

电工电子技术

(第3版)

刘蕴陶 主编

高等教育出版社

目录

第一部分 电路基础

第一章 基尔霍夫定律及电路的分析

方法	1
1-1 电路模型	1
1-2 电流和电压的参考方向	4
1-3 电阻元件	9
1-4 电压源和电流源	12
1-5 基尔霍夫定律	15
1-6 关于电路的实际使用 知识	20
1-7 电阻串联、并联与混联电路 的等效变换	24
1-8 支路电流法	30
1-9 叠加定理	32
1-10 戴维宁定理	35
1-11 电路中各点电位的计算	39

1-12 电容的充电与放电	41
---------------------	----

习题一	48
-----------	----

第二章 正弦交流电路

2-1 正弦交流电量的特征	54
2-2 正弦电量的相量表示法	60
2-3 单一参数的正弦交流 电路	65
2-4 正弦交流电路的分析与 计算	77
2-5 交流电路的应用举例	87
2-6 交流电路中的谐振	90
2-7 非正弦周期电流电路 简介	94
2-8 三相交流电路	96
习题二	106

第二部分 电机与控制

第三章 磁路与变压器

3-1 磁性材料的磁性质	110
3-2 磁路和磁路的欧姆定律	113
3-3 交流铁心线圈电路	115
3-4 变压器的工作原理	118
3-5 变压器的额定值	123
3-6 特殊用途的变压器	126

习题三	128
-----------	-----

第四章 常用电动机

4-1 三相异步电动机的转动 原理	130
4-2 三相异步电动机的构造	135
4-3 三相异步电动机的电磁转矩 与机械特性	137

4-4 三相异步电动机的铭牌数据	143	5-2 接触器及其控制电路	163
4-5 三相异步电动机的起动、反转和制动	146	5-3 时间继电器和延时控制 ...	170
4-6 三相异步电动机的调速 ...	149	5-4 行程开关与行程控制	174
4-7 单相异步电动机	151	5-5 三相异步电动机的保护 ...	176
4-8 交流伺服电动机	154	5-6 阅读继电-接触器控制电路图的方法	179
4-9 步进电动机	156	5-7 可编程控制器的组成和工作原理	182
习题四	159	5-8 PLC 的指令系统和程序设计基础	186
第五章 异步电动机的控制	161	习题五	193
5-1 手动电器	161		

第三部分 电子技术

第六章 常用半导体器件	198	8-3 放大电路中的负反馈	262
6-1 PN 结的单向导电特性 ...	198	8-4 集成运放在信号运算方面的应用	266
6-2 半导体二极管	201	8-5 电压比较器	276
6-3 稳压二极管	207	8-6 RC 桥式正弦波振荡器	281
6-4 双极型晶体管	210	习题八	284
6-5 绝缘栅场效应管	218	第九章 直流稳压电源	288
习题六	222	9-1 直流电源的组成	288
第七章 放大电路基础	225	9-2 单相桥式整流电路	289
7-1 共射极单管放大电路	225	9-3 滤波电路	292
7-2 分压式偏置放大电路	236	9-4 三端集成稳压器	294
7-3 共集电极放大电路	238	习题九	296
7-4 多级放大电路	242	第十章 组合逻辑电路	298
7-5 功率放大电路	244	10-1 数字信号与数字电路	298
7-6 场效应管放大电路	249	10-2 二进制计数制	300
习题七	251	10-3 基本逻辑关系和基本逻辑门电路	302
第八章 集成运算放大器的应用	253	10-4 TTL 集成门电路	310
8-1 集成运放的输入级——差分放大电路	253	10-5 CMOS 集成门电路简介	317
8-2 集成运放的性能指标和理想运算放大器	258		

6-4 什么是二极管的死区电压？锗管和硅管的死区电压各是多少？二极管正常导通工作时，锗管和硅管的正偏电压大约是多少？

6-5 二极管的反向饱和电流对二极管的性能有什么影响？当环境温度变化时，反向饱和电流的数值如何变化？

6-6 为什么稳压二极管的动态电阻越小，稳压效果越好？

6-7 利用二极管和稳压二极管的正向特性能不能实现稳压作用？为什么？

6-8 有两个稳压二极管 VD_{Z1} 和 VD_{Z2} ，它们的稳定电压分别是 $U_{Z1}=4.3\text{ V}$ 和 $U_{Z1}=6.3\text{ V}$ ，正向导通时的正偏电压都是 0.7 V 。将 VD_1 和 VD_2 适当连接，能不能得到 10.6 V 、 5 V 和 7 V 的稳定电压？画出电路图（注意包括限流电阻）。

