

普通高等学校“十四五”精品教材、普通高等学校新形态一体化教材

模拟电子技术 MOOC 学习导学案(活页式)

主 编 ◎ 方重秋 李 丹

冯 鹄 游 霞

副主编 ◎ 廖其龙 石海霞 周英姿

王 聪 刘兴华

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

前言

PREFACE

“模拟电子技术 MOOC 学习导学案”是根据应用型地方本科院校“模拟电子技术基础”课程教学基本要求，结合攀枝花学院多年来电类基础课程“SPOC（小规模限制性在线课程）+翻转课堂”线上线下混合式教学模式改革实践和经验，适应电子技术发展的新形势，针对互联网技术支撑下的全新知识传播模式和学习方式，为提高学生自主学习能力而编写的。

攀枝花学院于 2017 年 2 月开始在“模拟电子技术基础”课程进行教学模式改革，利用现代智慧教学工具，借助互联网资源，研讨教学方法，激发学生兴趣，提高课堂教学效率，以全面培养学生综合素质。经过近 6 年的改革实践，取得了一定成效。

本书基于“模拟电子技术基础”课程改革实践过程中学生学习的难点编写。为帮助学生在自主学习时抓住重点、突破难点，将学生学习的基础能力定位为知识点挖掘能力、归纳总结能力及知识应用能力。这样的培养结构关注学生能力现状、注重能力形成的循序渐进性，一步一个台阶进行学生能力培养，能极大程度上提高学生的能力，进而改善学生的学习体验，实现培养目标从“知识传授”向“能力训练”的转化。

本书为新形态教材，为学生个性化学习创设了空间，能满足新型人才培养模式的需求。其主要特点有：

（1）本教材的诞生来源于攀枝花学院模拟电子技术课程“SPOC+翻转课堂”混合式教学模式实践，在近 6 年的教学改革实践应用中不断总结和改进，具有较强的可操作性和实用性。

(2) 本书内容根据攀枝花学院模拟电子技术课程团队录制的 MOOC (大规模开放在线课程) 视频内容设计, 能有针对性地、循序渐进地引导学生自主学习, 促进学生学习的_{有效性}, 适合翻转课堂课前预习使用, 为教师课堂进行有效翻转提供参考和帮助。

(3) 本书内容形式侧重于学习者能力训练, 循序渐进的基本结构能帮助使用者逐步提升各项能力, 实现学习过程重心由知识传授向能力培养转化。

(4) 本书可用于模拟电子技术 MOOC 教学辅导学习, 还可帮助模拟电子技术课程学习者提高能力, 并理解和掌握本课程知识要点和内容。

(5) 本书在相应位置给出了对应 MOOC 视频资源二维码, 使用者可直接链接到相应 MOOC 视频进行观看, 有助于读者对相关知识点建立比较完整的知识体系。

本书内容包括: 第 1 章半导体器件, 第 2 章放大电路的基本原理和分析方法, 第 3 章放大电路的频率响应, 第 4 章功率放大电路, 第 5 章集成运算放大电路, 第 6 章放大电路中的反馈, 第 7 章模拟信号运算电路, 第 8 章信号处理电路, 第 9 章波形发生电路, 第 10 章直流电源。

