





# 小信号トランジスタ2

小信号トランジスタのベース電流・コレクタ電流特性を測定する。

(1) 用意するもの

- 小信号トランジスタ (2SC1815、又は相当品)
- 抵抗 2.2k (Ra) 33k (Rb)、51 (Rc)
- 可変抵抗 1k (VR)
- 3V 直流電源 (電池)
- 電圧計 (V1, V2)

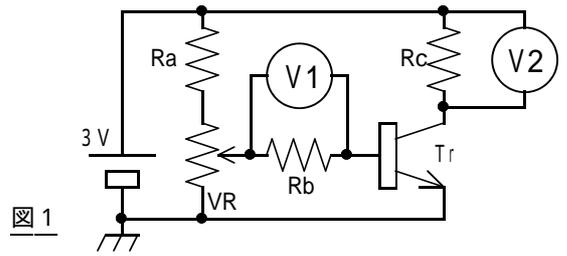


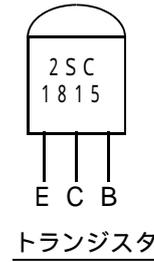
図 1

(2) 回路接続

図 1 のように接続する。  
電圧計が 1 台の場合は、V1 と V2 のようにつなぎかえて測定する。

(3) 測定方法

トランジスタのベース電流は、Rb の両端の電圧を測定して計算により求める。(ベース電流 = 電圧 / Rb)  
トランジスタのコレクタ電流は、Rc の両端の電圧を測定して計算により求める。(コレクタ電流 = 電圧 / Rc)  
VR を調整してベース電流とコレクタ電流を測定し、結果をグラフにする。測定範囲の目安は、ベース電流 0 ~ 0.1 mA、コレクタ電流 0 mA ~ 10 mA とする。



ベース電流 uA	コレクタ電流 mA
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	

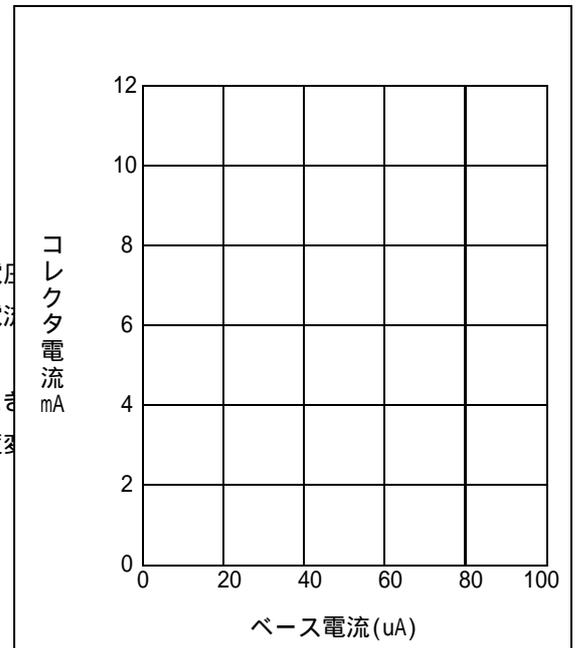
(4) 測定結果を、データブック記載の特性と照らし合わせてみる。

\*ポイント\*

- 電流増幅率
- 電圧計の内部抵抗

注意

ベース電流を測定するために抵抗 Rb に並列に電圧計をつなぐが、電圧計の内部抵抗が低いと、Rb を流れる電流に対して電圧計を流れる電流が無視出来なくなり、測定誤差が大きくなる。たとえば Rb = 33k に対して電圧計の内部抵抗が 100k のとき、電圧計をつないだときとつながないときでは VR の設定が同じでもベース電流は 30% 程度変化してしまう。



説明

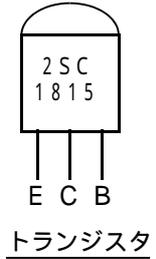
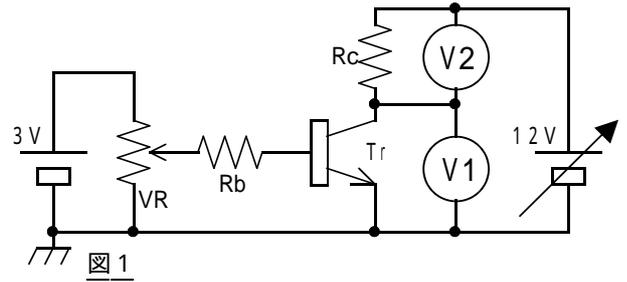
トランジスタは電流増幅素子であり、適当な動作条件 (コレクタ・エミッタ間電圧 > 2V、コレクタ電流 < 最大規格値) のもとでは、コレクタ電流はベース電流にほぼ比例する。その比率を直流電流増幅率 hFE という。(同じように交流電流増幅率というものもあり、こちらは hfe と表記する。)

