

## アナログ検定2014 を実施します！！

アナログ回路技術は、デジタルシステムを活かすための重要な技術です。アナログ技術を極め自分の強みとするには、半導体、回路、評価、シミュレーションなど多くの知識の融合が求められます。そこで、群馬県アナログ関連企業連絡協議会では、アナログ技術に対する理解度を測る「アナログ検定2014」を実施します。この検定は、「群馬アナログフォーラム」の開催に合わせ実施するもので、一昨年から実施しており、参加者から大変ご好評いただいています。

基礎技術の復習、今後の能力開発の指標として、是非この機会をご活用ください。

**日時：2014年2月10日(月)**  
**集合 10時00分**  
**検定 10時15分～11時15分**  
**問題解説 11時15分～12時15分**  
**会場：群馬産業技術センター 2階研修室**

**出題内容・形式：**  
 アナログ回路基礎に関する設問(約30問)を五者択一方式で解答  
 ※詳しい出題範囲はホームページを、昨年度の出題例は裏面をご覧ください。  
**検定料：無料 定員：50名 受験資格：特になし**  
**当日の持ち物：鉛筆またはシャープペンシル、消しゴム**  
**申込方法：下記ホームページからお申し込みください。**  
 ※当日午後開催される「群馬アナログフォーラム」も同時に申し込みます。

**その他：**  
 ・当日、受付にてお弁当の斡旋をいたします(500円、事前申し込み不要)。  
 午後のフォーラムにも参加される方は必要に応じてご利用ください。  
 ・検定結果は、後日、申込者にメールでお送りいたします。  
 ・結果は点数にてお示しいたします。  
 合否等の判定は行いません。

ホームページはこちら！  
<http://www.pref.gunma.jp/O6/g1610059.html>

アナログポータル 検索

出題範囲の詳細、WEB申込、アナログフォーラムの詳細 など

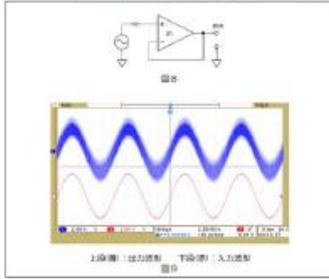
主催：群馬県アナログ関連企業連絡協議会  
 共催：群馬大学 後援：首都圏北部4大学連合(4u)  
 問合せ先：群馬県アナログ関連企業連絡協議会事務局  
 (群馬県産業経済部工業振興課次世代産業振興係)  
 TEL 027-226-3354 FAX 027-221-3191

### 昨年度参加者の反応

アナログ検定受検者、群馬アナログフォーラム参加者へのアンケートより  
 ・受検者42名のうち、32人(80%)が検定制度を評価、25人(62%)が来年度も受検したいと回答。評価の理由としては、「スキルアップ・キャリアアップに有効」26人、「社員の人材育成に有効」16人など。  
 ・フォーラム参加者(検定受検者以外)のうち26人(76%)が検定制度は意義があると回答。その理由としては、「スキルアップ・キャリアアップに有効」17人、「人材育成に有効」16人、「採用活動の参考になる」3人など。

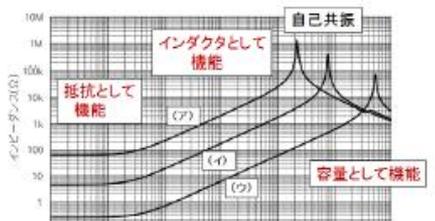
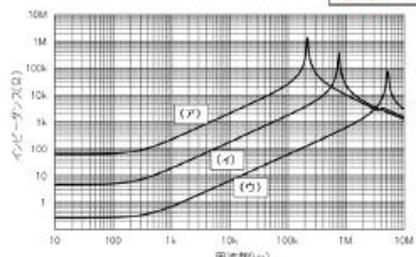
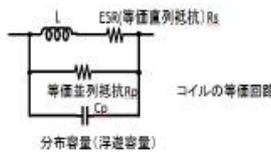
### 昨年度の問題例

- 問13. 図8の回路の出力にシールド線10cmを接続したところ OP アンプの出力波形が図9の上の波形になった。この現象の説明で適切なものは下のどれか選びなさい。
- (a) 接続されたシールド線により位相が遅れて共振した。共振対策として出力に47Ω程度の抵抗を直列挿入する。
  - (b) 接続されたシールド線により位相が遅れて共振した。共振対策として出力とグラウンド間に1000μF程度のコンデンサを挿入する。
  - (c) 接続されたシールド線により OP アンプ出力に高周波雑音が入射した。雑音対策として出力とグラウンド間に1000μF程度のコンデンサを挿入する。
  - (d) 接続されたシールド線により OP アンプ出力に高周波雑音が入射した。雑音対策として出力に16μF、C:1000μF程度のLCローパスフィルタを挿入する。
  - (e) 接続したシールド線の高周波損失が大きいため波形が歪れた。高周波損失の少ない同軸ケーブルに変更する。



正解 (a)

- 問20. コイル(インダクタ) (ア)、(イ)、(ウ)の周波数特性を測定した結果である。適切なでないものはどれか。
- (a): インダクタンス値が最も大きいものは(ア)である
  - (b): ESR(等価直列抵抗)がもっとも小さいは(ウ)である
  - (c): (ア)、(イ)、(ウ)とも周波数100Hzではインダクタとして機能しない
  - (d): 周波数1MHzでインダクタとして機能するのは(ア)だけである
  - (e): 自己共振周波数が最も低いのは(ア)である