参加本书编写工作的有: 方重秋、李丹、冯鹄、游霞、廖其龙、石海霞、周英姿、王聪、刘兴华。方重秋、李丹、冯鹄、游霞担任主编, 负责全书的组织、修改和定稿。

由于编者能力和水平有限, 加之时间仓促, 书中难免有不妥之处, 恳请各位读者批评指正。

编者

2022 年 4 月

数字资源索引

章节	序次	二维码名称	资源类型	页码
第一章	1	1.1 半导体特性及 PN 结	视频	P1
	2	1.2 半导体二极管	视频	P3
	3	1.3 三极管的结构, 载流子运动及电流分配	视频	P 6
	4	1.4 三极管特性曲线、主要参数	视频	P 8
	5	1.5 结型场效应管 JFET	视频	P 11
	6	1.6 绝缘栅型场效应管及场效应管的主要参数	视频	P 13
第二章	7	2.1 单管共发射极放大电路的组成及基本原理	视频	P 18
	8	2.2 直流通路和交流通路、静态工作点的近似估算	视频	P 19
	9	2.3 图解法和微变等效电路法	视频	P 21
	10	2.4 静态工作点的稳定问题	视频	P 24
	11	2.5 共集电极放大电路	视频	P 25
	12	2.6 共基极放大电路及三种基本组态的比较	视频	P 27
	13	2.7 共源放大电路	视频	P 29
	14	2.8 分压自偏压式共源放大电路、共漏极放大电路	视频	P 32
	15	2.9 多级放大电路	视频	P 35
第三章	16	3 放大电路的频率响应	视频	P 38
第四章	17	4.1 功率放大电路的主要特征和 OTL 功率放大电路的组成、工作原理	视频	P 41
	18	4.2 OCL 功率放大电路的组成、工作原理及主要参数的估算	视频	P 42
	19	4.3 采用复合管的互补对称式放大电路	视频	P 44
第五章	20	5.1 集成运放的偏置电路	视频	P 47
	21	5.2 基本形式、长尾式差分放大电路	视频	P 49
	22	5.3 恒流源式差分放大电路	视频	P 51
	23	5.4 集成运放的中间级、输出级及典型集成运放电路	视频	P 55

第六章	24	6.1 反馈的基本概念	视频	P 59
	25	6.2 负反馈的四种组态和反馈的一般表达式	视频	P 61
	26	6.3 负反馈对放大电路性能的影响	视频	P 62
	27	6.4 负反馈放大电路的分析计算	视频	P 64
	28	6.5 负反馈放大电路的自激振荡	视频	P 65
第七章	29	7.1 理想运放的概念、比例运算电路、求和电路	视频	P 68
	30	7.2 积分和微分、对数和指数、乘法和除法电路	视频	P 71
第八章	31	8 滤波器的作用和分类、电压比较器	视频	P 76
第九章	32	9.1 正弦波振荡电路、RC 正弦波振荡电路	视频	P 79
	33	9.2 LC 正弦波振荡电路	视频	P 81
第十章	34	10.1 直流电源、单相整流电路、滤波电路	视频	P 86
	35	10.2 倍压整流电路、硅稳压管稳压电路	视频	P 89
	36	10.3 串联型直流稳压电路、集成稳压器	视频	P 91

目录

CONTENTS

第一章 半导体器件	001
一、本章导学.....	001
二、知识点挖掘，总结应用.....	002
第二章 放大电路的基本原理和分析方法	017
一、本章导学.....	017
二、知识点挖掘，总结应用.....	018
第三章 放大电路的频率响应	037
一、本章导学.....	037
二、知识点挖掘，总结应用.....	038
第四章 功率放大电路	040
一、本章导学.....	040
二、知识点挖掘，总结应用.....	041
第五章 集成运算放大电路	046
一、本章导学.....	046
二、知识点挖掘，总结应用.....	047
第六章 放大电路中的反馈	058
一、本章导学.....	058
二、知识点挖掘，总结应用.....	059
第七章 模拟信号运算电路	067
一、本章导学.....	067
二、知识点挖掘，总结应用.....	068
第八章 信号处理电路	075
一、本章导学.....	075
二、知识点挖掘，总结应用.....	076

第九章	波形发生电路	078
一、	本章导学	078
二、	知识点挖掘, 总结应用	079
第十章	直流电源	085
一、	本章导学	085
二、	知识点挖掘, 归纳总结	086
参考答案		094
第一章	半导体器件参考答案	094
第二章	放大电路的基本原理和分析方法参考答案	098
第三章	放大电路的频率响应参考答案	103
第四章	功率放大电路参考答案	103
第五章	集成运算放大电路参考答案	105
第六章	放大电路中的反馈参考答案	108
第七章	模拟信号运算电路参考答案	111
第八章	信号处理电路参考答案	113
第九章	波形发生电路参考答案	113
第十章	直流电源参考答案	115

