講習会

電気電子回路・部品

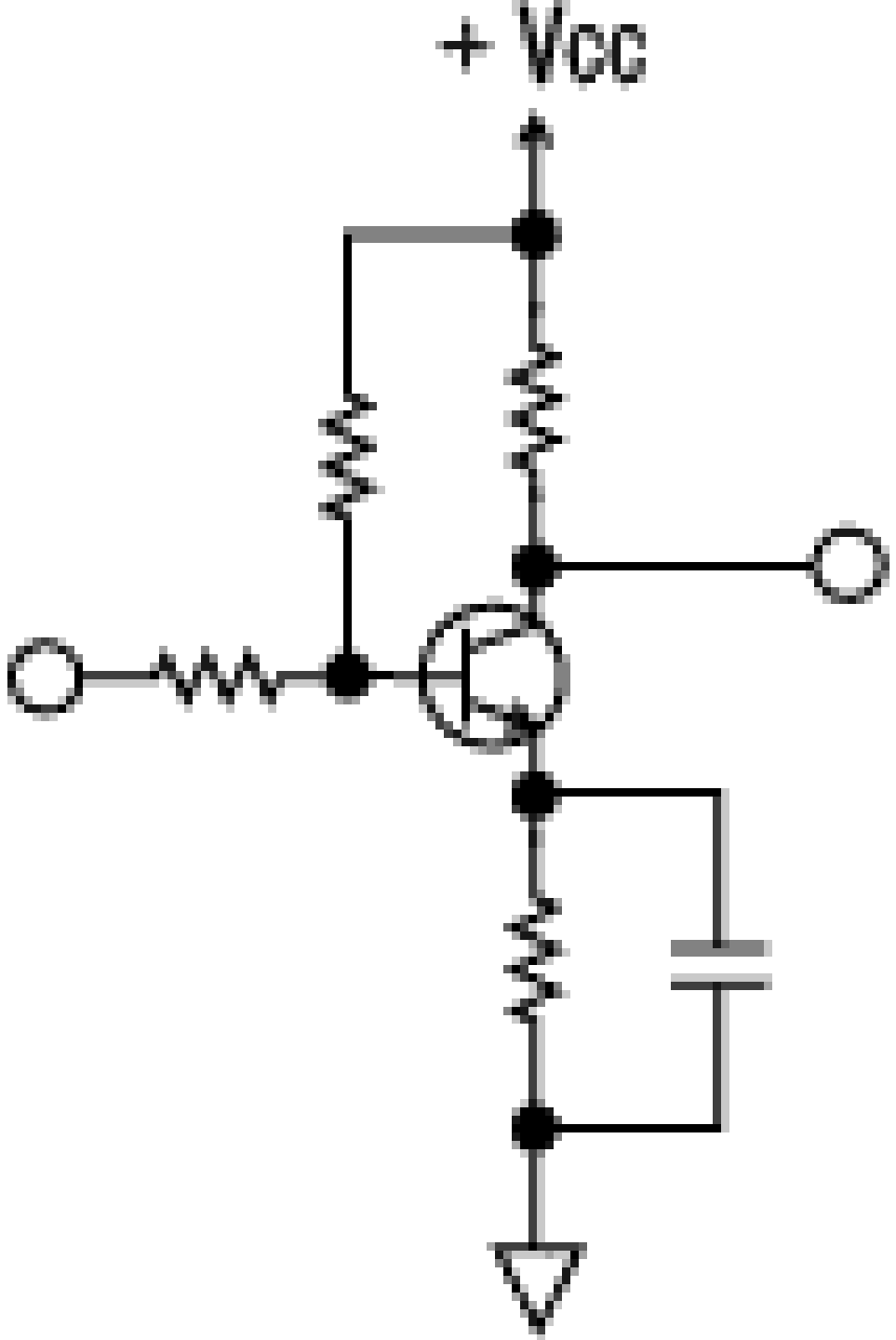
9回目

トランジスタ3
バイアス回路、増幅回路

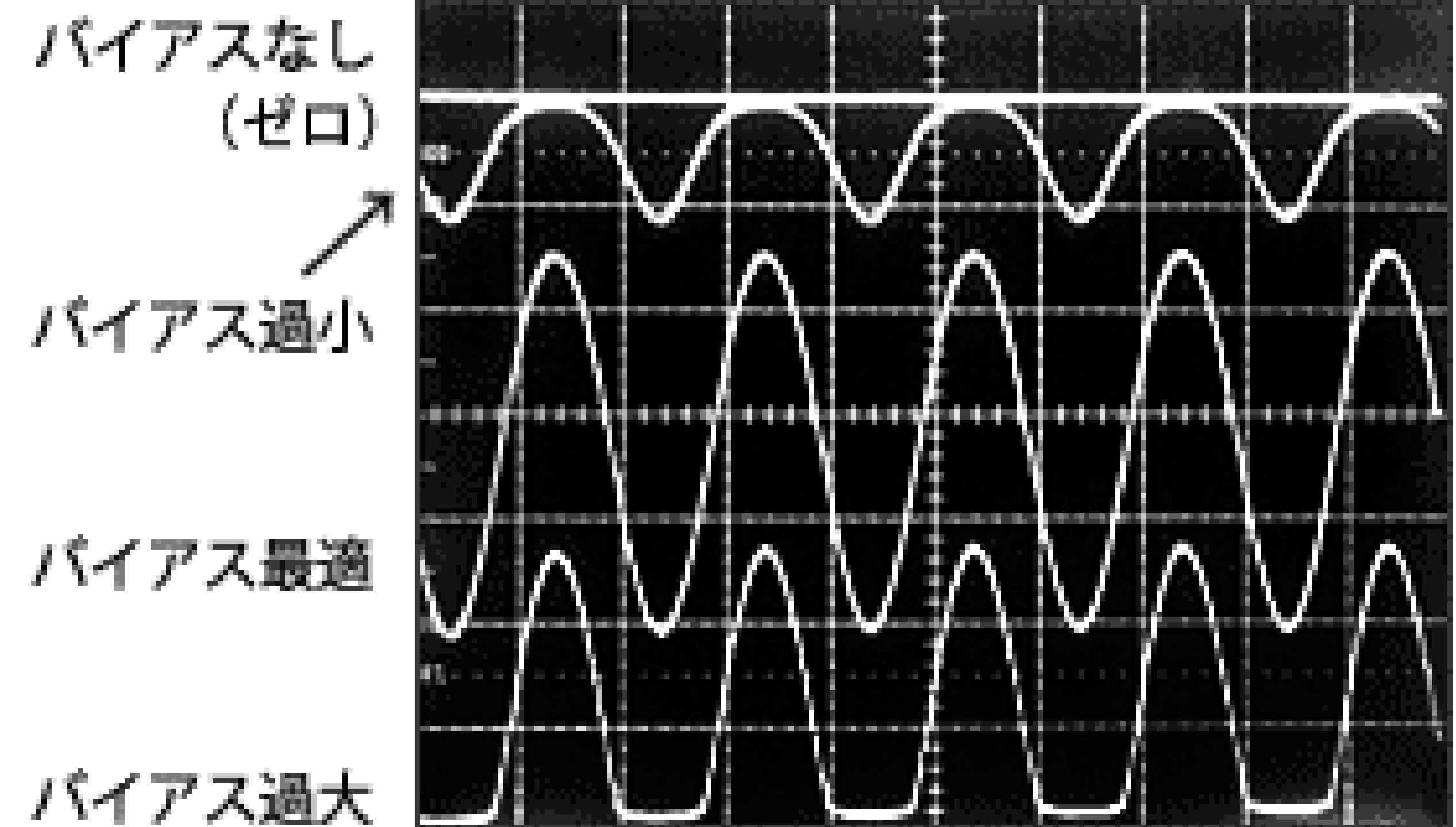
バイアスとは？

- バイアス（bias）という言葉は元々「先入観」「斜め」「偏り」といった意味があり社会的な事象にも使用されるが、電子回路でも幅広く使われている。
- 電子回路で使用されるバイアスとは、回路素子に一定の電圧や電流をあらかじめ与えて動作点の最適化を目的としている。

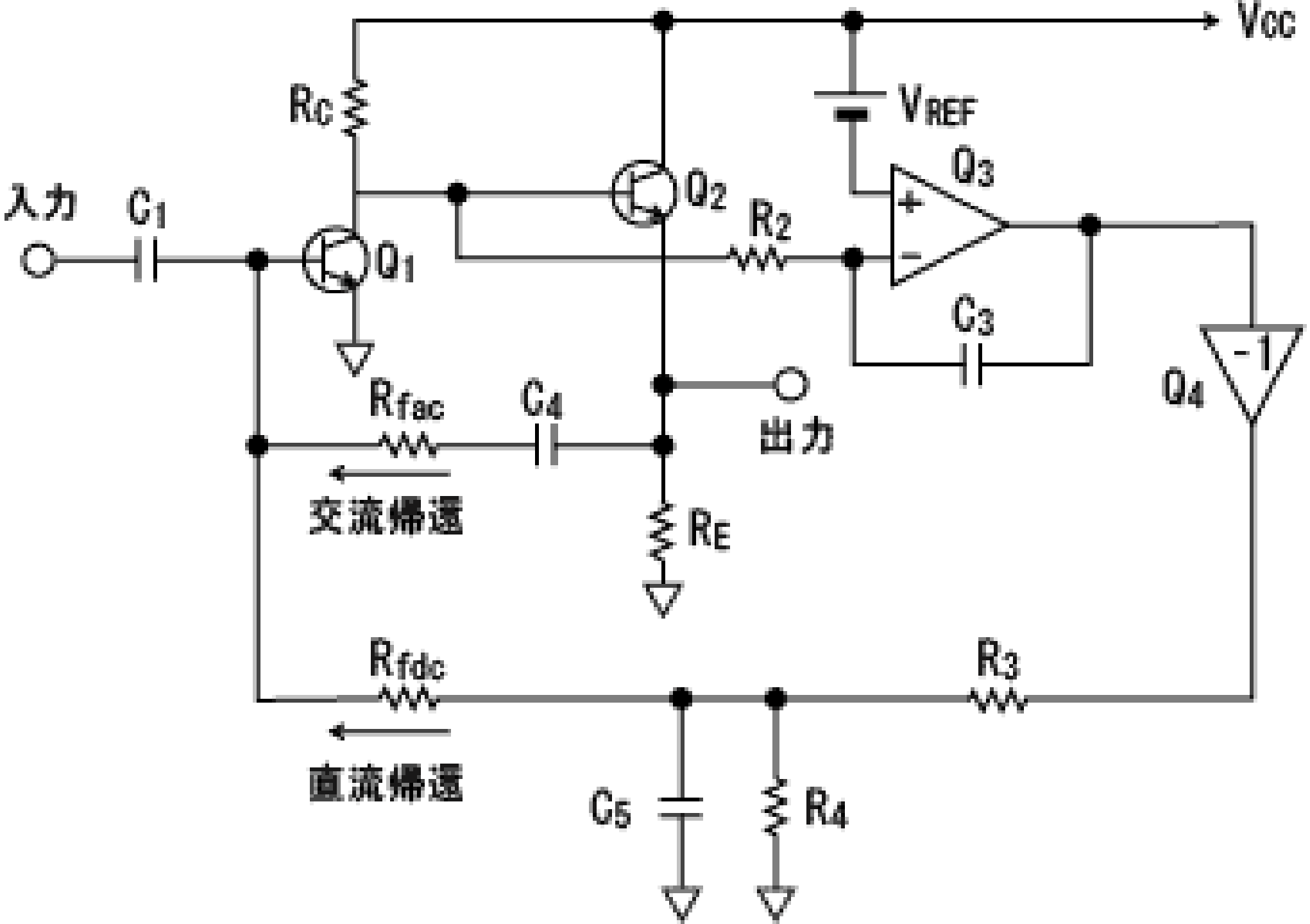
- 例えば、トランジスタはベース－エミッタ間電圧VBEより小さな電圧ではコレクタ電流が流れず、増幅ができない。
- 小信号でも直線的に動作させるには、トランジスタのベースに適切な直流電圧（または電流）を与える必要があり、この電圧を与えるのがバイアス回路である。
- トランジスタのバイアス回路は電子回路の基本であり、教科書には「固定バイアス」「自己バイアス」「電流帰還バイアス」などの回路が掲載されている。