正解 (d)

- 電子回路のアナログ的な振る舞いを原理原則に立ち返って説明できる能力
- 部品の特性や限界を踏まえた上で部品の性能を最大限に引き出せる能力
  - 記憶した知識や計算でない、アナログ技術を使いこなすための基本的な知識、知見(ナレッジ)を問う問題
  - ボーデ線図などからシステムの特性を理解し、特性改善を行うための基本的な知識を問う問題
- CADや回路シミュレーションツールの限界を知った上で、これらを駆使して設計ができる能力
  - CADソフトの実践についての基本的知識
- 計測器の特性と限界、測定上の課題を十分に理解した上で、計測器を用いて的確な評価が行える能力
  - 電子計測についての基本的知識
- 測定結果やシミュレーション結果から解決すべき問題や対策を推察できる能力

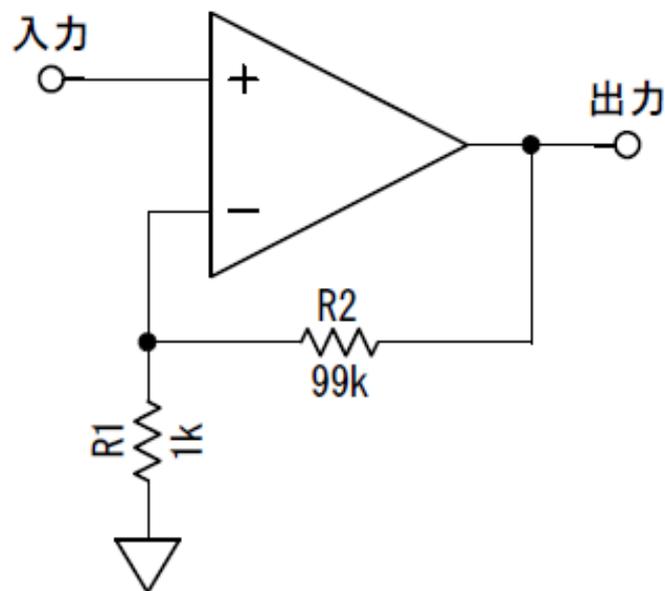
技 術 項 目
<b>1. アナログ回路基礎</b>
1.1 オームの法則とキルヒホフの法則
1.2 複素インピーダンス・ボード(Bode)線図とLCR回路の周波数特性、過渡特性
1.3 半導体デバイスの概要と半導体デバイスを用いた基本増幅回路
<b>2. OPアンプ基本回路</b>
2.1 OPアンプの基本特性と基本回路
2.2 OPアンプ回路の実践 (電源、サミングポイント、利得調整、発振対策、電流帰還型OPアンプ)
<b>3. アクティブ・フィルタの設計</b>
3.1 各種アクティブ・フィルタ回路の特性と設計法
3.2 特殊なアクティブ・フィルタ (カスケードBPF、BPFを使用したBEF)
<b>4. 負帰還回路技術</b>
4.1 負帰還回路の特徴、安定性とその評価
4.2 負帰還回路の安定化 (PLL発振回路、多段増幅回路、応答特性改善)
<b>5. 負帰還回路の設計法</b>
5.1 CR回路およびOPアンプ回路の利得・位相-周波数特性とその漸近線
5.2 非反転・反転増幅器とノイズゲイン
5.3 1次および2次の遅れ時定数をもつ回路に対する負帰還回路設計
<b>6. 負帰還回路の応用</b>
6.1 負帰還回路の応用 (微小信号検出回路・信号処理回路)
6.2 負帰還回路の応用(安定化電源回路・SWレギュレータ等)
<b>7. SPICEシミュレーション</b>
7.1 SPICEシミュレーションの解析基礎
7.2 SPICEシミュレーションによる周波数特性解析・時間応答解析
7.3 SPICEシミュレーションによるパラメトリック解析
<b>8. パワーエレクトロニクス回路</b>
8.1 各種スイッチング素子とその回路
8.2 電力変換用変調回路(PWM変調他)とそのシミュレーション
8.3 D級(スイッチング)パワーアンプ(デジタルアンプ)と安定化電源回路(スイッチング電源等)

