

電気工学2第11回 ダイオード

公立小松大学

藤田 一寿

ダイオード

■ ダイオード

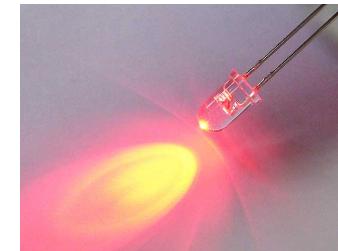
- ・ダイオードとは電流を一定方向にしか流さない回路素子（電子素子）である。
 - ・特に発光するものを発光ダイオードと呼ぶ。

ダイオード



<https://akizukidenshi.com/catalog/g/g100934/>

発光ダイオード



<https://akizukidenshi.com/catalog/g/g101318/>

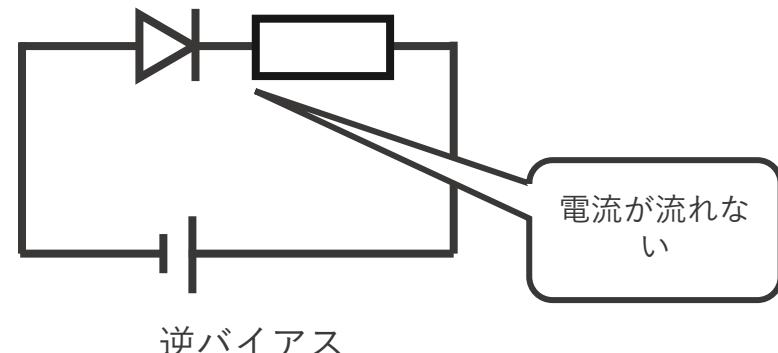
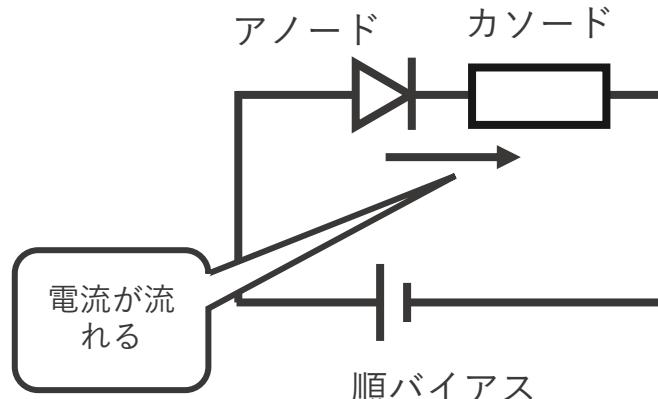
図記号



ダイオード

■ ダイオードに関する用語

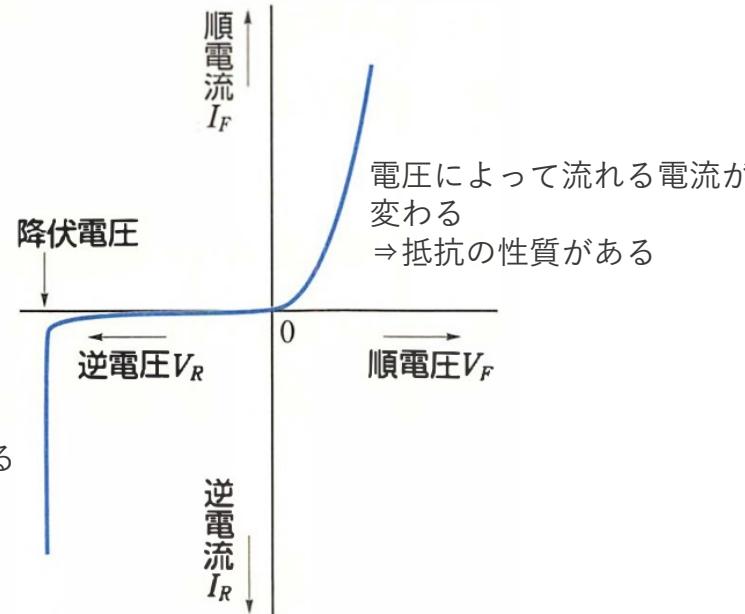
- ・電流を一定方向にしか流さない（整流作用）
- ・電流を流す方向に電圧をかけることを順バイアス（順電圧）
- ・電流を流す方向に流れる電流を順電流
- ・電流を流さない方向に電圧をかけることを逆バイアス（逆電圧）
- ・電流を流す方向に流れる電流を逆電流



■ 特性図

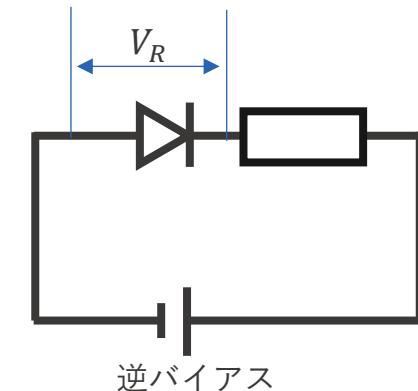
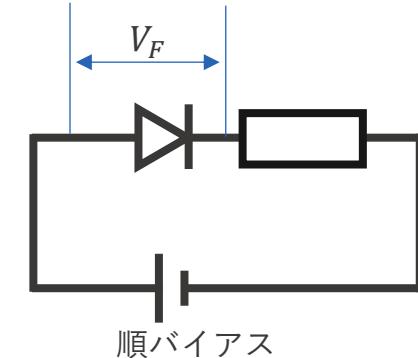
- ダイオードにかける電圧（印加電圧）と電流の関係を表した図を特性図（V-I特性図）という。

ダイオードにも限界がある。
限界を超えた逆電圧をかける
と電流が流れる。



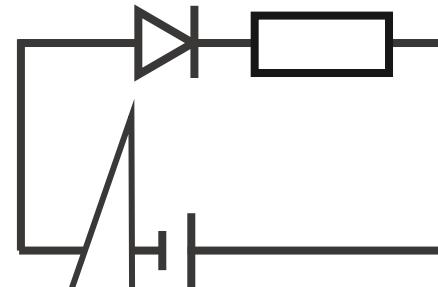
現実のダイオードの特性図

(高木茂孝, 鈴木憲次 電子回路概論)

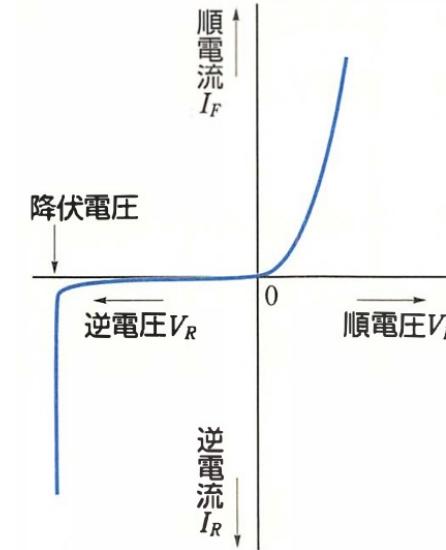


■ 降伏電圧

- ・ 実際のダイオードでは、逆電圧を大きくすると、ある電圧で大きな逆電流が流れ始める。
 - ・ つまり整流作用には限界がある。
- ・ これを降伏状態といい、その時の電圧を**降伏電圧**という。

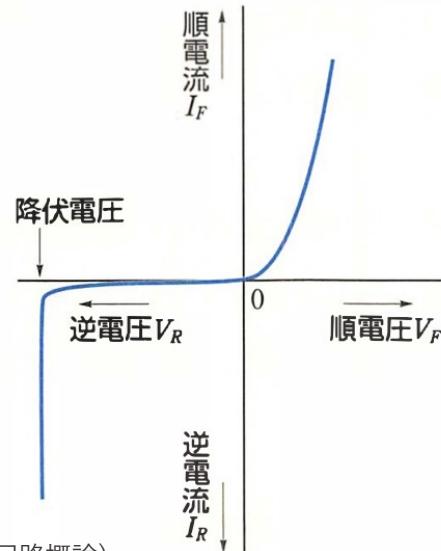


逆バイアスのため電流が流れないはずだが、降伏電圧を超えると電流が流れる。



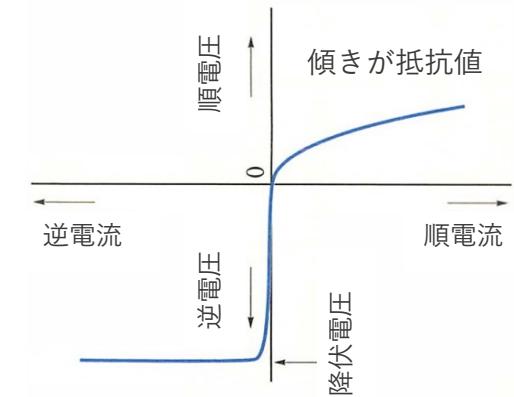
■ 特性図のオームの法則による解釈

- オームの法則
 - $V = RI$
 - $I = V/R$
 - 特性図の縦軸は電流横軸は電圧なので、特性図は $I = V/R$ を表している。
- 特性図の傾きが大きい
• 抵抗が低い
- 特性図の傾きが小さい
• 抵抗が大きい



■ 特性図の解釈（電圧降下）

- ・電流に対する電圧降下の関係と見ることもできる。
- ・つまり、特性図は、ある電流を流すとダイオードでどれほど電圧降下が起こるかを示す。
- ・逆電流が流れると降伏電圧の電圧降下が起こる。
 - ・電流をいくら流しても降伏電圧以上の電圧降下は起こらない。
 - ・この性質は低電圧ダイオード（ツェナーダイオード）で用いられる。
- ・順電流だとしても、ダイオードで電圧降下が起こる。
 - ・ダイオードが抵抗のような働きをする。



(高木茂孝, 鈴木憲次 電子回路概論)

■ 簡単な等価回路に置き換えて考える

- ・ダイオードを抵抗と電源からなる簡単な等価回路として考える。
- ・傾きの逆数は抵抗 R_d と見なせる。
- ・順バイアスの時は、電流を流すがダイオードが R_d の抵抗を持っていると思える。 V_R は上手く近似できる値にしたい。
- ・傾きが0ならば抵抗 $R_d \rightarrow \infty$ だから電流は流さない。
- ・降伏電圧より電圧をかけた場合、 $R_d = 0$ ではあるが、降伏電圧の V_R の電圧降下がある。



ダイオード



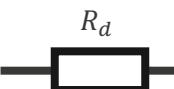
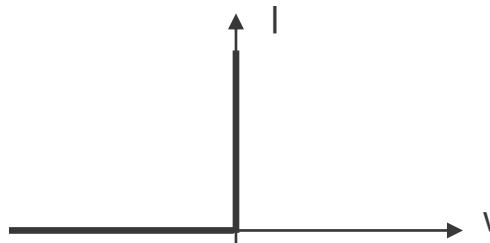
簡単な等価回路

- ・ダイオードを抵抗と電源からなる簡単な等価回路として考える。
- ・傾きの逆数は抵抗 R_d と見なせる。
- ・順バイアスの時は、電流を流すがダイオードが R_d の抵抗を持っていると思える。 V_R は上手く近似できる値にしたい。
- ・傾きが0ならば抵抗 $R_d \rightarrow \infty$ だから電流は流さない。
- ・降伏電圧より電圧をかけた場合、 $R_d = 0$ ではあるが、降伏電圧の V_R の電圧降下がある。

■ 様々な特性図

理想的なダイオード

特性図

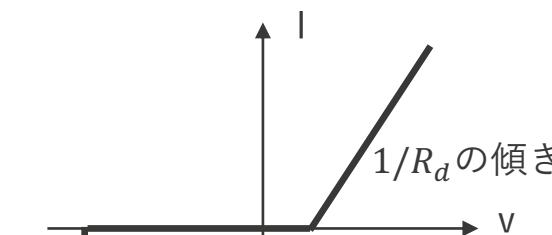


簡単な等価回路

等価回路を用いた解釈：順方向バイアスの時， $R_d = 0$ ，逆バイアスの時は R_d は無限大。

比較的現実的なダイオード

特性図

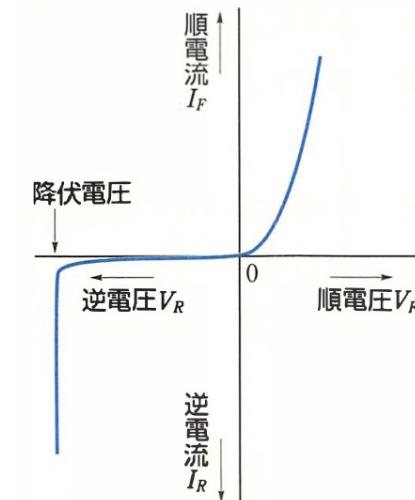


簡単な等価回路

等価回路を用いた解釈：順方向バイアスの時，傾きの逆数が R_d ， $V_T = V_\theta$ ，逆バイアスの時は R_d は無限大に発散するが，降伏電圧を超えると0になる。

現実のダイオード

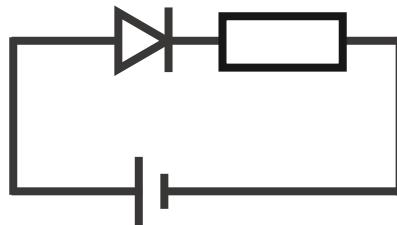
特性図



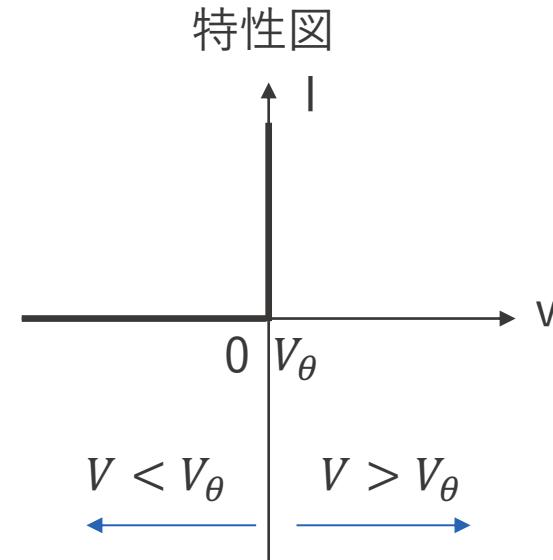
(高木茂孝, 鈴木憲次 電子回路概論)

