見本

プレ版 第1回

エレクトロニクス技術力テスト

トラ技検定 解説書

ハードウェア＆ソフトウェア設計の総合力を自己採点

●トラ技検定とは

トランジスタ技術では，もの作り戦国時代で活躍する読者の方々や次世代エンジニアである学生を対象に，ハードウェア製作の技術力を客観的かつ相対的に診断できる「トラ技検定」を企画しました．

トランジスタ技術2018年6月号(5/10発売)では，模擬準備試験問題を掲載し，Web上で解答を募ったほか，一括受験をしていただいた大学，高等専門学校もありました．

本書は，模擬準備試験問題の正答と解説をまとめた解説書です．弱点克服の参考書としてお役立てください．また，受験できなかった方も，ご自身でご解答いただき，得意/不得意の認識や不得意分野克服にご活用ください．

●分野別出題のねらい(4択式　全42問/50分間)

1	電気回路基礎	8問 [問題1～8]	問題1は静電容量，問題2は電流と電圧，問題3は電力に関する基本的な計算問題で，法則や公式に従って正しく計算ができるかを見ています．計算が苦手な人は何度も練習して克服することが必要です． 問題4と5は回路網の基本問題で，正しい原理と方法を理解すれば計算が容易にできます． 問題6から8は，コンデンサやコイルの性質から生じる共振やパルス波形の基本問題です．
2	アナログ回路	9問 [問題9～17]	問題9はサンプリングの基本知識の出題で，広範囲のエンジニアに必須な知識です． 問題10と13はOPアンプ，問題12と14はトランジスタ，問題15はダイオードの基本理解を問う出題で，計算を含めた基礎力を見ています． 問題16と17は典型的なアナログ回路の機能問題で，素子の基本動作から読み解くことも可能です．
3	ディジタル回路	8問 [問題18～25]	問題18と問題21から23は，基本的な論理回路，ブール代数と2進数の出題で，ハード系，ソフト系を問わず身に付けておくべき内容です． 問題19と20，問題24と25は，ハード系のエンジニアには必須の基本問題です．
4	部品・材料	9問 [問題26～34]	問題26から28は，よく使う部品の見分け方，問題29から30は注意すべき部品の特徴，問題31はデータシートの用語を問う知識問題です．回路設計や実装に必要な基礎知識と言えます． 問題33と34は，最も注意が必要な抵抗の発熱と各部の温度上昇に関する問題です．エンジニアの常識として知っておきたい基礎知識です．
5	測定	3問 [問題35～37]	問題35のマクスウェル・ブリッジは，初めて見る人もいるかもしれませんが，一般的なブリッジの平衡条件を理解していれば解けるはずです． 問題36と37は，測定分野では最も基礎的な出題で，並列接続の基本問題でもあります．
6	実装	5問 [問題38～42]	問題38から40は，基板パターン設計や信号伝送の基礎知識の出題で，広範囲のエンジニアは必須な知識です． 問題41は，装置の故障や信頼性に関する基礎知識，問題42はノイズに関する基礎知識です．エンジニアなら誰でも必須と言えます．

電気回路基礎

【問題1】

1μFのコンデンサに5Vの直流電圧が印加されている．コンデンサに充電されている電荷量はいくらか．(2点)

ア　25μC　　**イ**　12.5μC　　**ウ**　5μC　　**エ**　0.2μC

【解説】

● コンデンサに蓄える電荷は，容量と電圧に比例

コンデンサの基本構造は**図1-1**に示すとおりです．2枚の金属板(電極)を平行に配置し，その間に絶縁物をはさんだ構造をしています．**図1-2**に示す回路で，スイッチをONすると，両電極に$+Q$[C]，$-Q$[C]の電荷を帯電させることができます．スイッチをOFFにしてもコンデンサは$+Q$[C]，$-Q$[C]の電荷を蓄えたままになります．電荷の単位は，C(クーロン)です．