+ Vcc

- 次の写真はトランジスタのバイアスを変えた時の出力波形である。
- バイアスを与えない状態ではトランジスタはOFFのままで増幅作用を示さない。 適切なバイアスを与えることにより良好な増幅が得られる。バイアスをさらに大きく していくと最後は連続ON状態になり(交流)増幅作用は失われる。


バイアスなし
(ゼロ)
バイアス過小
バイアス最適
バイアス過大

- しかしながら、古典的なバイアス回路では半導体のバラツキや幅広い温度変化に対して最適動作点を維持するのは難しい。
- 次の図はある会社の超低雑音増幅器SA-230F5 SA-220F5に使用しているアクティブバイアス回路である。


Vcc
Rc
VREF
Q3
入力
C1
Q2
R2
Q1
C3
-1
Q4
Rfac
C4
出力
交流帰還
RE
Rfdc
R3
直流帰還
C5
R4

- オペアンプによる低域のフィードバックにより素子のバラツキ、温度変化に関係なく常に設計値通りのコレクタ電流、コレクタ電圧を維持できる。

  (コレクタ電圧、電流は雑音最小値に設計)
- ダイオードのようなPN接合を持った素子においてアノード側に正電圧、カソード側に負電圧を印加することを順方向バイアス、その逆の電圧を印加することを逆方向バイアスという。
- フォトダイオードなどは、逆バイアス電圧を印加すると接合容量が減り、高速応答が期待できる。

入力バイアス電流

- オペアンプの仕様書に必ず記載されるのが入力バイアス電流(INPUT BIAS CURRENT)である。これはオペアンプの入力に流れる電流であり、一般にトランジスタが初段のものは数nA～数10μA、FETが初段のものは数pA～数nAである。
- なお、入力オフセット電流(INPUT OFFSET CURRENT)は非反転入力および反転入力の入力バイアス電流の差を規定している。

バイアスの必要性

- トランジスタを交流的に動作させるときはバイアスをかける必要がある。
- 英語のバイアスは“偏らせる”と言う意味がある。まさしくバイアスをかけるとは、トランジスタの動作基準電位を決めることに他ならない。
- トランジスタでリレーを駆動するときは一般的にはＯＮ－ＯＦＦ動作がほとんどだからこの場合はバイアスは必要ない、交流増幅回路ではバイアスを掛けずに動作させると出力波形は大きく歪、実用にはならない。

バイアスとは（別サイト）

- トランジスタのバイアスとは一言でいうならばトランジスタの動作の基準となる電圧を設定するということになるかと思う。
- 半導体であるトランジスタは特性にバラツキも多く、温度に敏感。温度変化や特性のバラツキ、電源の変動があってもバイアス点が一定になるように設計しなければなりません。 では具体的にバイアスとはなにか？説明する。次の図はバイアス無のトランジスタに交流電圧を印加したときの状態を示している。

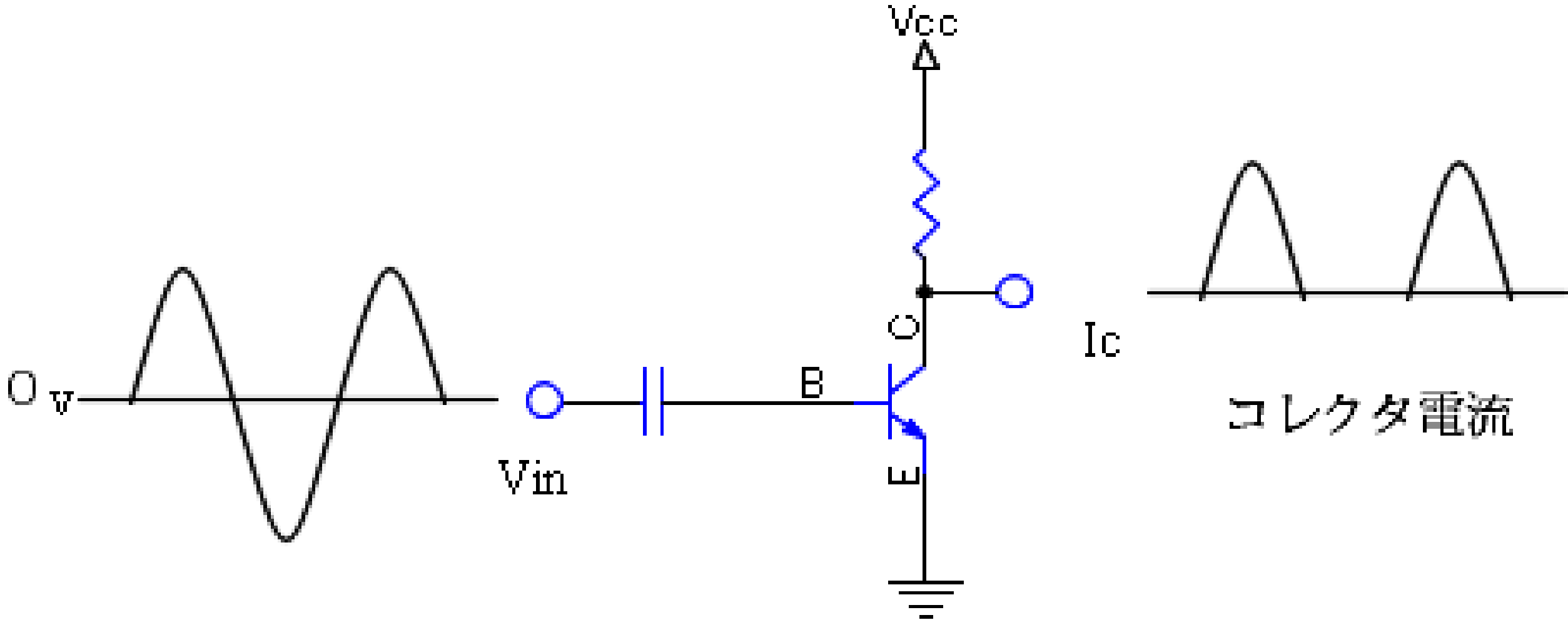
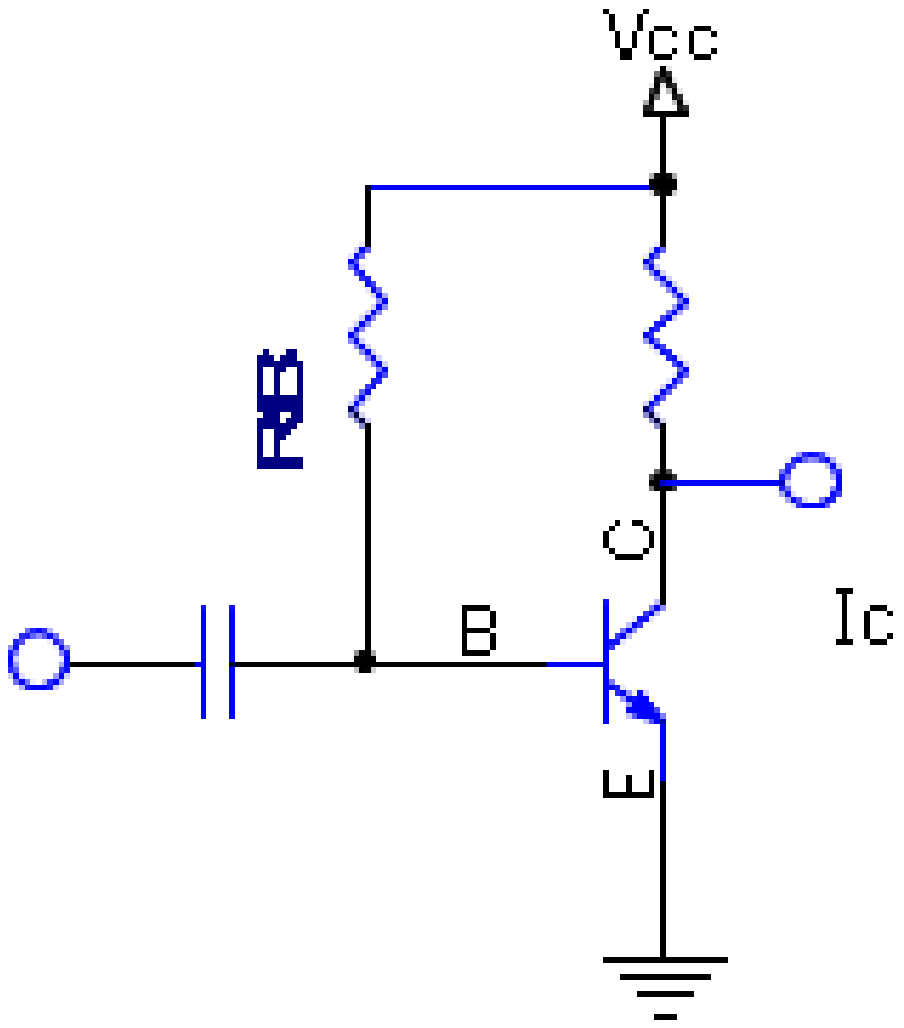


図 1

- 前の図から判るように入力信号に対してコレクタ電流の変化は入力信号波形とはまるで違う波形になっている。なぜこうなるかと言うとトランジスタのベース、エミッタ間は ダイオードのようになっていますからある一定上の電圧（シリコントランジスタで約0.6V）がなければ電流は流れないし、ましてや逆方向電圧では全く流れない。
- だからベース電流は正方向の電圧が印加されたときのみ流れることになり、コレクタ電流もそれに対応して流れることになる。
- では前の図の回路にちょっと手を加えて次の図のようにしてみる。



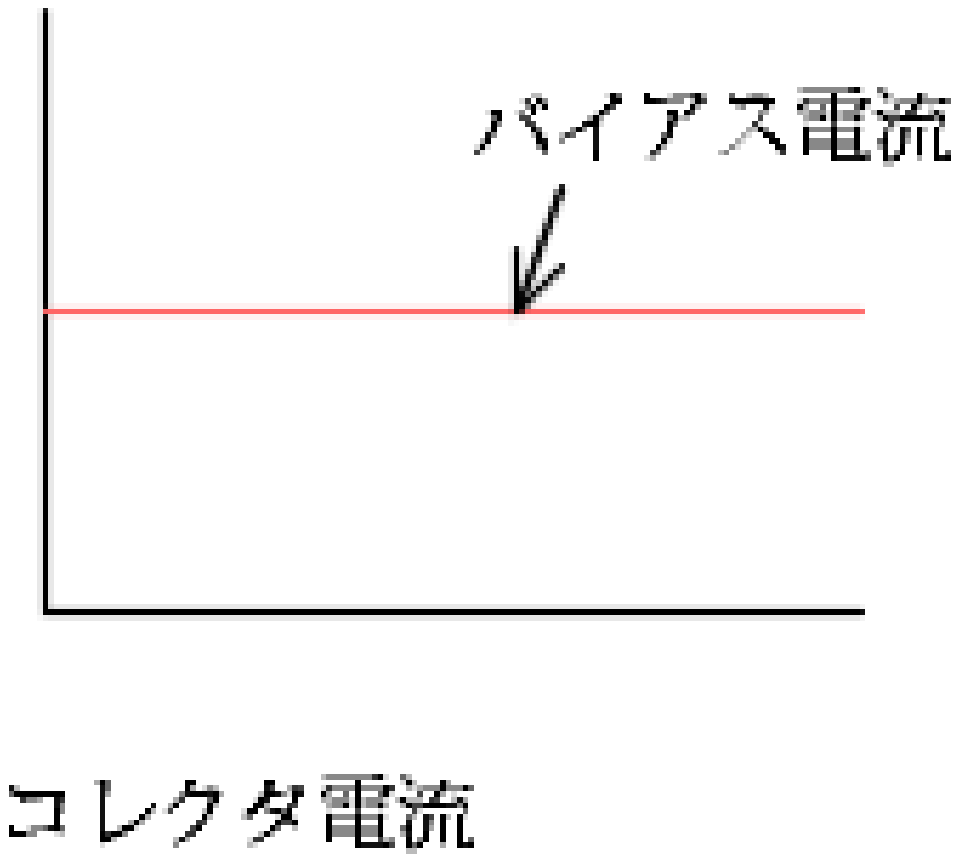


図 2

- 図2ではRBを通して直流電圧がベース、エミッタ間に印加されている。これによって流れるベース電流によってコレクタ電流が流れ、RBに電圧降下をもたらす。
- この状態でVinに交流信号を入力すると出力は次の図のように図1の場合とは違う、入力と相似な波形が得られる。

