

電子工学

演習問題テキスト

桐蔭横浜大学

臨床工学科

電子工学 前期 授業計画

講座の目標：ME・国試合格をめざした電子工学の各項目トレーニング

- ・記憶を超えて定着から反射へ、そして記憶領域はその他の知識のために空ける。

	講義日	講義内容	備考
1	月 日	1 講. 直流回路と交流回路実力試験	
2	月 日	2 講. フィルタ回路	
3	月 日	3 講. ダイオード回路 (ダイオードと整流回路)	
4	月 日	4 講. ダイオード回路(クランプ・リミッタ・クリップ回路)	
5	月 日	5 講. オペアンプ (反転、非反転増幅回路)	
6	月 日	6 講. オペアンプ (差動増幅、微積分回路)	
7	月 日	7 講. 増幅器 1 (db 計算)	
8	月 日	8 講. 増幅器 2 (db 計算)	
9	月 日	9 講. デジタルの基礎	
10	月 日	10 講. 論理回路	
11	月 日	11 講. AD/DA 変換回路	
12	月 日	12 講. カウンタ回路とパルス発振回路	
13	月 日	13 講. 電子回路部品・半導体センサ	
14	月 日	14 講. トランジスタと FET	
15	月 日	定期試験	
16	月 日	(試験期間中) 追試等を含む	

評価基準

- 1) 出席点は 2 欠回までは合格,3 回からは特別な理由を除き原則不合格とし,遅刻 2 回で 1 欠扱いとする。
- 2) 定期テストは 100 点満点換算で 80 点 (80%) 以上を合格とする。(それ以下は追試で再評価)
- 3) 1 枚のプリントを 10 分以内でほぼ完全に解答できるように、次回までに復習をする習慣を付ける。
1～2 枚のプリントをいつも持ち歩き、復習や見直しをしたらカレンダー等にチェックするとよい。
(休み時間や通学時、帰宅後などでよい。時間は段階的に 20→10→数分程度の時間、集中して行う)

はじめに

ME 技術実力試験や国家試験の合格をめざすみなさんが、どのように ME や国家試験を突破する力をつければいいのか、そのポイントについて解説します。これらの試験は定期試験のように一夜漬けなどの勉強方法でやろうとしたら範囲が広くて時間が足りません。ですから、計画的な受験勉強形の学習方法が必要です。つまり、合格テクニックとして、少々計算が面倒な電気・電子分野の知識は、早い段階で記憶を超えて体に定着させることが得策です。そうすれば、試験が近づくにつれて、存分に医療系の問題に力を注ぐことができるからです。

これらの試験は医療の職場で共に働く人材の最低条件として、学習姿勢やある課題に対してまじめに継続的な取り組みができるかどうかと問われていると考えてください。

それでは、電気・電子系の問題に取り組む前に、問題の特徴を把握してみましょう。電気・電子系の問題は、

- ・ まず、問題の一つひとつは決して難しい問題ではない。
- ・ 解答するために計算や考え方が必要なため、1対1の暗記のようにできない。
- ・ 範囲が広いので短時間での詰め込みが難しい、または敬遠される。

ということです。

この3点をしっかり理解して、これらをクリアする方法を身に付け、継続的な努力を続ければ、この分野は多くの人が8割（80点）はできるようになります。

その対策方法としては、

- ・ 解法を理解したら、習慣的に短い時間で繰り返す。（スポーツの基礎トレーニングのように）
- ・ 電気・電子系の科目は時間の余裕のある間に記憶を超えて定着させておく。

つまり、日常的に演習問題を見たり、解くことを習慣として行えるようにすることがポイントで、合格への近道です。体が慣れるまで、最初は大変でも決まったサイクルで頑張っ繰り返すことです。数週間もすれば習慣化できるので、自然と解法や考え方が体に定着し、電気系問題がスラスラできるようになります。これは、スポーツの基礎トレーニングと全く同じです。日々のトレーニングで、“記憶を超えて定着から反射へと変えていきます”。このようにすることで、記憶容量に余裕が生まれ、その余った力で十分に医療系問題に力を注ぐことができるようになります。

日々の小さな努力の継続が最も大切です。飛躍を期待しています。

平成30年4月10日
森下 武志

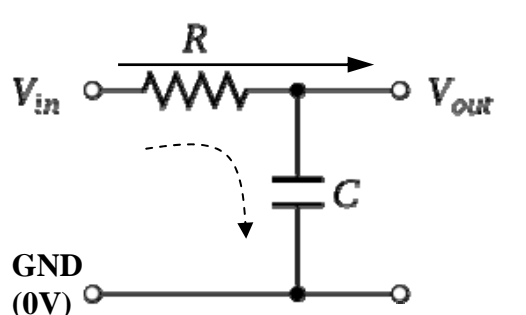
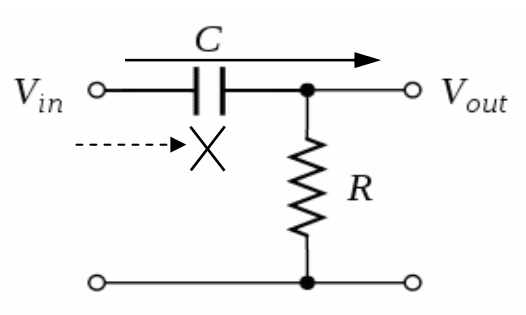
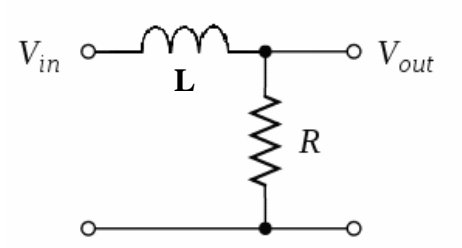
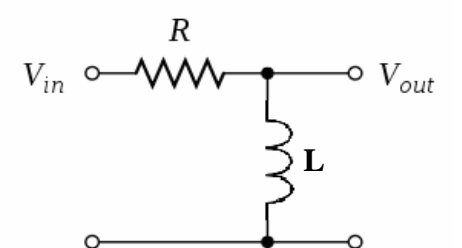
(1) フィルタ回路とは

フィルタ (ろ過) とは、ある特定の**必要な周波数成分だけを通して、不要なものを通さない回路**をいいます。従って、電子回路の分野のフィルタという場合、周波数を基本としたフィルタを考えます。

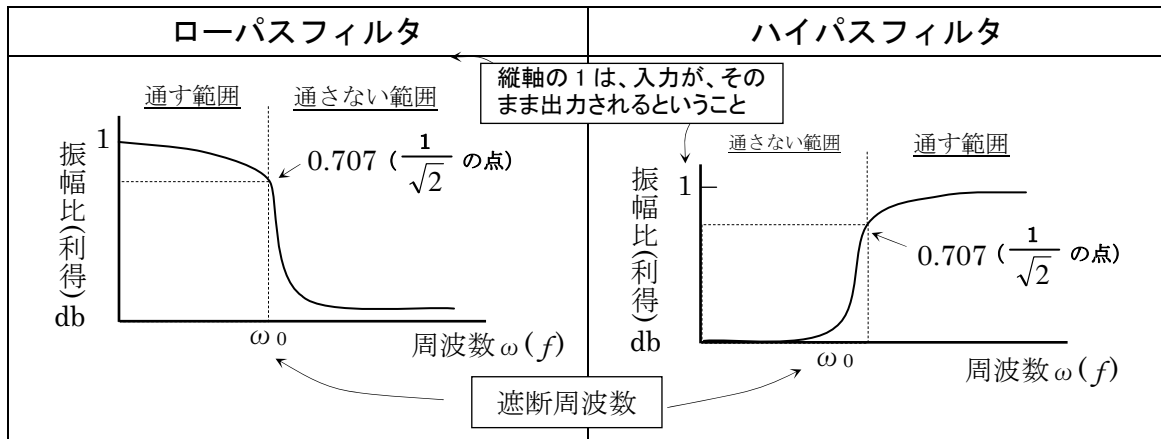
つまり周波数によって状態が変化するので周波数特性(グラフ)を把握することが大切です。周波数特性は下記のように**横軸に周波数**を、**縦軸に利得**(ゲインといい、入力と出力の比率です)をとったグラフを書きます。

また周波数特性と共に**位相特性**も必要になります。これは横軸に周波数を縦軸に位相をとったグラフになります。RとCの回路ですから当然位相はズレます。

また、フィルタ回路を大別すると、**ローパスフィルタ**と**ハイパスフィルタ**に分けられます。ローパスフィルタは低い(ロー)周波数だけを通す(パス)フィルタであり、ハイパスフィルタ高い周波数だけを通すファイタ回路です。

<p style="text-align: center;">ローパスフィルタ (積分回路や平滑回路もこれと同じ回路の形)</p>	<p style="text-align: center;">ハイパスフィルタ (微分回路はこれと同じ回路の形)</p>
<p>・ 低周波数だけが V_{in} から V_{out} へ通過</p>  <p>周波数が高くなると(点線部)、Cが導通状態(ただの線)になり、電位がGND(0V)レベルに落ちてしまう。 (V_{out} 端子が下の線と直結状態)</p>	<p>・ 高周波数だけが V_{in} から V_{out} へ通過</p>  <p>周波数が低くなると(点線部)、Cが絶縁状態になって、電気が通れない。</p>
<p>同じ働き(等価回路)のローパスフィルタ</p> 	<p>同じ働き(等価回路)のハイパスフィルタ</p> 
<p>抵抗の位置が逆になって、コンデンサとコイルが逆になっている(逆逆の関係)。</p>	

フィルター回路の周波数特性 (グラフで理解する)



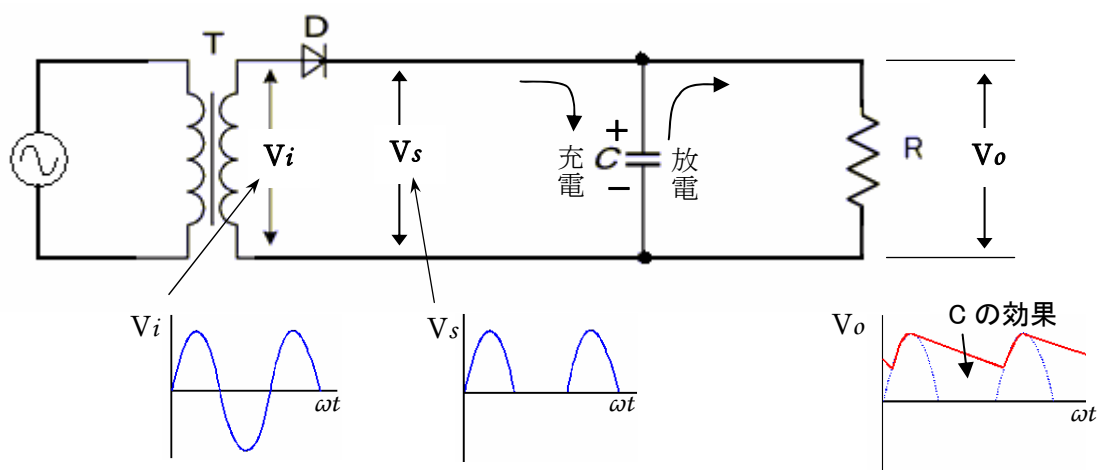
上図のように“通す、通さない範囲”の特定状態(この場合 $1/\sqrt{2}$)に至るまでの時間は、 R と C の積で表せられ、 $T = CR$ [s] で求められ、時定数という。

また、 $f = \frac{1}{2\pi CR}$ [Hz] を遮断周波数という。(∵ $\omega = \frac{1}{CR}$ (重要パラメータ))

例えば、 R - C 直列回路で、 $R=1\text{M}\Omega$ 、 $C=0.1\mu\text{F}$ のとき、時定数を求めよ。とあったら、 $T = CR = 1 \times 10^6 \times 0.1 \times 10^{-6} = 0.1$ [s] となります。

(2) 整流回路と平滑回路 (詳細は次回の講義で)

交流から直流に変換する整流回路では、交流の脈動を減らすために、コンデンサの充放電の特性を生かした平滑回路を用います。これは、一種の“ローパスフィルタや積分回路(太らせる)”と見ることもできます。



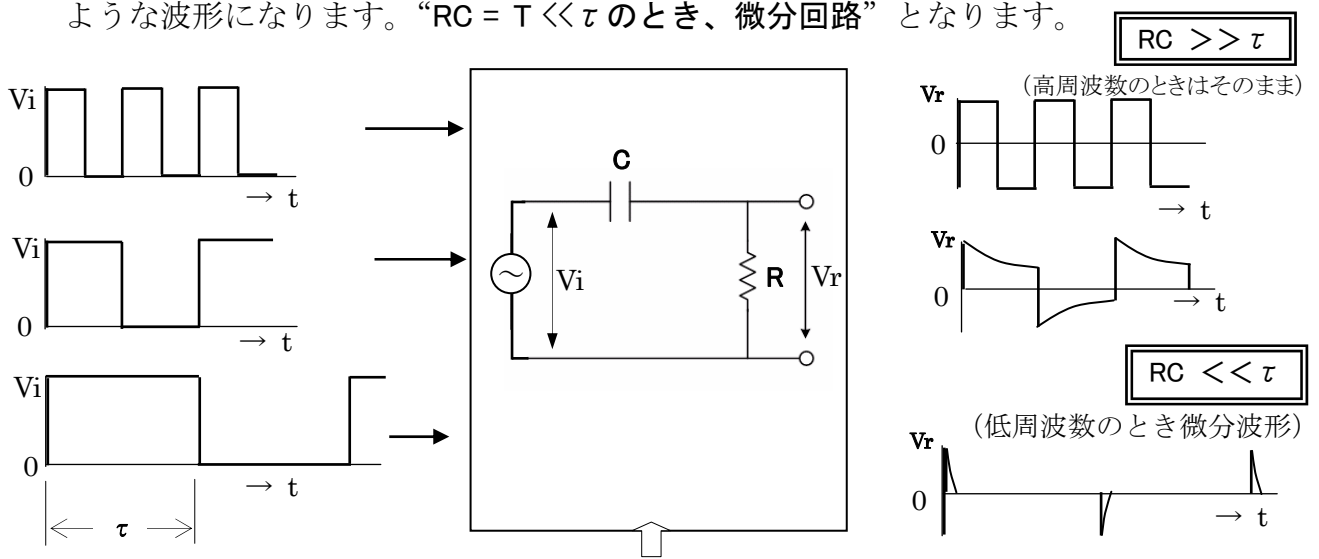
整流ダイオード D のすぐ後ろにコンデンサ C を並列に接続し、コンデンサの充放電電流によって平滑作用を行わせるこの回路を平滑回路と呼んでいます。コンデンサ C の静電容量が大きいほど直流に近づきますが、充電時の突入電流が大きくなるため、ダイオードなど部品の耐圧が課題となります。

パルス回路（第2回講義（3））

パルス波とは、継続時間が極めて短く、一定の周期で繰り返される電圧や電流波をいいます。パルス波には、電圧や電流の成分が正の**正パルス**と成分が負の**負パルス**があり、また波形の形状が尖鋭なパルスを**ピーク波**、あるいは**スパイク波**と呼んでいます。

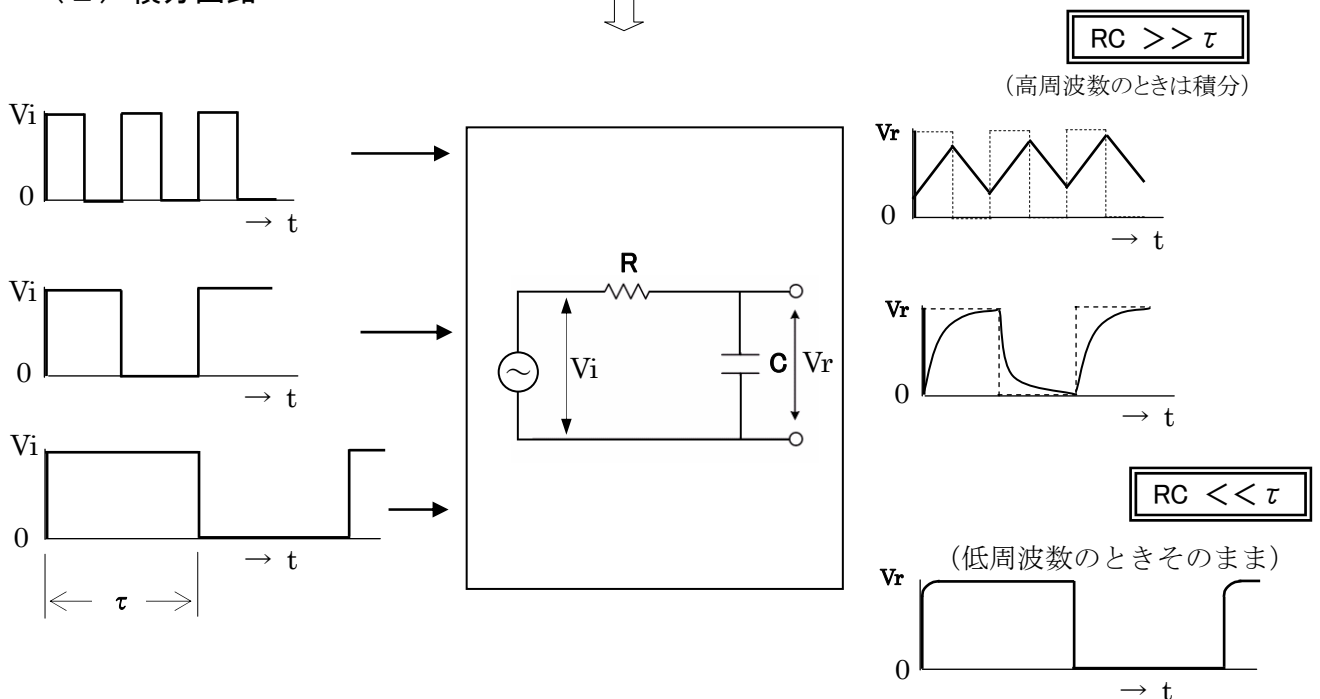
（1）微分回路

下図の C-R 直列回路にパルス幅の異なる 3 種類のパルス波の入力を別々に加えると、抵抗 R の両端の電圧波形は、時定数 $T=CR$ とパルス幅 τ の関係で右下のような波形になります。“ $RC = T \ll \tau$ のとき、微分回路” となります。



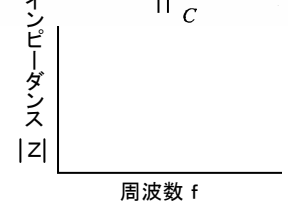
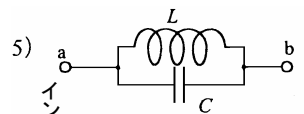
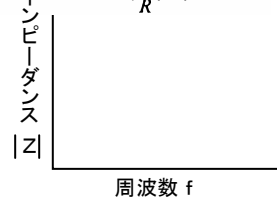
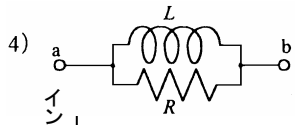
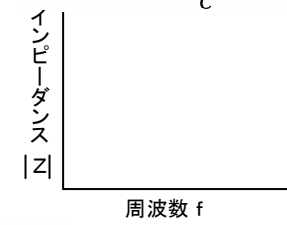
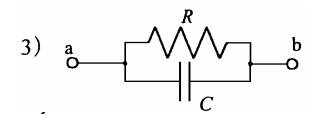
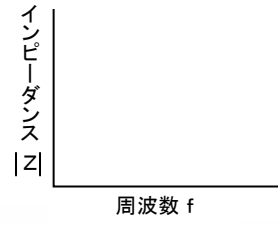
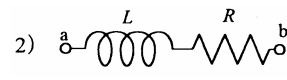
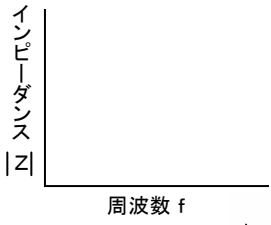
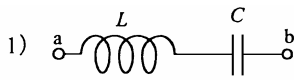
周波数を一定で、R や C の値で T を変えても当然関係は同じ

（2）積分回路

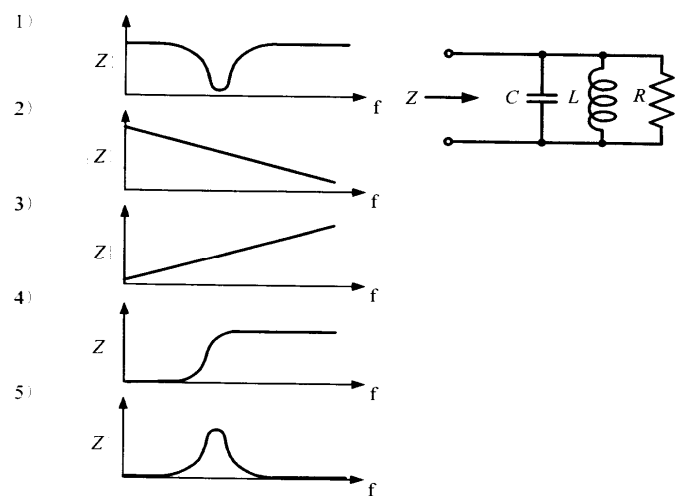


交流回路（フィルタ回路）

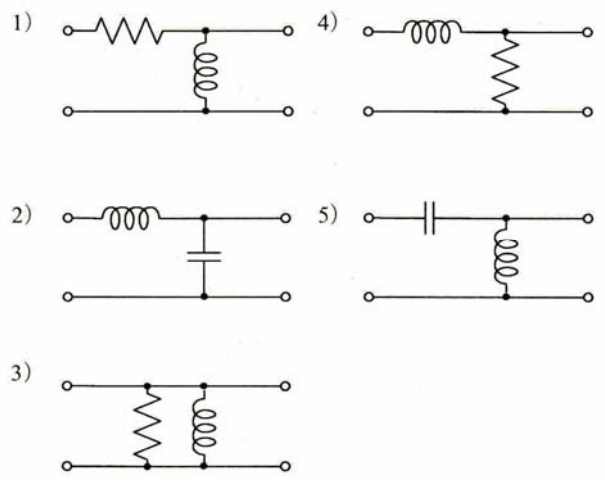
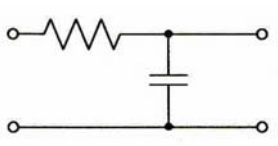
【問題 21-30 類似】 端子 ab 間のインピーダンスの大きさ ($|Z|$) を縦軸に、周波数 (f) を横軸にとって、それぞれの回路特性グラフを描きなさい。



【問題 24-24】 図に示す回路のインピーダンスの大きさの周波数特性はどれか。ただし、横軸は周波数、縦軸はインピーダンスの大きさ $|Z|$ とする。



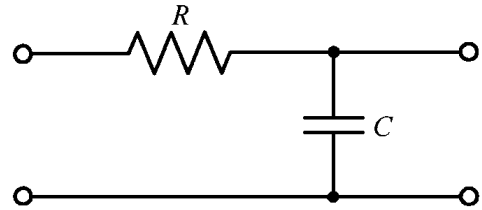
【問題 25-29】 図の回路と同様なフィルタ特性を示す回路はどれか。



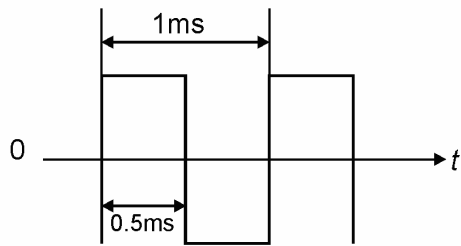
交流回路（フィルタ回路）

【問題 2 3 - 2 8】 図の回路について誤っているものはどれか。

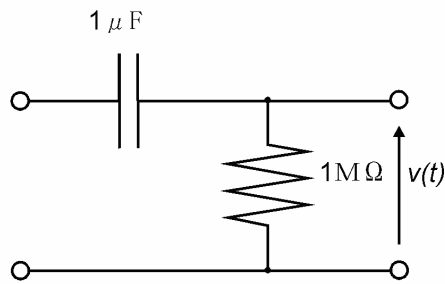
- 1) 時定数は CR である。
- 2) 遮断周波数は $\frac{1}{2\pi CR}$ である。
- 3) 積分回路としても使用できる。
- 4) 入出力間に周波数に依存した位相ずれを生ずる。
- 5) 遮断周波数より低い周波数を減衰させる。



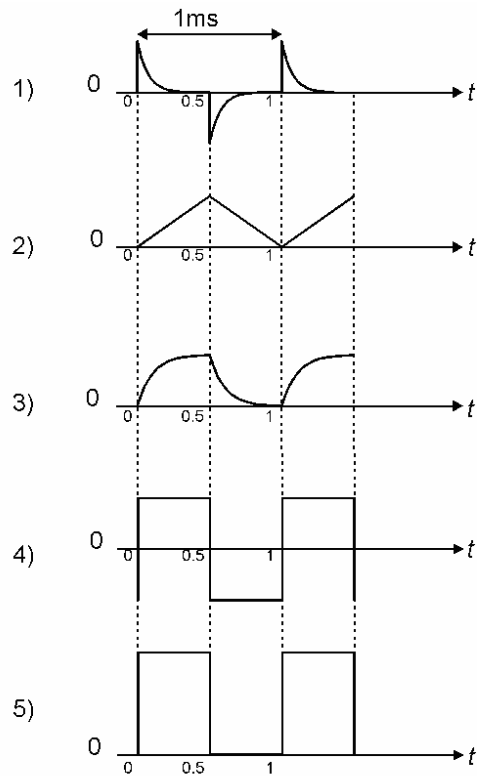
【問題 2 8 - 2 4】 図 a の周期信号(周期 1ms)を図 b のフィルタに入力した。出力電圧 $v(t)$ に最も近い波形はどれか。



図a 周期信号

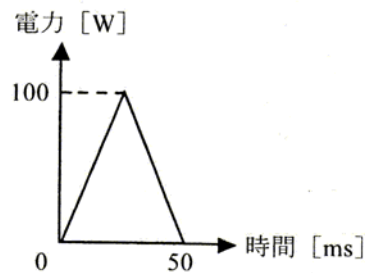


図b フィルタ



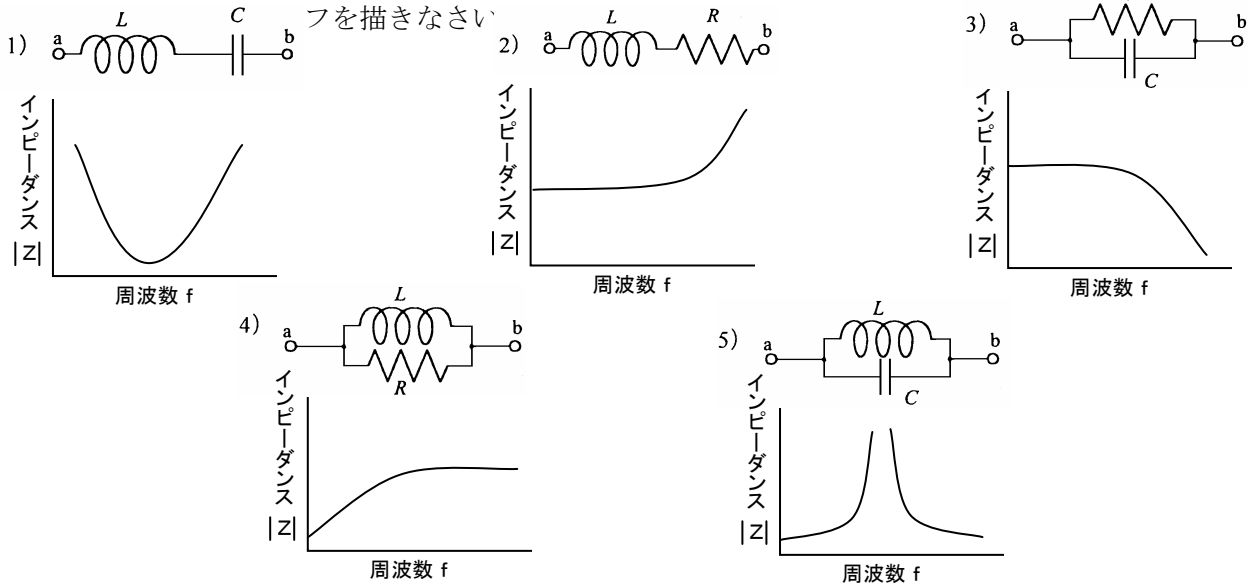
【問題 2 5 - 4 0】 図のように電力パルス波がある。このパルスのエネルギーは何 J か。

