

高等学校教学参考书

工业电子学

下 册

(1965 年修订本)

华中工学院 西安交通大学合编

沈尚贤主编

人民教育出版社

本书阐述了工业电子学的基本原理,把电子器件(包括电子管、离子管、半导体管等)与电子电路联系在一起讨论。全书分上下册出版,上册内容包括绪论、不控整流器、可控整流器、电子管放大器等章;下册内容包括半导体三极管放大器、正弦波振荡器、脉冲电路、电子仪器等章。

本书系在第二版的基础上修订而成,经清华大学工业电子学教研组审阅,并经高等工业学校电工课程教材编审委员会工业电子学课程教材编审小组复审通过。

工 业 电 子 学

下 册

(1965 年修订本)

华中工学院 西安交通大学合编

沈尚贤 主编

人民教育出版社出版

民族印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

统一书号K15010·1032 开本 850×1168 1/32 印张4 9/16 插页2

字数 111,000 印数77,201—107,200 定价(7)¥0.65

1961年8月第1版 1962年10月第2版

1965年8月第3版 1973年2月北京第12次印刷

重 印 说 明

本书系文化大革命前原高等教育出版社出版。为了适应当前读者的需要，现由我社按原版重印，供教学参考。

人民教育出版社

一九七三年二月

下册目录

第四章 半导体三极管放大器	235
4.1 面结式半导体三极管	235
4.1.1 工作原理	235
4.1.2 共发射极接法的特性曲线	240
4.1.3 半导体三极管的主要定额及使用注意点	243
4.2 用图解法求共发射极放大电路的工作点	246
4.3 半导体三极管放大电路的微变等效电路分析法	249
4.3.1 h 参数等效电路	249
4.3.2 阻容耦合共射极放大电路的微变等效电路分析法	255
4.3.3 共集电极放大电路——射极输出器	259
4.4 半导体三极管放大电路工作点的恒定	261
4.5 半导体三极管与电子管的对比	265
第四章习题和思考题	266
第四章参考文献	270
第五章 正弦波振荡器	271
5.0 概述	271
5.1 自激振荡的条件	272
5.2 RC 振荡器	273
5.3 RC 振荡器举例	277
5.4 LC 振荡器	280
5.5 LC 振荡器的实际电路	282
5.5.1 自生栅偏压	282
5.5.2 阳极电路的供电	284
*5.5.3 另一个 LC 振荡器的例子	284
5.6 正弦波振荡器小结	285
第五章习题和思考题	286
第五章参考文献	288
第六章 脉冲电路	290
6.0 概述	290
6.1 RC 电路的过渡过程	291
6.2 锯齿波发生器	294
6.2.1 工作原理	294

6.2.2 采用电子管的锯齿波发生器	297
6.3 多諧振荡器	299
6.3.1 基本电路	299
6.3.2 工作原理	300
6.3.3 振荡幅度和振荡频率	305
6.3.4 一种变型的多諧振荡器	308
6.3.5 整步(同步)作用	310
6.3.6 多諧振荡器小结	311
6.4 触发器	313
6.4.1 单稳态触发器	313
6.4.2 双稳态触发器	315
6.4.3 触发信号的引入	319
6.4.4 触发器小结	322
6.4.5 双稳态触发器应用举例	323
6.5 微分电路	324
6.6 限幅电路	328
6.7 脉冲电路小结	332
第六章习题和思考题	334
第六章参考文献	336
第七章 电子仪器	338
7.1 直流电子稳压器	338
7.1.0 概述	338
7.1.1 辉光管稳压器	339
7.1.2 补偿式电子稳压器	342
7.1.3 电子稳压器电路举例	344
7.2 电子管电压表	347
7.2.0 概述	347
7.2.1 GB-1 型电子管电压表	348
7.2.2 GB-2 型电子管电压表	355
7.2.3 使用电子管电压表的注意事项	357
7.3 电子示波器	358
7.3.1 电子示波器的工作原理和使用	358
7.3.2 电子示波器的组成	361
7.3.3 SB-10 型电子示波器的电路分析	367
7.3.4 使用电子示波器的注意事项	372
第七章思考题	374
第七章参考文献	376

第四章 半导体三极管放大器

在真空二极管中,加入一个控制电极(栅极)构成了三极管,管子就具有放大作用,大大地扩大了电子管的应用范围。同样,在半导体二极管的基础上,发展成半导体三极管以作为放大器件,对电子学的发展起着很大的促进作用。目前半导体管的类型仍在日益发展中。本章讨论的是面结式半导体三极管及其基本放大电路的分析方法[参 4.1]。

