

电 视 晶 体 管 电 路

〔日〕电视学会 编

刘 友 学 译

國防工業出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了黑白电视、彩色电视、磁带录象等电视领域内的各种晶体管电路。内容包括: 晶体管电路基础、音频放大、视频放大、振荡、调制、解调、脉冲、偏转、图像转换、伺服放大、发射、接收以及电源等晶体管电路。

本书讨论了各种电视晶体管电路的工作原理, 各元件参数的选择和设计方法, 以及实际使用电路的举例。每章之后列有参考资料目录。本书可供电视工业有关工人和技术人员阅读, 也可供大专无线电专业工农兵学员参考。

テレビ技術のための
ラジオ回路
トランジスタ回路
テレビジョン学会
ホーム社、1969

电视晶体管电路

〔日〕电视学会 编

刘 友 学 译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 $1/32$ 印张 10 $5/16$ 264 千字

1976年6月第一版 1976年6月第一次印刷 印数:000,001—242,000 册

统一书号: 15034·1492 定价: 1.05 元

译 者 序

为了配合我国电子工业发展的需要,我们遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导,翻译出版了《电视晶体管电路》一书,供广大读者参考。

《电视晶体管电路》一书是日本电视学会组织各方面有关专业技术人员编写的,后经整理修改,重新以单行本出版。本书首先对电视技术领域内遇到的晶体管基本知识作了扼要的讲解,列举了各种晶体管电路的特性,然后对电视领域内的各大方面的电路,例如音频放大、视频放大、振荡、调制、解调、脉冲、偏转、图象转换、伺服放大、发射、接收和电源等电路分章进行叙述。每章重点叙述一些比较关键性的电路,作一些比较深入的分析,引用了有关技术资料的结论来解释和推导,列举了许多经验数据和许多有意义的图表曲线。本书有些内容是相当深入的,也比较切合实际,所以这本书的使用对象是供电视、无线电部门有一定基础的工人、工程技术人员和大专无线电专业学生和教师参考用的。

我们在翻译过程中,遵照伟大领袖毛主席关于“对于外国文化……应当以中国人民的实际需要为基础,批判地吸收外国文化”的伟大教导,对原书中一些不必要部分和差错做了删节和修改。同时希望读者在阅读和参考本书时,要以批判的眼光加以鉴别,接受其中合理的和适用的东西。

由于译者水平不高,经验有限,本书一定还会有错误和不妥之处,热切地希望读者批评指正。

在本书的译校过程中,得到浙江电视台、国营天津无线电厂电视设计科很大帮助,他们提出了很多宝贵意见,在此表示深切的谢意。

目 录

第一章 晶体管电路基础	13
1.1 晶体管的静态特性	13
1. 共基极输入特性	13
2. 共基极反向电压特性	14
3. 共基极输出特性	14
4. 共基极正向电流特性	14
5. 共发射极输入特性	15
6. 共发射极反向电压特性	15
7. 共发射极输出特性	16
8. 共发射极正向电流特性	17
9. 共集电极连接的特性	17
10. 温度的影响	18
1.2 晶体管放大电路的基本类型	19
1. 共基极电路	19
2. 共发射极电路	20
3. 共集电极电路(发射极输出器)	22
1.3 偏置电路与稳定性	23
1.4 负反馈放大器	25
1.5 差动放大器	33
参考资料	35
第二章 音频放大电路	36
2.1 小信号放大电路	36
1. 偏置电路和稳定性	36
2. 高输入阻抗电路	37
3. 两级直接耦合放大电路	38
4. 噪声	39
2.2 小信号放大电路的实例	40

1. 平衡前置放大器	40
2. 音调调整电路	41
3. 高输入阻抗前置放大器	43
2.3 功率放大电路	44
1. 单端推挽无输出变压器电路设计的基本事项	44
2. 交叉失真	46
3. 热阻和散热器	46
4. 输入变压器耦合的单端推挽无输出变压器电路及其实例	47
5. 互补型单端推挽无输出变压器电路及其实际电路	49
2.4 保护电路	54
参考资料	55
第三章 视频放大电路	56
3.1 前置放大电路	56
1. 晶体管视频放大器的频率特性	56
2. 场效应晶体管放大器	62
3. 前置放大器的噪声特性	66
4. 超正析象管摄象机用前置放大器	70
5. 光导摄象管用前置放大器	70
3.2 中继放大电路	73
1. 中继放大电路举例	73
2. 基本电路	78
3.3 视频信号输出放大电路	92
1. 晶体管视频放大器的等效电路	93
2. 输出放大电路的设计	97
3. 输出放大器的种类	100
4. 视频输出放大电路的实用电路举例	101
参考资料	106
第四章 振荡、调制及解调电路	109
4.1 振荡电路	109
1. RC 型振荡器	109
2. 负阻振荡器	111
3. 反馈型振荡器	112
4.2 调制电路	115

