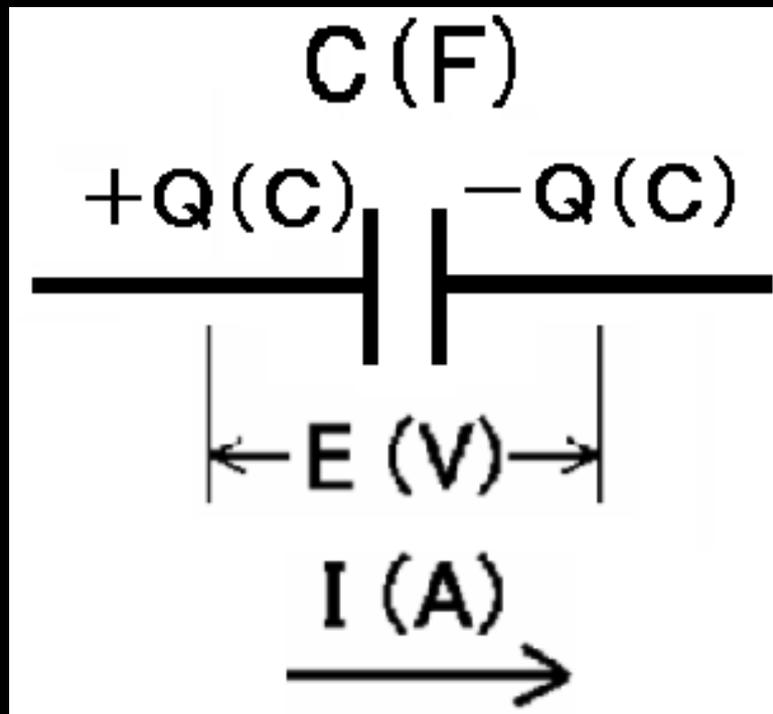
コンデンサが蓄えられる**静電容量**(静電気の量)の限度。
電極の面積に比例する。大容量のコンデンサは大きい。

1対の金属板に、それぞれプラスマイナス1(C)の
電荷量charge が蓄えられた状態で1(V)の電圧を示す
コンデンサの静電容量capacitance を1(F)とする。

静電容量C(F)のコンデンサの
端子間電圧がE(V)のとき、
蓄えられた電荷量Q(C)は

$$Q = CE \quad C = Q / E$$

(電圧が1Vのときは、 $Q = C$)



スイッチを開いた状態ではコンデンサC1とC2(同じ静電容量C(ファラッドF)とする)に同じ電圧が加わるので、各々2.5Vが加わり、充電される電荷は、各々

$$C(F) \times 2.5(V) = 2.5C(C: \text{クーロン})、$$

これが $500\mu\text{C}$ なので $C = 500\mu / 2.5 = 200(\mu\text{F})$

スイッチを閉じると抵抗R2両端の電圧Eは

$$E = 5(V) \times (3\text{k}\Omega / (2 + 3)\text{k}\Omega) = 3(V)$$

この電圧がC2に加わるので、充電される電荷Qは

$$Q = CE = 200(\mu\text{F}) \times 3(V) = 600(\mu\text{C})$$

第21回 第1種ME試験問題 解答(1)4(2)3(3)2

【問題 14】 図(a)の交流回路を図(b)のような等価回路に書き換えて、鳳-テブナンの定理によって回路を解析せよ。ただし、図(a)の交流電源の実効値 $E = 100 \text{ V}$ 、抵抗 $R_1 = 20 \Omega$ 、抵抗 $R_2 = 80 \Omega$ 、抵抗 $R_3 = 20 \Omega$ とする。