■ 理想的ダイオードの動作

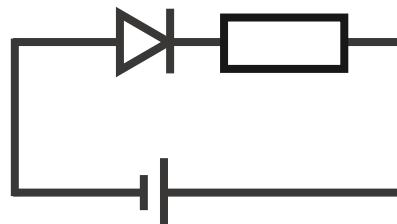
- $V > V_\theta$ のときインピーダンス0 (短絡)
 - ダイオードで電圧降下は起こらない。



順バイアス



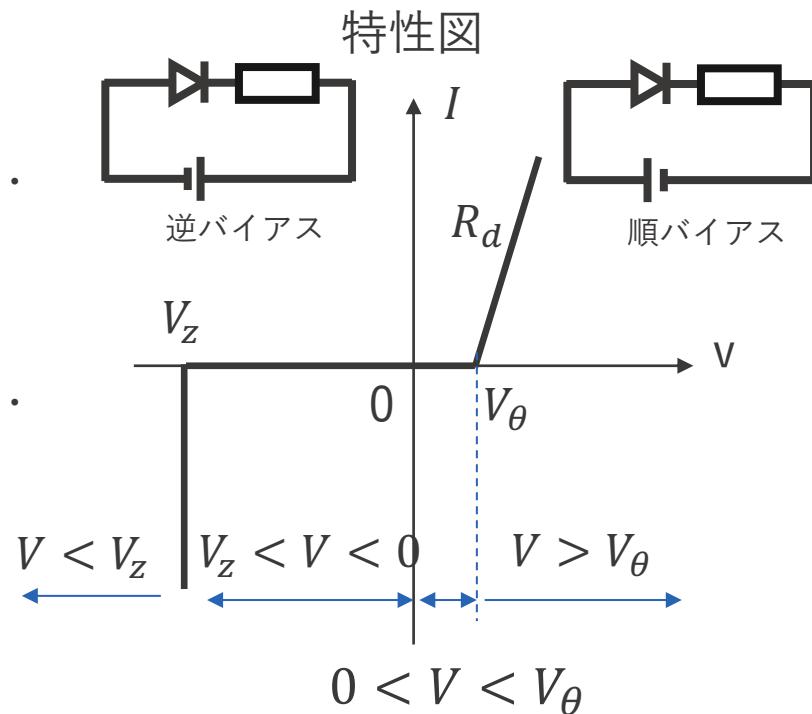
- $V < V_\theta$ のときインピーダンス無限大 (開放)
 - 下の回路では電源電圧そのものがダイオードの電圧降下になる。



逆バイアス

■ 比較的現実的なダイオードの動作

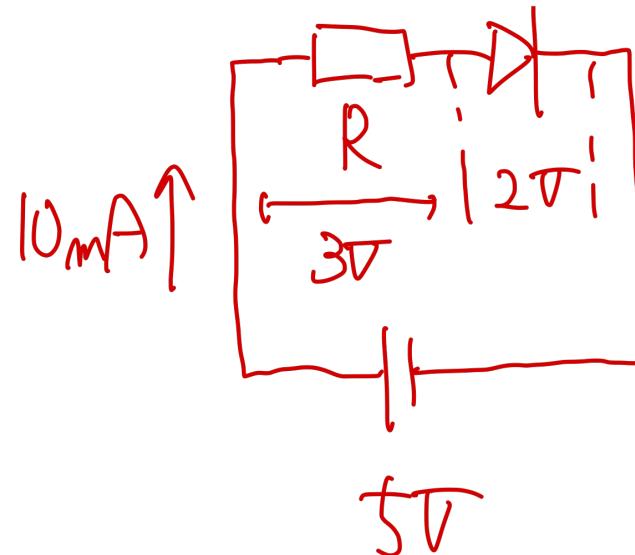
- $V > V_\theta$ のとき
 - 順バイアスの状態. インピーダンスは R_d .
 - しかし, 閾値電位 V_θ の電圧降下がある.
- $0 < V < V_\theta$
 - インピーダンスは無限大となる (開放) .
 - 順バイアスではあるが電流が流れない.
- $V_z < V < 0$
 - インピーダンスは無限大となる (開放) .
- $V < V_z$
 - 逆バイアスではあるが電流が流れる.
 - ツェナー電圧 V_z の電圧降下がある.



■ 問題解説

- 5Vの直流電源に抵抗器1個とLED1個を直列に接続して、電流10mAでLEDを点灯させる回路がある。LEDの電圧降下が2Vのとき抵抗器の抵抗値は何Ωか。(第39回ME2種)

1. 100
2. 200
3. 300
4. 400
5. 500



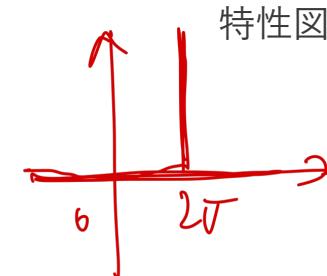
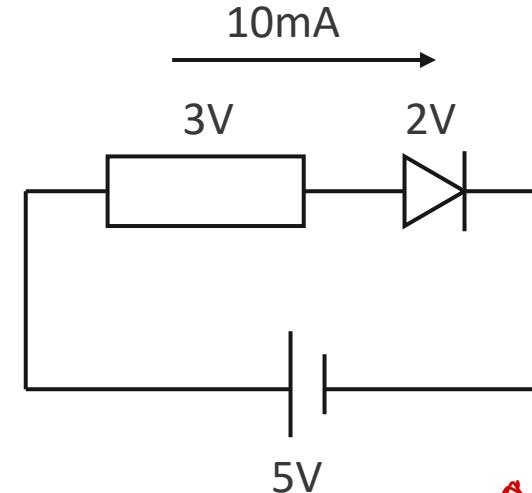
■ 問題解説

- 5Vの直流電源に抵抗器1個とLED1個を直列に接続して、電流10mAでLEDを点灯させる回路がある。LEDの電圧降下が2Vのとき抵抗器の抵抗値は何Ωか。(第39回ME2種)

- 100
- 200
- 300
- 400
- 500

LEDの電圧降下が2Vなので、抵抗にかかる電圧は3Vである。
よってオームの法則から

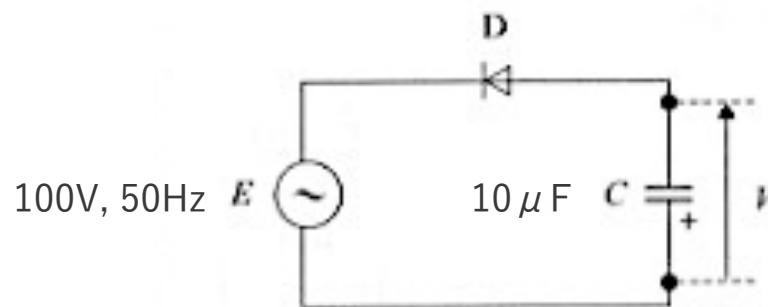
$$\frac{3}{10 \times 10^{-3}} = 300\Omega$$



問題

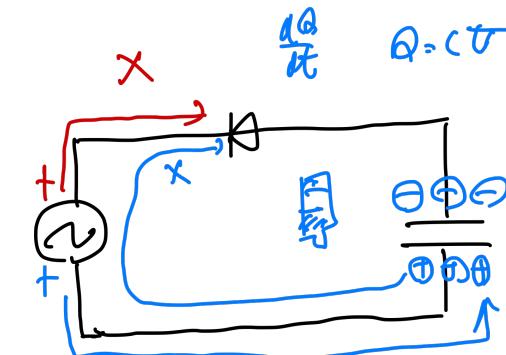
- 図の回路で電圧 V はおよそ何Vになるか。ただし、ダイオードDは理想ダイオードとする。(31ME)

- 140
- 100
- 0
- 100
- 140



E : 実効値 100V, 50Hz 正弦波交流電圧源

C : 10 μF のキャパシタ



問題

- 図の回路で電圧 V はおよそ何Vになるか。ただし、ダイオードDは理想ダイオードとする。(31ME)

1. -140

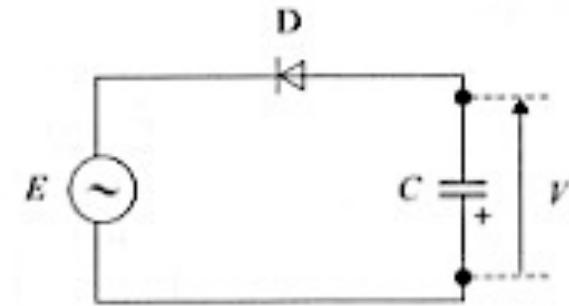
2. -100

3. 0

4. 100

5. 140

ダイオードの向きから時計と反対周りにしか電流は流れない。図の電圧の向きの定義から、電源電圧が負のときのみコンデンサに電荷がたまる。この回路には抵抗がないので、瞬時にコンデンサの電圧は電源電圧となる。さらに、コンデンサは放電しようにもダイオードがあるため、放電できない。つまり、コンデンサは電源のピーク電圧 $100\sqrt{2} \approx 140V$ まで貯まる。向きを考えると答えは-140Vである。



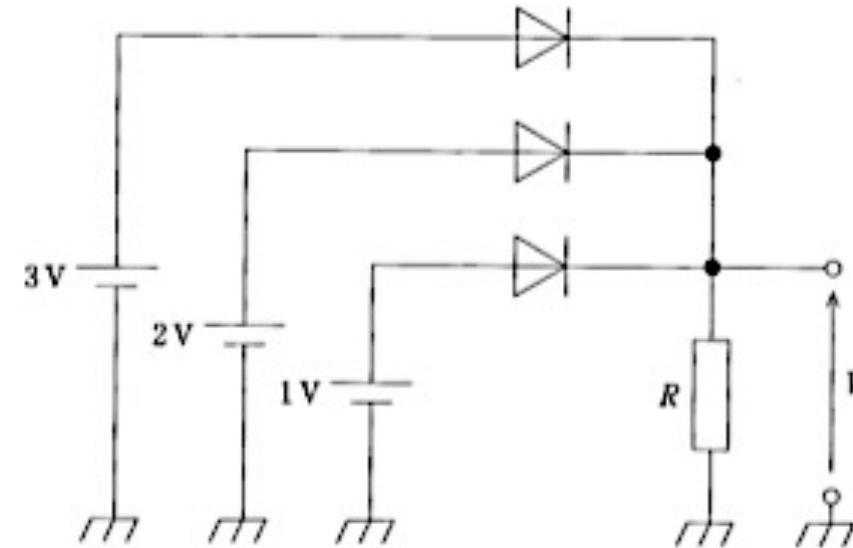
E : 実効値 100V, 50Hz 正弦波交流電圧源

C : $10\mu F$ のキャパシタ

■ 問題

- 図の回路の出力電圧 $V[V]$ はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとする。（国家試験25）

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6



問題

- 図の回路の出力電圧 $V[V]$ はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとする。（国家試験25）

1. 1

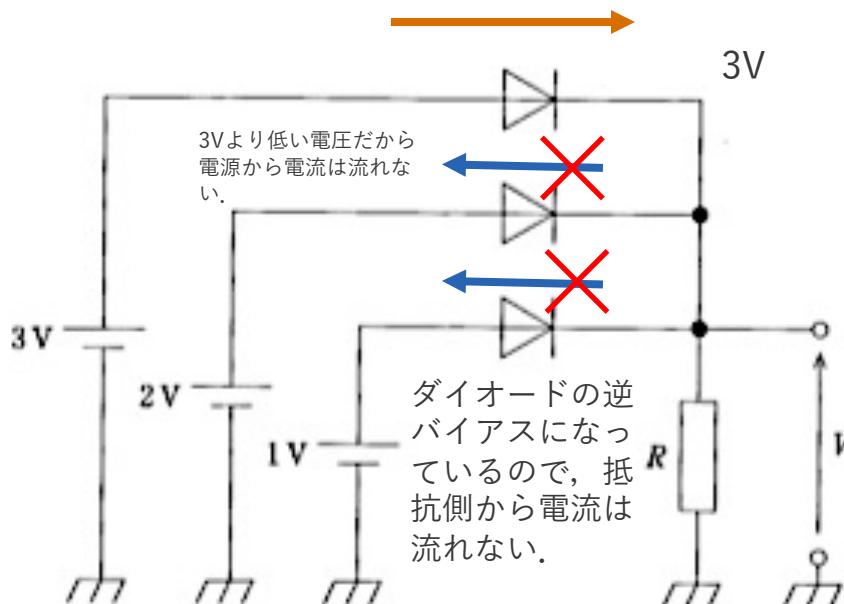
2. 2

3. 3
3Vの電源から見たとき、2V、1Vにつながっているダイオードは逆バイアスとなるためインピーダンスは無限大とみなせる（開放とみなせる）。

4. 5

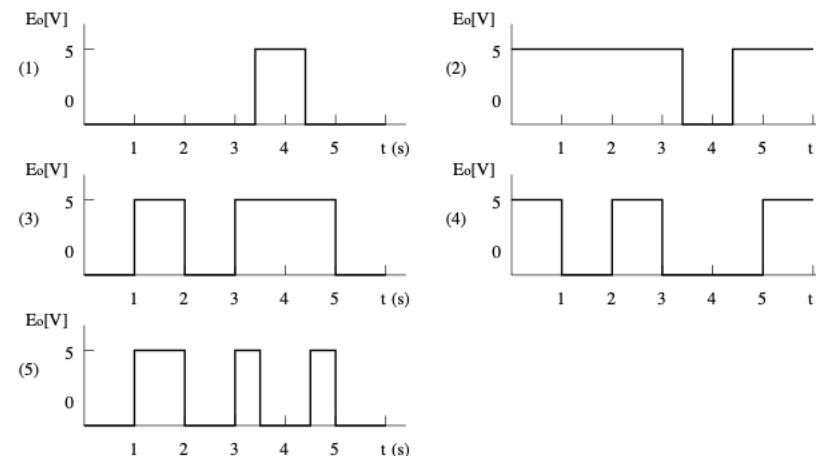
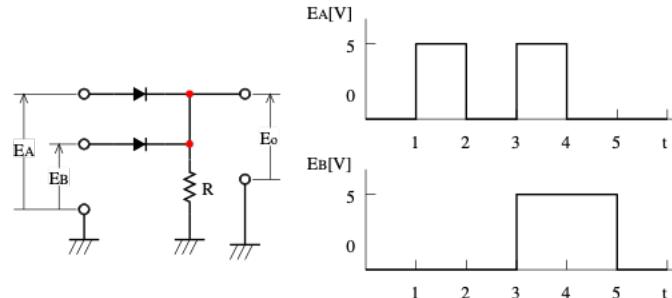
5. 6

