

電気分野
専門区分

課目Ⅱ 電気の基礎

試験時間 16:20～17:40 (80分)

4 時限目

問題4	電気及び電子理論	1～4ページ
問題5	自動制御及び情報処理	5～8ページ
問題6	電気計測	9～12ページ

Ⅰ 不正行為への対処

不正行為には厳正に対処する。不正行為を行った場合は、試験会場から退出させ、全課目の試験結果を無効とする。

具体的な不正行為については裏表紙を参照（※1）のこと。

Ⅱ 試験中における注意事項

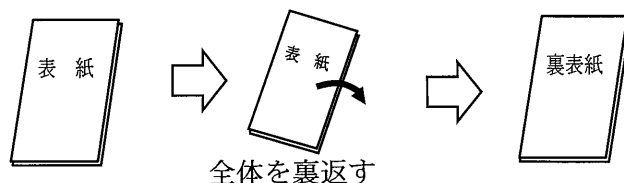
1. 受験票は、机の上の見やすい位置に、常に置いておくこと。
2. 問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、監督員に知らせること。
ただし、問題内容についての質問は一切受け付けない。
3. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。
4. 以下の場合は、監督員に挙手合図をすること。
・体調不良 ・水分補給が必要 ・トイレに行きたい

Ⅲ 問題解答上の注意事項

1. 問題の解答は答案用紙(マークシート)に記入すること。
2. 答案用紙への記入に当たっては、答案用紙に記載の「記入上の注意」に従うこと。
「記入上の注意」に従わない場合は採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
3. 問題冊子の余白部分は計算用紙などに適宜利用してよい。
4. その他の問題解答上の注意事項については裏表紙を参照（※2）のこと。

注意事項は、裏表紙に続くので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。

その際、冊子の中は決して見ないこと。



指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

(電気及び電子理論)

問題 4 次の各文章の 1 ～ 10 の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 電圧の実効値が V 、電流の実効値が I 、角周波数が ω の単相交流電源から負荷に供給される電力について考える。なお、三角関数について以下の定理が成り立つ。

$$\sin(A \pm B) = \sin A \cos B \pm \cos A \sin B$$

$$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B$$

- 1) 交流電源の瞬時電圧波形 v と、電圧に対し位相が ϕ 遅れた瞬時電流波形 i は、電圧 v を位相の基準として、それぞれ次式のように表され、図 1 (a) のように示される。

$$v = \sqrt{2} V \sin \omega t \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$i = \sqrt{2} I \sin(\omega t - \phi) \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

式②を展開すると次式になる。

$$\begin{aligned} i &= \sqrt{2} I \cos \phi \sin \omega t + \sqrt{2} \times \text{1} \times \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \\ &= \sqrt{2} I_p \sin \omega t + \sqrt{2} I_q \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \dots\dots\dots \textcircled{3} \end{aligned}$$

式③において、式①との比較から、 I_p は電圧と同位相の有効電流成分の実効値、 I_q は位相が $\frac{\pi}{2}$ 遅れた無効電流成分の実効値である。

図 1 (b) に、電源電圧波形 v に対して、A ～ C の波形のうちの二つは式③で表される有効電流成分及び無効電流成分の波形を示す。このうち、式③の右辺の第 2 項に相当する波形は A ～ C のうちの 2 である。

< 1 の解答群 >

- | | | |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|
| ア $I \cos \phi$ | イ $I \sin \phi$ | ウ $I (1 - \cos \phi)$ |
| エ $I (1 - \sin \phi)$ | オ $I (\cos \phi - \sin \phi)$ | |

< 2 の解答群 >

- | | | |
|-----|-----|-----|
| ア A | イ B | ウ C |
|-----|-----|-----|

- 2) 式①と式②から、交流電力の瞬時値 p は次式のように表される。

$$\begin{aligned} p &= vi = 2 VI \sin \omega t \sin(\omega t - \phi) \\ &= VI_p \times \text{3} - VI_q \sin 2\omega t \quad \dots\dots\dots \textcircled{4} \end{aligned}$$