# 小信号トランジスタ3

小信号トランジスタのコレクタ電流・コレクタ電圧特性を測定する。

(1) 用意するもの

- 小信号トランジスタ (2SC1815、又は相当品)
- 抵抗 33k (Rb)、51 (Rc)
- 可変抵抗 1k (VR)
- 3V 直流電源 (電池)
- 12V 可変直流電源
- 電圧計 (V1, V2)



(2) 回路接続

図1のように接続する。  
電圧計が1台の場合は、V1とV2のようにつなぎかえて測定する。

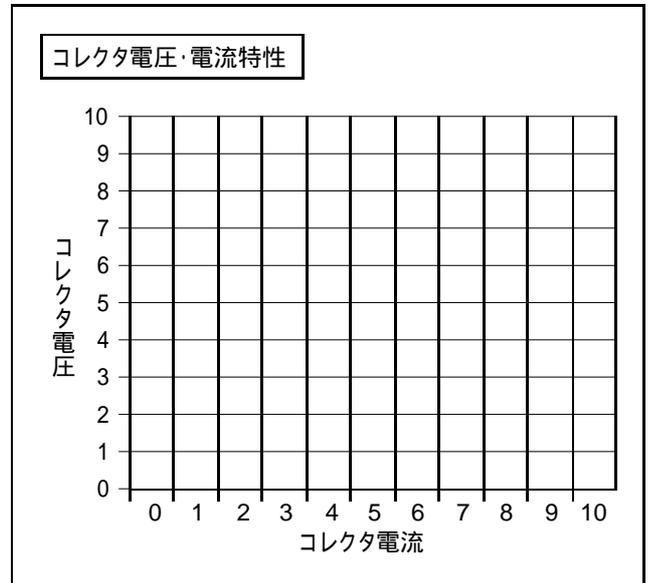
(3) 測定方法

トランジスタのコレクタ電圧は、図1の電圧計V1で測定する。  
トランジスタのコレクタ電流は、Rcの両端の電圧を測定して計算により求める。(コレクタ電流 = 電圧 / Rc)  
ベース電流 = 0.01 mA となるようにVRを調整してからコレクタ電圧を0 ~ 1.0 Vまで変化させたときのコレクタ電流を測定し、結果をグラフにする。  
ベース電流 = 0.03 mA、0.05 mA、0.07 mAについても 同様にコレクタ電圧を0 ~ 1.0 Vまで変化させたときのコレクタ電流を測定し、結果をグラフにする。

(4) 測定結果を、データブック記載の特性と照らし合わせてみる。

コレクタ電流 mA

コレクタ電圧 V	ベース電流 mA			
	0.01	0.03	0.05	0.07
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



\*ポイント\*

- コレクタ特性
- コレクタ出力抵抗
- コレクタ飽和電圧

説明

コレクタ電圧 > 2V の範囲では、コレクタ電流はベース電流によって決まり、コレクタ電圧が変化してもコレクタ電流はほとんど変化しない。この性質のおかげで、コレクタと電源の間に負荷抵抗を入れることにより電圧増幅回路とすることができる。

注意

トランジスタの温度上昇のために測定値が安定しないかもしれない。

# 小信号トランジスタ4

## 小信号トランジスタの増幅作用

### (1) 用意するもの

- 小信号トランジスタ (2SC1815、又は相当品)
- 抵抗 33k ( $R_b$ )、1k ( $R_L$ )
- 可変抵抗 1k ( $V_R$ )
- 3V 直流電源 (電池)
- 10V 直流電源
- 電圧計 ( $V_1$ ,  $V_2$ )

