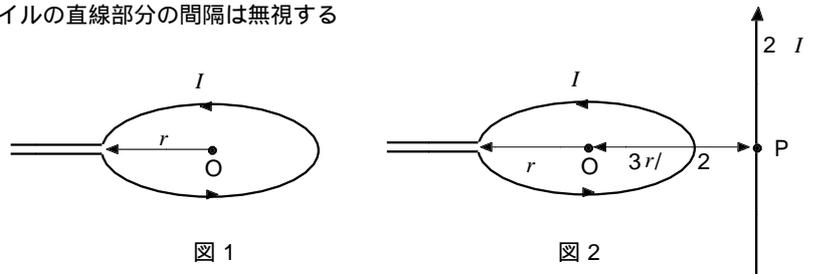


第一級陸上無線技術士「無線工学の基礎」試験問題

25問 2時間30分

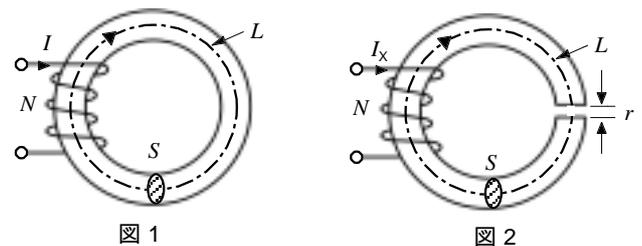
- A - 1 図1 に示す真空中に置かれた半径  $r$  [m] の円形コイルに電流  $I$  [A] を流したとき、円の中心点  $O$  における磁界強度が、 $6$  [A/m] であった。この状態を保ったまま、図2 に示すように円形コイルと同一平面上にあり、 $O$  から  $3r/2$  [m] 離れた点  $P$  を通り、円形コイルの面と直交する直線導線に電流  $2I$  [A] を流したとき、 $O$  における合成磁界強度の値として、最も近いものを下の番号から選べ。  
ただし、直線導線は、無限長とし、円形コイルの直線部分の間隔は無視するものとする。

- 1 8 [A/m]
- 2 10 [A/m]
- 3 12 [A/m]
- 4 14 [A/m]
- 5 16 [A/m]



- A - 2 図1 に示すように、環状鉄心に  $N$  回のコイルを巻き、これに電流  $I$  を  $1$  [A] 流したとき、環状鉄心を通る磁束の大きさが  $[Wb]$  であった。この環状鉄心に図2 に示すように、エアギャップ(空隙を  $0.1$  [mm] 設け、コイルに電流  $I_x$  を流したとき、環状鉄心を通る磁束の大きさが同じく  $[Wb]$  であった。このときの  $I_x$  の値として、最も近いものを下の番号から選べ。  
ただし、鉄心の平均断面積を  $S$  [m<sup>2</sup>]、平均磁路長  $L$  を  $80$  [mm]、空気及び鉄心の比透磁率をそれぞれ  $1$  及び  $100$  とし、漏れ磁束はないものとする。

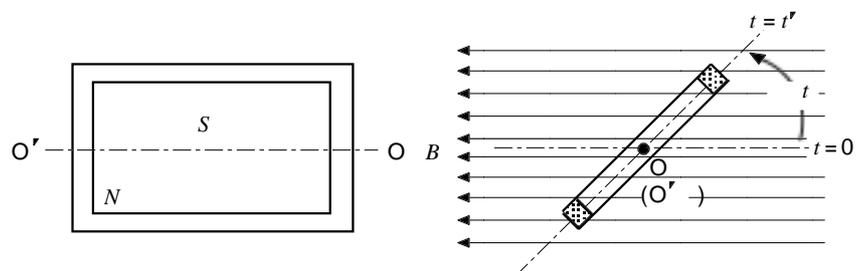
- 1 2 [A]
- 2 3 [A]
- 3 4 [A]
- 4 5 [A]
- 5 6 [A]



- A - 3 次の記述は、コイルに誘起される起電力について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

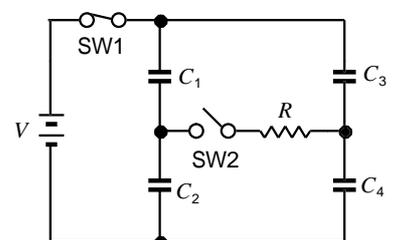
図に示すように、磁束密度  $B$  [T] の平等磁界内において、巻数  $N$  回、面積  $S$  [m<sup>2</sup>] のコイルが中心軸  $O - O'$  反時計方向に角速度  $\omega$  [rad/s] で等速回転している。このコイルの面が  $B$  と平行な状態(時間  $t = 0$  とする。)から  $t'$  秒後 ( $t = t'$ ) のコイルの磁束鎖交数の値は、□A [Wb] であり、コイルに誘起される起電力の大きさの値は、□B [V] である。

