

令和元年度

第 3 種
理 論

(第 1 時限目)

5. 問題の解答の選択肢は(1)から(5)まであります。その中から一つ**選び**マークシートの解答欄にマークしてください。

なお、二つ以上マークした場合には、採点されません。

(解答記入例)

問1 日本で一番高い山として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 大雪山 (2) 浅間山 (3) 富士山 (4) 立山 (5) 阿蘇山

正解は「(3)」ですから、マークシートには

問題番号	選択肢番号
1	① ② ● ④ ⑤

のように選択肢番号の枠内を塗りつぶしてください。

6. 問17と問18は**選択問題**です。どちらか1問を選択してください。選択問題は両方解答すると採点されません。

7. 問題文で単位を付す場合は、次のとおり表記します。

① 数字と組み合わせる場合

(例: 350 W $f=50$ Hz 670 kV·A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [m^2])

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

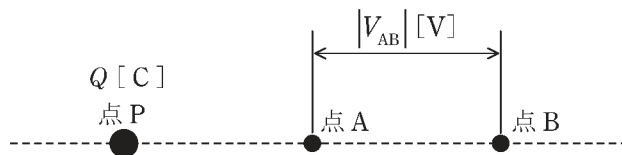
試験問題に関する質問にはお答えできません。

A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 図のように、真空中に点P, 点A, 点Bが直線上に配置されている。点Pは $Q[\text{C}]$ の点電荷を置いた点とし、A-B間に生じる電位差の絶対値を $|V_{AB}|[\text{V}]$ とする。次の(a)~(d)の四つの実験を個別に行ったとき、 $|V_{AB}|[\text{V}]$ の値が最小となるものと最大となるものの実験の組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

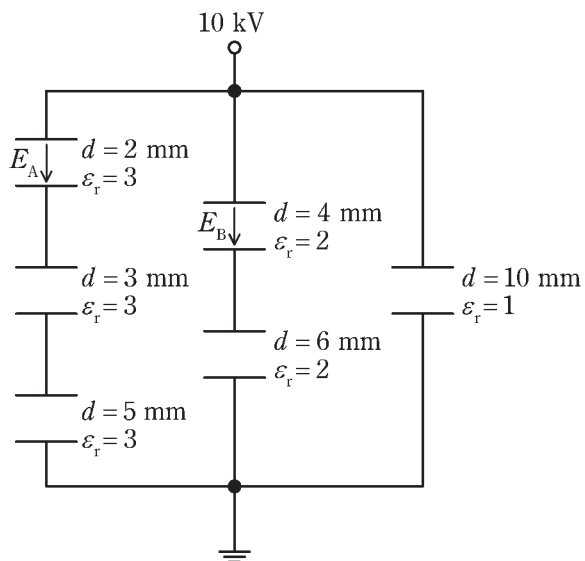
[実験内容]

- (a) P-A間の距離を2m, A-B間の距離を1mとした。
- (b) P-A間の距離を1m, A-B間の距離を2mとした。
- (c) P-A間の距離を0.5m, A-B間の距離を1mとした。
- (d) P-A間の距離を1m, A-B間の距離を0.5mとした。



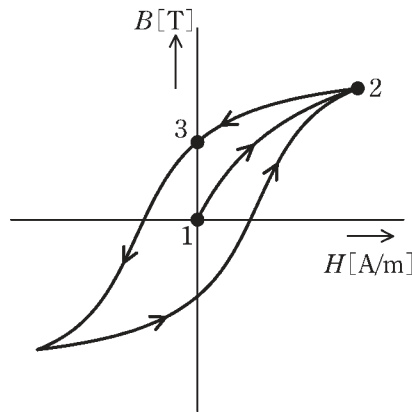
- (1) (a)と(b) (2) (a)と(c) (3) (a)と(d) (4) (b)と(c) (5) (c)と(d)