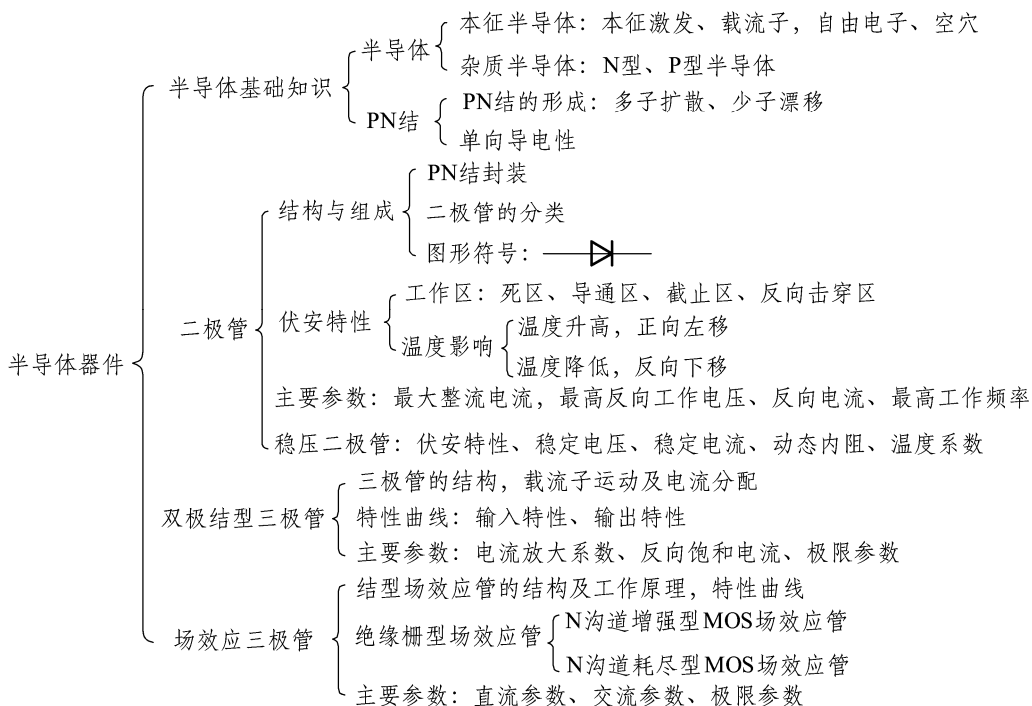


第一章

半导体器件

一、本章导学

1. 知识框图



2. 学习目标

了解本征半导体、杂质半导体的导电原理，掌握N型和P型半导体的基本特性，了解PN结的形成，掌握二极管的伏安特性、单向导电性。掌握稳压管的工作条件，了解发光二极管等特殊二极管。掌握三极管电流放大原理及其电流分配关系式，掌握三极管的输入输出特性曲线及主要参数，掌握三极管工作状态的判断方法。

3. 重、难点

重点：N型和P型半导体基本特性，二极管的伏安特性、单向导电性；稳压管的工作条件，三极管电流放大原理及其输入输出特性，三极管工作状态的判断。

难点：两种载流子参与导电的机理，掺杂半导体中多子和少子，PN结的形成，二极管在电路中是否导通的判断方法；稳压管伏安特性曲线，三极管放大原理及三种工作状态的判断方法。

4. 本章考点

- (1) 本征半导体及杂质半导体的基本特征。
- (2) PN结多子扩散和少子漂移，PN结的单向导电性。
- (3) 二极管的结构与组成及符号。
- (4) 二极管的伏安特性的工作区及温度对其影响，主要参数。
- (5) 稳压二极管的工作条件。
- (6) 三极管电流放大原理。
- (7) 三极管的特性曲线及工作状态的判断方法。

二、知识点挖掘，总结应用



根据视频 L1.1 讲解：半导体的特性

(一) 视频知识挖掘，归纳总结

1.1 半导体特性及PN结

1. 目前根据物体导电能力(电阻率)不同,将其划分为____、____、____, 半导体是导电性能介于____和____之间的物质, 大多数半导体器件所用的主要材料是____和____。

2. 半导体的热敏特性是指当____时, 半导体性能随之增强; 半导体的光敏特性是指当____时, 导电性能增强; 半导体的掺杂特性是指____后, 半导体的导电性能提高几十万倍甚至上百万倍, 基于这种特性制造出各种半导体器件, 如____、____。

3. 硅和锗原子核的最外层有____个电子, 最外层轨道上的电子通常称为____。硅、锗晶体中最外层的价电子不仅围绕自身原子核运动, 同时也围绕相邻的原子核运动, 两个相邻的原子共有一对价电子, 这一对价电子称为____。