6-4 双极型晶体管

二极管仅由一个 PN 结构成，有两个电极，是双端器件，基本特性是单向导电性。如果在一块硅或锗半导体材料上，用专门的工艺方法制作出三个掺杂区，在这三个掺杂区之间形成两个 PN 结，就构成了双极型晶体管。由一个 PN 结过渡到两个 PN 结，使半导体器件的特性有了质的飞跃——具有电流放大作用。双极型晶体管的英文缩写是 BJT，一般就简称晶体管，又由于有三个电极，也简称三极管。

一、晶体管的基本结构

晶体管有三个掺杂区，是一种三层半导体器件，根据组成结构的不同，分为 NPN 和 PNP 两种类型，图 6-4-1(a) 和 (b) 分别是其结构示意图。

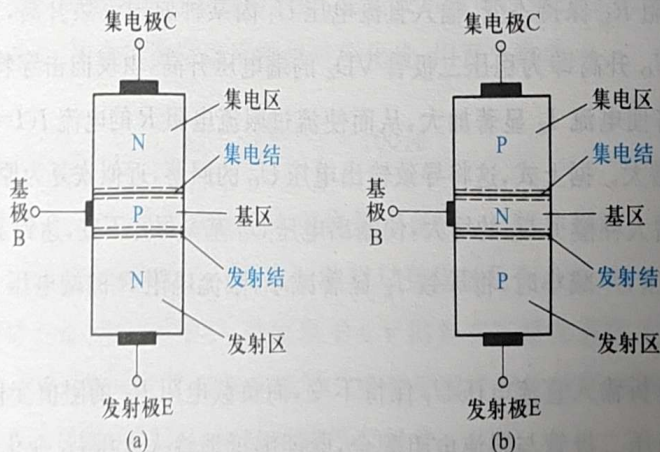


图 6-4-1 晶体管的结构示意

NPN 型晶体管中间夹层是 P 型材料，两端是 N 型材料；PNP 型晶体管中间夹层是 N 型材料，两端是 P 型材料。它们分别对应了晶体管的三个区：基区、发射区和集电区。从这三个区引出三个电极，分别称为基极 B、发射极 E 和集电极 C。在这三个区之间形成两个 PN 结，分别是发射结和集电结。

为了实现电流放大作用,还应注意晶体管的结构特点。第一,基区的几何尺寸极薄,仅为几微米至几十微米,占整个晶体管长度的百分之一以下。基区的杂质掺杂浓度很低,仅为发射区掺杂浓度的百分之一左右。第二,发射区和集电区虽然是同一类型的杂质半导体,但是它们的掺杂浓度相差悬殊:发射区的掺杂浓度远大于集电区。第三,集电结的面积大,发射结的面积小。因此,发射极 E 和集电极 C 不能对调使用。

两种类型晶体管的图形符号如图 6-4-2 所示,图中发射极箭头指示的方向就是晶体管正常工作时电流的方向。图 6-4-3 所示是几种常用晶体管的外形,三层半导体结构就封装在金属或塑料外壳内,并将三个电极引出。

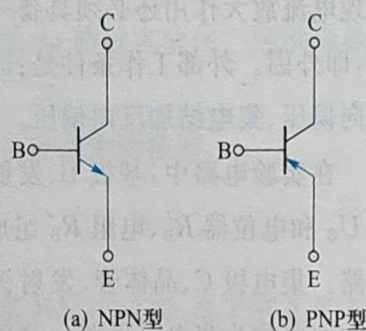


图 6-4-2 晶体管的图形符号

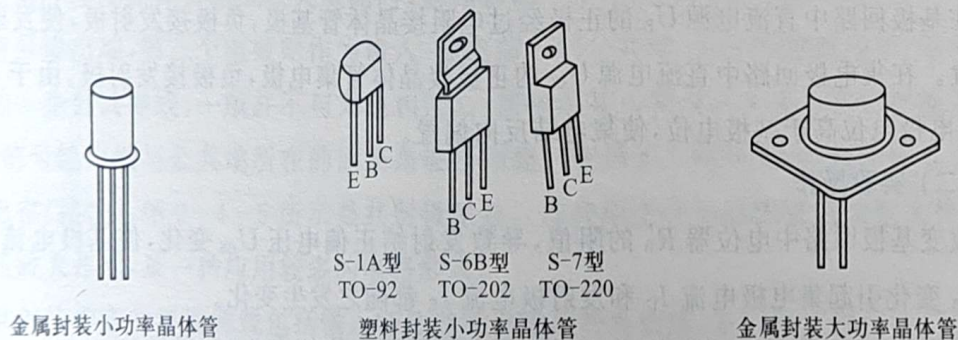


图 6-4-3 几种常见晶体管的外形

图 6-4-4 所示是近年来新出现的微型片状晶体管的外形,其长宽尺寸均在 5 mm 左右。其中小功率管功率为 100~300 mW,大功率管功率为 300 mW~2 W。