- 1) 2.5
- 2) 5
- 3) 25
- 4) 500
- 5) 2000

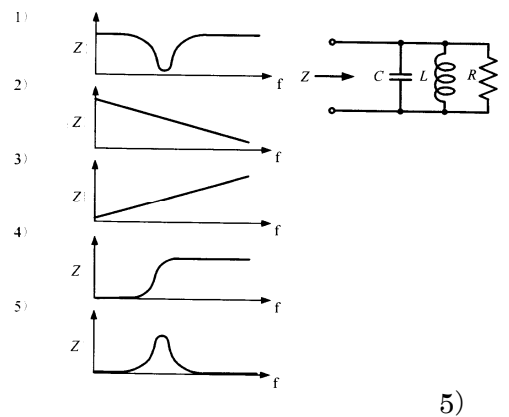


交流回路（フィルタ回路）

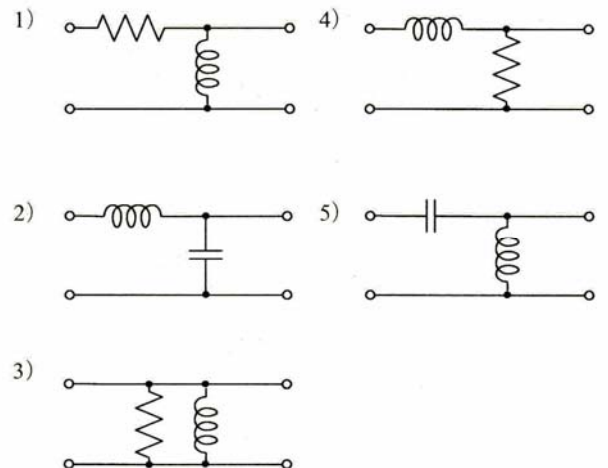
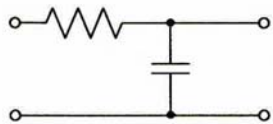
【問題 21-30 類似】 端子 ab 間のインピーダンスの大きさ ($|Z|$) を縦軸に、周波数 (f) を横軸にとって、



【問題 24-24】 図に示す回路のインピーダンスの大きさの周波数特性はどれか。ただし、横軸は周波数、縦軸はインピーダンスの大きさ $|Z|$ とする。



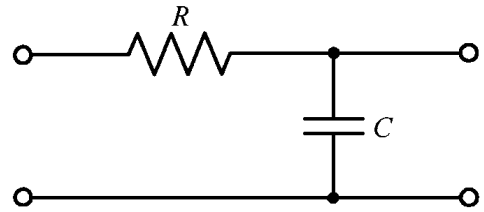
【問題 25-29】 図の回路と同様なフィルタ特性を示す回路はどれか。



交流回路（フィルタ回路）

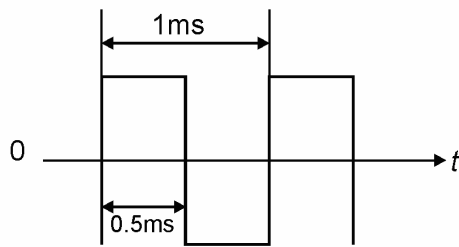
【問題 23-28】 図の回路について誤っているものはどれか。

- 1) 時定数は CR である。
- 2) 遮断周波数は $\frac{1}{2\pi CR}$ である。
- 3) 積分回路としても使用できる。
- 4) 入出力間に周波数に依存した位相ずれを生ずる。
- 5) 遮断周波数より低い周波数を減衰させる。

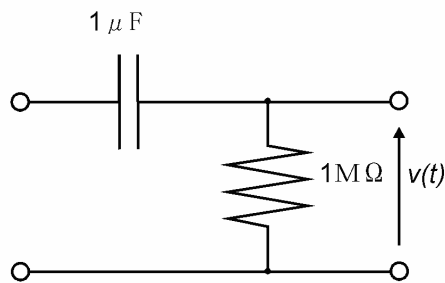


5)

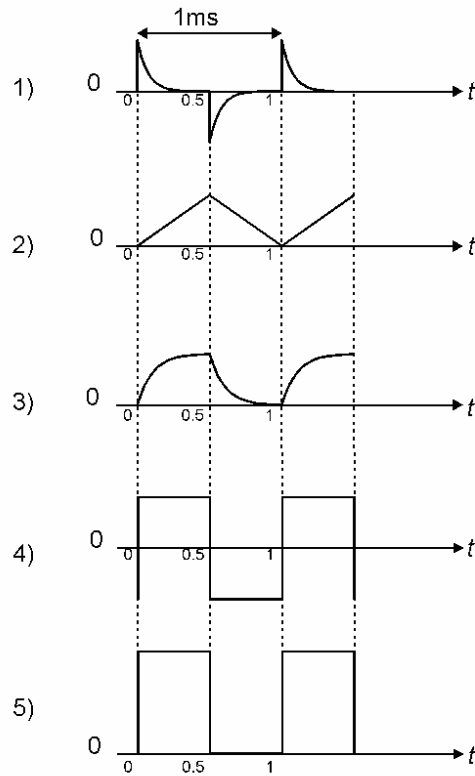
【問題 28-24】 図 a の周期信号(周期 1ms)を図 b のフィルタに入力した。出力電圧 $v(t)$ に最も近い波形はどれか。



図a 周期信号



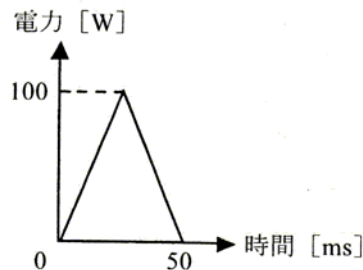
図b フィルタ



4)

【問題 25-40】 図のように電力パルス波がある。このパルスのエネルギーは何 J か。

- 1) 2.5
- 2) 5
- 3) 25
- 4) 500
- 5) 2000



1)

【1】 ダイオード (Diode) の問題に取り組む前に

1) ダイオードとその性質

一つの結晶体において、左半分が p 形⇔正、右半分が n 形⇔負 の構造になっている半導体を “pn 結合形ダイオード”、単に “ダイオード” といいます。

p 形 ⇔ 正、○白丸(正孔)(電子が抜けたイメージ) ←これを正のキャリアと呼ぶ。
(ポジティブ ホール)

n 形⇔負、●黒丸(自由電子)(電子(粒)のイメージ) ←負のキャリアと呼ぶ。
(ネガティブ チャージ)

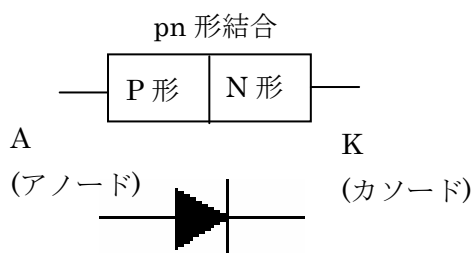
この性質があるため、

p 側へ正の電圧を加えると、正と正のホール○が反発方向へ移動 ⇒ n 側へ到達
n 側へ負の電圧を加えると、負と負の電子●(自由電子)が反発し移動 ⇒ p 側へ到達
よって、正のホール○と負の電子が混ざりあり、移動できる⇒ 電流となる。

逆に、

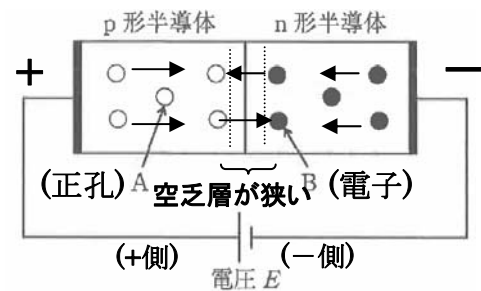
p 側へ負の電圧を加えると、正のホール○と引き合う ⇒ p 側の電極へ集中
n 側へ正の電圧を加えると、負の電子●(自由電子)と引き合う ⇒ n 側の電極へ集中
よって、電極側へキャリア (粒) が分極してしまうので、電気は流れない。

図に示すように、ダイオードはアノード A 側に+側の電圧、カソード K 側に-の電圧を加えたとき、電流を流します。この電圧方向を「順方向電圧」といい、ここで流れる電流を「順方向電流」といいます。

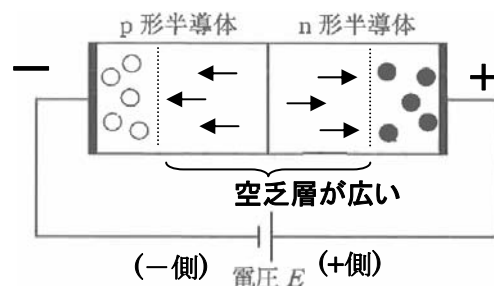


ダイオードの図記号

p 型側に正の電圧を加えた場合



n 型側に正の電圧を加えた場合



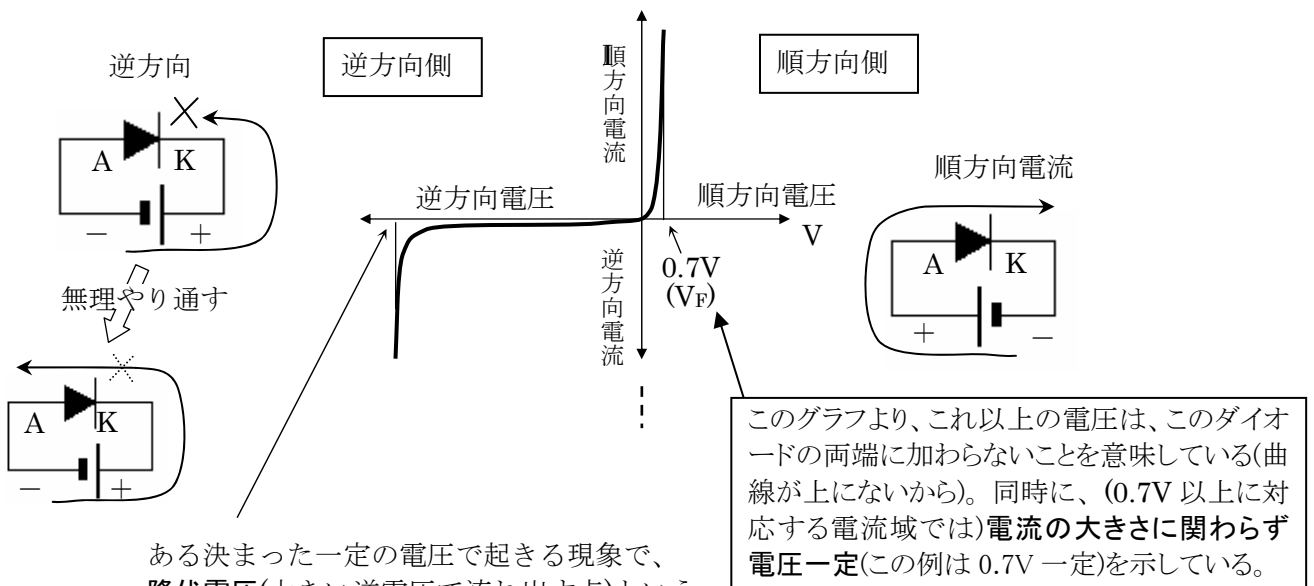
ダイオード回路

ダイオードの種類によって多少異なりますが、下図のようにシリコンダイオードの場合、0.7Vを境に急激に電流を流す特徴があります。これはy軸側から見方を変えれば、**流れる電流に関係無くほぼ一定の電圧(0.7V)**であることもわかります。

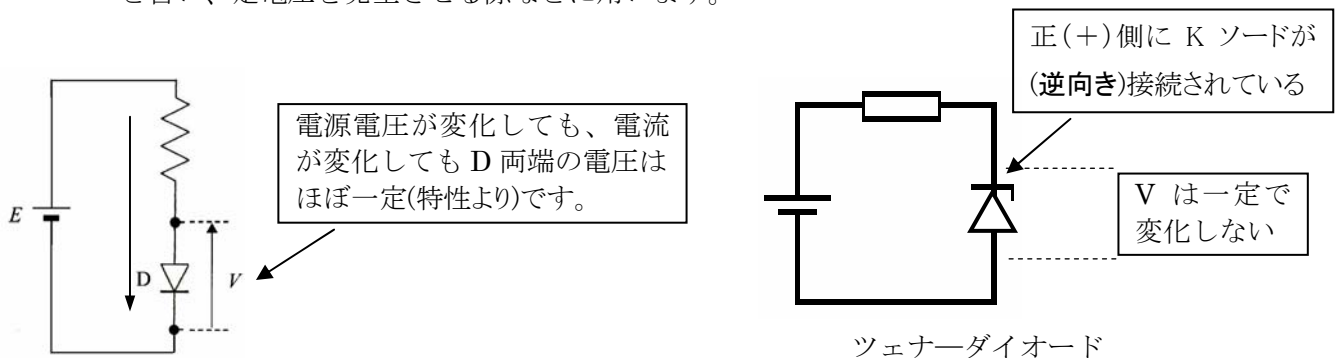
この作用を利用すれば、ダイオードを用いて一定の電圧(定電圧)を得ることができます。(抵抗値の変化などで電流が変化しても、ダイオード間の電圧は一定となる)

一方、カソードK側が+ (正) でアノードA側が- (負) の“逆方向の電圧”を加えたとき「**逆方向電圧**」といい、このとき「**逆方向電流**」は電流を流しません。この様に一方方向だけに電流を流す作用を「**整流作用**」といい、交流を直流に変化する回路などに利用されます。

ただし、意図して限界を超えるような大きな逆方向の電圧を加えた場合、無理に流せるようになる電圧のポイントがあります。この逆方向に流れ出した電圧を“**降伏電圧**”または“**ツェナー電圧**”といいます。この特性を意図的に利用するダイオードを“**ツェナーダイオード**”といい、これには逆方向に電圧を加えます。この回路で電源電圧が降伏電圧(ツェナー電圧)を超えると回路に電流を流します。同時にツェナーダイオード間の電圧は常に一定の電圧(定電圧)となります。



ある決まった一定の電圧で起きる現象で、**降伏電圧**(大きい逆電圧で流れ出す点)という。この作用を利用したダイオードをツェナーダイオードと言ひ、定電圧を発生させる際などに用います。

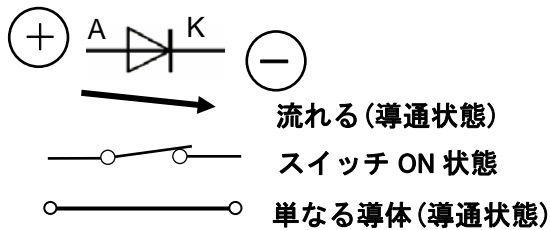


1、(理想的な)ダイオード」の基本動作を理解する

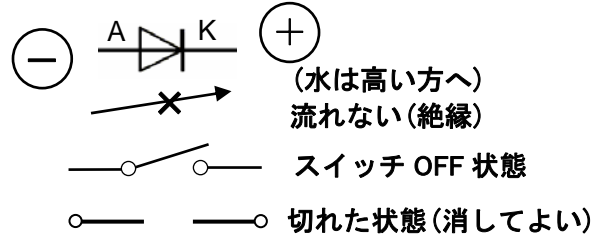
【考え方1】 ダイオードは“A(アノード)からK(カソード)に流す”

- ・ 順方向電圧に対して、抵抗 0Ω (単なる導体として見る、スイッチ ON として考える)
- ・ 逆方向電圧に対して、抵抗 ∞ (電流は流れない絶縁体(切れた状態)、スイッチ OFF)

順方向の場合 (A側が+)



逆方向の場合 (K側が+)

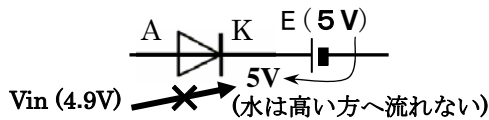


【考え方2】 電池等を含む場合は、“場合分け”し、“Aの電位がKより高ければONになる、電位差スイッチ”と考える

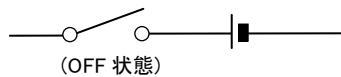
E (=5V で逆電圧)の例

“5V で場合分け”

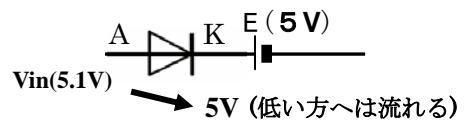
(場合1) V_{in} (電源側)が5V 以下の時



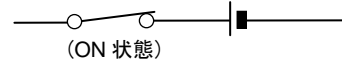
K側が大きいからダイオードはOFF状態



(場合2) V_{in} (電源側)が5V 以上の時



A側が大きいからダイオードはON状態



つまり、切れた状態(消してよい)



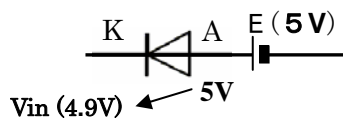
つまり、単に電池の回路になる



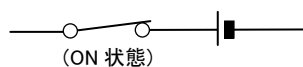
E (=5V の順電圧)の例

“5V で場合分け”

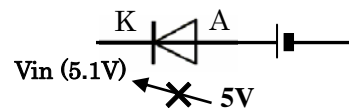
(場合1) V_{in} (電源側)が5V 以下の時



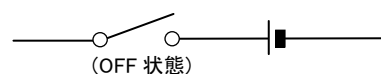
A側が大きいからダイオードはON状態



(場合2) V_{in} (電源側)が5V 以上の時



K側が大きいからダイオードはOFF状態



つまり、単に電池の回路



つまり、(消してもよい)



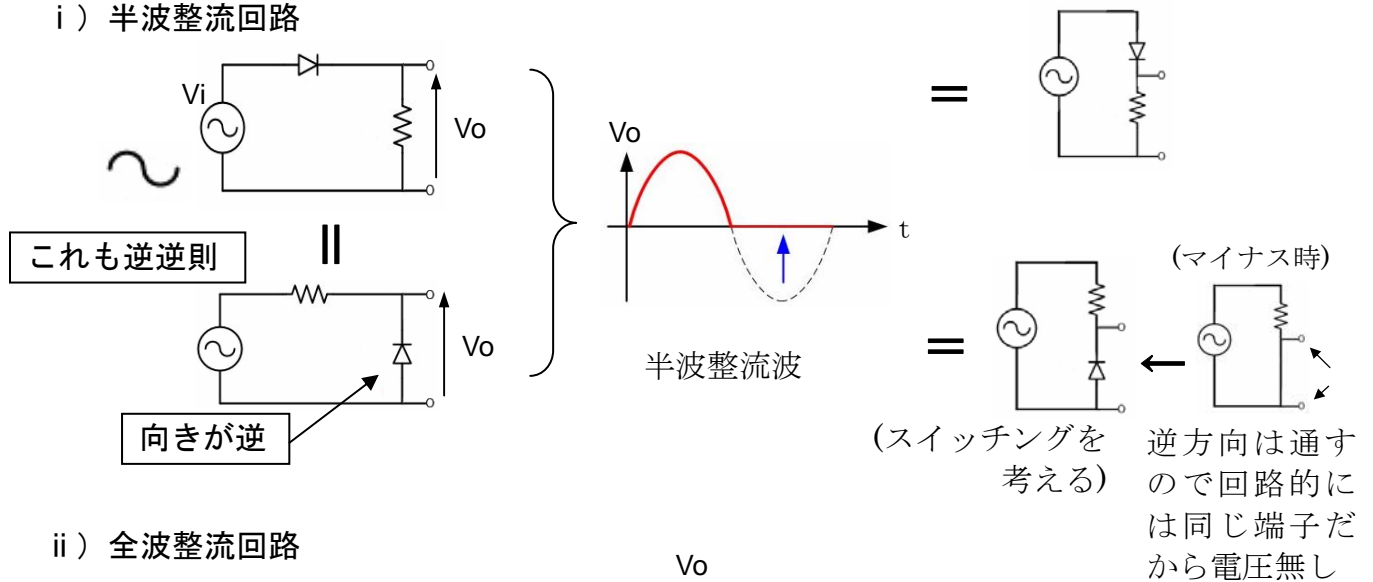
※上記の2つの例で、もし電池が逆に接続されている場合は5Vを「-5V」と考えること

3、整流回路と平滑回路

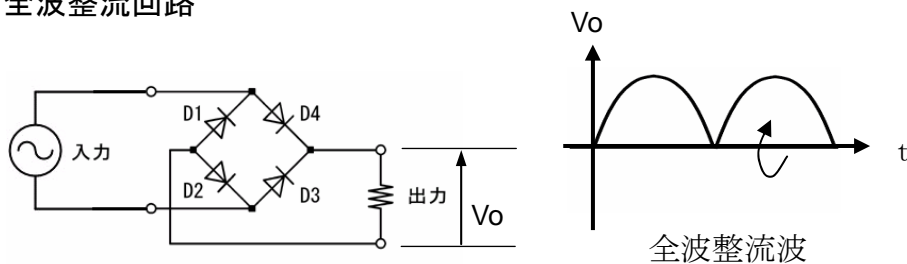
ダイオードの用途として、家庭用の商用交流から直流電源を得る AC アダプタなどがあります。これには、ダイオードを利用した**整流回路**と**平滑回路**を用います。

【整流回路】

i) 半波整流回路

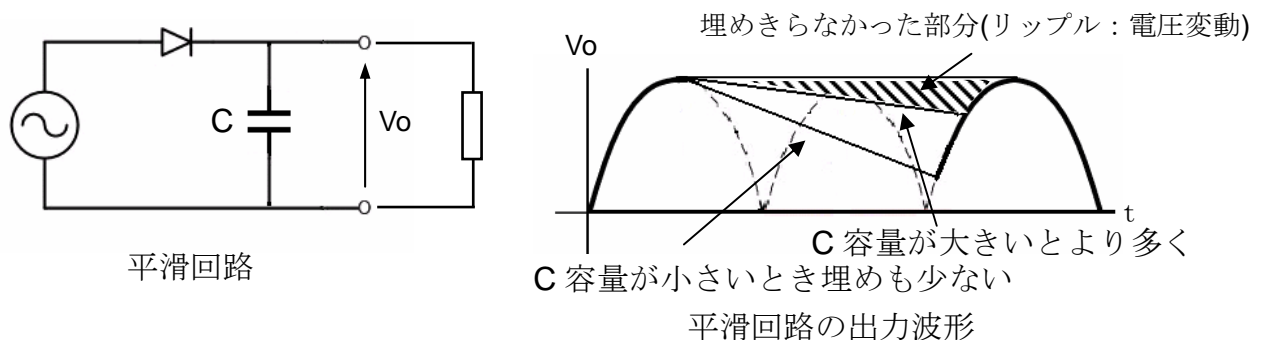


ii) 全波整流回路



【平滑回路：谷を埋める働き(フィルタと似ているが回路の目的が異なるので別回路)】

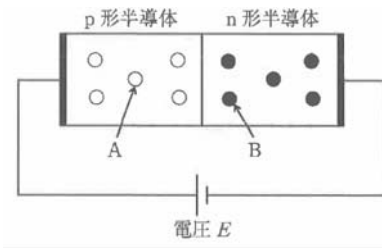
平滑回路は、交流の正側(プラス側)に集められた波形の山を、“一定(直流)にならず”回路で、この作用を「平滑」といい、この回路を「平滑回路」といいます。この回路は下図のようにコンデンサ C を並列に接続します。図において、 C が大きいほど平滑作用は大きくなります(C の充電量が多ければ、より谷間を埋められるから)。つまり、より直流に近づけることができるので、電圧変動(リップル)を抑えることができます。 C で埋めきれない谷間部分を電圧変動(リップル)といいます。



ダイオード回路

【29AM51】 図の pn 接合で正しいのはどれか。

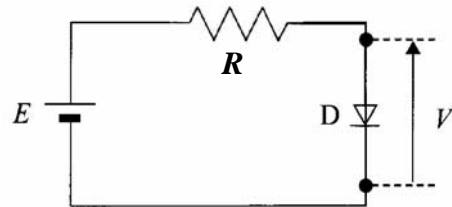
- a. 多数のキャリア A は正孔である。
- b. 多数のキャリア B は正極の方向へ移動する。
- c. 電圧 E を高くすると電流は増加する。
- d. 電圧 E を高くすると空乏層が大きくなる。
- e. 電圧 E を高くすると降伏現象が生じる。



1. a,b,c 2. a,b,e 3. a,d,e 4. b,c,d 5. c,d,e

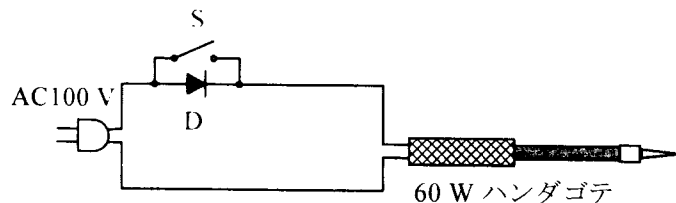
【演習問題】 ドロップ電圧が 0.7V のダイオード D を図の回路に使用し、電源電圧 E を 5V に設定したら回路を流れる電流が 10 mA であった。次に、この電源電圧 E を 10V に設定したら、この回路に流れる電流が 20 mA になったとき、ダイオード両端の電圧 V は、およそ何 V になるか。ただし、ダイオード D は理想ダイオードとする。

- 1) 0.7
- 2) 1.4
- 3) 4.3
- 4) 5.0
- 5) 9.3

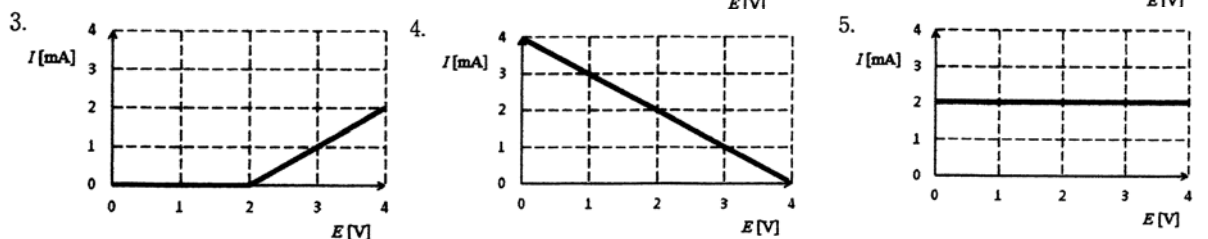
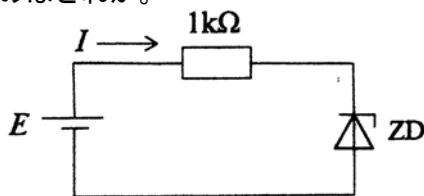


【問題 24-26】 図のようなハンダゴテ過熱防止装置を作って、60W (100V 用) のハンダゴテを接続した。スイッチ S をオフ状態にすると、ハンダゴテはいくらの電力を消費するか。ただし、D は整流用ダイオードで、その抵抗は無視でき、また、ハンダゴテの抵抗は変化しないものとする。