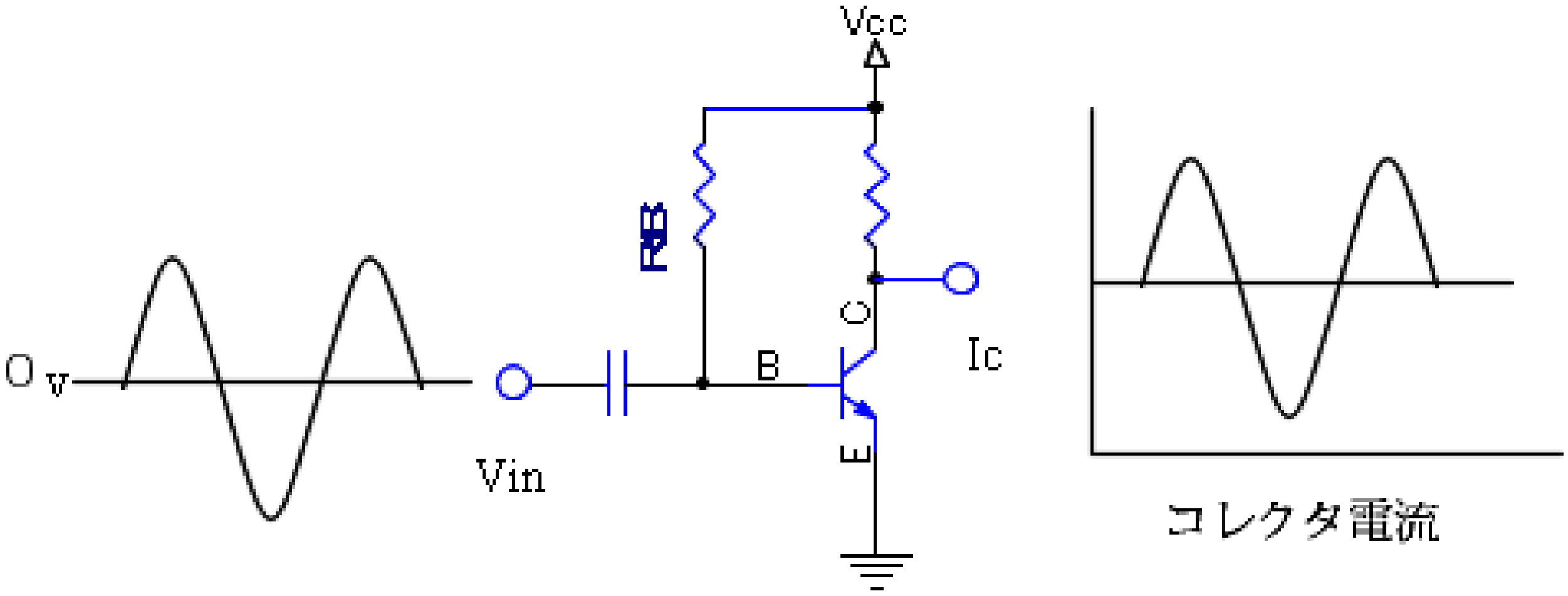
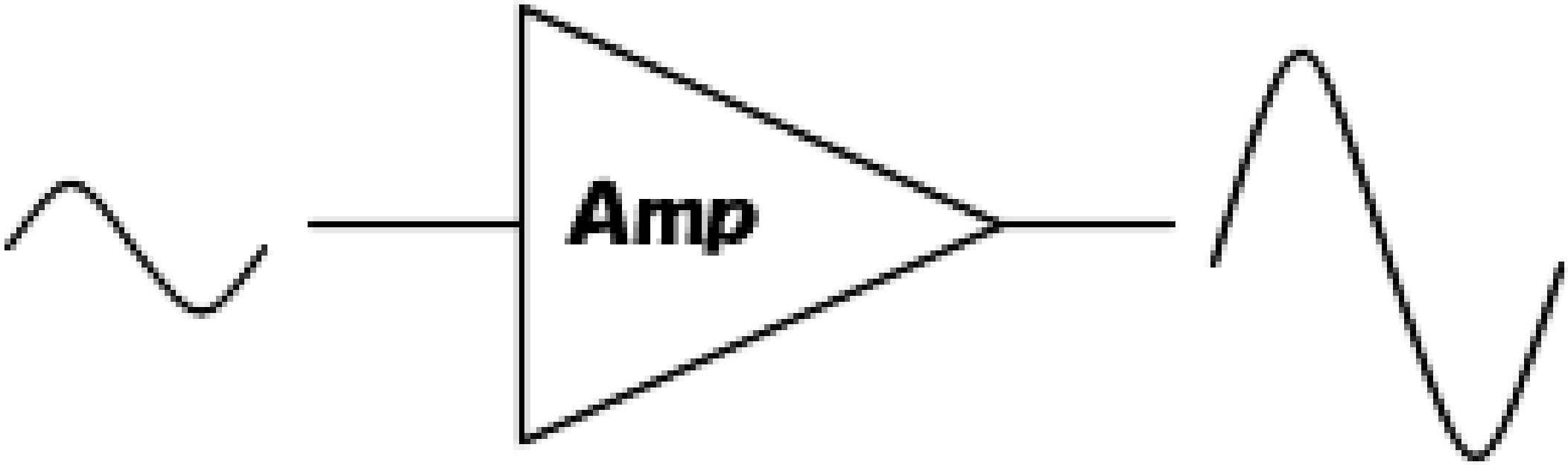


図3

- このようにあらかじめベース電流を流しておき、動作の基準電位を設定しておくことを “バイアスをかける” と表現する。
- トランジスタの増幅回路の設計は「バイアス回路の設計」と置き換えてもいいかもしれない。
- そしてトランジスタ回路の設計の基本と言える。