ここで、式④における右辺の第 1 項を有効電力の瞬時値、第 2 項を無効電力の瞬時値と呼ぶことにする。

図 1 (c) の D ～ F の波形のうちの二つは、図 1 (a) の電源に対応した有効電力の瞬時値及び無効電力の瞬時値の波形を示す。このうち、有効電力の瞬時値に相当する波形は 4 であり、交流電源の 2 倍の角周波数で変動していることがわかる。

＜ 3 の解答群 ＞

- | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| ア $\cos 2\omega t$ | イ $\sin 2\omega t$ | ウ $(1 - \cos 2\omega t)$ |
| エ $(1 - \sin 2\omega t)$ | オ $(\cos 2\omega t - \sin 2\omega t)$ | |

＜ 4 の解答群 ＞

- | | | |
|-----|-----|-----|
| ア D | イ E | ウ F |
|-----|-----|-----|

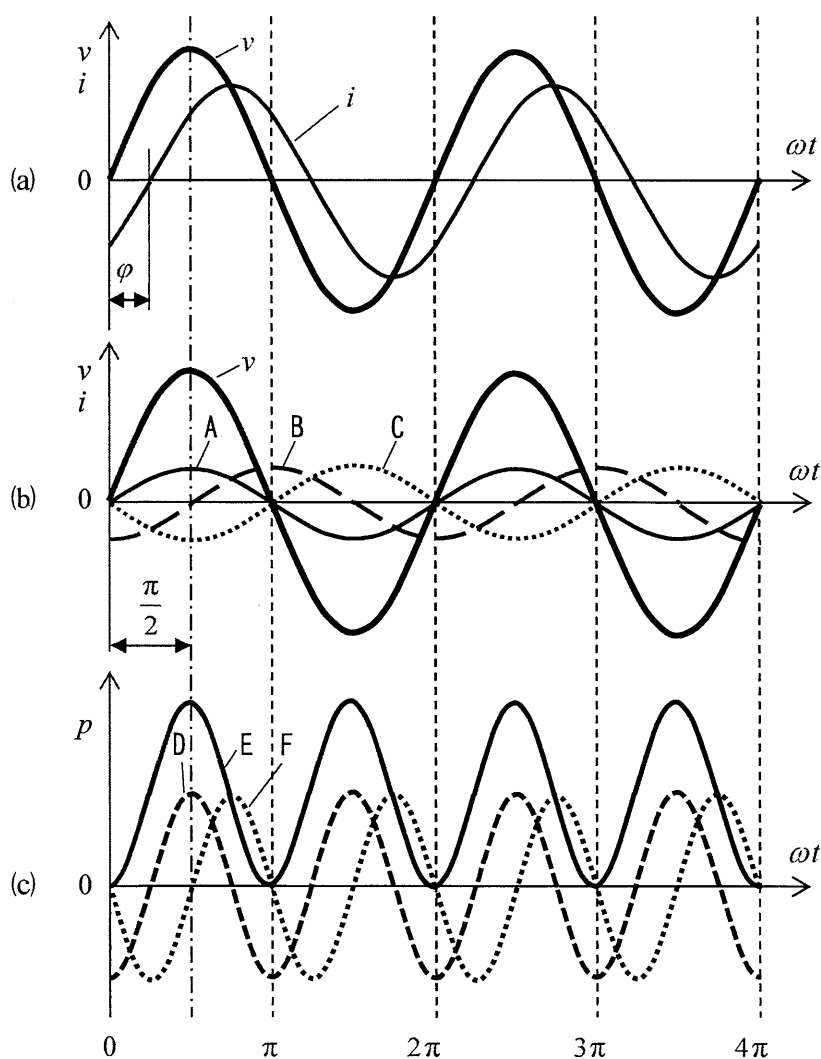


図 1

問題 4 は次の頁に続く

(2) 図 2 (a) に示す Y 結線の三相負荷回路がある。電源は対称三相交流電源であり、各相間の負荷にかかる電圧をそれぞれ $\dot{V}_{ab}$ [V]、 $\dot{V}_{bc}$ [V]、 $\dot{V}_{ca}$ [V]、各相の線電流をそれぞれ $\dot{I}_a$ [A]、 $\dot{I}_b$ [A]、 $\dot{I}_c$ [A] とし、相順は $a \rightarrow b \rightarrow c$ 相とする。また、 $\dot{V}_{ab}$ の位相を位相の基準として、 $\dot{V}_{ab} = 110 + j0$ [V] とする。なお、a - b 端子間の負荷抵抗 R_1 は、 $R_1 = R_a + R_b = 5$ [Ω]、b - c 端子間の負荷抵抗 R_2 は、 $R_2 = R_b + R_c = 4$ [Ω]、c - a 端子間の負荷抵抗 R_3 は、 $R_3 = R_c + R_a = 3$ [Ω] であるとする。