問2 図のように、極板間距離 d [mm] と比誘電率 ϵ_r が異なる平行板コンデンサが接続されている。極板の形状と大きさは全て同一であり、コンデンサの端効果、初期電荷及び漏れ電流は無視できるものとする。印加電圧を 10 kV とするとき、図中の二つのコンデンサ内部の電界の強さ E_A 及び E_B の値 [kV/mm] の組合せとして、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。



	E_A	E_B
(1)	0.25	0.67
(2)	0.25	1.5
(3)	1.0	1.0
(4)	4.0	0.67
(5)	4.0	1.5

問3 図は積層した電磁鋼板の鉄心の磁化特性(ヒステリシスループ)を示す。図中の B [T]及び H [A/m]はそれぞれ磁束密度及び磁界の強さを表す。この鉄心にコイルを巻きリアクトルを製作し、商用交流電源に接続した。実効値が V [V]の電源電圧を印加すると図中に矢印で示す軌跡が確認された。コイル電流が最大のときの点は (ア) である。次に、電源電圧実効値が一定に保たれたまま、周波数がやや低下したとき、ヒステリシスループの面積は (イ) 。一方、周波数が一定で、電源電圧実効値が低下したとき、ヒステリシスループの面積は (ウ) 。最後に、コイル電流実効値が一定で、周波数がやや低下したとき、ヒステリシスループの面積は (エ) 。

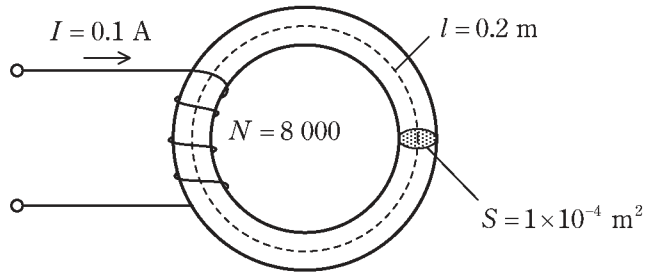


上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	1	大きくなる	小さくなる	大きくなる
(2)	2	大きくなる	小さくなる	あまり変わらない
(3)	3	あまり変わらない	あまり変わらない	小さくなる
(4)	2	小さくなる	大きくなる	あまり変わらない
(5)	1	小さくなる	大きくなる	あまり変わらない

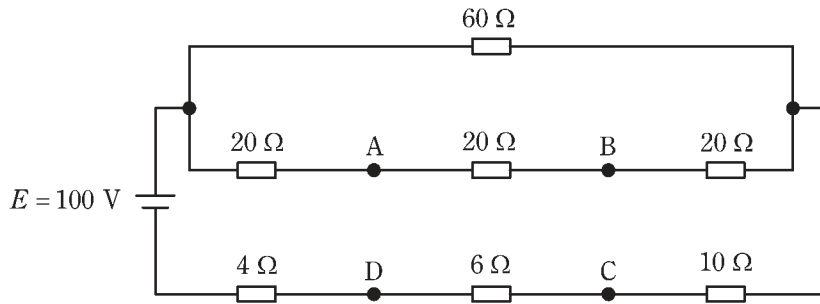
問4 図のように、磁路の長さ $l=0.2\text{ m}$ 、断面積 $S=1\times 10^{-4}\text{ m}^2$ の環状鉄心に巻数 $N=8\ 000$ の銅線を巻いたコイルがある。このコイルに直流電流 $I=0.1\text{ A}$ を流したとき、鉄心中の磁束密度は $B=1.28\text{ T}$ であった。このときの鉄心の透磁率 μ の値 $[\text{H/m}]$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、コイルによって作られる磁束は、鉄心中を一様に通り、鉄心の外部に漏れないものとする。