Amp

バイアス回路の種類

- 固定バイアス
- 自己バイアス
- 電流帰還バイアス

まずは3つをざっくり紹介

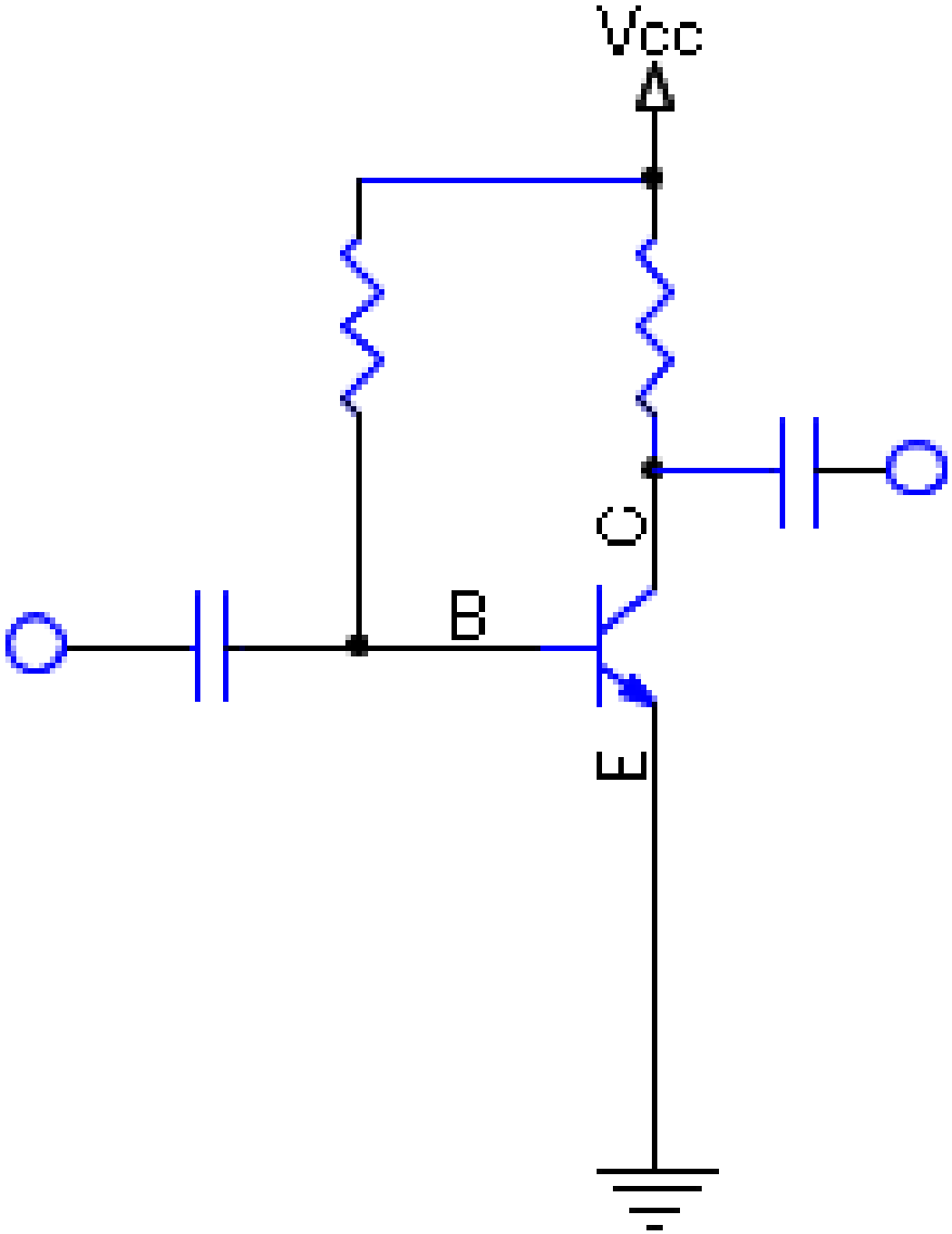
固定バイアス

長所：

- 減電圧特性は他の回路より良い

短所：

- hfeのバラツキに対してIcの変化が大きい


Vcc
C
B
E

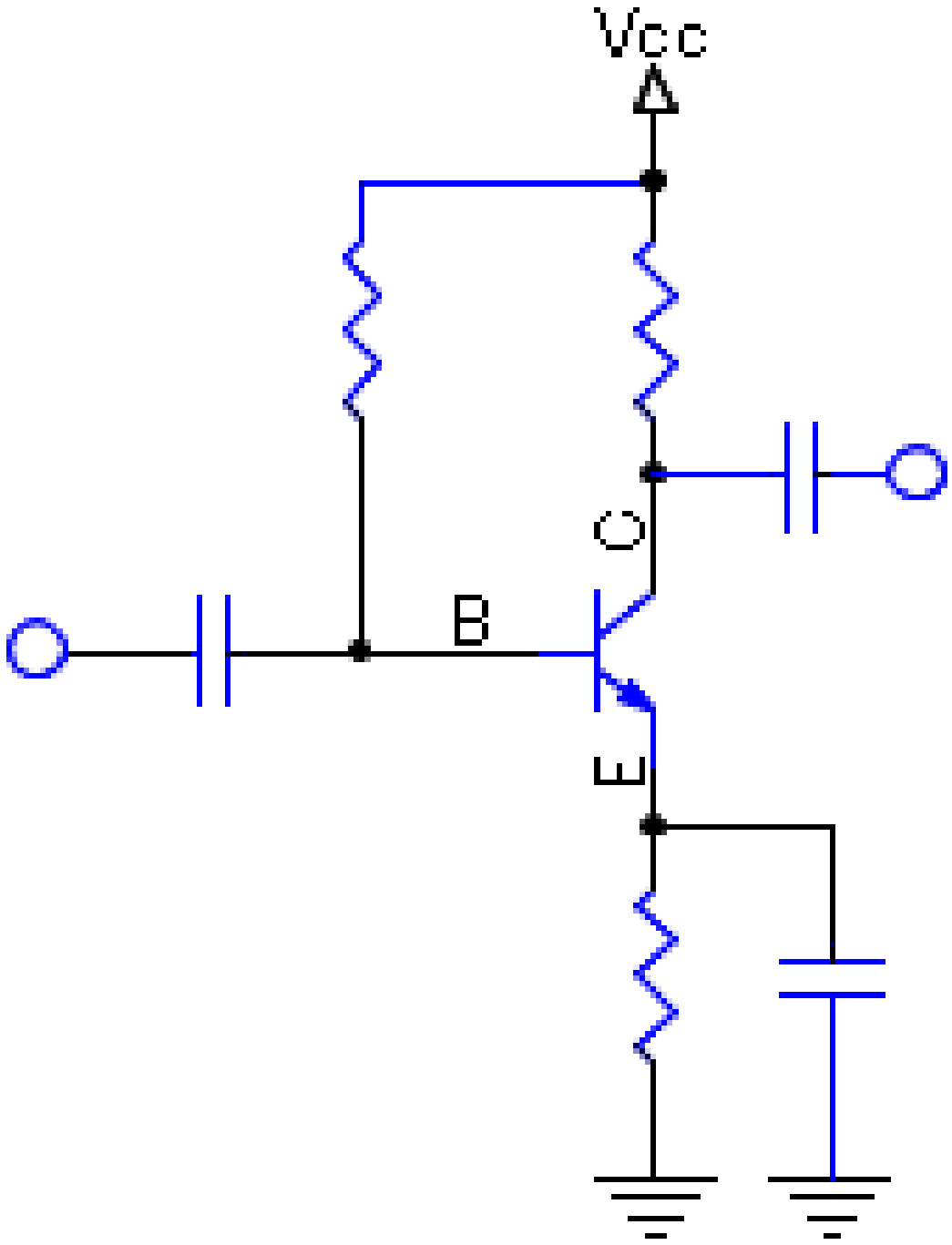
自己バイアス

長所：

- Vbeの温度変化や減電圧特性に優れている

短所：

- hfeのバラツキに対してIcの変化がやや大きい


Vcc
C
B
E

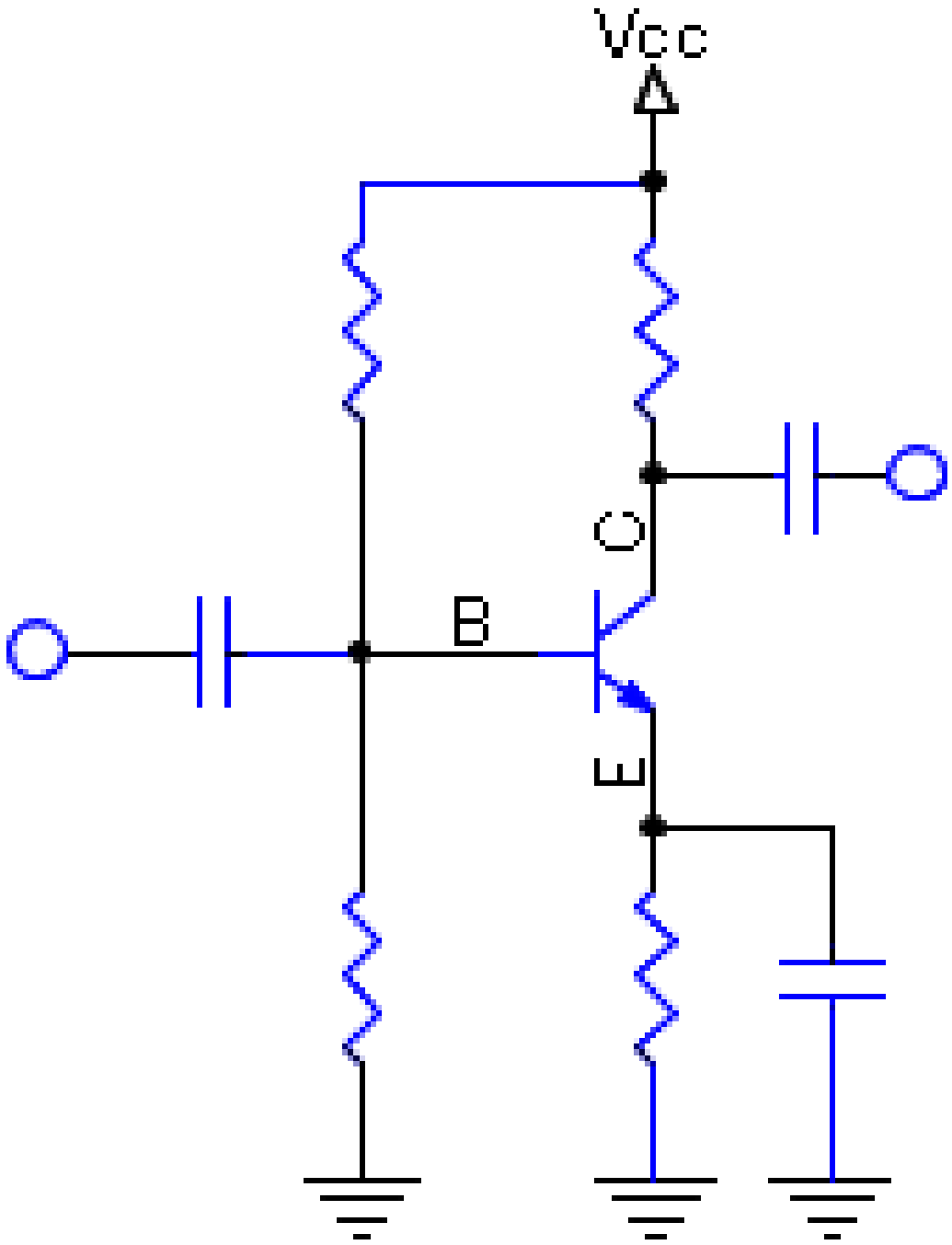
電流帰還バイアス

長所：

- hfeのバラツキに対して安定

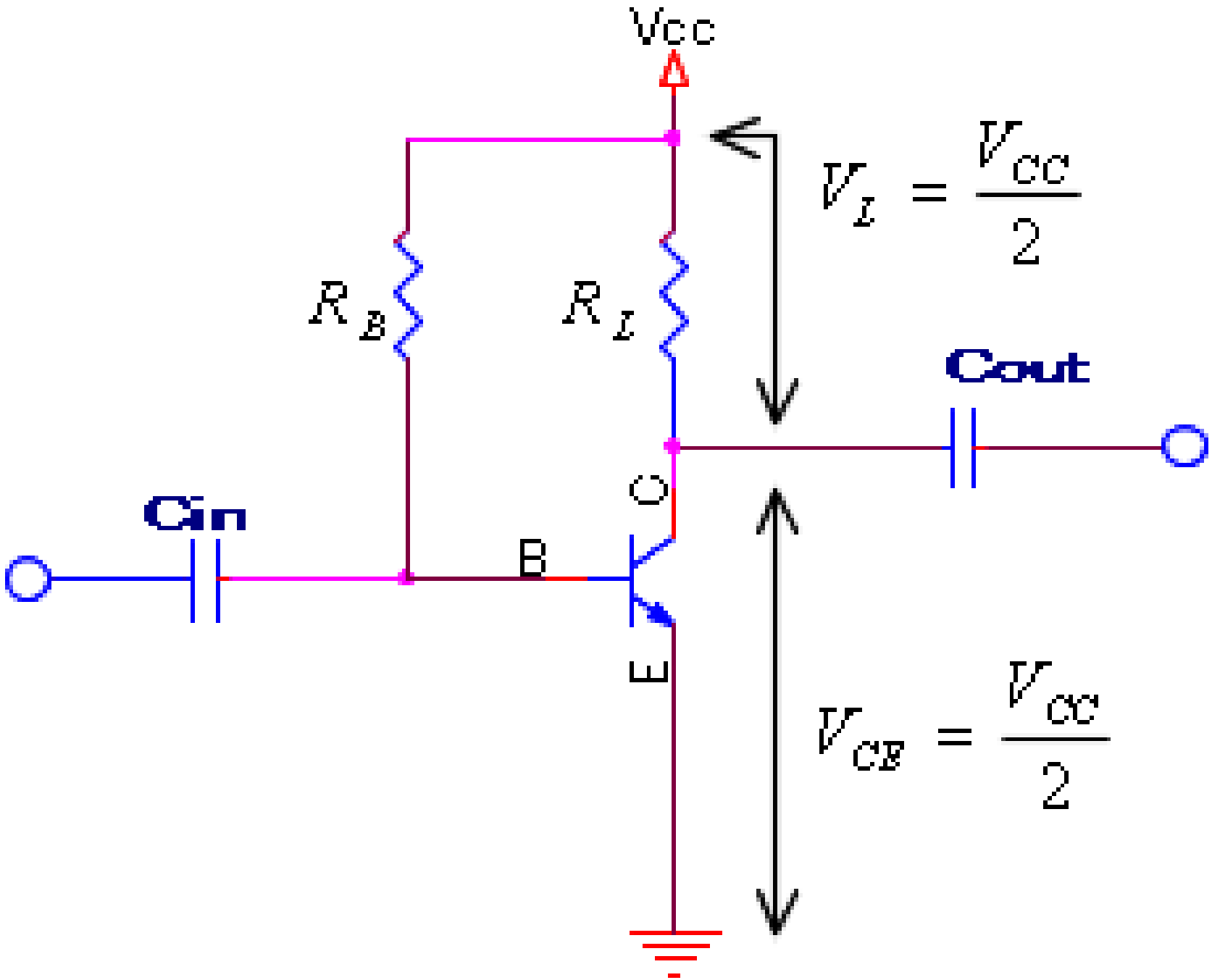
短所：

- Vbeの変化や減電圧に対して弱い


Vcc
C
B
E

固定バイアス増幅回路

- 固定バイアス回路の一般的設計手順は最初に電源電圧を決め、負荷RL又はコレクタ電流Icを決める。先にRLが決まっていればIc が決まり、Icが決まっていればRLが決まると言うことになる。
- 一般にはコレクタ電流ICを先に決めることが多いようだ。
- プリアンプ等と呼ばれる、一番最初に微弱な信号（マイクの出力、プレーヤーの出力等)を増幅する増幅回路のトランジスタのバイアス電流は出来るだけ少なくし、雑音の発生を抑えると言う観点からコレクタ電流は小さめに決められる様です。実際には数mA、2mAとか2.5mA等が採用されているようだ。
- 参考書的な本にはよく登場する数値で、数値の根拠をさがしても見つけられずもやもやした気分のまま実験した経験があります。この数値はたぶん先駆者の先輩がたが 実験して得た結果ではないのか。
- 自分で、コレクタ電流をいろいろ変えて出力波形がどう変化するか、温度変化に対してどうなのか実験してみるのも有意義なことかと思われる。


Vcc
$V_I = \frac{V_{CC}}{2}$
R_B
R_I
Cout
C
Cin
B
E
$V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}$

固定バイアス回路の負荷抵抗とコレクタ電流の関係

- 増幅回路で最も大きな出力を得るにはバイアス点（動作の基準電位）を電源電圧の1/2にすることである。この理由はトランジスタのバイアス を御覧いただくと理解できると思う。なのでコレクタ電流Icと負荷抵抗RLで生ずる電圧降下VLが電源電圧の1/2になるように負荷抵抗、コレクタ電流を選択すればいい。増幅回路の負荷抵抗RLとコレクタ電流Icの関係式は次のようになる。