この回路において、線電流と負荷で消費する有効電力を求める過程を考える。ただし、負荷以外のインピーダンスは無視するものとする。

- 1) まず、 R_1 、 R_2 、 R_3 から、Y 結線三相負荷回路の a 相抵抗 R_a [Ω]、b 相抵抗 R_b [Ω] 及び c 相抵抗 R_c [Ω] を求める。このうち、 R_a と R_b は次の値となる。

$$R_a = \boxed{5} \text{ } [\Omega], R_b = \boxed{6} \text{ } [\Omega] \quad \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

次に、三相負荷の Y - Δ 変換によって、1) で求めた抵抗 R_a 、 R_b 、 R_c から、図 2 (b) に示す抵抗 R_{ab} [Ω]、 R_{bc} [Ω]、 R_{ca} [Ω] を求める。このうち、 R_{ab} と R_{bc} は次の値になる。

$$R_{ab} = 11 \text{ } \Omega, R_{bc} = \frac{11}{2} \text{ } \Omega \quad \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

< $\boxed{5}$ 及び $\boxed{6}$ の解答群 >

ア 1 イ 2 ウ 3 エ 4 オ 5 カ 6

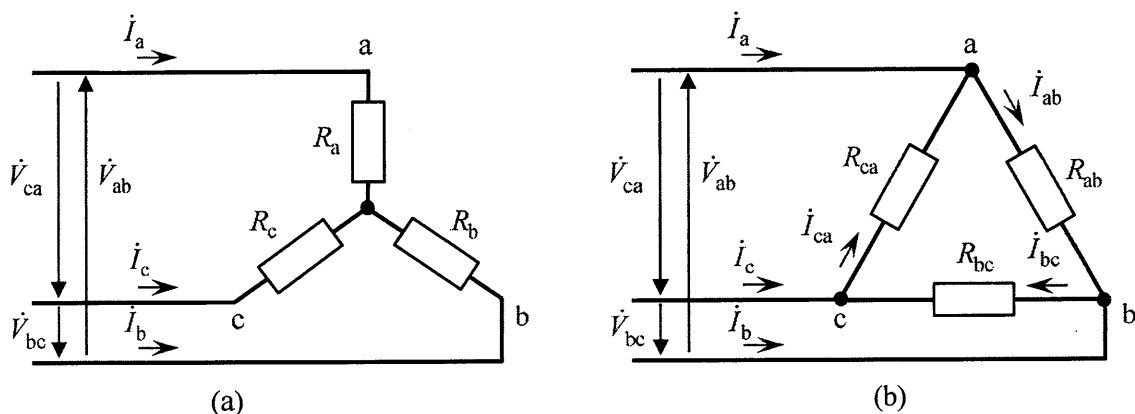


図 2

2) 次に、線電流を求める。

図 2 (b) に示す抵抗 R_{ab} に流れる電流 $\dot{I}_{ab}$ [A]、抵抗 R_{bc} に流れる電流 $\dot{I}_{bc}$ [A]、抵抗 R_{ca} に流れる電流 $\dot{I}_{ca}$ [A] を用いて、線電流 $\dot{I}_a$ は次式のように表される。

$$\dot{I}_a = \boxed{7} \text{ [A]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{7}$$