コンデンサに蓄えられる電荷は，加える電圧に比例します．式で示すと次のとおりです．

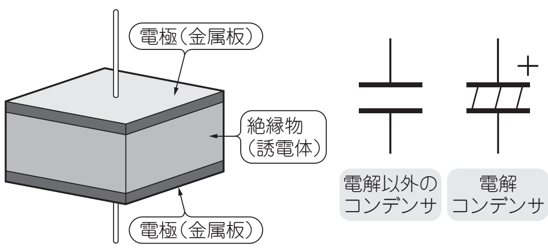
$$Q = C \times V [\mathrm{C}] \cdots\cdots\cdots\cdots (1\text{-}1)$$

この式で，比例定数Cを静電容量と呼び，単位として[F(ファラッド)]を用います．

問題は「1μFのコンデンサに5Vの直流電圧を加えたときに充電される電荷量」なので，式(1-1)に数値を入れて計算すると求めることができます．

$$Q = 1 \times 10^{-6} \times 5$$
$$= 5\mu [\mathrm{C}]$$

となります．



(a) コンデンサの構造　　(b) コンデンサの回路記号

図1-1　平行な2枚の金属板(電極)の間に絶縁物をはさんだコンデンサの基本構造

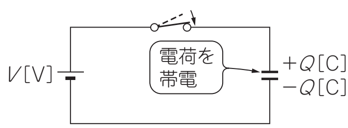


図1-2　スイッチをONして，両電極に$+Q$[C]，$-Q$[C]の電荷を帯電できる回路

【正解】ウ

【問題2】

図1の回路でR_3に流れる電流は何Aか．(2点)

ア　約2mA

イ　約3mA

ウ　約4mA

エ　約5mA

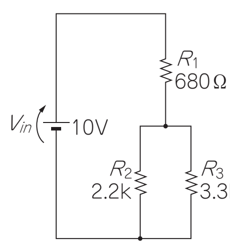


図1　R_3に流れる電流は何Aか

【解説】

● 基本はオームの法則で計算

直流回路の電流を求める問題です．オームの法則，分圧・分流の法則，キルヒホッフの法則などを利用して求め

ることができます．

ここでは，オームの法則を利用した方法と，キルヒホッフの法則を利用した方法を説明します．

▶解法1…オームの法則を利用した方法

解き方の流れは，次のようになります．

1　合成抵抗R_{123}を求める…並列回路の合成抵抗と直列回路の合成抵抗
2　電流I_1を求める…オームの法則より
3　電流I_3を求める…分流の法則より

①手順1：合成抵抗R_{123}を求める

まずは，並列回路R_2とR_3の合成抵抗を求めます．並列回路の合成抵抗は，各抵抗値の逆数の和を求め，さらにその逆数を計算することで求めることがきでます．

よって，問題の並列部(R_2とR_3)の合成抵抗R_{23}は，

$$R_{23}=\frac{1}{\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_3}}=\frac{R_2\times R_3}{R_2+R_3}$$

となります．

これにR_1が直列接続しているので，全体の合成抵抗R_{123}は，

$$R_{123}=R_1+\frac{R_2\times R_3}{R_2+R_3}$$

となります．

②手順2：電源からの電流I_1を求める

全体の合成抵抗R_{123}の値が求まったので，オームの法則を使って，電源から出る電流I_1を求めることができます．

$$I_1=\frac{V_{in}}{R_{123}}=\frac{V_{in}}{R_1+\dfrac{R_2\times R_3}{R_2+R_3}}$$

③手順3：電流I_3を求める

抵抗R_1を通過した電流I_1は，**図2-1**に示すように，R_2とR_3の二手に分かれて流れます(I_2とI_3)．R_2とR_3の両端の電圧は同じなので，抵抗値が大きいほど電流は流れ難く，抵抗値が小さいほど大きな電流が流れます．その関係を示しているのが分流の法則です．

