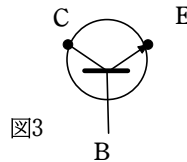
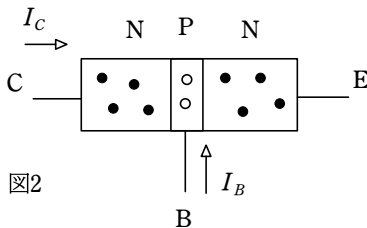
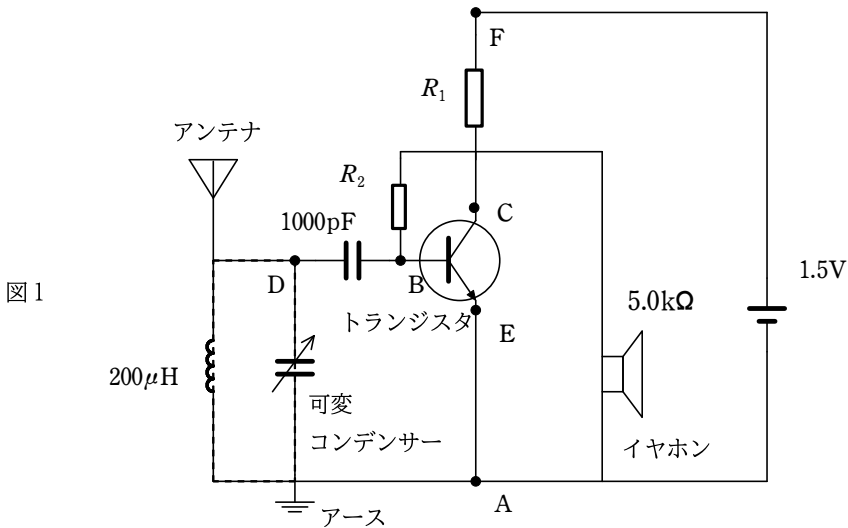


# G055一石トランジスタラジオ

1

最もシンプルなトランジスタラジオに関する文章の(①)～(⑫)の[ ]内に文字が示されている場合はその文字を用いた式を[数値]とある場合は当てはまる数値を入れよ。文章中の接頭語はk(キロ) =  $\times 10^3$ 、m(ミリ) =  $\times 10^{-3}$ 、 $\mu$ (マイクロ) =  $\times 10^{-6}$ 、p(ピコ) =  $\times 10^{-12}$  を意味していることに注意せよ。

図1は一石トランジスタラジオの回路図である。図中A～Fは回路上の点を意味する。Bはトランジスタのベース、Cはコレクタ、Eはエミッタを示している。

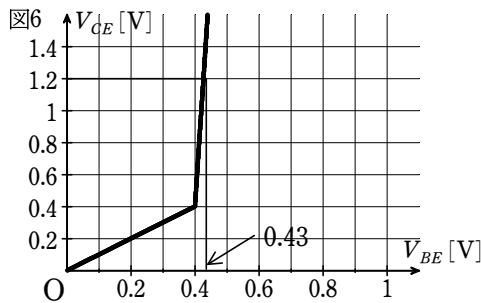
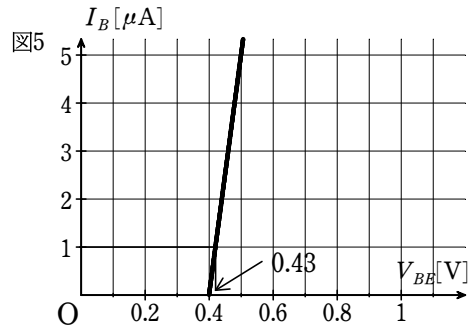
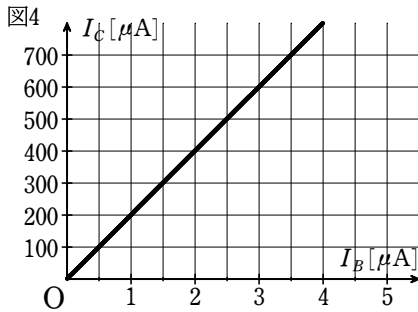


トランジスタ(NPN型)は図2のように薄いP型半導体を2つのN型半導体で挟んだものである。これを記号で表したのが図3である。Cはコレクタ、Bはベース、Eはエミッタである。Eをアースし、Cを正極につなぐと、Eから流れてきた電子がPの正孔につかまり、P型半導体が負の壁となり、以降電流が流れなくなる。ここで、Bをわずかな正極にすると、P型半導体にたまった電子がBに移動し、Eから移動してきた電子はCに達することができる。Bの電位をわずかに変化させることによりCに流れる電流を大きく変化させることができるのである。この性質を利用して弱い信号を強い信号に変化させることができる。これが、トランジスタの性質である。