$$I_C = \frac{V_{CC}/2}{R_E}$$

固定バイアス回路の抵抗値の決め方

- 負荷抵抗、又はコレクタ電流が決まれば固定バイアス回路を使った増幅回路の設計の諸条件は整う。それらを整理してみる。

設計条件

- 電源電圧：　9V
- コレクタ電流：　2.5mA
- バイアス電圧(VBE)：　0.67V
- 直流電流増幅率(hFE)：　140

VBEとhFEは使用するトランジスタのデータシートから判る。

負荷抵抗RL

$$R_L = \frac{V_{cc}/2}{I_c} = \frac{4.5V}{2.5mA} = 1.8K\Omega$$

ベース抵抗RB

- ベース抵抗RBはコレクタ電流2.5ｍAを流すために必要なベース電流から決めます。

ベース電流IB

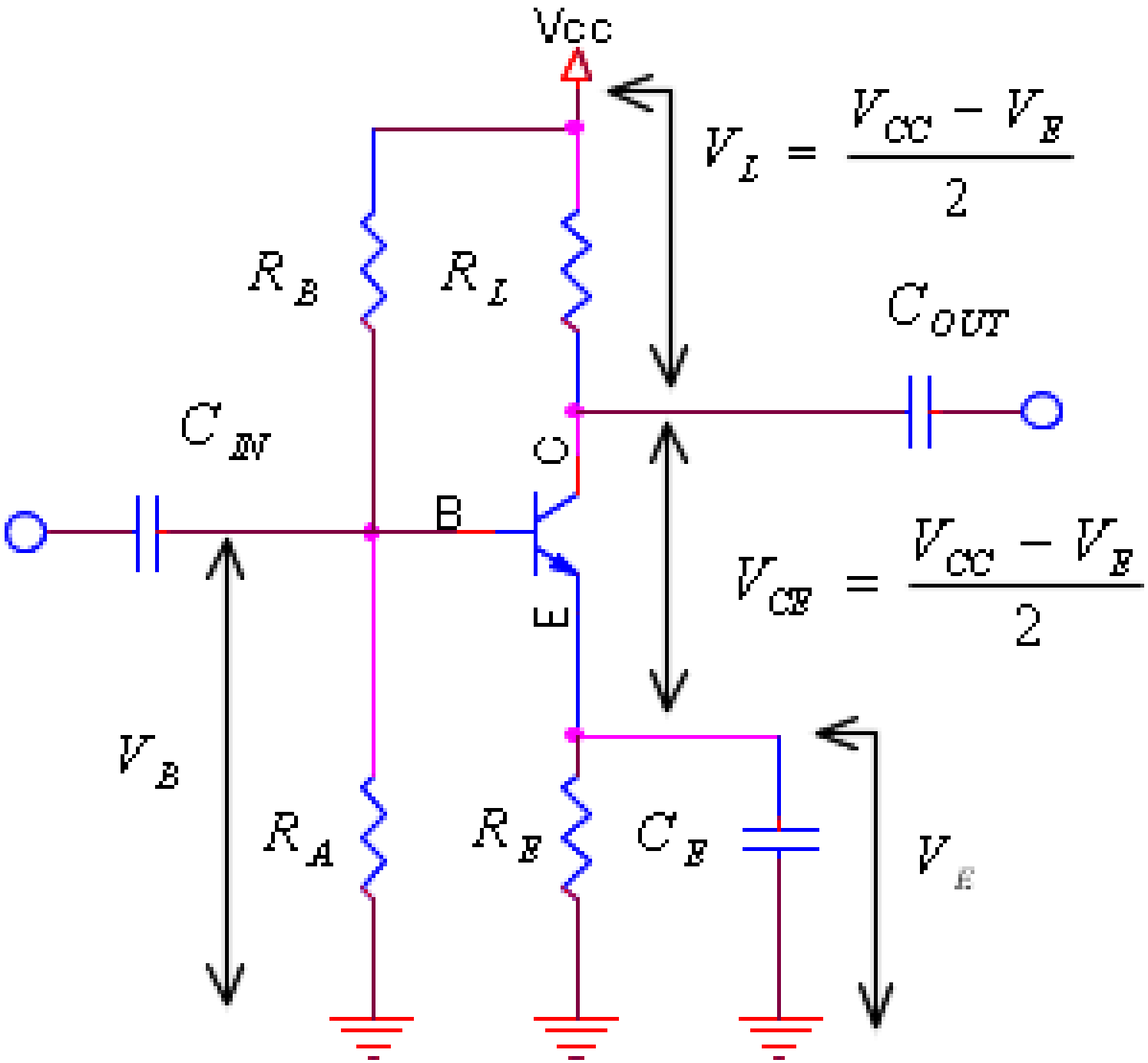
$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{2.5\mathrm{mA}}{140} \fallingdotseq 18\ \mu\mathrm{A}$$

ベース抵抗RBは

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{9 - 0.67}{18\mu A} \fallingdotseq 462\,K\Omega$$

電流帰還バイアス増幅回路

- 電流帰還バイアスは増幅回路のなかでは最も多く使われるバイアス回路。
- このバイアスを使った増幅回路の 特徴は温度や電源電圧が多少変動してもコレクタ電流はほとんど変わらず、そのうえhFEにほとんど関係なく設計できる。
- 電流帰還バイアスの動作を簡単に説明する。
- トランジスタのエミッタ側の抵抗(RE)をエミッタ抵抗と呼ぶ。この抵抗がコレクタ電流を安定にしてくれる働きをする。 別名、安定抵抗とも呼ぶ。
- RA、RBはブリーダ抵抗と呼ばれ電源電圧を分割し、ベース、グランド間の電圧を安定に保つ働きをする。


Vcc
$V_L = \frac{V_{CC} - V_E}{2}$
R_B
R_L
C_{OUT}
C_{IN}
C
B
E
$V_{CE} = \frac{V_{CC} - V_E}{2}$
V_B
R_A
R_E
C_E
V_E

- (1)　バイアス電圧VBEはVBとVEの差になり次のような関係になる。VBはベース電流IBの 変化にかかわらずほとんど一定の電圧

$$V_{BE} = V_B - V_E = V_B - I_E R_E$$

- (2)　いま温度が上昇してコレクタ電流ICが増加すると、エミッタ電流IEも増加するから、 IEREも増加して、VBEが減少する。(上記の式を参照)
- (3)　VBEが減少すればベース電流IBも減少し、コレクタ電流の増加を抑える。(コレクタ電流の 変動が抑えられる)

電流帰還バイアス回路の抵抗値の決め方

- 電流帰還バイアスを使った増幅回路の設計手順は固定バイアスと同じように電源電圧を決め、コレクタ電流又は負荷抵抗を決め、設計の諸条件を決める。

設計条件

- 電源電圧：　９Ｖ
- コレクタ電流：　2.5ｍA
- エミッタ電流＝コレクタ電流：　2.5ｍA
- エミッタ電圧＝電源電圧の20％
- IA(RAに流れる電流)はIB(ベース電流)の10倍
- バイアス電圧(VBE)：　0.67V
- 直流電流増幅率(hFE)：　140

- VBEとhFEは使用するトランジスタのデータシートから判ります。

エミッタ抵抗RE

- エミッタ電圧は電源電圧の２０％、エミッタ電流＝コレクタ電流であるから

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{0.2 \times V_{CC}}{I_C} = \frac{1.8}{2.5mA} = 720 : 750\Omega$$

ブリーダ抵抗RA

- RAの端子電圧VBは

$$V_B = V_{BE} + V_E = 0.67 + 1.8 = 2.47V$$

- 流す電流はベース電流の10倍、そのベース電流は

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{2.5\mathrm{mA}}{140} \fallingdotseq 18\ \mu\mathrm{A}$$

- ブリーダ抵抗RAは

$$R_A = \frac{V_B}{I_A} = \frac{V_B}{10 \times I_B} = \frac{2.47}{10 \times 18\mu A} \fallingdotseq 13.7K\Omega : 13K\Omega$$

ブリーダ抵抗RB

- RBに流れる電流は

$$I_A + I_B = (10 \times I_B) + I_B = 180\,\mu A + 18\,\mu A = 198\,\mu A$$

- RBの端子電圧VAは

$$V_A = V_{CC} - V_B = 9 - 2.47 = 6.53V$$

- ブリーダ抵抗RBは

$$R_B = \frac{V_A}{I_A + I_B} = \frac{6.53}{198\mu A} \fallingdotseq 33K\Omega : 33K\Omega$$

バイパスコンデンサCE

- バイパスコンデンサCEは入力信号の交流成分がエミッタ抵抗に流れてエミッタ電圧を位押し上げ、出力を低下させるのを防止する。従って、入力信号の下限周波数に対して充分に低いリアクタンスになるようにする。

- 大体0.1~1 μFぐらいあればよい。

増幅回路について

- さきほど増幅回路の基本はバイアス回路と述べたので増幅回路についても取り上げる。

級

増幅回路の、特に素子の動作を指しての級について述べる。アンプ装置全体としての級、特にオーディオ用のそれについてはアンプ (音響機器)級を参照のこと。

バイアス量

- 真空管やトランジスタなどの増幅素子は、入力信号がある一定の直流値（電圧or電流）範囲にあるときにのみリニアな増幅結果が得られるという特性をもち、その範囲を外れて使用すると出力信号は歪む。そこで、入力信号に対して一定の直流値（電圧、電流）（これをバイアス値という）を加えて素子の適切な動作範囲に収まるようにする必要がある。 アナログ増幅回路はバイアスの量によりA級、B級、C級に分類される（厳密に区別できるものではない）。デジタルアンプのことをD級、その他近年E級～H級までデジタル技術を応用したアンプが呼ばれているが、どれも方式を示す便宜的なもので、特にグレードを示したりするようなものではない。

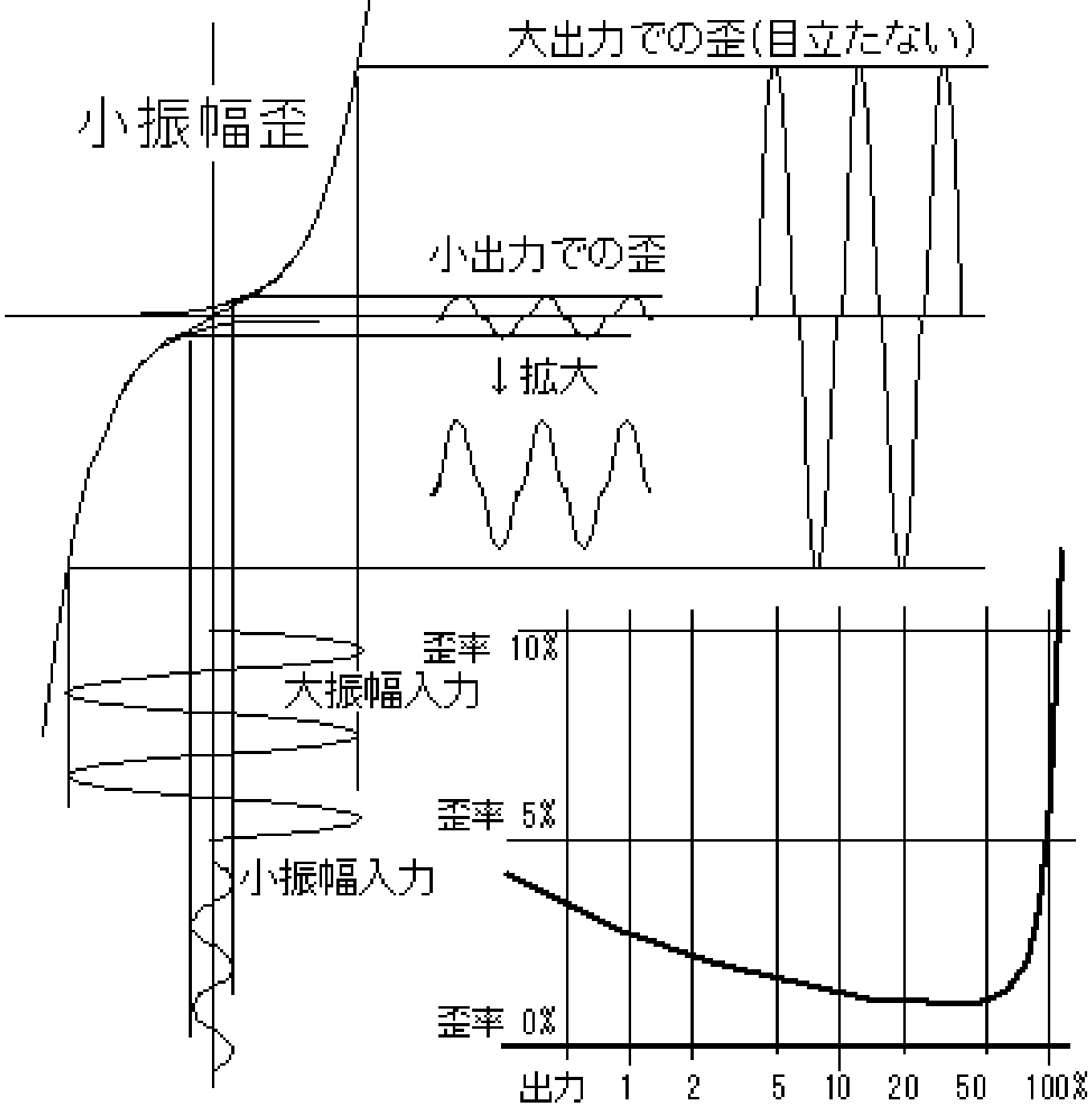
A級

- A級増幅回路とは、増幅素子の入力と出力の関係が直線的（比例関係）になるよう、入力信号の全瞬時値にわたり出力が直線的に対応するバイアス電圧・電流を与え、入力と相似の出力が得られる方式である。B級やC級と比べて最も歪みの少ない出力が得られるが、一定のバイアス電流が常時流れているので消費電力が大きく、入力信号が無い時でも増幅素子には直流電流が流れるため電力を消費する。電力増幅回路を構成した場合、供給電力に対する効率は最大50%である。