電流は高い電圧から低い電圧に流れるとため、2V、1Vから電流は流れない。
よって、抵抗にかかる電圧は3Vである。



問題

- 図の回路に入力 E_A と E_B を加えた場合、出力波形 E_o で正しいのはどれか。
ただし、ダイオードは理想的とする。 (15回国家試験)



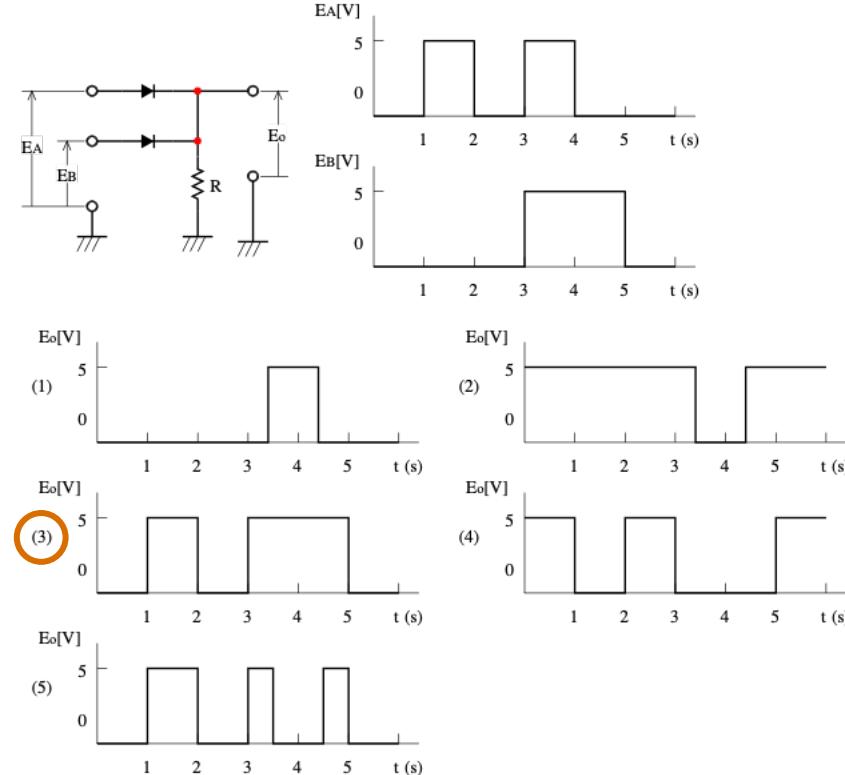
問題

- 図の回路に入力 E_A と E_B を加えた場合、出力波形 E_o で正しいのはどれか。
ただし、ダイオードは理想的とする。 (15回国家試験)

これはOR回路なので、3が正解。

まず E_A のみ考えてみると、 E_A についているダイオードは順バイアスなので、このダイオードには電流が流れる。しかし E_B についているダイオードは逆バイアスなので、そちらには電流は流れない。 E_o は E_A と並列になっているので $E_A = 5V$ のとき $E_o = 5V$ となる。 E_B のみのときも同様である。ここで選択肢1, 2, 4, 5が消える。

では、 $E_A = E_B = 5V$ のときはどうだろうか。 E_A と E_B に電位差がないので、ダイオードのインピーダンスは0とみなす。また E_o は電源と並列なので $E_o = 5V$ である。
よって、3が正解。



■ 問題

- ・ダイオードの電流 I , 電位 E の方向を図のように定めたとき, このダイオードの特性グラフは図2の用になった. このとき, このダイオードの順方向電圧 V_F と逆方向降伏電圧 V_R はどれか. (臨床工学技士国家試験34)

1. $V_F = 0.6V$ $V_R = -3.0V$
2. $V_F = -0.6V$ $V_R = -3.0V$
3. $V_F = -0.6V$ $V_R = 3.0V$
4. $V_F = -3.0V$ $V_R = 0.6V$
5. $V_F = 3.0V$ $V_R = 0.6V$

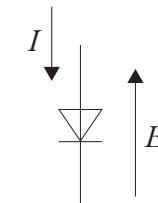


図 1

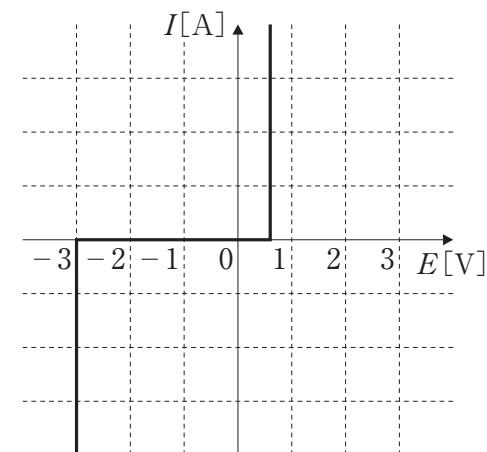
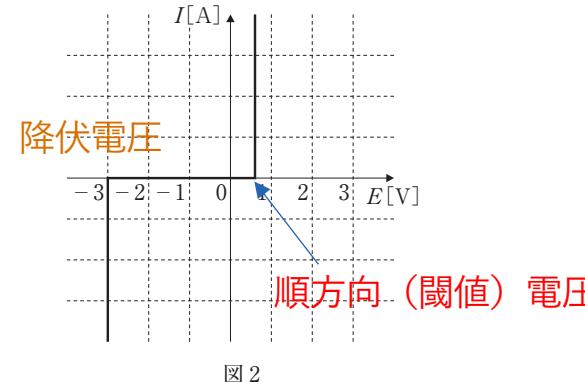
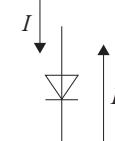


図 2

問題

- ・ダイオードの電流 I , 電位 E の方向を図のように定めたとき, このダイオードの特性グラフは図2の用になった。このとき, このダイオードの順方向電圧 V_F と逆方向降伏電圧 V_R はどれか。(臨床工学技士国家試験34)

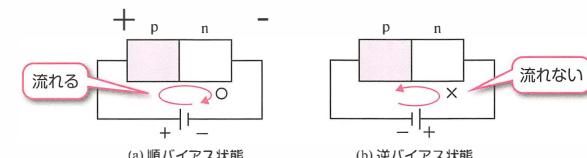
1. $V_F = 0.6V$ $V_R = -3.0V$
2. $V_F = -0.6V$ $V_R = -3.0V$
3. $V_F = -0.6V$ $V_R = 3.0V$
4. $V_F = -3.0V$ $V_R = 0.6V$
5. $V_F = 3.0V$ $V_R = 0.6V$



順方向(閾値)電圧は順方向に電流を流すために必要な電圧(ダイオードの電圧降下)である。降伏電圧はダイオードの整流機能が果たせなくなる電圧である。

グラフから、このダイオードは0.6V以上の電圧で電流を順方向に流すことが分かる。
さらに、-3V以上で逆方向に電流を流してしまうことも分かる。

よって、順方向電圧 V_F は0.6V、逆方向降伏電圧 V_R は-3.0Vである。



■ 問題

- ダイオードの順方向における電流電圧特性を図1に示す。このダイオードを図2のような等価回路に置き換えたとき、 V_d と r_d の組み合わせで正しいのはどれか。（国家試験33回）

1. $V_d = 1.0V$ $r_d = 250\Omega$
2. $V_d = 1.0V$ $r_d = 100\Omega$
3. $V_d = 0.6V$ $r_d = 250\Omega$
4. $V_d = 0.6V$ $r_d = 100\Omega$
5. $V_d = 0.6V$ $r_d = 0\Omega$

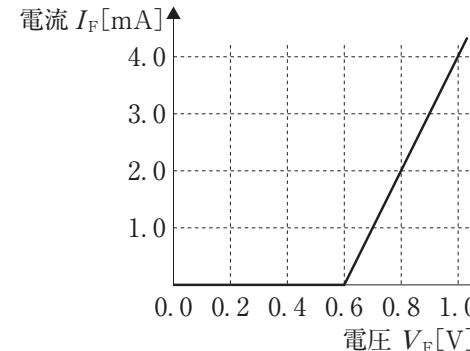


図 1

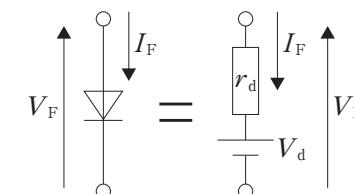


図 2

問題

- ダイオードの順方向における電流電圧特性を図1に示す。このダイオードを図2のような等価回路に置き換えたとき、 V_d と r_d の組み合わせで正しいのはどれか。（国家試験33回）

1. $V_d = 1.0V r_d = 250\Omega$
2. $V_d = 1.0V r_d = 100\Omega$
3. $V_d = 0.6V r_d = 250\Omega$
4. $V_d = 0.6V r_d = 100\Omega$
5. $V_d = 0.6V r_d = 0\Omega$

図2の等価回路から

$$V_F = V_{r_d} + V_d \text{ (電圧降下)}$$

図1

$$V_F = I_F r_d + V_d \text{ (オームの法則) } V_{r_d} = I_F r_d$$

$$I_F = 1/r_d(V_F - V_d)$$

ダイオードが電流を流す0.6V以上の場合のみを考える。

0.6V以上のとき、直線の傾きは $0.002mA/0.2V=1/100$ である。

よって、

$$I_F = 1/100(V_F - 0.6)$$

$$V_F = 100I_F + 0.6$$

最初の式との対応を見ると、

$$V_d = 0.6V r_d = 100\Omega$$

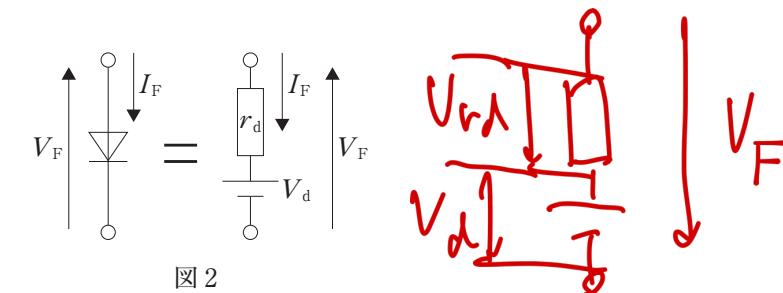
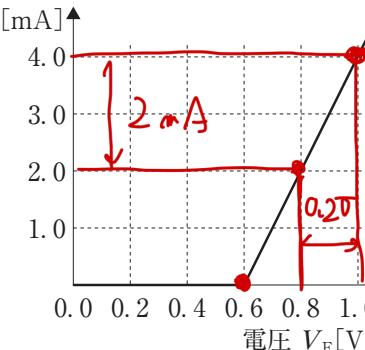


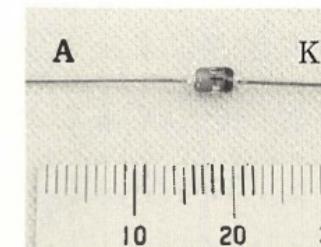
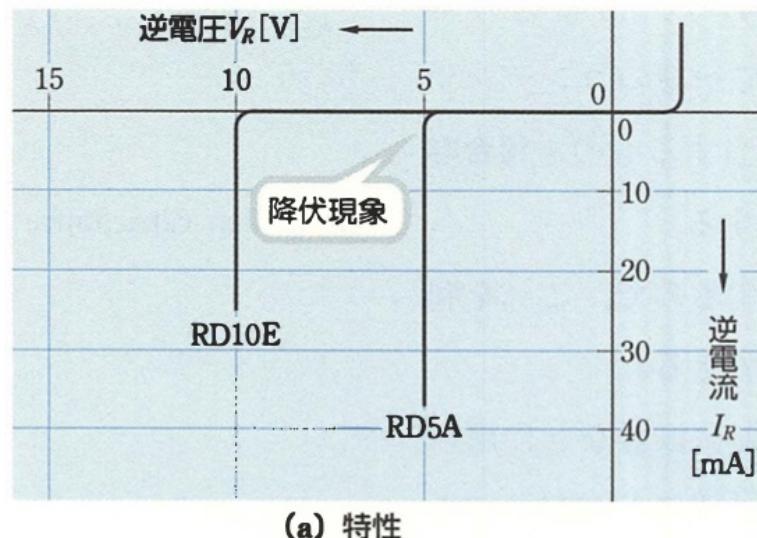
図2