ラジオに使われているトランジスタの性能を示した図を特性曲線という。図4はベース

# G055一石トランジスタラジオ

電流  $I_B$  とコレクタ電流  $I_C$  の関係、図5はベース電圧  $V_{BE}$  と  $I_B$  の関係、図6は  $V_{BE}$  とコレクタ電圧  $V_{CE}$  の関係を示している。



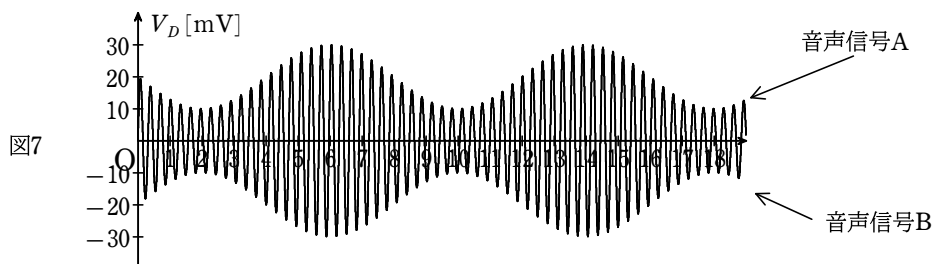
まずは、アンテナに信号が入っていない状態でこの回路を直流が流れているとして考えてみよう。 $V_{BE} = 0.40V$ とすると、図5より  $I_B = 0A$ となり、図4より  $I_C = 0A$ となる。イヤホンのインピーダンス  $R_y$  (抵抗と考えて良い) が  $R_y = 5.0k\Omega$ とすると、イヤホンにかかる電圧  $V_y$  が  $V_y = V_{BE}$ なので、イヤホンに流れる電流は  $I_y = (①[V_y, R_y]) = 80\mu A$ となる。また、抵抗  $R_1$  の両端にかかる電圧  $V_R$  は  $V_R = (②[\text{数値}]) V$ なので、 $R_1 = (③[V_R, I_y]) = 13.8k\Omega$ となる。また、直流は1000pFのコンデンサーを通過できないので、Dの電位は (④[数値])となる。

この状態でアンテナに電気信号(ラジオ電波)を入れるとする。アンテナには様々な周波数の電波が入ってくるので、その中から特定の放送局の電波を選ばなければならない。ここでは、 $f = 1274kHz$ の周波数の電波を受信する場合を考えてみよう。角振動数  $\omega = (⑤[f]) = 8.0 \times 10^6 \text{ rad/s}$ となる。コイルの自己インダクタンスを  $L = 200\mu H$ とすると、リアクタンス  $R_L$  は  $R_L = (⑥[\omega, L]) = 1600\Omega$ となる。これが、可変コンデンサーのリアクタンスと等しくなれば良い。可変コンデンサーの電気容量を  $C$ と置くと、可変コンデンサーのリアクタンス  $R_C$  は  $R_C = (⑦[\omega, C])$ となるので、 $C = \frac{1}{\omega^2 L} = 78pF$ となり、可変コンデンサーをこの電気容量にしたとき、1274kHzの電波を受信できる。この受信した電波が図7であるとする。

1000pFのコンデンサーのリアクタンスは (⑦)より125 $\Omega$ であり、BE間は電流が流れていないので抵抗値はかなり大きいと考えられ、1000pFのコンデンサーによる電圧降下は無視でき、図7の電気振動がそのまま  $V_{BE}$ に加わると考えて良い。

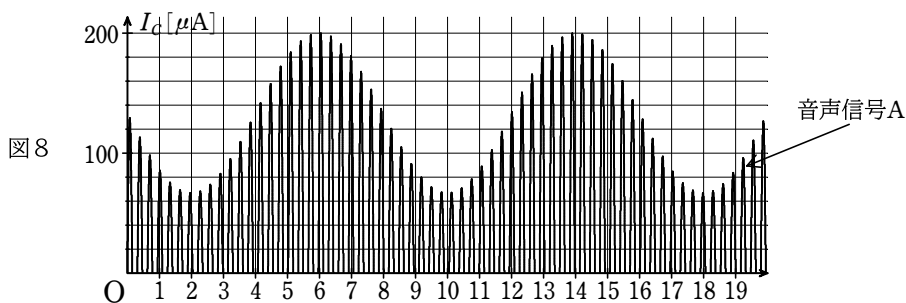
## G055一石トランジスタラジオ

この時Dの電位が図7により平均振幅20mVの変化している。このグラフの振幅の変動が音声信号を表している。音声信号は  $V_D$  が正の部分Aと負の部分Bと存在している。これを振幅変調という。音声信号Aは20mVを中心として10mVから30mVの変動をしている。電気振動の振幅は-30mVから30mVの範囲である。