B級

- B級増幅回路とは、交流の入力信号のうち片側の極性のみが増幅されるように増幅素子にバイアスを与えた方式である。バイポーラトランジスタを増幅に用いる場合、電流制御素子なのでベース-エミッタ間にバイアス電流を与えるとPN接合のオン電圧である約0.2V～0.7V前後の電圧となる。
- 入力電圧が負の場合には、トランジスタに入力される電圧はオン電圧より低くなるため、コレクタ電流はゼロとなり、出力されない。入力電圧が正の場合にのみ、入力電圧の振幅に比例した出力電圧が得られる。
- 音声信号増幅の場合には、2個の増幅素子を正負対称に接続した回路（プッシュプル回路）により、入力信号と同じ波形が出力されるようにする。SSB送信機の出力ブースター（リニア・アンプ）では半周期増幅のままLC共振回路（通称タンク回路）で目的出力を得ている。
- 出力の効率が正弦波増幅の場合で素子など回路損失が無い場合、最大π/4（≒78.5%）[5]とA級増幅回路の最高効率50%に比べ高効率で、特に小信号時の動作電流が非常に少なくできる（定損失が少ない）ため、（大信号も小信号も扱うオーディオアンプなどの）出力段に用いられる。

- また、小信号時での歪み率が重要問題となるオーディオアンプなどでは、プッシュプル回路で上下のトランジスタが切り替わるあたりでの歪みを減らすため、バイアスを多めにかけて小信号時はA級動作させるものがありそれをAB級という。
- また、さらにバイアス値を選んで、プッシュとプルの両方を常にA級動作させることもあり、これは純A級などと称した。
- PN接合を利用するバイポーラトランシスタの電流がゼロとなる瞬間に生じて音質を劣化させる「ノッチング歪み」の回避のために入力に応じてバイアスを増やして電流ゼロの瞬間を作らない製品も存在した。 少数キャリア消滅ノイズは超高周波成分まで含まれて発生すると消せないので、高音質を追求するオーディオアンプではバイポーラ・トランシスタを避けて多数キャリアで動作する大出力電界効果トランシスタ(FET)を用いて少数キャリア消滅ノイズを避けるようになった。
- 　B2級、AB2級というのは、真空管アンプで、グリッド電圧が正領域まで利用する方式を言い、それに対して通常の負電圧の範囲に留めるものをB1級、AB1級と呼んだ。


大出力での歪(目立たない)
小振幅歪
小出力での歪
↓拡大
歪率 10%
大振幅入力
歪率 5%
小振幅入力
歪率 0%
出力 1 2 5 10 20 50 100%

C級

- C級増幅回路とは、バイアスを遮断値よりも素子がOffになる側にかけて、入力信号の電圧が十分に高い場合にのみ出力電圧が得られる、スイッチング動作に似通ったものである。真空管の場合はバイアスを深く、トランジスタの場合はバイアスをゼロ乃至わずかしか掛けない。
- 入力信号により直流電源をスイッチングする形となり、そのパルス電流でLC共振回路を駆動して、目的の周波数の電力を取り出す（この目的でのLC共振回路を通称タンク回路と呼ぶ。SSBリニアアンプの非対称B級ブースター回路でも同じ）、狭帯域高周波増幅回路である。
- 直流供給電圧に音声信号を重畳することで振幅変調器となる。
- 出力周波数が入力の整数倍のものを周波数逓倍器（w:Frequency multiplier）という。
- 無駄に流れる電流がないため消費電力の効率は最も良い。

D級

- D級は、増幅素子の動作点（バイアス）による区分ではなく、デジタルアンプによる方式を指す。
- デジタルアンプは、パルス幅変調やパルス密度変調を応用し、スイッチング回路で電力増幅を行うことで高効率増幅（最大で90%以上）を実現する。
- A-C級という分類が増幅素子の直線動作範囲に対する動作中心位置（バイアス電圧、電流）の相違なのに対し、スイッチング動作の平均値を出力とするものであり、増幅の動作原理そのものが質的に異なる。
- スイッチング回路は矩形波しか出力が出来ないが、入力電圧をパルス幅変調やパルス密度変調して電力増幅した場合エネルギー効率が高い。このスイッチング回路から出力されるのは矩形波であるが、ローパスフィルタを通す事で原信号を取り出すことが出来る。これによって、任意の信号を高いエネルギー効率で増幅することが出来る。
- 「1ビットアンプ」などともされる。携帯オーディオ機器では、その高い効率によってバッテリーの電力消費を抑えて動作時間を延ばすことが出来る。

E級

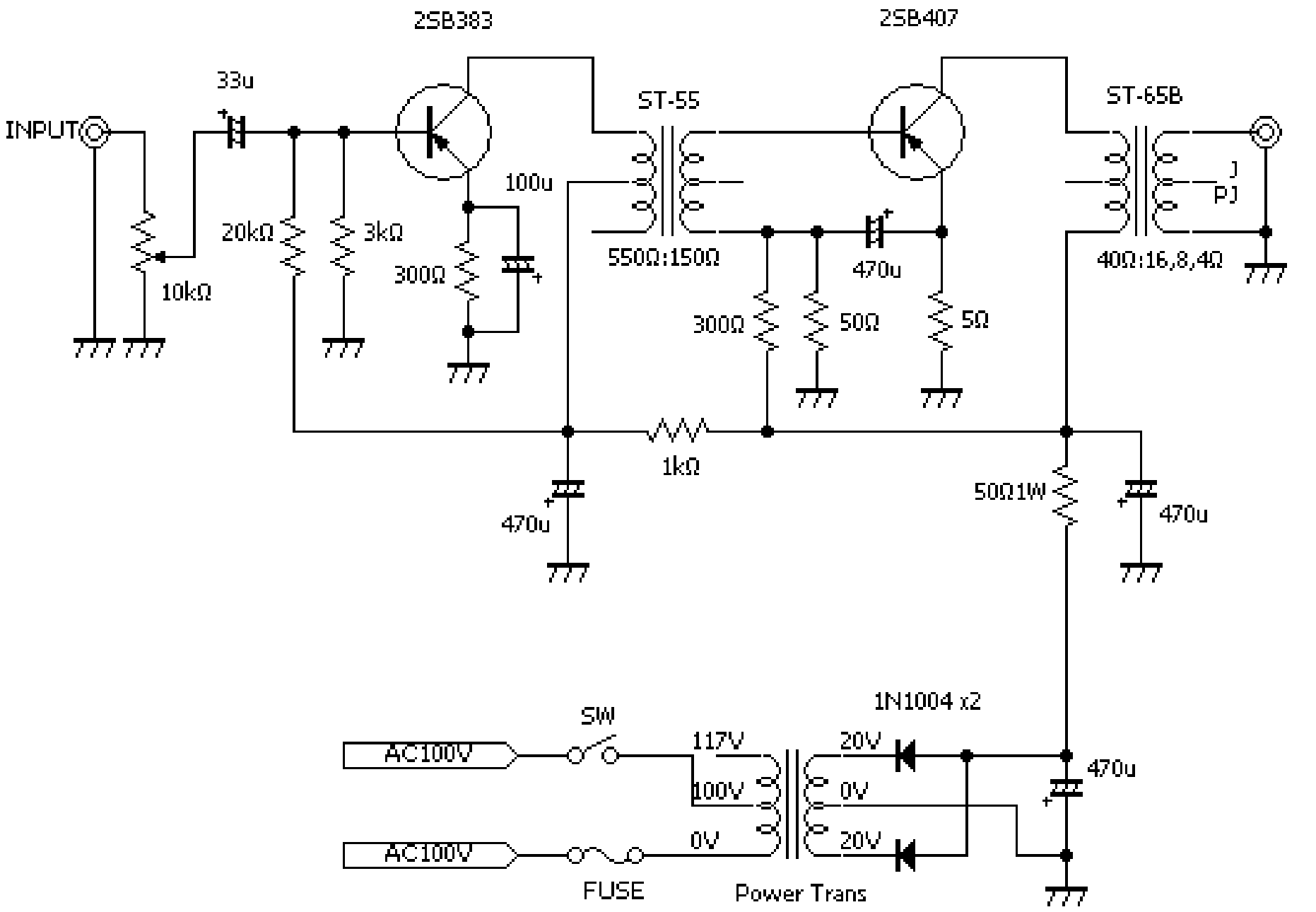
- E級増幅回路は、共振回路にタイミングを合わせてスイッチング回路で駆動することにより電力増幅を行うことで、高効率増幅を実現するので、D級増幅回路同様に増幅素子の動作点（バイアス）は関係ない。 前出D級増幅器と異なりデューティ比は一定でPWMは不可能で共振する関係上、狭帯域増幅器でなおかつ出力振幅は一定であるため、単体では振幅変調に対応することができないが、D級増幅回路が増幅素子を最低2個要するのに比べ、最低限増幅素子を1個で構成できるためデッドタイムの生成などが不要で回路はシンプルである。

代表的な構成方式

- 次のような構成型式がある

シングル

- 1個の増幅素子で信号を増幅する回路で、もっとも基本的な増幅回路である。プッシュプルに対して使われるレトロニムである。正負対称の増幅を行うためにはA級増幅回路とする必要がある。