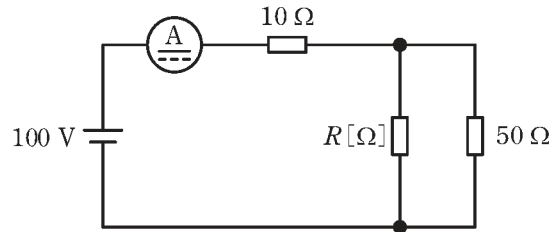
- (1) 1.6×10^{-4} (2) 2.0×10^{-4} (3) 2.4×10^{-4} (4) 2.8×10^{-4} (5) 3.2×10^{-4}

問5 図のように、七つの抵抗及び電圧 $E=100\text{ V}$ の直流電源からなる回路がある。
 この回路において、A-D間、B-C間の各電位差を測定した。このとき、A-D間の電位差の大きさ[V]及び B-C間の電位差の大きさ[V]の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



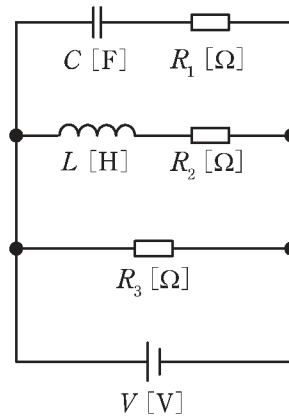
	A-D間の電位差の大きさ	B-C間の電位差の大きさ
(1)	28	60
(2)	40	72
(3)	60	28
(4)	68	80
(5)	72	40

問6 図に示す直流回路は、 100 V の直流電圧源に直流電流計を介して $10\ \Omega$ の抵抗が接続され、 $50\ \Omega$ の抵抗と抵抗 $R[\Omega]$ が接続されている。電流計は 5 A を示している。抵抗 $R[\Omega]$ で消費される電力の値 $[\text{W}]$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。なお、電流計の内部抵抗は無視できるものとする。



- (1) 2 (2) 10 (3) 20 (4) 100 (5) 200

問7 図のように、三つの抵抗 R_1 [Ω], R_2 [Ω], R_3 [Ω] とインダクタンス L [H] のコイルと静電容量 C [F] のコンデンサが接続されている回路に V [V] の直流電源が接続されている。定常状態において直流電源を流れる電流の大きさを表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) $\frac{V}{R_3}$

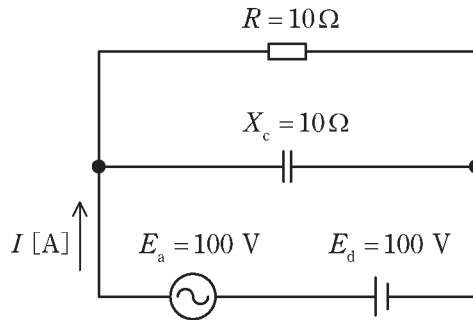
(2) $\frac{V}{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}}$

(3) $\frac{V}{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}}}$

(4) $\frac{V}{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}$

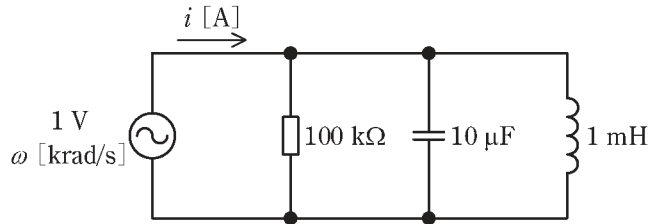
(5) $\frac{V}{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}$

問 8 図の回路において、正弦波交流電源と直流電源を流れる電流 I の実効値[A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、 E_a は交流電圧の実効値[V]、 E_d は直流電圧の大きさ[V]、 X_c は正弦波交流電源に対するコンデンサの容量性リアクタンスの値[Ω]、 R は抵抗値[Ω]とする。



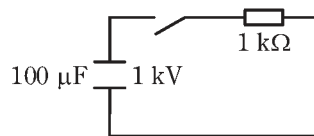
- (1) 10.0 (2) 14.1 (3) 17.3 (4) 20.0 (5) 40.0