半导体三极管比现在通用的放大电子管有一些独特的优点:它的尺寸小、重量轻、寿命长、耐震、省电(特别是没有灯丝加热)等,所以在某些电子设备中已经代替或部分代替了电子管。当然,这种管子还存在不少缺点,例如特性受到温度的影响大,同类型管子的参数相差较大,工作频率目前还不能很高,输出功率较小等等,因而它与电子三极管是互有短长,相辅相成的。半导体三极管亦称晶体管。我国对半导体管的研究和生产极为重视,国产的半导体管的品种和产量近年来都有很大的发展。

4.1 面结式半导体三极管

4.1.1 工作原理

面结式半导体三极管的构造如图 4.1.1, a 所示,它的主要部分是当中的半导体薄片(为锗或硅的单晶体片)。

在半导体二极管中,利用半导体薄片形成 PN 结,但在半导体三极管中,在该半导体薄片上要形成 PNP(或 NPN)三层(图 4.1.1, b),因为居中的一层半导体非常薄(只有几个微米),因此组成了二

个非常靠近的PN结,各层接上引出导线作为三个电极。居中的电极称为基极(b),左侧较小的电极称为发射极(e),右侧较大的电极称为集电极(c),电极是按半导体三极管的工作原理来命名的。

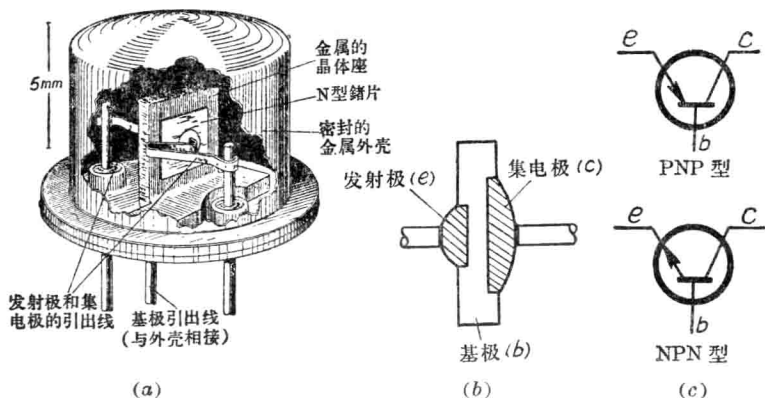


图 4.1.1. 面结式半导体三极管的构造。

(a) 3AX1—3AX5 型半导体三极管剖视图; (b) 锲片的 PNP 构造示意图;
(c) 半导体三极管的表示符号。

半导体三极管的工作过程可用图 4.1.2 所示的 PNP 型^①半

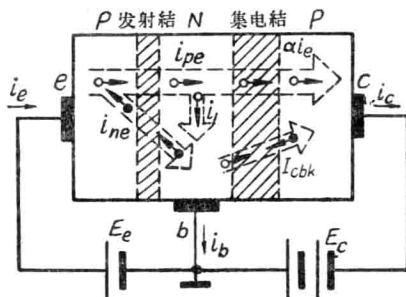


图 4.1.2. 半导体三极管中载流子的运动。

i_e 为发射极电流; i_b 为基极电流; $i_c (= I_{cbk} + \alpha i_e)$ ^② 为集电极电流(图中 $\circ$ 表示空穴; $\bullet$ 表示电子; 管子内实线箭头表示载流子运动方向, 而虚线箭头表示由有关载流子运动所造成的电流方向。)

① NPN 型半导体三极管的工作原理与 PNP 型并无原则区别, 本章不作讨论。

② I_{cbk} 中的 k 代表“开路”(kāilù)。

导体内部的载流子运动来说明。图中，在发射极与基极間的 PN 結上(通称发射結)加以正向电压 E_e ，在集电极与基极間的 PN 結(通称集电結)上加以反向电压 E_c 。如果暫不考虑发射結的影响，集电結在反向电压作用下，只通过少数载流子造成的反向截止电流 I_{cbk} ，(有时称反向饱和电流)，因此，集电极电流 $i_c = I_{cbk}$ ，它相应于半导体二极管在反向工作时的电流，数值很小。