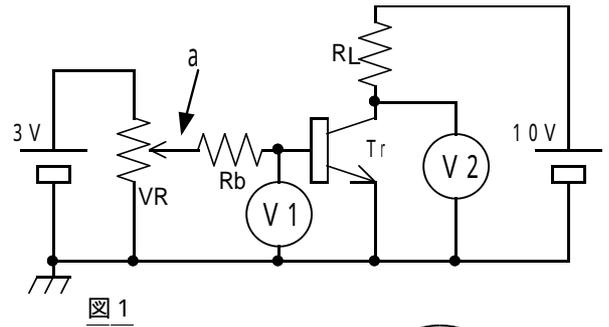


図1

### (2) 回路接続

図1のように接続する。

電圧計が1台の場合は、 $V_1$ と $V_2$ のようにつなぎかえて測定する。

### (3) 測定方法

トランジスタのベース電圧は、図1の電圧計 $V_1$ で測定する。

トランジスタのコレクタ電圧は、図1の電圧計 $V_2$ で測定する。

$V_R$ を調整して、コレクタ電圧を0~10Vの範囲で変化させ、そのときのベース電圧を測定する。

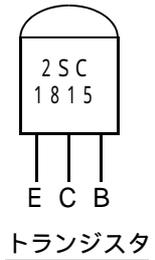
同時に図1のa点の電圧を測定し、ベース電流を計算で求める。またコレクタ電圧の測定値からコレクタ電流を計算で求める。

以上の結果をグラフにする。

### (4) 測定結果を、データブック記載の特性と照らし合わせてみる。

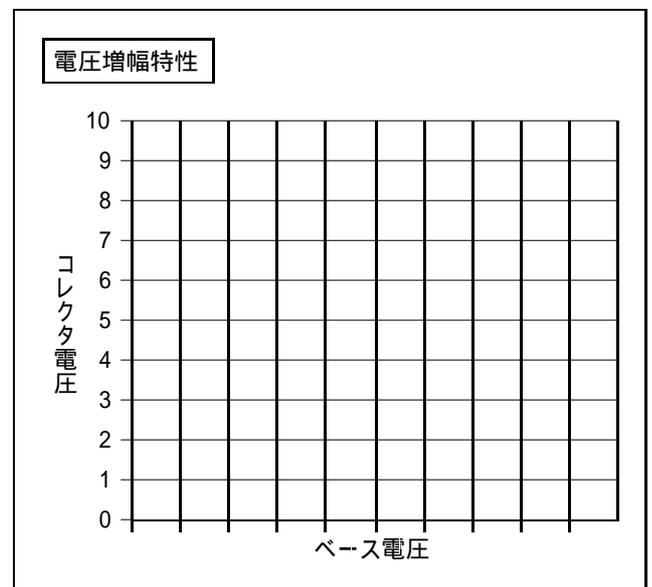
### (5) ベース電流とコレクタ電流の関係はどのようになっているか、以前の実験結果と照らし合わせてみる。

### (6) ベース電圧の変化に対してコレクタ電圧が最も大きく変化するときの変化量の比率を求めてみる。



トランジスタ

ベース電圧 V	コレクタ電圧 V	コレクタ電流 mA	ベース電流 mA
	0		
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		



### \*ポイント\*

電流増幅と電圧増幅

### 説明

ベース電流とコレクタ電流はほぼ比例するが、ベース電圧とベース電流の関係は非線型なダイオード特性となっているために、ベース電圧のわずかな変化でベース電流が大きく変化し、それがコレクタ電流の変化となる。コレクタ電流の変化はコレクタ抵抗によりコレクタ電圧の変化となる。コレクタ電圧の変化がもっとも大きいところでは、a点の電圧変化に比べてもコレクタ電圧の変化の方が大きくなる。

# 小信号トランジスタ5

## 小信号トランジスタのバイアス回路

### (1) 用意するもの

- 小信号トランジスタ (2SC1815、又は相当品)
- 抵抗 100k (R1)、1k (RL)、220 (Re)
- 可変抵抗 100k (VR)
- 10V 直流電源
- 電圧計 (V1, V2)