業務に必要な  
回路理論の基礎、  
OPアンプ回路の基本と応用  
回路設計のノウハウ  
など、実践的なアナログ技術  
に関する知識・能力

出題形式は五者択一方式とし、  
30問、試験時間は1時間

問8 下図の回路の100kHzにおける利得として一番近い値を、(a)~(e)より選びなさい。

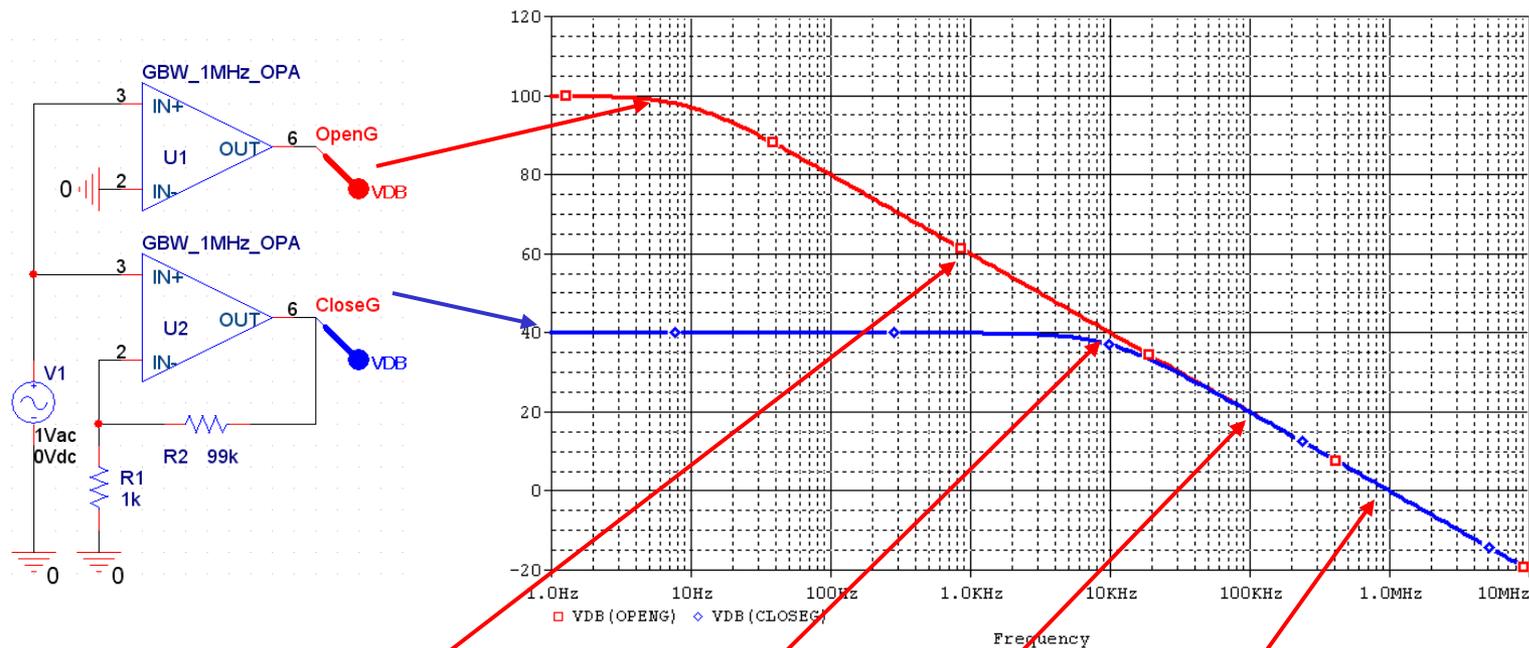
- (a) 9倍      (b) 10倍      (c) 99倍      (d) 100倍      (e) 101倍