但是发射結在正向电压 E_e 作用下，发射极上的多数载流子(在 P 型半导体中是空穴)大量流向基极。因为基极做得很薄，从发射极中来的空穴大部分还来不及复合，就扩散到集电結附近，被結上的势垒电场吸引，流向集电极，使集电极电流大大增加。当然，发射极电流 i_e 不可能都流向集电极，而有小部分流到基极，組成基极电流 i_b 。因为，发射結在正向电压作用下，除了有大量空穴从发射极流向基极区外(图 4.1.2 中用 i_{pe} 表示)，基极区中还有数量不多的电子也会流向发射极(图中用 i_{ne} 表示，它是 i_b 的一部分)，但这部分电流对集电极电流的增加不起作用，在制造半导体三极管时有意使它愈小愈好。此外，从发射极流經基极区的空穴，尽管基极区制造得非常薄，但总有一小部分空穴与基极区中的电子不断复合掉(图中用 i_1 表示，也是 i_b 的一部分)，到不了集电极。因此，到达集电极的空穴电流要比发射极电流 i_e 略小一些，通常用 αi_e 表示(α 一般为 0.9—0.99)。这样，集电极的总电流不仅是反向截止电流 I_{cbk} ，而且还包括发射极电流 i_e 中的大部分，即

$$i_c = I_{cbk} + \alpha i_e. \quad (4.1.1)$$

这个公式反映了发射极电流 i_e 和集电极电流 i_c 之間的关系。

根据上式，也可将 α 写成增量关系，即

$$\alpha = \left. \frac{\Delta i_c}{\Delta i_e} \right|_{u_{bc}}, \quad (4.1.2)$$

它反映了发射极电流变化 Δi_e 时，与所造成的集电极电流变化 Δi_c 。

之間的关系。 α 是半导体三极管的重要参数之一, 其值愈大愈好。

由上述討論可知, 半导体三极管中对电流的控制作用与电子管中对电流的控制作用有相似之处(图 4.1.3)。电子管中栅极电压(对阴极而言)的变动, 可以控制阴极电流 i_k 的大小。在負栅压时, $i_g=0$, 阴极电流 i_k 等于阳极电流 i_a 。在半导体三极管中, 发射极电流 i_e 同样受基极与发射极間的电压控制, 只是 i_e 要有一

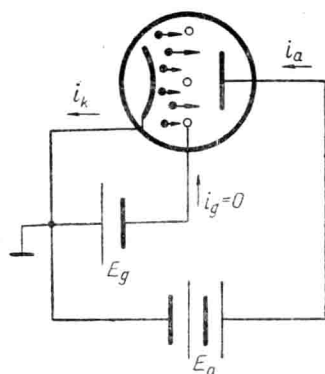


图 4.1.3. 电子管中对阳极电流的控制。象正栅压工作时的电子三极管。

小部分流到基极, 形成基极电流 i_b , 而大部分流到集电极, 为集电极电流 i_c 。所以发射极发射载流子, 好象电子管中的阴极; 集电极收集流来的载流子, 好象电子管的阳极。基极与发射极間的电压能使 i_e 变动以控制集电极电流的大小, 因此基极就象电子管中的栅极。不过, 半导体三极管更

将半导体三极管接成如图 4.1.4, a 所示的共发射极电路^①, 则有电流放大作用。在基极与发射极間的电路中, 接有輸入的信号电压 e_x ^② 和直流电压 E_b , E_b 的作用是使发射結处在正向导电状态下工作, 因此, e_x 只需有不大的变动, 就使 i_e 有較大的变动。在集电极与发射极間接有負載电阻 R_c 和直流电压 E_c 。 E_c 是使集电結始終处在反向工作状态(因为发射結压降很小), 因此, 由 e_x 造成的 i_e 变量, 大部流向集电极, 使集电极电流发生变化, 从而在 R_c 上有交流压降及交流功率輸出, 所以电路有功率放大及电压放大的作用。这个工作原理与图 4.1.4, b 中的电子管放大电路非常相