ここで、 $\dot{V}_{ab} = 110 + j0$ [V] であり、相順は $a \rightarrow b \rightarrow c$ 相の対称三相交流電源であるので、 $\dot{V}_{ca}$ は次の値となる。

$$\dot{V}_{ca} = \boxed{8} \text{ [V]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{8}$$

したがって、線電流 $\dot{I}_a$ は次の値となる。

$$\dot{I}_a = \boxed{9} \text{ [A]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{9}$$

< $\boxed{7}$ の解答群 >

ア $\dot{I}_{ab} + \dot{I}_{bc}$ イ $\dot{I}_{ab} - \dot{I}_{bc}$ ウ $\dot{I}_{ab} + \dot{I}_{ca}$ エ $\dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}$ オ $-\dot{I}_{ab} + \dot{I}_{ca}$

< $\boxed{8}$ の解答群 >

ア $55 + j55\sqrt{3}$ イ $55 - j55\sqrt{3}$ ウ $-55 + j55\sqrt{3}$
 エ $-55 - j55\sqrt{3}$ オ $-55\sqrt{3} + j55$

< $\boxed{9}$ の解答群 >

ア $25 + j15\sqrt{3}$ イ $25 - j15\sqrt{3}$ ウ $-25 + j15\sqrt{3}$
 エ $25\sqrt{3} + j15$ オ $25\sqrt{3} - j15$

3) 最後に、図 2 (b) に示す各相の電圧、抵抗から、負荷で消費する三相合計の有効電力 P [W] を求めると、次の値となる。

$$P = \boxed{10} \text{ [W]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{10}$$

< $\boxed{10}$ の解答群 >

ア 60 イ 1100 ウ 2200 エ 3300 オ 6600

(自動制御及び情報処理)

問題5 次の各文章の 1 ～ 14 の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計50点)

- (1) 図1に示すように、質量 m [kg] の質点が長さ l [m] の棒の先についている倒立振子の制御について考える。ここで、倒立振子の姿勢やトルクを時間 t の関数で表すこととし、電動機から棒に与えるトルクを $T(t)$ [N・m]、鉛直上向き方向からの棒の角度を $\theta(t)$ [rad]、 $\theta(t)$ の時間に関する1階微分を $\dot{\theta}(t)$ 、2階微分を $\ddot{\theta}(t)$ 、重力加速度を g [m/s²] とする。なお、棒の質量は無視できるものとし、摩擦はないものとする。

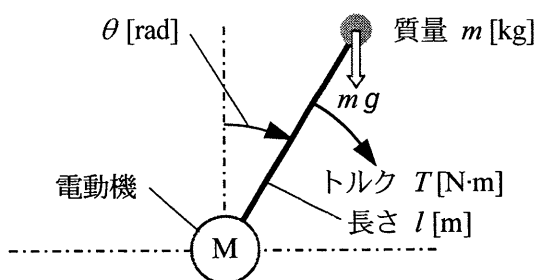


図1

- 1) 電動機から与えられるトルクと倒立振子の動きの関係は次の運動方程式で表される。

$$J \ddot{\theta}(t) = mgl \sin \theta(t) + T(t) \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ここで、 J は系全体の慣性モーメントである。 $\theta \doteq 0$ のとき、式①は次式で近似できる。

$$J \ddot{\theta}(t) = mgl \theta(t) + T(t) \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

式②の両辺をラプラス変換し、 $\theta(t)$ のラプラス変換を $\theta(s)$ 、 $T(t)$ のラプラス変換を $T(s)$ で表すとき、すべての初期値を零とみなすと、次のように表される。

$$\text{1} = mgl \theta(s) + T(s) \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