- 1) 50 W
- 2) 42 W
- 3) 30 W
- 4) 21 W
- 5) 15 W



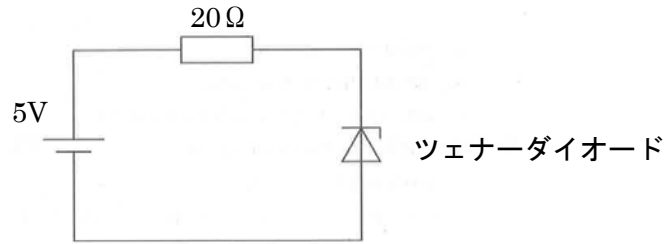
【統一模試 PM50】 ツェナー電圧 2 V の理想的ツェナーダイオード (ZD) を含む図回路の電圧—電流特性で正しいのはどれか。



ダイオード回路

【30PM53】 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 20Ω の抵抗に流れる電流[mA] はどれか

1. 0
2. 100
3. 150
4. 250
5. 400



【29PM52】 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。

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

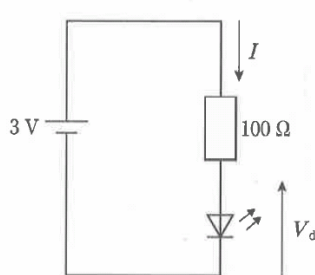


図1

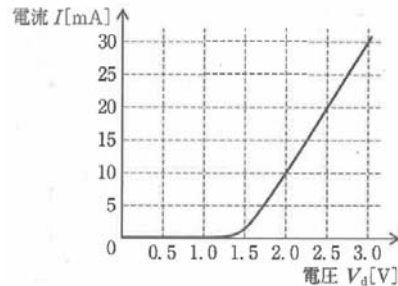
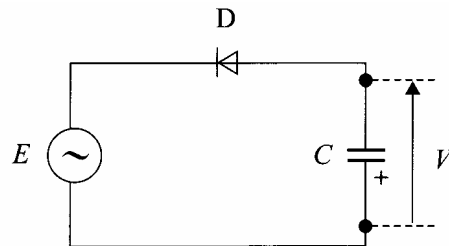


図2

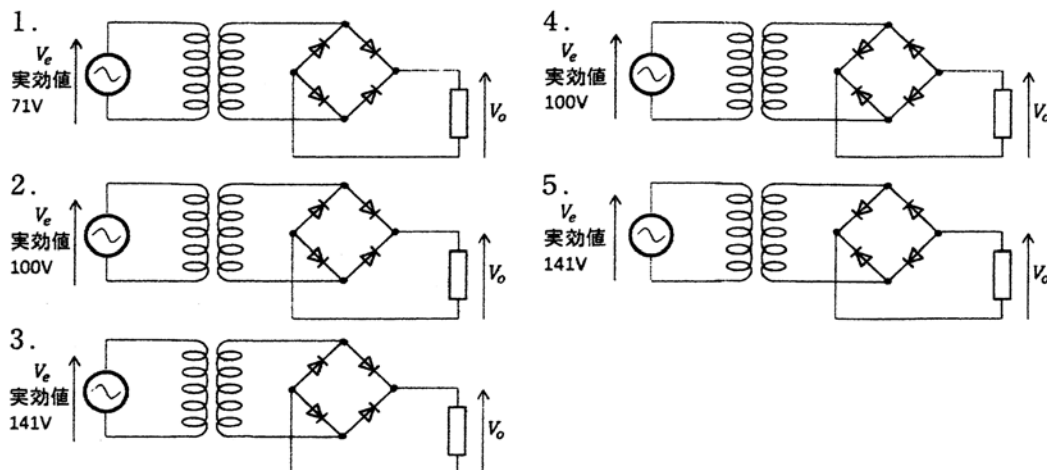
【問題 31-33】 図の回路で電圧 V はおよそ何 V になるか。ただし、ダイオード D は理想ダイオードとする。

- 1) -140
- 2) -100
- 3) 0
- 4) 100
- 5) 140



E : 実効値 100V, 50Hz 正弦波交流電圧源
 C : $10\mu\text{F}$ のキャパシタ

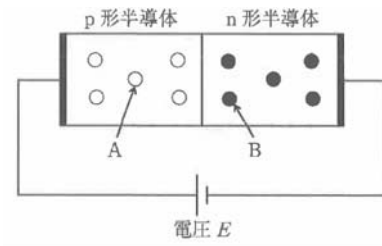
【統一模試 PM51】 交流電源電圧 V_e (実効値) が図中の値であるとき、出力電圧 V_o の最大値が約 141V となる全波整流回路はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとし、電源電圧 V_e の周波数は 50Hz、また、変圧器も理想変圧器で、巻数比は一次側対二次側を 1 : 1 とする。



ダイオード回路

【29AM51】 図の pn 接合で正しいのはどれか。

1. 多数のキャリア A は正孔である。
2. 多数のキャリア B は正極の方向へ移動する。
3. 電圧 E を高くすると電流は増加する。
4. 電圧 E を高くすると空乏層が大きくなる。
5. 電圧 E を高くすると降伏現象が生じる。

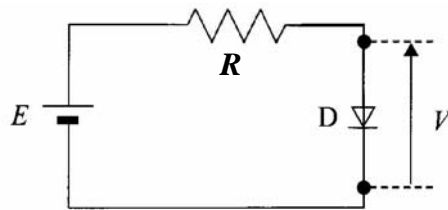


(1)

1. a,b,c 2. a,b,e 3. a,d,e 4. b,c,d 5. c,d,e

【演習問題】 ドロップ電圧が 0.7V のダイオード D を図の回路に使用し、電源電圧 E を 5V に設定したら回路を流れる電流が 10 mA であった。次に、この電源電圧 E を 10V に設定したら、この回路に流れる電流が 20 mA になったとき、ダイオード両端の電圧 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。

- 1) 0.7
- 2) 1.4
- 3) 4.3
- 4) 5.0
- 5) 9.3

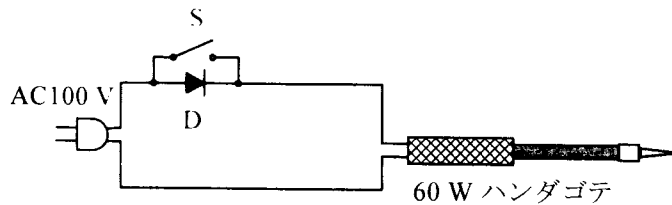


ダイオードの特性から、ドロップ電圧を越えると順電流が増えてもドロップ電圧が変化しない

(1)

【問題 24-26】 図のようなハンダゴテ過熱防止装置を作って、60W (100V 用) のハンダゴテを接続した。スイッチ S をオフ状態にすると、ハンダゴテはいくらの電力を消費するか。ただし、D は整流用ダイオードで、その抵抗は無視でき、また、ハンダゴテの抵抗は変化しないものとする。

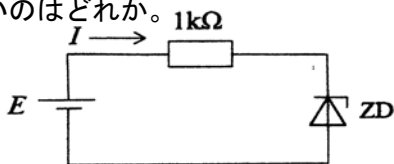
- 1) 50 W
- 2) 42W
- 3) 30W
- 4) 21W
- 5) 15W



半波整流され得られる電流 (波形) は半分になるので、得られる電力も半分になる。(∵ 電圧一定)

(3)

【統一模試 PM50】 ツェナー電圧 2V の理想的ツェナーダイオード (ZD) を含む図回路の電圧—電流特性で正しいのはどれか。



- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

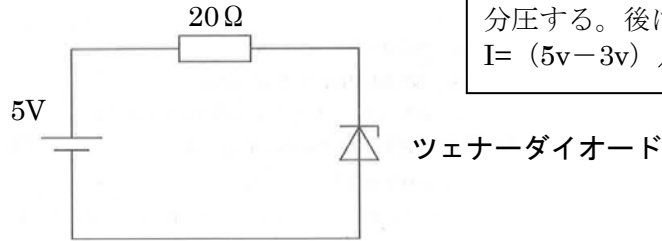
ZD は逆方向に接続されているので 2V (降伏電圧 ≡ ツェナー電圧) まで電流を流さない。この電圧を過ぎて流れ出すとダイオードの性質 (ON 状態 = だたの線) で回路を考える。(∵ $I = V/R$ 、つまり I は電圧に比例)

(3)

ダイオード回路

【30PM53】 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 20Ω の抵抗に流れる電流[mA] はどれか

1. 0
2. 100
3. 150
4. 250
5. 400



ダイオードに 3V なので抵抗は 2V に分圧する。後はオームの法則。
 $I = (5V - 3V) / 20 = 0.1 = 100mA$

(2)

【29PM52】 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。

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

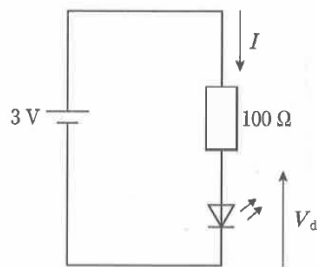


図1

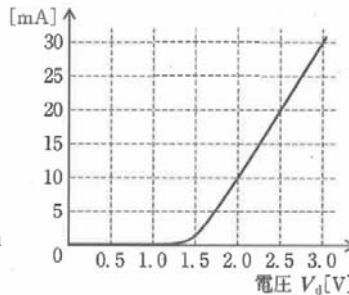


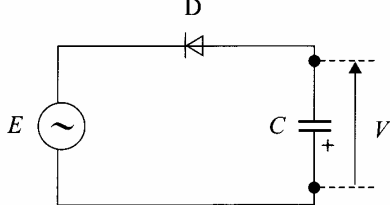
図2

$R_d = V_d / I = 2V / 10mA = 0.2K = 200\Omega$
 ↑ グラフより
 それ以外の図2の組み合わせでは抵抗間電圧とD間電圧の和が3Vにならない
 $\therefore R_t = 100\Omega + 200\Omega$
 $I = 3V / 300\Omega = 10mA$

(2)

【問題 31-33】 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。

- 1) -140
- 2) -100
- 3) 0
- 4) 100
- 5) 140

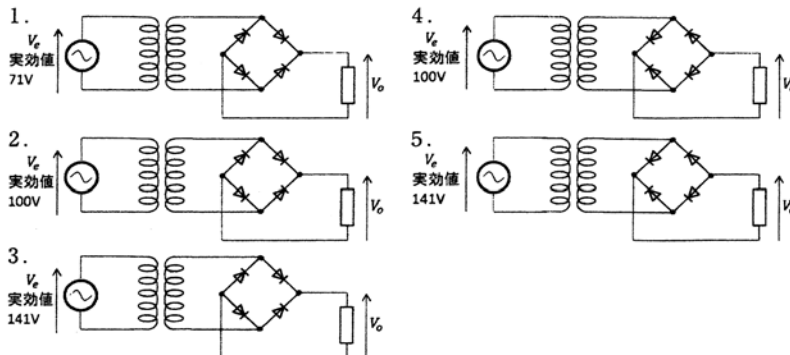


E : 実効値 100V, 50Hz 正弦波交流電圧源
 C : 10μF のキャパシタ

ダイオードの向きから整流される波形を考える。題意は実効値 100V より最大値 140V ($100\sqrt{2}$ をとる)

(1)

【統一模試 PM51】 交流電源電圧 V_e (実効値) が図中の値であるとき、出力電圧 V_o の最大値が約 141V となる全波整流回路はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとし、電源電圧 V_e の周波数は 50Hz、また、変圧器も理想変圧器で、巻数比は一次側対二次側を 1 : 1 とする。



変圧器比 1 : 1 より、入力電圧 = 出力電圧となるので、100V 実効値 \Rightarrow 141V 最大値。また出力電圧の極性に対応する全波整流回路は、1, 2, 3。(入力側が+側、一側共に負荷側へ流れ込める D の方向)

(2)

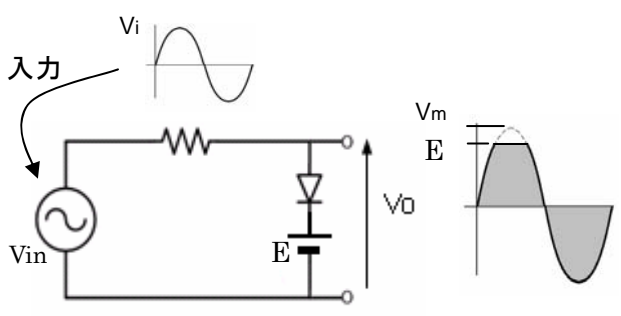
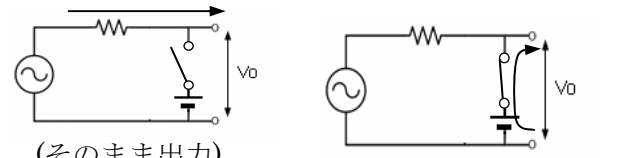
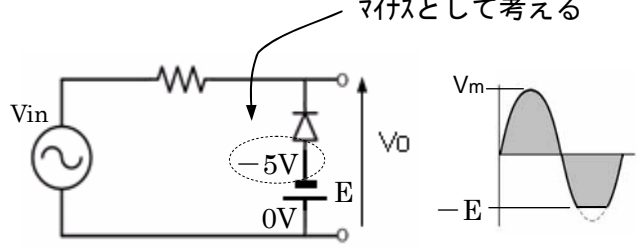
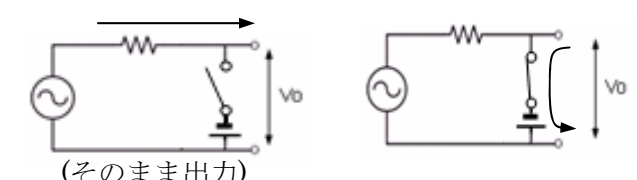
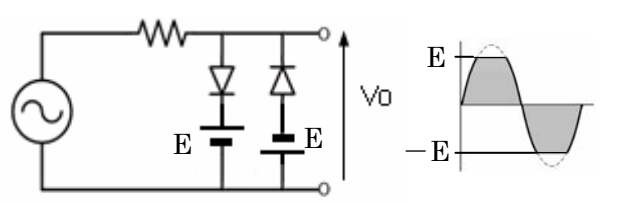
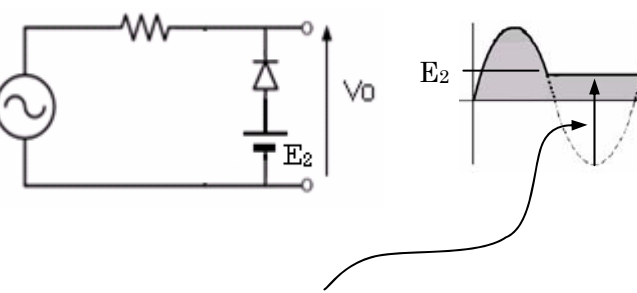
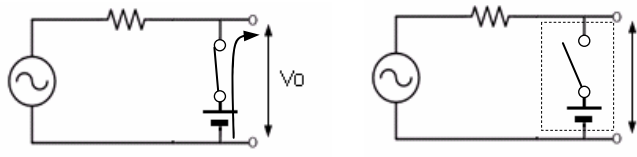
ダイオード回路

【4】クリップ回路・リミット回路

上記のように整流回路に正弦波交流電圧を加えると、入力電圧に対してある一定の電圧レベルで切り取る電圧が得られる。これをクリップするといひ、このような回路をクリッパと呼んでいます。クリッパには、いくつかの組み合わせがあり、

- i) 波形上部だけを切り取る回路 → ピーククリッパ
- ii) 設定レベル電圧の下部だけを切り取る → ベースクリッパ
- iii) 波形の正負側をある振幅で切り取る → 振幅制限回路(リミッタ)
- iv) 特定のレベルで波形の上部と下部を切り取る → スライサ

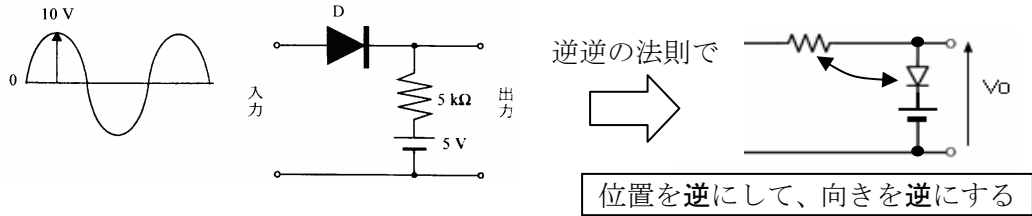
などがあります。

<p>i) ピーククリッパ</p>  <p>【V_{in} が $E(V)$ 以下の場合】 【V_{in} が $E(V)$ 以上の場合】 (何も無い回路と同等) (電池部の回路が働く)</p>  <p>(そのまま出力) (そのまま出力)</p>	<p>ii) ベースクリッパ</p> <p>電池が逆向きだから マ付しとして考える</p>  <p>【V_{in} が $-E(V)$ 以上の場合】 【V_{in} が $-E(V)$ より低い場合】 (V_{in} が $-E(V)$ より小さい時)</p>  <p>(そのまま出力) (そのまま出力)</p>
<p>iii) 振幅制限回路(リミッタ)</p>  <p>単に、i)とii)の組み合わせ回路 それぞれ一つずつ求めて、重ね合わせる</p>	<p>iv) スライサ</p>  <p>【$E_2(V)$ 以下の場合】 【$E_2(V)$ 以上の場合】 (E_2 の電源回路となる) (何も無い回路と同等)</p>  <p>(そのまま出力) (そのまま出力)</p>

この部類の問題の考え方と解き方

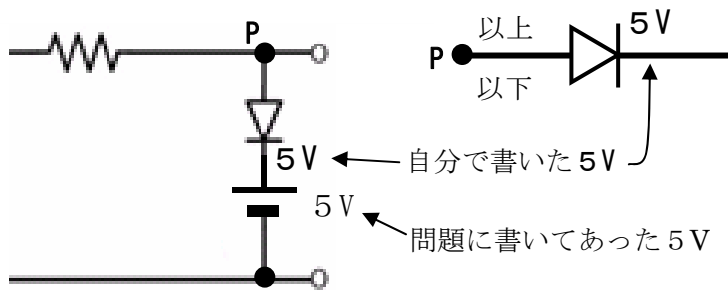
【ステップ1】 P18のような回路の場合はステップ2から解く。

ダイオードは、流入口のアノード A と流出口のカソード K の電圧レベルの差が大切であった (P12 参照)。よって、その判断をするためまず電池に近づける必要がある。



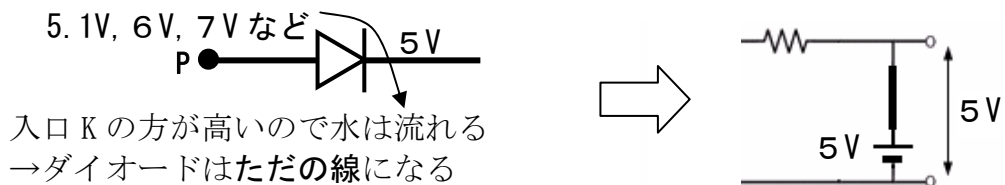
※ 逆逆の法則：2箇所を逆にすると等価な回路になる

【ステップ2】電池の電圧をダイオード側にも書き、その部分を抜き出してダイオードだけの図を書く。

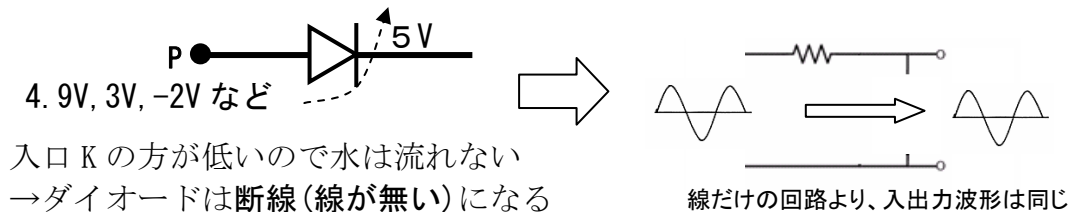


【ステップ3】電池の電圧を境に、入力電圧が“以上”、“以下”で場合分けをする。

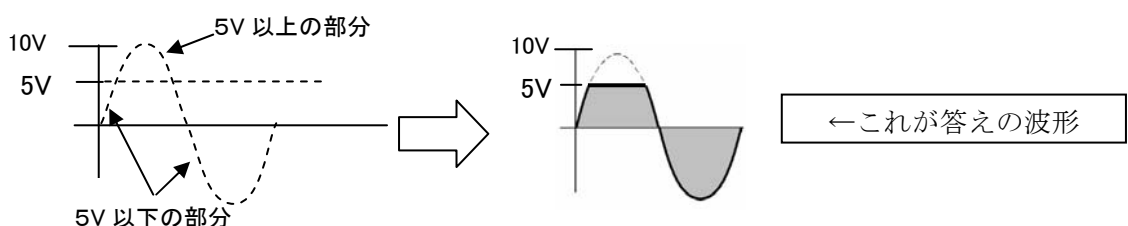
3-1 入力電圧が電池の電圧 (5V) 以上のとき (例: 5.1V、6V、7V など)



3-2 入力電圧が電池の電圧 (5V) 以下のとき (例: 4.9V、3V、-2V など)

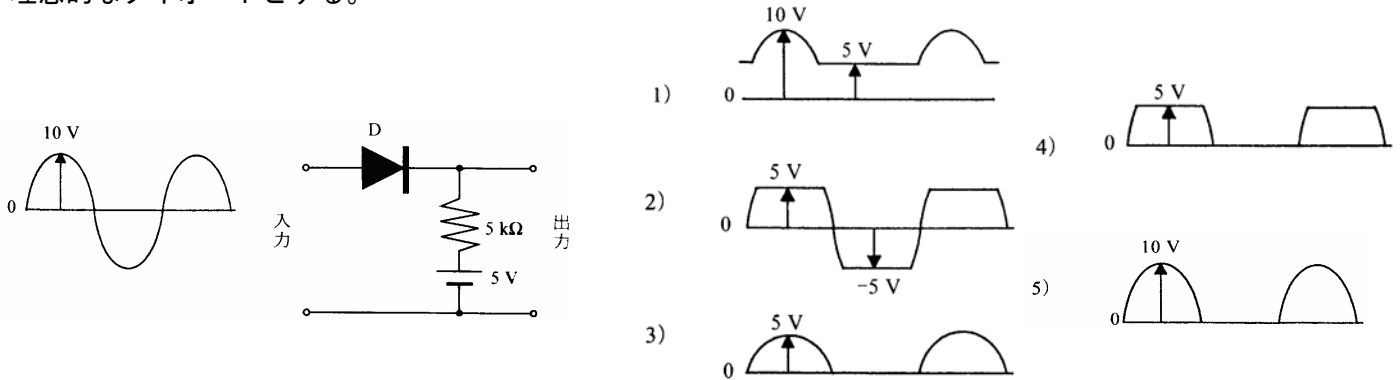


【ステップ4】まとめ:入力波形と電池電圧5V直線を点線で描く。次に、入力波形が5V以上部分は5V一定を実線で直線、5V以下の部分は入力波形を実線にする。

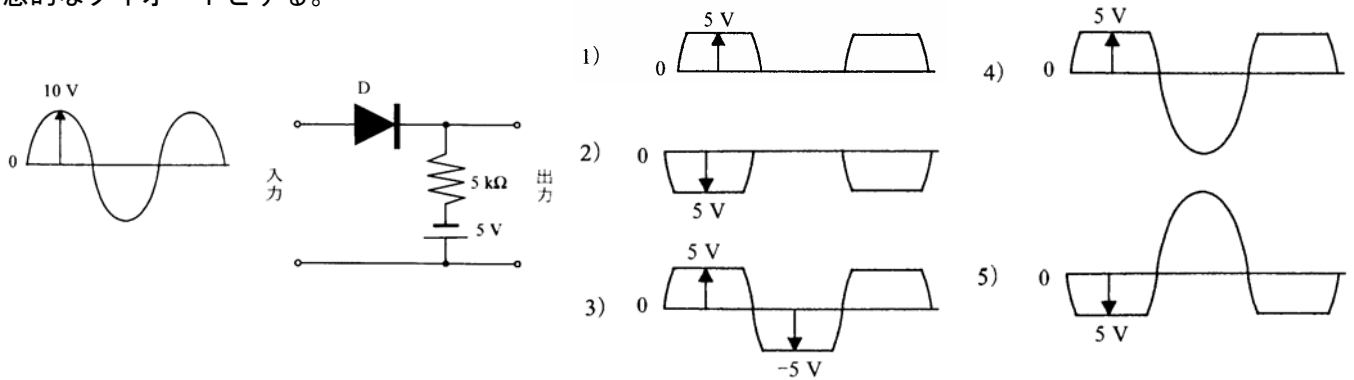


クリップ・リミッタ回路等

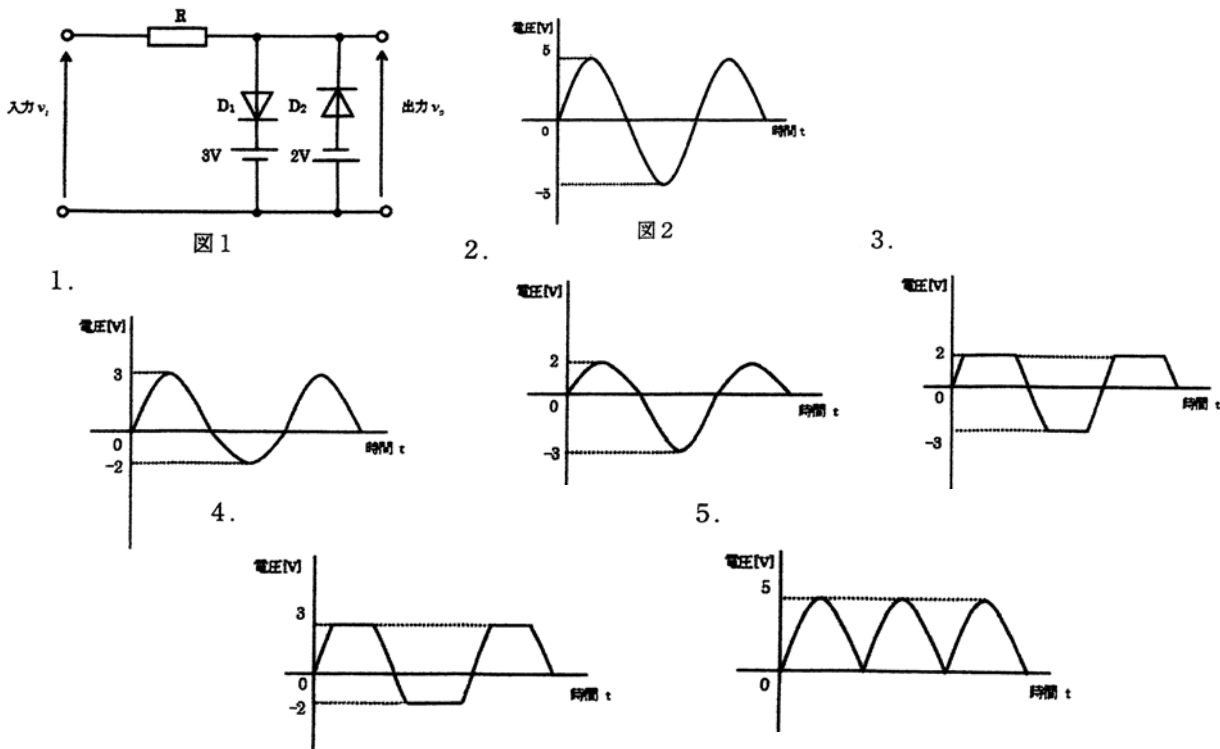
【問題 24-25】 図の回路に振幅 10V の正弦波電圧と入力したときの出力波形はどれか。ただし、D は理想的なダイオードとする。



【問題 24-25 類似】 図の回路に振幅 10V の正弦波電圧と入力したときの出力波形はどれか。ただし、D は理想的なダイオードとする。



【29 統一模試 1AM56】 図 1 の回路に図 2 の入力波形を加えたときの出力波形の概形として正しいのはどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとする。