4. 本征半导体是指____, 原子最外层的价电子很容易从外部获得能量, 克服____的束缚, 形成____; 自由电子的产生使得共价键留有一个空位置, 称为____。

5. 本征激发产生____和____两种载流子, 而且在本征半导体中它们总是成对出现, 称为____。自由电子带____电, 空穴带____电。

6. 杂质半导体是指____, 根据掺杂的原子元素不同, 将杂质半导体分为____和____。

7. N 型半导体中自由电子浓度_____空穴浓度, 主要依靠_____导电, N 型半导体中_____是多数载流子(简称多子), _____为少数载流子(简称少子)。

8. P 型半导体是在本征半导体中掺入_____价元素原子, 杂质原子产生多余的空穴起接受电子的作用, 称为_____, 在 P 型半导体中空穴浓度_____自由电子浓度。

9. 在杂质半导体中, _____决定多数载流子浓度, _____决定少数载流子浓度。杂质半导体载流子的数目_____本征半导体, 因而其导电能力也大大提升。

(二) 知识点的应用

- 下列关于空穴说法不正确的是()。
 - 空穴带正电荷
 - 空穴具有正的有效质量
 - 空穴同电子一样都是物质世界中的实物粒子
 - 半导体中电子空穴共同参与导电
- P 型半导体中空穴多于自由电子, 则 P 型半导体呈现的电性为()。
 - 正电
 - 负电
 - 电中性
- 下列关于半导体描述不正确的是()。
 - 半导体的导电能力随着外界温度、光照或掺入杂质不同而显著变化
 - 在半导体内部, 只有电子能传导电流
 - P 型半导体中多数载流子是空穴且带正电
- 半导体内的载流子是()。
 - 空穴
 - 自由电子
 - 自由电子与空穴
- 煤气报警器中使用的半导体器件是利用了半导体的()。
 - 光敏特性
 - 气敏特性
 - 热敏特性
- 在掺杂半导体中, 多子的浓度主要取决于(), 而少子的浓度则受()的影响很大。
 - 温度
 - 掺杂浓度
 - 掺杂工艺
 - 晶体缺陷



根据视频 L1.2 讲解: 半导体二极管

1.2 半导体二极管

(一) 视频知识挖掘, 归纳总结

1. 在 P 型和 N 型半导体的交界面两侧, 由于电子和空穴浓度差较大, P 区的多子_____向 N 区扩散, N 区的多子_____向 P 区扩散, 形成 P 区到 N 区的多子电流。

2. 在运动中, 电子和空穴相遇, 复合消失, 在交界面两侧留下不能移动的负离子和正离子, 从而形成一层很薄的_____即 PN 结, 产生从 N 区指向 P 区的电

场,称为_____,其中空间电荷区的载流子几乎全部被耗尽,因此空间电荷区又称为_____;因为空穴带正电,而电子带负电,所以内电场的作用是_____,所以它也被称为_____。

3. 内电场有利于少数载流子的运动,通常载流子在电场作用下的定向运动称为_____,PN结中两种载流子运动分别为_____和_____。在PN结中,当两种载流子运动即扩散运动与漂移运动达到动态平衡后,空间电荷区不再变宽,PN结中总的电流_____。

4. 在PN结上外加一个电压,正向接法(正向偏置)的方式是正极接_____,负极接_____。外电场的作用是使P区的空穴_____,使N区的电子_____,在PN结上加一个很小的正向电压,即可得到较大的_____。

5. 在PN结上外加一个电压,其正极接N区,负极接P区,这种接法称为_____,又称为_____。

6. 在一定温度下,当外加的反向电压超过一定值后,反向电流将不随着反向电压而增大,所以又称为_____。

总结:当PN结正向偏置时,回路中产生较大的正向电流,PN结处于_____状态;当PN结反向偏置时,回路中反向电流非常小,几乎等于零,PN结处于_____状态,由此可见PN结具有_____。

7. 将PN结封装,引出两个电极,就构成了_____,根据二极管的符号可知,阳极从_____引出,阴极从_____引出。

8. 半导体二极管分类可以按照_____分为硅二极管、锗二极管等,按照_____分为点接触型和面接触型二极管,按_____分为整流二极管、稳压二极管、发光二极管等。