按照国家标准,晶体管型号的命名也由 5 部分组成:

第一部分是阿拉伯数码 3,表示晶体管。

第二部分是用汉语拼音字母表示晶体管的材料和极性:

A—PNP 型、锗材料;B—NPN 型、锗材料;

C—PNP 型、硅材料;D—NPN 型、硅材料。

第三部分是用汉语拼音字母表示晶体管的类别:

X—低频小功率管;G—高频小功率管;D—低频大功率管;A—高频大功率管。

第四部分是用阿拉伯数字表示的该晶体管的序号。

第五部分是用汉语拼音字母表示的该晶体管的规格号。

晶体管型号举例:3AX51、3BX81、3CG14、3DG6、3AD50 等。

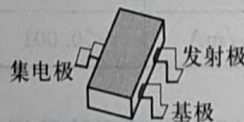


图 6-4-4 贴片晶体管外形

二、晶体管的电流放大作用

通过实验了解晶体管的电流放大作用。

NPN 型和 PNP 型晶体管的工作原理相同,本书以 NPN 型晶体管为主,进行分析。

(一) 实验电路

如图 6-4-5 所示,晶体管内部结构组成的特点是其具有电流放大作用的内因,而要实现电流放大作用还必须具备一定的外部工作条件,即外因。外部工作条件是:晶体管的发射结加正向偏压、集电结加反向偏压。

在实验电路中,基极 B、发射结、发射极 E、电源 U_B 和电位器 R'_B 、电阻 R_B 组成的回路称为基极回路。集电极 C、晶体管、发射极 E 和电源 U_{CC} 组成的回路称为集电极回路。这两个回路的公共点是发射极,所以称为共发射极电路。

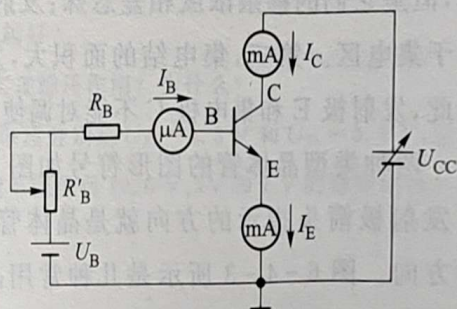


图 6-4-5 晶体管实验电路

在基极回路中直流电源 U_B 的正极经过电阻接晶体管基极,负极接发射极,使发射结正向偏置。在集电极回路中直流电源 U_{CC} 的正极接晶体管集电极,负极接发射极,由于 $U_{CC} > U_B$,集电极电位高于基极电位,使集电结反向偏置。

(二) 实验操作

改变基极回路中电位器 R'_B 的阻值,导致发射结正偏电压 U_{BE} 变化,使基极电流 I_B 变化。 I_B 变化引起集电极电流 I_C 和发射极电流 I_E 都随之发生变化。

记录每一 I_B 值及其对应的 I_C 、 I_E 值,得实验数据表格如表 6-1 所示。

表 6-1 晶体管的电流放大作用

I_B/mA	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
I_C/mA	<0.001	0.74	1.50	2.25	3.05	3.85
I_E/mA	<0.001	0.76	1.54	2.31	3.13	3.95

(三) 分析实验数据

通过电流表的测量值可以确定,三个电极中电流 I_B 、 I_C 和 I_E 的实际方向与图 6-4-4 中箭头标示的方向相同。

分析表 6-1 的实验数据,得出以下结论:

- (1) 每一组数据说明,三个电流的关系符合基尔霍夫电流定律

$$I_E = I_B + I_C$$

- (2) I_C 和 I_E 的数值比 I_B 大得多,以第三组数据为例

$$\frac{I_C}{I_B} = \frac{1.5}{0.04} = 37.5$$

因此,可以认为

$$I_C \approx I_E$$

- (3) 对组与组之间的数据进行比较,例如从第三组数据变化到第四组数据,基极电流

I_B 增加了 $\Delta I_B = (0.06 - 0.04) \text{ mA} = 0.02 \text{ mA}$, 与此相应, 集电极电流增加了 $\Delta I_C = (2.25 - 1.50) \text{ mA} = 0.75 \text{ mA}$ 。