- | A                      | B                      |
|------------------------|------------------------|
| 1 $NBS \cos \omega t'$ | $NBS \cos \omega t'$   |
| 2 $NBS \cos t'$        | $NBS \sin \omega t'$   |
| 3 $NBS \cos \omega t'$ | $NBS \sin^2 \omega t'$ |
| 4 $NBS \sin \omega t'$ | $NBS \sin \omega t'$   |
| 5 $NBS \sin t'$        | $NBS \cos \omega t'$   |

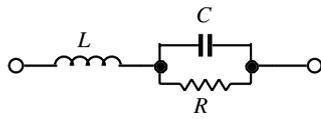


- A - 4 図に示す回路が定常状態にあるとき、スイッチ  $SW1$  を開けた後、スイッチ  $SW2$  を閉じたところ抵抗  $R$  [Ω] に電流が流れなくなった。このときのコンデンサ  $C_2$  の両端の電圧の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、直流電源  $V$  の電圧は  $10$  [V]、コンデンサ  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  及び  $C_4$  の静電容量をそれぞれ  $8$  [μF]、 $2$  [μF]、 $2$  [μF] 及び  $3$  [μF] とする。

- 1 4.5 [V]
- 2 5.6 [V]
- 3 6.4 [V]
- 4 8.2 [V]
- 5 10 [V]



- A - 5 図に示す回路の共振周波数  $f$  [Hz] を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、 $L$  [H] をコイルの自己インダクタンス、 $C$  [F] をコンデンサの静電容量及び  $R$  [ ] を抵抗の値とする。



1  $f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{LC} + \frac{1}{C^2R^2}}$

2  $f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{C^2R^2}}$

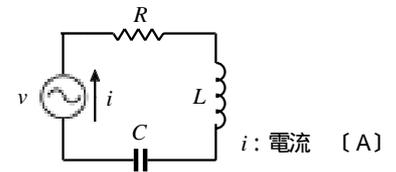
3  $f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{C^2R}}$

4  $f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{LC} + \frac{1}{CR}}$

5  $f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{CR}}$

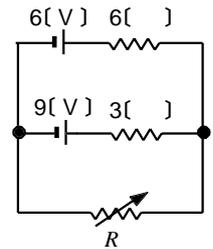
- A - 6 図に示す抵抗  $R$  [ ]、自己インダクタンス  $L$  [H] のコイル、静電容量  $C$  [F] のコンデンサの直列回路において、電源  $v$  の電圧が 5 [V] で角周波数を [rad/s] にしたとき、1 [A] の電流が流れた。次に、 $v$  は 5 [V] のままで、角周波数を 2 [rad/s] にしたとき、同じく 1 [A] の電流が流れた。このときのリアクタンス  $1/(C)$  と  $L$  の比  $1/(\omega^2 LC)$  の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、 $R$  の値を 3 [ ] とし、 $v$  の内部抵抗は無視するものとする。

- 1 0.25
- 2 0.5
- 3 1
- 4 2
- 5 3

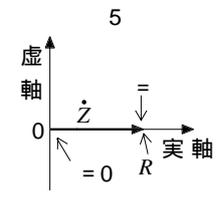
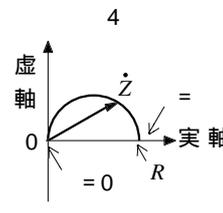
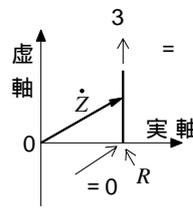
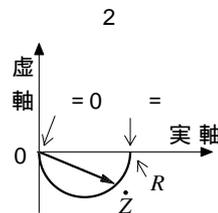
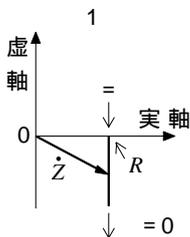
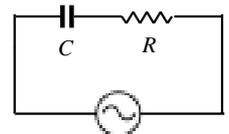


- A - 7 図に示す回路において、可変抵抗  $R$  [ ] の値を変えたとき、 $R$  で消費する電力の最大値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 4 [W]
- 2 8 [W]
- 3 16 [W]
- 4 20 [W]
- 5 32 [W]