問9 図は、実効値が 1 V で角周波数 ω [krad/s] が変化する正弦波交流電源を含む回路である。いま、 ω の値が $\omega_1 = 5\text{ krad/s}$ 、 $\omega_2 = 10\text{ krad/s}$ 、 $\omega_3 = 30\text{ krad/s}$ と3通りの場合を考え、 $\omega = \omega_k$ ($k=1, 2, 3$) のときの電流 i [A] の実効値を I_k と表すとき、 I_1, I_2, I_3 の大小関係として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) $I_1 < I_2 < I_3$ (2) $I_1 = I_2 < I_3$ (3) $I_2 < I_1 < I_3$
 (4) $I_2 < I_1 = I_3$ (5) $I_3 < I_2 < I_1$

問 10 図のように、電圧 1 kV に充電された静電容量 $100\ \mu\text{F}$ のコンデンサ、抵抗 $1\text{ k}\Omega$ 、スイッチからなる回路がある。スイッチを閉じた直後に過渡的に流れる電流の時定数 τ の値 [s] と、スイッチを閉じてから十分に時間が経過するまでに抵抗で消費されるエネルギー W の値 [J] の組合せとして、正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。



	τ	W
(1)	0.1	0.1
(2)	0.1	50
(3)	0.1	1 000
(4)	10	0.1
(5)	10	50

問 11 次の文章は、太陽電池に関する記述である。

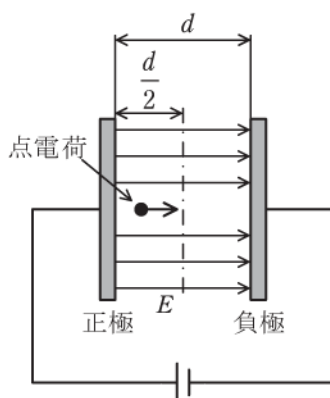
太陽光のエネルギーを電気エネルギーに直接変換するものとして、半導体を用いた太陽電池がある。p 形半導体と n 形半導体による pn 接合を用いているため、構造としては (ア) と同じである。太陽電池に太陽光を照射すると、半導体の中で負の電気をもつ電子と正の電気をもつ (イ) が対になって生成され、電子は n 形半導体の側に、(イ) は p 形半導体の側に、それぞれ引き寄せられる。その結果、p 形半導体に付けられた電極がプラス極、n 形半導体に付けられた電極がマイナス極となるように起電力が生じる。両電極間に負荷抵抗を接続すると太陽電池から取り出された電力が負荷抵抗で消費される。その結果、負荷抵抗を接続する前に比べて太陽電池の温度は (ウ) 。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(ウ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	ダイオード	正孔	低くなる
(2)	ダイオード	正孔	高くなる
(3)	トランジスタ	陽イオン	低くなる
(4)	トランジスタ	正孔	高くなる
(5)	トランジスタ	陽イオン	高くなる

問 12 図のように，極板間の距離 d [m] の平行板導体が真空中に置かれ，極板間に強さ E [V/m] の一様な電界が生じている。質量 m [kg]，電荷量 $q (> 0)$ [C] の点電荷が正極から放出されてから，極板間の中心 $\frac{d}{2}$ [m] に達するまでの時間 t [s] を表す式として，正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

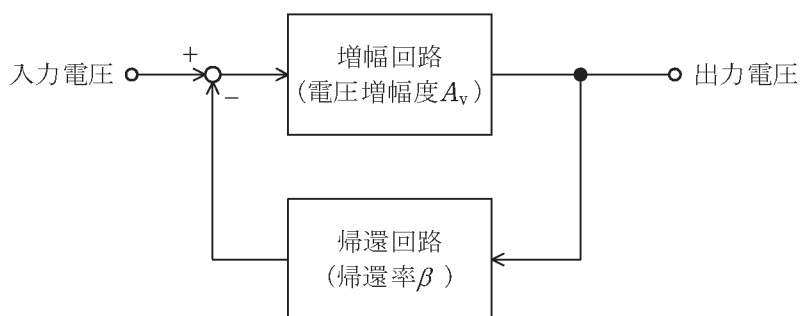
ただし，点電荷の速度は光速より十分小さく，初速度は 0 m/s とする。また，重力の影響は無視できるものとし，平行板導体は十分大きいものとする。