1. 振幅调制电路	115
2. 频率调制电路	118
4.3 解调电路	121
1. 振幅调制的检波电路	121
2. 鉴频器	122
4.4 彩色电视信号编码器和译码器	122
1. 彩色电视信号编码器	122
2. 译码器	124
4.5 磁带录象机(VTR)中的调制与解调电路	126
1. 直接调制方法	126
2. 外差式调制器	127
3. 限幅电路	129
4. 鉴频器	130
参考资料	133
第五章 脉冲电路	134
5.1 晶体管的开关工作	134
5.2 晶体管的脉冲响应	136
5.3 脉冲电路的实例	141
1. 单稳态多谐振荡器	141
2. 间歇振荡器	142
5.4 逻辑电路和集成电路	143
1. 半导体集成电路和逻辑电路	144
2. 半导体集成电路的延迟时间和抗扰度	145
3. 半导体集成电路的应用	147
5.5 隧道二极管开关电路	147
参考资料	149
第六章 偏转电路	150
6.1 水平偏转电路	150
1. 水平偏转电路的工作原理	150
2. 晶体管水平偏转输出与功率损耗	153
3. 门控制开关水平偏转输出	159
4. 水平激励电路	161

5. 水平振荡电路	163
6. 水平同步自动频率控制(AFC)电路	164
7. 同步分离电路	167
8. 高压形成电路及附属电路	168
6.2 垂直偏转电路	170
1. 垂直偏转电路的基本工作原理	170
2. 垂直偏转电路和直线性	173
3. 垂直振荡和锯齿波产生电路	174
6.3 晶体管偏转电路实例	175
1. 黑白大偏转角电视机	175
2. 彩色电视机的晶体管偏转电路	177
参考资料	179
第七章 图象转换电路	180
7.1 视频转换开关	180
1. 二极管电桥	180
2. 可控双稳态电路	181
3. 其它电路	182
4. 同步信号的转换	184
7.2 磁带录象机的高频转换开关	185
1. 低频带型磁带录象机	185
2. 高频带型磁带录象机	186
7.3 “特种效应”放大器	187
1. “特种效应”放大器概要	187
2. 开关电路	188
7.4 混合放大器	190
1. 混合放大器的概要	190
2. 用二极管控制增益	191
参考资料	192
第八章 伺服放大电路	193
8.1 基本电路	193
1. 伺服机构的基本形式	193
2. 放大电路和传感器、执行机构	196
3. 直流伺服放大电路	198

4. 晶体管斩波电路	201
5. 交流伺服放大电路	202
6. 相位控制的伺服放大电路	205
8.2 实用电路	206
1. 电视摄象机镜头伺服电路	206
2. 电视摄象机云台伺服电路	207
3. 磁带录象机磁鼓伺服电路	208
4. 摄象管的温度控制电路	211
参考资料	213
第九章 发射电路	215
9.1 高频放大器	215
1. 调谐放大器	215
2. 变压器耦合宽频带放大器	221
9.2 高频功率放大器	224
1. 甲类功率放大器	225
2. 乙、丙类功率放大器	226
9.3 根据 S 参量进行设计	232
1. S 参量的定义	233
2. S 参量和其它参量的关系	234
3. 功率增益	234
9.4 倍频器	237
1. 变容二极管倍频器	237
2. 晶体管倍频器	242
9.5 频率变换器	243
1. 晶体管混频器	244
2. 变容二极管的向上变频器	244
9.6 石英晶体振荡器	249
参考资料	250
第十章 接收电路	252
10.1 接收电路的概要	253
1. 接收电路的特点	253
2. 接收电路最近的一般趋向	255

