課題実験レポート

４年情報　ＮＯ．７　長内　数馬

【テーマ】
固定バイアス回路、電圧利得の測定

【目的】
トランジスタについての理解度を深めるため、設計したことのない回路を設計し、動作量を調べ比較する。

【概要】
（1） 固定バイアス回路
図１は固定バイアス回路（fixed bias circuit）といわれる最も簡単な回路である。この回路では、コレクタ電流とベース電流が同一のコレクタ電源から与えられている。$|V_{CC}| >> |V_{BE}|$であるので、ベース電流I_Bは

$$I_B = -(V_{CC} - V_{BE}/R_1) \quad -V_{CC}/R_1$$

で与えられる。また、コレクタ電流I_Cおよびコレクタ電圧V_{CE}は、近似的に

$$I_C \quad \beta(V_{CC} - V_{BE})/R_1$$

$$V_{CE} \quad -V_{CC} + (\beta R_C \ (V_{CC} - V_{BE})/R_1)$$

となる。
この回路は簡単であって電力消費も少ないが、しかし安定度はあまりよくない。そのため、この回路は電圧・電流があまり大きくなく、多少バイアス点が移動しても差し支えないような用途に限られる。

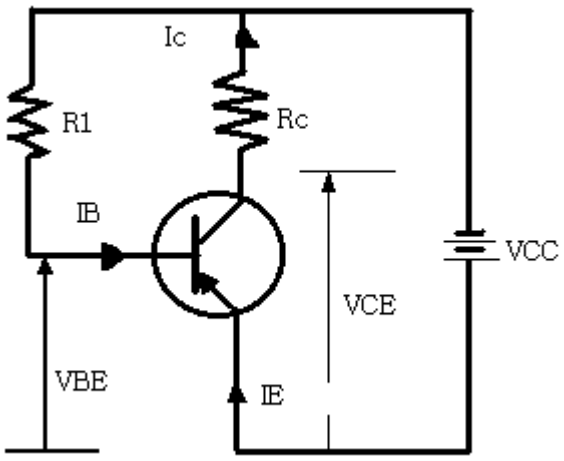


図１

（2） 自己バイアス回路

図2のように、R_1をコレクタとベース間に接続してバイアスを与える回路は、自己バイアス回路（self bias circuit）と呼ばれる。この回路では、Ic が何らかの原因によって増大しようとすると、R_Cにおける電圧降下が増大が増大してV_{CE}が下がり、したがってバイアス電流I_Bが減少してI_Cの増加を抑える。このような作用は、後に述べる負帰還の一種であって、そのためこの回路を電圧帰還バイアス回路とも言う。（voltage feedback bias circuit）ともいう。

自己バイアス回路は固定バイアス回路と同様に回路は簡単であるが、固定バイアス回路よりも安定度、トランジスタのI_Cのふぞろいによる影響などは改善される。しかし、負帰還作用は信号周波数に対しても作用するので、入出力インピーダンスが低下し、また増幅器の利得も減少する。

図2において

$$V_{CC}=(I_B+I_C)R_C+I_BR_1-V_{BE}$$

の関係が成り立つ。一般に$V_{CC}>>V_{BE}$であるので、上の式から

$$I_B \quad (V_{CC}-I_CR_C)/(R_C+R_1)$$

なる近似式が得られる。

この自己バイアス回路は、CR 結合回路のようにR_Cの大きい場合には有効である。しかし、変成器結合のように負荷が変成器で結合された場合には、コレクタ回路の直流抵抗が小さいので、バイアス安定化の効果が少ない。

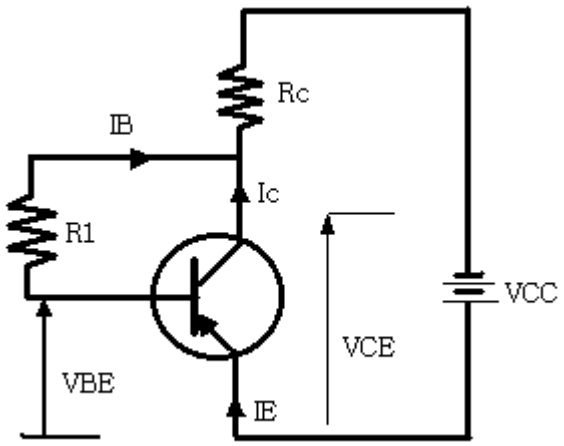


図2

（3） 電流帰還バイアス回路

図３に示すように、エミッタに抵抗R_Eを使用した回路を電流帰還バイアス回路（current feedback bias circuit）という。R_1、R_2を用いて、V_{CC}から適当な電位V_{B0}をベースに与えている。バイアス電流は、この電位とR_Eに生ずる電圧降下V_{E0}とによって決定されるベース・エミッタ間の電圧V_{BE}によって流れる。