① 輸入和輸出都以发射极为公共端的电路, 称为共发射极电路。

② x 代表“信号”(xìnhào)。

似。只是电子管放大器通常在負栅压下工作, 栅流为零, 所以信号源不必輸出电流, 亦即不需功率輸出。但半导体三极管不可能沒有基极电流 亦即信号源要有功率輸出。

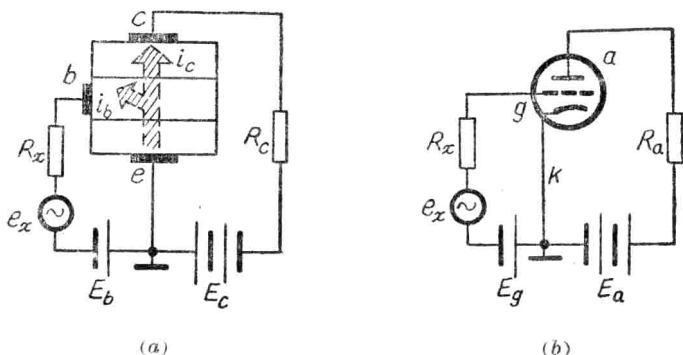


图 4.1.4. PNP 型半导体三极管的共发射极放大电路(a)和相应的电子管放大电路(b)。

不过, 图4.1.4, a 所示的共发射极放大电路中, 基极电路需要的基极电流并不大。因为发射极电流变量 Δi_e 中有 $(0.9-0.99)\Delta i_e$ (即是 $\alpha\Delta i_e$) 变成集电极电流变量 Δi_c , 而基极电流变化很小, 只有剩下的 $(0.1-0.01)\Delta i_e$, 所以 Δi_b 的数值比 Δi_e 小得多, 这表明信号源 e_x 只需要輸出較低的电压和較小的电流, 集电极电路中即能获得大的信号电流和电压, 从而有大的放大作用。

共发射极接法的放大电路是半导体三极管的基本放大电路, 为了表示半导体三极管在这种电路中的放大状态, 常用共发射极电流放大系数 α_{eb} 作为半导体三极管的重要参数(这一系数有时用 β 来表示), 即

$$\alpha_{eb} = \left. \frac{\Delta i_c}{\Delta i_b} \right|_{u_{ec}} \quad (4.1.3)$$

其实, 知道了 α 值就可近似地求得 α_{eb} , 因为

$$\Delta i_e = \Delta i_c + \Delta i_b, \quad (4.1.4)$$

所以
$$\alpha_{cb} = \frac{\Delta i_c}{\Delta i_b} = \frac{\Delta i_e}{\Delta i_e - \Delta i_c} = \frac{\frac{\Delta i_c}{\Delta i_e}}{1 - \frac{\Delta i_c}{\Delta i_e}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}, \quad (4.1.5)$$

即
$$\boxed{\alpha_{cb} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}} \quad \text{或} \quad \boxed{\alpha = \frac{\alpha_{cb}}{1 + \alpha_{cb}}} \quad \text{①} \quad (4.1.6)$$

当 $\alpha = 0.9 - 0.99$ 时, α_{cb} 大约为 10—100, 它远大于 1。

半导体三极管在应用上与电子管有许多不同, 特别是直流电源极性必须使集电结在反向电压下工作, 如果集电结在正向电压下工作, 将导致有大量电流流过集电结, 从而把该结烧坏。但在电子管中却需要正的阳极电压 E_a , 负电压只不过使阳极电流为零, 而不会烧坏电子管。半导体三极管还有一些特点与电子管不同, 下面再逐步讨论。

4.1.2 共发射极接法的特性曲线

半导体三极管同样可用特性曲线表示输出电压与电流之间的关系和输入电压与电流之间的关系, 但是它要反映四个参量间的关系, 因此, 至少要有二组特性曲线。这正象电子三极管工作在正栅压时那样, 需要二组特性曲线, 即阳极特性和栅极特性 [$i_g = f(u_g, u_a)$], 才能完全表达出管子的性能。

共发射极接法的特性可用下列二组特性曲线来表示, 即

输出特性 $i_c = f(u_{ce})|_{i_b},$
和 输入特性 $u_{be} = f(i_b)|_{u_{ce}}.$

图 4.1.5 所示的为 3AX1 型半导体三极管的共发射极特性,

① 此式的推导是近似的, 因为按式(4.1.2)和(4.1.3)的定义, α 是当 u_{bc} 为常数时的 $\frac{\Delta i_c}{\Delta i_e}$, 而 α_{cb} 则为当 u_{ec} 为常数时的 $\frac{\Delta i_c}{\Delta i_b}$, 但在通常的工作情况下, 发射结的正向压降很小, 因此 $u_{bc} \approx u_{ec}$, 所以式(4.1.6)仍足够准确。