(1) 等価回路の交流電源の実効値 $E_0[\text{V}]$ はいくらか。

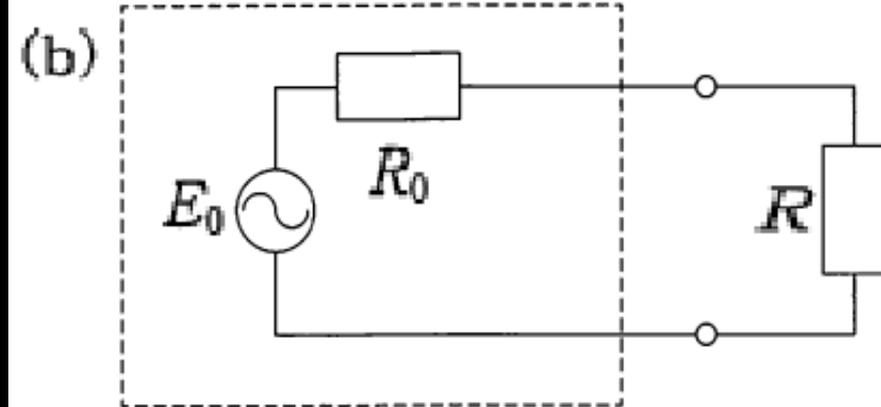
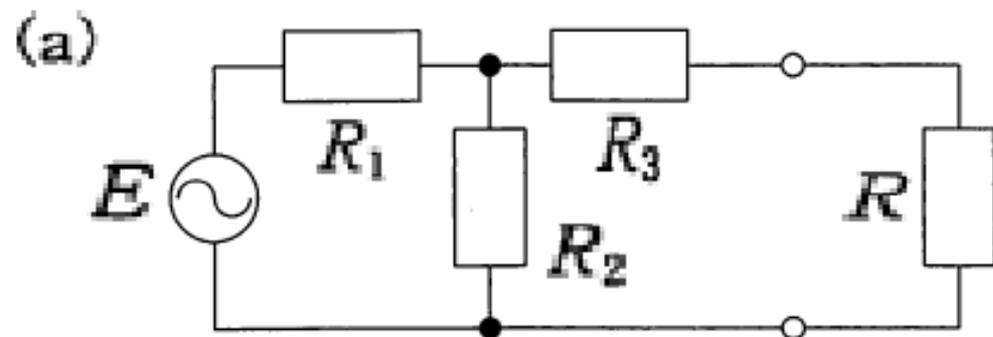
- 1) 20 2) 40 3) 60 4) 80 5) 100

(2) 等価回路の抵抗 $R_0[\Omega]$ はいくらか。

- 1) 11 2) 20 3) 36 4) 80 5) 100

(3) 負荷 R に流れる電流が 1.6 A であった。負荷 $R[\Omega]$ はいくらか。

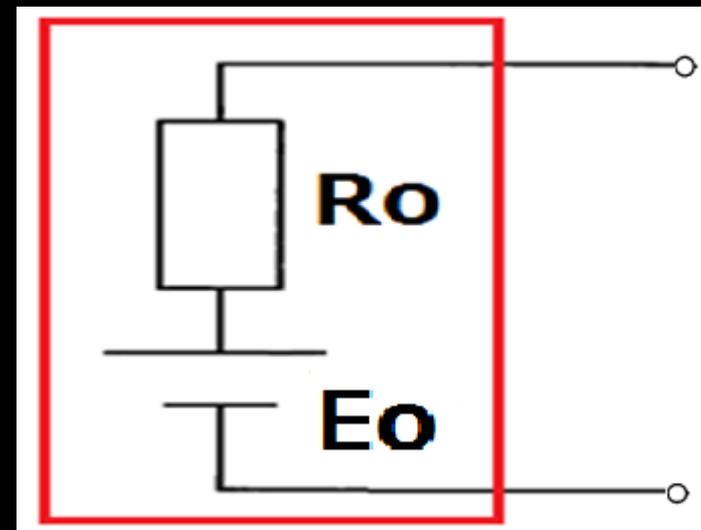
- 1) 5 2) 14 3) 48 4) 50 5) 63



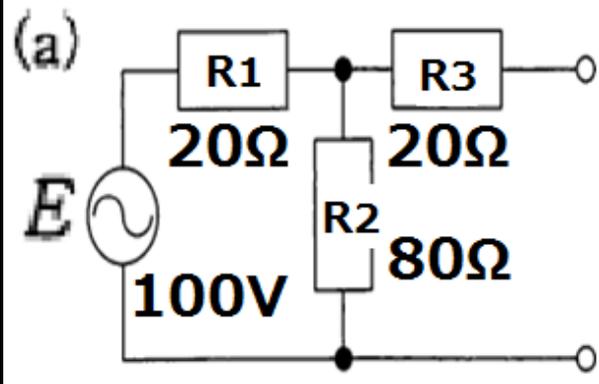
鳳-テブナンの定理

電源を含む複雑な回路を、単純な等価回路とみなすことができる、という定理。

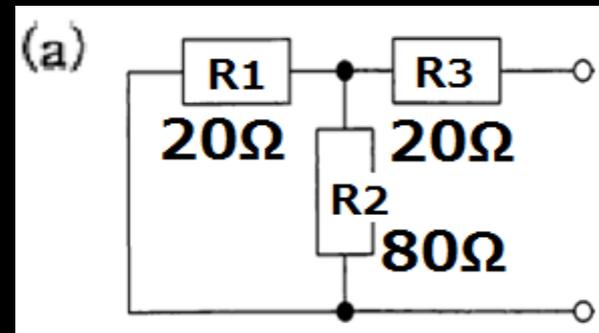
回路に何も接続しない時の出力電圧(解放電圧)が E_o 、回路内の電源を短絡した時の出力抵抗が R_o の場合、この回路は、内部抵抗が R_o で、電圧が E_o の単純な電源回路と同じ(等価回路)と扱うことができる。



