

中等专业学校教学用书

电子技术习题解

边立德 编

44

煤炭工业出版社

内 容 简 介

本书是与1983年煤炭工业出版社出版的中等专业学校教材《电子技术》配套的教学用书。书中对教材上、下册的全部习题的解题过程作了简明叙述,并附有各章的内容提要,便于师生参考使用。

本书也可供有关函授中专、技工学校和中级电气干部培训班的师生使用,还可供现场有关技术人员和工人参考。

责任编辑:周宪一

中等专业学校教学用书

电子技术习题解

边立德编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北路21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092\text{mm}^1/16$ 印张 9

字数210千字 印数1—6,620

1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷

ISBN 7-5020-0017-8/TD·18

统一书号 15035·2930

定价1.35元

目 录

第一章	半导体器件	1
第二章	晶体管放大电路分析方法	10
第三章	低频放大器	33
第四章	直流放大器	52
第五章	直流稳压电路	63
第六章	调谐放大器	70
第七章	正弦波振荡器	75
第八章	脉冲电路基本知识	82
第九章	张弛振荡器	95
第十章	逻辑电路及逻辑代数	106
第十一章	计数、译码与显示电路	116
第十二章	可控硅整流电路	120
第十三章	可控硅逆变电路	131
第十四章	可控硅的串并联及其保护	134
第十五章	可控硅触发电路	136

第一章 半 导 体 器 件

一、半导体和PN结

制作半导体器件的半导体材料，必须是单晶体，其结构为共价键结构。按所含杂质浓度的不同，分为本征半导体和杂质半导体。

纯净的半导体称为本征半导体。本征半导体受外界能量激发，能产生电子-空穴对。当有外电场作用于半导体时，两种载流子同时形成电流，即电子电流和空穴电流。

在本征半导体中，人工掺入其它元素，可制成杂质半导体。按所掺杂质性质的不同，分为电子型（N型）半导体和空穴型（P型）半导体。

电子型半导体中的电子数目远大于空穴数目，故称电子为多数载流子，空穴为少数载流子。空穴型半导体中的空穴数目远大于电子数目，故称空穴为多数载流子，电子为少数载流子。但是，无论是空穴型半导体还是电子型半导体，都不是带电体，对外不显电性。

当电子型半导体和空穴型半导体相接触后，在交界面两侧的载流子，由于浓度差而发生多数载流子跑向对方的扩散运动，同时由于内电场的形成，迫使少数载流子产生漂移运动。载流子的漂移运动方向与扩散运动方向相反。当两种运动达到动态平衡时，便在交界面两侧很窄的区域内形成了PN结。

内电场使PN结存在由N区指向P区的电位差。硅PN结约0.6~0.8V；锗PN结约0.2~0.3V。

如果在PN结两侧外加直流电压，外电场将破坏PN结内扩散运动与漂移运动的动态平衡，致使PN结具有单向导电性。正向电压（图1-1）削弱了内

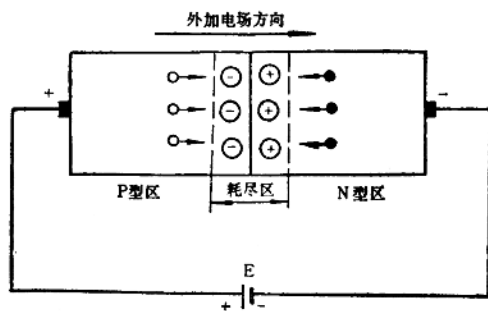


图 1-1

电场，有利于多数载流子的扩散运动，使PN结呈导电状态（或称低阻状态）；反向电压（图1-2）增强了内电场，仅有利于少数载流子的漂移运动，使PN结呈不导电状态（或称高阻状态）。