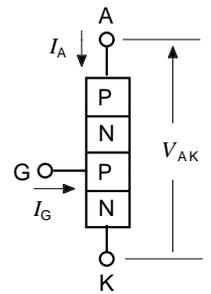
- A - 8 図に示す回路において、コンデンサの静電容量  $C$  [F] と抵抗  $R$  [ ] の値が一定で、電源の角周波数 [rad/s] を零 ( $=0$ ) から無限大 ( $=\infty$ ) まで変化させたとき、この回路の合成インピーダンス  $\dot{Z}$  の描く軌跡を表す図として、最も近いものを下の番号から選べ。



- A - 9 次の記述は、接合形電界効果トランジスタ (FET) と比べたときの MOS 形 FET の特徴について述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 デプレッション形とエンハンスメント形がある。
- 2 ゲートとチャンネルの間に絶縁体を入れた構造である。
- 3 絶縁破壊しやすい。
- 4 ソース接地回路では、入力抵抗が大きい。
- 5 ゲート電流が多い。

A-10 次の記述は、図に示す逆阻止3端子サイリスタの動作について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。



- (1) ゲート G に一定の電流  $I_G$  [A] を流し、アノード - カソード (A - K) 間に加える直流電圧  $V_{AK}$  [V] を零から大きくしていくと、ある電圧の値  $V_B$  [V] で、A - K 間が非導通 (OFF) から導通 (ON) 状態となり、電流  $I_A$  [A] が急激に流れ出す。この  $V_B$  を □ A □ 電圧という。
- (2) このとき、A-K間の端子電圧は、急激に □ B □ する。
- (3)  $I_A - V_{AK}$  特性は、□ C □ で表される。

	A	B	C
1	降伏	増大	図 1
2	降伏	減少	図 2
3	降伏	増大	図 2
4	ブレイクオーバ	減少	図 2
5	ブレイクオーバ	増大	図 1

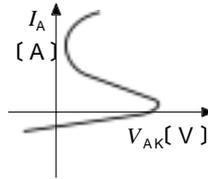


図 1

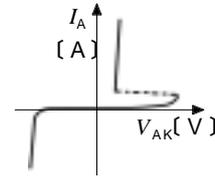


図 2

A-11 マイクロ波発振ダイオードとして用いられない半導体素子の名称を下の番号から選べ。

- 1 トンネルダイオード
- 2 マグネットダイオード
- 3 ガンダイオード
- 4 トラパットダイオード
- 5 インパットダイオード

A-12 次の記述は、計数形アナログ - デジタル (A-D) 変換器の動作原理について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、□内の同じ記号は、同じ字句又は図を示す。

- (1) 測定電圧  $V_S$  を一度パルスの □ A □ に変換し、これに比例した基準パルス数をカウンタで計算することにより、A-D 変換を行う。
- (2) 図 1 に示すブロックダイアグラム中の □ B □ は、カウンタへ送る基準パルスの制御を行う。
- (3) 図 2 は、各部の信号波形を表し、P は、図 1 の □ C □ の波形である。
- (4)  $n$  ビットの変換の場合、最大で □ D □ 個のクロック信号を計数できることが必要である。

	A	B	C	D
1	繰り返し周波数	AND 回路	$P_3$	$n^2$
2	繰り返し周波数	OR 回路	$P$	$n^2$
3	幅	AND 回路	$P_4$	$n^2$
4	幅	OR 回路	$P$	$2^n$
5	幅	AND 回路	$P_3$	$2^n$