クリップ・リミッタ回路等

【29 統一模試 2PM54】 図1の回路に図2に示す電圧Eを入力したとき、ダイオードD2に電流が流れる区間はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとする。

1. AとB
2. AとE
3. BとD
4. Cのみ
5. BとCとD

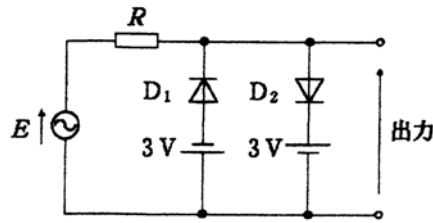


図1

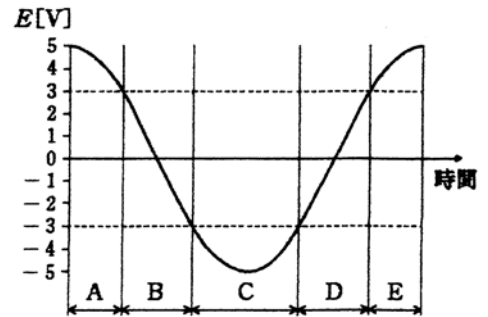
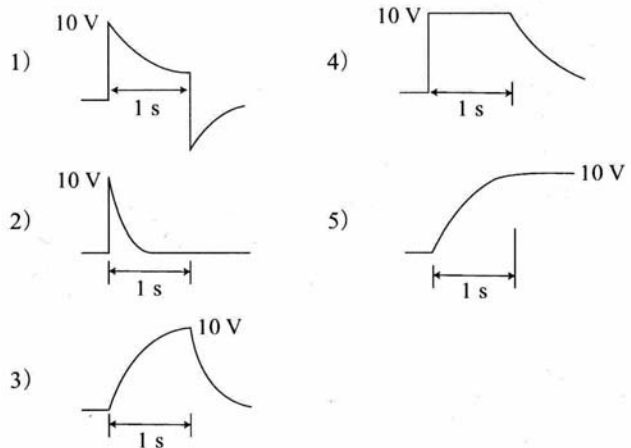
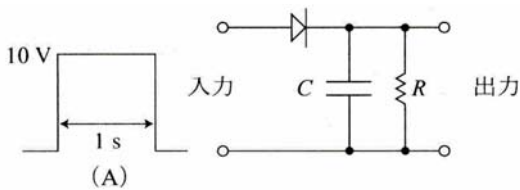
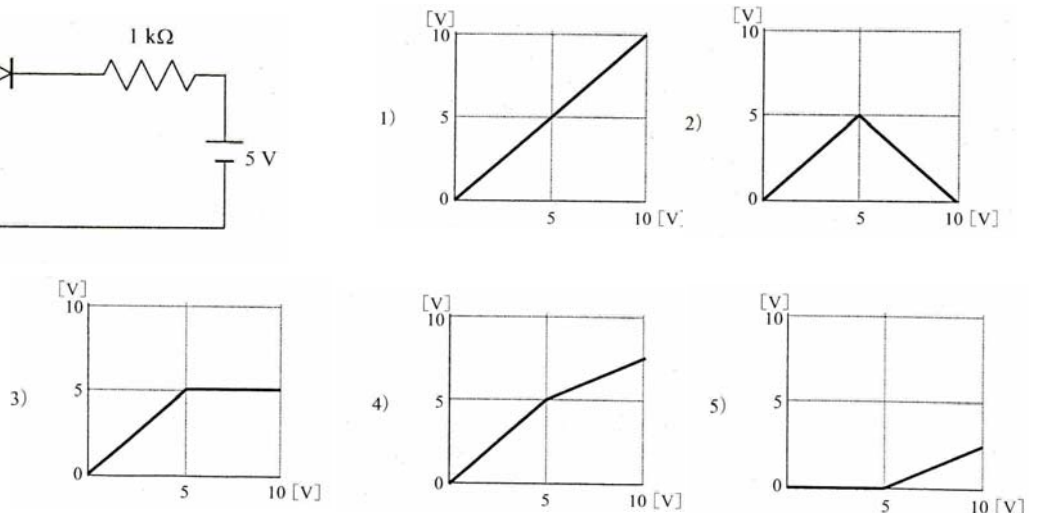
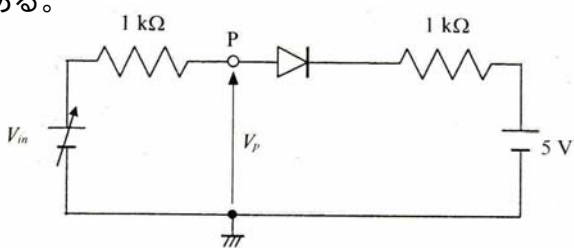


図2

【問題 25-22】 図の回路に(A)のような方形波(1波形のみ)を入力した。出力波形はおよそのようになるか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとし、 $C=10\mu\text{F}$ 、 $R=100\text{k}\Omega$ とする。

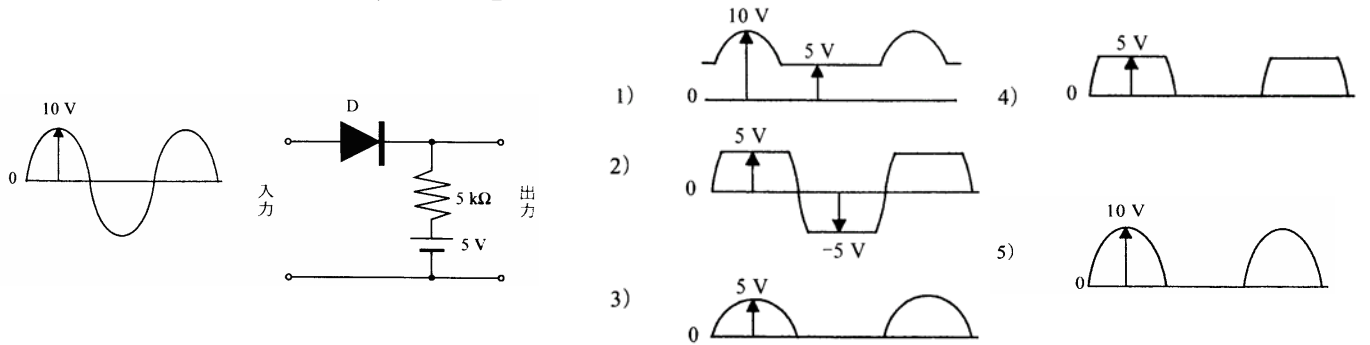


【問題 25-32】 図の回路で入力電圧(V_{in})を0V~10Vに可変した場合、P点の電圧(V_p)の変化で正しいものはどれか。ただし、図中のダイオードは理想ダイオードとする。グラフは横軸が入力電圧で、縦軸がP点の電圧である。



クリップ・リミッタ回路 等

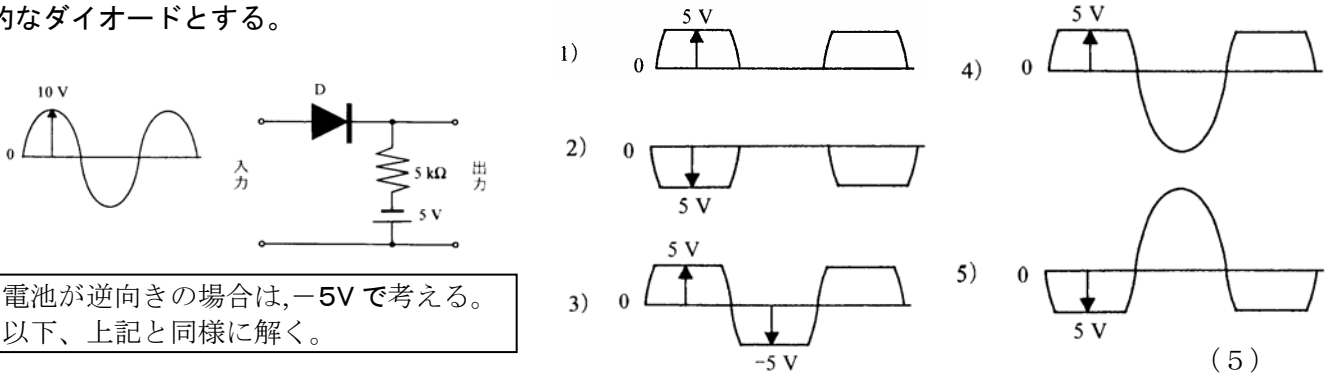
【問題 24-25】 図の回路に振幅 10V の正弦波電圧と入力したときの出力波形はどれか。ただし、D は理想的なダイオードとする。



ダイオードの位置を電池の近くへ移動して (等価回路で)、“5V で場合わけ”をして考える。そこで K 側が 5V 以上なら絶縁状態(OFF)で、入力信号がそのまま出力。K 側が 5V 未満ならば、導通状態(ON)なので電池の電圧が出力される。(クランプ回路の代表例)

(1)

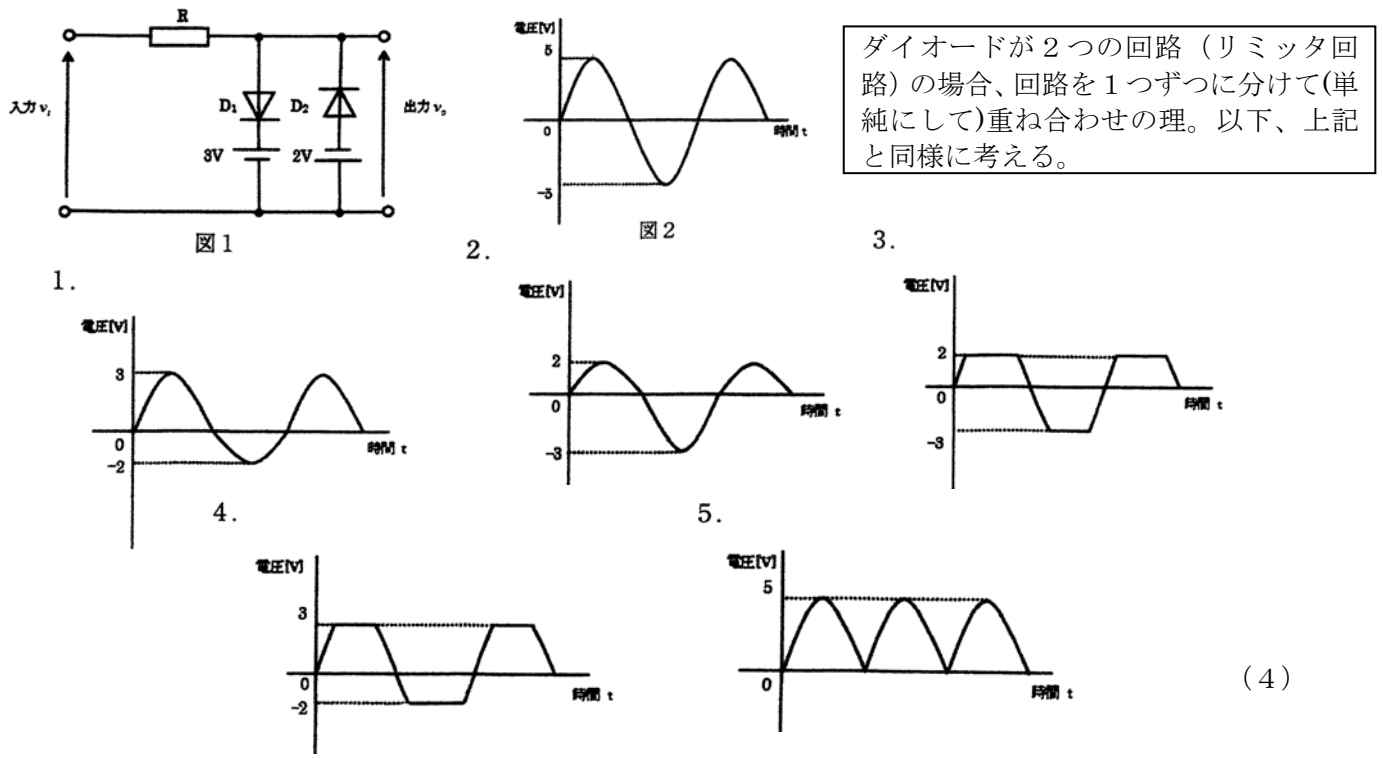
【問題 24-25 類似】 図の回路に振幅 10V の正弦波電圧と入力したときの出力波形はどれか。ただし、D は理想的なダイオードとする。



電池が逆向きの場合は、-5V で考える。以下、上記と同様に解く。

(5)

【29 統一模試 1AM56】 図 1 の回路に図 2 の入力波形を加えたときの出力波形の概形として正しいのはどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとする。



ダイオードが 2 つの回路 (リミッタ回路) の場合、回路を 1 つずつに分けて (単純にして) 重ね合わせの理。以下、上記と同様に考える。

(4)

クリップ・リミッタ回路 等

【29 統一模試 2PM54】 図1の回路に図2に示す電圧 E を入力したとき、ダイオード D2 に電流が流れる区間はどれか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとする。

1. A と B
2. A と E
3. B と D
4. C のみ
5. B と C と D

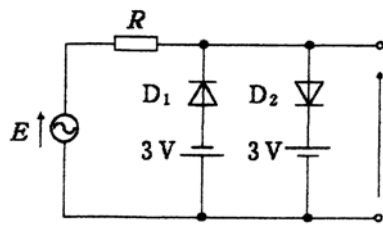


図1

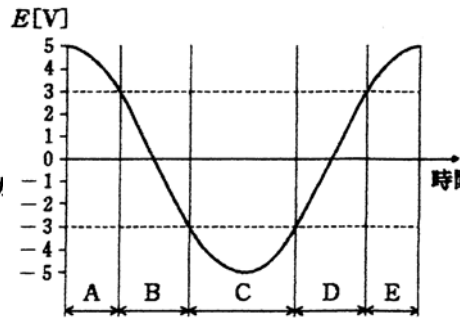
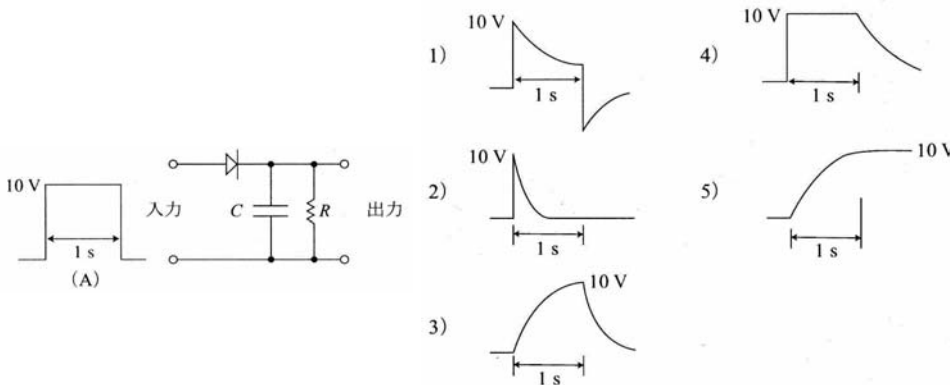


図2

上記と同様の考え方で、その過程を考えて解く。

(2)

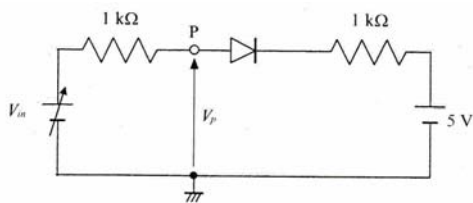
【問題 25-22】 図の回路に (A) のような方形波 (1 波形のみ) を入力した。出力波形はおよそどのようなか。ただし、ダイオードは理想ダイオードとし、 $C=10\mu\text{F}$ 、 $R=100\text{k}\Omega$ とする。



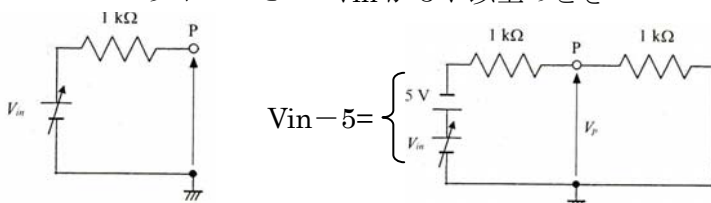
パルス L のとき断線(OFF)状態で、パルスが H のとき D はだたの線、そのとき $D \approx 0\Omega$ 、時定数 $T: RC=0$ [s] より $T \ll \tau$ より波形はそのまま見える。また入力波形は 1 パルスなので、立ち下がり後は、そのパルスで充電された電荷が C から放電され、徐々に電圧は減少する

(4)

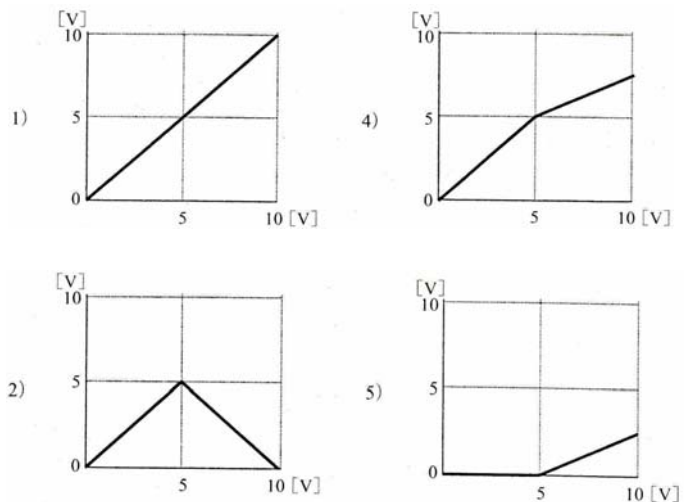
【問題 25-32】 図の回路で入力電圧(V_{in})を $0\text{V} \sim 10\text{V}$ に可変した場合、P 点の電圧(V_p)の変化で正しいものはどれか。ただし、図中のダイオードは理想ダイオードとする。グラフは横軸が入力電圧で、縦軸が P 点の電圧である。



V_{in} が 5V 以下のとき V_{in} が 5V 以上のとき



$$V_{in} - 5 = \begin{cases} 5 \\ V_{in} \end{cases}$$



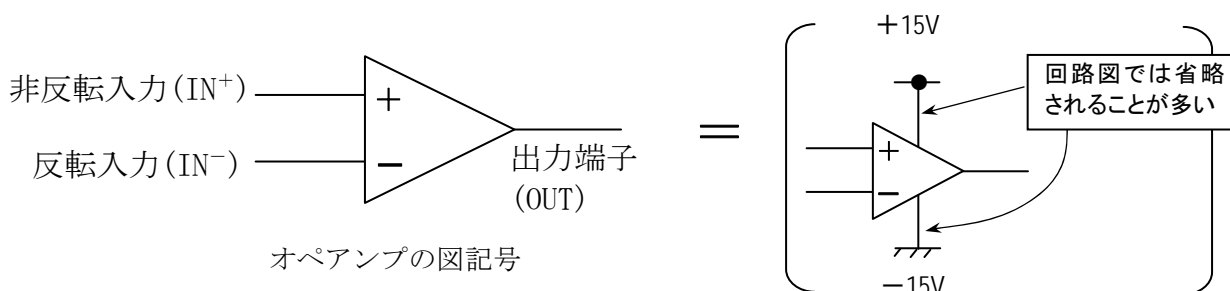
(4)

右側の 5V 電源があるので、アノード側 (点 P) が V_{in} が 5V 以上でダイオードが ON 状態に。従って、 5V で場合わけする。 V_{in} が 5V 以下は電池の開放されている状態の電圧。 V_{in} が 5V 以上の場合の回路の点 P の電位は抵抗間の分圧電圧(傾き $1/2$ の電圧)として現れる。

オペアンプ (Operational Amplifier) の問題に取り組む前に

オペアンプは集積化された半導体の一つで、「入力が2つ、出力が1つありその2つの入力間の電圧をきわめて大きな増幅度で増幅して出力する増幅器」です。

オペアンプの回路記号は下図のような三角形で表します。2つの入力端子はそれぞれ非反転入力 (IN⁺)、反転入力 (IN⁻) と呼び、出力端子 (OUT) には、反転入力端子と非反転入力端子の間の電圧をきわめて大きな増幅度で増幅した電圧が現れます。



(1) オペアンプの特徴

オペアンプの特徴を言葉で表現すると、「高入力インピーダンス、低出力インピーダンスで、高帯域特性を持ち、高い利得を持った増幅器」といえます。問題を解く場合は、以下に述べる理想的なオペアンプの動作特性を条件として考えます。

- | | | |
|------------------------|----------------------|---------------------|
| ① 電圧増幅度 A (オープンループゲイン) | $\rightarrow \infty$ | (実際は、5000~200000 倍) |
| ② 入力インピーダンス Z_{in} | $\rightarrow \infty$ | (// 数十 MΩ 程度) |
| ③ 出力インピーダンス Z_{out} | $\rightarrow 0$ | (// 数十 Ω 程度) |
| ④ 周波数特性 (扱える周波数帯) | $\rightarrow \infty$ | (// 直流~100KHz 程度) |

その他の特性として、

⑤ 内部雑音が小さい

しかし、周波数が高くなると、抵抗による熱雑音が無視できなくなり、出力ノイズ V_N が増加します。

$$V_N = \sqrt{4kT\Delta f R} \quad (k: \text{ボルツマン定数}, T: \text{絶対温度}, f: \text{雑音帯域幅周波数}, R: \text{抵抗})$$

⑥ オフセットが小さい

実際は入力を 0V にしたとき、出力に現れてしまう電圧をオフセット電圧と呼んでいます。オペアンプは2つの入力電流のわずかな差が生じると、これによる増幅で出力した電圧をオフセット電圧 (V_{offset}) と呼んでいます。また、入力側で流れたわずかな電流をバイアス電流 (I_B) と呼んでいます。 ($V_{offset} = I_B R_2$)

⑦ ドリフトが小さい

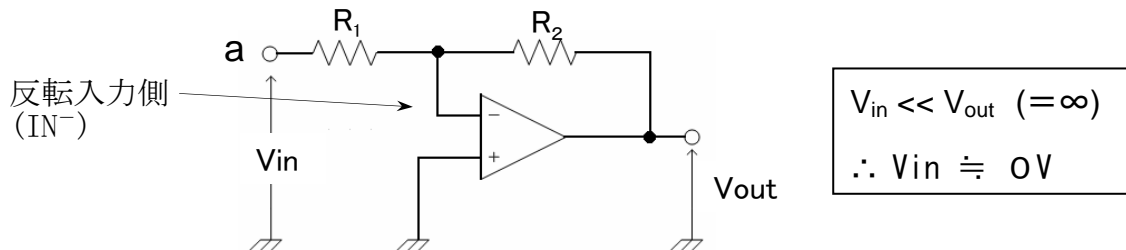
電源電圧や周囲温度の変化により回路の動作点が移動し、この影響は出力に生じることをドリフトと呼んでいます。

利得 (Gain) : 入力信号の大きさに対する出力信号の大きさのこと。ゲインとか増幅度、増幅率などとも言ったりすることがある。

同相弁別比 : オペアンプは差動増幅器であるため逆相信号を増幅し、同相信号を抑制する働きがあります。この逆相信号の増幅度と同相信号の増幅度の比を同相弁別比と呼び、この値が大きいほど優れた差動増幅器となります。CMRR (Common Mode Rejection Ratio) ともいう。

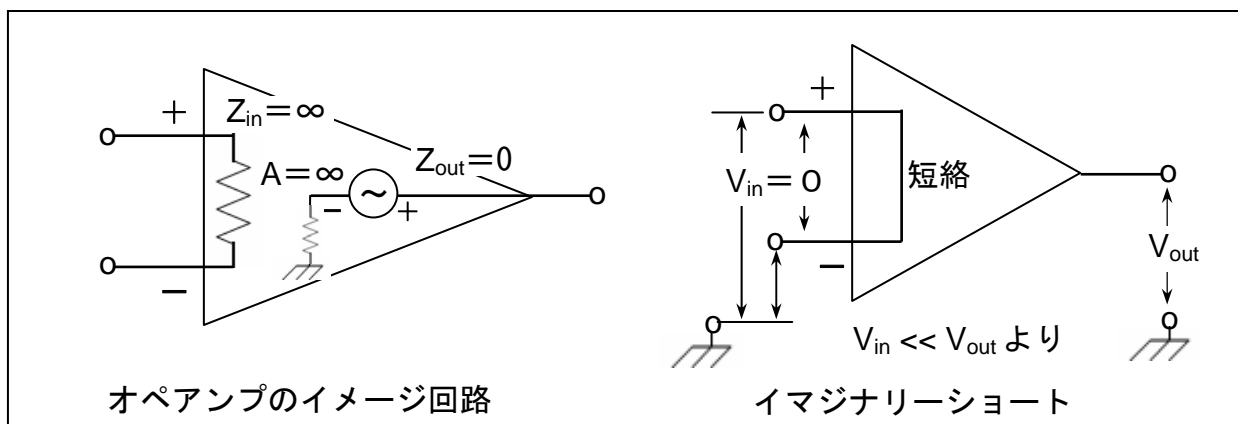
(2) イマジナリーショート (これも問題を解くための重要な考え方の一つ)

オペアンプは増幅度が非常に大きいため、このまま使用すると出力がすぐに飽和状態になって増幅作用をもたせるのは不可能なので、実際の回路では下図のように**負帰還増幅器** (反転入力 (IN-) 側に帰す) として用います。



理想的オペアンプは①より電圧増幅度は非常に大きい(∞)から、出力電圧 V_{out} から見た入力電圧は非常に小さいと見ることができますので、**入力 $V_{in}=0V$** と考えることができます。従って端子 a は仮想的(イマジナリ)に接地(アース)しているとみなせるので、②の入力インピーダンス ∞ にもかかわらず、“非反転入力端子と反転入力端子が短絡(接続)されている”と考えることができます。これを、**イマジナリーショート**とか**イマジナリーアース**と呼んで、問題を解く上でも、式を簡単化するためにも大切な考え方の一つになります。

これら理想的オペアンプの特徴をイメージ化すると下図のようになります。



定数設定による特性 (⇒入力抵抗 R_1 と帰還抵抗 R_2 は、 $K\Omega$ 単位の抵抗値を用いる)
その理由として、

- i) 入力抵抗 R_1 と帰還抵抗 R_2 が小さすぎる時 (例えば、 $R_1=1\Omega$ 、 $R_2=9\Omega$ の時)
出力電流の能力限界を超えるため「・振幅がとれない ・利得がとれない、
・歪率が悪化する」の不具合を生じます。
- ii) 入力抵抗 R_1 と帰還抵抗 R_2 が大きすぎる時 (例えば、 $R_1=1M\Omega$ 、 $R_2=9M\Omega$ の時)
IN⁻ 端子に流れるバイアス電流の影響が無視できなくなり、オフセットが大きくなる、
・周波数特性が狂う、
・ノイズが増加する」などの問題を生じます。

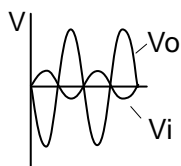
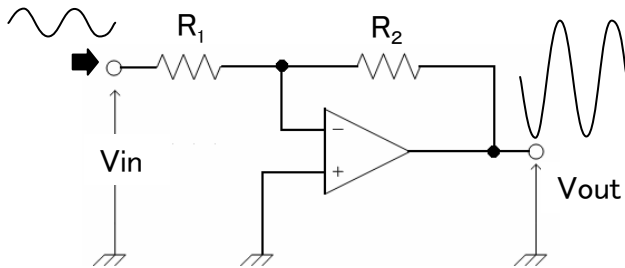
飽和状態 : 入力信号に対応した出力信号が得られない、オペアンプの電源電圧に近い電圧で増幅が止まってしまっている状態など、回路の増幅能力がもう一杯になっていること。