二、晶体管

二极管——只有一个PN结两个电极的半导体器件。典型的伏安特性曲线如图1-3所示。主要参数有：额定整流电流、反向饱和电流、最高反向工作电压、结电容和最高工作频率。

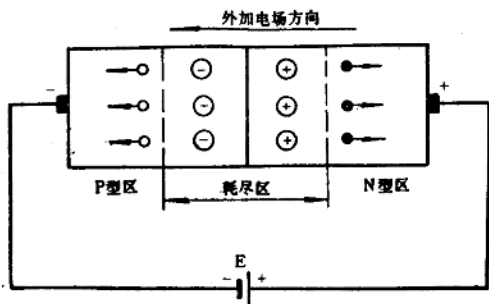


图 1-2

三极管——具有两个PN结三个电极的半导体器件。典型的输出特性曲线族如图1-4所示。静态时各极电流间的关系为（指放大区）。

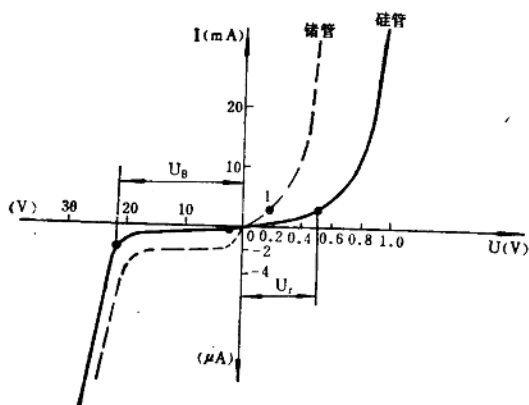


图 1-3

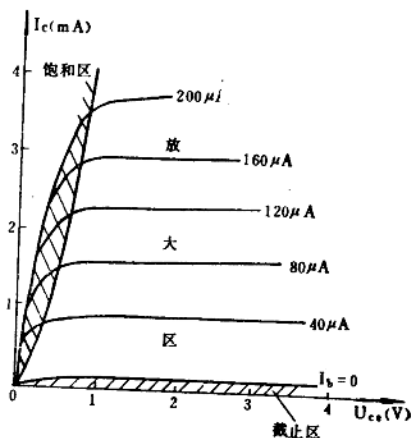


图 1-4

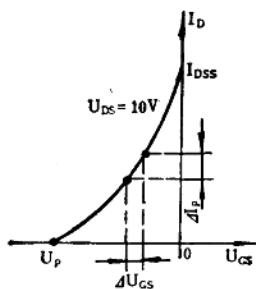


图 1-5

$$I_o = I_c + I_b$$

$$I_o = \beta I_b + (1 + \beta) I_{cbo}$$

三极管的主要参数有：电流放大系数、反向饱和电流、反向击穿电压、最高工作频率、集电极最大允许电流和集电极最大允许耗散功率。

场效应管——一种电压控制型的半导体器件。典型的转移特性曲线族如图1-5所示。主要参数有：夹断电压、饱和漏电流、击穿电压、直流输入电阻和低频跨导。

复 习 题

1-1 什么叫本征半导体，P型半导体和N型半导体？比较它们的导电情况。

答：不含任何杂质的纯净的理想半导体称为本征半导体。本征半导体受热激发而产生电子——空穴对。因此，本征半导体的导电能力与自身温度有关。

P型半导体和N型半导体均属杂质半导体，以电子为多数载流子者称为N型半导体；以空穴为多数载流子者称为P型半导体。杂质半导体的导电能力与所掺杂质浓度有关。

1-2 PN结是如何形成的？耗尽区有什么特征？

答：在N型半导体和P型半导体的交界面两侧，由于载流子浓度差别很大，致使电子从N区向P区扩散，而空穴从P区向N区扩散。多数载流子扩散运动的结果，在交界面两侧形成N区显正电性、P区显负电性的空间电荷区。由于该区域内的载流子被复合掉，故

称为耗尽区，又叫PN结。

耗尽区的主要特征是：（1）失去载流子；（2）产生从N区指向P区的内电场。内电场阻碍多数载流子的扩散运动，同时又推动少数载流子产生与扩散运动方向相反的漂移运动。当两种运动达到动态平衡时，便形成稳定的PN结。

1-3 PN结为什么有单方向导电的特性？

答：PN结受正向电压作用时，外电场削弱了内电场，使扩散电流占优势，电流较大，PN结呈低阻状态；PN结受反向电压作用时外电场加强了内电场，使漂移电流占优势，电流很小，PN结呈高阻状态。

1-4 扩散电流和漂移电流，它们是由哪种载流子、在什么条件下形成的？

答：扩散电流是由多数载流子扩散运动形成；漂移电流是由少数载流子漂移运动形成。浓度差产生扩散运动；电场力产生漂移运动。

1-5 如何用万用表的电阻挡，辨别二极管的极性和好坏？

答：利用万用表的电阻挡，测量二极管的正向和反向电阻值来辨别极性和好坏。测量方法是：将万用表的黑表笔（接在万用表负插孔的表笔）接到二极管的一个极，红表笔（接在正插孔的表笔）接到二极管的另一个极，如图1-6所示。此时电表指示的电阻值如果比较小（约 $100\sim 1000\Omega$ 左右），而将红表笔和黑表笔对调后，电表指示的电阻值若很大（通常大于几百 $k\Omega$ ），则说明管子性能良好，且第二次的接法其黑表笔所接的电极二极管的负极（或叫阴极），红表笔所接的电极二极管的正极（或叫阳极）。如果正反向电阻均为很小或很大，表示管子已损坏，失去了单向导电性。

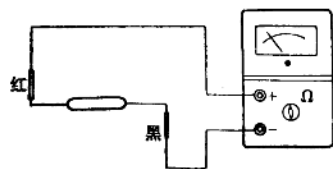


图 1-6

1-6 选用二极管时，应注意哪些问题？

答：（1）额定整流电流不应小于负载电流？

（2）最高反向工作电压不应低于电路工作电压峰值。

（3）高频电路宜选用点接触型二极管；低频或整流电路宜选用面结合型二极管。

1-7 说明NPN型三极管的 $I_e = I_c + I_b$ 和 $I_b \ll I_c$ 的工作原理。

答：如图1-7所示。发射极电流 I_e 是由发射区向基区扩散的电子流形成。由于基区很薄，注入到基区的电子绝大部分被外电场拉到集电区而形成集电极电流 I_c ，只有很小一部分电子与基区中的空穴复合，形成基极电流 I_b 。因此， $I_e = I_c + I_b$ 而且 $I_b \ll I_c$ 。