它是对某一个管子用实验方法测得的。

共发射极输出特性在 u_{ec} 足够大的区域内，集电极电流与基极电流的关系也可以近似地从式(4.1.1)求得。因

$$i_e = i_b + i_c, \quad (4.1.7)$$

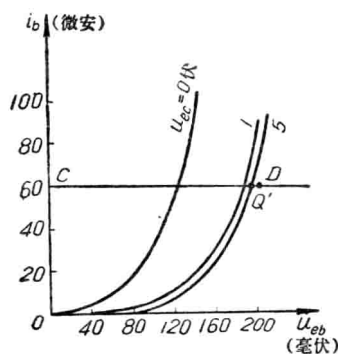
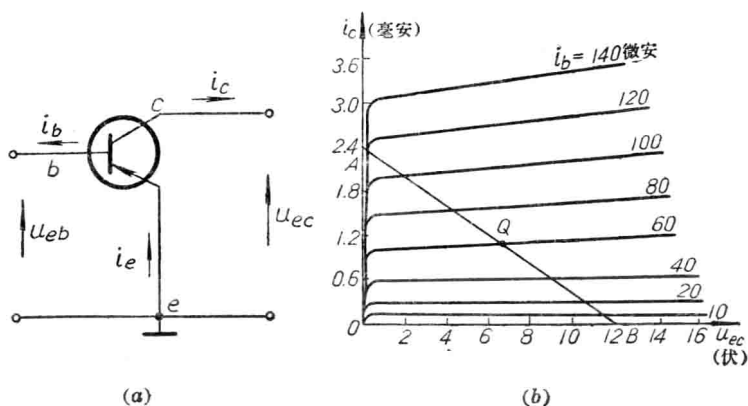


图 4.1.5. 半导体三极管典型的共发射极特性曲线。

(a) 电路图(图中电压和电流的方向是规定的方向)；

(b) 输出特性；(c) 输入特性。

得 $i_c = I_{cbk} + \alpha i_e = I_{cbk} + \alpha(i_b + i_c),$

即

$$i_c = \frac{I_{cbk}}{1-\alpha} + \frac{\alpha}{1-\alpha} i_b = (1+\alpha_{cb}) I_{cbk} + \alpha_{cb} i_b. \quad (4.1.8)$$

根据該式, 以 i_b 为参变数, 可繪出輸出特性 i_c 和 u_{ec} 的关系曲綫, 它是一族与 u_{ec} 軸平行的水平綫。

当 $i_b=0$ 时, $i_c = (1+\alpha_{cb}) I_{cbk}$ 。这一点可用图 4.1.6 来说明其

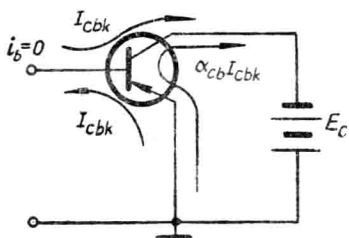


图 4.1.6.

物理意义。集电結在反向电压 E_c 的作用下, 企图流过反向截止电流 I_{cbk} , 但因基极开路, 該电流必須經发射結供給, 由于发射极每向基极供給一个载流子, 必同时向集电极供給 α_{cb} 个载流子, 因此, 集电极电流 i_c 应为 $(1+\alpha_{cb}) I_{cbk}$ 。

这在特性曲綫上是一条比 I_{cbk} 高得多的水平綫。

当基极电流变化 Δi_b 时, 集电极电流变化 $\alpha_{cb} \Delta i_b$, 因此得到平行的曲綫族, 但 Δi_c 要比 Δi_b 大得多。

由图 4.1.5, b 可以看出, 实际的共发射极特性曲綫与上述情况尚有差别:

1. 当 i_b 一定 (或 $i_b=0$) 而 u_{ec} 增高时, i_c 有較显著的增大, 即特性曲綫平坦部分有較明显的向上傾斜, 并且对 Δi_b 相等的各曲綫并不是彼此完全平行和間隔完全相等的, 这表明 α_{cb} 将随着工作点的不同而有所变化。

2. 在 u_{ec} 很小时 (約零点几伏), 特性曲綫不再保持为水平綫而急剧下降到零。这是因为集电結两端的电压 $u_{bc} = u_c - u_b$, 当 u_{ec} 过分下降, u_{bc} 值太小, 即集电結上的反向电压不够大, 以致不足以吸引基极中的空穴, 于是 i_c 就迅速下降。