帰還増幅回路 : 出力端子から非反転入力 (+) 側に帰す接続を「正帰還回路」といい、逆に反転入力 (-) 側へ接続する回路を「負帰還回路」という。オペアンプは通常、負帰還で使用される。

(3) オペアンプの基本回路

i) 反転増幅回路 (符号(±)を反転させて波形を大きくする回路)

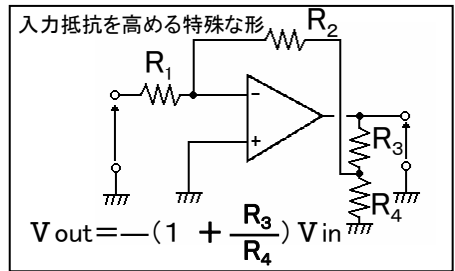
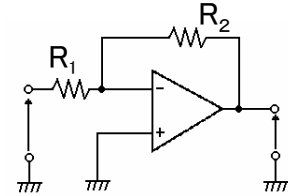
この回路は下図のように入力する信号電圧を反転入力(IN⁻)端子に加え、出力側より負帰還させ、非反転入力(IN⁺)端子はグラウンドに接地します。また、負帰還回路は反転入力端子に接続された R₁(入力抵抗)と R₂(帰還抵抗)により構成します。



反転増幅回路の記述パターン

入出力の波形の関係

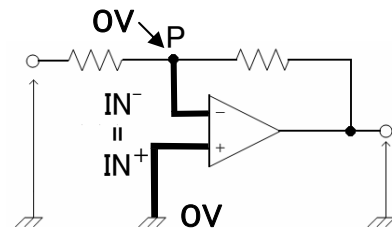
どれも
同じ回路



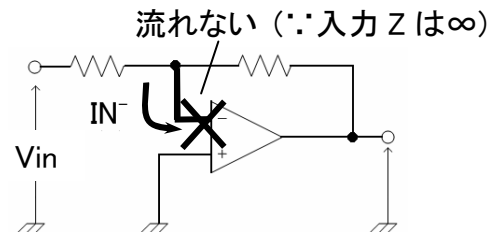
$$V_{out} = -\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) V_{in}$$

【反転増幅回路の信号の流れと考え方】

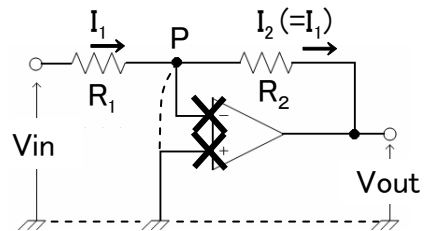
①反転入力端子 IN⁻と非反転入力端子 IN⁺は、等電位(イマジナリショート)で、IN⁺端子はグラウンドに接続されているので0Vです。
IN⁺=IN⁻、IN⁺=0V、と表せるので、“IN⁻も0V”となり、“Pも0V”となります。



②一方、反転入力端子 IN⁻はインピーダンスが∞だから、端子 IN⁻へ電流は流れません。



③従って、R₁を流れる I₁の電流は、そのまま R₂を流れる I₂となります。つまり、I₁ = I₂ = I



同時に P=0V(グラウンドに直接接続されている)と見ることができるので、V_{in} = I × R₁となります。
V_{out}の電位は0V以下なので、-V_{out} = -(I × R₂)

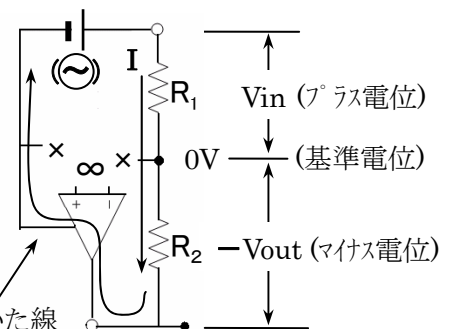
④よって、増幅度 A と入出力の関係は

$$\text{増幅度 } A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-(I \times R_2)}{(I \times R_1)} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$\therefore V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_{in}$$

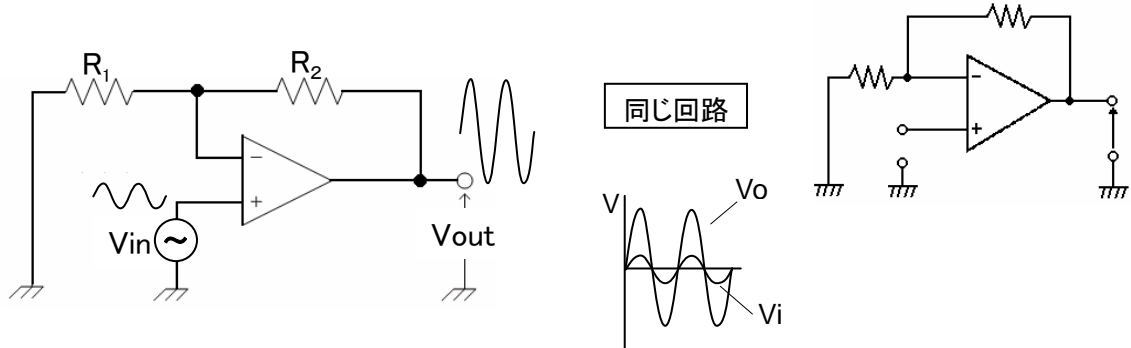
符号が反転

省略されていた線



ii) 非反転増幅回路 (正相増幅器ともいわれ信号を IN^+ 側に入力する負帰還回路)

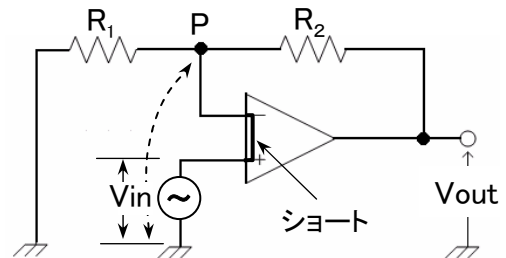
この回路は、下図のように入力する信号電圧を非反転入力 (IN^+) 端子に加える。また、出力端子とグランド間を負帰還抵抗 R_2 と入力抵抗 R_1 で分圧し、その間の電位を反転入力 (IN^-) 端子に接続し負帰還回路を構成しています。



入出力の波形の関係

【反転増幅回路の信号の流れと考え方】

① イマジナリショート の考え方から
非反転入力端子 IN^+ と反転入力端子 IN^- は、
 $IN^+ = IN^-$ より $IN^+ = 0V$ 、と表せるので、
“ $IN^- = Vin$ ” となり、“ P も Vin ” となります。



② 一方、入力端子のインピーダンスは ∞
だから、 IN^+ 、 IN^- へ電流は流れません。

③ 従って、入力の電位 Vin は

$$V_{in} = I \times R_1$$

で表せるように Vin と I 、 R_1 の関係が
成り立ちます。

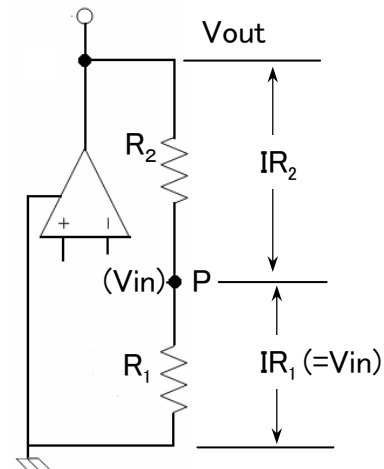
また、 $Vout$ の電位は、 IR_1 と IR_2 の和
であることがわかります。

$$V_{out} = IR_1 + IR_2 \quad (= Vin + IR_2)$$

④ よって、増幅度 A と入出力の関係は

$$\begin{aligned} \text{増幅度 } A &= \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{IR_1 + IR_2}{IR_1} \left[= \frac{V_{in} + IR_2}{(V_{in})IR_1} \right] \\ &= \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \end{aligned}$$

$$V_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_{in} \quad \left[V_{out} = 1 + \frac{R_2}{R_1} V_{in} \right]$$



また、式を $Vout$ で整理すると、 $Vin = \frac{R_1}{R_1 + R_2} Vout$ となり、要するに Vin は $Vout$ の分圧の分です。

第5回講義

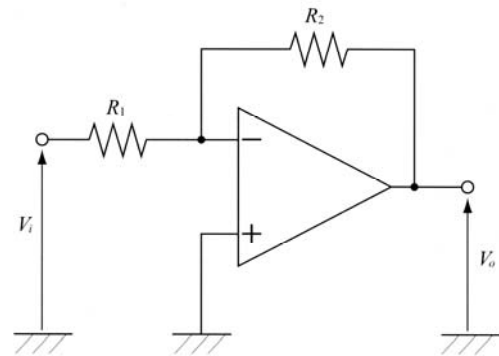
オペアンプ（反転、非反転増幅回路）

【演習問題1】オペアンプが持つ優れた特性として誤っているものを選びなさい。

- 1) オープンループゲインが大きい。
- 2) 入力インピーダンスが大きい。
- 3) 出力インピーダンスが大きい。
- 4) ドリフトが少ない。
- 5) 同相弁別比が大きい。

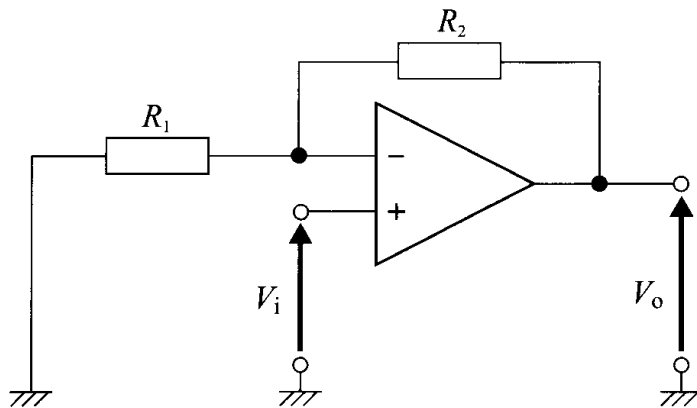
【問題 29-30】図のオペアンプ回路の $\frac{V_o}{V_i}$ はどれか。

- 1) $1 - \frac{R_2}{R_1}$
- 2) $-\frac{R_2}{R_1}$
- 3) $-\frac{R_1}{R_2}$
- 4) $-\frac{R_1}{R_1 + R_2}$
- 5) $-\frac{R_2}{R_1 + R_2}$



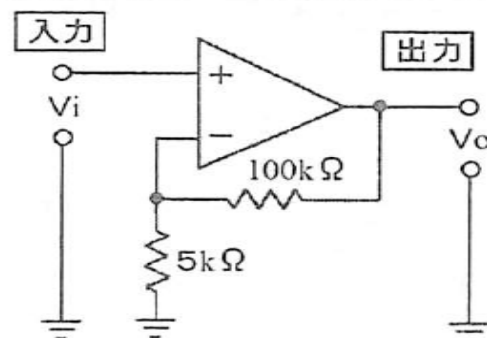
【問題 31-34】図のオペアンプ回路の $\frac{V_o}{V_i}$ はどれか。

- 1) $\frac{(R_1 + R_2)}{R_1}$
- 2) $\frac{(R_1 + R_2)}{R_2}$
- 3) $\frac{R_1}{(R_1 + R_2)}$
- 4) $\frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$
- 5) $\frac{R_2}{R_1}$



【演習問題2】(10-29)

右図の増幅器の入力を V_i 、出力を V_o としたとき、利得（入力に対する出力の倍率）はいくらか。



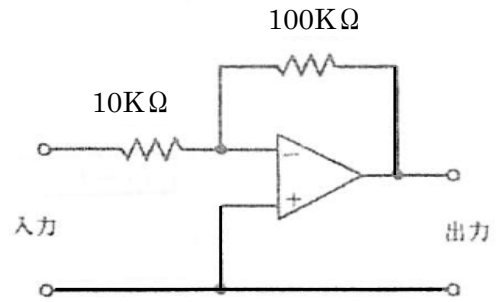
第5回講義

オペアンプ（反転、非反転増幅回路）

【演習問題 3】 (14-24)

右図の増幅器の増幅度と入力抵抗を求めなさい。

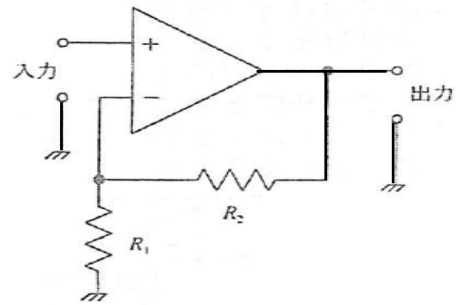
ただし、オペアンプの増幅度は十分大きいものとする。(14-24)



【演習問題 4】 (19-23)

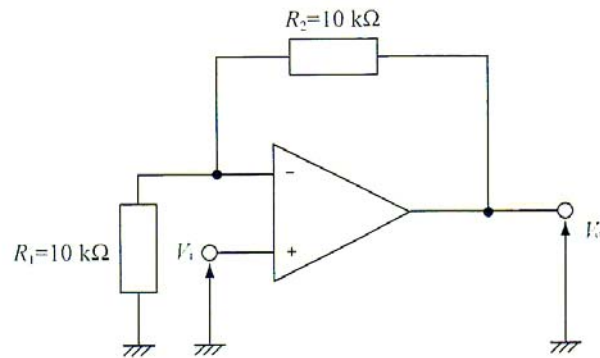
理想増幅器を用いた図の増幅器で誤っているものはどれか。

- 1) 増幅度は $(1 + R_2/R_1)$ である。
- 2) 入力抵抗は無限大である。
- 3) オペアンプの2つの入力端子は等電位である。
- 4) 出力抵抗は0である。
- 5) 入力と出力の位相差は 180 度である。



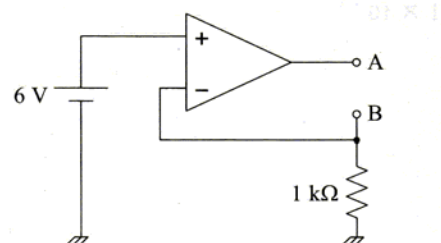
【問題 32-35】 図の回路において V_i に 3V の信号を入力すると V_o は何 V になるか。

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 6
- 5) 12



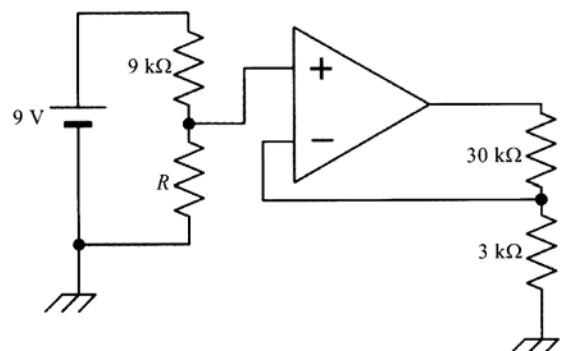
【問題 26-24】 図のオペアンプ回路で、出力端子 A と B の間に 500Ω の抵抗を接続した。この 500Ω の抵抗には何mA の電流が流れるか。

- 1) 12
- 2) 6
- 3) 4
- 4) 3
- 5) 1.5



【問題 30-25】 理想オペアンプで構成した図の回路で、30kΩ の抵抗を流れる電流を 0.3mA としたい。R は何 kΩ にすべきか。

- 1) 18
- 2) 9
- 3) 1
- 4) 0.3
- 5) 0.1



(2)

オペアンプ（反転、非反転増幅回路）

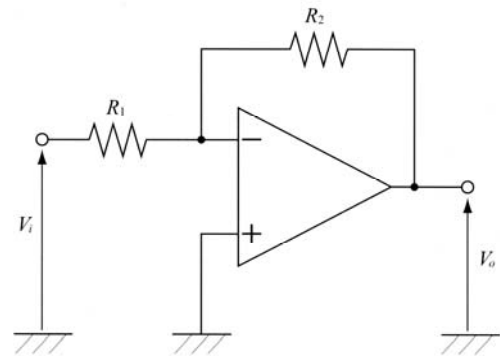
【演習問題1】オペアンプが持つ優れた特性として誤っているものを選びなさい。

- 1) オープンループゲインが大きい。
- 2) 入力インピーダンスが大きい。
- 3) 出力インピーダンスが大きい。
- 4) ドリフトが少ない。
- 5) 同相弁別比が大きい。

(3)

【問題 29-30】図のオペアンプ回路の $\frac{V_o}{V_i}$ はどれか。

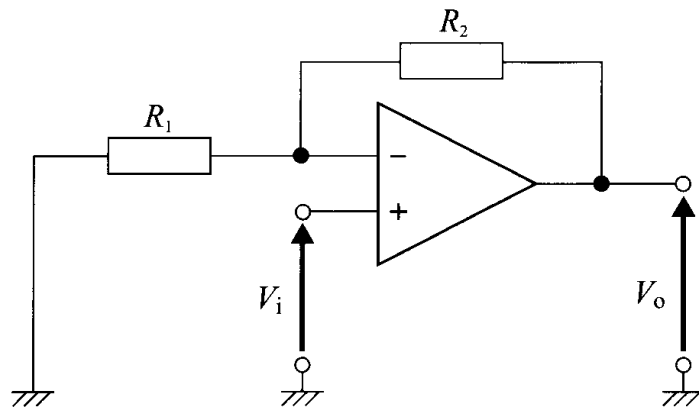
- 1) $1 - \frac{R_2}{R_1}$
- 2) $-\frac{R_2}{R_1}$
- 3) $-\frac{R_1}{R_2}$
- 4) $-\frac{R_1}{R_1 + R_2}$
- 5) $-\frac{R_2}{R_1 + R_2}$



(2)

【問題 31-34】図のオペアンプ回路の $\frac{V_o}{V_i}$ はどれか。

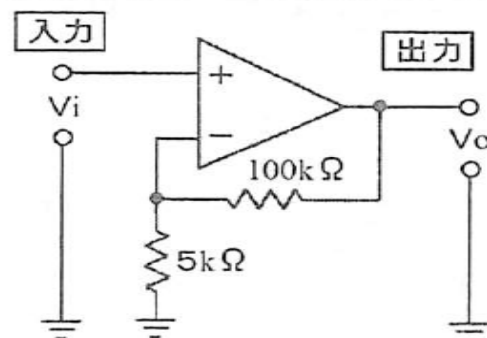
- 1) $\frac{(R_1 + R_2)}{R_1}$
- 2) $\frac{(R_1 + R_2)}{R_2}$
- 3) $\frac{R_1}{(R_1 + R_2)}$
- 4) $\frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$
- 5) $\frac{R_2}{R_1}$



(1)

【演習問題2】(10-29)

右図の増幅器の入力を V_i 、出力を V_o としたとき、利得（入力に対する出力の倍率）はいくらか。



(2.1倍)

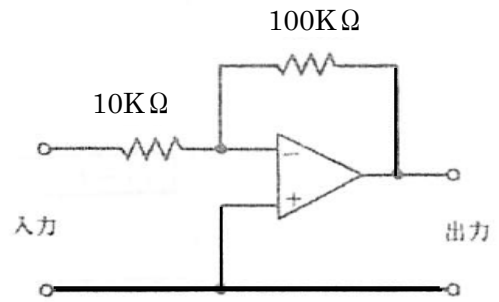
第5回講義 解答

オペアンプ（反転、非反転増幅回路）

【演習問題 3】 (14-24)

右図の増幅器の増幅度と入力抵抗を求めなさい。

ただし、オペアンプの増幅度は十分大きいものとする。(14-24)

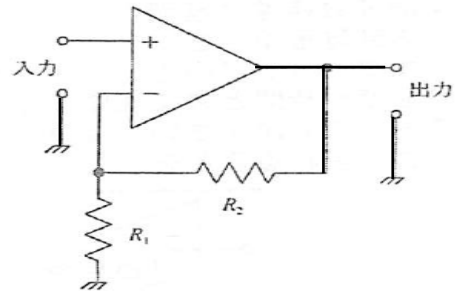


【演習問題 4】 (19-23)

理想増幅器を用いた図の増幅器で誤っているものはどれか。

(-10倍、10kΩ)

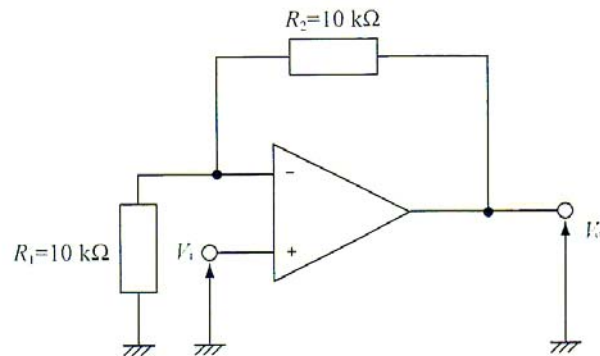
- 1) 増幅度は $(1 + R_2/R_1)$ である。
- 2) 入力抵抗は無窮大である。
- 3) オペアンプの2つの入力端子は等電位である。
- 4) 出力抵抗は0である。
- 5) 入力と出力の位相差は 180度である。



(5)

【問題 32-35】 図の回路において V_i に 3V の信号を入力すると V_o は何 V になるか。

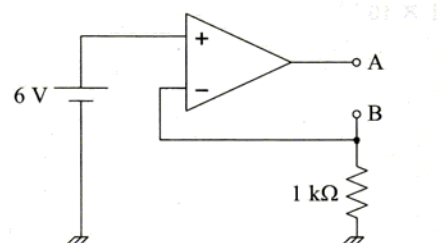
- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 6
- 5) 12



(4)

【問題 26-24】 図のオペアンプ回路で、出力端子 A と B の間に 500Ω の抵抗を接続した。この 500Ω の抵抗には何 mA の電流が流れるか。

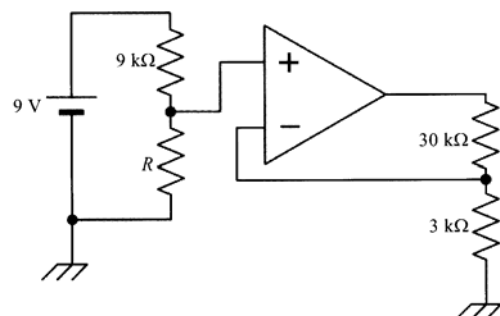
- 1) 12
- 2) 6
- 3) 4
- 4) 3
- 5) 1.5



(2)

【問題 30-25】 理想オペアンプで構成した図の回路で、30kΩ の抵抗を流れる電流を 0.3mA としたい。R は何 kΩ にすべきか。

- 1) 18
- 2) 9
- 3) 1
- 4) 0.3
- 5) 0.1



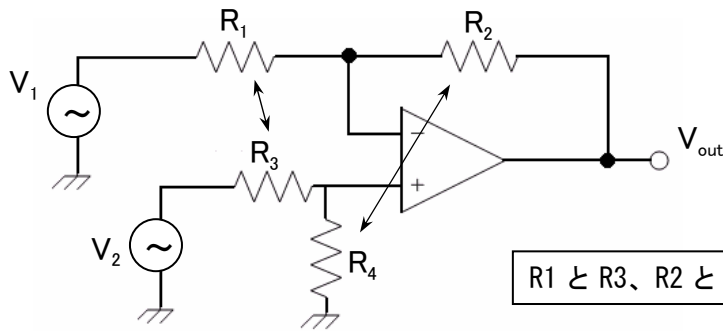
(3)

第6回講義

(1) オペアンプの基本回路

iii) 差動増幅回路 (2 入力 of 差分を増幅する回路)

この回路は、非反転入力端子と反転入力端子の双方に加えられ、その電位差が増幅される回路です。入力信号は反転入力側に抵抗 R1 を介して接続し、出力は反転入力側に R2 を介して負帰還接続されます。この R1 と R2 で分圧した電圧が帰還されています (ここは反転増幅回路と同じ)。一方の非反転入力端子側には、**入力抵抗と帰還抵抗と同じ値の抵抗 (R3, R4) を用いて、この R3 と R4 で分圧した電圧値を入力**します。

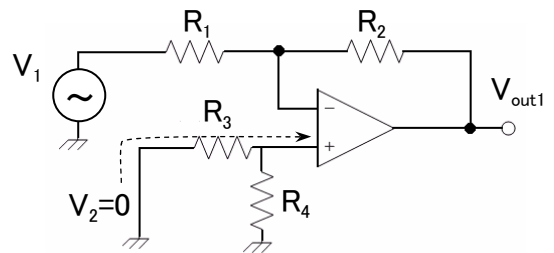


R1 と R3、R2 と R4 は同じ抵抗の問題が多い

【差動増幅回路の構成と出力信号の求め方】

① V2=0 のとき、反転増幅回路と見なせるので

$$V_{out1} = - \frac{R_2}{R_1} V_1 \quad \dots \text{式1}$$

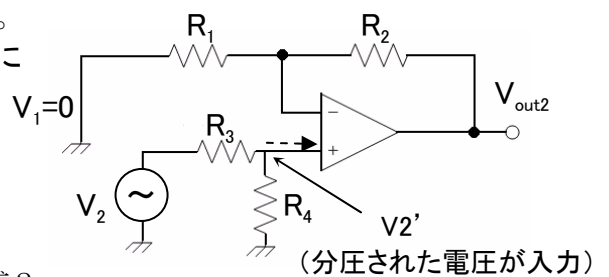


② V1=0 のとき、非反転増幅回路と見なせます。

この回路は R3 と R4 の分圧電圧 V2' が入力端子に加わるので、

$$V_{out2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_2' = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_2'$$

$$= \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_2 \quad \dots \text{式2}$$



(分圧された電圧が入力)

(V2' は分圧の公式より)

$$= \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2 = \frac{R_2}{R_1} V_2 \quad \left(\text{出題回路より、} R_1 = R_3, R_2 = R_4 \text{ の場合は} \right)$$

③ 出力電圧 Vout は以下のように、“Vout1 と Vout2 の和” で表される。(重ね合わせの理)

$$R_1 = R_3, R_2 = R_4 \text{ の場合} \\ V_{out} = V_{out1} + V_{out2} = - \frac{R_2}{R_1} V_1 + \frac{R_2}{R_1} V_2 = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

$$R_1 \neq R_3, R_2 \neq R_4 \text{ の場合 (問題 33-44 の解法)} \\ V_{out} = V_{out1} + V_{out2} = - \frac{R_2}{R_1} V_1 + \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_2$$

iv) 積分回路 (オペアンプによる場合)

この回路は、方形波を三角波に変えたり(その逆も)、方形波のエッジを検出することを目的とした回路です。回路構成は反転入力端子に入力電圧 V_{in} を加えると、点Pは電位0Vで、入力インピーダンス ∞ なので、この端子内に電流は流れ込まないため、 $i = V_{in}/R$ の関係で、この電流 i は全てコンデンサ C 側へ流れ込みます。このとき流れ込んできた電荷がコンデンサ C に蓄えられます(充電されます)。このときの蓄えられた電荷量は

$$Q = \int i dt \quad \dots\dots \textcircled{1} \quad (\leftarrow \text{電流 } i \text{ を、“式で蓄えた表現” という感覚です})$$