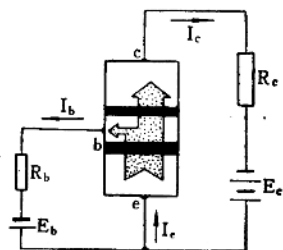


图 1-7

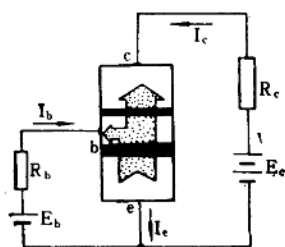


图 1-8

1-8 说明PNP型三极管的 $I_e = I_c + I_b$ 和 $I_b \ll I_c$ 的工作原理。

答：如图1-8所示。工作原理与NPN型三极管基本相同，只是发射极电流 I_e 是由发射区向基区扩散的空穴流形成。

1-9 应如何从能量的角度来正确理解三极管的放大作用？

答：三极管是个电流控制型的半导体器件，当基极电流有微小的变化时，将使集电极电流有较大的变化，这就是三极管的电流放大作用。因此，从能量的角度来说，三极管的放大作用，就是以微小的电功率控制较大的电功率。

1-10 如何用万用表的电阻挡，辨别三极管的管型（NPN型或PNP型）和管脚（e，b或c）？

答：将万用表的功能开关扳到 $R \times 1k\Omega$ 挡，然后用黑表笔接触任意一管脚，用红表笔分别接触另外两个管脚，如果两个阻值近似相等（或者都很小，或者都很大），则黑表笔所接的那个管脚就是基极。若两个阻值都很小，则为NPN型管的基极；若两个阻值都很大，则为PNP型管的基极。

判定基极和管型之后，如为NPN型管，则按图1-9所示方法，将黑表笔接到某一管脚，红表笔接到另一管脚。比较开关K断开和闭合时的阻值，如果相差很大，则黑表笔所接的管脚就是集电极，另一个管脚必为发射极。如果开关K断开和闭合时的阻值相差不大，可对调黑红表笔重复上述测量。

如为PNP型管，则按图1-10所示方法，辨别集电极和发射极。

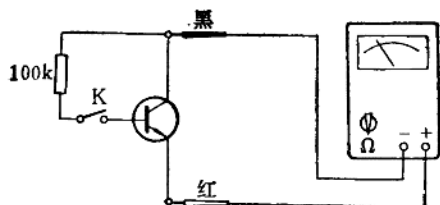


图 1-9

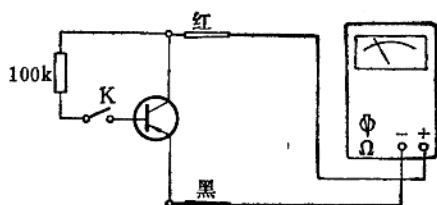


图 1-10

1-11 有两个管子，一个管子的 $\beta = 200$ ， $I_{c00} = 200\mu A$ ；另一个管子的 $\beta = 50$ ， $I_{c00} = 10\mu A$ ，其它参数相同，你认为哪一个管子工作比较可靠？

答：该题要从管子的热稳定性方面进行比较。由于穿透电流 I_{c00} 与反向饱和电流 I_{cb0} 之间存在如下关系

$$I_{c00} = (1 + \bar{\beta})I_{cb0} \approx (1 + \beta)I_{cb0}$$

而且， I_{cb0} 是由少数载流子漂移运动形成的，与管子温度有很大关系。一般锗管温度每升高 $12^\circ C$ ，硅管每升高 $8^\circ C$ ，它们的 I_{cb0} 数值就增大约一倍。因此，通常 β 值大， I_{c00} 亦大的管子热稳定性差，工作不太可靠，所以，应选用 $\beta = 50$ ， $I_{c00} = 10\mu A$ 的管子。

1-12 如何从三极管的输出特性曲线上，观测直流放大系数 $\bar{\beta}$ 和交流电流放大系数 β 的大小？

答：该题要求用图解法计算三极管的 $\bar{\beta}$ 和 β 。图1-11是某三极管的输出特性曲线族。首

先选定集电极电压 U_{ce} 。即图中A点，然后过A点作横轴的垂线，与任意两条特性曲线相交于B点和C点。根据 $\bar{\beta}$ 和 β 的定义，于是可得

$$\bar{\beta} = \frac{I_c}{I_b}; \quad \beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$$

如果 ΔI_b 为常量，则 β 就与 $\overline{BC}$ 线段的长度成正比例。这说明，曲线族的线间距离越宽管子的 β 值就越大。一般 $\bar{\beta} \approx \beta$ ，所以，从线间距离可观测电流放大系数的大小。

1-13 你能否从载流子的运动规律上，说明 $I_{ce0} = (1 + \bar{\beta}) I_{cb0}$ 的关系？

答： I_{ce0} 是基极开路，集电极与发射极之间外加一定反向电压时所测得的集电极电流，如图1-12所示。对于NPN型三极管而言， I_{ce0} 是由发射区扩散到基区的电子流所形成的。其中很小部分的电子与从集电区漂来的空穴复合形成反向饱和电流 I_{cb0} ，绝大部分的电子，被集电极所收集，形成电流 I'_c 。由于此时的 I_{cb0} 对发射结来说起到基极电流的作用，它对 I'_c 的影响将要增大 $\bar{\beta}$ 倍，所以穿透电流 I_{ce0} 等于

$$I_{ce0} = I_{cb0} + I'_c = I_{cb0} + \bar{\beta} I_{cb0} = (1 + \bar{\beta}) I_{cb0}$$