- (1) $\sqrt{\frac{md}{qE}}$ (2) $\sqrt{\frac{2md}{qE}}$ (3) $\sqrt{\frac{qEd}{m}}$ (4) $\sqrt{\frac{qE}{md}}$ (5) $\sqrt{\frac{2qE}{md}}$

問 13 図のように電圧増幅度 $A_v (>0)$ の増幅回路と帰還率 $\beta (0 < \beta \leq 1)$ の帰還回路からなる負帰還増幅回路がある。この負帰還増幅回路に関する記述として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、帰還率 β は周波数によらず一定であるものとする。

- (1) 負帰還増幅回路の帯域幅は、負帰還をかけない増幅回路の帯域幅よりも狭くなる。
- (2) 電源電圧の変動に対して負帰還増幅回路の利得は、負帰還をかけない増幅回路よりも不安定である。
- (3) 負帰還をかけることによって、増幅回路の内部で発生するひずみや雑音が増加する。
- (4) 負帰還をかけない増幅回路の電圧増幅度 A_v と帰還回路の帰還率 β の積が 1 より十分小さいとき、負帰還増幅回路全体の電圧増幅度は帰還率 β の逆数で近似できる。
- (5) 負帰還増幅回路全体の利得は、負帰還をかけない増幅回路の利得よりも低下する。

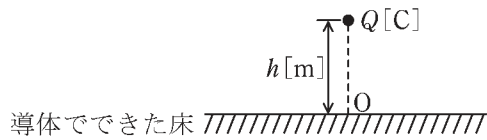


問 14 直動式指示電気計器の種類，JIS で示される記号及び使用回路の組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

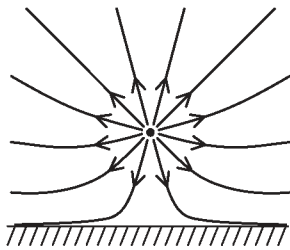
種 類	記 号	使用回路
(1) 永久磁石可動コイル形		直流専用
(2) 空心電流力計形		交流・直流両用
(3) 整流形		交流・直流両用
(4) 誘導形		交流専用
(5) 熱電対形(非絶縁)		直流専用

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

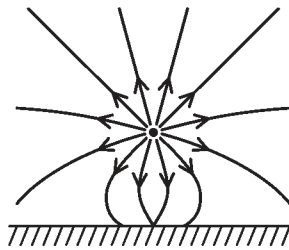
問15 図のように, 平らで十分大きい導体でできた床から高さ h [m] の位置に正の電気量 Q [C] をもつ点電荷がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。ただし, 点電荷から床に下ろした垂線の足を点 O , 床より上側の空間は真空とし, 床の導体は接地されている。真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。



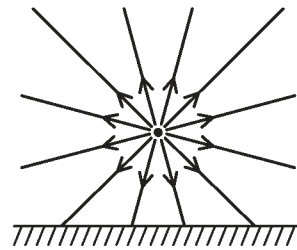
(a) 床より上側の電界は, 点電荷のつくる電界と, 床の表面に静電誘導によって現れた面電荷のつくる電界との和になる。床より上側の電気力線の様子として, 適切なものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



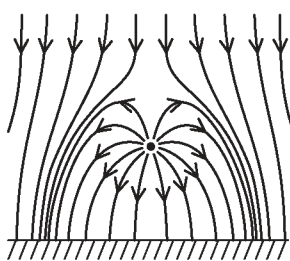
(1)



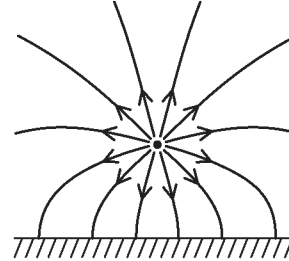
(2)