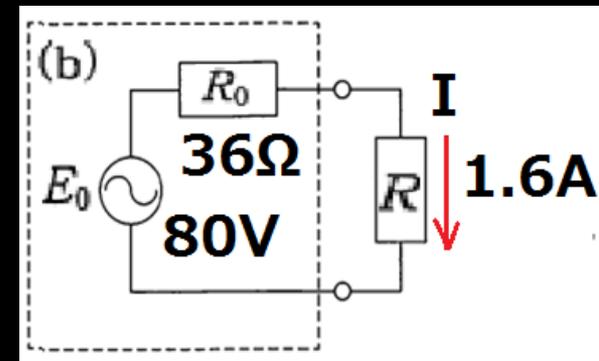
回路aで、抵抗 R を接続していない
 ときの出力電圧 E_o は、 R_3 に電流は
 流れていないため R_3 での電圧降下は
 ないので $E_o = E \times (R_2 / (R_1 + R_2))$
 $= 100(V) \times (80 / (20 + 80)) = 80(V) = \text{解放電圧 } E_o$



回路aで、抵抗 R を接続していない
 状態で、さらに電源 E を除いた回路の
 出力抵抗 R_o を計算すると
 $R_o = 1 / (1/20 + 1/80) + 20 = 36(\Omega) = \text{内部抵抗 } R_o$

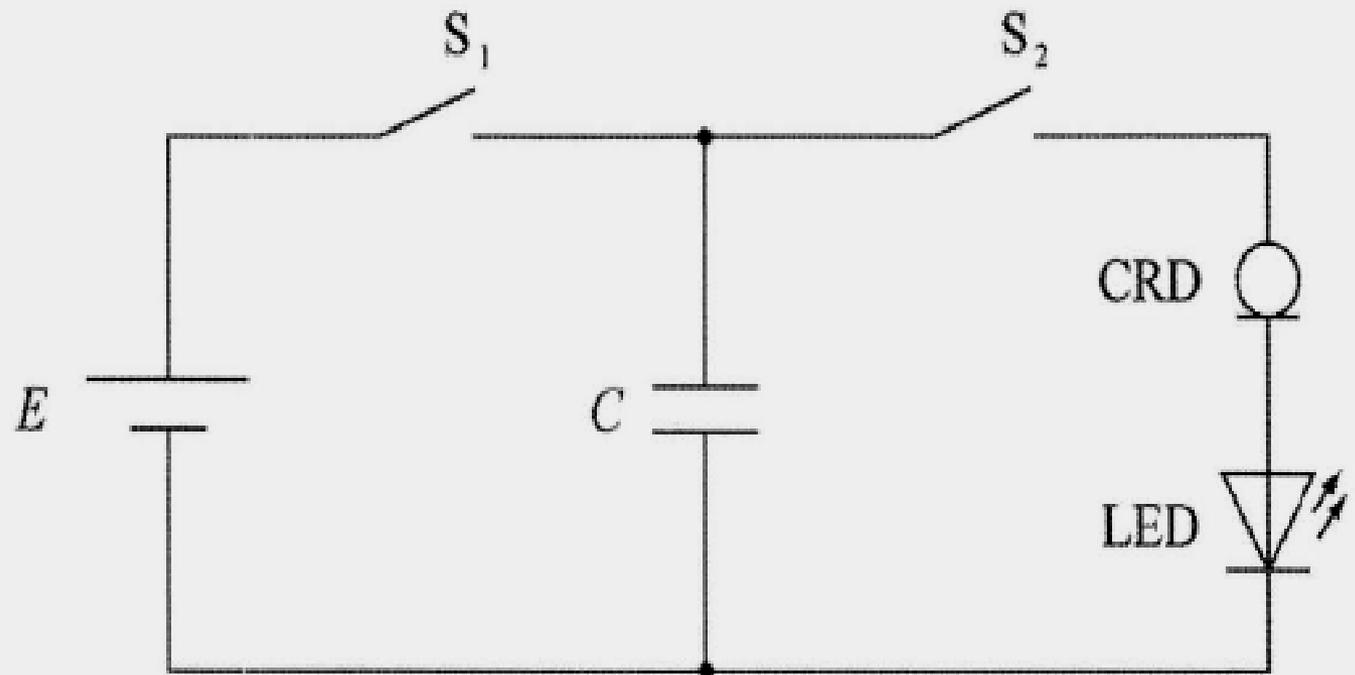


従って、鳳-テブナンの定理で
 回路aは、右図の回路bと等価になり、
 $80(V) = 1.6(A) \times (36 + R)$
 これより、 $R = 14(\Omega)$