$$\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{0.75}{0.02} = 37.5$$

结论: 晶体管基极电流 I_B 的微小变化会引起集电极电流 I_C 的较大变化。这就是晶体管的电流放大作用。

利用晶体管的电流放大作用可以把微弱的电信号放大到所需要的数值。

三、晶体管的特性曲线

表示晶体管各极电流和极间电压关系的曲线称为晶体管的特性曲线, 是了解晶体管外部性能和分析晶体管工作状态的重要依据。

当实际应用晶体管组成放大电路时, 晶体管的一个电极作为信号输入端, 另一个电极作为信号输出端, 第三个电极则作为输入-输出信号的公共端, 并标注接地符号(是电子电路中一条公共导线, 一般并不与大地相连)。信号的输入端与公共端所在的回路是输入回路, 信号输出端与公共端所在的回路是输出回路。按照公共端的不同, 晶体管有三种不同的组态(接法), 图 6-4-5 所示是共射极组态。这种组态的电路既有电流放大作用, 又有电压放大作用, 是一种应用较多的电路形式。

共射极组态的特性曲线包括输入特性曲线和输出特性曲线, 它们都能够用专门的图示仪直接显示, 也可以通过图 6-4-5 所示的实验电路测试并绘制出来。

(一) 共射极组态输入特性曲线

共射极组态输入特性曲线表示的是输入回路中基极电流 I_B 与发射结电压 U_{BE} 之间的关系, 这种关系还要受到输出回路电量的影响, 为此规定晶体管的集电极-发射极之间的电压 U_{CE} 保持某一恒定值不变。

$$I_B = f(U_{BE}) \big|_{U_{CE}=\text{常数}}$$

图 6-4-6 是硅材料 NPN 型晶体管(以下简称硅管)的输入特性曲线。由于正常工作时, 要求集电结反偏, 所以对于硅管来说, $U_{CE} \geq 1 \text{ V}$ 即可保证集电结反偏(正常工作时, 硅管发射结正偏电压 U_{BE} 为 $0.6 \sim 0.7 \text{ V}$)。而且图示仪的直接显示以及实验均可证明, $U_{CE} \geq 1 \text{ V}$ 以后的输入特性曲线几乎都是重合的。为此, 只需用图示的一条曲线就表示了 $U_{CE} \geq 1 \text{ V}$ 的全部 $I_B - U_{BE}$ 关系。

图 6-4-6 所示表明, 晶体管的 $I_B - U_{BE}$ 之间是非线性关系。与二极管的伏安特性相似, 晶体管的输入特性也有一段死区电压。当发射结正偏电压 U_{BE} 小于死区电

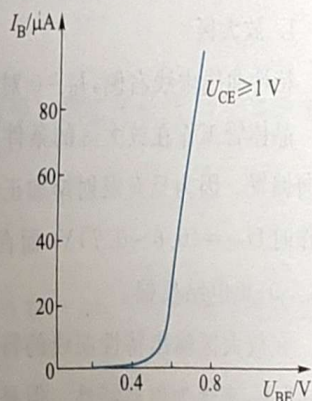


图 6-4-6 输入特性曲线

压时, $I_B=0$, 只有在 U_{BE} 大于死区电压后, 才会出现 I_B 。

硅管的死区电压为 $(0.4 \sim 0.5)V$, 锗管的死区电压约为 $0.2V$ 。

U_{BE} 高于死区电压后, 是输入特性的起始段, U_{BE} 增加, I_B 上升缓慢。过了起始段, I_B 随着 U_{BE} 的增加迅速增加, 且近似有线性关系。正常情况下晶体管就工作在特性曲线的这一线性范围, 对应的发射结正偏电压硅管为 $(0.6 \sim 0.7)V$, 锗管为 $(0.2 \sim 0.3)V$ 。

(二) 共射极组态输出特性曲线

输出特性曲线表示的是基极电流 I_B 保持恒定值不变的条件下, 集电极电流 I_C 与集电极-发射极电压 U_{CE} 的关系。

$$I_C = f(U_{CE}) \mid I_B = \text{常数}$$

针对每一恒定值的基极电流 I_B 便可得到一条输出特性曲线, 因此可以得到图 6-4-7 所示某硅管的一组输出特性曲线。

围绕使用, 对输出特性曲线特别注意以下两点:

(1) 就曲线组中任一条曲线所表示的 I_C-U_{CE} 关系来看, 它们的变化规律是相同的, 现仅以 $I_B=40\mu A$ 的曲线为例说明。

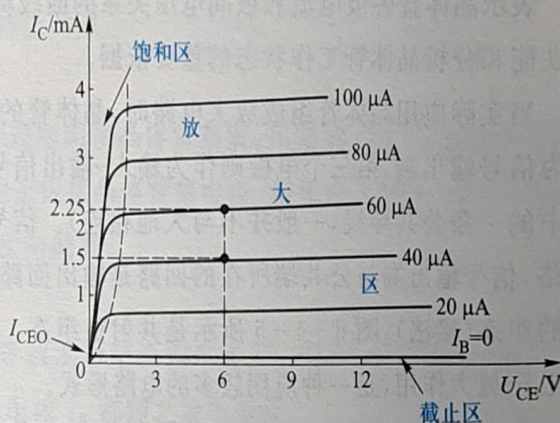


图 6-4-7 输出特性曲线

U_{CE} 从零开始增加, 但 $U_{CE} < 1V$ 时, 是起始段, 这一段是陡直的直线, 表明 I_C 随 U_{CE} 的增加而呈线性正比关系增加。

当 $U_{CE} > 1V$ 之后, I_C 随 U_{CE} 的增加变缓。随后, U_{CE} 增加, I_C 几乎不再增加, 特性曲线近似平行于水平轴, 表现为恒流特性。

I_B 固定的数值加大, 对应的特性曲线上移。

(2) 就整个输出特性曲线看, 可以分成三个区域, 下面分别予以介绍。

1. 放大区

特性曲线虚线右侧, $I_B=0$ 对应的特性曲线上方是放大区。

晶体管工作在放大区的条件是发射结加正向偏压, 为正向偏置; 集电结加反向偏压, 为反向偏置。因为只有发射结加正向偏压、且 U_{BE} 大于死区电压后, 才使 $I_B > 0$ 。又由于正常工作时 $U_{BE} = (0.6 \sim 0.7)V$, 而在放大区 $U_{CE} > 1V$, 从而使集电极电位高于基极电位, 即 $U_{CB} > 0$, 集电结反偏。

在放大区输出特性曲线的特点是, 就每一条曲线看, 都近似平行于水平轴, I_C 几乎与 U_{CE} 无关, 表现为恒流特性。但是, 当 I_B 以等差值规律变化时 (图 6-4-7 中 I_B 是以差值 $20\mu A$ 变化), 对应的特性曲线是一组间距基本相等的平行线。这表明要在放大区改变集

电极电流 I_C , 只能通过改变基极电流 I_B 的方法达到。这一特点集中表示了晶体管的电流放大作用。例如保持 $U_{CE}=6\text{ V}$ 不变, $I_B=40\text{ }\mu\text{A}$, 对应的 $I_C=1.5\text{ mA}$ 。当 I_B 增加到 $60\text{ }\mu\text{A}$ 时, I_C 相应增加到 2.25 mA 。即 $\Delta I_B=(60-40)\text{ }\mu\text{A}=20\text{ }\mu\text{A}$, 而 $\Delta I_C=(2.25-1.5)\text{ mA}=0.75\text{ mA}$, $\Delta I_C \gg \Delta I_B$ 。表明了基极电流 I_B 对集电极电流 I_C 的控制和放大作用。

可以说晶体管最主要、最基本的作用就是电流放大作用, 这也是读者应首先重点学习和深入理解的内容。

2. 截止区

$I_B=0$ 所对应的输出特性曲线下面的区域是截止区。在这个区域内, $I_B \leq 0$, 表明发射结是反向偏置。同时, 集电结也是反向偏置。

$I_B=0$ 时所对应的 I_C 用 I_{CE0} 表示, 其数值很小, $I_C=I_{CE0} \approx 0$ 。

由于三个电极的电流都近似是零, 集电极和发射极之间处于断开状态, 晶体管如同一个断开的电子开关。

3. 饱和区

输出特性的起始段及弯曲部分, 虚线左侧是饱和区。在饱和区内, $I_B > 0$, 表明发射结正向偏置。而 U_{CE} 数值很小, 一般 $U_{CE} < 0.7\text{ V}$, 使集电结也处于正向偏置。

饱和区的特点是所有的曲线密集靠近, 说明 I_B 已经失去对 I_C 的影响和控制, 即失去了电流放大作用。

晶体管在饱和状态下工作, 集电极-发射极之间的电压 U_{CE} 用 U_{CES} 表示, 称为饱和管压降, 其值很低。硅管饱和管压降的典型值约为 0.3 V , 锗管则仅为 0.1 V , 可认为 $U_{CES} \approx 0$ 。这时, 集电极-发射极之间近似短路, 晶体管如同一个闭合的电子开关。