$$V_{BE}=V_{B0}-V_{E0}=-(R_2/R_1+R_2)V_{CC}+I_ER_E$$

したがって、I_Cが増加するとR_Eの電圧降下が増大し、これがI_Bを減少するように作用することになる。その結果I_Cの増加が妨げられ、回路は安定化される。R_Eの値が大きいほど安定度がよくなる。このような作用は電流帰還といわれる。この電流帰還は信号電流に対しても作用して利得を減少させるので、通常R_Eに並列に側路コンデンサC_Eを接続する。

図３の回路において、I_CおよびV_{CE}の近似値は次のようになる。

$$I_C \quad ((R_2/R_1+R_2)V_{CC}-V_{BE})1/R_E$$

$$V_{CE} \quad -V_{CC}+((R_2/R_1+R_2)V_{CC}-V_{BE})(R_C+R_E)/R_E$$

この方式は抵抗の数多くなり、回路が複雑となる。その上 R_1、R_2に信号電流の一部が分流して入力抵抗を減少させ、また電力消費も多くなる。しかし、回路の安定度はよくなり、最も多く使われている方式である。

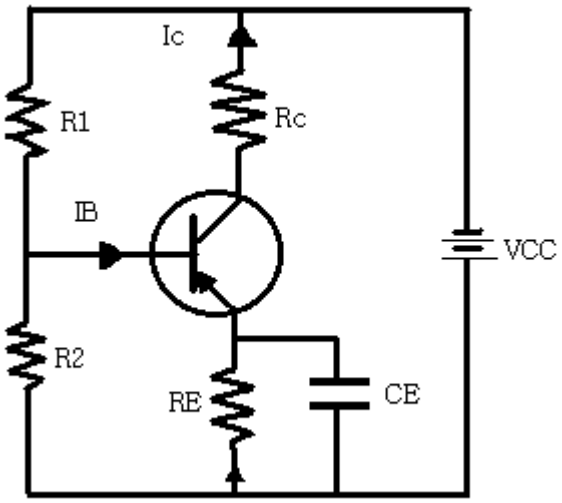


図３

これらの回路の利得は

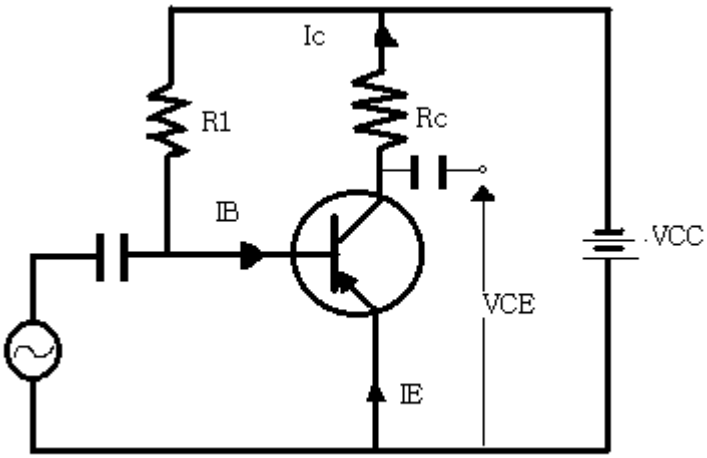
電圧利得　　$A_v=V_B/V_c$

より求められる。

【実験方法】

① トランジスタのそれぞれの特性から抵抗の値を求め回路を設計する。
② 利得を算出する。
③ 抵抗の値を変え、また利得を算出する。
④ 値をグラフにプロットする。
⑤ これを３つの回路について行う。
⑥ 最後にグラフを比較してみる。

まず、下記のような固定バイアス回路の設計しました。



【仕様】

トランジスタ（２ＳＣ１５１８）

R_B= 2 [MΩ]

C= 1 [μF]

