

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Кафедра Электроники

Лабораторная работа №4

«Статические характеристики биполярных транзисторов»»

Работу выполнили:

Трофимов В.А., Шобей А.В.

Учебная группа №: 2511

Принял: доцент, к.т.н. Рассадина А.А.

Санкт-Петербург,

2014

Теоретические основы

БТ – это полупроводниковый прибор, состоящий из трех областей с двумя взаимодействующими р-п- переходами. В зависимости от чередования областей с разным типом проводимости различают п-р-п- и р-п-р- транзисторы, условные обозначения и структурные схемы которых приведены на рис.4.1,а и 4.1,б, соответственно. Здесь Б – база, К – коллектор, Э – эмиттер – выводы, посредством которых БТ может быть подсоединен к внешней электрической цепи (эти же названия

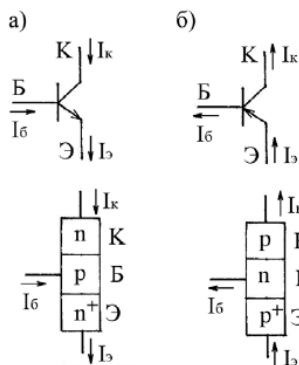


Рис. 4.1. Условные обозначения и структурные схемы биполярных транзисторов:
а – п-р-п- типа, б – р-п-р- типа

имеют и области полупроводниковых структур БТ), I_b – ток базы, I_k – ток коллектора, I_e – ток эмиттера. Стрелки в условных обозначениях БТ показывают, в каком направлении БТ пропускает электрический ток. Эмиттеры БТ (п+- и р+-) предназначены для инжекции, соответственно, электронов и дырок в базовые области (средние слои структур), а коллекторы – для экстракции (вытягивания) этих носителей электрического тока из базы в коллектор. Р-п-переходы, образованные базами и

эмиттерами (п+-р- и р+-п-), называют эмиттерными р-п-переходами, а р-п-переходы, состоящие из коллекторных и базовых областей, коллекторными р-п-переходами.

Возможны следующие режимы работы БТ: 1) режим отсечки, когда оба перехода транзистора смещены в обратном направлении; 2) режим насыщения, когда оба перехода смещены в прямом направлении; 3) активный режим, когда эмиттерный переход смещен в прямом направлении, а коллекторный – в обратном; 4) инверсный активный режим, когда коллекторный переход смещен в прямом направлении, а эмиттерный – в обратном.

В электронных схемах один вывод БТ используется для подачи входного сигнала ($I_{вх}$), другой – для получения выходного сигнала ($I_{вых}$). Третий вывод является общим для входного и выходного сигналов. В зависимости от того, какой именно вывод используется в качестве общего, различают три схемы включения БТ:

- 1) с общим эмиттером (ОЭ),
- 2) с общей базой (ОБ),
- 3) с общим коллектором (ОК).

Важной характеристикой БТ, которую нужно учитывать при разработке

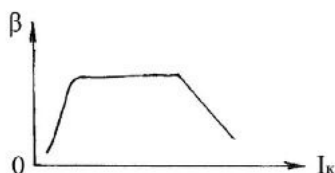


Рис. 4.5. Зависимость коэффициента усиления по току биполярного транзистора от тока коллектора

электронных устройств на основе этих приборов, является зависимость β от I_k , показанная на рис. 4.5. Видно, что при увеличении тока коллектора от нуля до относительно небольших значений коэффициент усиления по току резко

возрастает, а затем в некоторой области токов I_k сохраняется практически неизменным. При дальнейшем увеличении тока коллектора, β монотонно уменьшается. Рост β обусловлен, главным образом, увеличением времени жизни электронов в базе, а его спад – уменьшением коэффициента инжекции эмиттерного n+-p-перехода.

К основным статическим характеристикам БТ относятся входные, передаточные и выходные.

Входная характеристика – зависимость тока базы от напряжения база-эмиттер при неизменном напряжении коллектор-эмиттер. Передаточная характеристика – зависимость тока коллектора от напряжения база-эмиттер при неизменном напряжении коллектор-эмиттер. Выходная характеристика – зависимость тока коллектора от напряжения коллектор-эмиттер при неизменных напряжениях база-эмиттер.

Рассмотрим теперь стационарные режимы работы транзисторного ключа, схема которого приведена на рис. 4.10.