9. 将二极管的电流与其端电压的关系曲线称为_____。伏安特性曲线包含_____和_____两部分。

10. 分析正向特性,刚开始二极管两端的电压很小时,对应电流也很小,这一段被称为_____,相应的电压称为_____。当二极管两端电压大于某一电压时,电流随着电压增大而迅速增大,称为_____区。

11. 在测量二极管的反向特性时,刚开始二极管的反向电流非常小,这一段称为_____区,在一定范围内,反向电流并不随着反向电压而增大,称为_____;当二极管两端电压继续升高,达到一定数值时,反向电流会突然增大,这种现象称为_____,对应电压称为_____。击穿后,二极管不再具有_____。

12. 二极管具有单向导电性,两端加正向电压时_____,呈现很小的正向电阻,如同开关闭合,加反向电压时_____,呈现很大的反向电阻,如同开关断开。从二极管伏安特性曲线中可以看出,二极管的电压与电流变化不呈线性关系,其内阻

不是常数，所以二极管属于_____。

13. 观察二极管伏安特性曲线，二极管的特性对温度很敏感，具有负温度系数，温度越高，相同端电压情况下，二极管的正向导通电流和反向饱和电流越_____。

14. 最大整流电流是指二极管长期运行时，允许通过的_____；最高反向工作电压，是在工作时允许加在二极管两端的反向电压的_____，超过该值二极管可能_____；反向电流是指在室温下，二极管两端加上规定的反向电压时，流过管子的反向电流，通常希望反向电流_____；最高工作频率的值主要决定于_____，结电容愈大，二极管允许的最高工作频率_____。

15. 稳压管也是一种二极管，通常工作在_____，稳定电压是指_____；稳定电流是_____；当_____时，管子的稳压性能变差，当_____时，只要不超过额定功耗，稳压管可正常工作。

16. 动态内阻是指_____，温度系数是指_____。当稳定电压大于 7 V 时，温度系数为_____，稳定电压值_____；稳定电压小于 4 V 时，温度系数为_____，稳定电压值_____；当稳定电压在 4 V~7 V 时，温度系数值_____，性能比较稳定。

(二) 知识点的应用

- 当温度升高时，二极管正向电压_____，反向电流_____。()
 A. 增大，减小
 B. 减小，增大
 C. 减小，减小
 D. 增大，增大
- 当 PN 结外加正向电压时，扩散电流 () 漂移电流，耗尽层 ()；当 PN 结外加反向电压时，扩散电流 () 漂移电流，耗尽层 ()。
 A. 大于
 B. 小于
 C. 等于
 D. 变宽
 E. 变窄
- 二极管实际上就是一个 PN 结，PN 结具有_____，即处于正向偏置时，处于_____状态，反向偏置时，处于_____状态。
- 已知某二极管在温度为 25℃ 时的伏安特性如图 1.2.1 所示，在温度为 T_1 时的伏安特性如图中虚线所示。在 25℃ 时，该二极管的死区电压为_____V，反向击穿电压为_____V，反向电流为_____A。温度 T_1 _____25℃。(大于、小于、等于)
- 普通二极管工作在特性曲线的_____，稳压管工作在特性曲线的_____。
- 有 A、B、C 三个二极管，测得它们的反向电流分别是 2 μA 、0.5 μA 、5 μA ；在外加相同的正向电压时，电流分别为 10 mA、30 mA、15 mA。比较而言，哪个管子的性能最好？()
- 在如图 1.2.2 所示电路中，已知输入电压 $u_i = 5 \sin \omega t$ (V)，设二极管的导通电压 $U_{\text{on}} = 0.7$ V。请分别画出它们的输出电压波形和传输特性曲线。

