

第6章 半導体からはじめるダイオード/トランジスタ回路

6-1

「だいたい合ってる」で使える便利さ 小信号アンプといえばバイポーラ・トランジスタ

脇澤 和夫 Kazuo Wakizawa

トランジスタくん

主要特性

定番回路

マイコン内部

MOSFET

半導体

半導体イメージ

● ばらつきや温度変化があるので厳密に計算せず「だいたい合ってる」程度で使うことが多い

バイポーラ・トランジスタのデータシートを見ても、具体的な回路とか代表動作例などが載っていることはほとんどありません。定番の回路構成を利用し、定数は自分で計算して求めるのが一般的です。

きちんと計算をするなら、キルヒホッフの法則を使って連立方程式を解くことになるのですが、そんな面倒なことをしなくても、基本的なトランジスタ回路の設計は可能です。

トランジスタの性能(電流増幅率など)は個体による大きなばらつきがある上に、温度によっても変化するので、厳密に計算してもその通りにはなりません。抵抗やコンデンサなどの受動素子にも5%程度の誤差があります。

ここで説明するのは、ベース電流がコレクタ電流に対して十分に小さい、ということを利用したお手軽な方法です。だいたい合っているとしか言えませんが、暗算でもできる程度の計算で済むので、便利です。

● トランジスタ・アンプの簡易設計法

図1に回路を決める順番を示します。バイポーラ・トランジスタの小信号アンプによく使われる回路で、いわゆる電流帰還バイアスを使っています。

▶① 電源電圧とコレクタ電流を決める

電源電圧とコレクタ電流を決めます。ここでは電源電圧 $V_{CC}=5V$ 、コレクタ電流 $I_C=1mA$ とします。

▶② コレクタ抵抗 R_C を決める

このアンプでは、コレクタ電圧の変動を出力電圧として取り出します。そこで、出力振幅が大きくとれるように、無信号時のコレクタ電圧は電源電圧の半分程度にします。そうすると、コレクタ抵抗 R_C は次式で求まります。

$$R_C = (V_{CC}/2)/I_C = (5V/2)/0.001A = 2500\Omega$$

E24系列から選ぶと2.4k Ω です。E12系列から選んで2.2k Ω や2.7k Ω でもよいでしょう。

▶③ エミッタ電流 I_E が求まる

コレクタ電流 I_C とエミッタ電流 I_E はほぼ同じ値です。直流増幅率が200のトランジスタなら誤差は0.5%しかありません。エミッタ電流 I_E はほぼ1mAです。

▶④ エミッタ抵抗 R_E を決める

トランジスタのばらつきや温度変化に対してエミッタ電流を安定化するために、エミッタ抵抗 R_E を使

ます。エミッタ抵抗で発生する電圧(エミッタ電圧)が0.5Vもあれば、回路は安定します。電源電圧の1/20~1/10ぐらいで選ぶことが多いです。今回は0.5Vとします。するとエミッタ抵抗 R_E は次式で求まります。

$$R_E = 0.5V/I_E = 0.5V/0.001A = 500\Omega$$

手に入れやすいのは470 Ω か510 Ω です。

▶⑤ ベース電圧を決める抵抗に流す電流を決める

ベース電圧を決める抵抗には、ベース電流を無視できるよう、その10倍程度の電流を流します。ベース電流はコレクタ電流の1/ h_{FE} です。小信号トランジスタの h_{FE} は100以上あると考えます。よってベース電圧を決める2本の直列抵抗には、コレクタ電流の1/10程度を流します。電流が少ないと、おおざっぱが通用するトランジスタ回路でも、さすがに設計との誤差が大きくなります。しかし、多すぎれば無駄なだけです。

▶⑥ R_{B2} を決める

バイポーラ・トランジスタのベース-エミッタ間電圧は、シリコン・トランジスタなら0.7V程度です。温度による影響など考慮したほうがよいこともありますが、ざっくり考えるなら0.7Vです。

ベース電圧 V_B は、エミッタ電圧 $V_E+0.7V$ と概算できます。 R_{B2} の両端電圧で流れる電流をコレクタ電流の1/10にしたいので、次式のように R_{B2} が求まります。

$$R_{B2} = (V_E + 0.7)/I_C/10 = (1.2V/0.0001A) = 12000\Omega$$

E12系列の12k Ω を選びます。

▶⑦ R_{B1} を決める

R_{B1} の両端電圧は、電源電圧からベース電圧 V_B を

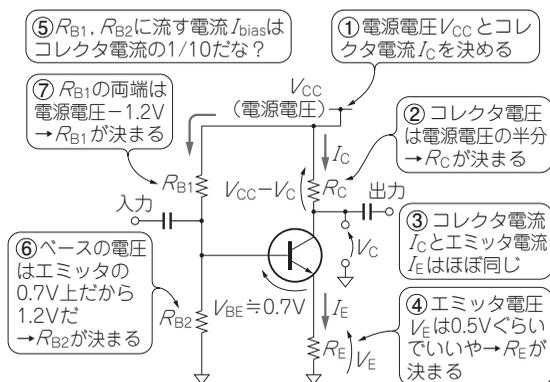


図1 バイポーラ・トランジスタによる小信号アンプの簡易設計
品種が違っていても定数はほぼ同じになる