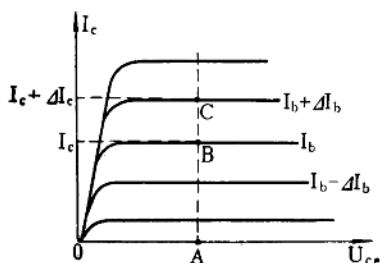


图 1-11

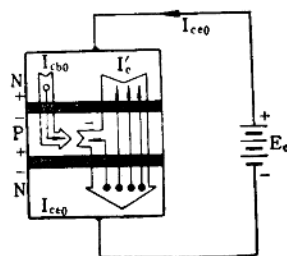


图 1-12

1-14 今在一块放大电路板上，测得某个三极管的三个管脚对地的电压是：第一管脚为 $-6.2V$ ，第二管脚为 $-6V$ ，第三管脚为 $-9V$ 。你能指出这个三极管是NPN型的还是PNP型的？是硅管还是锗管？三个管脚各是什么极？

答：保证三极管的放大作用，必须供给发射结正向电压，集电结为反向电压，如图1-13所示。

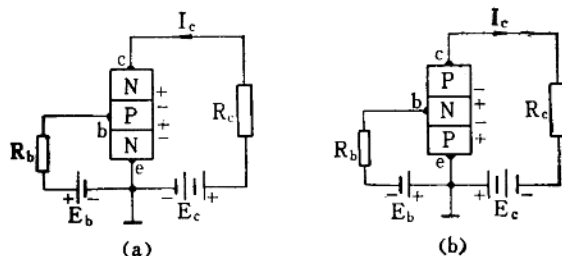


图 1-13

题中所提供的数据说明三个管脚对地的电位均为负值，因此该管属于PNP型三极管。

由于第三脚电位最低，第一脚电位又低于第二脚，所以第三脚是集电极，第一脚是基极，第二脚是发射极。

注意到发射极与基极之间的电位差 $U_{eb} = U_e - U_b = (-6) - (-6.2) = 0.2V$ ，因此该管是锗管。

1-15 场效应管与晶体三极管在工作原理方面有什么区别？

答：二者在工作原理方面的主要区别有两点：（1）场效应管只有一种载流子属于单极性器件；而三极管有两种载流子属于双极性器件。（2）场效应管是依靠栅压的电场作用来控制漏极电流，属于电压控制型放大器件；而三极管是依靠基极电流的分配作用来控制集电极电流，属于电流控制型放大器件。

1-16 N沟道结型场效应管和P沟道结型场效应管，在栅极电源和漏极电源的安排上有什么区别？试画出电路加以说明。

答：结型场效应管属于耗尽型场效应管。正常工作时，栅极与源极之间加反向电压，漏极与源极之间加正向电压，以保证两个PN结均处于反向偏置。由于N沟道是以N型半导体为基本导电通道，两侧为P型半导体。因此，电源安排上，源极接 E_G 的正极和 E_D 的负极，栅极接 E_G 的负极，漏极接 E_D 的正极，如图1-14所示。

对于以P型半导体为基本导电通道的P沟道结型场效应管，则各极对电源极性的要求恰好相反，如图1-15所示。

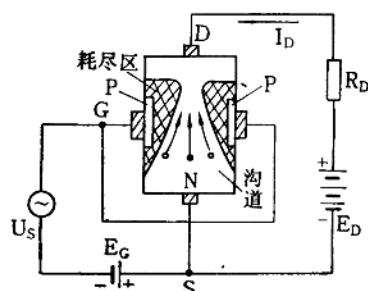


图 1-14

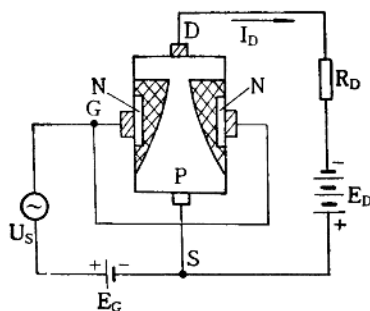


图 1-15

1-17 N沟道增强型和N沟道耗尽型的绝缘栅场效应管，在栅极电源和漏极电源的安排上有什么区别？试画出电路加以说明。

答：绝缘栅型场效应管是利用感应电荷的多少来影响导电沟道，以达到控制漏极电流的目的。由于N沟道增强型绝缘栅场效应管在制造时没有形成反型层，而是靠栅极间加上一个正向电压之后，在P型衬底与绝缘层的界面上，感应出电子，形成N型薄层，即反型层。因此，在电源的安排上，源极接 E_G 的负极和 E_D 的负极，栅极接 E_G 的正极，漏极接 E_D 的正极，如图1-16所示。