分流の法則によると，抵抗R_1，R_2，R_3･･･からなる並列回路(**図2-2**)において，ある抵抗R_iを流れる電流I_iの値は次の式になります．

$$I_i=\frac{I_a\times R_a}{R_i}$$

ここで，I_aは並列回路に入ってくる電流で，R_aは並列回路全体の合成抵抗値です．各抵抗の両端の電圧は$I_a\times R_a$となるので，それを抵抗値で割るとその抵抗を流れる電流値になります．

これを問題の回路のR_2とR_3の並列回路に当てはめると，

$$\begin{aligned}I_3&=I_1\times R_2\times R_3/(R_2+R_3)/R_3\\&=I_1\times R_2\times R_3/((R_2+R_3)\times R_3)\\&=(V_{in}/(R_1+R_2\times R_3/(R_2+R_3)))\times R_2\times R_3/((R_2+R_3)\times R_3)\end{aligned}$$

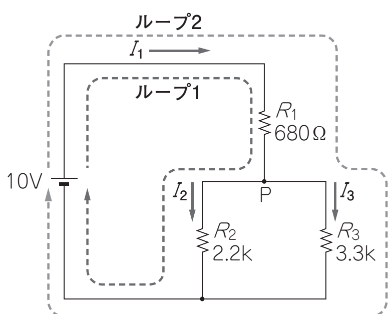


図2-1　合成抵抗R_{123}を求める考え方

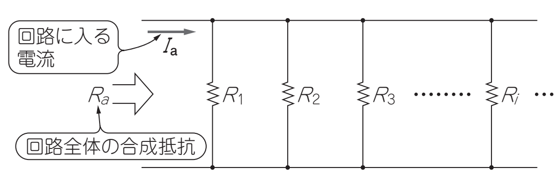


図2-2　抵抗R_1，R_2，R_3･･･からなる並列回路

$= V_{in}\times R_2 / (R_1\times R_3 + R_2\times R_3 + R_1\times R_2)$ ………… (2-1)

となり，具体的な数値を代入すると

$= 10\times 2.2\,k / (680\times 3.3\,k + 2.2\,k\times 3.3\,k + 680\times 2.2\,k)$

$= 22\,k / 11\,M$

$= 2\,m[A]$

を得ます．よって選択肢**ア**が正解となります．

▶解法2…キルヒホッフの法則を用いる方法

キルヒホッフの法則を用いて求める場合は，方程式をたてて目的の電流値を求めることになります．

①**手順1**：方程式をたてる

1　ループ1について

$V_{in} = I_1\times R_1 + I_2\times R_2$ ………… (2-2)

2　ループ2について

$V_{in} = I_1\times R_1 + I_3\times R_3$ ………… (2-3)

3 接点Pにおいて

$0 = -I_1 + I_2 + I_3$ ……………… (2-4)

以上，3つの式を導出することができます．これらから電流I_3を求めます．

②**手順2**：I_2を含まない式の導出のため，右辺と左辺において，式(2-2)－式(2-4)×R_2を求める

$V_{in} - 0\times R_2 = I_1\times R_1 + I_2\times R_2 - (-I_1\times R_2 + I_2\times R_2 + I_3\times R_2)$

$V_{in} = I_1\times R_1 + I_2\times R_2 + I_1\times R_2 - I_2\times R_2 - I_3\times R_2$

$V_{in} = I_1\times R_1 + I_1\times R_2 - I_3\times R_2$

$V_{in} = I_1\times (R_1 + R_2) - I_3\times R_2$ ………… (2-5)

③**手順3**：I_1を含まない式の導出のため，右辺と左辺において，式(2-3)×(R_1+R_2)－式(2-5)×R_1を求める

$V_{in}\times (R_1 + R_2) - V_{in}\times R_1 = I_1\times R_1\times (R_1 + R_2) + I_3\times R_3\times (R_1 + R_2) - (I_1\times (R_1 + R_2) - I_3\times R_2)\times R_1$

$V_{in}\times R_1 + V_{in}\times R_2 - V_{in}\times R_1 = I_1\times R_1\times (R_1 + R_2) + I_3\times R_3\times (R_1 + R_2) - I_1\times R_1\times (R_1 + R_2) + I_3\times R_1\times R_2$