このとき、トルク $T(s)$ から $\theta(s)$ までの伝達関数 $G(s)$ は、式 2 と表される。

< 1 の解答群 >

- ア $sJ\theta(s)$ イ $s^2J\theta(s)$ ウ $\frac{J}{s}\theta(s)$ エ $\frac{J}{s^2}\theta(s)$

< 2 の解答群 >

- ア $Js^2 + mgl$ イ $Js^2 - mgl$ ウ $\frac{1}{Js^2 + mgl}$ エ $\frac{1}{Js^2 - mgl}$

2) いま、 θ の目標値 θ_r を設定し、速度目標値 $\dot{\theta}_r$ を零にするために、次のフィードバック制御が考えられる。

$$T(t) = K_1(\theta_r(t) - \theta(t)) - K_2\dot{\theta}(t) \quad \dots\dots\dots ④$$

ここで、 K_1 及び K_2 はある正の定数である。式④の右辺の二つの項のうち、 K_1 に係る第一項は

3 動作と呼ばれる動作、 K_2 に係る第二項は 4 動作と呼ばれる動作である。なお、

このフィードバック制御を施した系は図2のように示すことができる。

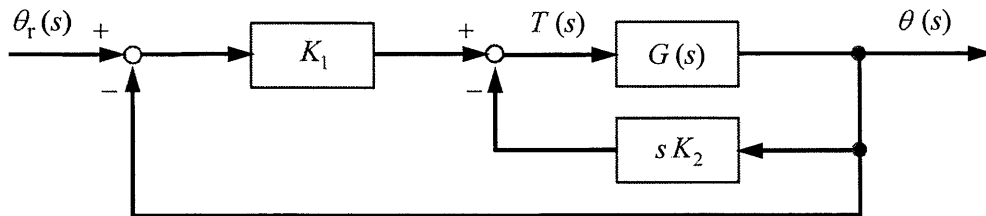


図2

< 3 及び 4 の解答群 >

- ア D イ I ウ ON-OFF エ P

3) 2) の図2に示す制御系の $\theta_r(s)$ から $\theta(s)$ までの伝達関数を $\frac{K_1}{s^2 + 5s + K_1 - 2}$ で表せると

すると、図2は図3のように示される。この系の特性方程式を考慮すると、この系が漸近安定となるための K_1 の必要十分条件は 5 である。

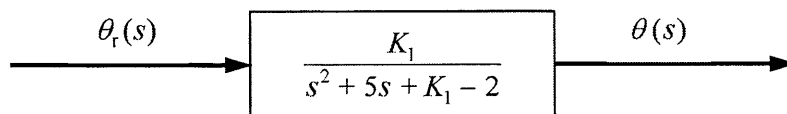


図3

< 5 の解答群 >

- ア $K_1 > 0$ イ $0 < K_1 < 2$ ウ $K_1 = 2$ エ $K_1 > 2$

問題5は次の頁に続く

- (2) あらかじめ定められた順序又は手続きに従って制御の各段階を逐次進めていく制御は 6 制御と呼ばれ、家庭用電気機器、交通信号機や工作機械、エレベータなど、広い範囲にわたって使用されている。この制御を実現するために、7 と呼ばれる制御装置が広く使用されている。

〈 6 の解答群 〉

ア PID イ カスケード ウ シーケンス エ フィードバック

〈 7 の解答群 〉

ア LQG イ MPC ウ NC エ PLC

- (3) コンピュータで扱うデータについて考える。

- 1) コンピュータでデータを扱う場合、8 ビットで表現できる符号付き整数の値域は 10 進数で 8 から 127 である。一般に、負の値には 2 の補数表現を用い、その 9 ビットが 10 となる。

〈 8 の解答群 〉

ア -128 イ -127 ウ -126 エ -125

〈 9 の解答群 〉

ア パリティ イ 最下位 ウ 最上位 エ 制御

〈 10 の解答群 〉

ア 0 イ 1 ウ 2 エ 126

- 2) コンピュータのメモリに、2 進数表現である $(1111\ 1110)_2$ のデータが格納されている場合、このデータを 2 の補数表現で表された符号付き整数データとして扱うとすると、その値は、10 進数において 11 である。