而N沟道耗尽型绝缘栅场效应管，在制造时已形成反型层，因此在电源安排上只是 E_G 的极性相反，如图1-17所示。

1-18 某人有一只结型场效应管，但不知是什么型号的，于是做了一下实验，测得它的输出特性曲线如图1-18所示，你能否判断：

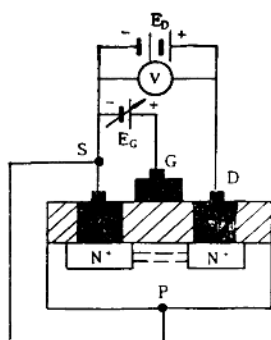


图 1-16

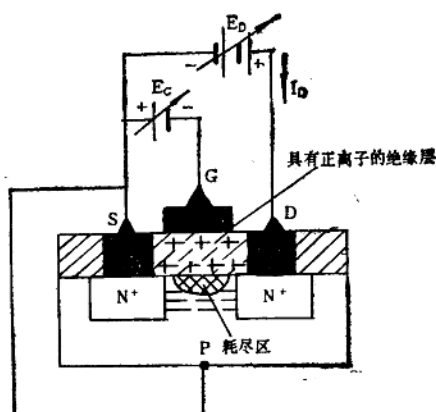


图 1-17

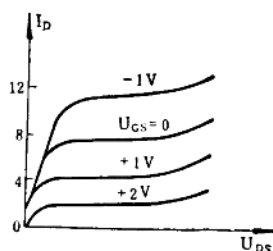


图 1-18

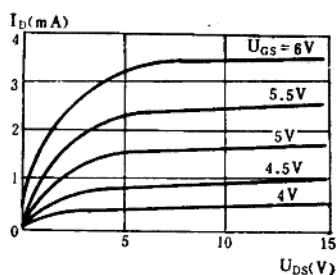


图 1-19

(1) 它是属于哪种导电沟道的场效应管?

(2) 它的夹断电压大约是多少伏?

(3) 它的饱和漏电流大约是多少毫安?

答: (1) 从测得的输出特性曲线中看出, 当 U_{DS} 为一定值时, 漏极电流随着栅极电压从零逐渐增大而减小。表明该管属于 P 沟道结型场效应管。

(2) 夹断电压, 系指在 U_{DS} 为一定值的条件下, 使 I_D 接近为零时所加的栅极电压。从图中可见, 约为 3V 左右。

(3) 饱和漏电流, 系指在 $U_{GS} = 0$ 的条件下 U_{DS} 大于夹断电压时, 通过导电沟道的电流。图中 $U_{GS} = 0$ 那条曲线的“水平”部分所对应的电流值即为饱和漏电流, 约为 8mA 左右。

1-19 场效应管的跨导是如何定义的? 有什么物理意义? 为什么不引用电流放大系数?

答: 在 U_{DS} 为某一定值时, 漏极电流的增量 ΔI_D 与引起该变化的栅极电压增量 ΔU_{GS} 的比值, 称为跨导, 即

$$g_m = \left. \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} \right|_{U_{DS} = \text{常数}}$$

跨导反映了栅极电压对漏极电流的控制能力, 是衡量场效应管放大性能的重要参数。跨导的大小, 等于转移特性曲线在工作点处的斜率。

场效应管的输入电阻非常大,栅极电流几乎等于零,属于电压控制型器件,因此不能引用电流放大系数来衡量放大性能。

1-20 试从图1-19所示的场效应管输出特性曲线上,求出 U_{GS} 从 4.5V 到 5.5V 时的跨导。

答: 设 $U_{DS} = 10V$, 从图中可测量出, 当 U_{GS} 从 4.5V 升到 5.5V 时 I_D 将从 0.9mA 增加到 2.4mA。所以, 栅极电压增量为

$$\Delta U_{GS} = 5.5 - 4.5 = 1V$$

漏极电流增量为

$$\Delta I_D = 2.4 - 0.9 = 1.5mA$$

管子的跨导则为

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} = \frac{1.5 \times 10^{-3}}{1} \times 10^3 = 1500 \mu S$$

1-21 使用场效应管时, 应注意什么问题?

答: 使用场效应管时, 除了注意不要超过额定的栅极电压、漏极电压、耗散功率和最大电流之外, 还应加倍注意:

(1) 栅极与源极之间的电压极性不要接反, 否则PN结将处于正向偏置, 易烧坏管子。

(2) 保存时为了避免在栅极上积累静电荷, 感生高电压使管子损坏, 应将三个电极短接起来。

1-22 图1-20为三极管放大电路, 已知管子的 $\beta = 60$, $I_{CBO} = 5\mu A$, 若测得集电极电流 $I_C = 1mA$, 试求此时的基极电流和发射极电流。

解: 该题应根据三极管电流分配关系, 即 $I_E = I_B + I_C$ 和 $I_C = \beta I_B + (1 + \beta) I_{CBO}$ 来计算基极电流和发射极电流。首先计算基极电流

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{1}{\beta} [I_C - (1 + \beta) I_{CBO}] \\ &= \frac{1}{60} [1 \times 10^{-3} - (1 + 60) \times 5] \\ &= 11.58 \mu A \end{aligned}$$

需要指出, 做题过程中, 对于电流的计量单位用mA或用 μA , 必须统一。对于电压多用V, 电阻多用k Ω 。发射极电流为

$$I_E = I_B + I_C = 11.58 \times 10^{-3} + 1 = 1.012mA$$

1-23 图1-21所示电路, 已知管子的 $\beta = 50$, $I_{CBO} = 10\mu A$ 。如果 $R_b = 50k\Omega$, $R_c = 2k\Omega$, 电压表的读数为5V, 试求电阻 R_c 两端的电压为多少伏?