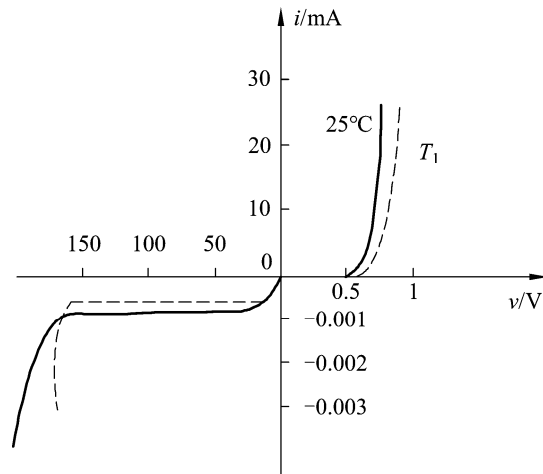


图 1.2.1 二极管在温度为 25 °C、 T_1 时的伏安特性曲线

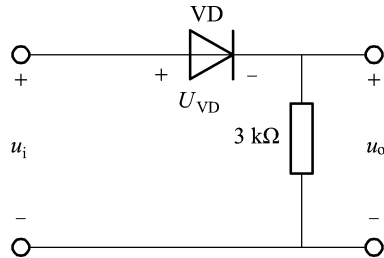


图 1.2.2

根据视频 L1.3 讲解：三极管的结构，载流子运动及电流分配

(一) 视频知识挖掘，归纳总结

1. 双极型半导体三极管通常简称为_____，也可简称为_____、_____或 BJT (Bipolar Junction Transistor, 双极结型晶体管)。它有_____和_____两种载流子参与导电，故称之为_____，是重要的三端电子器件。

2. 三极管有_____和_____型两种类型，制作工艺有_____和_____。三极管的三个区为：_____、_____和_____；从三个区引出三个电极分别为：_____、_____和_____；两个 PN 结分别为：_____和_____。请在图 1.3.1 画出两种类型三极管的图形符号，并标出 3 个电极的名称和符号。发射极上的箭头表示发射结加_____时，_____的实际方向。故 NPN 管的箭头由_____指向_____，PNP 管的箭头由_____指向_____。



1.3 三极管的结构，载流子运动及电流分配

(a) NPN

(b) PNP

图 1.3.1 三极管图形符号

3. 三极管实现放大的内部结构条件为：(1) _____；(2) _____；(3) _____。外部条件为：发射结处于_____偏置状态，集电结处于_____偏置状态。

4. 下面以 NPN 型理想三极管的内部载流子的传输过程为例来说明各电极电流的组成。

发射极电流包括两部分：发射区多子_____越过发射结扩散到基区，形成发射结电子扩散电流 I_{EN} ；基区多子_____扩散到发射区形成的发射结空穴扩散电流 I_{EP} 。即 $I_E = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

基极电流包括三部分：基区多子_____扩散到发射区而形成的电流 I_{EP} ；基区多子空穴与发射区扩散过来的电子_____而形成的电流 I_{Bn} ；集电区的少子_____和基区的少子_____产生漂移运动而形成的电流 I_{CBO} 。即 $I_B = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

集电极电流包括两部分：集电区收集基区扩散过来的_____而形成集电极电流 I_{cn} ；集电区的少子_____和基区的少子_____产生漂移运动而形成的电流 I_{CBO} 。即 $I_C = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

显然，三个电极的电流满足_____，满足 KCL。

5. 四个电流放大系数的定义式分别为：

共基直流电流放大系数 $\bar{\alpha} = \underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}$ ；

共射直流电流放大系数 $\bar{\beta} = \underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}$ ；

共基交流电流放大系数 $\alpha = \underline{\hspace{2cm}}$ ；

共射交流电流放大系数 $\beta = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

注意：直流参数 $\bar{\alpha}$ 、 $\bar{\beta}$ 与交流参数 α 、 β 的含义是不同的，但是，由于 β 与 $\bar{\beta}$ ， α 与 $\bar{\alpha}$ 的数值差别不大，在今后的计算中，可不将它们严格区分。

(二) 知识点的应用

1. 已知两只晶体管三个电极的电流大小和方向如图 1.3.2 所示，则晶体管的类型 (NPN 或 PNP)：图 (a) _____，图 (b) _____。晶体管的放大倍数：图 (a) _____，图 (b) _____。节点 1、2、3 对应的电极为：图 (a)：1—____，2—____，3—____；图 (b)：1—____，2—____，3—____。