別解：グラフからすぐ0.6Vであることが分かる。
オームの法則から、傾きは抵抗値（このグラフではその逆数）なので、傾きから 100Ω と求まる。

定電圧ダイオード（ツェナー
ダイオード）

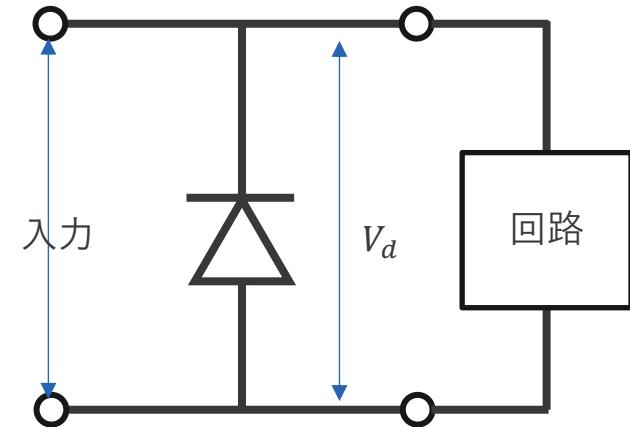
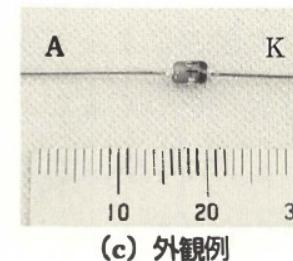
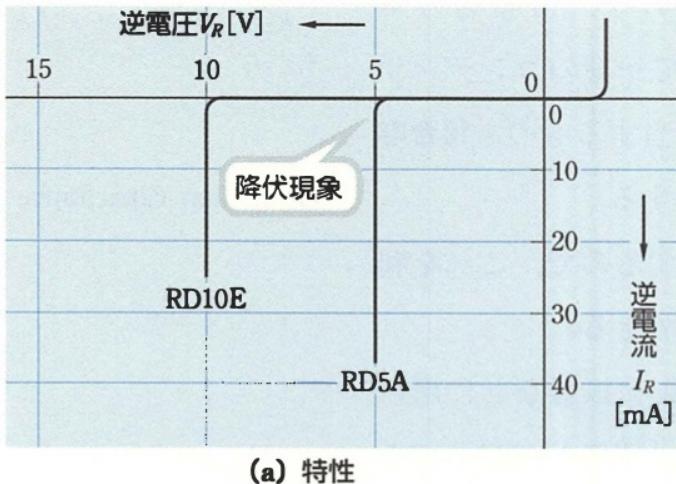
■ 定電圧ダイオード（ツェナーダイオード）

- 降伏現象を利用し、ダイオードの流れる電流の大きさにかかわらずダイオードの電圧を一定に保つ機能を持つダイオード。
- 定電圧源として利用される。



この部分が定電圧
ダイオードである
ことを示す。

■ 定電圧ダイオード

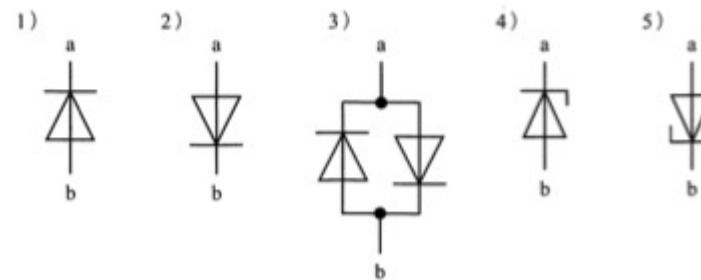
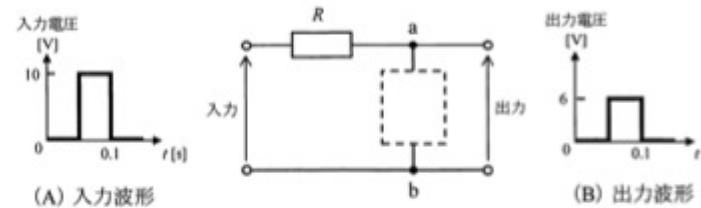


(高木茂孝, 鈴木憲次 電子回路概論)

ダイオードは降伏電圧以上にはならないので、入力が降伏電圧以上ならば回路には降伏電圧 V_d がかかることになる。

問題解説

- 図の回路a-b間に素子を接続して、(A)のような正矩形波パルス(0-10V)を入力したところ、(B)のような正矩形波パルス(0-6V)が出力された。a-b間に接続したのはどれか。(第42回ME2種)



問題解説

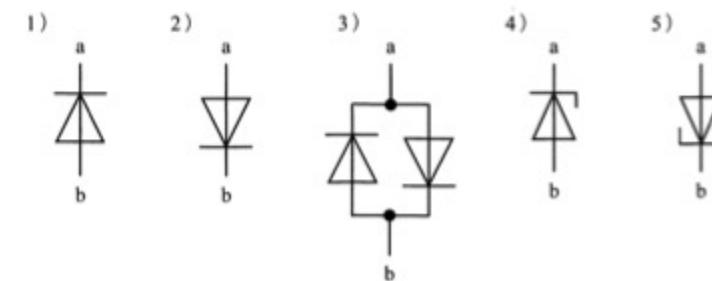
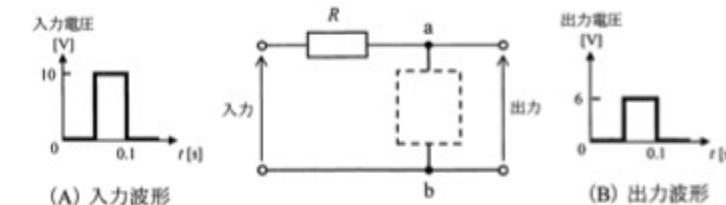
- 図の回路a-b間に素子を接続して、(A)のような正矩形波パルス(0-10V)を入力したところ、(B)のような正矩形波パルス(0-6V)が出力された。a-b間に接続したのはどれか。ただし、ダイオードはすべて理想的である。(第42回ME2種介)

グラフBからa-b間で6Vの電圧降下が起こっている。

理想的なダイオードに降伏電圧がないと考えるので、1は間違いである。

理想的なダイオードは順方向の電圧降下がないため、2, 3, 5は間違いである。

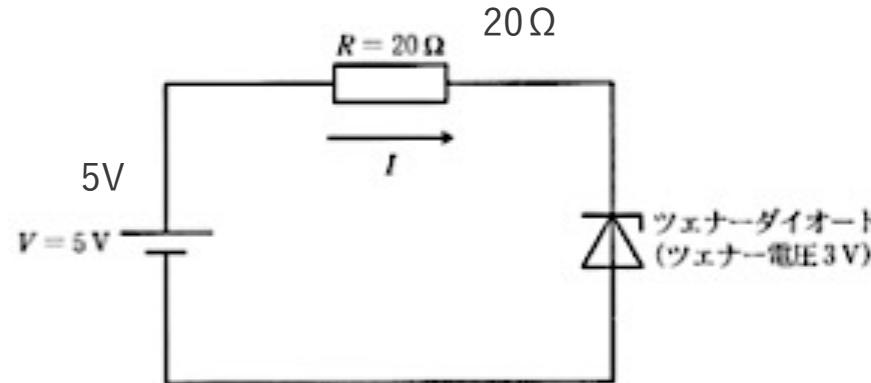
ツェナーダイオードの降伏電圧が6Vであるとすると、4のツェナーダイオードが答えとなる。



問題

- 図のツェナーダイオード（ツェナー電圧 3V）を用いた回路で抵抗 $R = 20\Omega$ に流れる電流 $I[\text{mA}]$ はどれか。 (26, 30回国家試験)

- 0
- 100
- 150
- 250
- 400



■ 問題

- 図のツェナーダイオード（ツェナー電圧 3V）を用いた回路で抵抗 $R = 20\Omega$ に流れる電流 $I[\text{mA}]$ はどれか。 (26, 30回国家試験)

1. 0

2. 100

3. 150

4. 250

5. 400

| 3Vの電圧がかかる、この間にかかる電圧は 2V

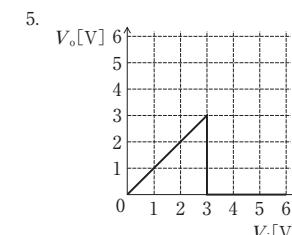
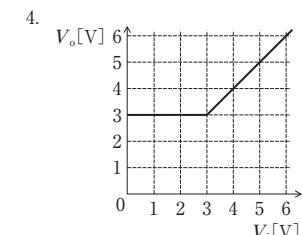
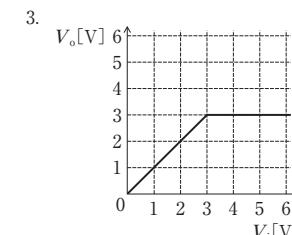
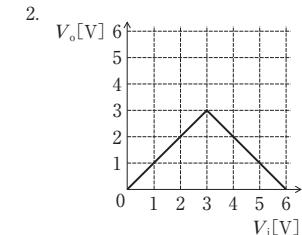
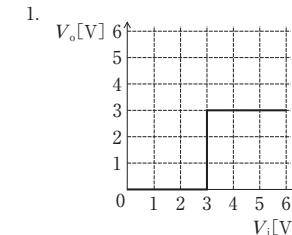
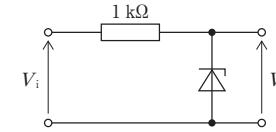
$$I = \frac{2}{20} = 0.1A = 100mA$$

ツェナーダイオードで 3V の電圧降下が起こる。よって抵抗には 2V の電圧がかかる。

$$I = \frac{2}{20} = 0.1A = 100mA$$

問題

- ・ツェナー電圧3Vのツェナーダイオードを含む図の回路のV_iとV_oの間の関係を示すグラフはどれか。 (32国家試験)



問題

- ・ツェナー電圧 3V のツェナーダイオードを含む図の回路の V_1 と V_0 の間の関係を示すグラフはどれか。 (32 国家試験)

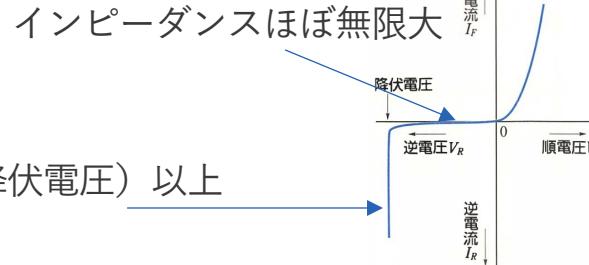
ツェナーダイオードは別名定電圧ダイオードである。

つまり、ダイオードの両端電圧はツェナー電圧を超えると、一定である。

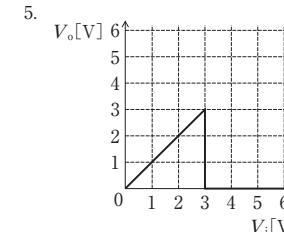
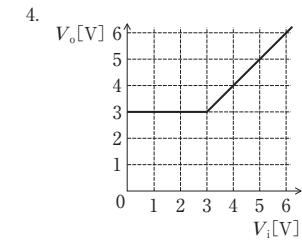
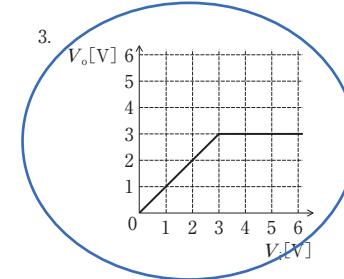
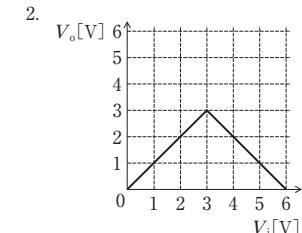
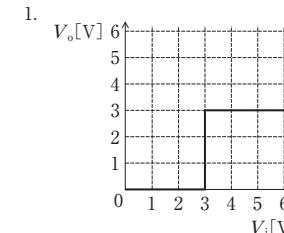
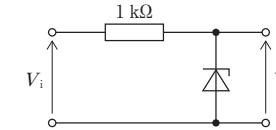
そこから、ツェナー電圧を超えて、 V_0 が 3V より大きくなっているグラフ(4)と 3V を下回っているグラフ(2, 5)は間違いである。

ツェナーダイオードはツェナー電圧以下では抵抗が無限大であると考えて良い。すなわち、入力電圧そのものがダイオードに加わると考えられる。

よって 3 が答えである。



ツェナー電圧 (降伏電圧) 以上
上がらない。



問題

- 図1に示した特性のダイオードを2つ用いた図2の回路の出力電圧 V_o の最大値 $V_{omax}[V]$ と最小値 $V_{omin}[V]$ はどれか。ただし、順方向の電圧降下は0.6Vとする。(31国家試験)

- $V_{omax} = 0.6, V_{omin} = -0.6$
- $V_{omax} = 0.6, V_{omin} = -3.0$
- $V_{omax} = 3.0, V_{omin} = -3.0$
- $V_{omax} = 3.6, V_{omin} = -3.6$
- $V_{omax} = 6.0, V_{omin} = -6.0$

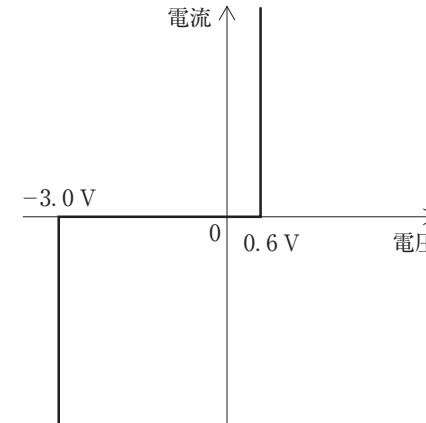


図1

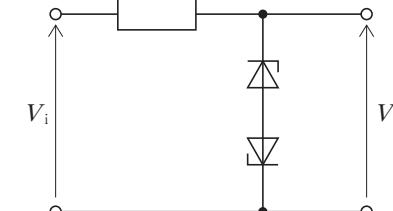


図2

問題

- 図1に示した特性のダイオードを2つ用いた図2の回路の出力電圧 V_o の最大値 $V_{omax}[V]$ と最小値 $V_{omin}[V]$ はどれか。ただし、順方向の電圧降下は0.6Vとする。(31回)