(3)



(4)

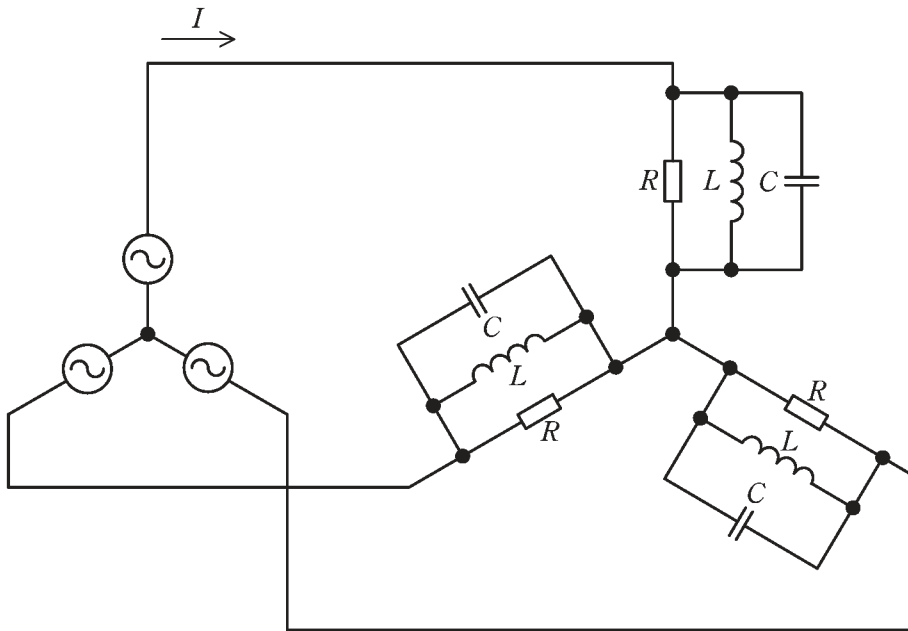


(5)

- (b) 点電荷は床表面に現れた面電荷から鉛直方向の静電吸引力 $F[\text{N}]$ を受ける。
その力は床のない状態で点 O に固定した電気量 $-\frac{Q}{4}[\text{C}]$ の点電荷から受ける静電力に等しい。 $F[\text{N}]$ に逆らって、点電荷を高さ $h[\text{m}]$ から $z[\text{m}]$ (ただし $h < z$) まで鉛直方向に引き上げるのに必要な仕事 $W[\text{J}]$ を表す式として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

(1) $\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 z^2}$ (2) $\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{z} \right)$ (3) $\frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{z} \right)$
(4) $\frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 z^2}$ (5) $\frac{Q^2}{\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{h^2} - \frac{1}{z^2} \right)$

問 16 図のように線間電圧 200 V，周波数 50 Hz の対称三相交流電源に RLC 負荷が接続されている。 $R=10\ \Omega$ ，電源角周波数を ω [rad/s] として， $\omega L=10\ \Omega$ ， $\frac{1}{\omega C}=20\ \Omega$ である。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。



(a) 電源電流 I の値[A]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 7 (2) 10 (3) 13 (4) 17 (5) 22

(b) 三相負荷の有効電力の値[kW]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1.3 (2) 2.6 (3) 3.6 (4) 4.0 (5) 12

問 17 及び問 18 は選択問題であり, 問 17 又は問 18 のどちらかを選んで解答すること。
両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問 17 NAND IC を用いたパルス回路について, 次の (a) 及び (b) の間に答えよ。ただし, 高電位を「1」, 低電位を「0」と表すことにする。

(a) p チャネル及び n チャネル MOSFET を用いて構成された図 1 の回路と真理値表が同一となるものを, 図 2 の NAND 回路の接続 (イ), (ロ), (ハ) から選び, 全て列挙したものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