〈 11 の解答群 〉

ア -3 イ -2 ウ -1 エ 254

(4) ネットワーク上の情報の盗聴・漏洩対策として、情報の暗号化がある。

1) 暗号方式には暗号化と復号に同じ鍵を使用する共通鍵暗号方式と、異なる鍵を使用する

12 暗号方式がある。

＜ 12 の解答群 ＞

ア DES イ 公開鍵 ウ 対称鍵 エ 量子

2) 暗号化のプロトコルとしては、遠隔ログイン、ファイル転送等の暗号化に用いられる 13 や、
認証、暗号化、改ざん検出の機能を持ち Web で広く用いられている 14 がある。

＜ 13 の解答群 ＞

ア FTP イ PGP ウ S/MIME エ SSH

＜ 14 の解答群 ＞

ア HTTP イ IPSec ウ SSL/TLS エ VPN

(電気計測)

問題6 次の各文章及び表中の 1 ～ 10 の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計50点)

(1) デジタル計器では、一般にセンサ部で電圧や電流のアナログ信号として検出した物理量を、アナログ-デジタル (A/D) 変換器に通してサンプリング周波数でアナログ信号を標本化して取り出し、デジタル信号に変換している。

1) サンプリング定理によれば、サンプリング周波数が測定する信号の最大周波数の 1 倍を超える周波数であれば、元の信号を忠実に復元できるとされている。

〈 1 の解答群 〉

ア 1 イ 2 ウ 5 エ 10

2) A/D 変換器には、ノイズの影響を受けにくい二重積分形が多く使われる。図に、二重積分形 A/D 変換器の基本構成を示す。ミラー積分回路で、入力電圧 E_x を一定時間 T_1 だけ積分した後、 E_x と逆極性の基準電圧 E_s を積分し、積分器出力 E_0 が零になるまでの時間 T_2 を零コンパレータで検出する。すなわち、 T_2 を知ることによって E_x が得られる。例えば、 T_1 を10ミリ秒間、クロックの周波数を100 kHz、基準電圧 E_s を1Vとし、時間 T_2 の間でのカウンタの計数が500であったとき、入力電圧 E_x は 2 [V]と求められる。