3. 半导体三极管結的溫度对特性曲綫有显著的影响。这是因为当結間溫度升高时, 半导体管参数要发生变化, 其中影响最大的是集电結的反向截止电流 I_{cbk} , 它按溫度的指数关系迅速增加, 通常每当溫度升高 1°C 时, I_{cbk} 約增大 10%。 I_{cbk} 的增大会使 $i_b=0$ 时的集电极电流 $(1+\alpha_{cb})I_{cbk}$ 增大更多。当它的数值与集电极电流达同一数量級时, 所以使特性曲綫移动非常严重。其次, 半导体三极管的参数 α 也受溫度 T 的影响。因 $\alpha_{cb} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$, α 值不大的变化却使 α_{cb} 有很明显的变化, 这使特性曲綫之間的距离有显著的变化。当集电极电流过分增大或結間溫度升高时, 因 α 的下降使每条曲綫間的距离縮小。

共发射极接法的輸入特性如图 4.1.5, c 所示。在 $u_{ec}=0$ 时, 相当于集电极和发射极短接, 这时 i_b 与 u_{eb} 的关系就是发射結和集电結并联的正向伏安特性, 所以与半导体二极管的正向特性相似。当 u_{ec} 大于 u_{eb} 时, 集电結受到了反向电压, 注入基极中的空穴有更多部分流向集电結, 因此, 在相同的 u_{eb} 下, i_b 值将减小, 特性曲綫下移。但当集电极电压 u_{ec} 繼續增高, i_b 的减小就不很明显了。事实上 u_{ec} 在 1—20 伏的範圍內变动时, 輸入特性曲綫变动并不很大。从图 4.1.5, c 中可以看出, 当 $u_{ec}=1$ 伏和 5 伏的两条輸入特性曲綫是很靠近的。

半导体三极管的特性常繪成共基极接法的特性曲綫。即

$$\text{輸出特性} \quad i_c = f(u_{bc})|_{i_e},$$

$$\text{輸入特性} \quad u_{eb} = f(i_e)|_{u_{bc}}.$$

显然, 它可以从共发射极特性变换过来。

4.1.3 半导体三极管的主要定額及使用注意点

1. 最大集电极电压 $U_{c\max}$

相当于半导体二极管的最大反向电压。因为集电結在过高的

反向电压作用下, 会形成很强的电场, 使集电结因电离而激发出新的载流子, 集电极电流就迅速增大, 集电结将强烈地发热, 由于热激发而使载流子更为增加, 它与电离作用相互加强, 从而使 PN 结击穿。

击穿电压与电路接法也有很大关系。在共基极接法时, 击穿电压完全决定于集电结的性能。但在共发射极接法时, 特别是在基极电路开断时 ($i_b=0$), 因为集电结的电流经过发射结时增大了 α_{cb} 倍, 会使击穿电流更为迅速增加, 击穿电压就比共基极接法时降低很多[参 4.2, 第四章, §2]。因此在这种情况下, 容许的最大集电极电压要降低到击穿电压的 $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ 。

2. 最大集电极功率损失 P_{cmax}

集电结功率损失要使集电结的温度升高, 温度高了不仅使 I_{cbk} 增大, 输出特性曲线倾斜, 放大作用变差, 而且还会使半导体本征激发的载流子过分增加, 这时半导体将失去 P 型或 N 型的区别, 放大作用就完全消失, 严重时更会使 PN 结烧坏。所以在半导体三极管的输出特性上可绘出一条 P_{cmax} 曲线, 这与电子管阳极特性上的 P_a 曲线相似。

半导体三极管的 P_{cmax} 值还与环境温度有关, 手册上规定的往往是指 25°C 时。如果环境温度升高, 半导体三极管散热不易, P_{cmax} 值要降低。正因为这样, 半导体三极管还有工作环境温度的限制, 锗半导体三极管的上限温度约为 70°C , 硅半导体三极管约为 150°C 。

为了提高半导体功率管的 P_{cmax} 值, 常加散热片。

3. 反向截止电流 I_{cbk}

前面已经指出, I_{cbk} 对半导体三极管的特性有很大影响。即使同一型号的半导体三极管, 因为制造工艺不易控制, I_{cbk} 往往有较大的差别。质量差的半导体三极管的 I_{cbk} 很大, 在共发射极接