### OPアンプの特性

- ・ GBW : 1MHz
- ・ 裸直流利得 : 100dB
- ・ 裸出力抵抗 : 50Ω
- ・ 裸入力抵抗 : 1MΩ

## 問8 OPアンプ増幅回路の高域遮断周波数以上での利得



GBW:1MHzのOPアンプは裸利得が

1kHz:1000倍 10kHz:100倍 100kHz:10倍 1MHz:1倍 になる

非反転増幅器の利得設定が100倍なので 高域遮断周波数は10kHz

高域遮断周波数よりも高い周波数では

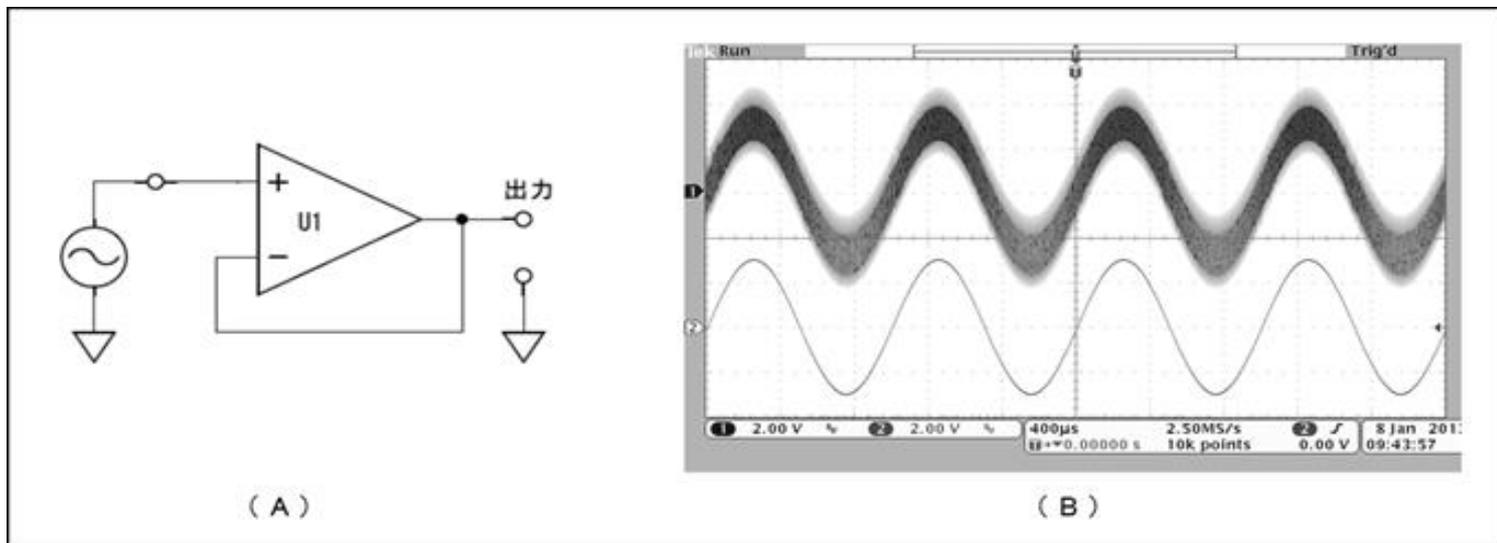
回路の利得はOPアンプの裸利得に等しくなる。

したがって 100kHzでの利得は10倍で 答えは(b)です。

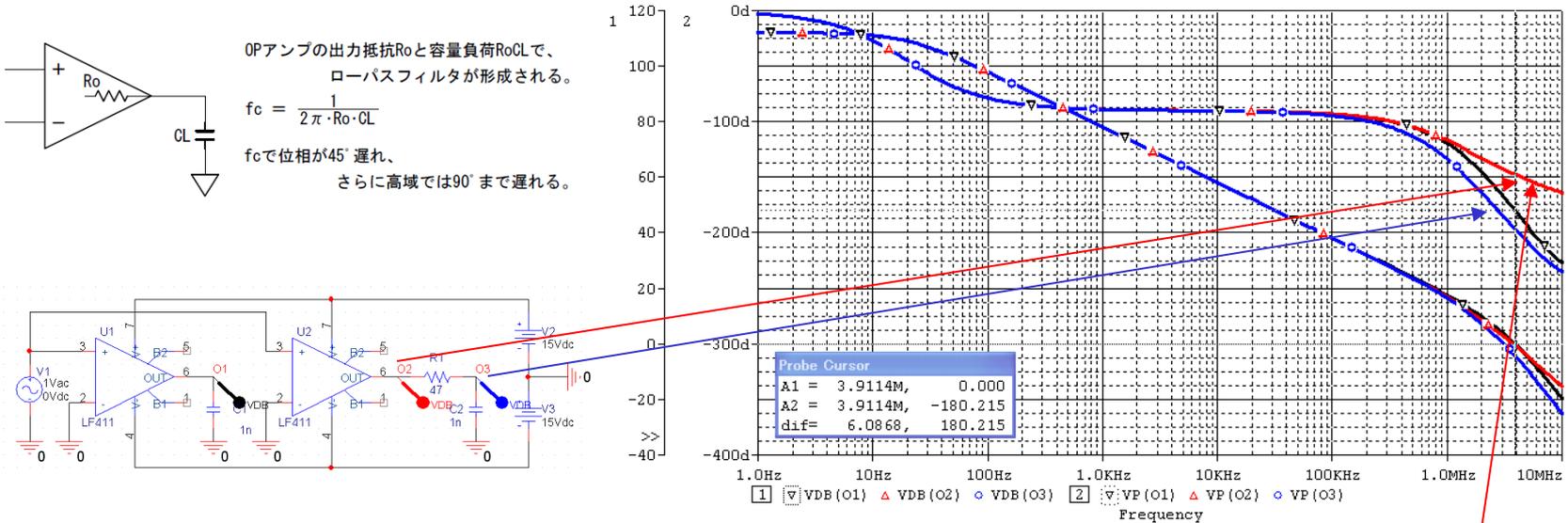
問9 下図の(A)の回路の出力に50Ωの同軸ケーブル10mを接続したら出力波形が(B)の上の波形になった。

この現象の説明及び対策として適切なものを、(a)～(e)より選びなさい。

- (a) 接続した同軸ケーブルにより位相が遅れて発振した。発振対策として出力とケーブルの間に47Ω程度の抵抗を直列に挿入する。
- (b) 接続された同軸ケーブルにより位相が遅れて発振した。発振対策として位相を進ませるために出力とグラウンドの間に1000pF程度のコンデンサを挿入する。
- (c) 接続された同軸ケーブルによりOPアンプ出力に高周波雑音が混入した。雑音除去のために出力端子とグラウンドの間に1000pF程度のコンデンサを挿入する。
- (d) 接続された同軸ケーブルによりOPアンプ出力に高周波雑音が混入した。雑音除去のために出力にL:16uH、C:1000pF程度のLCローパスフィルタを挿入する。
- (e) 接続した同軸ケーブルのインピーダンスマッチングが不適切なため発振した。適切なインピーダンスマッチングのために負荷端とグラウンド間に50Ωの抵抗を接続する。



## 問9 OPアンプ増幅器の容量負荷の影響



OPアンプでは低域から利得が $-20\text{dB/dec}$ の傾きで低下し、位相が $90^\circ$ 遅れている。

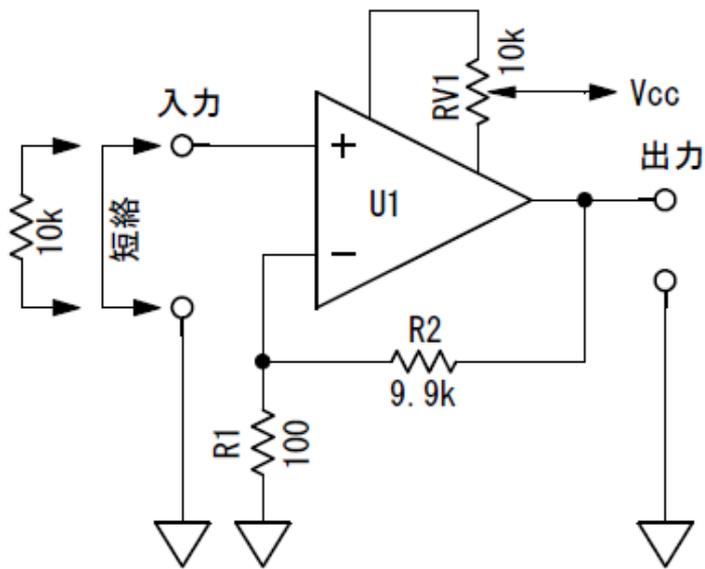
OPアンプに容量性の負荷が接続されると、OPアンプの出力抵抗と接続された容量によりローパスフィルタが形成され、高域に向かってさらに位相が $90^\circ$ 遅れる。