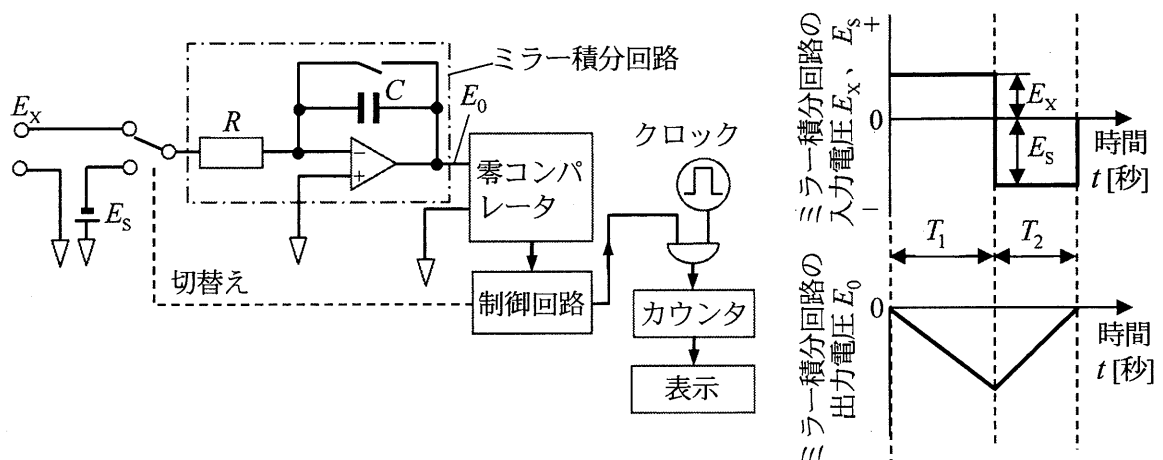


図 二重積分形 A/D 変換器

〈 2 の解答群 〉

ア 0.1 イ 0.2 ウ 0.3 エ 0.5 オ 0.7

3) A/D変換器には、二重積分型以外にも次のような種類がある。

- i) 複数のコンパレータ（比較器）を用いて、あらかじめ分圧された基準電圧と入力電圧を比較してデジタル信号に変換する方式のものを 3 型 A/D 変換器と呼ぶ。データを N ビットの分解能で A/D 変換するとき、 2^N に分圧された基準電圧と $2^N - 1$ 個のコンパレータとを用いて入力電圧を同時に比較し、デジタル信号に変換する。この方式は、高速処理が可能であるが、コストが高く分解能には限界がある。高速信号を扱うオシロスコープなどに採用される。
- ii) 一つのコンパレータと高精度の D/A 変換器及び比較レジスタを用いて入力電圧をデジタル信号に変換する方式のものを 4 型 A/D 変換器と呼ぶ。まず、D/A 変換器からの基準電圧を入力範囲の $\frac{1}{2}$ に設定して入力電圧と比較し、入力電圧が大きければ基準電圧を $\frac{3}{4}$ 、小さければ $\frac{1}{4}$ に設定し、順次二分探索的に大小比較を繰り返しながらデジタル信号に変換する。この方式は、分解能が高くコストは抑えられるが、処理速度は遅い。

〈 3 及び 4 の解答群 〉

ア サイクリック イ パイプライン ウ フラッシュ
エ 積分 オ 逐次比較

問題 6 は次の頁に続く

(2) 最近の電子機器は高速デジタル集積回路 (IC) を含む回路が利用され、それらの IC は低電圧・大電流化が進んでいる。このため、電源電圧の意図しない変動 (電源ノイズ) による IC の動作不安定や誤作動のトラブルが増えている。

例えば、1 V で駆動する IC の許容電圧変動が駆動電圧の 5 % であった場合、その許容電圧変動は 50 mV しかない。また、消費電流の増加に伴い、電源と IC との間の配線抵抗による電圧降下で、大きな電圧変動が発生する場合がある。この電圧降下は一般に 5 と呼ばれ、特に IC の消費電流の急変時に誤作動を引き起こす可能性がある。この電圧降下への対策の一つとして、IC の電源ピンの直近に 6 を並列配置することが有効である。これにより、電源インピーダンスを小さくでき、IC の急激な電圧変動の抑制や、配線のインダクタンスによる電圧変動の吸収が可能となり、IC の安定動作につなげられる。

＜ 5 の解答群 ＞

ア IR ドロップ

イ エレクトロマイグレーション

ウ ステップダウン

エ リアクタンスドロップ

＜ 6 の解答群 ＞

ア チョークコイル

イ ツェナーダイオード

ウ バイパスコンデンサ

エ プルアップ抵抗

(3) 表は流量センサの各種方式に対し、測定量、適用流体、圧力損失、特徴について相対的な関係をまとめたものである。

表

方式名称	測定量	適用流体	圧力損失	特 徴
差圧式	体積流量	7 (固形物や気泡を含む流体は不適)	大きい	• 比較的安価 • フルスケールの20 % 以下の誤差が大
超音波式	体積流量	液体・気体・一部の蒸気	8	• 配管外部より検出可能 • 大口径に適用可
9	積算 体積流量	液体・気体 (固形物を含む流体は不可)	大きい	• 高精度 • 大口径は不適
10	質量流量	液体・気体・一部の蒸気 (固形物を含む液体や高粘度の液体も可)	大きい	• 外部振動の影響を受けやすい • 高精度 • 比較的高価