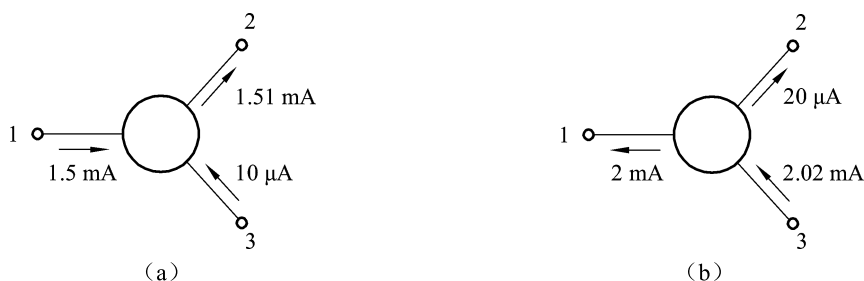


图 1.3.2

2. 已知图 1.3.3 (a)、(b) 中两只三极管的电流放大系数分别为 100 和 50, 现测得放大电路中这两只管子两个电极的电流如图所示, 则另一个电极的电流为: 图 (a) _____, 图 (b) _____. 则晶体管的类型 (NPN 或 PNP): 图 (a) _____, 图 (b) _____. 节点 1、2、3 对应的电极为: 图 (a): 1—____, 2—____, 3—____; 图 (b): 1—____, 2—____, 3—____. 在图中标出该电极电流的方向。

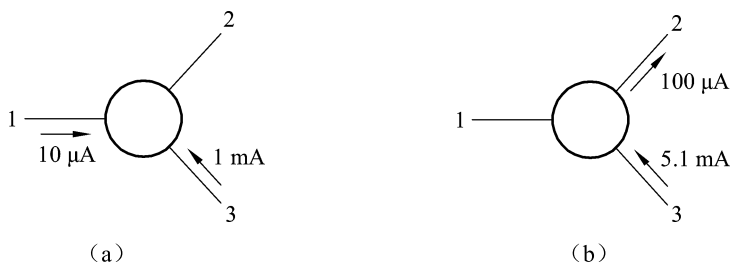


图 1.3.3

根据视频 L1.4 讲解: 三极管特性曲线、主要参数

(一) 视频知识挖掘, 归纳总结

1. 三极管的输入特性是指当输出电压_____为某一数值时, 输入电流_____与输入电压_____之间的关系, 如图 1.4.1 所示。当 U_{CE} 增大到 1 V 左右时, 输入特性曲线_____. 当 U_{CE} 继续增大, 特性曲线_____. 常取 U_{CE} 大于某一数值 (如 2 V) 时的一条输入特性来代表 U_{CE} 更高的情况。输入特性曲线用函数表示为_____。



1.4 三极管特性曲线、主要参数

2. 输出特性是指当输入电流_____为某一数值时, 电流_____与电压_____之间的关系, 如图 1.4.2 所示。用函数表示为_____。

输出特性曲线划分为三个区域: _____、_____和_____。

(1) 截止区。 $i_B \leq 0$, i_C 也近似为 0。

发射结_____偏, 集电结_____偏。对于 NPN 来说, u_{BE} _____0, u_{BC} _____0; 对于 PNP 来说, u_{BE} _____0, u_{BC} _____0。

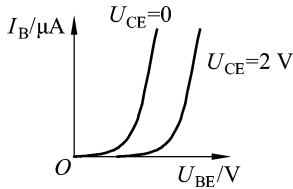


图 1.4.1 输入特性曲线

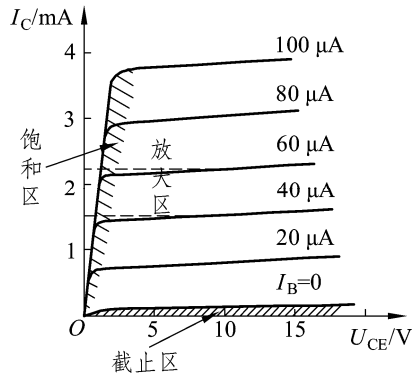


图 1.4.2 输出特性曲线

(2) 放大区。 $i_C = \beta i_B$ 。

发射结_____偏，集电结_____偏。对于 NPN 来说， u_{BE} _____0， u_{BC} _____0；对于 PNP 来说， u_{BE} _____0， u_{BC} _____0。

(3) 饱和区。 i_C 基本上不随基极电流 i_B 而变化。

发射结_____偏，集电结_____偏。对于 NPN 来说， u_{BE} _____0， u_{BC} _____0；对于 PNP 来说， u_{BE} _____0， u_{BC} _____0。