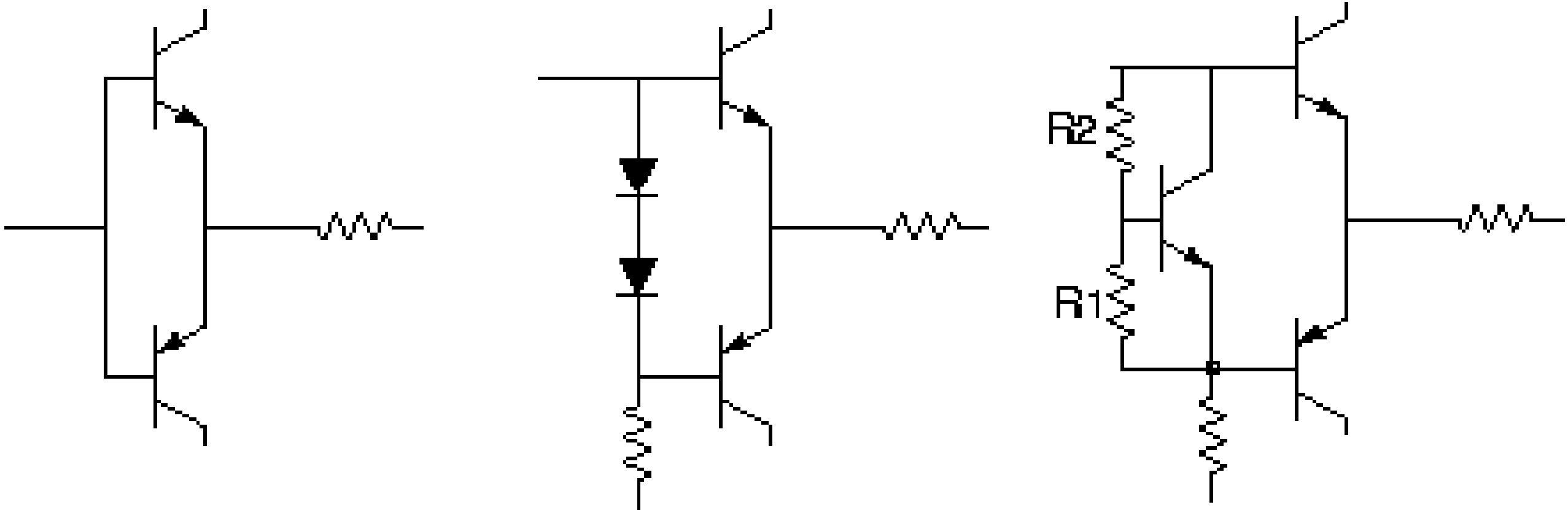


ZnO's Technical Laboratory

プッシュプル

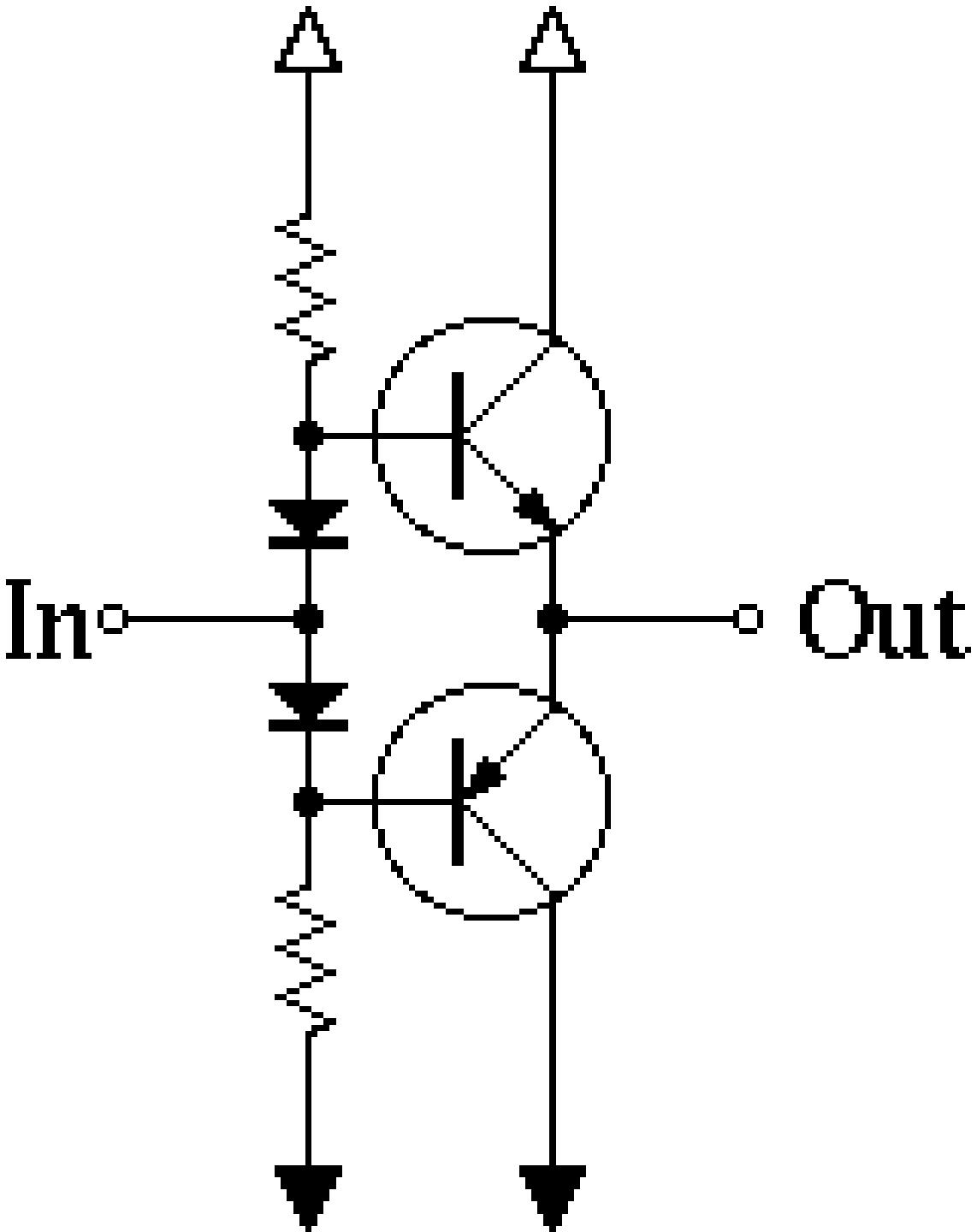
- 2個の増幅素子を正負対称に接続して、それぞれ一方の極性の信号のみを増幅する方式がプッシュプルである。基本的にはバイアスはB級とするがA級動作させる場合もあり詳細はアンプ(音響機器)級を参照。
- 回路図上で各極のトランジスタが縦に重ねて記されるところからトーテムポールとも呼ばれる。デジタル回路のCMOSも一種のプッシュプルである。
- ここで示す回路図は、原理の説明のための簡略化したものである。熱暴走対策などがなされていないものもあるので、実際の回路を組む場合は注意を要する。

原理図(左)、ダイオードでクロスオーバー歪みを逃げるやり方(中)、 定電圧源で自由にバイアスを変化させる回路(右)



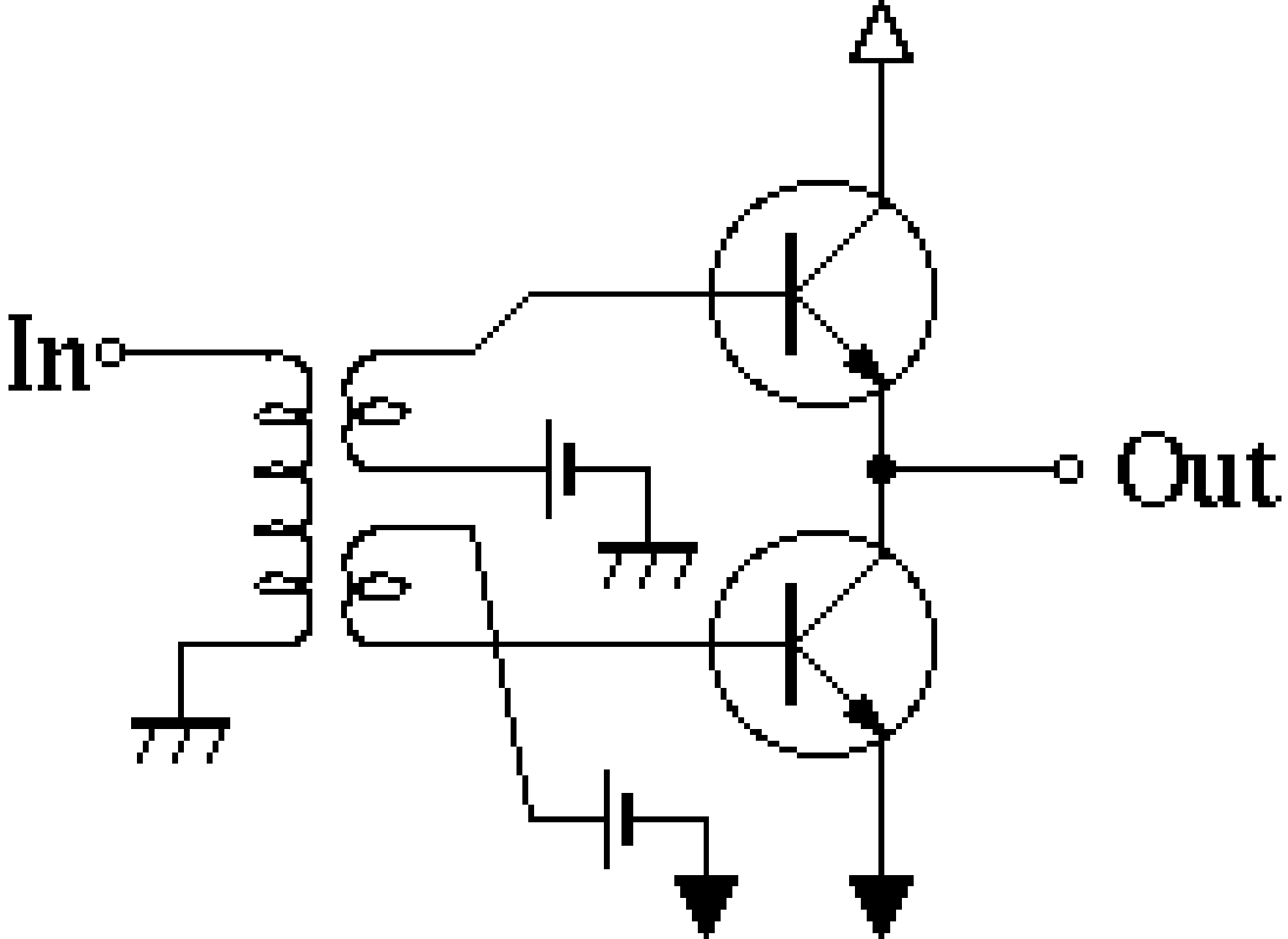
コンプリメンタリ

- 信号の正側では、ベースから電流を吸い込むNPNトランジスタで出力から電流を吐き出す向きに駆動し、信号の負側では、ベースから電流を吐き出すPNPトランジスタで出力から電流を吸い込む向きに駆動する。エミッタが共通になっており、どちらのトランジスタもエミッタ・フォロワになっている。トランジスタにより可能になった回路で、入出力のトランスやコンデンサをなくすことも可能になった。
- SEPPで大出力を必要とする場合は、コンプリメンタリーのトランシスターそれぞれをダーリントン接続のドライバーとする「ダーリントン・コンプリメンタリー接続」とする。現在はこの方式が主流である。


In
Out

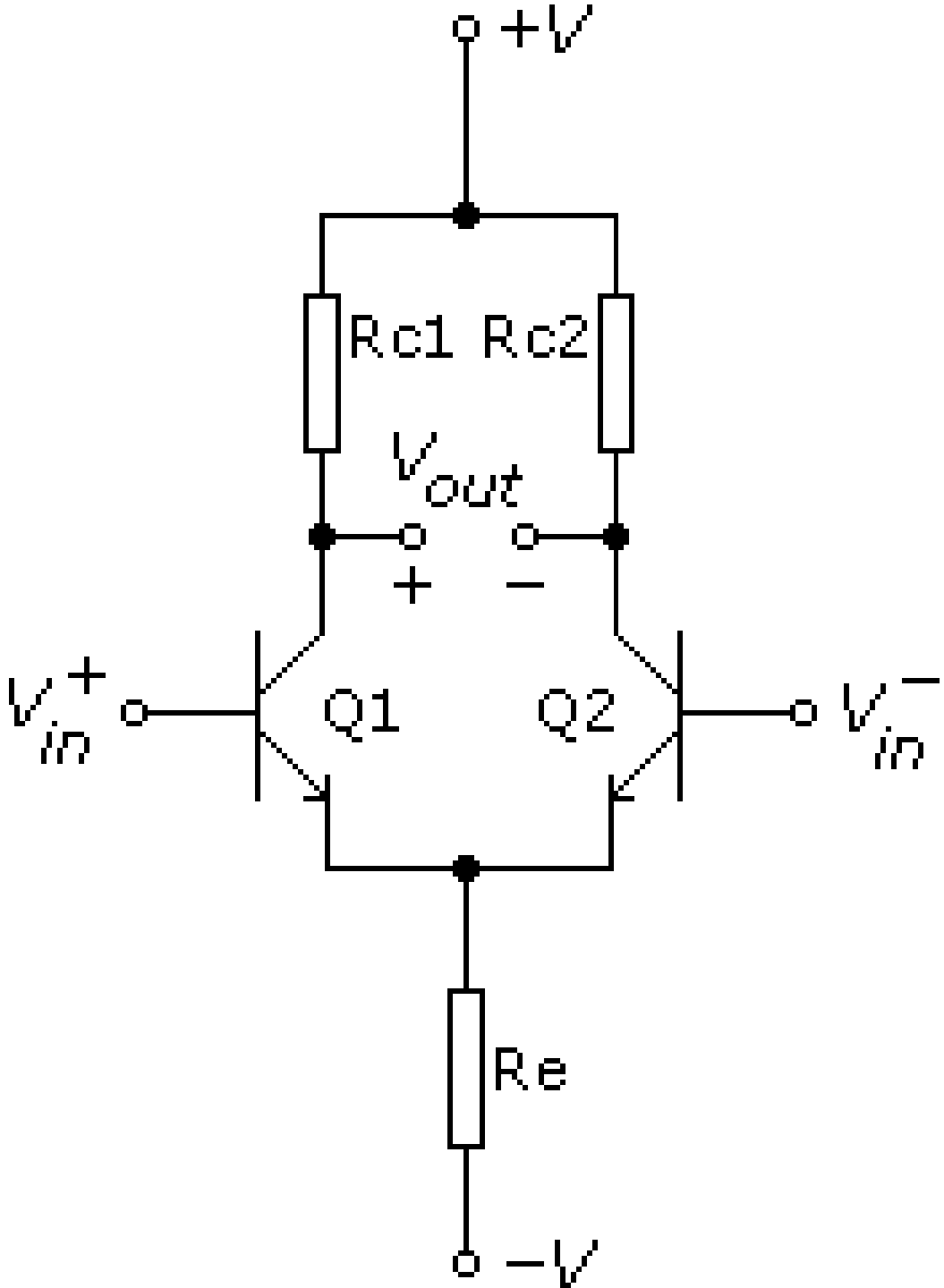
非コンプリメンタリ

- 同じ極性の素子でSEPPを構成しようとするとこのようになる。
- 大電力トランシスターが開発されると、真空管に比べて低圧大電流なのでSEPP方式でインピーダンスが数Ωの一般のダイナミックスピーカーを直接駆動可能なので、高音質を追求するオーディオ・アンプの標準方式となって、一時は右図のような入力トランス駆動の製品も一部見られたが、主流は先出コンプリメンタリーのトランシスター対にそれぞれ大出力トランシスターをダーリントン接続することで等価的に大出力コンプリメンタリー接続とするのが圧倒的な主流となった。大出力トランシスターからみれば非コンプリメンタリーで、その駆動部がコンプリメンタリーとなっている。　そのためSRPP方式は真空管アンプに限られた。 車載拡声器では逆に一般車両の12V電源でトランシスターのSEPPでは最適負荷インピーダンスが低すぎることと、様々な負荷に対応させる要求から出力トランス方式としてインピーダンス整合に対応している。