解: 欲求 R_c 的端电压, 必须知道集电极电流, 为此, 可利用电流关系式计算 I_C , 即

$$I_C = \beta I_B + (1 + \beta) I_{CBO}$$

由于题中已给出 R_b 的端电压, 因此基极电流为

$$I_B = \frac{U}{R_b} = \frac{5}{50} = 0.1mA$$

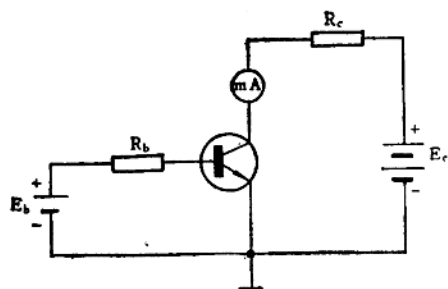


图 1-20

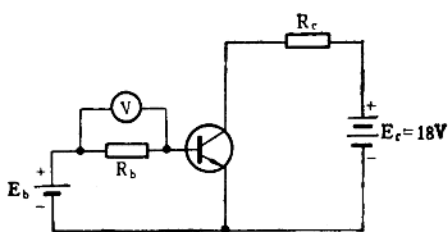


图 1-21

则集电极电流为

$$I_c = 50 \times 0.1 + (1 + 50) \times 10^{-3} \\ = 5.51 \text{ mA}$$

故 R_c 的端电压为

$$U_{R_c} = I_c R_c = 5.51 \times 2 = 11.02 \text{ V}$$

1-24 图1-22所示电路，已知管子 $\beta = 70$ ，如果基极断路，毫安表的读数为 0.71 mA 。试问若将发射极断开，毫安表的读数应是多少？

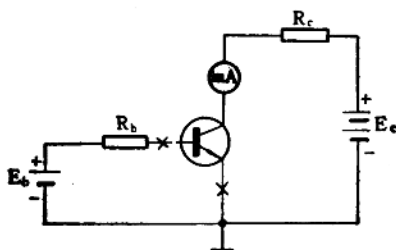


图 1-22

解：当基极断开时，毫安表的读数为管子的穿透电流 I_{ce0} ；而当发射极断开时（当然基极为通路），毫安表的读数就是管子的反向饱和电流 I_{cb0} 。由于已知 β 和 I_{ce0} ，利用 $I_{ce0} = (1 + \beta)I_{cb0}$ 的关系式，便可求出发射极断开时毫安表的读数，即

$$I_{cb0} = \frac{I_{ce0}}{1 + \beta} = \frac{0.71 \times 10^{-3}}{1 + 70} = 10 \mu\text{A}$$

第二章 晶体管放大电路分析方法

一、静态工作点

输入信号为零时，晶体管的各极都应具有一定的直流电流和直流电压，以保证放大器正常工作。

固定偏置电路（图2-1）的静态工作点，可按下列各式计算

$$I_{b0} \approx \frac{E_c}{R_b}$$

$$I_{c0} \approx \beta I_{b0}$$

$$U_{ce0} \approx E_c - I_{c0} R_c$$

电阻分压式偏置电路（图2-2）的静态工作点，可按下列各式计算：

$$U_{b0} \approx \frac{R_{b2} E_c}{R_{b1} + R_{b2}}$$

$$I_{c0} \approx \frac{U_{b0}}{R_e}$$

$$U_{ce0} \approx E_c - I_{c0} (R_c + R_e)$$

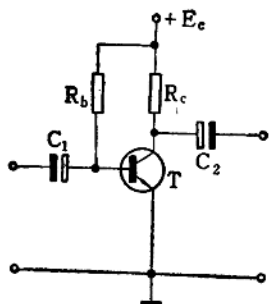


图 2-1

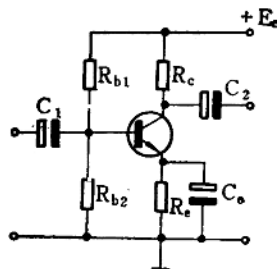


图 2-2

二、放大器的基本分析方法

分析的目的在于计算放大器的输入电阻、输出电阻、电压增益和频率响应特性等各项指标。分析方法有两大类。

1. 图解分析法

第一步：根据直流通路，在输入特性和输出特性上作直流负载线，确定工作点 Q（图 2-3）并测得该点所对应的坐标值 I_{b0} 、 I_{c0} 和 U_{ce0} 。

第二步：根据交流通路，在输出特性上，过 Q 点作交流负载线。

第三步：设输入信号为正弦电压 u_i ，分别画出基极电流 I_b ，集电极电流 I_c 和集电极电

压 U_{ce} 的波形图,并测得各波形中交流分量的幅值 U_{im} 、 I_{bm} 、 I_{cm} 和 U_{cm} 。则放大器的电压增益为

$$K_U = \frac{U_{cm}}{U_{bm}}$$

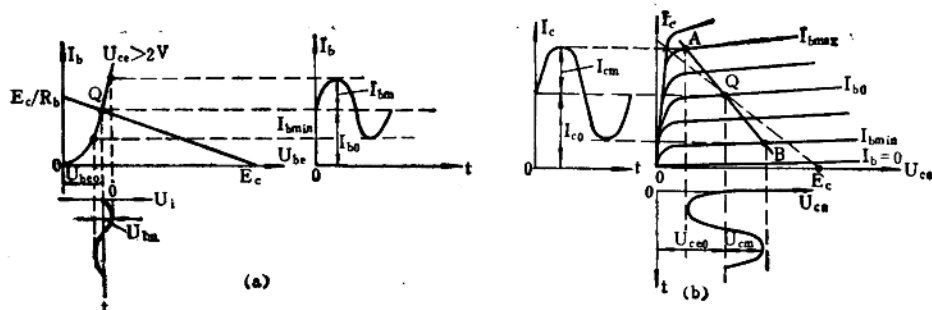


图 2-3

2. 等效电路分析法

第一步:用 h 参数等效电路代替晶体管,画出放大器交流通路的等效电路图。

第二步:应用电路理论,分析放大器的输入电阻,电压增益和输出电阻。

对于图2-1所示放大器的等效电路如图2-4所示。其输入电阻为

$$R_i = \frac{R_b h_{ie}}{R_b + h_{ie}}$$

电压增益为

$$K_U = - \frac{h_{fe} R'_L}{h_{ie}}$$

式中 $R'_L = R_c \parallel R_L$ 为晶体管的交流负载电阻。

输出电阻为

$$R_o \approx R_c$$

图解法多用于大信号放大器的分析,而等效电路法只适用于小信号放大器的分析。

三、单管放大器的设计方法 (已给出电路结构,管子型号或参数、电源电压 E_c)