図の回路において、スイッチ S_2 を開いた状態でスイッチ S_1 を閉じて、コンデンサ C を満充電した。その後 S_1 を開き、次いで S_2 を閉じて理想的な定電流ダイオード CRD を通して理想的な LED に電流を流した。電源電圧 $E = 5 \text{ V}$ 、 $C = 1 \text{ F}$ とした場合、LED はおよそ何秒間点灯するか。ただし、CRD は 10 mA の定電流ダイオードで、LED の順方向電圧は 3 V とする。

- 1) 30
- 2) 50
- 3) 100
- 4) 200
- 5) 500



電荷 : 電子が運ぶ電気の量
単位:クーロン (C)

1 (A)の電流が1秒間流れたときに動いた電子による電気の量を、1 (C : クーロン)の電荷という。

t 秒間、I (A)の電流が通るとき
Q (C)の電荷が運ばれたとすると、

$$Q = I t \quad (I = Q / t)$$

(電流とは、1秒間に通る電荷の量)

スイッチS1 を閉じ、コンデンサCに充電される電荷は
 $1(\text{F} : \text{ファラッド}) \times 5(\text{V} : \text{ボルト}) = 5(\text{C} : \text{クーロン})$

スイッチS1を開き、S2 を閉じ、コンデンサが放電して
コンデンサの端子間電圧が $5(\text{V})$ から $3(\text{V})$ に低下
するまで、LEDは発光している。

端子間電圧が $3(\text{V})$ に低下したコンデンサが蓄えて
いる電荷は、 $1(\text{F}) \times 3(\text{V}) = 3(\text{C})$

したがって、LEDが発光している間に放電した電荷
は、 $5(\text{C}) - 3(\text{C}) = 2(\text{C})$

$2(\text{C})$ の電荷を、定電流ダイオードで 10mA で放電
するために要する時間は、 $Q = I t$ の公式から、
 $t = Q / I = 2 / 0.01 = 200$ (秒)