晶体管在截止区和饱和区工作所表现出的开关作用在数字电子电路中得到了应用。

四、晶体管的主要参数

晶体管的参数表示其性能优劣和适用范围, 是合理选择及正确使用晶体管的依据。

晶体管在共射极组态下的主要参数如下。

(一) 电流放大系数

电流放大系数是表示晶体管放大电信号能力的参数。

直流电流放大系数 在直流工作状态下(未加入放大信号), 集电极电流 I_C 与基极电流 I_B 之比, 用 $\bar{\beta}$ 表示。

$$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B} \quad (6-3)$$

交流电流放大系数 加入被放大的电信号之后, 基极电流变化 ΔI_B 引起集电极电流变化 ΔI_C , ΔI_C 与 ΔI_B 的比值称为交流电流放大系数, 用 β 表示。

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad (6-4)$$

利用输出特性曲线可以计算晶体管的电流放大系数。例如在图 6-4-7 中放大区内 $I_B = 40 \mu\text{A}$ 特性曲线上的一点, 对应 $I_C = 1.5 \text{ mA}$, 可得 $\bar{\beta} = \frac{1.5 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-6}} = 37.5$ 。当 $I_B = 60 \mu\text{A}$ 时, 对应 I_C 增加为 2.25 mA , 可得 $\beta = \frac{(2.25 - 1.5) \times 10^{-3}}{(60 - 40) \times 10^{-6}} = 37.5$ 。

在放大区内, 特性曲线近似是等间距的平行线 (I_B 等差值变化), 故 $\beta \approx \bar{\beta}$, 所以在实际使用中二者并不刻意加以区分。一般常用小功率晶体管的 β 值在几十至一百左右。

(二) 集-射极反向饱和电流 I_{CEO}

晶体管基极开路 ($I_B = 0$), 集电极与发射极之间加上一定的电压 U_{CC} , 使集电结反偏, 产生集电极电流。这个电流从集电区穿过基区到达发射区, 又称为穿透电流。在输出特性中, $I_B = 0$ 曲线所对应的集电极电流 (纵轴上的截据点) 即为 I_{CEO} 。

I_{CEO} 是由少子形成的, 数值一般都很小。值得注意的是, I_{CEO} 受温度变化的影响极大, 温度升高, I_{CEO} 增加很快, 使晶体管的工作电流不稳定。为此, 应尽可能选用 I_{CEO} 小的晶体管。

(三) 集电极最大允许电流 I_{CM}

集电极电流过大会使晶体管的 β 值降低, 为此规定允许通过晶体管的最大集电极电流 I_{CM} , 使用中不得超过。

(四) 集-射极反向击穿电压 $U_{(\text{BR})\text{CEO}}$

基极开路, 集电极与发射极之间所能承受的最高电压。在实际使用中, 如果该电压值超过 $U_{(\text{BR})\text{CEO}}$, 集电结会被反向击穿, 使集电极电流急剧加大, 损坏晶体管。

(五) 集电极最大允许耗散功率 P_{CM}

晶体管工作时集电极消耗的电功率 P_C 等于集电极电流 I_C 与管压降 U_{CE} 的乘积, $P_C = U_{\text{CE}} \cdot I_C$ 。这个功耗过大, 会使集电结温升过高。一般情况下, 锗管允许的最高结温是 $(70 \sim 90)^\circ\text{C}$, 硅管是 150°C , 超过此值, 就可能烧坏晶体管。为此, 规定集电极最大允许耗散功率 P_{CM} , 使用中不得超过。同样的管子, 改善散热条件后, 例如加上散热器, 允许的集电极最大功耗可以得到较大提高。

规定在一般环境温度下, 集电极最大允许耗散功率 P_{CM} 大于 1 W 的晶体管为大功率管, 小于 0.5 W 的是小功率管, 居中的是中功率管。

五、晶体管的小信号电路模型

晶体管的小信号电路模型是定量分析、计算晶体管放大电路的一种方法。

(一) 为什么要建立晶体管的小信号电路模型

晶体管的特性曲线表明, 它的各极电流与电压之间不具有线性正比关系, 是一种非线性器件, 这使得晶体管电路的分析、计算很繁琐。我们希望能够用一个线性元件组成的电

路模型来等效代替晶体管,使晶体管电路转换为线性电路,从而大大简化分析、计算过程。

(二) 可能性

从整体上看,晶体管是非线性器件。但是,其特性曲线中都有一段近似为线性段。如果被放大的电信号的幅度较小,输入后就在这个线性段范围内工作,这时,电流变量与电压变量之间就存在确定的线性关系。这就为建立晶体管的小信号电路模型提供了可能。