### (2) 回路接続

図1のように接続する。

電圧計が1台の場合は、V1とV2のようにつなぎかえて測定する。

### (3) 測定方法

トランジスタのベース電圧 (ベースとGNDの間の電圧) は、図1の電圧計V1で測定する。

トランジスタのコレクタ電圧 (コレクタとGNDの間の電圧) は、図1の電圧計V2で測定する。

VRを調整して、コレクタ電圧を0~10Vの範囲で変化させ、そのときのベース電圧を測定する。

コレクタ電圧の測定値からコレクタ電流を計算で求める。

以上の結果をグラフにする。

### (4) 測定結果から、コレクタ電圧が6Vとなるときのベース電圧、エミッタ電圧、コレクタ電流を求めてみる。このときベース電流はいくらか。以前の実験で得たhFEを使って計算してみる。

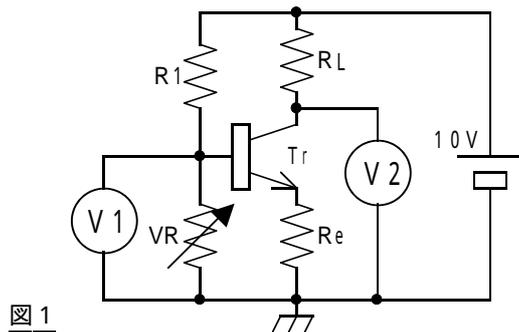
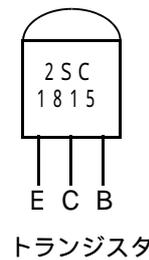
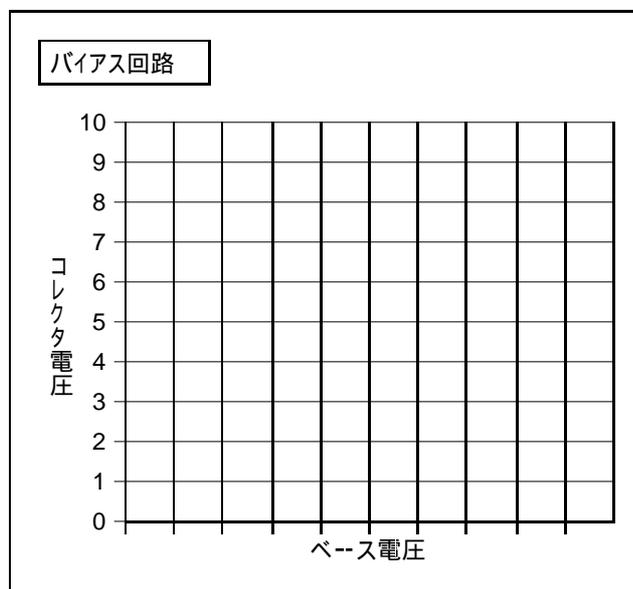


図1



トランジスタ

ベース電圧 V	コレクタ電圧 V	コレクタ電流 mA
	0	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	



\*ポイント\*  
安定性

### 説明

「小信号トランジスタ4」ではベース電圧の変化に対してコレクタ電圧が大きく変化したが、それに比べてこの実験では、ベース電圧の変化に対するコレクタ電圧の変化は小さい。この違いはエミッタ抵抗によって生じている。ベース電圧を上げてベース電流が増えるとコレクタ電流も増えて、これらがエミッタ電流となってエミッタ抵抗を流れるのでエミッタ電圧が上がり、ベース・エミッタ間に加わる電圧を小さくする働きをする。

## 小信号トランジスタ6

### バイアス回路の計算

(1) 図1でベース電流、コレクタ電流、コレクタ電圧を計算で求めてみる。条件は

トランジスタの $h_{FE} = 120$

トランジスタの $V_{BE} = 0.65\text{V}$

$R_1 = 470\text{k}$

$R_2 = 470\text{k}$

$R_L = 1\text{k}$

$R_e = 220$

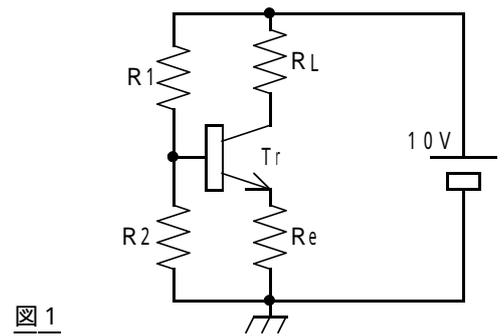


図1

### \*ヒント\*

ベース電流を $i_b$ とすると、コレクタ電流 $i_c$ は、

$$i_c = h_{FE} \times i_b$$

である。またエミッタ電流 $i_e$ は

$$i_e = i_c + i_b = (1 + h_{FE}) \times i_b$$

である。

Trのベース電圧(GNDに対する電圧)に注目して、 $R_1$ 、 $R_2$ と $i_b$ の間の関係を式にあらわして、それを解く。

(2) 図1で、同様にして、次の条件でベース電流、コレクタ電流、コレクタ電圧を計算で求めてみる。

トランジスタの $h_{FE} = 120$

トランジスタの $V_{BE} = 0.65\text{V}$

$R_1 = 220\text{k}$

$R_2 = 100\text{k}$

$R_L = 1\text{k}$

$R_e = 220$

答え(1)