第一步:确定静态工作点 I_{b0}

$$I_{b0} \geq I_{bm}$$

第二步:选择偏置电路的元件

$$I_1 = (5 \sim 10) I_{b0}, \quad U_{e0} = \left(\frac{1}{5} \sim \frac{1}{3} \right) E_c$$

$$R_{b1} = \frac{E_c - U_{e0}}{I_1}, \quad R_{b2} = \frac{U_{e0}}{I_1}$$

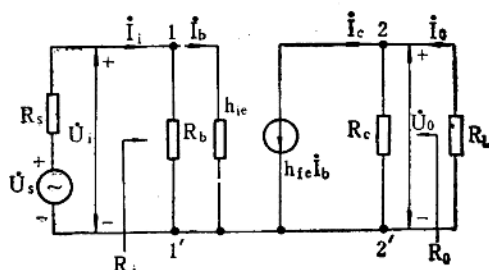


图 2-4

$$R_e = \frac{U_{ce0}}{\beta I_{b0}}$$

第三步：选择集电极电阻

第四步：验算电压增益

四、场效应管放大电路（图2-5）

电压增益

$$K_U = -g_m R'_L$$

输入电阻

$$R_i \approx R_g$$

输出电阻

$$R_o \approx R_D$$

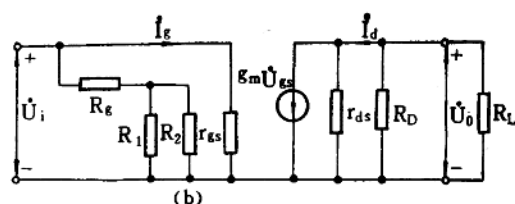
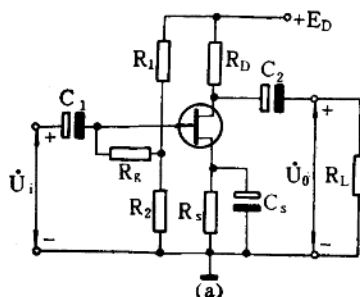


图 2-5

复 习 题

2-1 什么叫静态工作点？在给定晶体管的情况下， E_c 、 R_b 和 R_c 三者任意改变 其中某一个数值，对静态工作点有什么影响？

答：当输入信号为零时放大器的工作状态称为静态工作状态或直流工作状态，此时晶体管的各极电流和电压反映在特性曲线上的工作点，称为静态工作点，一般是指 I_{b0} 、 I_{c0} 和 U_{ce0} 而言。

改变 E_c ，直流负载线沿 U_{ce} 轴平移，同时 I_{b0} 随之增大或减小，因此，静态工作点将向右上方或左下方移动，如图2-6所示。

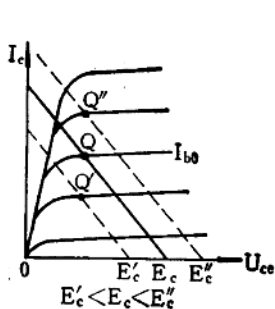


图 2-6

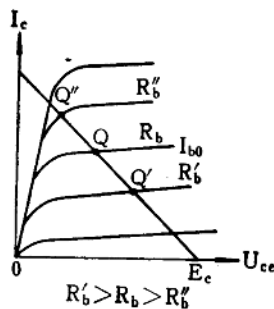


图 2-7

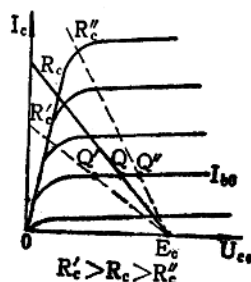


图 2-8

改变 R_b , 则 I_{b0} 随之改变, 静态工作点将沿着直流负载线向上或向下移动, 如图2-7所示。

改变 R_c , 直流负载线的斜率随之改变, 静态工作点将向左或向右移动, 如图2-8所示。

2-2 如图2-9所示放大电路。已知 $E_c = 12V$, $R_c = 3k\Omega$, $\beta = 80$, 忽略 I_{c00} , 试求:

(1) $R_b = 400k\Omega$ 时的静态工作点;

(2) $U_{ce0} = 2.4V$ 时的 R_b 阻值;