と表すことができます。この C の端子間の電圧は V_c は $\frac{Q}{C}$ であるから、これで生じた“電位の負側”が出力端子 V_o の電位となります。(式②のマイナスの理由)

$$V_{out} = - \frac{Q}{C} \quad \dots\dots \textcircled{2}$$

さらに解析を進め、式①を ②の Q に代入すると

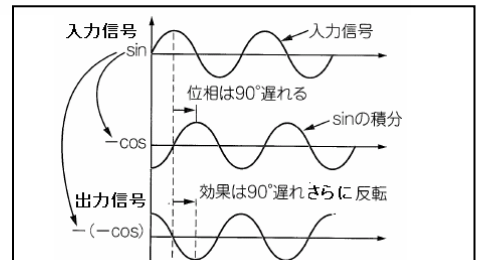
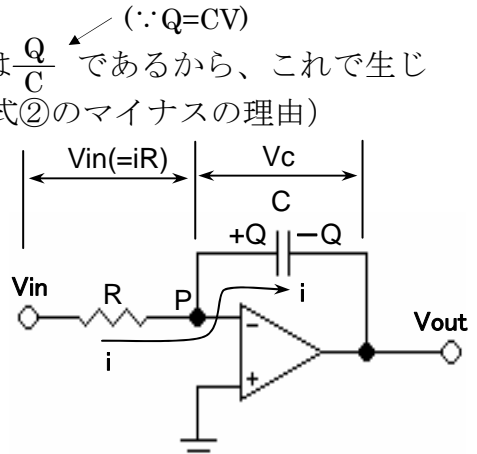
$$V_{out} = - \frac{1}{C} \int i dt \quad \dots\dots \textcircled{3}$$

ここで電流 i は、 $i = V_{in}/R$ (上記解説文中) から

$$V_{out} = - \frac{1}{C} \int \frac{V_{in}}{R} dt = - \frac{1}{CR} \int V_{in} dt$$

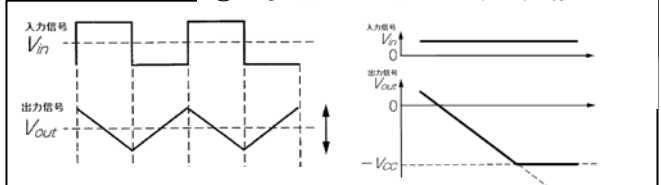
と表すことができ、 ($\because R$ は時間 t に関係ない定数)

- ① 正弦波 ($\sin \theta$) を入力 \rightarrow 余弦波 ($-\cos \theta$) が出力 (\sin の積分値)。
 - ② 方形波を入力 \rightarrow 時間 t で増えた面積を表す三角波が出力。
 - ③ 一定電圧を入力 \rightarrow 下降 (反転なので) し、電源電圧で頭打ち。



①正弦波は 90° 遅れて、逆位相に

(ただし、入力波形は基準電圧(右図では0V)に対して正が負に(+と-)が変化していることに注意)



②方形波は三角波に ③正の一定値は下降(負傾き)

v) 微分回路 (オペアンプによる場合)

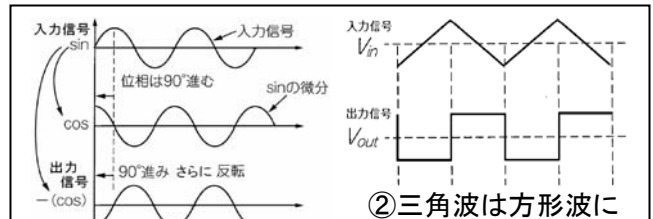
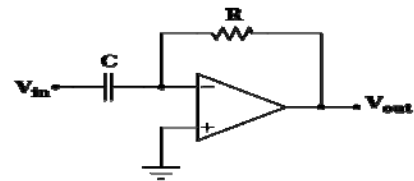
この回路のコンデンサの電流と電圧の関係は

$$I = C \frac{dV}{dt}$$

この電流に抵抗器が接続されると電流と電圧は

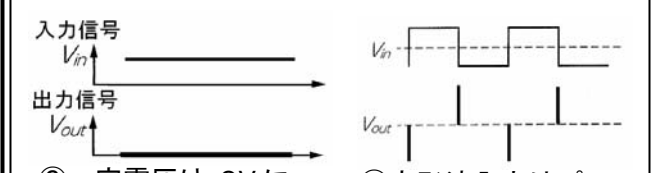
$$I = \frac{V}{R}$$

この2つの式より、 $V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt}$



①正弦波は 90° 進み、逆位相に

②三角波は方形波に



③一定電圧は、0Vに

④方形波入力はパルス

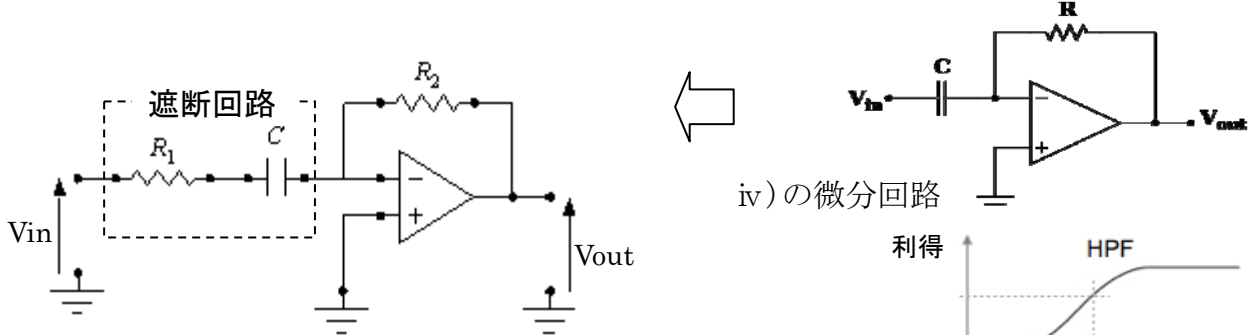
積分回路の逆的な出力

- ① 正弦波を入力 \rightarrow 出力は正弦波で 90° 進み、逆位相になる ($\sin \theta$) 入力 \rightarrow ($\cos \theta$, \sin の微分値) \rightarrow ($-\cos \theta$, 反転回路より)
 - ② 三角波を入力 \rightarrow 方形波へ変換される
 - ③ 一定の電圧入力 \rightarrow 0V を出力 (定数の微分は 0)
 - ④ (方形波を入力 \rightarrow 立上りで負、立下りで正のパルス)

実践的な微分回路と積分回路

iv) v) で示した回路は、実践的にはノイズや高周波を強調しまう、オフセット電圧が誤差要因になってしまうなどの注意事項があるので、実践的（実用的）には、

iv-2) 実践的な微分回路（ローパスフィルタ）（基本形は、反転回路の变化形を念頭に）



破線部が遮断回路となっていて

$$\text{遮断周波数 } f_0 = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

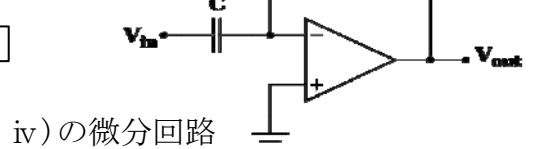
(遮断周波数以下のときは、微分回路(低周波の除去)として働く)

$$f_0 \ll \frac{1}{2\pi R_1 C} \text{ のとき } V_{out} = -R_2 \cdot \frac{d}{dt} V_{in(t)} \quad (\leftarrow \text{微分動作})$$

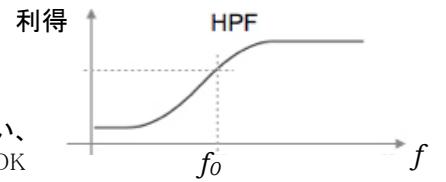
(遮断周波数以上のときは、単なる反転回路として働く(Cはだたの線より))

$$f_0 \gg \frac{1}{2\pi R_1 C} \text{ のとき } V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_{in(t)}$$

(単なる反転増幅)

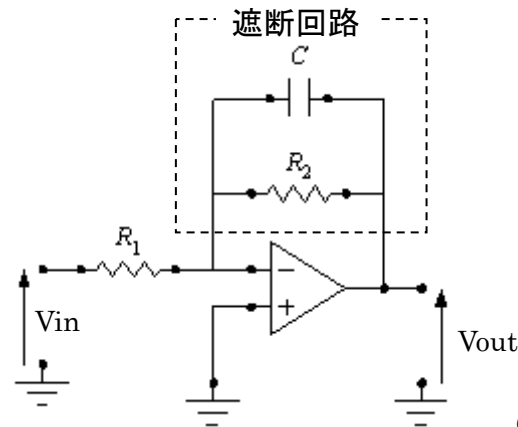


iv) の微分回路



ここは、より小さい、と読み替えても OK

v-2) 実践的な積分回路（ローパスフィルタ）



破線部が遮断回路となっていて

$$\text{遮断周波数 } f_0 = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

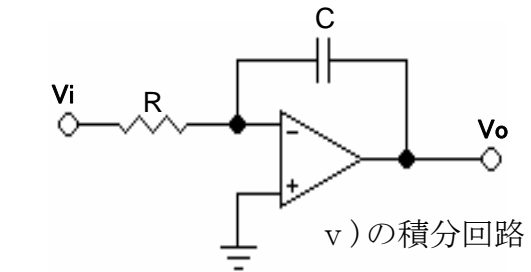
(1) 遮断周波数以下のときは、単なる反転回路として働く(Cは断線より)

$$f_0 \ll \frac{1}{2\pi R_1 C} \text{ のとき } V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_{in(t)} \quad (\text{単なる反転増幅})$$

(2) 遮断周波数以上のときは、積分回路(高周波の除去)として働く

$$f_0 \gg \frac{1}{2\pi R_1 C} \text{ のとき } V_{out} = -\frac{1}{R_1 C} \int V_{in(t)} dt$$

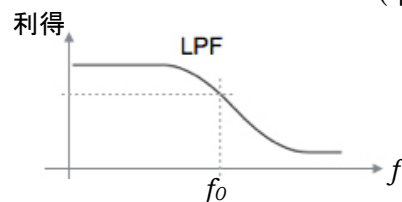
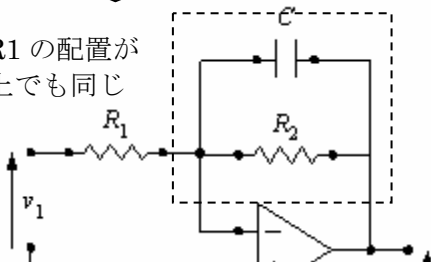
(↑ 積分動作)



v) の積分回路

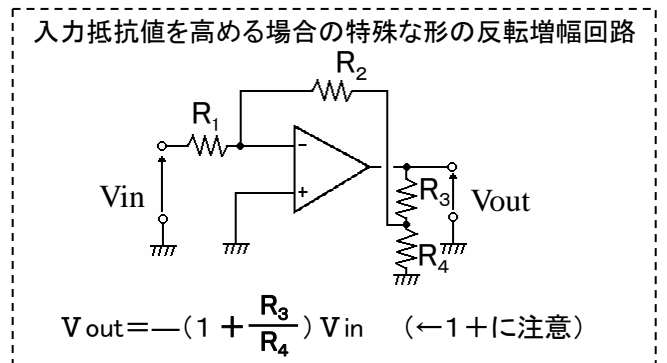
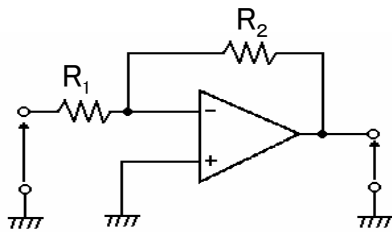
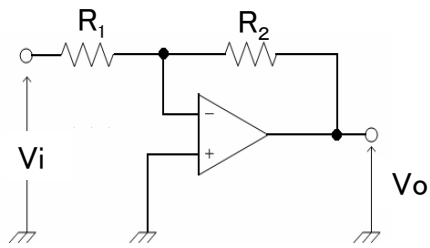
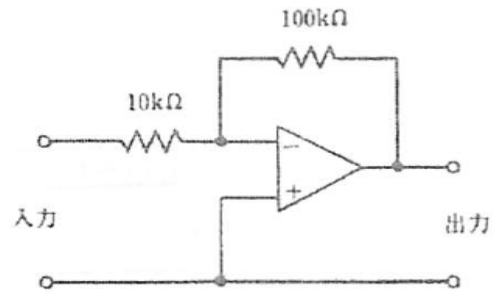
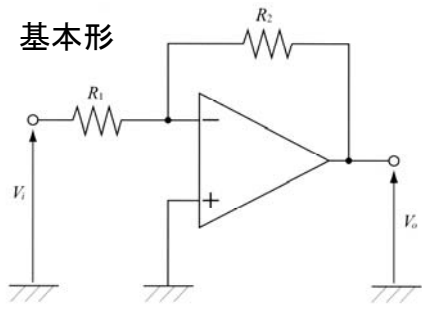


R1 の配置が上でも同じ



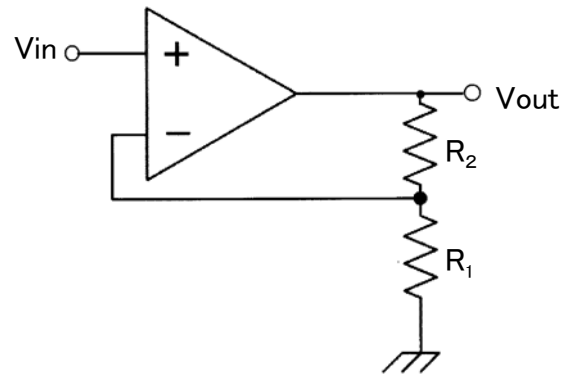
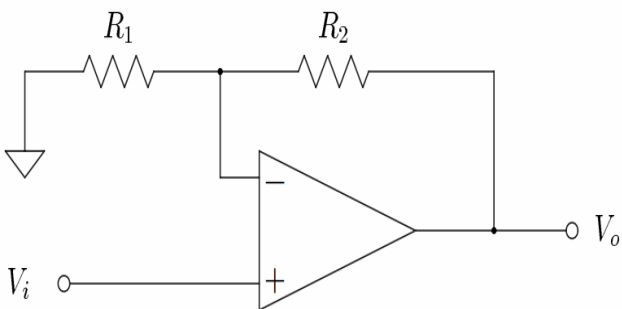
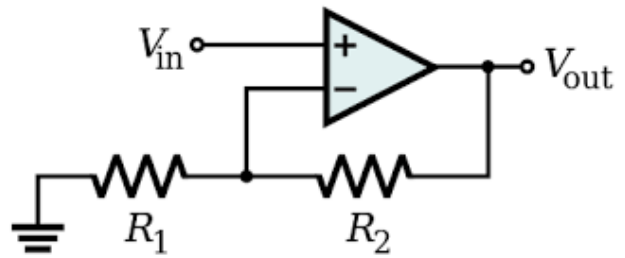
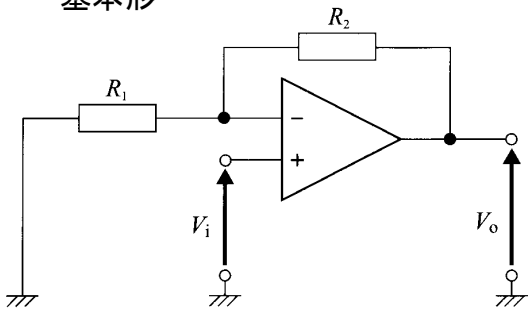
書き方のバリエーション（配置を考えてよく見れば“全部同じ回路”です）

1) 反転増幅回路の書き方バリエーション



2) 非反転増幅回路の書き方バリエーション

基本形

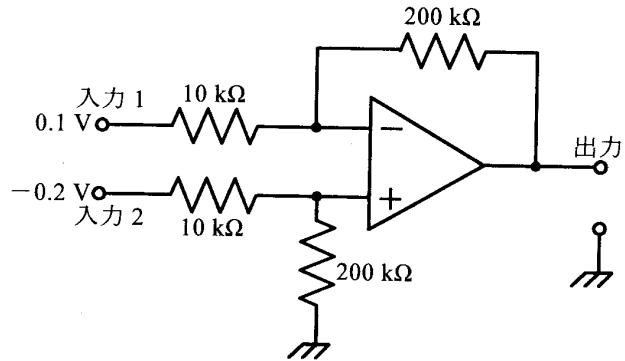


第6回講義

オペアンプ（差動・加算増幅回路）

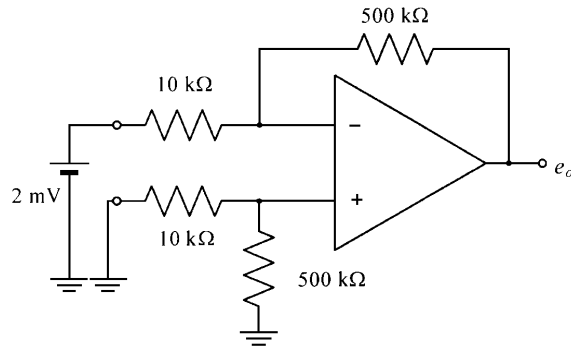
【問題 2 3 - 2 7】 図の増幅器の入力1に直流 0.1V を、入力2に直流 -0.2V を加えた。出力電圧は何 V か。

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



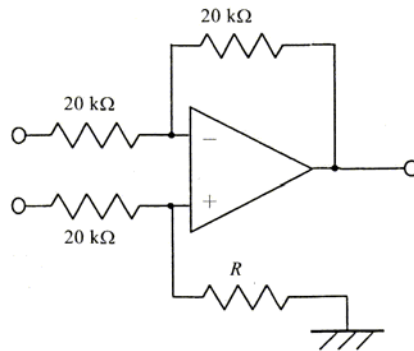
【問題 2 2 - 2 2】 図の増幅器の出力電圧 e_o の大きさはいくらか。

- 1) 0.1V
- 2) 0.2V
- 3) 0.25V
- 4) -0.1V
- 5) -0.2V



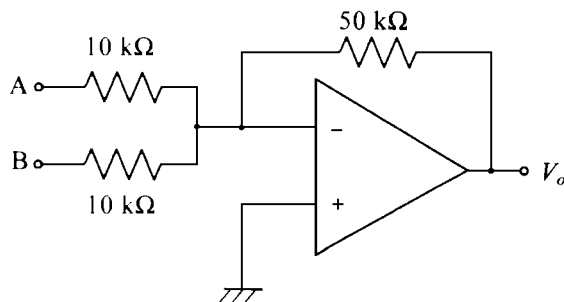
【問題 2 5 - 2 8】 図は理想オペアンプで構成した差動増幅器である。 R がいくつのときに CMRR は最大になるか

- 1) 5kΩ
- 2) 10kΩ
- 3) 20kΩ
- 4) 50kΩ
- 5) 100kΩ



【問題 2 4 - 2 7】 図のオペアンプ回路で、入力Aに+1V、入力Bに-0.5V を入力した。出力電圧 V_o は何 V か。

- 1) 5
- 2) 2.5
- 3) 0
- 4) -2.5
- 5) -5

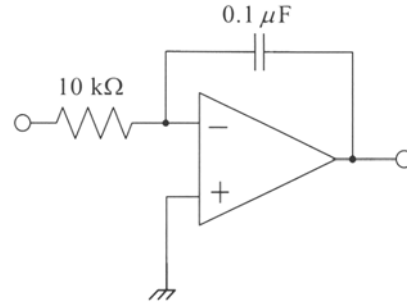


第6回講義

オペアンプ（差動・加算増幅回路）

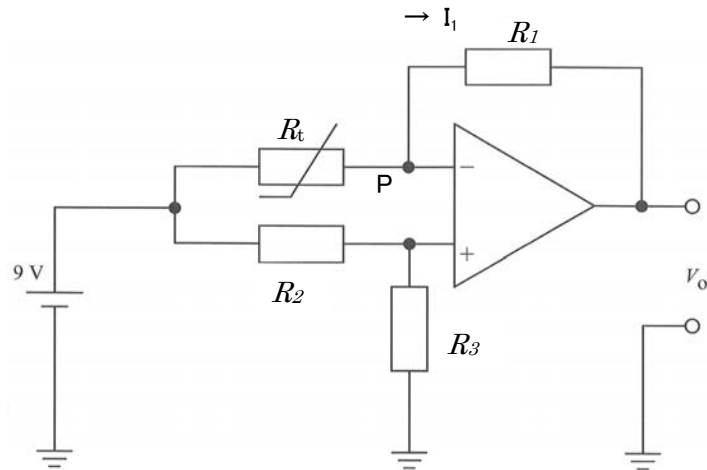
【問題 27-26】 図のオペアンプ回路の入力に±5V で 1kHz の方形波を入力した。出力波形はどれか。ただし、オペアンプは理想オペアンプとする。

- 1) 方形波
- 2) 三角波
- 3) 正弦波
- 4) インパルス
- 5) のこぎり波

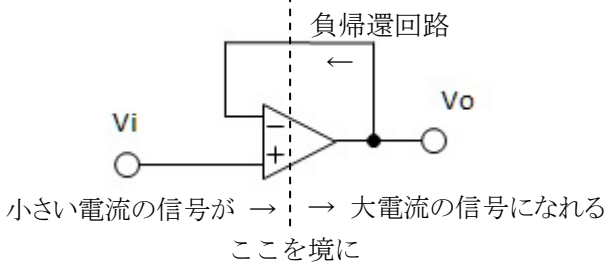


【問題 33-44】 図のオペアンプ回路で、 R_t はサーミスタである。抵抗 $R_1 \sim R_3$ はすべて $10k\Omega$ である。 R_t が $10k\Omega$ のとき出力 V_o はゼロであった。温度が上昇し R_t が $9k\Omega$ に変化したとすると、出力電圧 V_o は何 V になるか。ただし、オペアンプは理想的とする。

- 1) 10
- 2) 4.5
- 3) -0.5
- 4) -4.5
- 5) -10



【プラスワン】 電圧フォロワ（ボルテージフォロワ）（フォローする回路⇨弱い信号を助け、回路分離する）



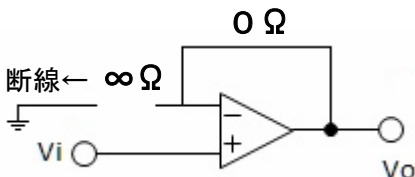
特徴：負帰還回路で、増幅度(倍率)が1倍、非反転増幅回路のため入力と出力の位相は同相。

- ・入力インピーダンスが高い（OPアンプの基本）
- ・出力インピーダンスが低い（OPアンプの基本）

そのため、次のことができる。

- ・インピーダンス変換：センサ等の微弱な信号が扱える
- ・回路の分離(入力側と出力側を)：電気信号を一方通行にする

倍率について非反転増幅回路と見れば、



$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_i \quad \text{より} \quad V_o = \left(1 + \frac{0}{\infty}\right) V_i \rightarrow V_o = \underline{1} \times V_i$$

1倍となる ↗

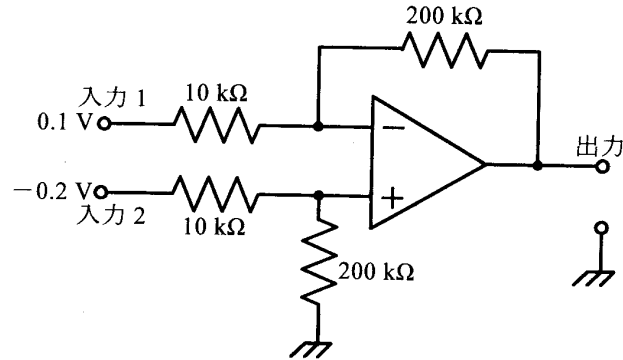
同相弁別比：オペアンプは差動増幅器であるため逆相信号を増幅し、同相信号を抑制する働きがあります。

この逆相信号の増幅度と同相信号の増幅度の比を同相弁別比と呼び、この値が大きいほど優れた差動増幅器となります。CMRR（Common Mode Rejection Ratio）ともいう。

オペアンプ（差動・加算増幅回路）

【問題 2 3 - 2 7】 図の増幅器の入力1に直流 0.1V を、入力2に直流 -0.2V を加えた。出力電圧は何 V か。

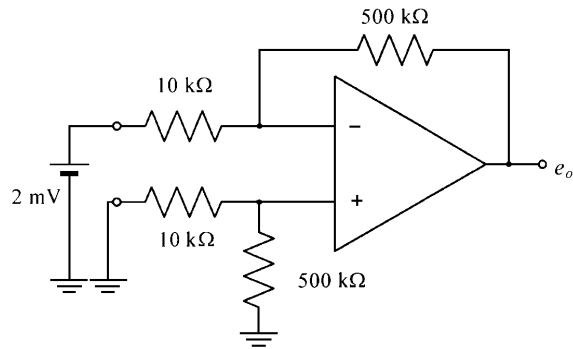
- 1) -6
- 2) -4
- 3) -2
- 4) 2
- 5) 6



(1)

【問題 2 2 - 2 2】 図の増幅器の出力電圧 e_o の大きさはいくらか。

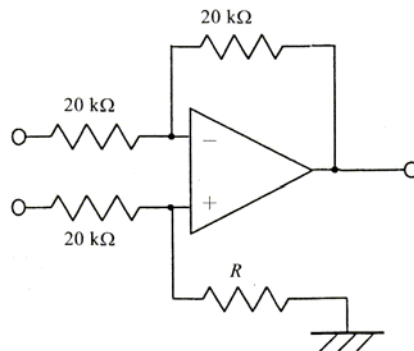
- 1) 0.1V
- 2) 0.2V
- 3) 0.25V
- 4) -0.1V
- 5) -0.2V



(4)

【問題 2 5 - 2 8】 図は理想オペアンプで構成した差動増幅器である。R がいくつのときに CMRR は最大になるか

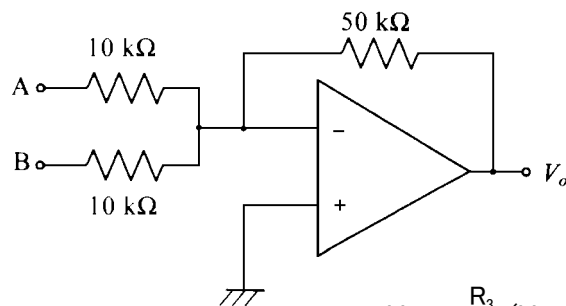
- 1) 5kΩ
- 2) 10kΩ
- 3) 20kΩ
- 4) 50kΩ
- 5) 100kΩ



(3)

【問題 2 4 - 2 7】 図のオペアンプ回路で、入力Aに+1V、入力Bに-0.5V を入力した。出力電圧 V_o は何 V か。

- 1) 5
- 2) 2.5
- 3) 0
- 4) -2.5
- 5) -5

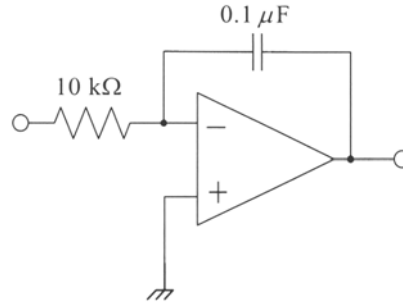


$$V_o = -\frac{R_3}{R_1} (V_1 + V_2) \quad (4)$$

オペアンプ（差動・加算増幅回路）

【問題27-26】 図のオペアンプ回路の入力に±5Vで1kHzの方形波を入力した。出力波形はどれか。ただし、オペアンプは理想オペアンプとする。

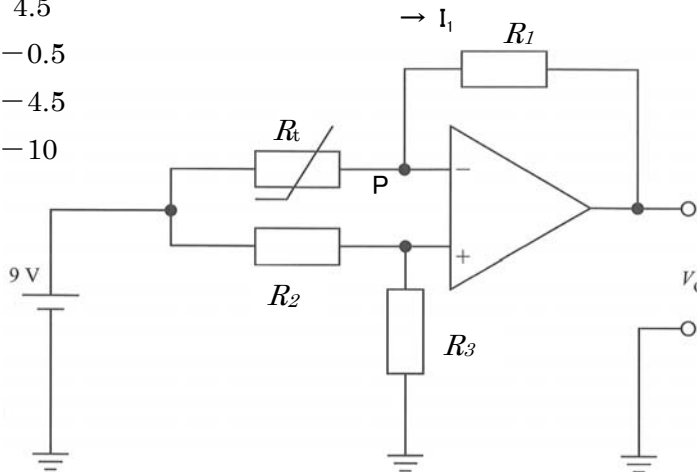
- 1) 方形波
- 2) 三角波
- 3) 正弦波
- 4) インパルス
- 5) のこぎり波