Bの直流時の電位  $V_{BE} = 0.40V$ なので、0.40Vに図2の電気振動を加えたグラフとなり、0.37V~0.43Vの電気振動となる。これは、図5より、0.40V以下は電流が流れないので  $I_B$  は0A~1.0 $\mu$ Aの電気振動となり、これは、図4により、 $I_C = 0A \sim 200\mu A$ の電気振動となる。

図7の電気振動には音声信号Aと音声信号Bがあり、互いに逆位相のため、この信号をスピーカに送っても互いに打ち消しあってスピーカは鳴らない。ところが、 $I_B$ は  $V_{BE}$ が(⑧[数値])V以上でなければ流れないために、音声信号Bが消滅するのである。 $I_C$ をグラフにしたのが図8である。音声信号Aのみとなっている。



$I_C = 200\mu A$ のとき、図4,5,6より  $V_{CE} =$  (⑨[数値])Vとなる。このように、該当する  $I_C$  に対する  $V_{CE}$  を求めると、図9ようになる。この電圧変化がイヤホンに流れるのである。

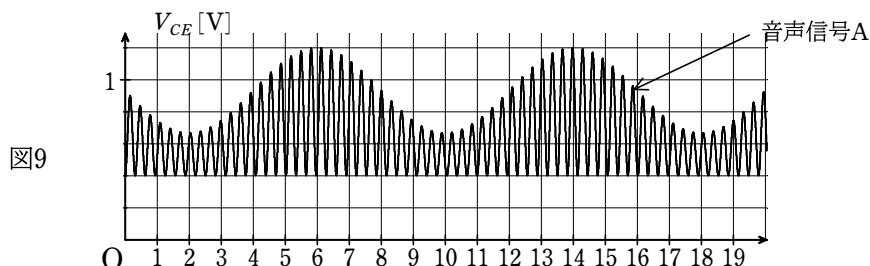


図9によれば、音声信号の振幅範囲は0.6Vから1.2Vで0.6Vの範囲で変動している。図7

## G055一石トランジスタラジオ

でわかるように元の信号が $20\text{mV}=0.02\text{V}$ の範囲で変動していたので、振幅が (⑩[数値]) 倍となっている。これで、イヤホンが鳴るのである。

イヤホンには $1256\text{kHz}$ の搬送波の信号も送られるが、振動が速すぎてイヤホンは鳴らない。よって、イヤホンからは音声信号のみが聞こえることになる。

$I_C=200\mu\text{A}$ のとき、図4,5,6より  $V_{CE} = (\text{⑨}) \text{V}$  であり、 $I_B = (\text{⑪[数値]}) \mu\text{A}$ 、 $V_{BE} = (\text{⑫[数値]}) \text{V}$  である。よって、抵抗  $R_2$  の両端にかかる電圧は $0.77\text{V}$ であるので  $R_2 = (\text{⑬[数値]}) \text{k}\Omega$  となる。

## G055一石トランジスタラジオ

解説

- ① オームの法則より  $I_y = \frac{V_y}{R_y}$
- ② 図6より、 $V_{BE} = 0.40\text{V}$ のとき、 $V_{CE} = 0.40\text{V}$ である。 $V_{CE} + V_R = 1.50\text{V}$ なので、 $V_R = 1.1$
- ③ オームの法則より  $R_1 = \frac{V_R}{I_y}$
- ④ 電波を受信していないので可変コンデンサーは空であり、電圧は0。よって、Dの電位は 0V
- ⑤  $f = \frac{\omega}{2\pi}$  より  $\omega = 2\pi f$
- ⑥ コイルのリアクタンスなので、 $\omega L$
- ⑦ コンデンサーのリアクタンスなので、 $\frac{1}{\omega C}$
- ⑧ 図5より、 $V_{BE} = 0.40\text{V}$ 以下では電流が流れていないことがわかる。 0.40
- ⑨ 図4より  $I_C = 200\mu\text{A}$ のとき、 $I_B = 1.0\mu\text{A}$ 。 図5より、 $I_B = 1.0\mu\text{A}$ のとき、 $V_{BE} = 0.43\text{V}$ 。図6より  $V_{BE} = 0.43\text{V}$ のとき、 $V_{CE} = 1.2\text{V}$   
これは、図9を見てもわかる。
- ⑩ 0.02Vが0.6Vになっているので、 $\frac{06}{0.02} = 30$ 倍
- ⑪ ⑨より、 $I_B = 1.0\mu\text{A}$
- ⑫ ⑨より  $V_{BE} = 0.43\text{V}$
- ⑬  $V_{CE} = 1.20\text{V}$ 、 $V_{BE} = 0.43\text{V}$ より、 $V_{BC} = 0.77\text{V}$ 、電流  $I_B = 1.0\mu\text{A}$ なので、 $R_2 = \frac{V_{BC}}{I_B} = 770\text{k}\Omega$