この結果、ループ利得が1になる周波数で位相遅れが $180^\circ$ にまで達すると発振してしまう。また発振にいたらないまでも高域の利得にピークが生じ不安定になる。

出力と容量性負荷の間に抵抗を入れると、OPアンプ出力での位相遅れが少なくなり発振防止の対策となる。

したがって答えは(a)です。

問10 下図の回路で入力を短絡してオフセット電圧調整用のRV1を回して出力直流電圧を0Vに調整した。次に入力に10kΩの抵抗を接続したところ、出力の直流電圧が-10mVに変動した。この現象の説明として適切なものを(a)～(e)より選びなさい。



- (a) 抵抗の熱雑音により起電力が発生し、1000倍に増幅され-10mVが発生した。
- (b) 抵抗の熱雑音により起電力が発生し、100倍に増幅され-10mVが発生した。
- (c) 抵抗と端子の接触電位差により起電力が発生し、100倍増幅され-10mVが発生した。
- (d) OPアンプのバイアス電流が接続した10kΩの抵抗に流れ、直流電圧が発生し、99倍に増幅され-10mVになった。
- (e) OPアンプのバイアス電流が接続した10kΩの抵抗に流れ、直流電圧が発生し、100倍に増幅され-10mVになった。

## 問10 OPアンプの入カバイアス電流

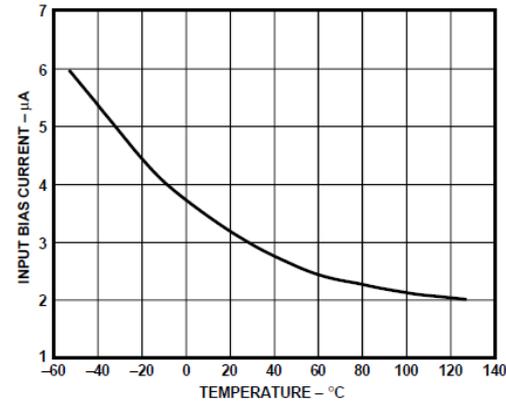
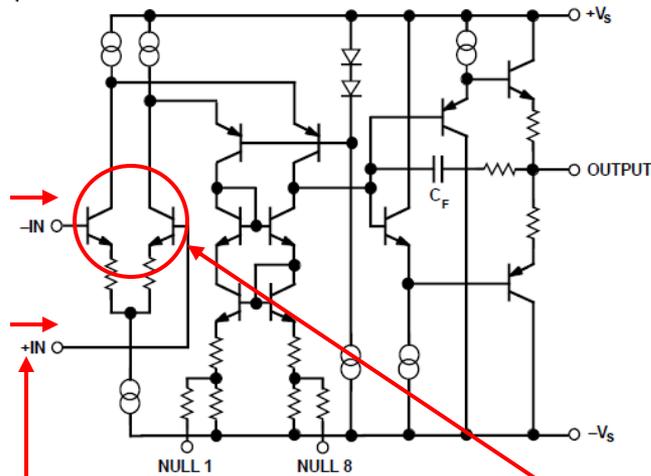


Figure 7. Input Bias Current vs. Temperature

(アナログデバイスズ AD817 のデータシートより)