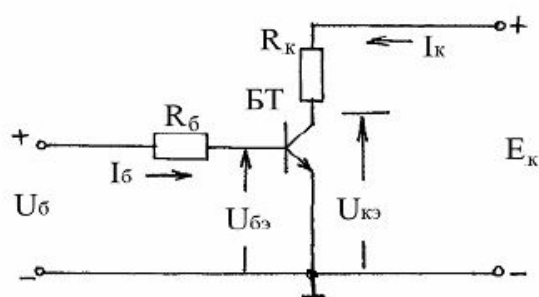


Рис. 4.10. Схема транзисторного ключа

Работу транзисторного ключа в полном объеме отражают его передаточные характеристики: 1) зависимость тока коллектора от тока базы, 2) зависимость тока коллектора от напряжения база-эмиттер, 3) зависимость напряжения коллектор-эмиттер от напряжения база-эмиттер.

Результаты измерений

Коэффициент усиления по току БТ в схеме с ОЭ

$R_6, \text{кОм}$	$U_K, \text{В}$	$U_{63}, \text{В}$	$I_6, \text{мА}$	$I_K, \text{мА}$	β
1000	10	0.67	0.00933	1.331	142.65
500	10	0.692	0.019	3.003	158.05
400	10	0.699	0.023	3.863	167.95
300	10	0.707	0.031	5.305	171.12
250	10	0.713	0.037	6.458	174.54
200	10	0.720	0.046	8.175	177.71
150	10	0.728	0.062	11	177.41
125	10	0.734	0.074	13	175.67
100	10	0.741	0.093	16	172.04
50	10	0.762	0.185	31	167.56
40	10	0.768	0.231	37	160.17
30	10	0.777	0.307	47	153.09
20	10	0.791	0.460	64	139.13
10	10	0.815	0.919	106	115.34
2	10	0.896	4.552	292	64.14
1	10	0.960	9.040	435	48.11

Входные характеристики БТ в схеме с ОЭ

$R_6, \text{кОм}$	$I_6, \text{мА}$	$U_{63}, \text{В}$
50	0.188	0.616
5	1.861	0.694
2	4.626	0.747
1	9.186	0.814

Входные характеристики испытуемых транзисторов:

1) $U_{K3}=10\text{В}$

$I_6, \text{мА}$	$U_{63}, \text{мВ}$
0.048	721.6
1.1	822.4
6.3	922.5

2) $U_{K3}=0\text{В}$

$I_6, \text{мА}$	$U_{63}, \text{мВ}$
0.136	607.3
1.4	681.9
6.2	722.4

Передаточные характеристики БТ в схеме с ОЭ

I_0 , мА	U_{03} , мВ
60.3	640
807.3	3000
861.7	4900

Выходные характеристики БТ в схеме с ОЭ

$R_0=100 \text{ кОм}$ $I_0=0.1 \text{ мА}$	$E_K=U_{K3}$, В	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	1	2	5
	I_K , мА	0.289	2.228	7.32	12	14	14	15	15	15
$R_0=50 \text{ кОм}$		0.556	4.112	13	22	27	27	27	28	29
$R_0=25 \text{ кОм}$		1.083	7.115	20	35	47	48	48	49	51

Осциллографический метод

1) $R_0=100 \text{ кОм}$

I , мА	U , мВ
0.951	75.3
6.4	141
14.4	285.7

2) $R_0=50 \text{ кОм}$

I , мА	U , мВ
15.1	162
26.7	269.7

3) $R_0=10 \text{ кОм}$

I , мА	U , мВ
1	36.8
24.5	132.4
52.9	197.5

Передаточные характеристики транзисторного ключа

R_6 , кОм	I_6 , мА	I_k , мА	U_{63} , В	U_k , В
1000	0.0933	1.32	0.67	9.34
500	0.019	2.949	0.692	8.526
200	0.046	7.789	0.72	6.105
100	0.093	15	0.741	2.552
80	0.116	18	0.747	0.999
75	0.123	19	0.749	0.509
50	0.185	20	0.751	0.186
25	0.37	20	0.754	0.149
2	4.597	20	0.805	0.083

Передаточная характеристика $U_{k3} = f(U_{63})$

U_6 , В	U_{k3} , мВ
632.9	9.8
724.3	5.5
756.7	0.131

Передаточная характеристика $I_k = f(U_{63})$

I_k , мВ	U_6 , мВ
0.105	604.2
9.6	726.3
19.8	791.2

Вывод

В ходе эксперимента при помощи осциллографа были получены статические характеристики биполярного транзистора. Эти данные соответствуют теоретическим представлениям о биполярных транзисторах, если принять во внимание небольшие погрешности, связанные с влиянием физической среды на протекающие в ней процессы. Таким образом, можно утверждать об эффективности применения теоретических представлений на практике.