図の電子回路において、 $E = 3\text{ V}$ としたときに流れる電流を 5 mA にしたい。

直列に接続する電気抵抗 $R [\Omega]$ の値はいくらか。

ただし、LED の順方向の電圧を $V_d = 2\text{ V}$ とする。

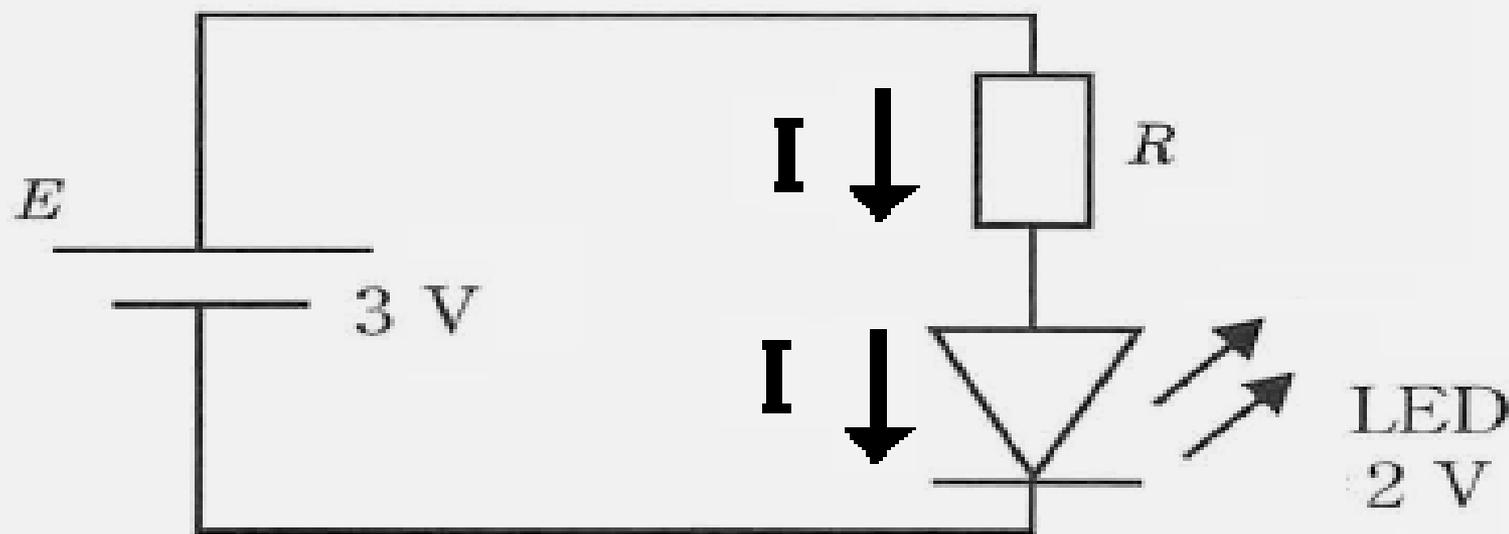
1) 100

2) 200

3) 400

4) 600

5) 800



抵抗 R にかかる電圧は $3\text{ V} - 2\text{ V} = 1\text{ V}$ 。

したがって電流 I は、 $1\text{ (V)} / 5\text{ (mA)} = 200\text{ (}\Omega\text{)}$

0 °C のとき 10 kΩ の金属線の抵抗は 50 °C のとき何 kΩ になるか。
ただし、この金属線の抵抗の温度係数は $5.0 \times 10^{-3} [\text{K}^{-1}]$ である。

- 1) 7.50 2) 10.0 3) 10.3 4) 12.5 5) 20.6

金属の抵抗値 R と温度 T の関係式は、

$$R = R_0(1 + \rho T)$$

R_0 は 0 °C における抵抗値

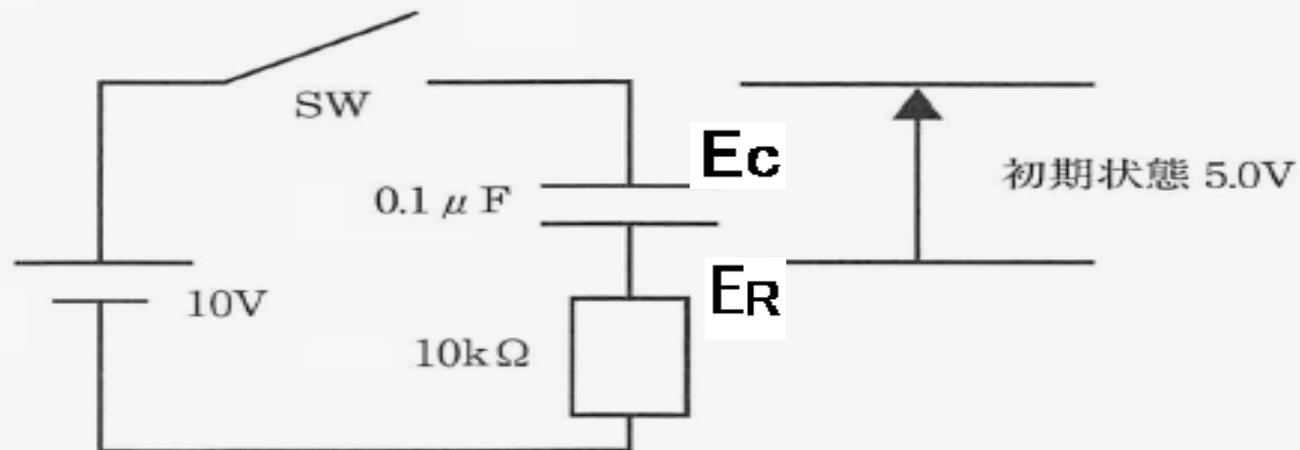
ρ は 温度係数 (1 °C 上昇した時の抵抗値変化)

$$\begin{aligned} R &= 10000 (1 + 0.005 \times 50) = 12500 (\Omega) \\ &= 12.5 (\text{k}\Omega) \end{aligned}$$

図のようなCR直列回路がある。初期状態としてスイッチSWが開いた状態で、コンデンサCの両端の電圧が5.0Vであった。

SWを閉じた瞬間から1.0ms後のコンデンサ両端電圧[V]はいくらか。ただし自然対数の底 e の逆数は0.37、有効数字は2桁とする。

- 1) 1.9
- 2) 3.2
- 3) 6.3
- 4) 8.2
- 5) 10



CR回路の時定数 τ は $0.1\mu\text{F} \times 10\text{k}\Omega = 1(\text{ms})$
 スイッチを閉じると抵抗およびコンデンサの両端電圧は上昇する。
 スイッチを閉じた瞬間の抵抗電圧は 5(V)
 1ms後の抵抗電圧は $5 \times 0.37 = 1.85(\text{V})$
 コンデンサ電圧は $10 - 1.85 = 8.15 \doteq 8.2(\text{V})$