所谓“等效”是指对于晶体管三个电极以外的电路等效。就是小信号电路模型的三个电极对应引出端的电流、电压变量间的关系与晶体管三个电极电流、电压变量之间的关系完全相同。就可以认为变换后的小信号电路模型与晶体管等效(如图 6-4-8 所示)。

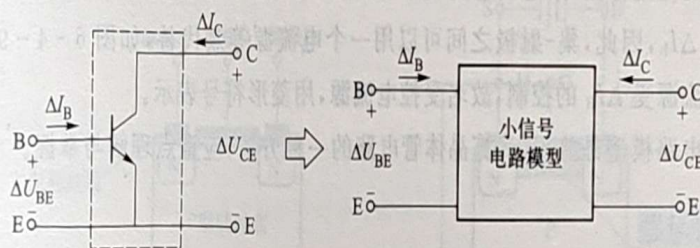


图 6-4-8 晶体管等效变换为小信号电路模型

(三) 建立晶体管简化小信号电路模型的方法

晶体管的输入特性表示了基极电流 I_B 与基-射极电压 U_{BE} 之间的关系,如图 6-4-9(a) 所示。曲线的 ab 段近似是直线,晶体管工作在该直线范围内的某一点 Q ,对应的基极电流是 I_B 。

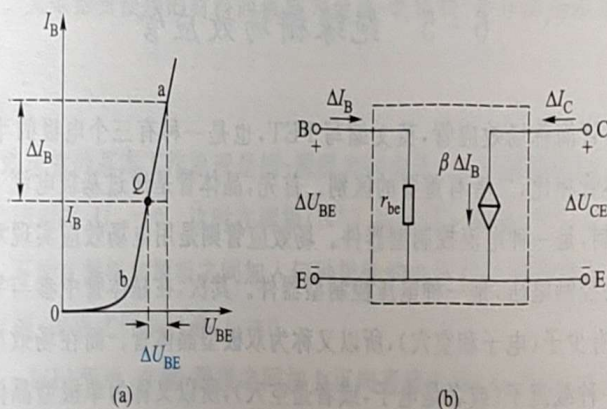


图 6-4-9 晶体管简化小信号电路模型的建立

现输入被放大的电信号,使基-射极电压产生一个小的增量 ΔU_{BE} ,根据输入特性曲线,必将引起基极电流增加 ΔI_B ,如图中所示。于是,这两个增量之间的关系就由特性曲线 Q 点处切线斜率的倒数 r_{be} 确定

$$r_{be} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} \quad (6-5)$$

r_{be} 称为晶体管的输入电阻。由于是小信号,晶体管始终工作在特性曲线的直线范围,

所以 r_{be} 是一个常数,能够用来表示基极电流 I_B 与基-射极电压 U_{BE} 变量之间的关系。这样,晶体管的基极-发射极之间就可以用输入电阻 r_{be} 等效代替,如图 6-4-9(b)所示。

输入电阻 r_{be} 的数值能够用专门的仪器测量出来。在实际工程计算中,低频小功率晶体管的输入电阻可以用以下公式近似计算

$$r_{be} = 300 + (\beta + 1) \cdot \frac{26(\text{mV})}{I_E(\text{mA})} \quad (6-6)$$

式中, I_E 是 Q 点对应的发射极电流,单位用 mA。

分析集电极-发射极之间电流与电压变量之间的关系。输出特性曲线表明,在放大区特性曲线呈现恒流特性,集电极电流 I_C 只受 I_B 的控制,而与 U_{CE} 无关。其变量之间的关系是 $\Delta I_C = \beta \cdot \Delta I_B$,因此,集-射极之间可以用一个电流源等效代替,如图 6-4-9(b)所示。由于这个电流源受 ΔI_B 的控制,故名受控电流源,用菱形符号表示。

小信号电路模型是分析、计算晶体管电路的一种方法,应重点理解与掌握。

思考练习题

6-9 为使晶体管具有电流放大作用必须为晶体管提供什么样的外部工作条件?

6-10 硅材料晶体管发射结 U_{BE} 的死区电压数值是多少? 放大工作时, U_{BE} 的数值又是多少? 对于锗材料晶体管重新回答以上问题。

6-11 使用晶体管时,有哪些电压、电流的数值不能超过规定的允许值? 为什么?

6-12 必须在什么工作条件下,晶体管才可以用一个小信号电路模型等效代替?