OPアンプの入カ部分にはトランジスタがあり、コレクタ電流の $1/HFE$ の大きさのベース電流が流れる。これをOPアンプでは入カバイアス電流と呼んでいる。

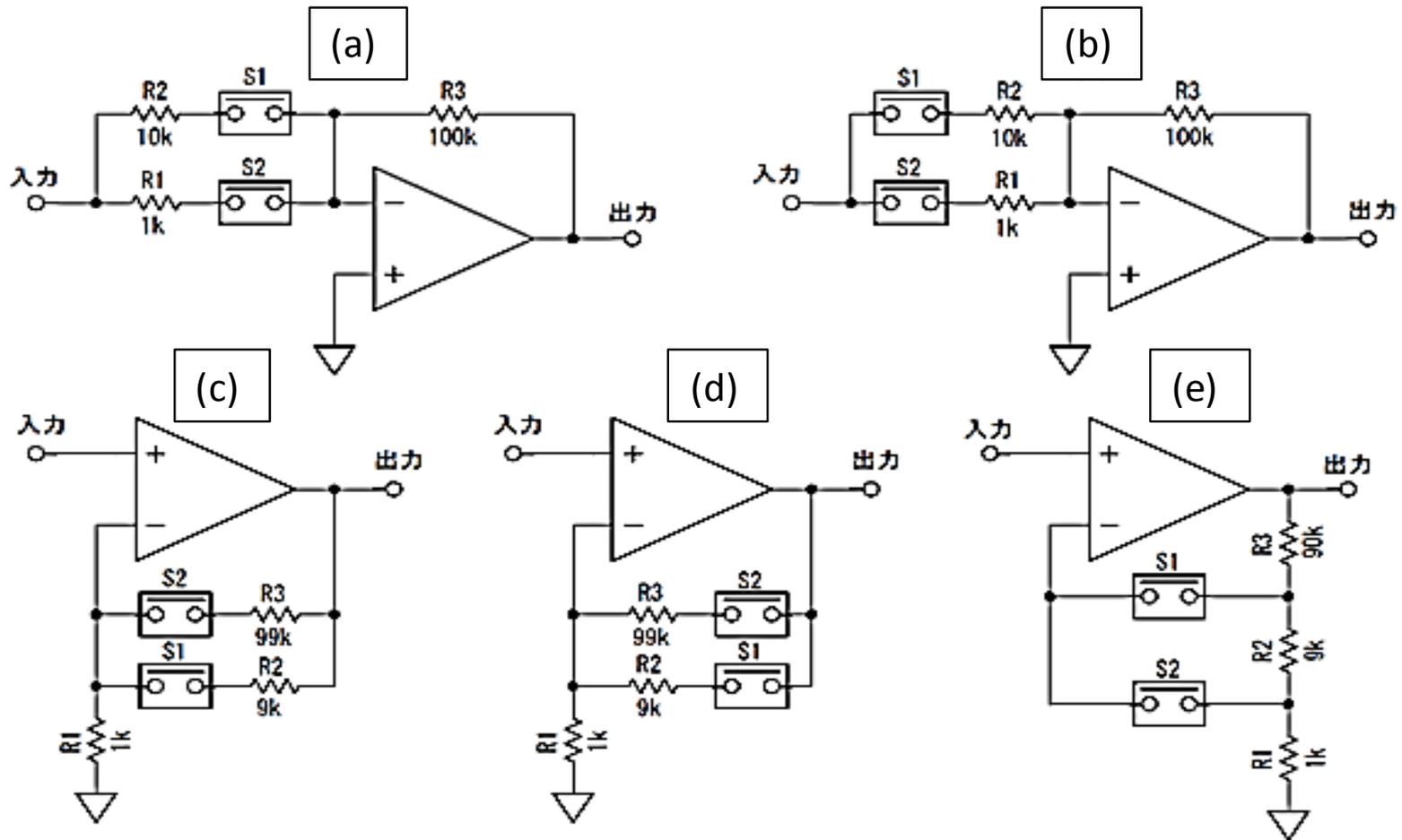
入カバイアス電流は±入カにほぼ同じ量であるが個々の素子のバラツキにより差が生じ、この差を入カオフセット電流と呼ぶ。

上右図のように入カバイアス電流は周囲温度の変化によりその量が変化する。

非反転増幅器の入カを短絡して、出力の直流成分をゼロに調整しても入カに抵抗が接続されると抵抗の両端には「入カバイアス電流×抵抗値」で決定される直流電圧が生じ、これが100倍に増幅されて、出力の直流電圧が変化します。

したがって答えは(e)です。

問11 アナログスイッチはメカニカルリレーに比べ、高速で価格も安い。ただしON抵抗が大きく、その影響に注意が必要である。下記の回路はGain切り替え回路であるが、もっともアナログスイッチのON抵抗の影響が少ないものはどれか。適切なものを(a)～(e)より選びなさい。



## 問11 アナログスイッチのON抵抗

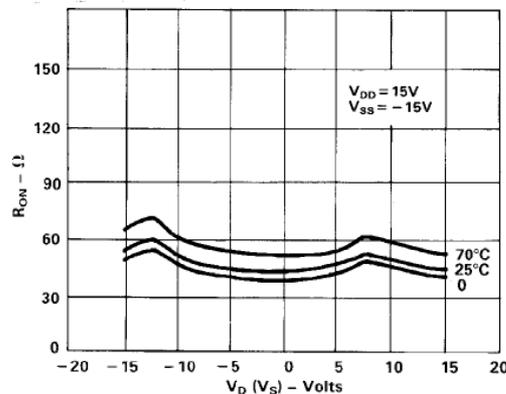
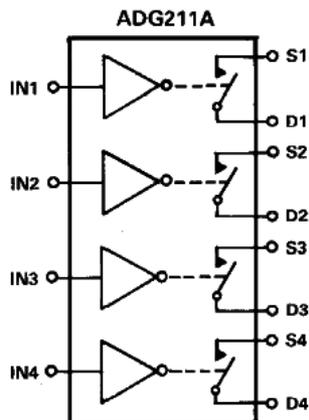


Figure 1.  $R_{ON}$  as a Function of  $V_D$  ( $V_S$ ): Dual  $\pm 15$  Supplies  
(アナログデバイスADG211データシートより)