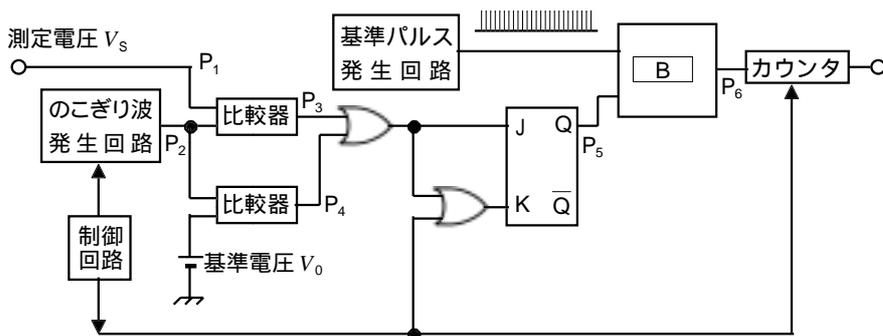


図 1

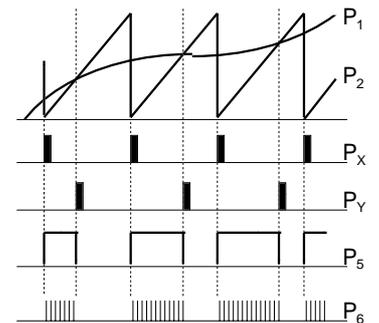
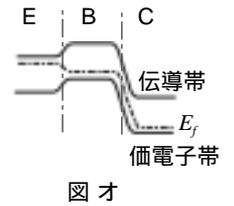
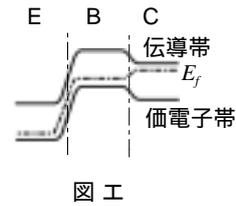
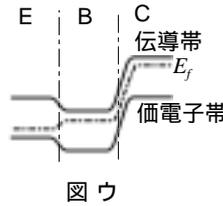
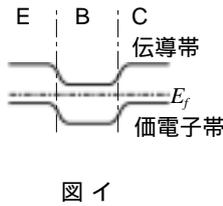
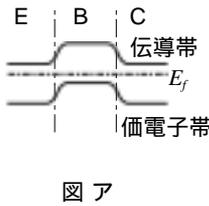
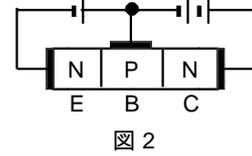
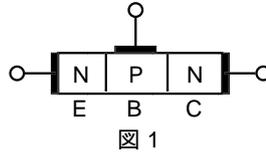


図 2

A-13 次の記述は、NPN形バイポーラトランジスタ (Tr) のエネルギーバンド構造について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、Tr は熱的平衡状態にあるものとする。また、エミッタ領域を E、ベース領域を B、コレクタ領域を C 及びフェルミ準位を  $E_f$  とする。

- (1) 図1 に示すように、バイアスをかけないときのエネルギーバンド構造は、□ A である。  
 (2) 図2 に示すように、バイアスをかけたときのエネルギーバンド構造は、□ B である。

- |      |    |
|------|----|
| A    | B  |
| 1 図ア | 図工 |
| 2 図ア | 図オ |
| 3 図イ | 図ウ |
| 4 図イ | 図エ |
| 5 図イ | 図オ |



A-14 次の記述は、ソース接地電界効果トランジスタ (FET) 増幅回路の高周波特性について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、□内の同じ記号は、同じ字句を示す。また、ゲート-ドレイン (G-D) 間容量を  $C_{DG}$  [F]、ソース-ゲート (S-G) 間容量を  $C_{GS}$  [F] 及び角周波数を [rad/s] とする。

図に示す FET 増幅回路では、周波数が高くなると  $C_{DG}$  及び  $C_{GS}$  の影響が大きくなる。

- (1) 増幅器の電圧増幅度が  $-A_V$  ( $A_V > 0$ ) のとき、入力電圧  $v_i$  が加わると、出力電圧  $v_o$  は  $-A_V v_i$  となるので、 $C_{DG}$  には、次式で表される電流  $i_{DG}$  が流れる。

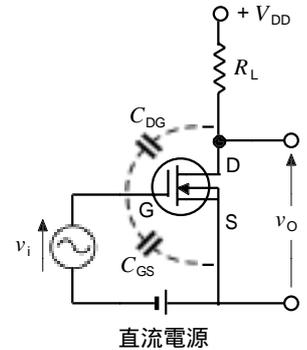
$$i_{DG} = j C_{DG} v_i (\square A) \text{ [A]}$$

この式から、 $C_{DG}$  を入力側からみると、□ A 倍になると考えることができる。これを □ B 効果という。

- (2) したがって、 $C_{DG}$  及び  $C_{GS}$  を考慮した全入力容量  $C_{in}$  は、次式で表される。

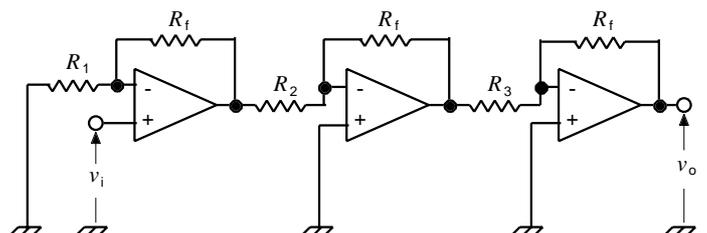
$$C_{in} = \square C \text{ [F]}$$

- |           |      |                                       |
|-----------|------|---------------------------------------|
| A         | B    | C                                     |
| 1 $1/A_V$ | トムソン | $C_{DG}/A_V + C_{GS}$                 |
| 2 $1/A_V$ | ミラー  | $C_{DG}/A_V + C_{GS}$                 |
| 3 $1+A_V$ | ミラー  | $(1+A_V)C_{DG}C_{GS}/(C_{DG}+C_{GS})$ |
| 4 $1+A_V$ | ミラー  | $(1+A_V)C_{DG} + C_{GS}$              |
| 5 $1+A_V$ | トムソン | $(1+A_V)C_{DG} + C_{GS}$              |