法时往往不能应用。硅半导体三极管的 I_{cbk} 要比锗半导体三极管的小得多。

4. 电流放大系数 α 或 α_{cb}

电流放大系数 α 是半导体三极管的重要参数之一，它直接决定放大的性能。由于制造工艺的关系，同型号半导体三极管的 α 值亦有一些差别，反映在 α_{cb} 上的差别就更大。所以在使用半导体三极管时，往往需要逐个测量。

5. 截止频率 f_c

通常所指的电流放大系数是指在低频工作情况下的，亦即载流子穿过基极所需的时间比信号周期要短很多，这样便完全可以把载流子从发射极到达集电极的过程看成是瞬时的。但当频率升高时，载流子以扩散运动渡越基极所需的时间不可忽略，在同一时刻内从发射极出发的载流子就变成在不同时刻先先后后地到达集电极，这就与随后发射的载流子混了起来，集电极电流便不能完全随发射极电流而变动，结果使集电极电流滞后，并使 α 值降低。

手册中把 α 值下降到低频时的 70.7% 的频率称为半导体三

表 4.1. 几种常用的 PNP 型半导体三极管的定额[参 4.3]

型 号	α	I_{cbk} 微安	P_{cmax} ($20^{\circ}\pm 5^{\circ}C$) 瓦	f_{α} 兆赫	I_{cmax}	U_{cmax} , 伏	
						共基极	共发射极
3AX1	≥ 0.9	≤ 30	0.15	≥ 0.1	10 毫安	30	
3AG11	≥ 0.94	≤ 10	0.1	≥ 30	—	20	
3AD11	($\alpha_{cb} \geq 5$)	≤ 500	20 (壳温 $\leq 50^{\circ}C$, 加散热片)	≥ 0.15	5 安	60	50 (基极电阻小 于 15 欧)
3AD1	($\alpha_{cb} > 20$)	≤ 400	10 (壳温为 $50^{\circ}C$, 加散热片)	≥ 0.1	1.5 安	30 (壳温为 $50^{\circ}C$)	22 (壳温为 $50^{\circ}C$, 基极开断)

[注] 1. 国产半导体管型号命名法已在讲半导体二极管时提及 (§ 1.3.4)，以 3AG11 为例，3 表示三极管，A 表示 PNP 型锗管，G 表示高频小功率管 ($f_{\alpha} \geq 3$ 兆赫， $P_{cmax} < 1$ 瓦)，11 为同类产品的序号。

极管的截止频率 f_α [参 4.2, 第五章, §1]。

现在的半导体三极管大致可分为二类, f_α 低于 3 兆赫的称为低频管, 高于 3 兆赫的, 称为高频管。

使用半导体三极管时当然不能超出上述的极限定额。特别需要指出, 半导体三极管体积小, 热惯性也很小, 不正确的使用常使半导体三极管烧毁。甚至在焊接半导体三极管引线时, 也要注意不使热量随引线传导到半导体而使晶体结构烧坏。

4.2 用图解法求共发射极放大电路的工作点

共发射极接法的基本放大电路如图 4.2.1 所示。直流电源 E_b

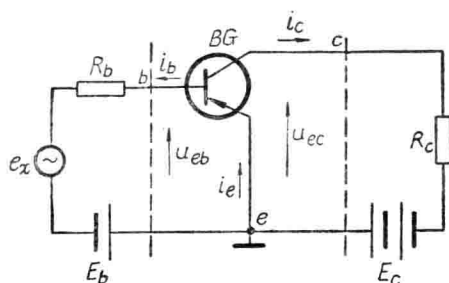


图 4.2.1. 共发射极基本放大电路①。

和 E_c 是使半导体三极管处于合适的静态工作点上。当基极回路有输入信号时, 基极电流 i_b 随着变动, 使集电极电流 i_c 变动, 在集电极负载电阻 R_c 上遂有电压变量输出。本节是用图

解法来确定电路的静态工作点。

用图解法确定半导体三极管放大电路的静态工作点的方法, 有以下特点:

与电子管放大器的图解法相似, 在输出特性上作负载线 AB (图 4.2.2), 但在半导体三极管电路中却常用输入电流(基极电流 i_b)作为参数。因此在决定工作点 Q 时, 必须先定出 Q 点上的输入偏流值 I_{b0} 。

① 图中的 BG 代表“半导体管”(bàndǎotiguǎn)。