10.2	调谐器	256
1.	甚高频调谐器	257
2.	特高频调谐器	264
3.	晶体管高频放大的极限	265
10.3	中频电路	267
1.	频带特性	268
2.	单向化	271
10.4	自动增益控制电路	274
1.	自动增益控制系统的静态和动态性能	274
10.5	彩色电视用的接收电路	276
1.	彩色载波信号的解调以及色度信号与亮度信号的混合方法	276
10.6	集成电路化的趋势	283
	参考资料	287
第十一章 电源电路		289
11.1	稳定电源电路	289
1.	稳定电源电路的基础	289
2.	稳定电源电路的静态特性	292
3.	稳定电源电路的稳定系数和动态特性	295
4.	稳定电源电路性能的提高	297
5.	稳定电源的保护电路	298
6.	稳定电源电路设计举例	298
7.	其它稳定电源电路	305
11.2	直流变换电路	307
1.	变换器的种类	308
2.	自激式推挽变换电路	309
3.	他激式推挽变换电路	314
4.	自激式推挽变换电路设计举例	314
11.3	可控硅电路	316
1.	可控硅的概要	317
2.	点火特性	318
3.	点火电路	320
4.	断开特性和断开方式	321
5.	串-并联工作	322
6.	应用电路	324
7.	可控硅的保护电路	326
	参考资料	327

晶体管符号表

符 号	说 明
f_{α}	截止频率(电流放大系数比低频值下降 3 分贝时的频率)
$f_{\alpha b}$	共基极截止频率(电流放大系数下降到 3 分贝时的频率)
$f_{\alpha e}$	共发射极截止频率(电流放大系数下降到 3 分贝时的频率)
f_T	特征频率,即共发射极时 $ h_{fe} =1$ 时的频率
g_m	混接 π 型等效电路的互导
G_i	电流增益
G_p	小信号功率增益
G_v	电压增益
G_{PB}	共基极电路大信号平均功率增益
G_{PE}	共发射极电路大信号平均功率增益
$h_{fb}(=\alpha)$	共基极电路小信号电流放大系数(输出端短路)
$h_{fe}(=\beta)$	共发射极电路小信号电流放大系数(输出端短路)
h_{ib}	共基极小信号输入阻抗(输出端短路)
h_{ie}	共发射极小信号输入阻抗(输出端短路)
h_{rb}	共基极小信号反向电压放大系数(输入端开路)
h_{re}	共发射极小信号反向电压放大系数(输入端开路)
h_{cb}	共基极小信号输出电导(输入端开路)
h_{oe}	共发射极小信号输出电导(输入端开路)
h_{FB}	共基极直流电流放大系数(输出端短路)
h_{FE}	共发射极直流电流放大系数(输出端短路)
h_{OB}	共基极直流输出电导(输入端开路)
h_{OE}	共发射极直流输出电导(输入端开路)
i_b	基极电流
i_c	集电极电流
i_e	发射极电流
I_B	基极直流电流

(续表)

符 号	说 明
I_O	集电极直流电流
I_E	发射极直流电流
I_O	平均整流电流
$I_{CEO}(=I_{CO})$	集电极截止电流(发射极开路)
I_{CBO}	集电极截止电流(基极开路)
$I_{EBO}(=I_{EO})$	发射极截止电流(集电极开路)
P_C	集电极损耗
r_b	基极内阻, T 形等效电路的基极电阻
r_c	集电极内阻
r_e	发射极内阻, T 形等效电路的发射极电阻
$r_{bb'}$	基极扩散电阻, 混合 π 形等效电路 bb' 间的电阻
$r_{O(sat)}$	大信号集电极饱和电阻
R_B	基极外接电阻
R_O	集电极外接电阻
R_E	发射极外接电阻
R_L	负载电阻
$R_{th}(=\theta)$	热阻
T_a	环境温度
T_O	管壳温度
T_j	结温度
v_{be}	基极-发射极间电压
v_{ob}	集电极-基极间电压
v_{ce}	集电极-发射极间电压
V_{BB}	基极供电电压
V_{BE}	基极-发射极间直流电压
$V_{BE(sat)}$	基极饱和电压
V_{OB}	集电极-基极间直流电压
V_{CO}	集电极供电电压
V_{CE}	集电极-发射极间直流电压
$V_{CE(sat)}$	集电极饱和电压

(续表)

符 号	说 明
V_{EB}	发射极-基极间直流电压
V_{EC}	发射极-集电极间直流电压
V_{CBO}	集电极-基极间电压(发射极开路)
V_{CEO}	集电极-发射极间电压(基极开路)
V_{CES}	集电极-发射极间电压(基极-发射极间短路)
V_{CEX}	集电极-发射极间电压(基极-发射极连接指定的电路)
V_{EBO}	发射极-基极间电压(集电极开路)