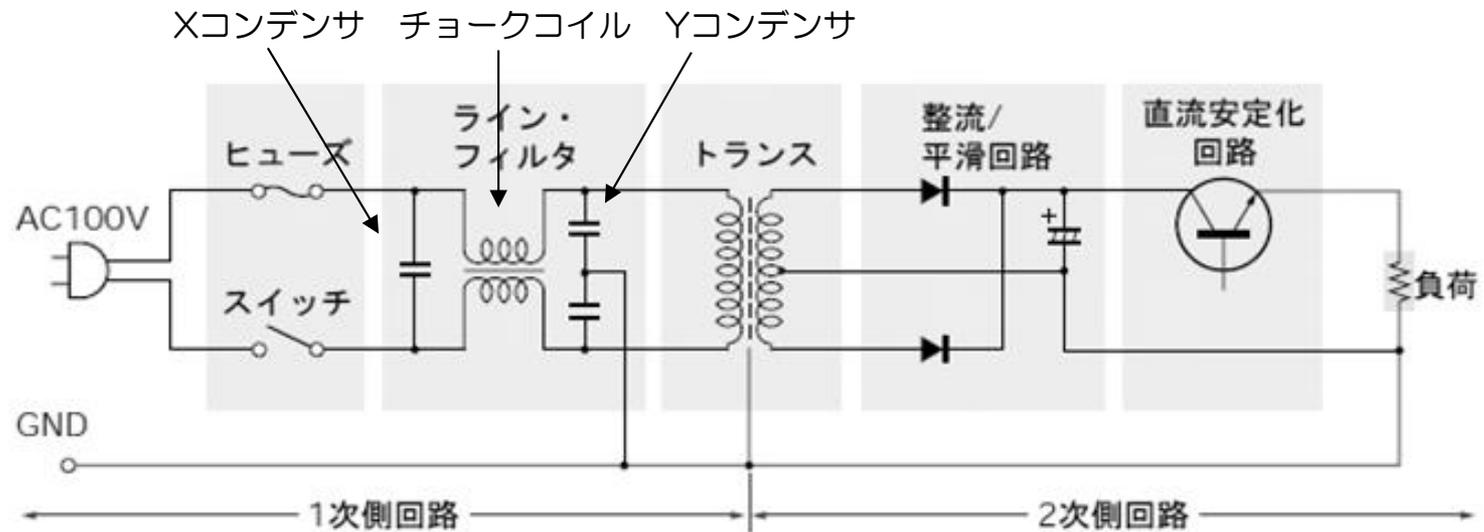
アナログスイッチはメカニカルリレーに比べて、小型・高速・低価格と長所が多い。しかしメカニカルリレーのON抵抗が $1\Omega$ 程度以下なのに対し、上右図のように数十 $\Omega$ と多く、またその抵抗値が電圧に対し変化し、非直線性を持つという欠点があります。

(a)及び(b)は $1k\Omega$ に対してON抵抗が影響する。したがってON抵抗の影響が大きい。(a)は(b)に比べ電圧変動が少ないので(b)に比べON抵抗の非直線性の影響が少ない。逆に(a)はOPアンプのサミングポイントに挿入されるのでアナログスイッチの浮遊容量の影響が大きくなる。

(c)と(d)は $9k\Omega$ に対してON抵抗が影響するので(a)及び(b)よりも影響が少ない。

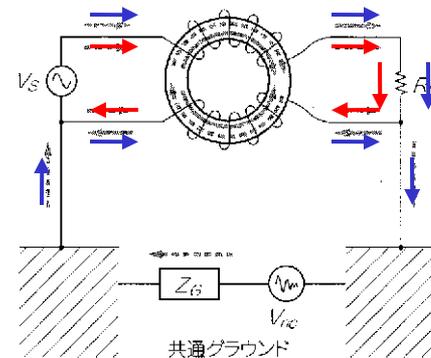
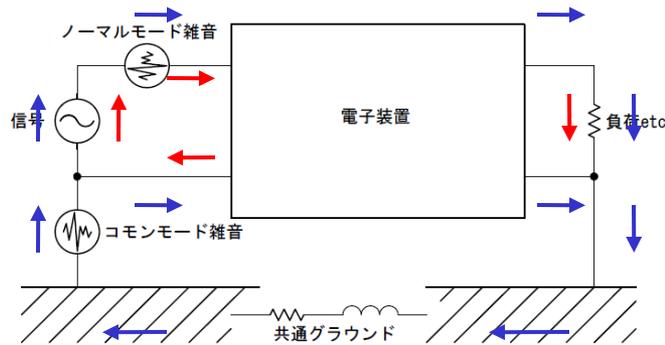
(e)はOPアンプの入力抵抗が大きく $1M\Omega$ 程度なので最も影響が少なくなります。したがって答えは(e)です。

問14 下の電源入力部分について正しい説明文を、(a)~(e)より選びなさい。



- (a) Xコンデンサはコモンモード雑音除去に効果がある。
- (b) Yコンデンサはノーマルモード雑音除去に効果がある。
- (c) トランスの静電シールドはノーマルモード雑音除去に効果がある。
- (d) ラインフィルタに使用されているチョークコイルはコモンモード雑音除去に効果がある。
- (e) 図の両波整流回路では電源高調波ひずみが生じないが、半波整流回路では電源高調波ひずみが生じてしまう。