- $V_{omax} = 0.6, V_{omin} = -0.6$
- $V_{omax} = 0.6, V_{omin} = -3.0$
- $V_{omax} = 3.0, V_{omin} = -3.0$
- $V_{omax} = 3.6, V_{omin} = -3.6$
- $V_{omax} = 6.0, V_{omin} = -6.0$

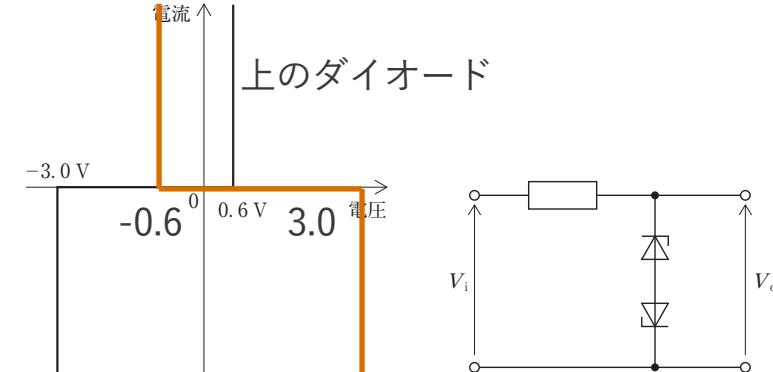


図1

上のダイオード
下のダイオード

図2

V_i を十分に大きくすると V_o は上のダイオードには、ツェナー電圧の3.0Vが加わる。その時、下のダイオードの順方向電圧を超えてるので、下のダイオードは電流の流れを阻害しない。しかし、電圧降下0.6Vが生じている。よって、 V_{omax} は $3+0.6=3.6V$ 。

同様に、 V_i を十分低くすると、 V_o は下のダイオードのツェナー電圧3.0Vのため、下のダイオードに加わる電圧は-3.0Vで一定となる。このとき上のダイオードの順方向電圧を超えてるので、上のダイオードは電流の流れを阻害しない。しかし、電圧降下が-0.6V生じる。よって、 V_{omin} は $-3.0-0.6=-3.6V$ である。

■ 問題

- 図 1 の回路の LED の電圧電流特性を図 2 に示す。この回路に流れる電流 I [mA] はどれか。(臨床工学技士国家試験29回)

1. 5
2. 10
3. 15
4. 20
5. 30

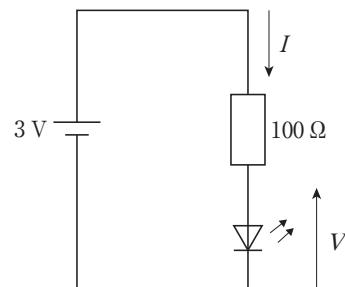


図 1

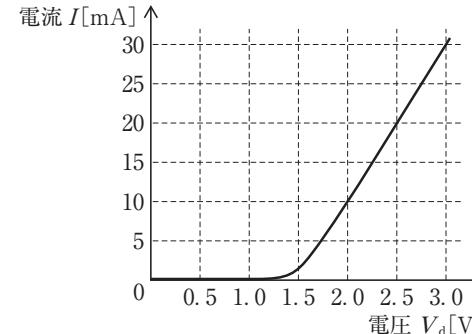
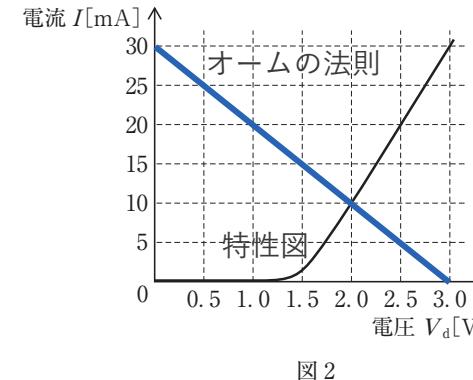
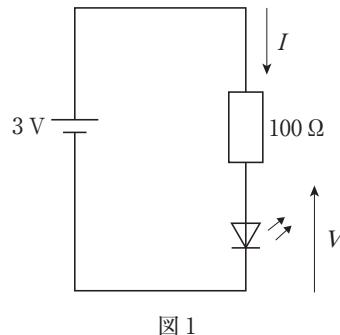


図 2

問題

- 図1の回路のLEDの電圧電流特性を図2に示す。この回路に流れる電流I [mA]はどれか。(臨床工学技士国家試験29回)

1. 5
2. 10
3. 15
4. 20
5. 30



電流Iも抵抗にかかる電圧Vも未知である。使える電流と電圧の関係

- オームの法則
- 特性図

この2つの関係(方程式)からなる連立方程式を解く。

連立方程式を解くとは、各方程式が表す線の交点を求めることがある。

オームの法則と特性図の交点を見つける。

電源電圧は抵抗とLEDで分圧されるので、抵抗にかかる電圧は

$$V = 3 - V_d$$

である。抵抗に流れる電流はIなのでオームの法則から

$$100I = 3 - V_d$$

である。この回路では、前述の式と図2のLEDの特性の両方を満たさなければならない。

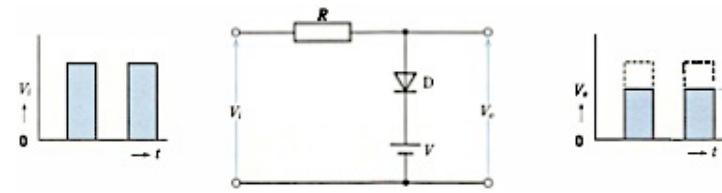
両方を満たす電流を求めるには、 $100I = 3 - V_d$ の直線とLEDの特性の交点を求めれば良い。交点から、電流Iは10mAと分かる。

クリッパ, リミッタ

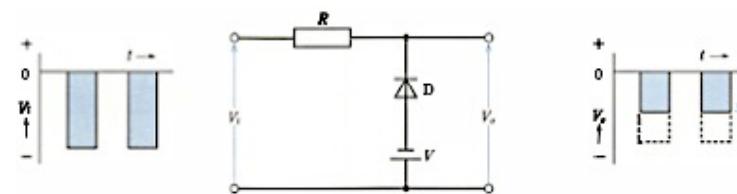
■ クリッパ

- クリッパとは入力波形の電圧の上部か下部をある値で切り取る役割を果たす回路である。

ピーククリッパ



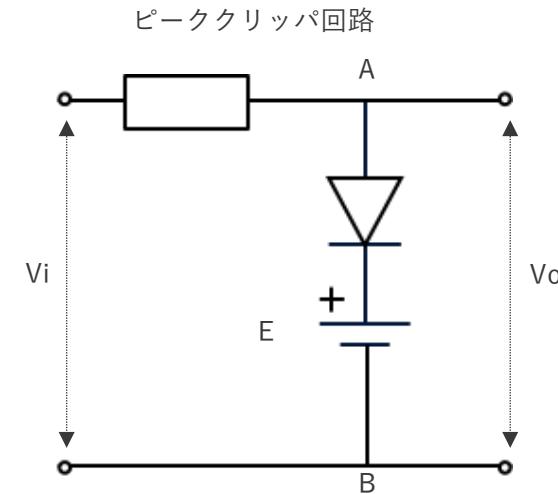
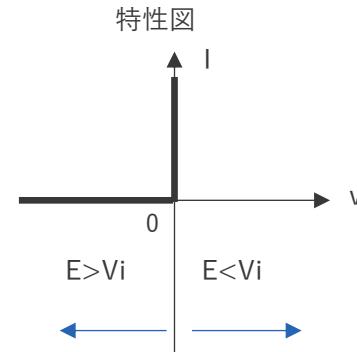
ベースクリッパ



(高木茂孝, 鈴木憲次 電子回路概論)

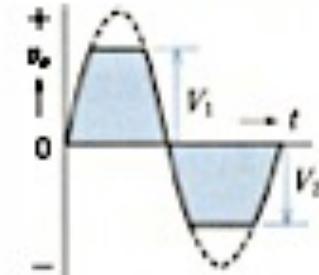
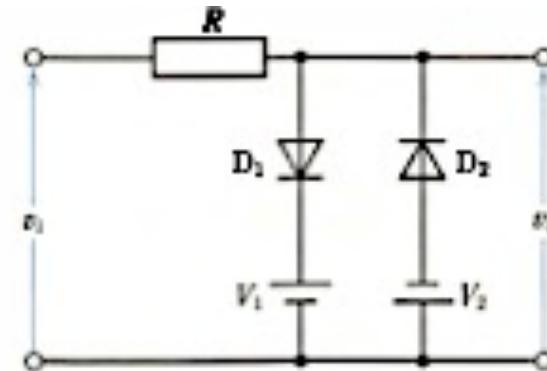
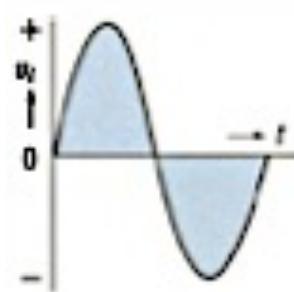
■ ピークリッパ回路の原理

- $E < V_i$ の時
 - ダイオードは V_i から見て順バイアスとなる。
 - 順バイアスのときダイオードでは電圧降下は起こらない。
 - AB間の電圧降下は E のみとなるため、 $V_o = E$ となる。
- $E > V_i$ の時
 - ダイオードは V_i から見て逆バイアスとなる。
 - 逆バイアスの場合、 B から A へ電流が流れようとするが、 ダイオードがあるため電流は流れない。
 - よって、 AB間のインピーダンスは無限大とみなすことができる。 (開放と見なせる。)
 - つまり、 ダイオードは開放で AB間の回路は無視できるので、 AB間の電圧降下は V_i そのものとなる。



■ リミタ

- ピーコクリッパとベースクリッパを組み合わせた回路をリミタとよぶ
- 入力電圧の振幅を制限するために用いられる。



■ リミタ回路の原理

1. $V_i > V_1$ の時

- V_i は $D_2 + V_2$ から見て逆バイアスとなるので開放となる。よって無視する。
- V_i は $D_1 + V_1$ からみて順バイアスである。つまり、ダイオードは短絡なので V_o は V_1 となる。

2. $0 < E < V_1$ の時

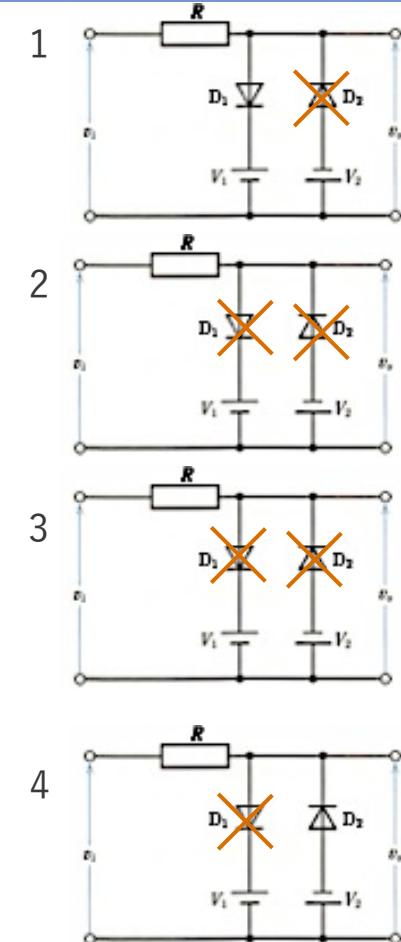
- V_i は $D_2 + V_2$ から見て逆バイアスとなるので開放となる。よって無視する。 $V_i < V_1$ なので D_1 も逆バイアスとなる。よって、 D_1 も開放となり、無視する。
- よって、 V_o は V_i である。

3. $V_2 < E < 0$ の時

- V_i は $D_1 + V_1$ から見て逆バイアスとなるので開放となる。よって無視する。
- $|E| < |V_2|$ なので D_2 も逆バイアスとなる。よって、 D_2 も開放となり、無視する。
- よって、 V_o は V_i である。

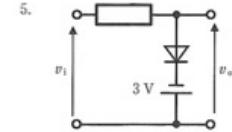
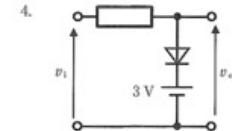
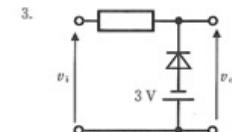
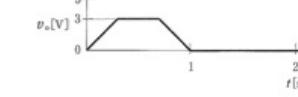
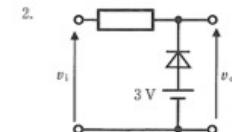
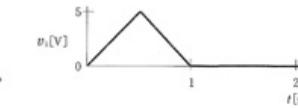
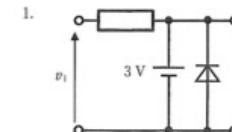
4. $V_i < V_2$ の時

- V_i は $D_1 + V_1$ から見て逆バイアスとなるので開放となる。よって無視する。
- V_i は $D_2 + V_2$ からみて順バイアスである。つまり、ダイオードは短絡なので V_o は V_2 となる。



問題

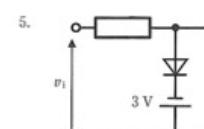
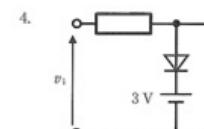
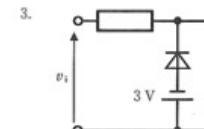
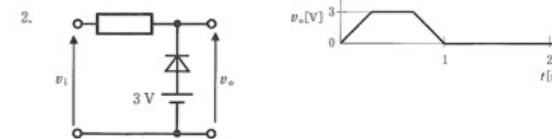
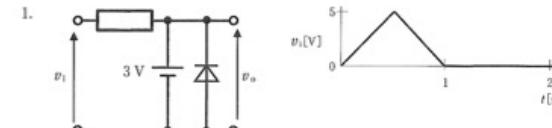
- 図に示すような波形の入力電圧 v_i が加えられたとき、出力電圧 v_o の波形を出力する回路はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとする。(国家試験26)



問題

- 図に示すような波形の入力電圧 v_i が加えられたとき、出力電圧 v_o の波形を出力する回路はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとする。(国家試験26)

ピーククリッパなので、4が答え。



問題

- 図1の電圧 V_i を入力したとき、図2の電圧 V_o を出力する回路はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとする。(32国家試験)

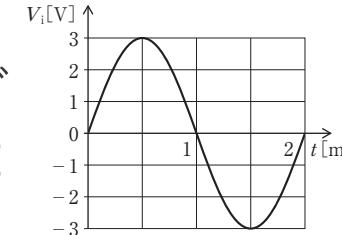


図 1

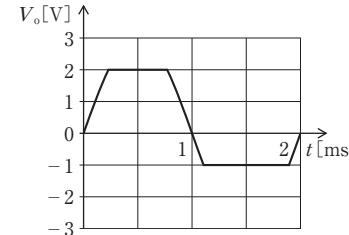


図 2

1.