第一章 晶体管电路基础

若将作为放大元件的电子管和晶体管加以比较,即可看出:晶体管虽然存在着输入阻抗低,输入、输出间互有影响,工作点随温度的变化大等缺点,但是晶体管具有消耗功率小,没有灯丝,可以方便地采用多种接地形式,也可以将 PNP 管和 NPN 管组成各种有用的电路等等重大的优点。本章主要阐述晶体管的基本静态特性,各种形式接地电路的特性,偏置电路与稳定性的关系,负反馈放大器和差动放大器等。

1.1 晶体管的静态特性

若知道晶体管的输入、输出电流、电压间的静态特性间的关系,就可以方便地知道在动态条件下的各种电流、电压间的相互作用关系。下面就以输出电压作为参量来表示输入电压、电流间关系的输入特性,以输入电流作为参量来表示输入、输出电压间关系的反向电压特性,以输入电流作为参量来表示输出电流、电压间关系的输出特性,以及以输出电压作为参量来表示输入、输出电流间关系的正向电流特性等四种特性进行说明。

1. 共基极输入特性

将 PNP 晶体管作共基极使用时的各部分电压和电流如图 1.1 所示。在这种情况下,发射极电流 I_E 是输入电流,发射极-基极电压 V_{BE} 是输入电压,集电极电流 I_C 是输出电流,而集电极-基极电压 V_{CB} 是输出电压。

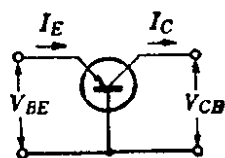


图 1.1 共基极电路

输入特性如图 1.2 所示。在图 1.2 中,最上一根曲线是集电极开路时的情况,第二根曲线是集电极-基极短路时的情况,第三

根曲线是集电极-基极间加有 6 伏电压时的情况, 最下一根曲线是加有 12 伏电压时的情况。

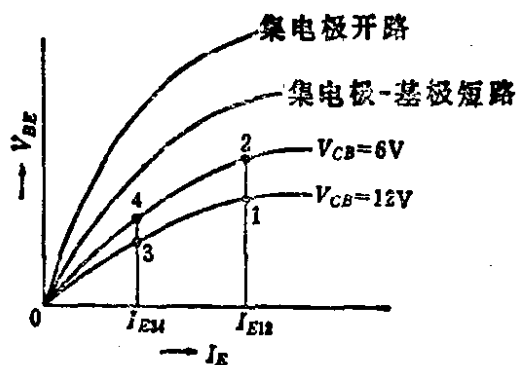


图 1.2 共基极输入特性

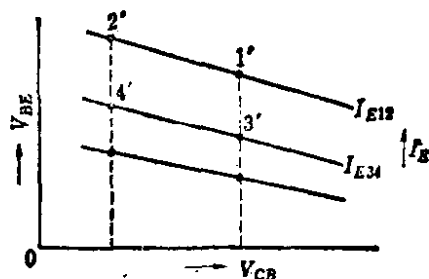


图 1.3 共基极反向电压特性

2. 共基极反向电压特性

共基极反向电压特性如图 1.3 所示, 它是以发射极电流 I_E 作为参量, 表示 V_{BE} 与 V_{CB} 间的关系。很清楚, 若 I_E 固定时, V_{BE} 仅受 V_{CB} 的影响。此图是由图 1.2 曲线上的 1、2、3、4 点与图 1.3 曲线上的 1'、2'、3'、4' 点一一对应地描绘出来的。

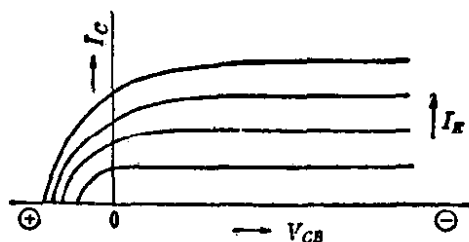


图 1.4 共基极输出特性

3. 共基极输出特性

共基极输出特性是以 I_E 为参量, 表示 I_C 与 V_{CB} 间的关系, 如图 1.4 所示。当 I_E 为零时, I_C 即为 I_{CBO} , 通常 I_C 可用下式表示。

$$I_C = h_{FB} I_E + I_{CBO} \quad (1.1)$$

式中 h_{FB} ——共基极的电流放大系数;