## 問14 ノーマルモード雑音とコモンモード雑音、そしてコモンモードチョーク

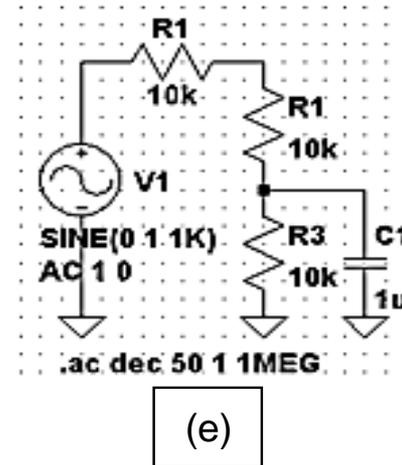
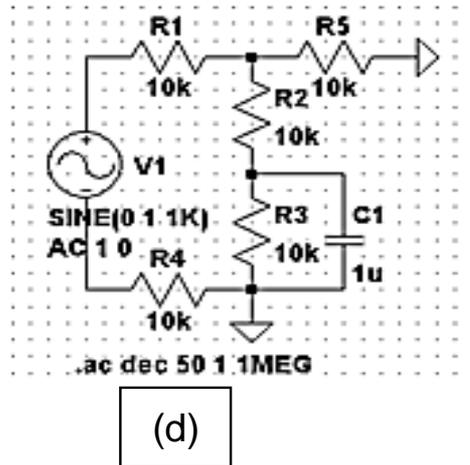
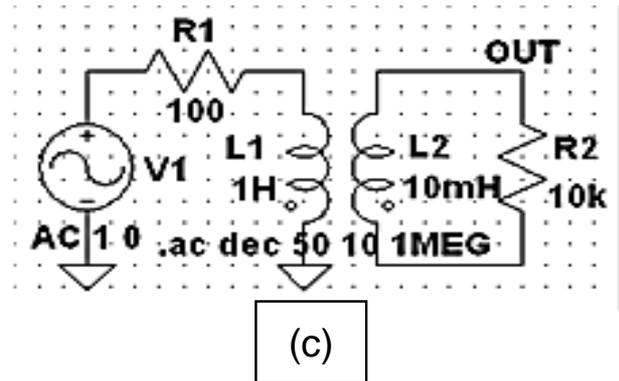
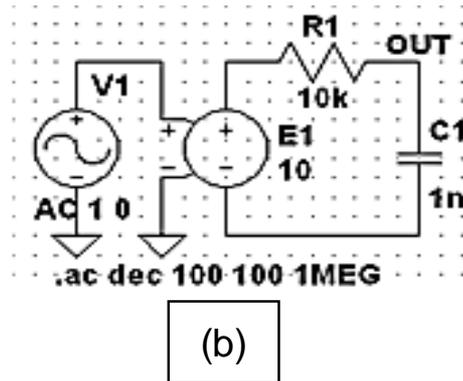
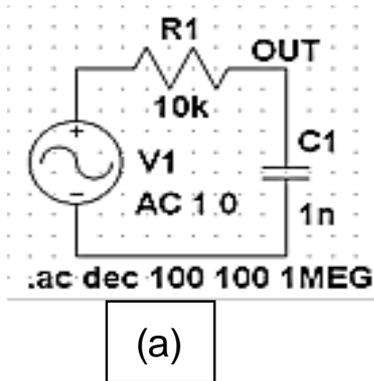


→ はノーマルモード雑音が流れる経路、 → はコモンモード雑音が流れる経路です。

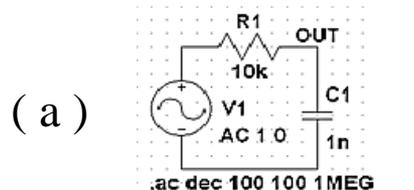
上右図に示すようにコモンモードチョークでは信号による磁束は2つの巻き線で逆方向に生じるためうち消されインダクタンス成分が発生しません。これに対しコモンモード雑音による磁束は2つの巻き線で同じ方向に発生し、インダクタンス成分となりインピーダンスが高くなります。この結果信号成分はスムーズに流れ、コモンモード雑音電流はインピーダンスが高いため減少します。

ラインフィルタに使用されているチョークコイルはコモンモードチョークなのでコモンモード雑音除去に効果があります。したがって答えは(d)です。

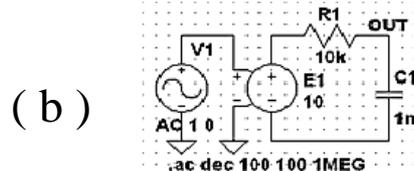
問24 下記の(a)~(e)の回路をLTSpiceでシミュレーションするとき、エラーとならない回路が一つある。その回路を(a)~(e)より選びなさい。



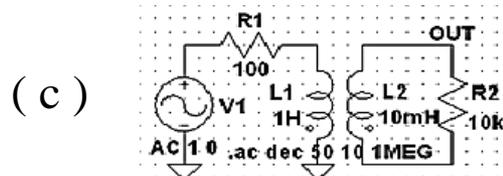
## 問24 SPICEのエラー



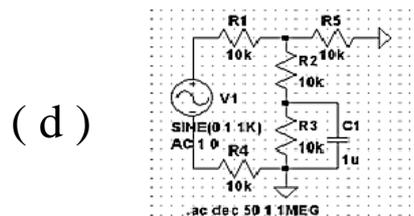
・SPICEでは回路の基準点としてグラウンドを配置しなくてはなりません。(a)にはグラウンドがなく浮いてしまっているのでエラーになります。



・E(電圧制御電圧源)は入出力が絶縁されています。(b)の回路のR1,C1の部分は浮いていて電位が定まらないためエラーになります。

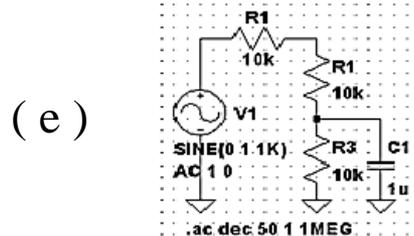


・トランスは入出力が絶縁されています。したがって(b)と同様に2次側の電位が定まらないためエラーになります。



・グラウンドが複雑に配置されているように見えますが電位がさだまらないことはなく正常にシミュレーションできます。

したがって(d)はエラーが生じず答えは(d)です。



・2カ所の抵抗が同名(R1)のためエラーになります。