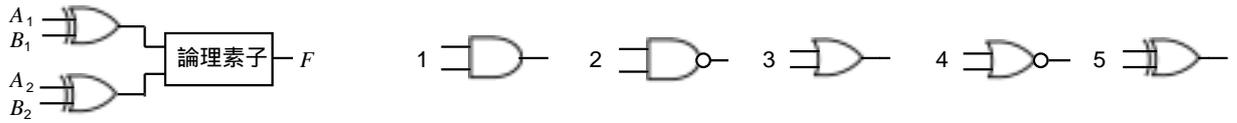
A-15 図に示す演算増幅器を用いた 3 段増幅回路の電圧増幅率を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、各演算増幅器間の結合損失は、無視できるものとする。

- 1  $A_V = (1 + \frac{R_f}{R_1}) (1 + \frac{R_f}{R_2}) (1 + \frac{R_f}{R_3})$
- 2  $A_V = (1 + \frac{R_1}{R_f}) \frac{R_2 R_3}{R_f^2}$
- 3  $A_V = (1 + \frac{R_f}{R_1}) \frac{R_f^2}{R_2 R_3}$
- 4  $A_V = (1 + \frac{R_f}{R_1}) \frac{R_2 R_3}{R_f^2}$
- 5  $A_V = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_f^3}$



$v_i$ : 入力電圧 [V]  
 $v_o$ : 出力電圧 [V]  
 $R_1, R_2, R_3, R_f$ : 抵抗 [ ]

A-16 次の図は、2 ビットのデータ  $(A_2, A_1)$  と  $(B_2, B_1)$  が一致したときのみ、出力  $F$  が 1 となる論理回路を示したものである。図中の論理素子を表す論理記号として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、正論理とする。



A-17 周期的方形波を入力したとき、のこぎり波を出力する回路の名称を下の番号から選べ。

- 1 クリップ回路(クリッパ)
- 2 クランプ回路(クランパ)
- 3 S E P P (single ended push pull) 回路
- 4 ミラー積分回路
- 5 シュミット回路

A-18 次の記述は、図 1 及び 2 に示す回路において、 $R$  抵抗) で消費される直流電力の測定誤差について述べたものである。

□ 内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、内部抵抗  $r_A$  [ ] の直流電流計 (A) の指示値が  $I$  [A]、内部抵抗  $r_V$  [ ] の直流電圧計 (V) の指示値が  $V$  [V] のとき、消費電力の測定値  $P$  は、 $VI$  [W] とする。

また、測定値を  $M$ 、真値を  $T$  とすると、百分率誤差は  $\{(M - T)/T\} \times 100$  [%] である。

- (1) 図 1 の回路における百分率誤差の値は、□ A □ % である。
- (2) 図 2 の回路における百分率誤差の値は、□ B □ % である。
- (3)  $r_A = 2$  [ ],  $r_V = 200$  [k ],  $R = 200$  [ ] のとき、百分率誤差の値が小さいのは、□ C □ の回路である。

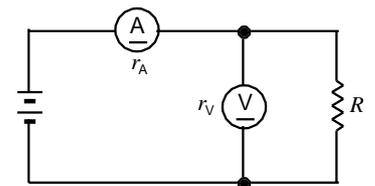


図 1

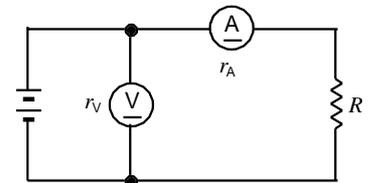
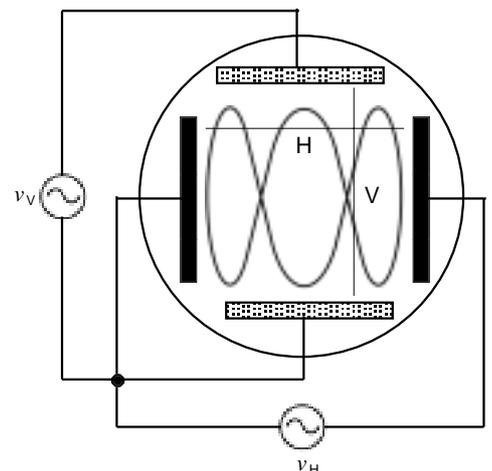