I_{CBO} ——随温度的升高而增大。

V_{CB} 零轴的左侧, 曲线与正向偏压二极管的电流电压特性相似, V_{CB} 在某一正值时, I_C 为零。对于 PNP 晶体管来说, 因为 I_E 是空穴电流, 故加上正电压时, 就没有电流通过。

4. 共基极正向电流特性

共基极正向电流特性是表示 I_C 与 I_B 间的关系, V_{CB} 高和 V_{CB} 低时的特性稍有不同, 对于相同的 I_B , 在 V_{CB} 比正常工作状

态高时, 由于载流子倍增, I_C 稍微增大一些, 但没有多大影响, 在普通运用状态附近的特性如图 1.5 所示。

当 I_B 为零时的 I_C 即为 I_{CBO} , 其特性曲线是一根直线, 它的斜率是 I_C 与 I_B 之比, 为 h_{FB} 。当 V_{CB} 比标准运用状态高时, h_{FB} 就自然地增大。

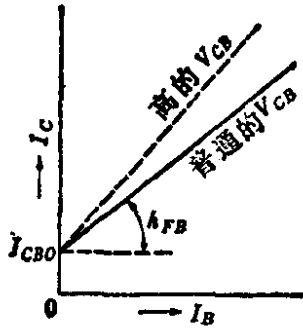


图 1.5 共基极正向电流特性

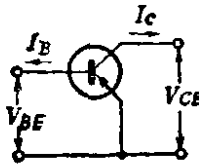


图 1.6 共发射极电路

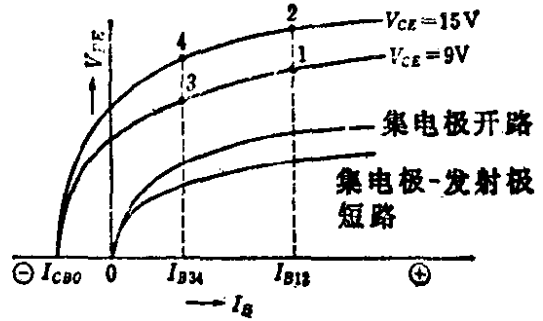


图 1.7 共发射极输入特性

5. 共发射极输入特性

共发射极的电压、电流的表示方法如图 1.6 所示。图中输入电流是基极电流 I_B , 输入电压是基极-发射极间的电压 V_{BE} 。所以, 共发射极的输入特性如图 1.7 所示, 它是以 V_{CE} 为参量, 表示 I_B 与 V_{BE} 间的关系。集电极开路时的输入特性与共基极时的集电极开路的输入特性相同, 将集电极和发射极短路时, 相当于集电极上加上正向的偏压, 所以, 曲线比集电极开路时的曲线稍微向下移一些。

一当加上 V_{CE} , I_{CBO} 便流过集电结。而且, 即使不加输入电压, 仍有 I_{CBO} 流过, 但它与一般的基极电流的方向相反, 在图 1.7 中是用负电流表示。所以, 对应于不同 V_{CE} 值的输入特性曲线将从原点左方的 I_{CBO} 开始。

其次, 对应于相同的 V_{BE} 值, I_B 随着 V_{CE} 的升高而减小。

6. 共发射极反向电压特性

以 I_B 作参量, 表示 V_{BE} 与 V_{CE} 间的关系的特性叫做共发射

极反向电压特性,如图 1.8 所示。这簇特性曲线可从图 1.7 绘出,图 1.7 的 1、2、3、4 分别与图 1.8 的 1'、2'、3'、4' 一一对应。

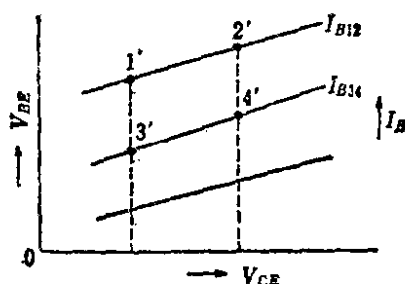


图 1.8 共发射极反向电压特性

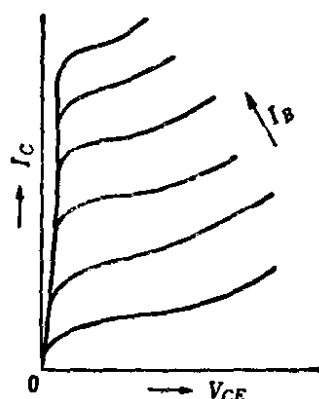


图 1.9 共发射极输出特性

7. 共发射极输出特性

共发射极输出特性如图 1.9 所示。它是以 I_B 作参量,表示 I_C 与 V_{CE} 的关系,是一种用得最多的曲线。

在这种特性中,输入电压 V_{BE} 即使为零时, I_C 也不为零。而 I_C 的最小值是共发射极的穿透电流 I_{CEO} ,它在基极开路时最大,在发射极-基极反向偏置时最小,从而给出:

$$I_{CEO} = (1 + h_{FE}) I_{CBO}$$

图 1.9 的曲线向上弯曲的地方,就是表示在击穿电压附近引起了载流子的倍增,所以,晶体管的最大允许工作电压应远小于击穿电压。

集电极电流电平比较高的地方,曲线间的间隔变小,实际上这是由电流增益 h_{FE} 的减小所引起的。在基极中分布的多数载流子

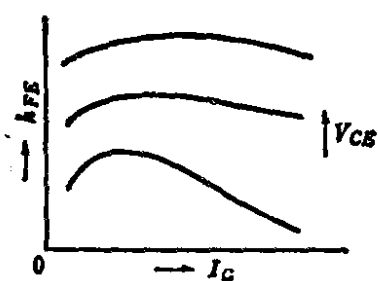


图 1.10 I_C - h_{FE} 特性

比热平衡时的数值多时,由于形成一易使少数载流子到达集电结的电场,所以在电流比较小的场合,由于这种电场的影响使 h_{FE} 增大;在电流比较大的场合,由于从基极向发射极注入量增加,所以这种电场的作用就不明显。但当 V_{CE} 升高时, h_{FE} 还是有增大的趋势。因此,它的特性如图 1.10 所示。

为了得到任意值 I_C 所需的集电极最低电压值, 因为在晶体管的内阻上有电压降, 所以集电极电压的最低值必须比内部压升高。此时, 集电极电压的最低值称为饱和电压, 与此电压相对应的电阻称为饱和电阻, 对硅生长扩散型晶体管来说约为 200 欧, 而对合金型或平面型外延管来说小于 20 欧。

8. 共发射极正向电流特性

共发射极正向电流特性是以 V_{CE} 作参量, 表示 I_C 与 I_B 间的关系。它可以从输出特性绘出图 1.11。因当集电极电流大时, h_{FE} 减小, 所以在图 1.11 中, 当电流比较大时, 曲线稍微向下弯曲, 这是容易理解的。而且随着集电极电压的增加, 各条曲线均向左上方移动, 这就表明, 由于载流子倍增, 使 h_{FE} 增大。此外, 即使 I_B 为零时, 集电极电流 I_C 也不为零。而是 I_{CEO} , 这个数值相当于供给基极的载流子等于 I_{CBO} 时集电极电流的最小值, 此时发射极电流为零。因为发射极不向集电极传送载流子, 所以集电极电流为最小值, 即为 I_{CBO} 。其次, 随着电压的增大, I_{CBO} 值也增大。所以在原点附近, 各条曲线并不汇集在一点上, 但是, 对应于不同电压值的各条曲线的 I_{CBO} 值比较接近。

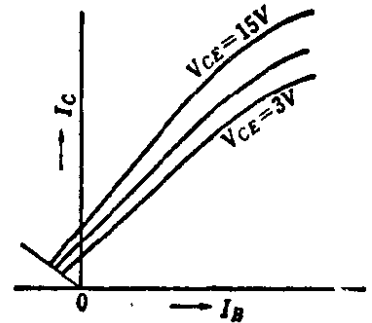


图 1.11 共发射极正向电流特性

9. 共集电极连接的特性

图 1.12 是共集电极连接图。集电极-基极结应采用反向偏置, 发射极-基极结应采用正向偏置。图中所示的是用 PNP 晶体管, 对公共点来说, 发射极应该比基极更正, 换句话说, 基极-集电极电压应该比发射极-集电极电压低。

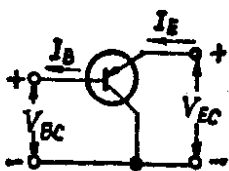


图 1.12 共集电极电路

以 V_{EC} 为参量, 表示 V_{BC} 与 I_B 间关系的输入特性如图 1.13 所示。 V_{EC} 为一定时, 基极电流随着 V_{BC} 减小而增加。而 V_{BC} 为一定时, I_B 随着 V_{EC} 增加而增加。这样一来,