(3) $I_{c0} = 1.4mA$ 时的 R_b 阻值。

解: 该题是计算固定偏置电路的静态工作点。

(1) 由于已知 R_b 、 R_c 、 β 和 E_c , 故可直接套用公式。即

$$I_{b0} \approx \frac{E_c}{R_b} = \frac{12}{400} = 0.03mA$$

$$I_{c0} = \beta I_{b0} + I_{c00} \approx \beta I_{b0} = 80 \times 0.03 = 2.4mA$$

$$U_{ce0} = E_c - I_{c0}R_c = 12 - 2.4 \times 3 = 4.8V$$

(2) 由于已知 U_{ce0} , 故可先求 I_{c0} , 即

$$I_{c0} = \frac{E_c - U_{ce0}}{R_c} = \frac{12 - 2.4}{3} = 3.2mA$$

$$I_{b0} = \frac{I_{c0}}{\beta} = \frac{3.2}{80} = 0.04mA$$

$$R_b = \frac{E_c}{I_{b0}} = \frac{12}{0.04} = 300k\Omega$$

(3) 由于已知 I_{c0} , 故可先求 I_{b0} , 即

$$I_{b0} = \frac{I_{c0}}{\beta} = \frac{1.4}{80} = 0.0175mA$$

$$R_b = \frac{E_c}{I_{b0}} = \frac{12}{0.0175} = 685.7k\Omega$$

2-3 在调整放大器的静态工作点时, 常常是只改变 R_b 而其它元件不动。如果要使图2-10所示放大电路的 $U_{ce0} = 3V$, 试问 R_b 应取多大阻值? 这时的 I_{c0} 又为多少毫安?

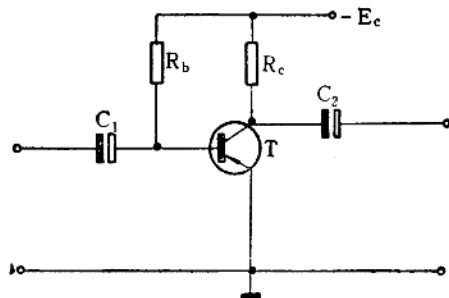


图 2-9

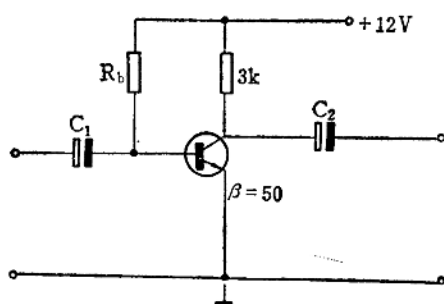


图 2-10

解：该题仍为计算工作点。由于已给出 U_{ce0} ，故可先求 I_{c0} ，再求 R_b ，即

$$I_{c0} = \frac{E_c - U_{ce0}}{R_c} = \frac{12 - 3}{3} = 3\text{mA}$$

$$I_{b0} = \frac{I_{c0}}{\beta} = \frac{3}{50} = 0.06\text{mA}$$

$$R_b = \frac{E_c}{I_{b0}} = \frac{12}{0.06} = 200\text{k}\Omega$$

2-4 画出PNP型晶体管共射极放大电路中各级电流和电压的波形。并说明电压放大原理以及输入和输出电压间的相位关系。

答：虽然PNP型晶体管各极电流和电压的方向与NPN型晶体管刚好相反，但是按图2-11所示的电流和电压正方向分析波形图时，二者是相同的，如图2-12所示。

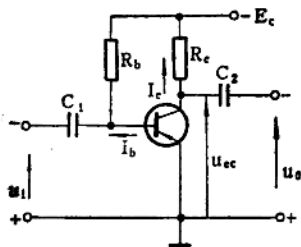


图 2-11

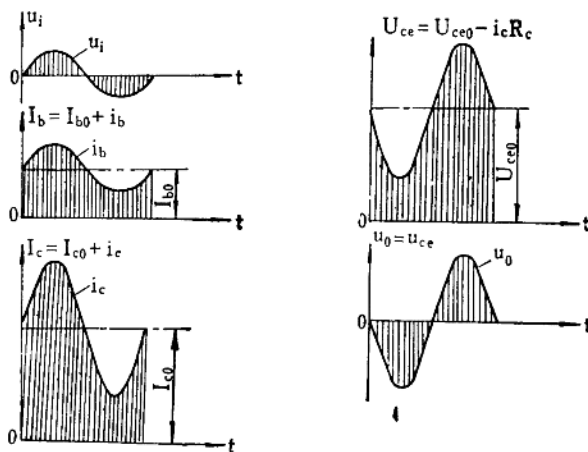


图 2-12

在信号电压 u_i 的作用下，通过耦合电容 C_1 ，使基极电流发生变化，经晶体管的电流放大作用，使集电极电流随之发生较大变化。由于集电极电压 $U_{ce} = E_c - I_c R_c = U_{ce0} - i_c R_c$ ，因此 U_{ce} 亦随之发生变化，其交流分量经耦合输出到下一级电路，这就是电压放大原理。实质上是经 R_c 的作用，将晶体管的电流放大转化为放大器的电压放大。

放大后的输出电压不仅幅值不等，而且相位刚好相反，这是共射极单管放大电路的一个重要特点。

2-5 指出图2-13所示的几个电路有无错误？能否起电压放大作用？应如何改正？

答：在a图中， $R_c = 0$ ，故 $U_c = E_c$ ，无电压放大作用。应接入适当阻值的集电极电阻，如图2-14a。

在b图中，上偏流电阻为无穷大，基极无偏流（ $I_{b0} = 0$ ），故电路仅对正半周信号有放大作用，负半周时管子截止，应接入适当阻值的上偏流电阻。如图2-14b。

在c图中，耦合电容 C_1 位置接错，致使 $I_{b0} = 0$ ，应将 C_1 接在输入端，如图2-14c。

d图所示电路无错误，具有电压放大作用。