図 2

	A	B	C
1	$R/r_A$	$r_A/R$	図 1
2	$R/r_A$	$r_V/R$	図 2
3	$r_V/R$	$R/r_A$	図 1
4	$R/r_V$	$r_V/R$	図 2
5	$R/r_V$	$r_A/R$	図 1

A-19 次の記述は、図に示すオシロスコープに描かれたリサージュ図形について述べたものである。□ 内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、水平軸に加える正弦波交流電圧  $v_H$  を  $V_m \sin(2\pi f_H t)$  [V] 及び垂直軸に加える正弦波交流電圧  $v_V$  を  $V_m \sin(2\pi f_V t + \phi)$  [V] とする。また、 $\phi > 0$  とする。

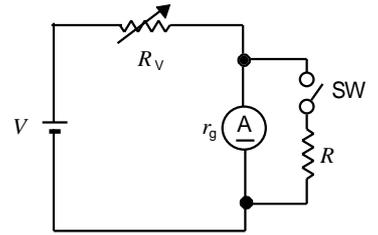
- (1) ブラウン管面上の輝点が図形を描いて一巡する間に、水平に引いた線 H を □ A □ 回横切る。また、垂直に引いた線 V を □ B □ 回横切る。したがって、 $f_H$  が 3 [kHz] のとき、 $f_V$  は □ C □ [kHz] である。
- (2)  $v_H$  と  $v_V$  の位相差は、□ D □ [rad] である。



	A	B	C	D
1	2	6	1	$\pi/4$
2	2	6	9	$\pi/2$
3	6	2	1	$\pi/2$
4	6	2	9	$\pi/2$
5	6	2	1	$\pi/4$

A-20 図に示す回路において、スイッチ SW を断 (OFF) 及び接 (ON) としたときの、直流電流計 (A) の指示値が同じとなるように可変抵抗  $R_V$  を調整した。このときの (A) の内部抵抗 [ ] を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、SW 断 (OFF) のときの  $R_V$  の値を  $R_1$  [ ]、SW が接 (ON) のときの  $R_V$  の値を  $R_2$  [ ] とし、電源  $V$  の内部抵抗は無視するものとする。

- 1  $r_g = \frac{R_1}{R_2} R$       2  $r_g = \frac{R_2}{R_1} R$       3  $r_g = \frac{R_1 R_2}{R}$
- 4  $r_g = \frac{R_2}{R_1 - R_2} R$       5  $r_g = \left( \frac{R_1}{R_2} - 1 \right) R$



B - 1 次の記述は、進行波管 (TWT) について述べたものである。 [ ] 内に入れるべき字句を下の番号から選べ。

図 1 に示すように、電子銃から放出された電子は、マイクロ波の通路であるら旋の中心を貫き、コレクタに達する。マイクロ波は、導波管  $W_1$  から結合回路を通り、ら旋上を進行すると同時にら旋の内部に軸方向の進行波電界を生ずる。

- (1) 図 2 に示すように、ら旋の直径が  $D$  [m]、ピッチが  $P$  [m] のとき、マイクロ波のら旋の軸方向の速度は光速の [ア] 倍になる。このら旋を用いた回路のことを [イ] 回路という。
- (2) 電子の速度とマイクロ波のら旋の軸方向の速度が等しいとき、電子の流れの濃淡は、図 [ウ] に示す状態になる。
- (3) 電子の速度をマイクロ波のら旋の軸方向の速度より少し速くすると、両者の速度差により、進行波電界にエネルギーを与える電子の数が多くなるので、マイクロ波は、ら旋を進むにつれて [エ] され、導波管  $W_2$  から出力される。
- (4) 進行波管は、クライストロンに比べて、[オ] 特性を持っている。

- 1  $P/(D)$       2  $D/P$       3 a      4 変調      5 広帯域
- 6 加速      7 遅波      8 b      9 増幅      10 狭帯域