(2)

【問題33-44】 図のオペアンプ回路で、 R_t はサーミスタである。抵抗 $R_1 \sim R_3$ はすべて $10k\Omega$ である。 R_t が $10k\Omega$ のとき出力 V_o はゼロであった。温度が上昇し R_t が $9k\Omega$ に変化したとすると、出力電圧 V_o は何Vになるか。ただし、オペアンプは理想的とする。

- 1) 10
- 2) 4.5
- 3) -0.5
- 4) -4.5
- 5) -10



点Pは R_2R_3 の等分圧、イマジナリショートより $9V/2=4.5V$

$$I_1 = \frac{9V - 4.5V}{9k\Omega} = 0.5mA$$

$$V_{R1} = 0.5 \times 10K = 5V$$

$$V_{out} = 4.5 - 5V = -0.5V$$

別解(+側、-側をそれぞれ0Vした和)

$$V_{out} = V_{1=0} + V_{2=0}$$

$$= -\frac{10}{9} \cdot 9V + \frac{19}{9} \cdot \frac{1}{2} \cdot 9V$$

$$= -0.5V$$

(3)

同相弁別比：オペアンプは差動増幅器であるため逆相信号を増幅し、同相信号を抑制する働きがあります。

この逆相信号の増幅度と同相信号の増幅度の比を同相弁別比と呼び、この値が大きいほど優れた差動増幅器となります。CMRR (Common Mode Rejection Ratio) ともいう。

加算回路（差動増幅に対して）について

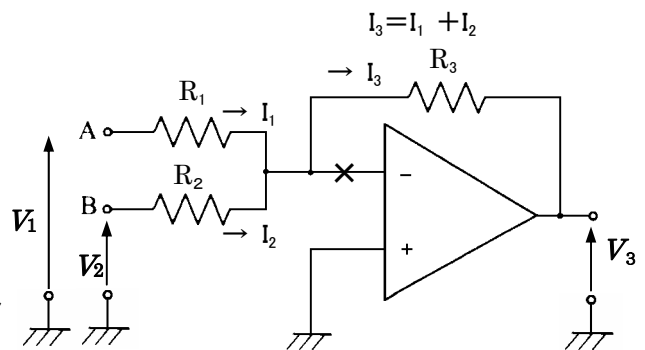
二つの反転増幅回路が重なっている回路と考えると柔軟に対応できる。入力が3つでも同様に加える。

$$V_3 = \left[-\frac{R_3}{R_1} V_1 \right] + \left[-\frac{R_3}{R_2} V_2 \right] + \dots$$

← これは反転増幅回路

$R_1 = R_2$ の場合(入力抵抗が同じとき)

$$\therefore V_3 = -\frac{R_3}{R_1} (V_1 + V_2)$$

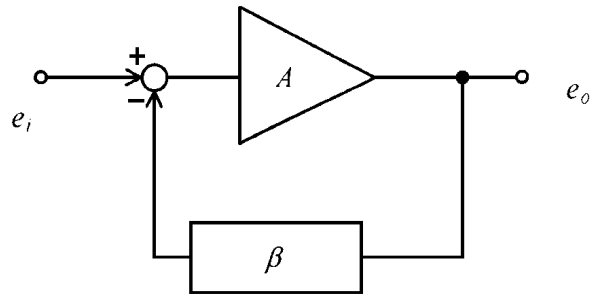


第7回講義

増幅器（デシベル dB 変換問題 他）

【問題 2 2 - 2 4】 図は帰還増幅器を表す。 $\frac{e_o}{e_i}$ はどれか。

- 1) $A \cdot \beta$
- 2) $\frac{1}{A \cdot \beta}$
- 3) $A + \beta$
- 4) $A - \beta$
- 5) $\frac{A}{1 + A \cdot \beta}$



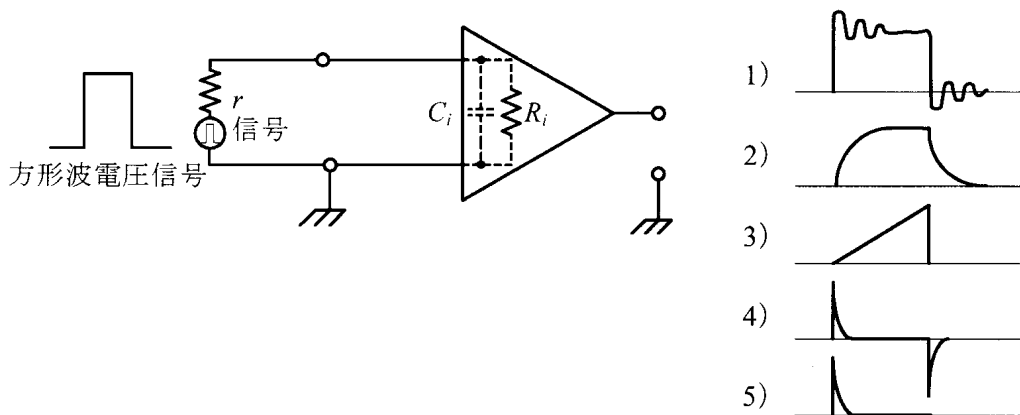
【問題 2 2 - 3 2】 電圧増幅度 10 倍の増幅器と電圧増幅度 20 倍の増幅器を直列に接続した。全体の電圧増幅度は何 dB か。ただし、 $\log_{10}2=0.3$ とする。

- 1) 30
- 2) 33
- 3) 40
- 4) 46
- 5) 60

【問題 2 2 - 3 5】 雑音について誤っているものはどれか。

- 1) 増幅器の S/N は大きいほどよい。
- 2) 増幅器の雑音は周波数帯域幅を広くすると大きくなる。
- 3) 複数段増幅器の雑音は主として最終段増幅器の雑音である。
- 4) 信号源抵抗が大きくなれば熱雑音は大きくなる。
- 5) 生体信号に重畳するハム雑音は一般に同相である。

【問題 2 3 - 2 2】 入力インピーダンスが図に示されるような直流増幅器に、信号源抵抗 r をもつ方形波電圧信号を入力した。増幅器の出力波形として考えられる波形はどれか。ただし、信号源抵抗 r 、入力容量 C_i は無視できないものとする。



第7回講義

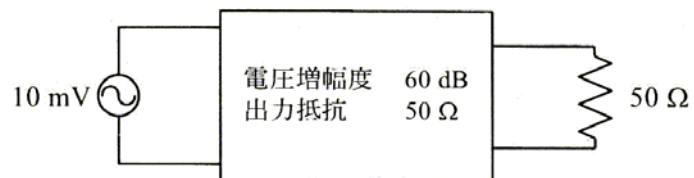
増幅器（デシベル dB 変換問題 他）

【問題 23-26】 電圧増幅度が 80dB の増幅器がある。入力端子を短絡して出力を測ったところ、雑音が 10mV（実効値）であった。この増幅器に 10 μ V（実効値）の信号を入力したとき、出力における S/N は何 dB か。上記以外の雑音は加わらないものとする。

- 1) 0
- 2) 20
- 3) 40
- 4) 60
- 5) 80

【問題 25-30】 図のように電圧増幅度が 60dB で出力抵抗が 50 Ω の増幅器に負荷抵抗 50 Ω を接続した。入力に実効値 10mV の交流電圧を加えた。負荷抵抗で消費される電力はいくらか。

- 1) 2 W
- 2) 1 W
- 3) 0.5W
- 4) 0.2W
- 5) 0.1W



【問題 26-26】 実効値 1V の信号の雑音レベルが -40 dB のとき、雑音の実効値は何 mV か。

- 1) 0.1
- 2) 1
- 3) 10
- 4) 20
- 5) 25

【問題 28-35】 電圧増幅度が 60dB の差動増幅器がある。2つの入力端子を結合して、実効値 1V の 50Hz 正弦波信号を同相信号として入力したところ、実効値 0.1V の出力が得られた。この差動増幅器の同相弁別比は何 dB か。

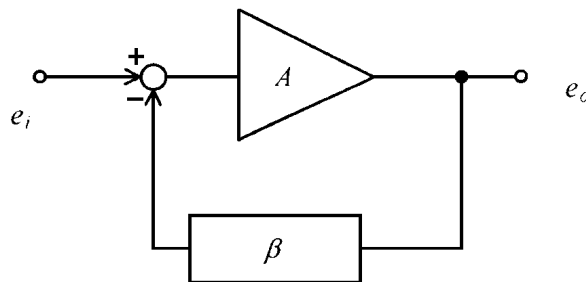
- 1) 0.1
- 2) 10
- 3) 40
- 4) 60
- 5) 80

第7回講義 解答

増幅器 (デシベル dB 変換問題 他)

【問題 2 2 - 2 4】 図は帰還増幅器を表す。 $\frac{e_o}{e_i}$ はどれか。

- 2) $A \cdot \beta$
- 3) $\frac{1}{A \cdot \beta}$
- 4) $A + \beta$
- 5) $A - \beta$
- 6) $\frac{A}{1 + A \cdot \beta}$



$$e_o = A(e_i - \beta e_o)$$

$$(e_o + A\beta e_o) = Ae_i$$

$$e_o = A e_i / (1 + A\beta)$$

(5)

【問題 2 2 - 3 2】 電圧増幅度 10 倍の増幅器と電圧増幅度 20 倍の増幅器を直列に接続した。全体の電圧増幅度は何 dB か。ただし、 $\log_{10}2=0.3$ とする。

- 2) 30
- 3) 33
- 4) 40
- 5) 46
- 6) 60

※ 対象が電圧や電流の場合

増幅度(率)A のとき、全体の増幅度(利得)
G [dB]は $20\log A$ で表される

公式 $\log \alpha \beta = \log \alpha + \log \beta$

全体の増幅度 A は $10 \times 20 = 200$ 倍
増幅度 G [dB]は $20\log 200$ で
 $= 20\log(100 \times 2)$
 $= 20(\log 100 + \log 2)$
 $= 20(2 + 0.3) = 46$ (4)

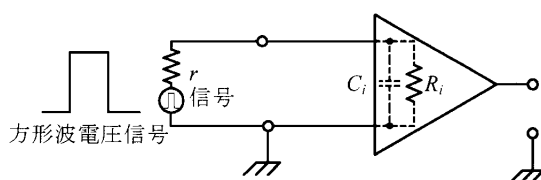
【問題 2 2 - 3 5】 雑音について誤っているものはどれか。

- 1) 増幅器の S/N は大きいほどよい。
- 2) 増幅器の雑音は周波数帯域幅を広くすると大きくなる。
- 3) 複数段増幅器の雑音は主として最終段増幅器の雑音である。
- 4) 信号源抵抗が大きくなれば熱雑音は大きくなる。
- 5) 生体信号に重畳するハム雑音は一般に同相である。

初段増幅器の雑音が、後段増幅器で徐々に増幅されるので、初段を抑えることでその性能を高める。ハム雑音とは電源周波数に準じた低い「ブーン」という雑音(交流雑音)

(3)

【問題 2 3 - 2 2】 入力インピーダンスが図に示されるような直流増幅器に、信号源抵抗 r をもつ方形波電圧信号を入力した。増幅器の出力波形として考えられる波形はどれか。ただし、信号源抵抗 r 、入力容量 C_i は無視できないものとする。



- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)

キャパシタンスの充放電特性を意識できるかの問題

$R_i = \infty$ と仮定する。
すると、コンデンサ C に充電されるので立ち上がりが遅れ、立下りは C の放電作用のため、後引くような遅れた立下り波形となる。

(2)

利得 (Gain) : 入力信号の大きさに対する出力信号の大きさのこと。ゲインとか増幅度、増幅率などとも言ったりすることがあるので、文脈から何を指しているかの確につかむこと。

第7回講義 解答

増幅器（デシベル dB 変換問題 他）

【問題 23-26】 電圧増幅度が 80dB の増幅器がある。入力端子を短絡して出力を測ったところ、雑音が 10mV（実効値）であった。この増幅器に 10μV（実効値）の信号を入力したとき、出力における S/N は何 dB か。上記以外の雑音は加わらないものとする。

- 1) 0
- 2) 20
- 3) 40
- 4) 60
- 5) 80

※ 対象が電圧や電流の場合
 増幅度 A のとき、全体の増幅度(利得)
 $G[\text{dB}]$ は $20\log A$ で表される

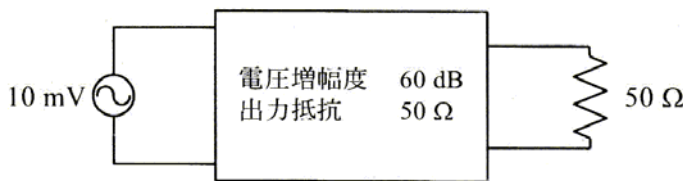
公式 $\log \frac{\alpha}{\beta} = \log \alpha - \log \beta$

増幅度 80dB は $80 = 20\log 10^x$ より
 $x = 4$ 、従って $10^4 = 10000$ 倍の増幅。
 入力 $10\mu\text{V} \times 10000 = 100\text{mV}$ 出力となり、
 100mV の出力に対し雑音が 10mV。
 $\therefore S/N[\text{dB}] = 20\log(100/10) = 20[\text{dB}]$

(2)

【問題 25-30】 図のように電圧増幅度が 60dB で出力抵抗が 50Ω の増幅器に負荷抵抗 50Ω を接続した。入力に実効値 10mV の交流電圧を加えた。負荷抵抗で消費される電力はいくらか。

- 1) 2 W
- 2) 1 W
- 3) 0.5W
- 4) 0.2W
- 5) 0.1W



増幅度 60dB は $60 = 20\log A$ より
 10^3 倍、従って 1000 倍の増幅器。
 入力 $10\text{mV} \times 1000 = 10\text{V}$ 出力となるので、
 $I = 10\text{V} / 50 + 50\Omega = 0.1\text{A}$ より
 R の消費電力 $W = I^2 R = 0.1^2 \times 50 = 0.5\text{W}$

(3)

【問題 26-26】 実効値 1V の信号の雑音レベルが -40 dB のとき、雑音の実効値は何 mV か。

- 1) 0.1
- 2) 1
- 3) 10
- 4) 20
- 5) 25

標準電圧 1V に対して
 $-40 = 20\log A$ より、
 $\therefore A = 10^{-2}$ $N = 1/100 = 10\text{mV}$ の雑音となる。

(3)

【問題 28-35】 電圧増幅度が 60dB の差動増幅器がある。2つの入力端子を結合して、実効値 1V の 50Hz 正弦波信号を同相信号として入力したところ、実効値 0.1V の出力が得られた。この差動増幅器の同相弁別比は何 dB か。

- 2) 0.1 差相増幅率は(題意より)
- 3) 10 60dB より $60 = 20\log 10^x \rightarrow \therefore 10^3$ 倍
- 4) 40 同相増幅率は $1\text{V} \rightarrow 0.1\text{V}$ より $1/10 \Rightarrow 10^{-1}$ 倍
- 5) 60 $\text{CMRR} = 20\log(10^3/10^{-1}) = 20\log 10^4 = 80$
- 6) 80

差動増幅率 A_d 、同相信号増幅率 A_c とすると
 $\text{CMRR} = 20 \log \left(\frac{\text{差動}}{\text{同相}} \right)$ で表される

(5)

同相弁別比：オペアンプは差動増幅器であるため逆相信号を増幅し、同相信号を抑制する働きがあります。この逆相信号の増幅度と同相信号の増幅度の比を同相弁別比と呼び、この値が大きいほど優れた差動増幅器となります。CMRR (Common Mode Rejection Ratio) ともいう。

1 電圧か電流の増幅度 (利得=Gain) を求める問題のとき

増幅度(率)A のとき、全体の増幅度(利得)
 G [dB]は $20\log A$ で表される。

(ただし、設問が電力のときは $10\log A$ で求める←20でなく10なので注意)

数学公式 $\log \alpha \beta = \log \alpha + \log \beta$

例: $20\log 200$ を計算するとき、 $\log 2 = 0.3$ と与えられた場合
 $= 20\log(100 \times 2)$
 $= 20(\log 100 + \log 2)$
 $= 20(2 + 0.3) = 20 \times 2.3 = 46$

数学公式 $\log \frac{\alpha}{\beta} = \log \alpha - \log \beta$

例: $20\log(10^3/10^{-1})$ を計算するとき
 $= 20(\log 10^3 - \log 10^{-1})$
 $= 20(3 - (-1)) = 20 \times 4 = 80$

2 同相弁別比 (CMRR) に関連する問題のとき

差動(逆相)増幅率 A_d 、同相信号増幅率 A_c とすると

$CMRR = 20 \log(A_d/A_c) = 20 \log\left(\frac{\text{差動(逆)}}{\text{同相}}\right)$ で表される

対数の公式で変換しても解ける

同相弁別比[db] = 逆相(差動)増幅度[db] - 同相増幅度[db]

(= $20\log$ 逆相増幅率[倍] - $20\log$ 同相増幅率[倍])

同相弁別比: CMRR (Common Mode Rejection Ratio):

オペアンプは差動増幅器であるため逆相信号を増幅し、同相信号を抑制する働きがあります。この逆相信号の増幅度と同相信号の増幅度の比を同相弁別比と呼び、この値が大きいほど優れた差動増幅器となります。(←同相信号が小さくなるため)

第8回講義

増幅器2 (デシベル dB、CMRR 問題 他)

【問題29-34】差動増幅器に1mVの心電図信号を入力したとき、1Vの心電図信号が出力された。同相入力電圧が1Vのとき、出力電圧は0.1Vであった。この差動増幅器のCMRRは何dBか。

- 1) 40
- 2) 60
- 3) 80
- 4) 100
- 5) 120

【問題30-48】入力換算雑音 $5\mu\text{V}$ 、利得40dBの増幅器の出力雑音は何mVか。

- 1) 0.2
- 2) 0.5
- 3) 10
- 4) 100
- 5) 200

【問題30-49】10Vの同相信号を差動増幅器に入力して10mVの出力を得た。CMRRは何dBか。ただし、この増幅器に1mVの信号を入力すると1Vの出力が得られるものとする。

- 1) 40
- 2) 60
- 3) 80
- 4) 100
- 5) 120

【問題31-35】電圧利得60dBの差動増幅器に0.5Vの同相電圧を加えたところ50mVの出力が得られた。同相弁別比は何dBか。

- 1) 10
- 2) 20
- 3) 40
- 4) 60
- 5) 80

【問題27-27】CMRRが120dBの増幅器に1mVの差動信号を入力してところ1Vの出力を得た。この増幅器の同相成分信号に対する増幅度は何dBか。

- 1) -20
- 2) -40
- 3) -60
- 4) -80
- 5) -100

第8回講義 解答

増幅器 2 (デシベル dB、CMRR 問題 他)

【問題 29-34】差動増幅器に 1mV の心電図信号を入力したとき、1V の心電図信号が出力された。
同相入力電圧が 1V のとき、出力電圧は 0.1V であった。この差動増幅器の CMRR は何 dB か。

- 1) 40
2) 60
3) 80
4) 100
5) 120
- 差(逆)**相増幅率(題意は電圧増幅度)は 1mV→1V より
1000 倍より 10^3
また、**同**相増幅率は 1V→0.1V より $1/10 = 10^{-1}$
 \therefore 同相弁別比[db] = $20\log(10^3/10^{-1})$
 $= 20\log 10^4 = 20 \times 4 = 80[\text{db}]$ (3)

【問題 30-48】入力換算雑音 $5\mu\text{V}$ 、利得 40dB の増幅器の出力雑音は何 mV か。

- 1) 0.2
2) 0.5
3) 10
4) 100
5) 200
- 利得 40db より
 $40 = 20\log A$ より $A = 10^2 = 100$ [倍]
入力雑音 $5\mu\text{V}$ はこの増幅器により 100 倍になる。
 $\therefore 5\mu\text{V} \times 100 \text{ 倍} = 0.5\text{mV}$ (2)

【問題 30-49】10V の同相信号を差動増幅器に入力して 10mV の出力を得た。CMRR は何 dB か。
ただし、この増幅器に 1mV の信号を入力すると 1V の出力が得られるものとする。

- 1) 40
2) 60
3) 80
4) 100
5) 120
- 差(逆)**相増幅率は 1mV→1V より 1000 倍 = 10^3
同相増幅率は 10V→10mV $1/1000$ 倍 = 10^{-3}
 \therefore 同相弁別比[db] = $20\log(10^3/10^{-3})$
 $= 20\log 10^6 = 20 \times 6 = 120[\text{db}]$ (5)

【問題 31-35】電圧利得 60dB の差動増幅器に 0.5V の同相電圧を加えたところ 50mV の出力が得られた。同相弁別比は何 dB か。

- 1) 10
2) 20
3) 40
4) 60
5) 80
- 差動** $60\text{dB} = 20\log 10^x$ より $x=3 \rightarrow 10^3$ 倍
同相増幅率は 0.5V→50mV より $1/10$ 倍
同相弁別比[db] = $20\log(10^3/10^{-1}) = 20\log 10^4$
 $\therefore = 20 \times 4 = 80[\text{db}]$ (5)

【問題 27-27】 CMRR が 120dB の増幅器に 1mV の差動信号を入力してところ 1V の出力を得た。
この増幅器の同相成分信号に対する増幅度は何 dB か。

- 1) - 20
2) - 40
3) - 60
4) - 80
5) -100
- CMRR = 120dB だから、
題意より $120 = 20\log A$ となる。
また、この差動増幅は 1mV→1V より
1000 倍 $\Rightarrow 10^3$
CMRR = $20\log(\text{差動/同相})$ で表されるから
 $120 = 20\log(10^3/\text{同相})$ となるので
($10^3/\text{同相}$)の部分は 6 となるはず。
よって、同相は 10^{-3} となればよい
従って、同相信号の増幅度は $20\log 10^{-3} = -60\text{db}$ (3)

第8回講義

増幅器2 (デシベル dB、CMRR 問題 他)

～ メモ ～

第9回講義

デジタル基礎

【29AM61】 2つの2進数 1100 と 11 の積を 2進数で表したのはいずれか。

1. 1111
2. 10100
3. 11100
4. 100100
5. 110100

【28AM61】 2つの2進数 10.01 と 111.11 の和を 10進数で表したのはいずれか。

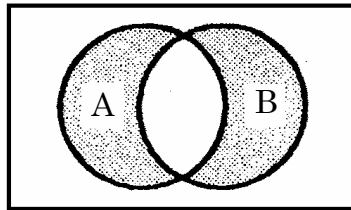
1. 9.50
2. 9.75
3. 10.00
4. 12.25
5. 10.50

【30AM61】 16進数 B8 と 9C の和を 16進数で表したのはいずれか。

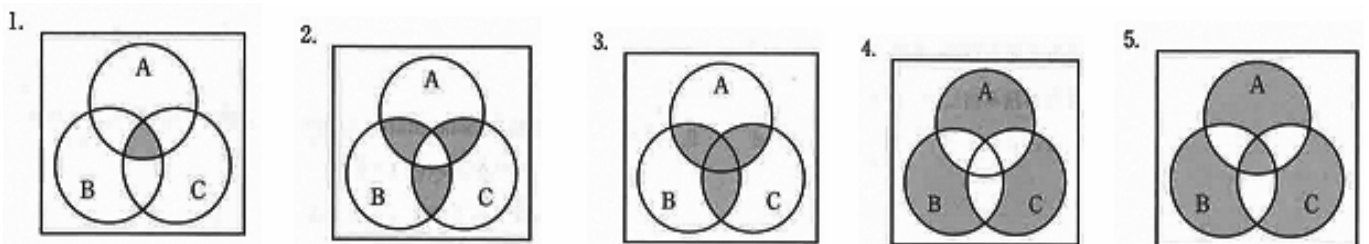
1. DC
2. 144
3. 154
4. 22F
5. 340

【28AM61】 集合 A,B の論理演算で図の網掛け部分を表すのはいずれか。

1. AND
2. OR
3. NOT
4. XOR
5. NOR



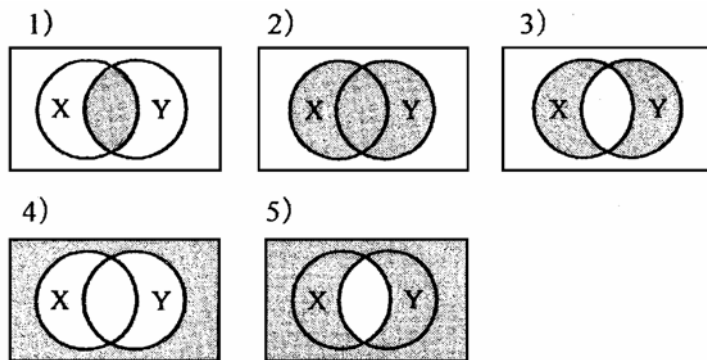
【30PM60】 論理式 $A \cdot B + B \cdot C + C \cdot A$ を表すベン図はいずれか。



第9回講義

デジタル基礎

【問題 21-35】 論理演算において「XANDY」を $(X \cdot Y)$ ，「XOR Y」を $(X \oplus Y)$ ，「NOT X」を (\bar{X}) と表すとき $(\bar{X} \cdot Y + X \cdot \bar{Y})$ の結果を正しく表している図（ベン図）はどれか。



【問題 30-33】 次の論理式で誤っているのはどれか。

- 1) $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$
- 2) $A + A \cdot B = A$
- 3) $A + \bar{A} = 1$
- 4) $\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$
- 5) $A + \bar{B} = \bar{A} \cdot B$

【問題 32-36】 次の論理式で誤っているのはどれか。

- 1) $A \cdot B + A \cdot \bar{B} = A$
- 2) $A \cdot (A + B) = A$
- 3) $A + \bar{A} \cdot B = \bar{A} + B$
- 4) $\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$
- 5) $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$

第9回講義 解答

デジタル基礎

【29AM60】 2つの2進数 1100 と 11 の積を2進数で表したのはいずれか。

1. 1111 2進数→ $1\ 1\ 0\ 0 = \dots + 8 + 4 + 0 + 0 = 12$
 2. 10100 2進数→ $\dots + 0 + 0 + 2 + 1 = 3$
 3. 11100 10進変換→ $\dots + 2 + 1 = 3$
 4. 100100 BOXラベル→

128	64	32	16	8	4	2	1
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

5. 110100 2進数→ $0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0$ ← $36 = 32 + 4$ より (4)

【28AM61】 2つの2進数 10.01 と 111.11 の和を10進数で表したのはいずれか。

1. 9.50 2進数→ $1\ 0\ .\ 0\ 1 = \dots + 0 + 2 + 0 + 0 + 0.25 = 2.25$
 2. 9.75 2進数→ $\dots + 4 + 2 + 1 + 0.5 + 0.25 = 7.75$
 3. 10.00 10進変換→

...	8	4	2	1	0.5	0.25	...
	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	

4. 12.25 BOXラベル→ $\dots + 0.25 = 7.75$ (ちなみに2進なら10は8と2より) (3)
 5. 10.50 2進数→ $1\ 0\ 1\ 0\ .\ 0\ 0$

【30AM61】 16進数 B8 と 9C の和を16進数で表したのはいずれか。

1. DC 10進数

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	...
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	...