6-5 绝缘栅场效应管

场效应晶体管简称场效应管,英文缩写 FET,也是一种有三个电极的半导体器件,与前面介绍的晶体管相比,二者有重要的区别。首先,晶体管是通过基极电流 I_B 实现对集电极电流 I_C 的控制,是一种电流控制型器件。场效应管则是用电场效应实现对电流的控制,其输入端只需要控制电压,是一种电压控制型器件。其次,在晶体管中参与导电,形成电流的既有多子,又有少子(电子和空穴),所以又称为双极型晶体管。而在场效应管中,形成电流的只有多子一种载流子(或者是电子,或者是空穴),所以又称为单极型晶体管。

作为电压控制型器件,场效应管具有输入电阻高的优点,同时抗辐射能力强,温度稳定性好。此外,功耗小,制造工艺比较简单,也使其更加适宜于制作大规模集成电路。

场效应管按照结构的不同,分为两大类:结型场效应管和绝缘栅场效应管。本书只介绍使用更为广泛的绝缘栅场效应管。

一、绝缘栅场效应管的基本结构和工作原理

绝缘栅场效应管按照导电类型的不同,分为增强型和耗尽型两大类,每一类型中又有

高职高专电类专业基础课教材

专业基础 (电专业适用)

978-7-04-028545-1	电路基础 (第2版)
978-7-04-037328-8	电路基础 (第3版)
978-7-04-039474-0	电路基本分析 (第4版)
978-7-04-038248-8	电路及磁路 (第4版)
978-7-04-029092-9	电路与电工技术 (第3版)
978-7-04-027896-5	电工技术 (第2版)
978-7-04-018104-3	电工基础及实训
978-7-04-016994-2	电工实验与实训 (第2版)
978-7-04-026511-8	维修电工技能实训
978-7-04-037153-6	模拟电子技术 (第4版)
978-7-04-034886-6	模拟电子技术 (第4版) 学习指导
978-7-04-037167-3	数字电子技术 (第4版)
978-7-04-035331-0	数字电子技术 (第4版) 学习指导
978-7-04-040028-1	模拟电子技术 (第3版)
978-7-04-038459-8	数字电子技术
978-7-04-036496-5	模拟电子技术基础 (第3版)
978-7-04-038949-4	数字电子技术基础 (第4版)
978-7-04-037315-8	数字电子技术 (第2版)
978-7-04-013181-9	数字电子技术基础
978-7-04-022703-1	电子技术
978-7-04-039475-7	电子技术 (第4版)
978-7-04-034790-6	电子技术基础 (第2版)
978-7-04-031666-7	电子技术实践与训练 (第3版)
978-7-04-025005-3	电子技术综合应用创新实训教程
978-7-04-038573-1	电机及拖动 (第4版)
978-7-04-028183-5	电机及应用 (第2版)
978-7-04-026671-9	电机拖动与控制

胡翔骏
王慧玲
石 生
朱晓萍
陆国和
周定文
曲桂英
陆国和
金 瑞
胡宴如
胡宴如
杨志忠
杨志忠
王连英
王连英
陈梓城
周良权
黄 洁
张友汉
尹常永
付植桐
唐程山
廖先芸
孔凡才
许晓峰
赵承荻
曾 方

专业基础 (非电专业适用)

978-7-04-022706-2	电工电子技术 (少学时) (第3版)	林平勇
978-7-04-029496-5	电工电子技术 (多学时) (第3版)	陈小虎
978-7-04-039897-7	电工电子技术 (第3版)	刘蕴陶
978-7-04-028133-0	电工电子技术及应用	赵承荻
978-7-04-035088-3	电工电子技术基础 (第2版)	顾永杰
978-7-04-029495-8	电工学 (第2版)	易沅屏
978-7-04-029097-4	电工学 (第2版)	曹建林
978-7-04-031130-3	电工技术 (第4版)	席时达
978-7-04-039029-2	电工技术 (第2版)	赵会军
978-7-04-036979-3	电子技术 (第4版)	吕国泰
978-7-04-039030-8	电子技术 (第2版)	高 嵩
978-7-04-035080-7	建筑电工技术 (第2版)	颜伟中

简明易学系列

978-7-04-033999-4	电路基础及应用	燕庆明
978-7-04-036345-6	电工技术及应用	丁振华
978-7-04-034761-6	电子技术及应用	华永平
978-7-04-033970-3	模拟电子技术及应用	胡宴如
978-7-04-033968-0	数字电子技术及应用	杨志忠
978-7-04-034000-6	电机拖动及应用	唐 介

ISBN 978-7-04-039897-7



9 787040 398977 >

定价 39.80元