V_{CC}= 12 [V]

周波数 1 [KHｚ]

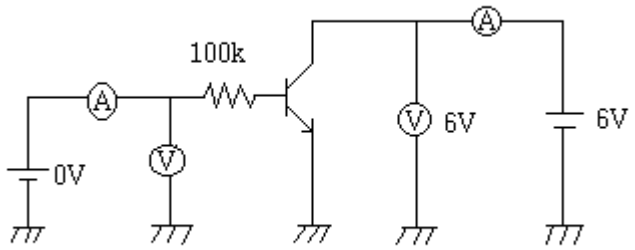
そして、R_Cを変化させながらV_Bと V_cを交流電圧計で測定し、電圧利得を算出した。

抵抗[Ω]	VB[v]	VC[v]	Av	
10	7.9	0.032	0.00405	
100	7.9	0.055	0.00696	

1000	7.9	0.34	0.04304
10000	7.9	0.38	0.04810
100000	7.9	2.08	0.26329
1000000	7.9	4.2	0.53165
10000000	7.9	8.48	1.07342

今回は実験の仕方が頭の中でまとまっていなかったため、うまく実験を進めることができなかった。次の実験ではこういうことのないようにしたい。
次の実験では自己バイアス回路について調べてみようと思う。固定バイアス回路で電圧を測定したとき使う測定器を間違ってしまったので、次はよく考えて使うようにする。(直流電圧計を使ってしまった)

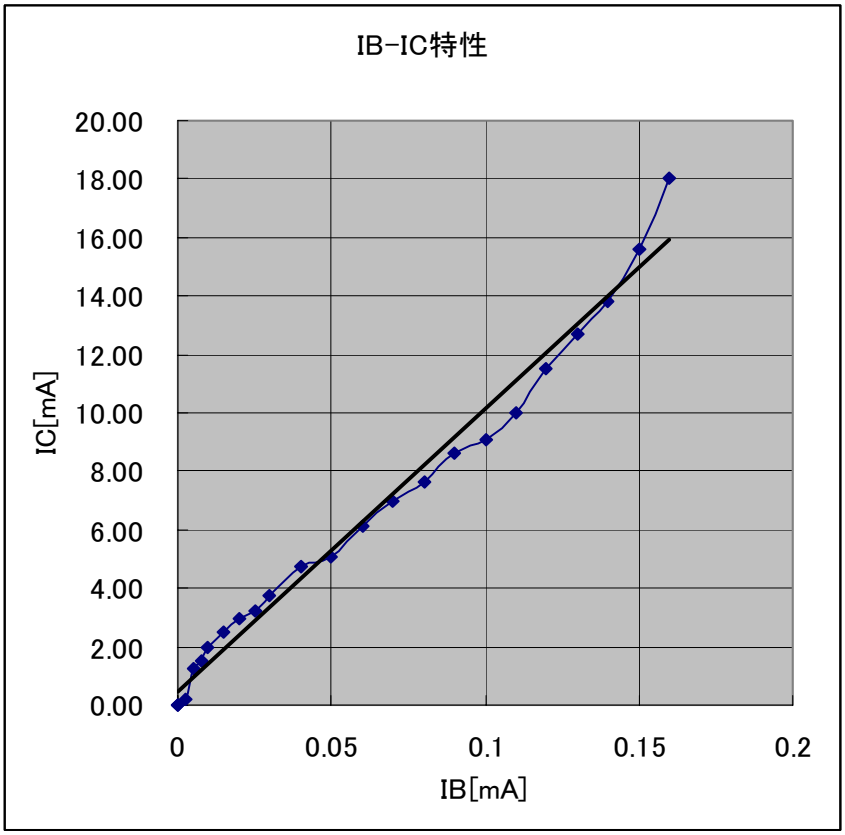
実験を始める前に、
使用するトランジスタの特性を調べるために下図のような回路を設計した。。