〈

7

 の解答群 〉

- ア 液体・気体・蒸気 イ 液体のみ ウ 気体のみ
 エ 蒸気のみ オ 導電性液体のみ

〈

8

 の解答群 〉

- ア 大きい イ 極めて大きい ウ 中程度 エ ない

〈

9

 及び

10

 の解答群 〉

- ア コリオリ式 イ タービン式 ウ 熱式 エ 面積式
 オ 容積式

(空 白)

(空 白)

(表紙からの続き)

(※1) 不正行為とみなされる行為

1. 使用禁止電卓、電子機器、通信機器等使用不可のものを使用する。(注1、注2参照)
2. 使用不可のものを定められた場所以外に置く。(注3参照)
3. 本、ノート、メモ等を見る。
4. 他の受験者と接触する。(他の受験者の答案を見る、会話をする、物品の貸し借りを行う)
5. 試験開始の合図の前に試験問題を見る。
6. 試験終了の合図にもかかわらず解答を続ける。

注1) 試験中に使用可のもの

試験中に使用してもよいものは以下のものとし、それらのみ机の上に置いておくことができる。

- ・受験票 (必ず置いておくこと)
- ・筆記用具 (鉛筆、鉛筆削り、シャープペンシル、替え芯、プラスチック製消しゴム)
- ・時計機能のみの時計
- ・電卓 1 台 (使用禁止ではないもの)
- ・眼鏡、拡大鏡

注2) 試験中に使用不可のもの

- ・携帯電話、スマートフォン、PC、タブレット端末、スマートウォッチ、電子ルーペ等の電子機器
- ・その他、通信機能を有するすべての機器 (スマートグラス、補聴器、小型通信機等)
- ・使用禁止電卓 (関数電卓、携帯電話などの電卓機能、数式等が記憶できる電卓、プログラム機能を有する電卓等)
- ・使用禁止のものが使用できないことによる事態には一切配慮しない。

注3) 定められた場所について

- ・使用不可の物は、試験中は鞆等にしまい、その口を閉め、簡単に取り出せないようにしておくこと。
- ・机の上だけでなく、机の棚板に置くこと、身につけておくこと (ポケットに入れる、手に持つ等)、その他利用可能な状態になっている場合は不正行為とみなす。

(※2) その他の問題解答上の注意事項

1. 問題は全て、、 … で示す設問番号付きの空欄の中に当てはまる字句等 (字句、数値、式、記述、図、グラフ等を含む) を、該当する解答群から選択する形式であり、一つの設問に対する正答は唯一 (順不同の問題を除く) である。概略数値を当てはめる設問で、「約」が付されている場合も正しい値に最も近い値のみを正答とする。
2. 、 … で示す設問のうち、同じ設問番号付きの空欄が複数箇所ある場合は、同じ設問番号の正答は同じ字句等である。
3. 一つの解答群から同じ字句等を 2 回以上用いてよい場合は、当該の設問においてその旨が明記されている。
4. 解答は、該当する解答群の字句等から正答を選択し、選択した字句等に付された「ア」、「イ」、「ウ」… の記号を答えるものとし、答案用紙 (マークシート) の該当欄のその記号を、記入上の注意に従い正しく塗りつぶすこと。
5. 数値計算の結果をもとに解答群から正答を選択する問題においては次の点に留意すること。
 - ① 問題文中で与条件として示されている数値については、記載してある位より下の位は「0」であるものとし、十分に有効桁数が確保されている値として扱う。例えば、2.1kg の 2.1 は、2.100… と考える。特に、「 $\sqrt{3}=1.73$ とする。」などと特記がある問題については、真の値は 1.7320… であるが、本試験においては、特記されている数値は与条件として扱い 1.7300… として扱う。(重力の加速度、円周率なども同様)
 - ② ①を踏まえ、数値計算においては、全ての設問において計算過程を含めて十分に大きい有効桁数を確保して正しく計算した値を「計算結果の値」とする。
 - ③ 解答群の選択肢の数値のうち「計算結果の値」に最も近い値を数値計算における唯一の正答とする。