$V_{in}\times R_2 = I_3\times R_3\times (R_1 + R_2) + I_3\times R_1\times R_2$

$\quad = I_3\times (R_3\times R_1 + R_3\times R_2 + R_1\times R_2)$

よってI_3は，

$I_3 = V_{in}\times R_2 / (R_3\times R_1 + R_3\times R_2 + R_1\times R_2)$

となります．これは解法1で導出した式(2-1)と一致します．

数学的手法として，式(2-2)～式(2-4)において，行列式の解法を適応することもできます．3×3の行列式で表現できるので，クラーメルの方法やサラスの方法で求めることができます．

● ディメンションを確認する

以上，2つの解法を示しましたが，いずれも式を変形して方程式を求め，最後に具体的な数値を代入して値を求めました．

最初から数値を代入して計算していく方が計算が楽にできます．ただし式の導出途中でミスがあっても，気づかない場合があります．最後まで変数を使って式を表現することで，導出過程に誤りがないか(正解かは判定できませんが)を確認することができます．

たとえば，式(2-1)において，左辺は電流なので単位は[A]，当然，右辺も電流の単位にならなければいけません．

右辺は，

電圧 × 抵抗/(抵抗 × 抵抗)

の形をしているので，変形して，

電圧/抵抗(単位で表記するとV/Ω)

となり，電流の単位と一致します．つまり，ディメンションが一致しており，誤ってはいないことが確認できます．

また，式の導出過程で抵抗の2乗と抵抗の3乗の加算があったとします．これはディメンションが一致していませんので，導出過程に誤りがあったことを示しています．

【正解】ア

【問題3】

図2の回路において，入力電圧が10 V_{DC}のとき，抵抗R_2の電力損失は何mWになるか．（2点）

ア　1 mW
イ　10 mW
ウ　100 mW
エ　1000 mW

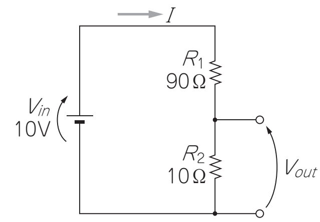


図2　抵抗の電力損失は何mWか

【解説】

● 電力損失の計算

図2より電流Iは抵抗R_1とR_2に流れます．

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}$$

R_2の電力損失P_{R2}はIを使って求められます．

$$P_{R2} = I^2 R_2$$
$$= R_2 \frac{{V_{in}}^2}{(R_1 + R_2)^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \ (3\text{-}1)$$

図2の数値を入れて計算すると，次のようになります．

$$P_{R2} = 0.1 \text{ W}$$

重要な関係として，**図2**の出力電圧V_{out}，出力端子から見た内部抵抗R_{out}は，テブナンの定理からそれぞれ以下の値になることを覚えておくと便利です．

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$
$$R_{out} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = R_1 // R_2$$

並列接続を表す便法として，正式な記号ではありませんが「//」がよく使われます．「$R_1//R_2$」で，R_1とR_2が並列接続になった値を示します．

【正解】ウ

【問題4】

図3の回路において，電源電圧V_S = 10 V_{DC}，電源の内部抵抗R_S = 10Ω，負荷抵抗R_Lを下記のように変化させたとき，もっとも効率が高いのはどれか．（4点）

ア　1Ω
イ　10Ω
ウ　100Ω
エ　1000Ω

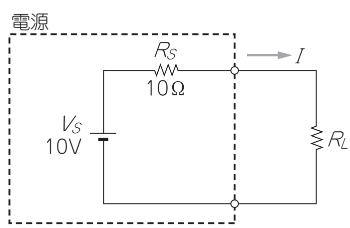


図3　効率がもっともよいR_Lの条件

【解説】

● 内部抵抗と効率

効率η（イータ）は次式で定義されます．

$$\eta = \frac{P_L}{P_S} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \ (4\text{-}1)$$

ただし，P_L：負荷の消費電力[W]，P_S：電源の供給電力[W]