$$i_b = 16.63\text{uA}$$

$$i_c = 1.995\text{mA}$$

$$V_b = 1.093\text{V}$$

$$V_e = 0.443\text{V}$$

$$V_c = 8.005\text{V}$$

答え(2)

$$i_b = 56.77\text{uA}$$

$$i_c = 6.813\text{mA}$$

$$V_b = 2.161\text{V}$$

$$V_e = 1.511\text{V}$$

$$V_c = 3.187\text{V}$$

## 負荷線

例 1 :

図 1 のダイオードに流れる電流とダイオードの電圧を求める。

2 V の電源と 2 k の抵抗 R のみを考えて、流れる電流  $i_d$  と電圧  $V_d$  の関係を式で表すと

$$V_d = 2 - R \times i_d$$

となる。

電流  $i_d = 0$  のとき電圧  $V_d = 2$  V であり、 $i_d = 1$  mA のとき  $V_d = 0$  V であるから、Y 軸 =  $i_d$ 、X 軸 =  $V_d$  とするグラフにこの式を描くと、図 2 の A ようになる。

ダイオードに注目して、 $i_d$  と  $V_d$  をダイオードに流れる電流と電圧と考えると、 $i_d$  と  $V_d$  は「小信号ダイオード」で測定したような関係であり、同じグラフに描くと図 2 の B ようになる。

グラフ上で、A 線と B 線が交わる点の電流値と電圧値は、上の と の関係を両方満たすものであり、よって図 1 の回路の  $i_d$  と  $V_d$  はこの A 線と B 線が交わる点の値となる。

このように、ダイオードの特性曲線に重ねて描いた A 線を負荷線という。

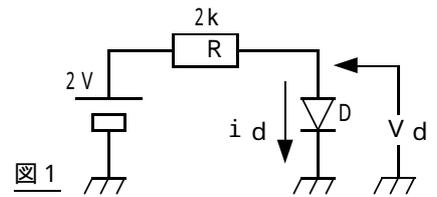
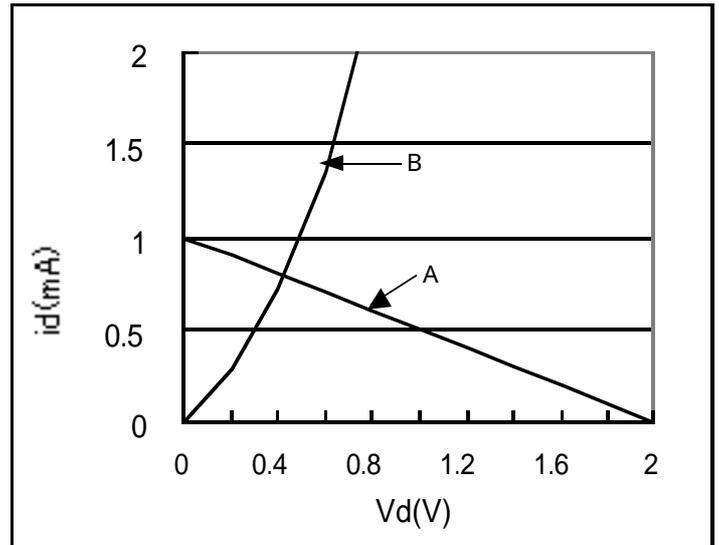


図 2



例 2 :

図 3 のトランジスタのコレクタ特性が図 4 のようになっているとして、10 V の電源から負荷抵抗  $R_L$  を接続したときのコレクタ電圧を求めるには、

電源と  $R_L$  から、コレクタ電流とコレクタ電圧の関係は

$$V_c = 10 - i_c \times R_L$$

であるから、この関係を図 4 のグラフに負荷線として記入する。

トランジスタのベース電流が決まると、それに対応するコレクタ特性の曲線と、の負荷線との交点から、コレクタ電圧、電流を求めることが出来る。