2. 144 16進数 → $\dots + 16 = 184$ (ここから2桁に)

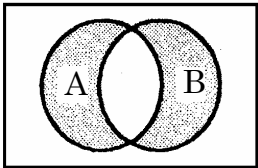
3. 154 16進数→ $0\ 0\ B(11) \times 8 \times = \dots + (11 \times 16) + (8 \times 1) = 184$
 4. 22F 16進数→ $9 \times C(12) \times = \dots + (9 \times 16) + (12 \times 1) = 156$
 5. 340 10進変換→

...	4096	256	16	1
	16^3	16^2	16^1	16^0

16進数 → $1\ 5\ 4$ (16進に戻すときは340は256と16が5個と4で) (3)

【28AM61】 集合 A,B の論理演算で図の網掛け部分を表すのはいずれか。

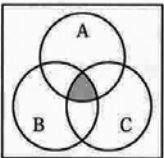
1. AND
 2. OR
 3. NOT
 4. XOR
 5. NOR

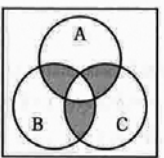


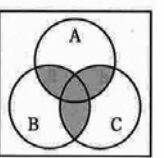
\bar{X} (circle \bar{X} in box), Y (circle Y in box) → $\bar{X} \cdot Y$ (shaded crescent)
 X (circle X in box), \bar{Y} (circle \bar{Y} in box) → $X \cdot \bar{Y}$ (shaded crescent)
 $\bar{X} \cdot Y + X \cdot \bar{Y}$ (shaded intersection)

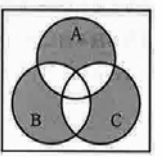
(4)

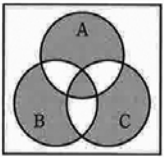
【30PM60】 論理式 $A \cdot B + B \cdot C + C \cdot A$ を表すベン図はどれか。

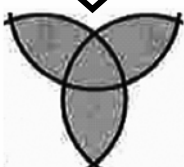
1. 

2. 

3. 

4. 

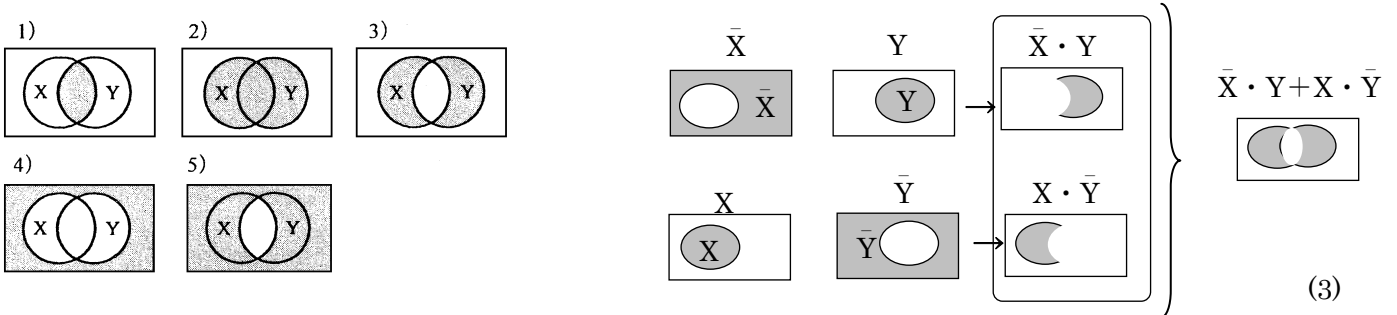
5. 

$A \cdot B$ $B \cdot C$ $C \cdot A$
 $A \cdot B$ + $B \cdot C$ + $C \cdot A$ (OR) →  (3)

デジタル基礎

AND は重なり部分 (かつ)
OR は双方 (または)

【問題 2 1 - 3 5】 論理演算において「XANDY」を $(X \cdot Y)$, 「XORY」を $(X+Y)$, 「NOTX」を (\bar{X}) と表すとき $(\bar{X} \cdot Y + X \cdot \bar{Y})$ の結果を正しく表している図 (ベン図) はどれか。



【問題 30-33】 次の論理式で誤っているのはどれか。

- 1) $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$ (分配則)
- 2) $A + A \cdot B = A$ (吸収法則)
- 3) $A + \bar{A} = 1$ (補元)
- 4) $\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$ (ドモルガンの法則) これも $\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$ ドモルガンの法則
- 5) $A + \bar{B} = \bar{A} \cdot B$ 正しくは $A + \bar{B} = \overline{\bar{A} \cdot B}$ (ドモルガンの的に考えると)

わからないときはベン図を描いて考えれば解ける

【問題 32-36】 次の論理式で誤っているのはどれか。

- 1) $A \cdot B + A \cdot \bar{B} = A$ $A \cdot (B + \bar{B}) = A \cdot 1 = A$
- 2) $A \cdot (A + B) = A$ (吸収則)
- 3) $A + \bar{A} \cdot B = \bar{A} + B$ これが誤り
- 4) $\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$ (ドモルガン)
- 5) $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$ (分配則)

わからないときはベン図を描いて考えれば解ける

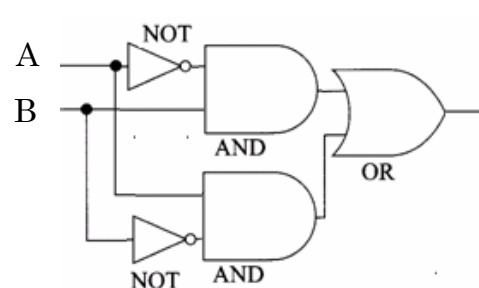
論理式へ展開

$\bar{X} \cdot Y + X \cdot \bar{Y}$

ベン図へ展開

真理値表より

A	B	X
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

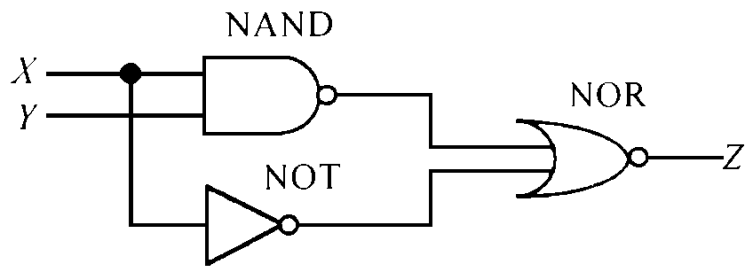


XOR

入力値：真理値表より

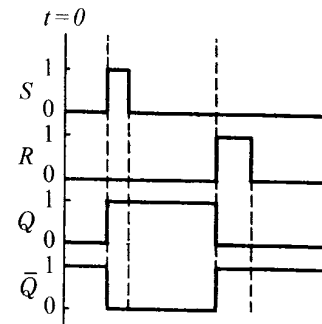
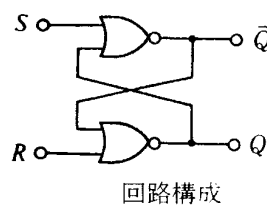
【問題 2 2 - 3 6】 図に示す論理回路の出力 Z として表中で正しいものはどれか。

入力	X	0	0	1	1
	Y	0	1	0	1
出力 Z	1)	1	0	0	0
	2)	1	1	0	0
	3)	0	0	1	1
	4)	0	0	0	1
	5)	0	1	1	1



【問題 2 4 - 3 8】 図のような回路構成および動作状態を示すパルス回路はどれか。

- 1) 単安定マルチバイブレータ
- 2) 非安定マルチバイブレータ
- 3) 双安定マルチバイブレータ
- 4) 非安定ブロッキング回路
- 5) 単安定ブロッキング回路



動作状態

【問題 29-36】 NAND (正論理) ゲートと等価な回路はどれか。ただし、 は論理否定ゲート、

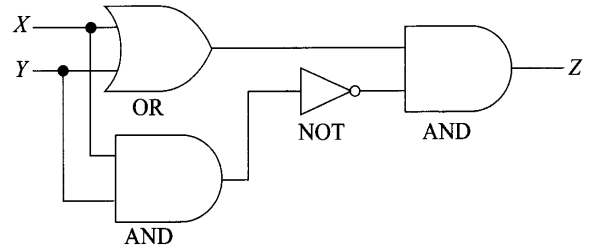
は論理積ゲート、 は論理和ゲートを表す。

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)

論理回路とデジタル回路

【問題 31-36】 図の論理回路の出力 Z として、表中で正しいのはどれか。

X	Y	Z				
		1)	2)	3)	4)	5)
0	0	0	1	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0	1



【29AM61】 真理値表に対応する論理演算はどれか。

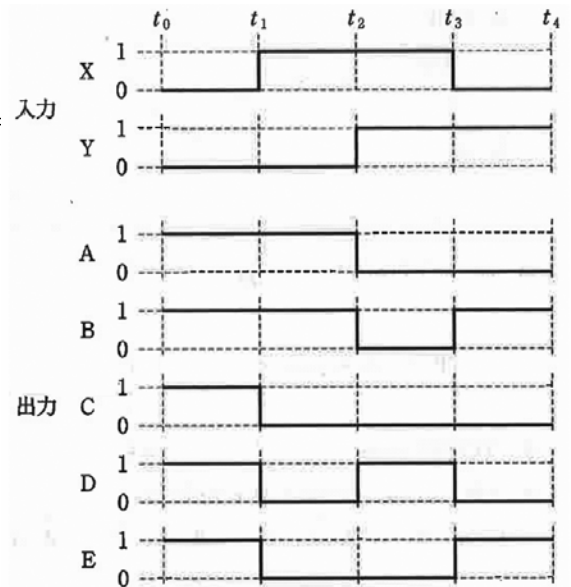
1. AND 演算
2. NAND 演算
3. OR 演算
4. NOR 演算
5. EX-OR 演算

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

【29PM60】 論理演算 $\overline{X \cdot Y}$ を求める論理回路がある。

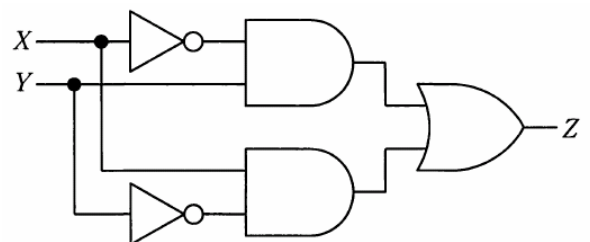
図のような X, Y を入力したときの出力は A から E のどれか。入力

1. A
2. B
3. C
4. D
5. E



【26PM61】 図の論理回路で常に Z=1 となる条件はどれか。

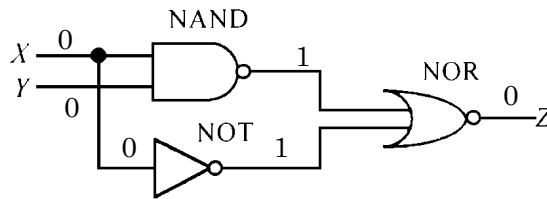
1. X = 1
2. Y = 1
3. X = Y
4. X ≠ Y
5. X, Y によらない



論理回路とデジタル回路

【問題 2 2 - 3 6】 図に示す論理回路の出力 Z として表中で正しいものはどれか。

入力	X	0	0	1	1
	Y	0	1	0	1
出力 Z	1)	1	0	0	0
	2)	1	1	0	0
	3)	0	0	1	1
	4)	0	0	0	1
	5)	0	1	1	1



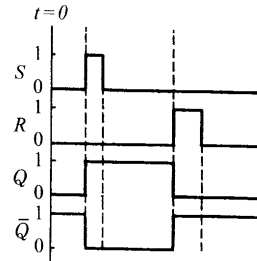
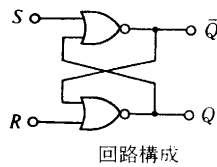
別解 多少面倒であるが、この場合入力 X、Y を代入して確かめてもよい。4 回確かめればよいから堅実。

論理式を組み立てる(ドモルガンの法則を利用: $\overline{X+Y} = \overline{X} \cdot \overline{Y}$)
 $Z = \overline{(\overline{X+Y}) + \overline{X}} = \overline{(\overline{X+Y})} \cdot \overline{\overline{X}} = (X+Y) \cdot X = X+XY = XY$
 よって、XY 双方が 1 なら出力が 1 になる

(4)

【問題 2 4 - 3 8】 図のような回路構成および動作状態を示すパルス回路はどれか。

- 1) 単安定マルチバイブレータ
- 2) 非安定マルチバイブレータ
- 3) 双安定マルチバイブレータ
- 4) 非安定ブロッキング回路
- 5) 単安定ブロッキング回路



これを別名、フリップフロップとも呼び、左図の入力から次の入力までの動作を行う代表的な保持回路である。S,R,Q の記号もヒント。他に JK などもある

動作状態

(3)

【問題 29-36】 NAND (正論理) ゲートと等価な回路はどれか。ただし、 は論理否定ゲート、

は論理積ゲート、 は論理和ゲートを表す。

この○印が NOT を意味する

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)

NAND は Not と AND の造語 →
 NOR は Not と OR の造語 →

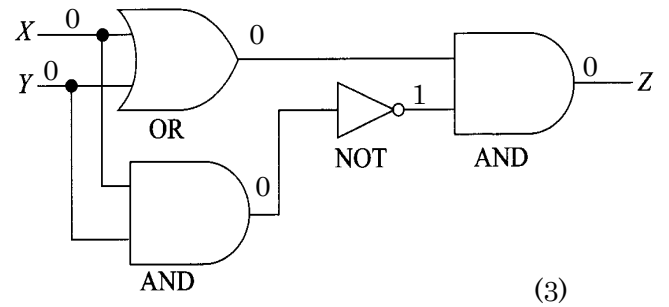
この問題は NAND なので
 これにも逆逆の法則を適用できる。
 (AND 場合は OR に、OR 場合は AND に変え)
 (出力側の○印は入力側へ移動する。)

(4)

論理回路とデジタル回路

【問題 31-36】 図の論理回路の出力 Z として、表中で正しいのはどれか。

X	Y	Z				
		1)	2)	3)	4)	5)
0	0	0	1	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0	1



別解 面倒であるが、入力 X、Y を代入して確かめてみる。でも堅実。

論理式を組み立てる

$$Z = (X + Y) \cdot \overline{(X \cdot Y)} = (X + Y) \cdot (\overline{X} + \overline{Y}) = X \cdot \overline{Y} + \overline{X} \cdot Y$$

($\because X \cdot \overline{X}$ や $\overline{Y} \cdot Y$ は 0)

よって、X か Y のいずれかが 1 で他方が 0 なら出力は 1 になる

例えば、X=0 と Y=0 を入れると、OR 出力は 0、AND 出力 0

AND 出力は NOT により 1

最終段の AND に 01 が入力され

最終的に 1 が出力される。

よって、回答は 1)か 3)4)。

次に X=0 と Y=1 を入力し同様に論理を追うと、回答は 2)

【29AM61】 真理値表に対応する論理演算はどれか。

1. AND 演算
2. NAND 演算
3. OR 演算
4. NOR 演算
5. EX-OR 演算

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

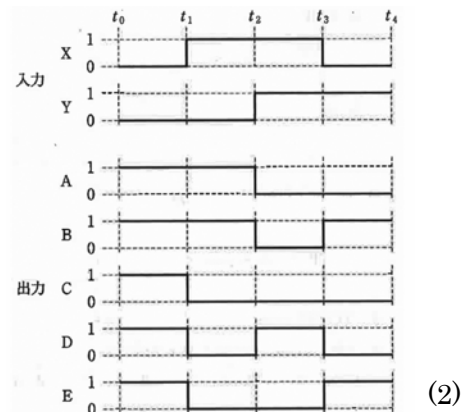
【29PM60】 論理演算 $\overline{X \cdot Y}$ を求める論理回路がある。

図のような X、Y を入力したときの出力は A から E のどれか。

1. A
2. B
3. C AND に NOT の付いた NAND 回路
4. D
5. E

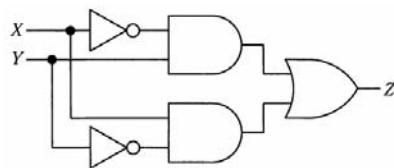
A	B	Z	\overline{Z}
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

この真理値表と同じ論理の波形を選べば良い



【26PM61】 図の論理回路で常に Z=1 となる条件はどれか。

1. X = 1
2. Y = 1
3. X = Y
4. X ≠ Y
5. X, Y によらない



この回路は EX-OR 回路、 $(\overline{X} \cdot Y) + (Y \cdot \overline{X}) = Z$

EX-OR の真理値表から、X と Y が等しくないときに Z が 1 になる回路だから

X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

第 11 回講義

サンプリング、AD 変換、画像の問題

【サンプリング周期に関する計算問題】

①【問題 24-28】 10Hz から 500Hz までの周波数成分を含む生体信号を A/D 変換したい。理論上必要なサンプリング間隔はどれか。

- 1) 1000ms 以上
- 2) 100ms 以上、1000ms 未満
- 3) 10ms 以上、100ms 未満
- 4) 1ms 以上、10ms 未満
- 5) 1ms 未満

①の逆問題

【問題 33-39】 生体電気信号を $500 \mu\text{s}$ 間隔でサンプルした。復元できる周波数の理論的上限は何 Hz 未満か。

- 1) 100
- 2) 200
- 3) 500
- 4) 1000
- 5) 2000

①②の少し発展させた問題

【問題 27-32】 サンプリング周波数 40kHz、1 データを 8 ビットでデジタル化された信号を 10 分間保存するには最低何 M バイトのメモリが必要か。

- 1) 24
- 2) 196
- 3) 246
- 4) 1960
- 5) 2460

【A/D 変換に関する問題】

③【問題 27-31】 フルスケール 5V の信号を 8 ビットで AD 変換すると最小分解能（量子化精度）は約何 mV か。

- 1) 5
- 2) 10
- 3) 20
- 4) 30
- 5) 45

③の類似問題

【問題 32-38】 0~10V の入力信号を 8 ビットで量子化する AD 変換器がある。分解能はおよそ何 V か。

- 1) 0.01
- 2) 0.04
- 3) 0.12
- 4) 0.25
- 5) 0.5

また、10bit で量子化した場合について考えてください。

④【画像の情報量に関する問題】

【問題 26-36】 縦横 256×256 画素の白黒画像を濃淡 16 階調で量子化し、保存するのに必要なメモリは何 k バイトになるか。ただし、 $2^{10} = 1k$ とする。

- 1) 32
- 2) 64
- 3) 128
- 4) 256
- 5) 512

【問題 21-38】 画素数 128×128 、各画素が 16 階調の白黒濃淡で表されるデジタル静止画像を每秒 4 枚送信したい。このとき必要な通信速度は何 bps (ビット/秒) か。ただし、画像は圧縮せず、制御用の信号などは考えないものとする。また 1k (キロ) は 2^{10} を表すものとする。

- 1) 8k
- 2) 64k
- 3) 128k
- 4) 256k
- 5) 512k

【画像の送信に関する問題 (④のちょっと変化球)】

【問題 23-24】 1 枚が縦横 64×64 画素で各画素の濃淡が 4 ビットで表される白黒画像を、每秒 16 枚送信して受信側で動画として見えるようにしたい。このとき必要な通信速度 (bps : ビット/s) はいくらか。ただし画像データは圧縮せず、制御用信号などは考えないものとする。また、1k (キロ) は 2^{10} を表すものとする。

- 1) 32k
- 2) 64k
- 3) 128k
- 4) 256k
- 5) 1024k

【カラー表示に関する情報量の問題】

【問題 22-31】 カラーグラフィックディスプレイで、5 ビットの階調で表現した赤、緑、青の 3 原色を組み合わせると各画素の色を表示するとき、原理的に表示可能な色は何種類か。

- 1) 32
- 2) 256
- 3) 4096
- 4) 32768
- 5) 65536

【問題 24-21】 カラーグラフィックディスプレイでそれぞれ 4 ビットの階調で表現した赤、緑、青の 3 原色を組み合わせると各画素の色を表示するとき、原理的に表示可能な色は何種類か。

- 1) 12
- 2) 48
- 3) 512
- 4) 1024
- 5) 4096

第 11 回講義 解答

サンプリング、AD 変換、画像の問題

【サンプリング周期に関する計算問題】

①【問題 24-28】 10Hz から 500Hz までの周波数成分を含む生体信号を A/D 変換したい。理論上必要なサンプリング間隔はどれか。

- 1) 1000ms 以上
- 2) 100ms 以上、1000ms 未満
- 3) 10ms 以上、100ms 未満
- 4) 1ms 以上、10ms 未満
- 5) 1ms 未満

サンプリング(データ収集)最大周波数の 2 倍以上必要
周波数と周期の関係をしっかり $T = 1/f$

サンプリング(データ収集)最大周波数の 2 倍以上必要
 $\therefore 500 \times 2 = 1000\text{Hz}$ $T = 1/f = 1/1000\text{Hz} = 1\text{ms}$ (5)

①の逆問題

【問題 33-39】 生体電気信号を $500 \mu\text{s}$ 間隔でサンプルした。復元できる周波数の理論的上限は何 Hz 未満か。

- 1) 100
- 2) 200
- 3) 500
- 4) 1000
- 5) 2000

$f = 1/T = 1/500 \mu\text{s} = 0.002\text{MHz} = 2\text{KHz}$
 $\therefore 1\text{KHz}$ (サンプリングは最大周波数の 2 倍以上でサンプリングしているので) (4)

①②の少し発展させた問題

【問題 27-32】 サンプリング周波数 40kHz、1 データを 8 ビットでデジタル化された信号を 10 分間保存するには最低何 M バイトのメモリが必要か。

- 1) 24
- 2) 196
- 3) 246
- 4) 1960
- 5) 2460

$T = 1/f$ より $40\text{KHz} \rightarrow 0.025\text{ms} \rightarrow 25 \mu\text{s}$ に 8bit (1Byte) 保存される。ここで、 $25 \mu\text{s}$ に対し 10 分は $1/25 \mu\text{s} \times 60 \times 10 = 24\text{M}$ 倍分だから、24MByte (1)

【A/D 変換に関する問題】

③【問題 27-31】 フルスケール 5V の信号を 8 ビットで AD 変換すると最小分解能 (量子化精度) は約何 mV か。

- 1) 5
- 2) 10
- 3) 20
- 4) 30
- 5) 45

AD 変換は最大電圧を何分割するか? (何 bit 分) ということ。
Bit を数値 (10 進) にして、割れば最小単位がわかる

AD 変換は最大電圧を何分割するか? (何 bit 分) ということ。
 $\therefore 8\text{bit}$ は 256 に相当するので 5V を 256 分割しながら取り込むので $5\text{V}/256 = 0.0195\text{V} = 19.5\text{mV} \approx 20\text{mV}$ (3)

③の類似問題

【問題 32-38】 0~10V の入力信号を 8 ビットで量子化する AD 変換器がある。分解能はおよそ何 V か。

- 1) 0.01
- 2) 0.04
- 3) 0.12
- 4) 0.25
- 5) 0.5

AD 変換は最大電圧を何分割するか? (何 bit 分) ということ。
 $\therefore 8\text{bit}$ は 256 に相当するので 10V を 256 分割しながら取り込むので $10\text{V}/256 = 0.039\text{V} \approx 0.04\text{mV}$ (2)

また、10ibt で量子化した場合について考えてください。

同様に何 bit (何分割) で取り込むかということなので
 $\therefore 10\text{bit}$ は 1024 に相当するから 10V を 1024 分割 (約 1000 分割) しながら取り込むことになり、 $10\text{V}/1000 \approx 0.01\text{mV}$ となる

④【画像の情報量に関する問題】

画面のつくりと、bit と byte の関係を知ればできる

【問題 26-36】 縦横 256×256 画素の白黒画像を濃淡 16 階調で量子化し、保存するのに必要なメモリは何 k バイトになるか。ただし、 $2^{10} = 1k$ とする。

- 1) 64
- 2) 128
- 3) 256
- 4) 512
- 5) 1024

面は、「点」が集まって「線」になり、その線を下にならべて「面」になる。
ここで、その最小単位である「点」(画素という)が、16階調(16 段階)の濃淡の色を持っている。16 段階をつくるには 4bit が必要なので、
 $4\text{bit} \times \text{横 } 256 \text{ 個} \times \text{縦 } 256 \text{ 個} = 262144\text{bit}$
8bit が 1byte なので、 $262144/8 = 32768\text{byte} \rightarrow 32\text{Kbyte}$

【問題 21-38】 画素数 128×128、各画素が 16 階調の白黒濃淡で表されるデジタル静止画像を每秒 4 枚送信したい。このとき必要な通信速度は何 bps (ビット/秒) か。ただし、画像は圧縮せず、制御用の信号などは考えないものとする。また 1k (キロ) は 2^{10} を表すものとする。

- 1) 8k
- 2) 64k
- 3) 128k
- 4) 256k
- 5) 512k

面は、「点」が集まって「線」になり、その線を下にならべて「面」になる。
その最小単位である「点」が、16階調(16 段階)の濃淡の色を持っている。
16 段階 \rightarrow 4bit、 $4\text{bit} \times \text{横 } 128 \text{ 個} \times \text{縦 } 128 \text{ 個} = 65536\text{bit}$ で 1 面。
4 枚なので $65536\text{bit} \times 4 \text{ 枚} = 262144\text{bit}$ を 1 秒間に送りたい。
 $1k = 2^{10}$ とするので、 $2^{10} = 1024$ 、 $\therefore 262144\text{bit}/1024 = 256K$ (4)

【画像の送信に関する問題 (④のちょっと変化球)】

【問題 23-24】 1 枚が縦横 64×64 画素で各画素の濃淡が 4 ビットで表される白黒画像を、每秒 16 枚送信して受信側で動画として見えるようにしたい。このとき必要な通信速度 (bps : ビット/s) はいくらか。ただし画像データは圧縮せず、制御用信号などは考えないものとする。また、1k (キロ) は 2^{10} を表すものとする。

- 1) 32k
- 2) 64k
- 3) 128k
- 4) 256k
- 5) 1024k

同様の考え方で、
その最小単位である「点」が、4bit (16 階調) の濃淡の色を持っている。
 $4\text{bit} \times \text{横 } 64 \text{ 個} \times \text{縦 } 64 \text{ 個} = 16384\text{bit}$ で 1 面。
16 枚なので $16384\text{bit} \times 16 \text{ 枚} = 262144\text{bit}$ を 1 秒間に送りたい。
 $1k = 2^{10}$ とすると、 $2^{10} = 1024$ 、 $\therefore 262144\text{bit}/1024 = 256K$ (2)

【カラー表示に関する情報量の問題】

カラー画面のつくりを知ればできる

【問題 22-31】 カラーグラフィックディスプレイで、5 ビットの階調で表現した赤、緑、青の 3 原色を組み合わせると各画素の色を表示するとき、原理的に表示可能な色は何種類か。

- 1) 32
- 2) 256
- 3) 4096
- 4) 32768
- 5) 65536

画面が点でできていることは学んだ。カラーの場合、その最小単位である「点」のひとつひとつは、3 色の組み合わせでできている。
(これですべての色を表現できるから、すごい)つまり、5bit (32 段階の濃淡) (\equiv 32 色) の濃淡の色を 3 色 (RGB) で組み合わせる。
 $32 \text{ 段階}(5\text{bit}) \times 32 \text{ 段階} \times 32 \text{ 段階} = 32768 \text{ 色} (\equiv \text{階調}) (\equiv \text{組み合わせの色})$
(4)

【問題 24-21】 カラーグラフィックディスプレイでそれぞれ 4 ビットの階調で表現した赤、緑、青の 3 原色を組み合わせると各画素の色を表示するとき、原理的に表示可能な色は何種類か。

- 1) 12
- 2) 48
- 3) 512
- 4) 1024
- 5) 4096

同様に、カラー画面は、その最小単位である「点」(画素)のひとつひとつは、3 色 (RGB) の組み合わせでできているので、
つまり、4bit (16 段階の濃淡) (\equiv 16 色) の濃淡の色を 3 色を組み合わせる。
 $16 \text{ 段階}(4\text{bit}) \times 16 \text{ 段階} \times 16 \text{ 段階} = 4096 \text{ 色} (\equiv \text{階調}) (\equiv \text{組み合わせの色})$
(5)

桐 蔭 横 浜 大 学
医 用 工 学 部 臨 床 工 学 科
電 子 工 学 演 習 問 題 テ キ ス ト
森 下 武 志 監 修 ・ 編 集
2 0 1 9 年 3 月 6 日 改 訂



TOIN GAKUEN