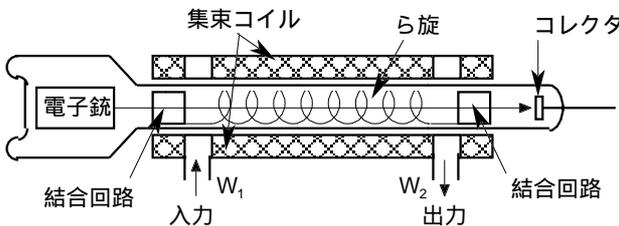


図 1

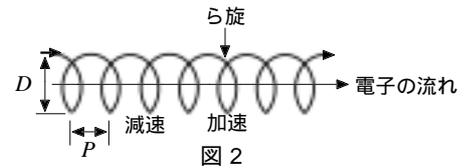


図 2

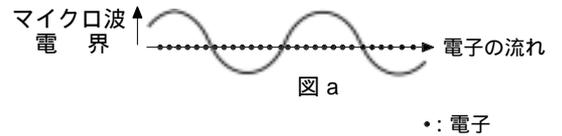


図 a

∴ 電子

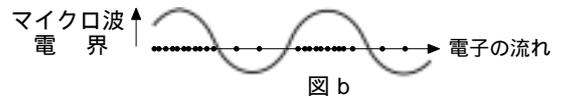
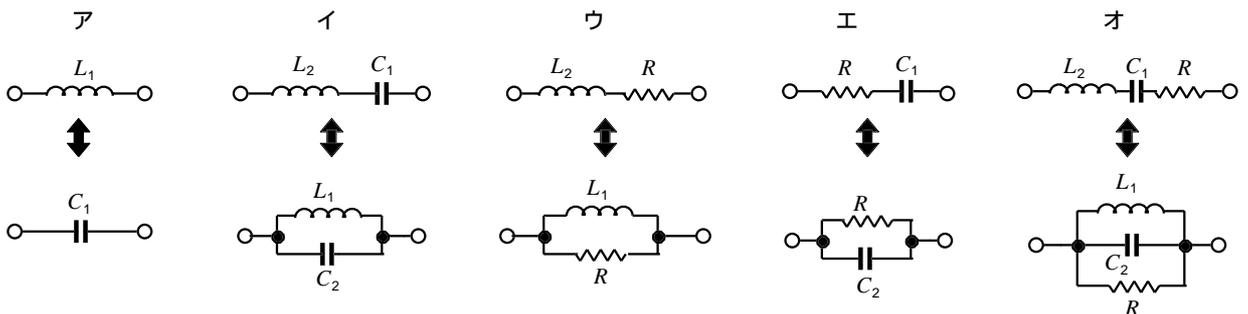


図 b

B - 2 図に示す回路の組み合わせが互いに抵抗  $R$  [ ] に関して逆回路であるものを 1、逆回路でないものを 2 として解答せよ。

ただし、コイルの自己インダクタンス  $L_1, L_2$  [H]、コンデンサの静電容量  $C_1, C_2$  [F] 及び  $R$  [ ] との間には  $L_1/C_1 = L_2/C_2 = R^2$  が成り立つものとする。また、インピーダンスが  $Z_1$  [ ] 及び  $Z_2$  [ ] の二つの回路で  $Z_1 Z_2 = R_0^2$  が成り立つとき、この二つの回路は互いに抵抗  $R_0$  [ ] に関して逆回路であるという。



B - 3 次の記述は、図に示す抵抗  $R$  [ ] と自己インダクタンス  $L$  [H] のコイルの直列回路の過渡現象について述べたものである。□内に入れるべき字句又は図を下の番号から選べ。ただし、スイッチ SW を接 (ON) にする時間を零とし、 $L$  の抵抗は無視するものとする。

(1) SW を接 (ON) にし、直流電圧  $V$  [V] を加えてから  $t$  [s] 後の電流を  $i$  [A] とすると、次の微分方程式が成り立つ。

$$Ri + \text{ア} = V$$

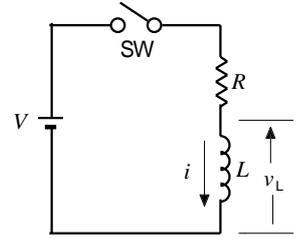
(2) この微分方程式の解は次式で表される。

$$i = \frac{V}{R} \{ \text{イ} \} \text{ [A]}$$

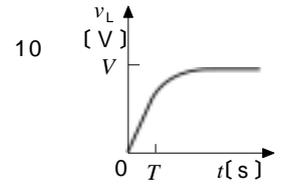
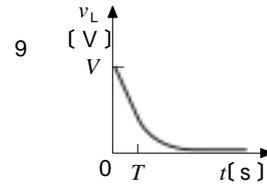
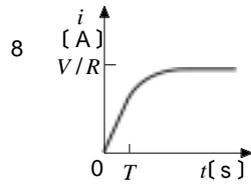
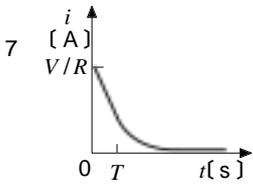
(3) この回路の時定数  $T$  は、□ [s] である。