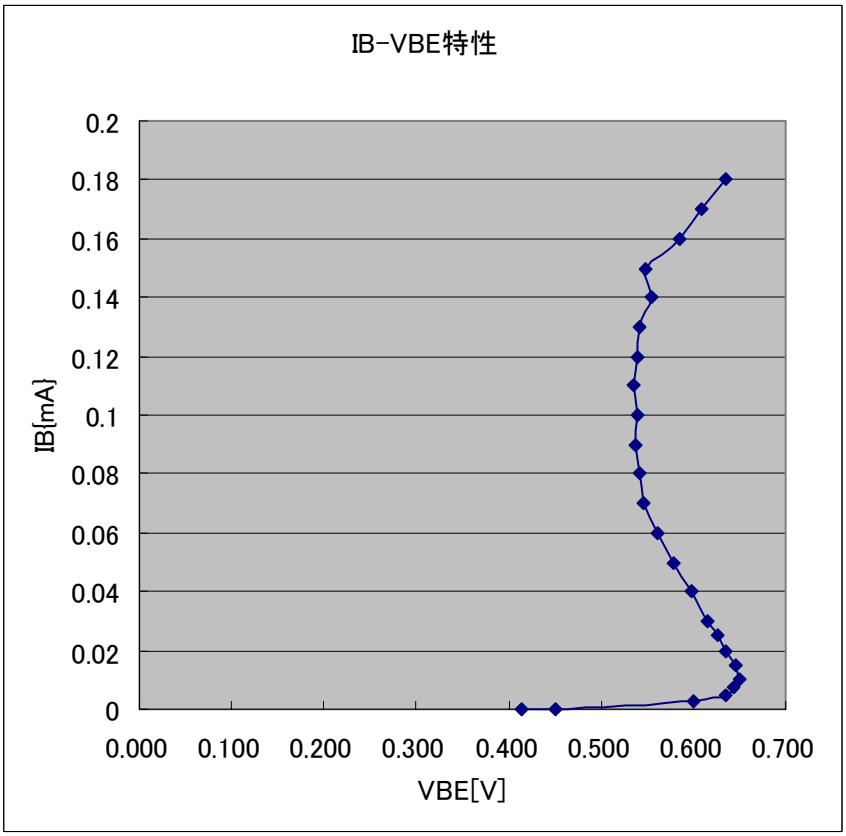


これから得られた結果は、

VBE[v]	IB[mA]	IC[mA]
0.415	0	0.00
0.450	0	0.00
0.600	0.0025	0.23
0.636	0.005	1.27
0.643	0.0075	1.49
0.650	0.01	1.98

0.646	0.015	2.50
0.634	0.02	2.99
0.627	0.025	3.25
0.615	0.03	3.75
0.598	0.04	4.74
0.578	0.05	5.05
0.562	0.06	6.11
0.547	0.07	6.99
0.541	0.08	7.60
0.537	0.09	8.60
0.540	0.1	9.10
0.535	0.11	10.00
0.540	0.12	11.50
0.542	0.13	12.70
0.555	0.14	13.80
0.549	0.15	15.60
0.585	0.16	18.00
0.610	0.17	21.50
0.635	0.18	29.10


IB-IC特性
20.00
18.00
16.00
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
IC[mA]
0
0.05
0.1
0.15
0.2
IB[mA]


IB-VBE特性
0.2
0.18
0.16
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
IB[mA]
0.000
0.100
0.200
0.300
0.400
0.500
0.600
0.700
VBE[V]

【仕様】
トランジスタ（２ＳＣ１５１８）
V=　12　[V]

I_C=　15　[mA]

V_{CE}=1/2V

=6 V

V_{CE}= $R_C I_C$　より

R_C= V_{CE}/ I_C

=6 [V] / 15[mA]
=400[Ω]

I_C- I_B特性より

I_B= 0.16 [mA]

I_B- V_{BE}特性より

V_{BE}=0.585　[V]

V= $R_B I_B$+ V_{BE}

R_B=V―V_{BE} / I_B

=12―0.585/0.16[mA]
=　71.3　[kΩ]

ここまで計算したが、回路を作ってみるとおかしな値になってしまった。そして調べた結果I_C- I_B特性が間違っていることがわかった。今回の課題実験は失敗続きだったが、学ぶことはとても多かったように思います。実験書があるということはとても楽だということが痛いほどわかりました。しかし、失敗しても自分の力でやっているときはとても楽しかったです。時間があればもっといろいろなことをやってみたかったというのが本音です。
高橋先生には迷惑ばっかりかけてとても申し訳ないと思っています。何とか自分の力だけで成し遂げたいと思っていましたが、結局先生の力に頼ってしまいました。多忙な中、私の実験に付き合っていただきありがとうございました。