In
Out

差動増幅回路

- 2個の増幅素子を左右対称に接続して2個の入力端子を設け、その差の電圧に応じた出力を得る回路が差動増幅回路である。出力段はプッシュプル回路にすることが多い。次章で述べる負帰還を自由に設定できるなど、回路の自由度が高いので、オペアンプがこの方式を採っている。


+V
Rc1
Rc2
Vout
+
−
V+in
Q1
Q2
V−in
Re
−V

用途による分類

増幅回路を扱う周波数で分類すると、次のように分類できる。

- 高周波増幅器（可聴周波数より高い周波数域、RFアンプ・映像増幅・無線周波増幅とも）
- 低周波増幅器（可聴周波数域、AFアンプ、音声増幅、オーディオ増幅とも）
- 選択増幅器（特定の帯域のみを選択して増幅するようにしたもの）
- 中間周波数増幅器（IFアンプ）（スーパーヘテロダイン方式などで。周波数帯としては通常高周波帯で、ラジオの受信周波数にかかわらず一定の周波数だけを増幅するもの）

- 直流までも増幅するアンプをDCアンプという。直流アンプの意味でもあり、入力トランスやコンデンサを通さず入力を直接受け取っている。オペアンプはDCアンプである。
- 電圧、電流、電力のどれを重点的に増幅するかによって、電圧増幅器、電流増幅器などと呼ぶこともある。
- それぞれに対してA,B,C級など別の分類もできるので、分類名を重ねてA級低周波電力増幅器などという。
- 増幅回路を扱う信号の大きさでの分類も場合により必要になる。主に小信号を入力対象にした増幅回路と大信号をそれにしたものである。微小信号の増幅については、主にSN比が問題になるため、増幅器自体の発生する雑音の少ない素子や回路を選択する。大振幅の信号を扱う増幅器は主に電力増幅器であり、発熱や消費電力を低減するために増幅器の効率が重視される。また、高調波歪、相互変調歪などの歪特性はいずれの場合も重要である。

- 増幅回路はキリがないので紹介はここまでとする。
- オペアンプを調べてみると面白いかもしれない。
- オペアンプとトランジスタは秋月に売っているので買って自由に使ってみると良い。

課題

- 固定バイアス回路と電流帰還回路で次の条件から計算し、抵抗値をそれぞれ求める。

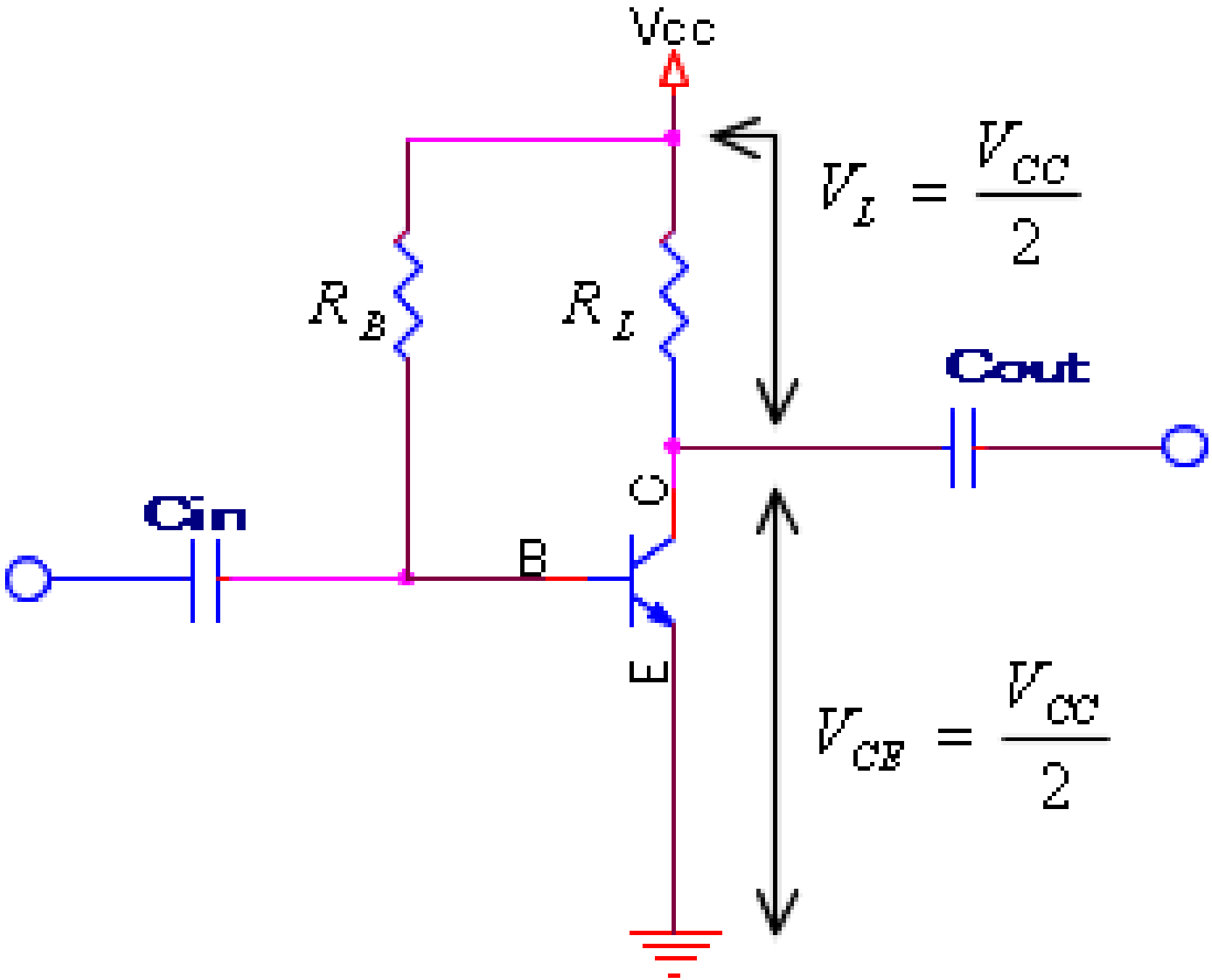
固定バイアス回路の抵抗値の決め方

- 負荷抵抗、又はコレクタ電流が決まれば固定バイアス回路を使った増幅回路の設計の諸条件は整う。それらを整理してみる。

設計条件

- 電源電圧：　12V
- コレクタ電流：　2.0mA
- バイアス電圧(VBE)：　0.67V
- 直流電流増幅率(hFE)：　200

VBEとhFEは使用するトランジスタのデータシートから判る。


Vcc
$V_I = \frac{V_{CC}}{2}$
R_B
R_I
Cout
C
Cin
B
E
$V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}$

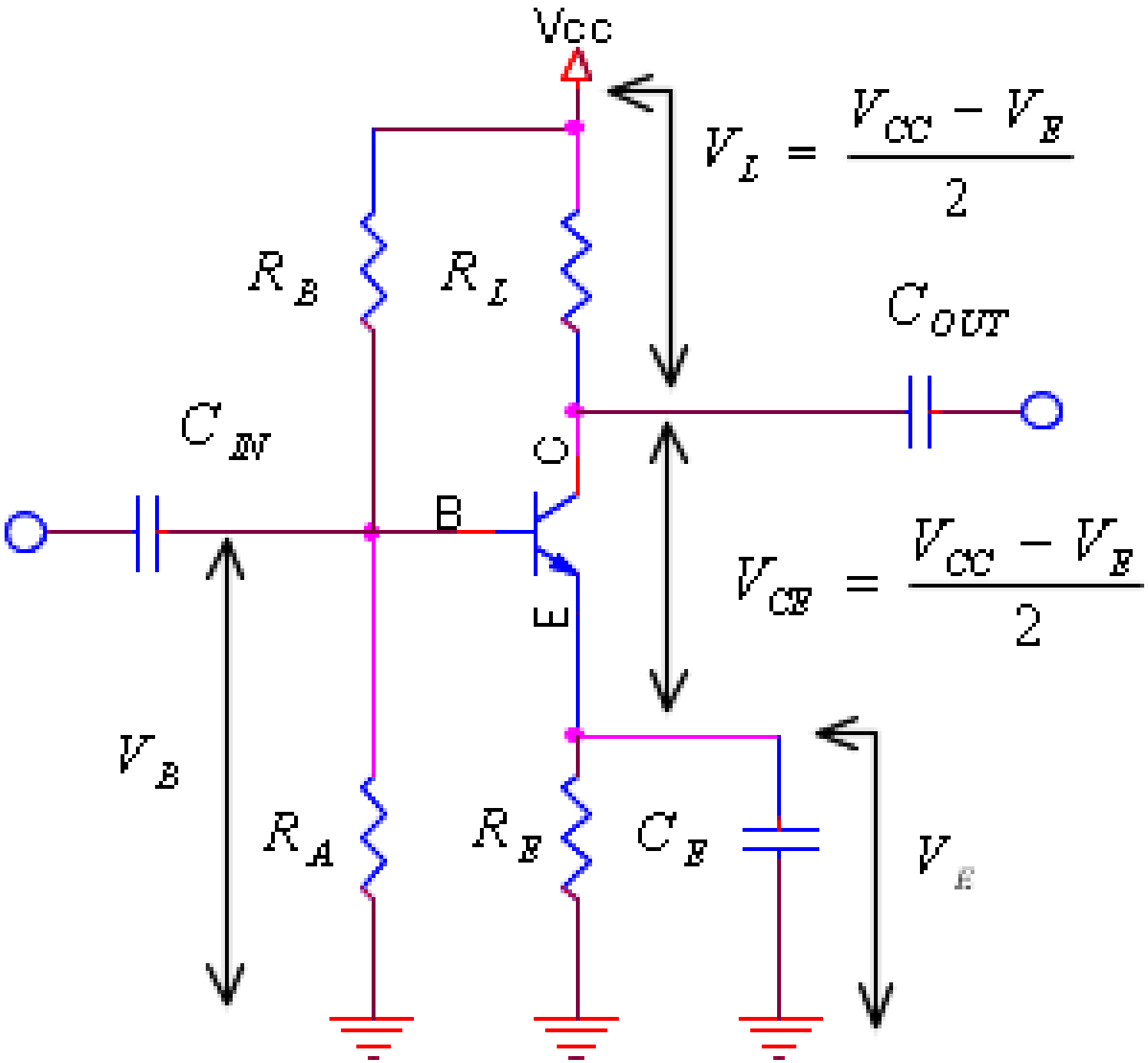
電流帰還バイアス回路の抵抗値の決め方

- 電流帰還バイアスを使った増幅回路の設計手順は固定バイアスと同じように電源電圧を決め、コレクタ電流又は負荷抵抗を決め、設計の諸条件を決める。

設計条件

- 電源電圧：　12V
- コレクタ電流：　2.0mA
- エミッタ電流＝コレクタ電流：　2.0mA
- エミッタ電圧＝電源電圧の30％
- IA(RAに流れる電流)はIB(ベース電流)の5倍
- バイアス電圧(VBE)：　0.67V
- 直流電流増幅率(hFE)：　200

- VBEとhFEは使用するトランジスタのデータシートから判ります。


Vcc
$V_L = \frac{V_{CC} - V_E}{2}$
R_B
R_L
C_{OUT}
C_{IN}
C
B
E
$V_{CE} = \frac{V_{CC} - V_E}{2}$
V_B
R_A
R_E
C_E
V_E

求めるもの

- 固定バイアス回路の抵抗値　RB
- 電流帰還バイアス回路の抵抗値　RE,RA,RB

- 余裕があるならRLも求める。

提出物

- 求めるものの結果を書いたレポート

ヒント

- バイアス回路の部分に解き方が書いてある。
- 数字が違うのみなので解けるであろう。

提出方法

- いつも通り