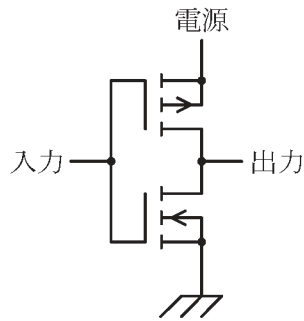


図 1

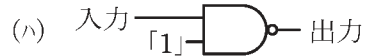
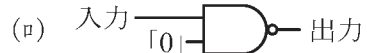
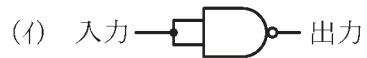


図 2

- (1) (イ) (2) (ロ) (3) (ハ) (4) (イ), (ロ) (5) (イ), (ハ)

(b) 図3の三つの回路はいずれもマルチバイブレータの一種であり、これらの回路図において NAND IC の電源及び接地端子は省略している。同図(ニ), (ホ), (ハ)の入力の数がそれぞれ 0, 1, 2 であることに注意して、これら三つの回路と次の二つの性質を正しく対応づけたものの組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

性質Ⅰ：出力端子からパルスが連続的に発生し、デジタル回路の中で発振器として用いることができる。

性質Ⅱ：「0」や「1」を記憶する機能をもち、フリップフロップの構成にも用いられる。

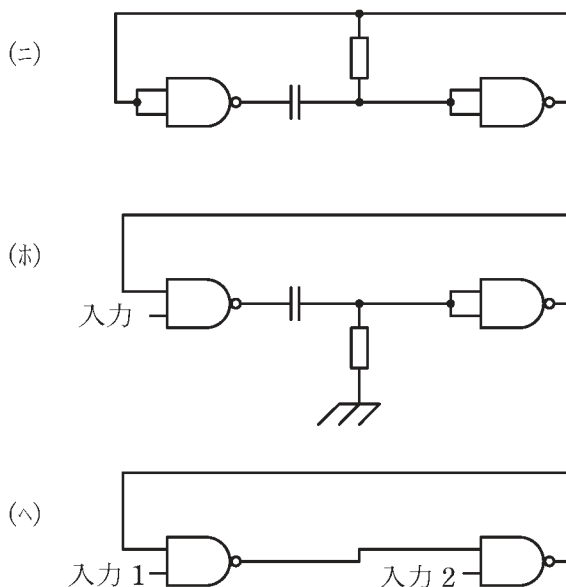


図3

	性質Ⅰ	性質Ⅱ
(1)	(ニ)	(ホ)
(2)	(ニ)	(ハ)
(3)	(ホ)	(ニ)
(4)	(ホ)	(ハ)
(5)	(ハ)	(ホ)

(選択問題)

問 18 図 1 は、二重積分形 A-D 変換器を用いたデジタル直流電圧計の原理図である。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 図 1 のように、負の基準電圧 $-V_r$ ($V_r > 0$) [V] と切換スイッチが接続された回路があり、その回路を用いて正の未知電圧 V_x (> 0) [V] を測定する。まず、制御回路によってスイッチが S_1 側へ切り換わると、時刻 $t = 0$ s で測定電圧 V_x [V] が積分器へ入力される。その入力電圧 V_i [V] の時間変化が図 2(a) であり、積分器からの出力電圧 V_o [V] の時間変化が図 2(b) である。ただし、 $t = 0$ s での出力電圧を $V_o = 0$ V とする。時刻 t_1 における V_o [V] は、入力電圧 V_i [V] の期間 $0 \sim t_1$ [s] で囲われる面積 S に比例する。積分器の特性で決まる比例定数を k (> 0) とすると、時刻 $t = T_1$ [s] のときの出力電圧は、 $V_m = \boxed{\text{(ア)}} [V]$ となる。