(4)  $i$  の波形は、□ に示す図となる。

(5) コイルの両端の電圧  $v_L$  の波形は、□ に示す図となる。



- 1  $L \frac{di}{dt}$     2  $\frac{1}{L} \frac{di}{dt}$     3  $\frac{L}{R}$     4  $\frac{R}{L}$     5  $1 - \exp(-\frac{L}{R}t)$     6  $1 - \exp(-\frac{R}{L}t)$



B - 4 次の記述は、図に示すエミッタ接地トランジスタ増幅回路のバイアス抵抗の値を決める手順について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、電源電圧を  $V_{CC}$  [V]、負荷抵抗を  $R_C$  [ ]、ベース-エミッタ電圧を  $V_{BE}$  [V]、コレクタ電流を  $I_C$  [A] 及びベース電流を  $I_B$  [A] とする。

(1)  $R_C$  による電圧降下  $V_{RC}$  は、次式で表される。

$$V_{RC} = R_C \times ( \text{ア} ) \text{ [V]}$$

(2) コレクタ-エミッタ間電圧  $V_{CE}$  は、次式で表される。

$$V_{CE} = \text{イ} - V_{RC} \text{ [V]}$$

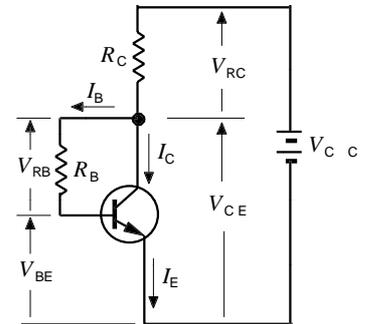
(3) バイアス抵抗  $R_B$  の両端の電圧  $V_{RB}$  は、次式で表される。

$$V_{RB} = V_{CE} - \text{ウ} \text{ [V]}$$

(4) したがって、 $R_B$  は、次式で表される。

$$R_B = \text{エ} \text{ [ ]}$$

(5)  $V_{CC} = 9$  [V]、 $R_C = 2 \times 10^3$  [ ]、 $V_{BE} = 0.2$  [V]、 $I_C = 1.98 \times 10^{-3}$  [A]、 $I_B = 20 \times 10^{-6}$  [A] のとき、 $R_B$  は、□  $\times 10^3$  [ ] となる。



$I_E$  : エミッタ電流

- 1  $I_C - I_B$     2  $I_C + I_B$     3  $V_{CE}$     4  $(V_{CC} - V_{BE})/I_B$   
 5  $V_{BE}$     6  $V_{CC}$     7 240    8 310  
 9  $(V_{CE} - I_C R_C - V_{BE})/I_B$     10  $(V_{CC} - I_E R_C - V_{BE})/I_B$

B - 5 次の記述は、コイルの自己インダクタンス  $L_X$  [H] 及び尖鋭度  $Q$  の測定について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、コイルの等価抵抗を  $R_X$  [ ]、電源の角周波数を  $\omega$  [rad/s] とし、コンデンサ  $C_S$  [F] の損失はないものとする。

図に示す交流ブリッジが平衡しているとき、次式が成り立つ。

$$R_1 R_3 ( j\omega L_X + \text{ア} ) = R_2 + \text{イ}$$

したがって、 $L_X$  及び  $R_X$  は、次式で得られる。

$$L_X = \text{ウ} \text{ [H]}$$

$$R_X = \text{エ} \text{ [ ]}$$

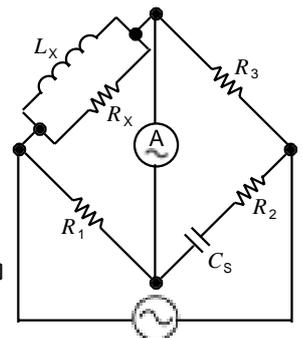
また、 $Q$  は、次式で得られる。

$$Q = R_X / ( \omega L_X ) = \text{オ}$$

$R_1, R_2, R_3$  : 抵抗 [ ]

$C_S$  : コンデンサ [F]

Ⓐ : 交流電流計



- 1  $j \omega L_X$     2  $j \omega C_S$     3  $C_S R_1 R_3$     4  $R_1 R_3 / R_2$     5  $C_S R_2$   
 6  $1 / (j \omega L_X)$     7  $1 / (j \omega C_S)$     8  $R_1 R_3 / C_S$     9  $R_1 R_2 / R_3$     10  $1 / ( \omega C_S R_2 )$