Circuit 1: A series resistor followed by a bridge rectifier. The top diode is forward-biased, and the bottom diode is reverse-biased. The output voltage V_o is 2 V.
2.

Circuit 2: A series resistor followed by a bridge rectifier. Both diodes are reverse-biased. The output voltage V_o is 0 V.
3.

Circuit 3: A series resistor followed by a bridge rectifier. The top diode is reverse-biased, and the bottom diode is forward-biased. The output voltage V_o is -1 V.
4.

Circuit 4: A series resistor followed by a bridge rectifier. The top diode is forward-biased, and the bottom diode is forward-biased. The output voltage V_o is 1 V.
5.

Circuit 5: A series resistor followed by a bridge rectifier. The top diode is reverse-biased, and the bottom diode is reverse-biased. The output voltage V_o is 0 V.

問題

- 図1の電圧 V_i を入力したとき、図2の電圧 V_o を出力する回路はど
れか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとする。（32国家
試験）

理想ダイオードなので、降伏電圧はなく、電圧降下も無いと
する。

図2から、答えはリミッタ回路であることがわかる。

1, 3, 5はリミッタ回路ではない。

2. リミッタ回路である。2Vになるまで、ダイオードに電流は
流れない。そのため、インピーダンスが高く、ダイオードに
すべての電圧がかかる。しかし、2Vを超えると右のダイオー
ドに電流が流れインピーダンスが0となり、 V_o は2Vの直流電
源による電圧降下分のみとなる。負の場合も同様に考えれば、
-1Vを下回ると、直流電源の電圧降下分の-1Vが V_o となる。

4. リミッタ回路である。しかし、入力が正のときは1V、負の
ときは-2Vまでに制限される。

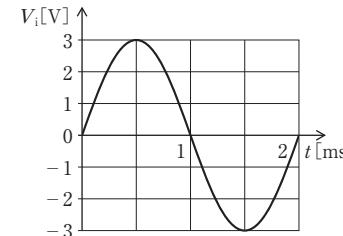
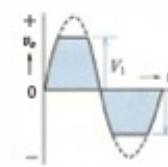
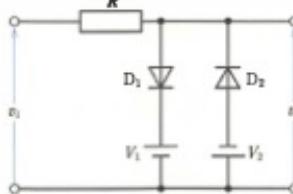
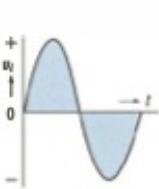


図 1

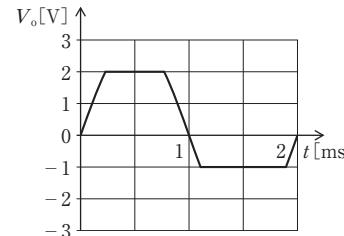
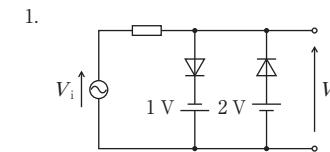
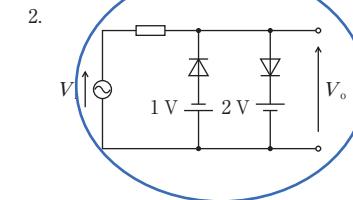


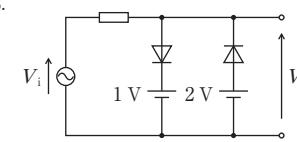
図 2



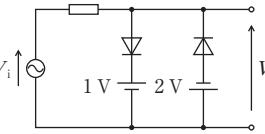
1.



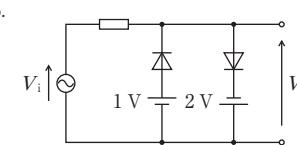
2.



3.



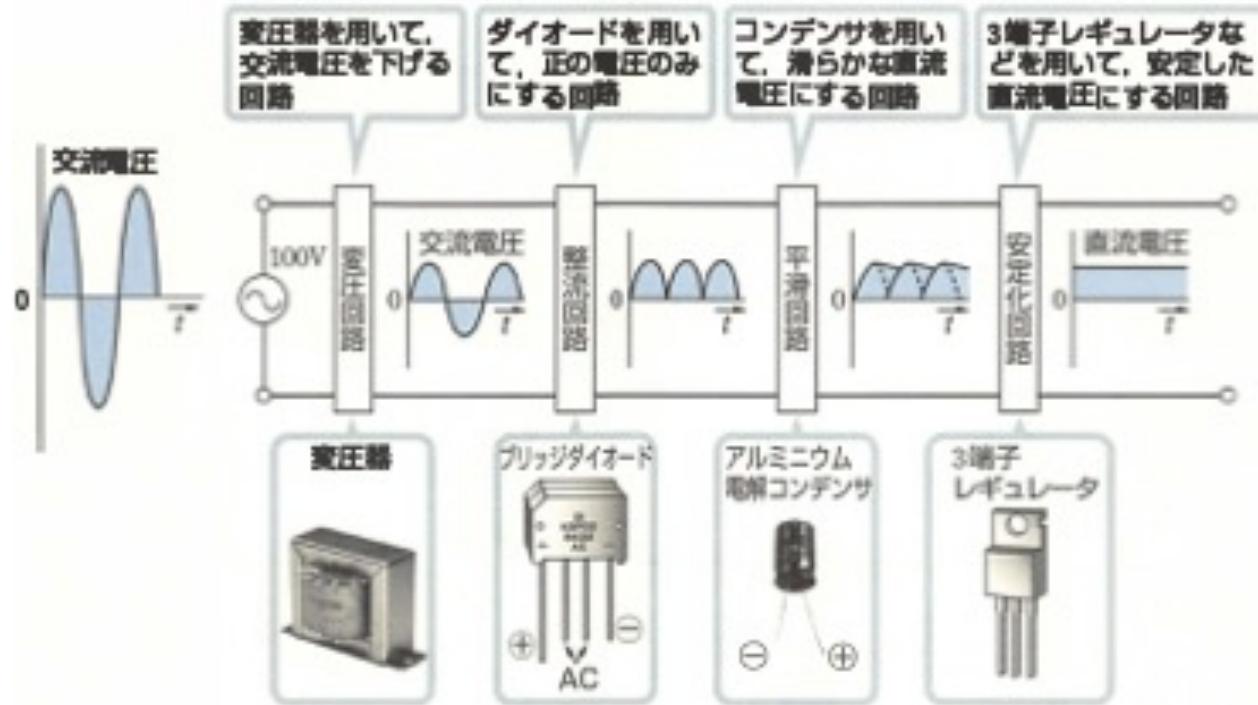
4.



5.

整流回路

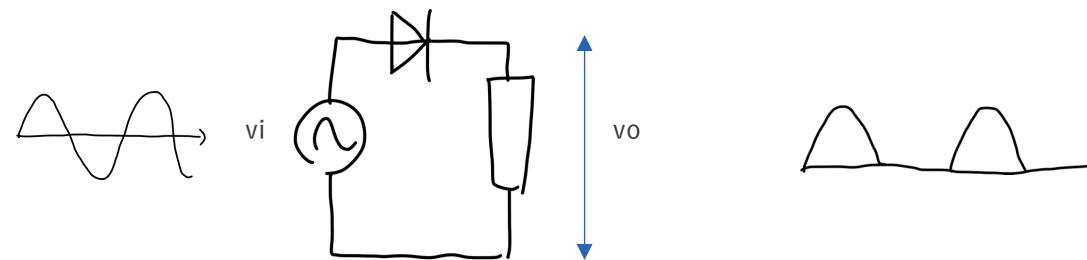
■ 制御系電源回路の構成



半波整流回路

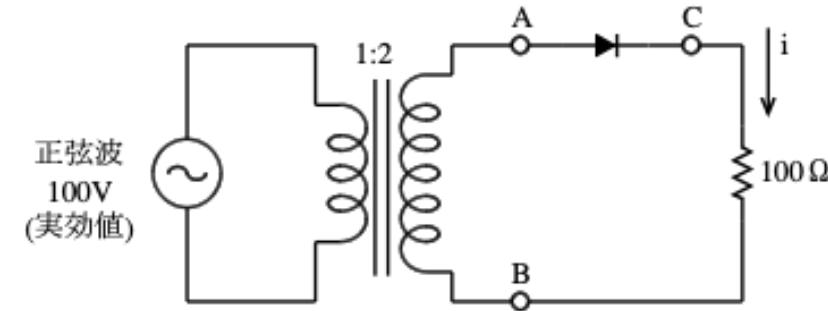
■ 整流回路

- 交流を直流に変換する回路を整流回路という。
- 半波整流
 - ダイオード 1 個で構成される。
 - ダイオードは一方向にしか電流を流さないため、正弦波の半分だけが抵抗に流れる。



■ 問題

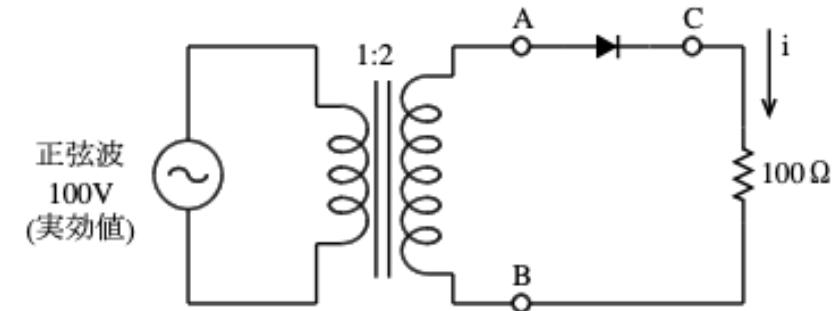
- 図の回路について正しいのはどれか。ただし、変圧器は理想的なもので、1次対2次の巻数比は1:2である(15回国家試験)。
 - 1次側に流れる電流波形は正弦波である。
 - AB間の電圧波形は正弦波である。
 - CB間の電圧波形は半波整流波形である。
 - 電流*i*の最大値は約2.8Aである。
 - 抵抗100Ωの消費電力は400Wである。



問題

- 図の回路について正しいのはどれか。ただし、変圧器は理想的なもので、1次対2次の巻数比は1:2である(15回国家試験)。

- a. 1次側に流れる電流波形は正弦波である。
- b. AB間の電圧波形は正弦波である。
- c. CB間の電圧波形は半波整流波形である。
- d. 電流*i*の最大値は約2.8Aである。
- e. 抵抗100Ωの消費電力は400Wである。



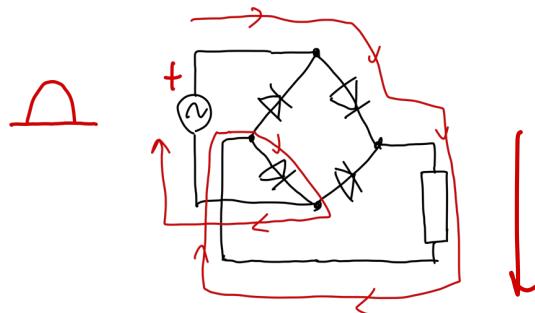
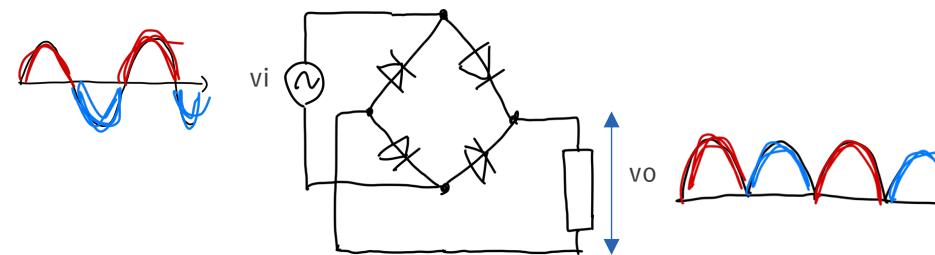
- a. 2次側に流れる電流波形がダイオードにより半波整流波形になる。 $I_1 V_1 = I_2 V_2$ だから1次側にも半波整流波形の電流が流れる。間違い。
- b. AB間も正弦波である。正しい。
- c. CB間は半波整流である。なぜならば、逆バイアスのとき、ダイオードで全ての電圧降下が起きてしまい抵抗では電圧降下を生じないからである。よって、正しい。

- d. 2次側の電圧は200Vである。よって電流は2Aである。これは実効値なので瞬時値は $2 \times 1.41 = 2.82\text{A}$ となる。正しい。
- e. $200 \times 2 = 400\text{W}$ と思いたいが、半波整流なので電力はその半分の200Wである。よって間違い。