定められた時刻 $t = T_1$ [s] に達すると、制御回路によってスイッチが S_2 側に切り換わり、積分器には基準電圧 $-V_r$ [V] が入力される。よって、スイッチ S_2 の期間中の時刻 t [s] における積分器の出力電圧の大きさは、 $V_o = V_m - \boxed{\text{(イ)}} [V]$ と表される。

積分器の出力電圧 V_o が 0 V になると、電圧比較器がそれを検出する。 $V_o = 0$ V のときの時刻を $t = T_1 + T_2$ [s] とすると、測定電圧は $V_x = \boxed{\text{(ウ)}} [V]$ と表される。さらに、図 2(c) のようにスイッチ S_1 , S_2 の各期間 T_1 [s], T_2 [s] 中にクロックパルス発振器から出力されるクロックパルス数をそれぞれ N_1 , N_2 とすると、 N_1 は既知なので N_2 をカウントすれば、測定電圧 V_x がデジタル信号に変換される。ここで、クロックパルスの周期 T_s は、クロックパルス発振器の動作周波数に $\boxed{\text{(エ)}}$ する。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	$kV_x T_1$	$kV_r(t-T_1)$	$\frac{T_2}{T_1} V_r$	反比例
(2)	$kV_x T_1$	$kV_r T_2$	$\frac{T_2}{T_1} V_r$	反比例
(3)	$k \frac{V_x}{T_1}$	$k \frac{V_r}{T_2}$	$\frac{T_1}{T_2} V_r$	比例
(4)	$k \frac{V_x}{T_1}$	$k \frac{V_r}{T_2}$	$\frac{T_1}{T_2} V_r$	反比例
(5)	$kV_x T_1$	$kV_r(t-T_1)$	$T_1 T_2 V_r$	比例

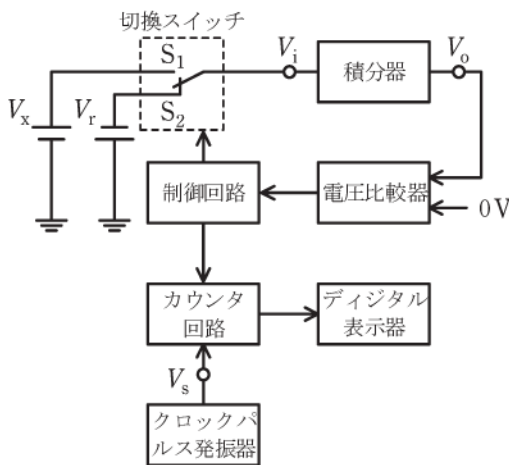


図 1

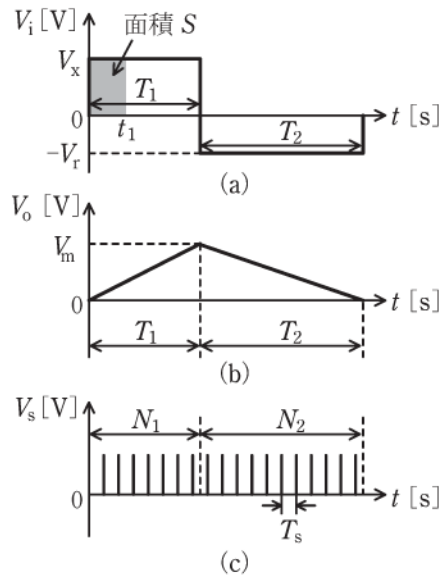


図 2

(b) 基準電圧が $V_r = 2.0 \text{ V}$ 、スイッチ S_1 の期間 T_1 [s] 中のクロックパルス数が $N_1 = 1.0 \times 10^3$ のデジタル直流電圧計がある。この電圧計を用いて未知の電圧 V_x [V] を測定したとき、スイッチ S_2 の期間 T_2 [s] 中のクロックパルス数が $N_2 = 2.0 \times 10^3$ であった。測定された電圧 V_x の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.5 (2) 1.0 (3) 2.0 (4) 4.0 (5) 8.0