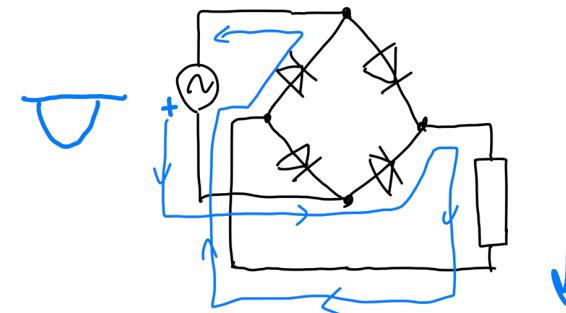
全波整流回路

■ 全波整流

- 全波整流では正弦波電源の正の部分はそのままに、負の部分を反転させる。
- 図のようにダイオードをブリッジ状に組んだ整流回路をブリッジ全波整流回路と呼ぶ。



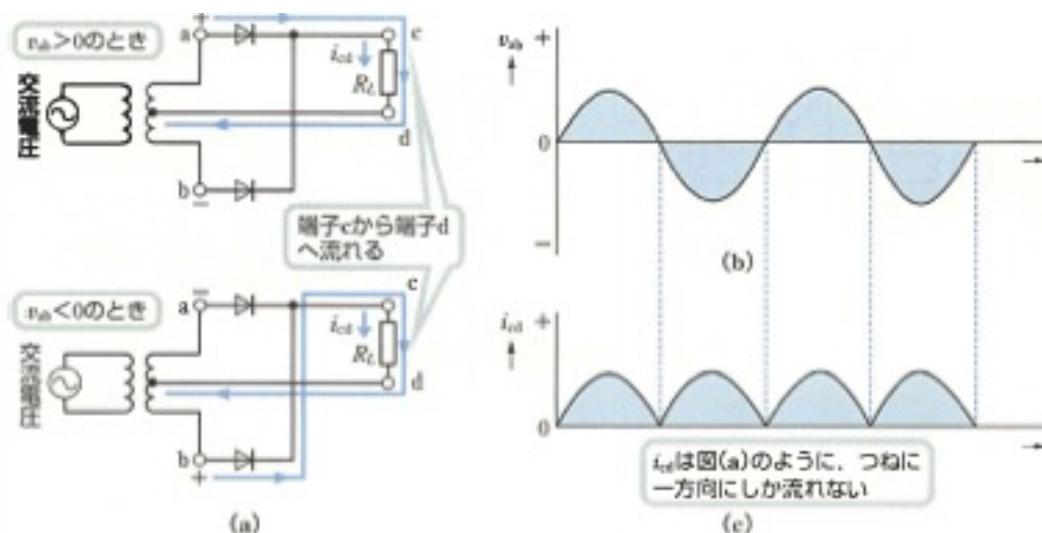
電源の電圧が正のときの電流の流れ



電源の電圧が負のときの電流の流れ

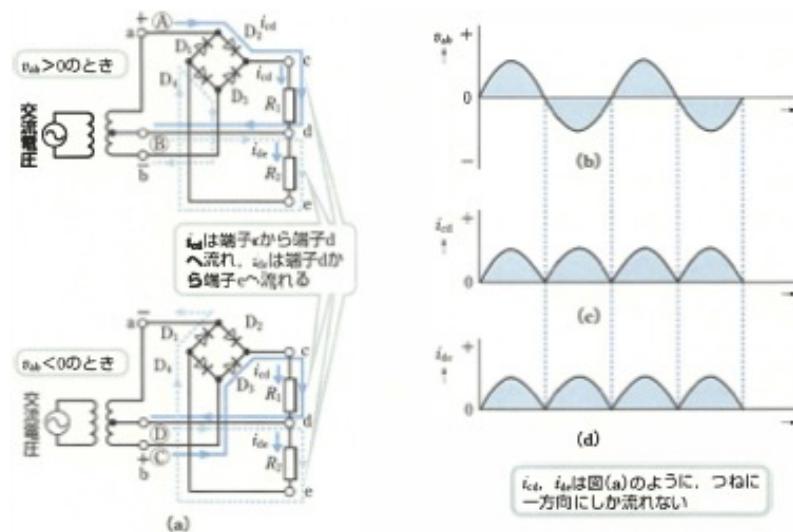
■ センタタップ全波整流回路

- センタータップ付きトランスと2個のダイオードを接続した整流回路をセンタタップ型全波整流回路という。



■ 正負対称ブリッジ整流回路

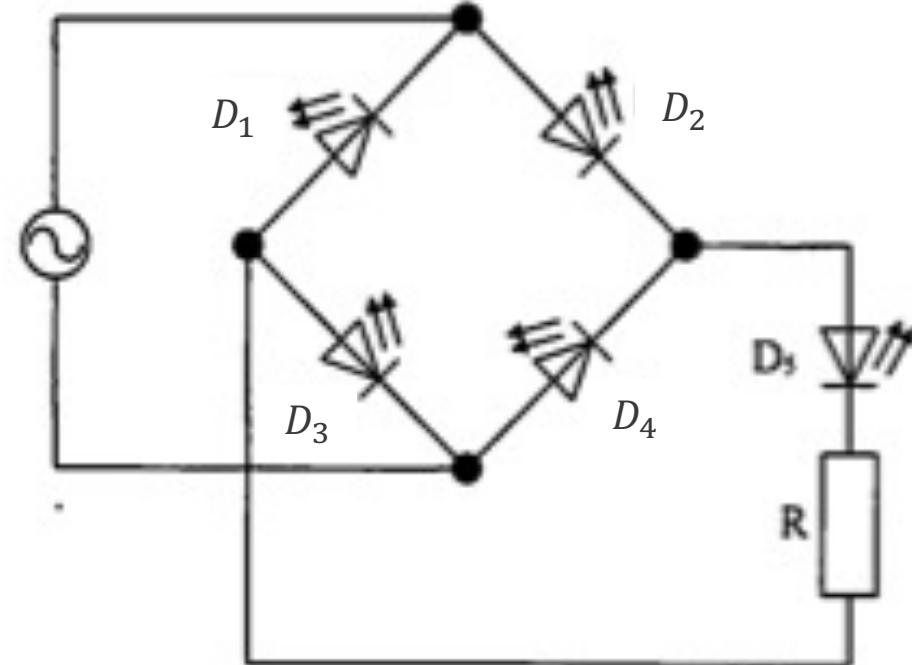
- センタタップ付きトランスとダイオードを図のように接続したものを正負対称ブリッジ整流回路という。
- この回路は、全波整流回路が2つあるとみなすことが出来る。そのため、正負電源が必要な増幅回路などで用いられる。



■ 第41回ME2種

- 図の回路においてD1のLED（発光ダイオード）が発光しているときに同時に発光するのはどれか。

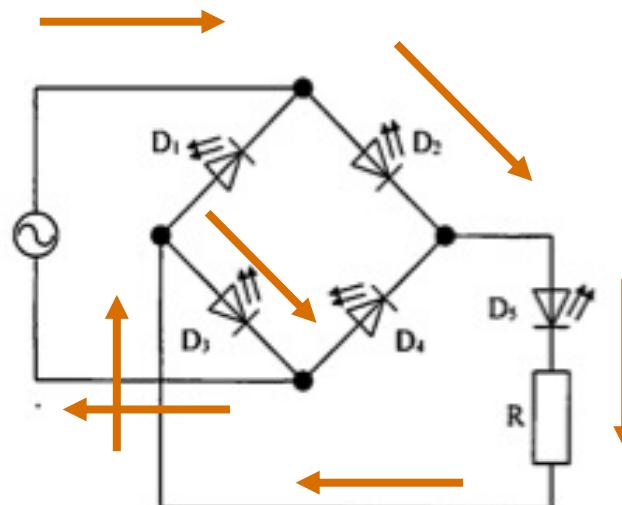
1. D2とD3
2. D2とD5
3. D3とD4
4. D3とD5
5. D4とD5



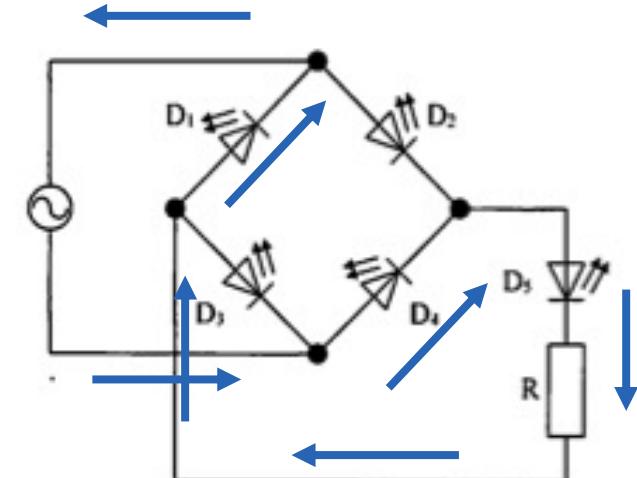
■ 第41回ME2種

- 図の回路においてD1のLED（発光ダイオード）が発光しているときに同時に発光するのはどれか。

- D2とD3
- D2とD5
- D3とD4
- D3とD5
- ⑤ D4とD5



電源の電圧が正のとき
D1は点灯しない。

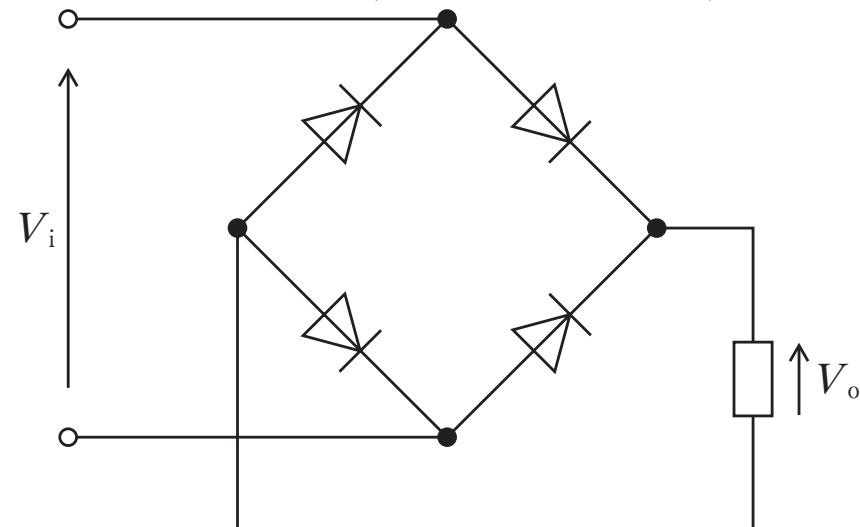


電源の電圧が負のとき
D1は点灯する。
このとき、電流が流れているD4とD5も点
灯している。

問題

- 図の回路に電圧 $V_i = 100\sin(10\pi t)$ [V] を入力した。出力電圧 V_o の実効値[V]はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとし、時刻tの単位は秒とする。（国家試験33回）

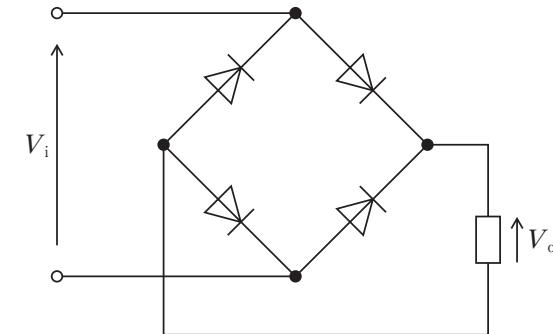
1. $10\sqrt{2}$
2. $\frac{100}{\sqrt{2}}$
3. 100
4. $100\sqrt{2}$
5. 200



問題

- 図の回路に電圧 $V_i = 100\sin(10\pi t)$ [V] を入力した。出力電圧 V_o の実効値[V]はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとし、時刻 t の単位は秒とする。（国家試験33回）

1. $10\sqrt{2}$
2. $\frac{100}{\sqrt{2}}$
3. 100
4. $100\sqrt{2}$
5. 200



V_o は全波整流波形である。正弦波交流と全波整流波形の実効値は同じなので $\frac{100}{\sqrt{2}}$ 。

別解：この回路は全波整流回路である。全波整流回路では、出力は正弦波の絶対値となる。全波整流の出力の周期は正弦波の周期の半分なので、 $T/2$ である。よって、平均電力は

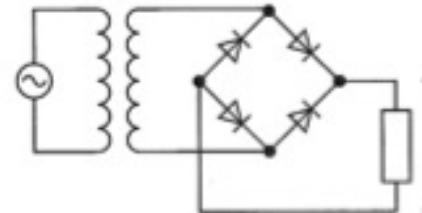
$$\begin{aligned}\bar{P} &= \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} \frac{V^2 \sin^2(\omega t)}{R} dt = \frac{2V^2}{TR} \int_0^{T/2} \frac{1}{2}(1 - \cos^2(2\omega t)) dt = \frac{V^2}{TR} \left[t - \frac{1}{2\omega} \sin 2\omega t \right]_0^{T/2} \\ &= \frac{V^2}{TR} \left[\frac{T}{2} - \frac{1}{2\omega} \sin \omega T + \frac{1}{2\omega} \sin 0 \right] = \frac{V^2}{TR} \times \frac{T}{2} = \frac{V^2}{2R} = \frac{V}{\sqrt{2}R} \frac{V}{\sqrt{2}} = I_e V_e\end{aligned}$$

電圧の実効値は $\frac{V}{\sqrt{2}}$ なので、 $\frac{100}{\sqrt{2}}$

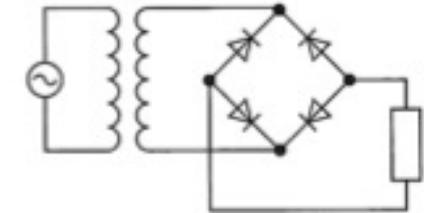
問題

- 全波整流回路として正しく動作するのはどれか。 (国家試験28,36回)

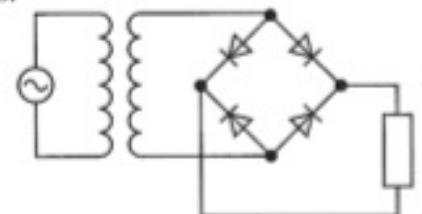
1.



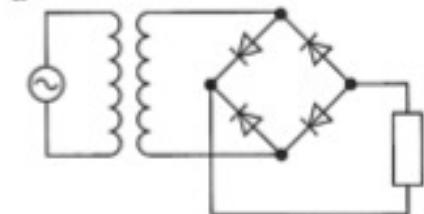
2.



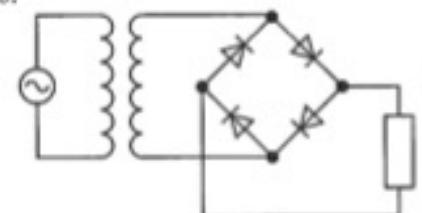
3.



4.



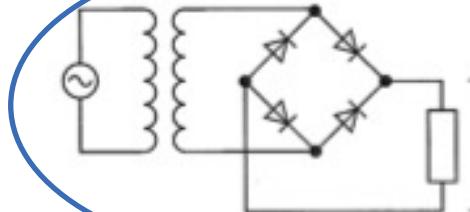
5.



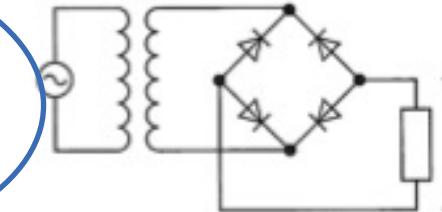
問題

- 全波整流回路として正しく動作するのはどれか。 (国家試験28回)

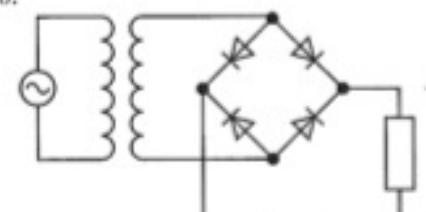
1.



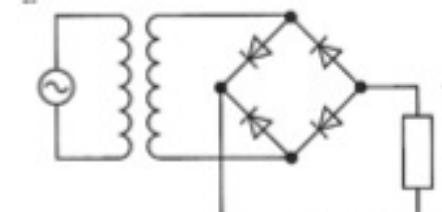
2.



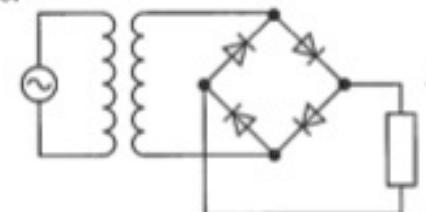
3.



4.



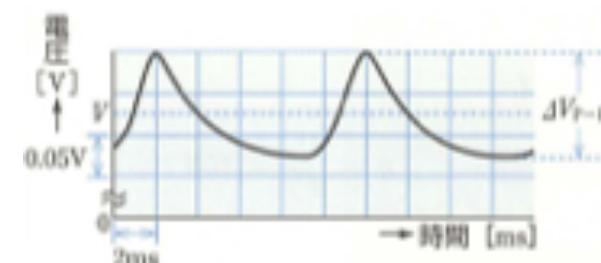
5.



平滑回路

■ 平滑回路とリップル

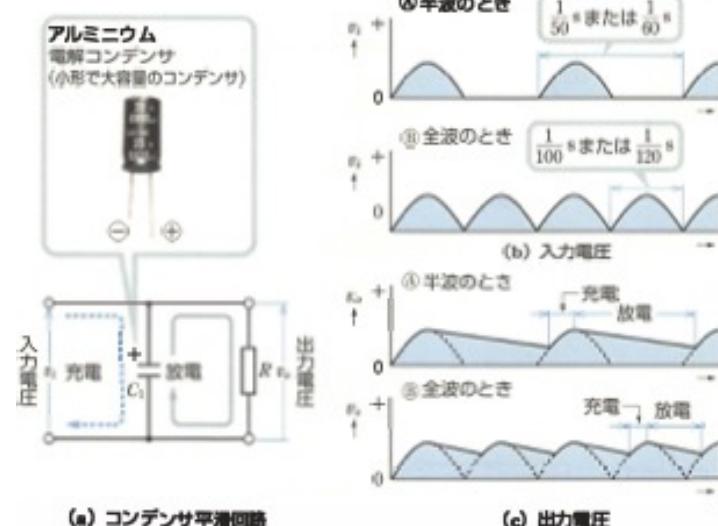
- ・半波整流回路も全波整流回路も出力は直流ではない。
- ・より直流に近づけるためには、交流成分（脈流）を軽減する平滑回路が必要となる。
- ・平滑回路とは、出力を直流に近づけるため、出力の凸凹を平らに、なめらかにする回路である。
- ・しかし、交流電源から直流を得る場合、完全な直流にならず交流成分が残ってしまう。
- ・この交流分をリップルと呼ぶ。



(高木茂孝, 鈴木憲次 電子回路概論)

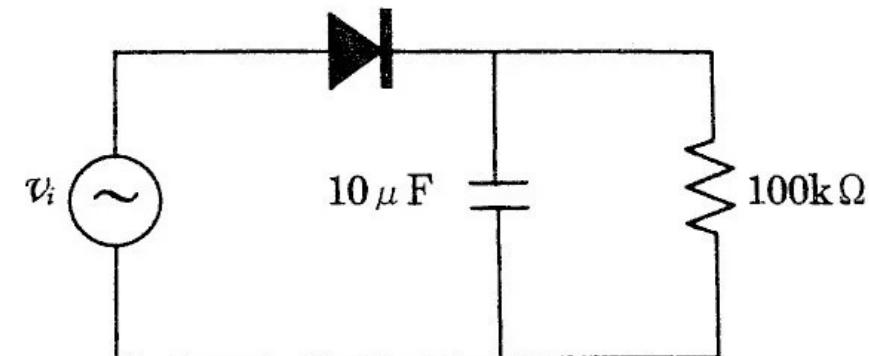
■ コンデンサ平滑回路

- 整流回路で整流された電流は直流電流ではなく、山が複数ある脈動電流である。
- 平滑回路により脈動電流を平にする（平滑）する。



■ 問題

- 図の回路について正しいのはどれか。ただし、ダイオードは理想的とし入力電圧 v_i は周波数50Hz振幅1Vの正弦波とする。(国家試験17回)
 - ダイオードにかかる電圧の最大値は約2Vである。
 - ダイオードに流れる電流は正弦波である。
 - コンデンサにかかる電圧の最大値は約1.4Vである。
 - コンデンサにかかる電圧は正弦波である。
 - 抵抗を $1\text{k}\Omega$ に変えるとコンデンサにかかる電圧のリップル(変動量)は減少する。

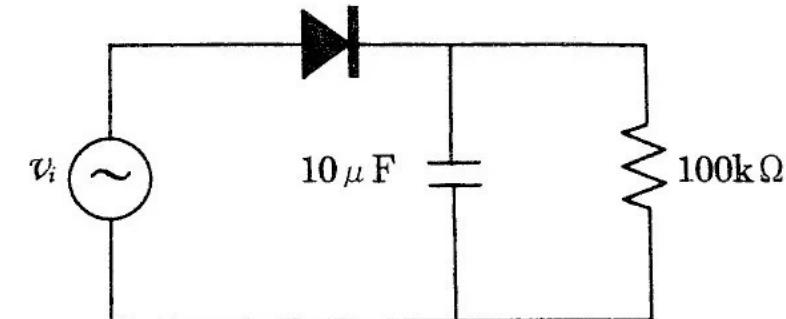


問題

- 図の回路について正しいのはどれか。ただし、ダイオードは理想的とし入力電圧 V_i は周波数50Hz振幅1Vの正弦波とする。(国家試験17回)
 - ダイオードにかかる電圧の最大値は約2Vである。
 - ダイオードに流れる電流は正弦波である。
 - コンデンサにかかる電圧の最大値は約1.4Vである。
 - コンデンサにかかる電圧は正弦波である。
 - 抵抗を $1k\Omega$ に変えるとコンデンサにかかる電圧のリップル(変動量)は減少する。

この回路は順バイアス時に充電し、逆バイアス時に放電する。順バイアス時には、電源と抵抗の間に妨げるものは無いため、電源の電圧とともにコンデンサの電圧も上がる。しかし、電圧が下がるときはコンデンサから放電がおきそうだが、逆バイアスのため、電流は全て抵抗に流れる(RC直列回路とみなせる)。

一方、RC回路の時定数は、 $10\mu F \times 100k = 1s$ である。これは信号の周期 ($\frac{1}{50} = 20ms$) よりも遥かに大きい。そのため、コンデンサの放電によるコンデンサの電圧の低下は考えなくて良い。



問題

- 図の回路について正しいのはどれか。ただし、ダイオードは理想的とし入力電圧 v_i は周波数50Hz振幅1Vの正弦波とする。(国家試験17回)

1. ダイオードにかかる電圧の最大値は約2Vである。

2. ダイオードに流れる電流は正弦波である。

3. コンデンサにかかる電圧の最大値は約1.4Vである。

4. コンデンサにかかる電圧は正弦波である。

5. 抵抗を $1\text{k}\Omega$ に変えるとコンデンサにかかる電圧のリップル(変動量)は減少する。

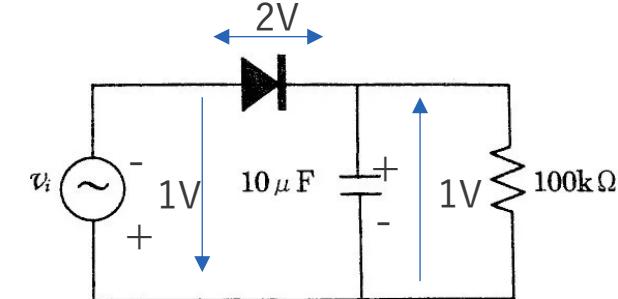
1. コンデンサの放電は充電に対し少ないので、十分時間が経てばコンデンサの電圧は約1Vを保つ。電源が負電圧のとき、図のような状況になる。電源で1V下がり、コンデンサでも1V下がるのでダイオードにかかる電圧は約2Vとなる。よって正しい。

2. 半波整流回路なので、ダイオードには半波整流が流れる。よって間違い。

3. 半波整流回路なので、コンデンサには振幅1Vの半波整流波形の電圧がかかる。よって間違い。

4. 半波整流回路なので、コンデンサにかかる電圧は正弦波ではない。よって間違い。

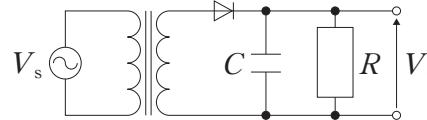
5. CR回路の時定数を大きくするとリップルは減る。時定数は CR で計算される。 $100\text{k}\Omega$ より小さくすると時定数は小さくなり、リップルは大きくなる。よって間違い。



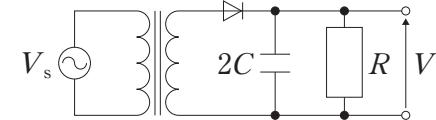
問題

- 出力電圧 V_o においてリップル率の最も小さい回路はどれか。 (30回)

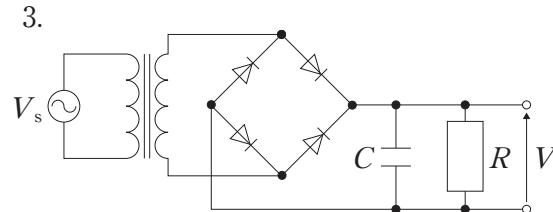
1.



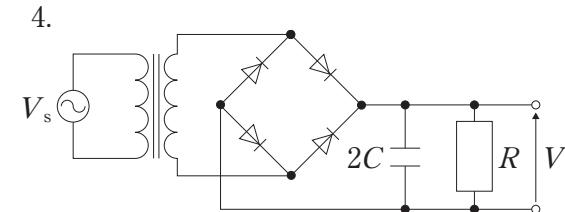
2.



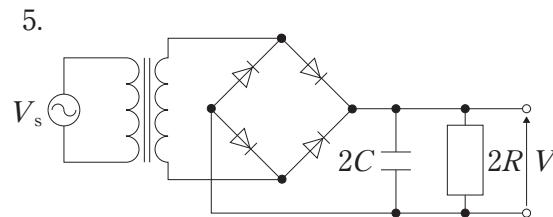
3.



4.

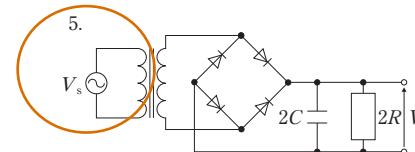
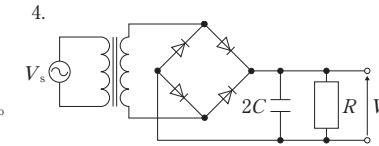
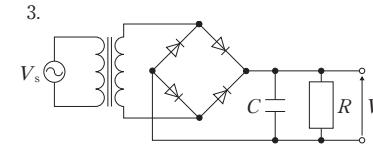
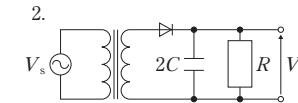
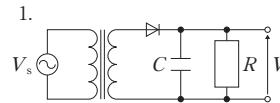


5.



問題

- 出力電圧 V_o においてリップル率の最も小さい回路はどれか。 (30回)



リップリとは直流成分ではない微小な変化のことである。つまり、より直流に近い波形を出力する回路を選べば良い。まず、全波整流のほうが直流に近いので、半波整流回路である1,3は間違いである。
平滑回路では、電源電圧が変動したとき、コンデンサにより充放電することで変動を吸収する。
CR回路に着目すると、CR回路の電圧変化の速さは時定数により表現できる。
時定数はCRなので、CRが大きければ大きいほど変動しにくい。
よって答えは5となる。