3. 三极管放大电路有三种基本接法：_____、_____和_____。

4. 三极管的主要参数。

(1) 电流放大系数。表征三极管_____的参数是电流放大系数。分别为：_____、_____、_____和_____。

(2) 反向饱和电流，也叫极间反向电流。包括：_____和_____。

两个反向饱和电流都是由_____的运动形成的，所以对_____特别敏感。实际工作中选用三极管时，这两个反向饱和电流值越_____，表明三极管的质量越好。

(3) 极限参数。指三极管使用时不得超过的限度。包括：_____、_____和_____。

当 I_C 过大时，三极管的 β 值要_____。一般取 β 值下降到额定值的三分之二的 I_C 为 I_{CM} 。

三极管消耗的功率 $P_C =$ _____，此功率转化为热能使管子的温度升高。当温度过高，将使三极管的性能恶化甚至被损坏。

极间反向击穿电压表示外加在三极管各电极之间的_____，如果超过这个限度，则管子的反向电流急剧增大，甚至可能被击穿而损坏。

三极管的安全工作区同时要受_____、_____和_____的限制。

(二) 知识点的应用

1. 测得放大电路中处于放大状态的晶体管直流电位如图 1.4.3 所示。请判断晶体的类型 (NPN 或 PNP) 及三个电极，并分别说明它们是硅管还是锗管。则：

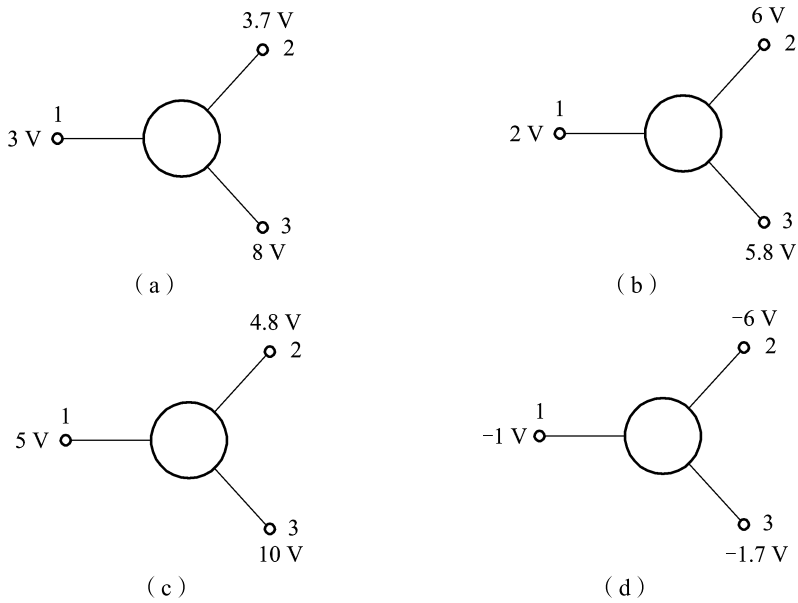


图 1.4.3

- (1) 图 (a): _____; 1—_____, 2—_____, 3—_____; _____管。
 (2) 图 (b): _____; 1—_____, 2—_____, 3—_____; _____管。
 (3) 图 (c): _____; 1—_____, 2—_____, 3—_____; _____管。
 (4) 图 (d): _____; 1—_____, 2—_____, 3—_____; _____管。

判别方法小结:

(1) 工作处于放大状态的晶体管, 发射结_____, 集电结_____。即三个电极对地电位大小为: NPN: _____ > _____ > _____; PNP: _____ > _____ > _____。基极电位总是居_____, 据此可先确定基极。

(2) 硅管的 $|U_{BE}|$ 为_____ V、锗管的 $|U_{BE}|$ 为_____ V, 由这一差值大小可判断是硅管还是锗管, 并可判断出与基极相差这一数值的电极为_____极。

(3) 余下一个电极为_____极。

(4) 集电极电位最_____的为 NPN 管, 集电极电位最_____的为 PNP。

2. 若在电路中测得晶体管的三个电极对地电压如图 1.4.4 所示, 试判断晶体管的工作状态 (放大、饱和、截止), 并填在横线上。

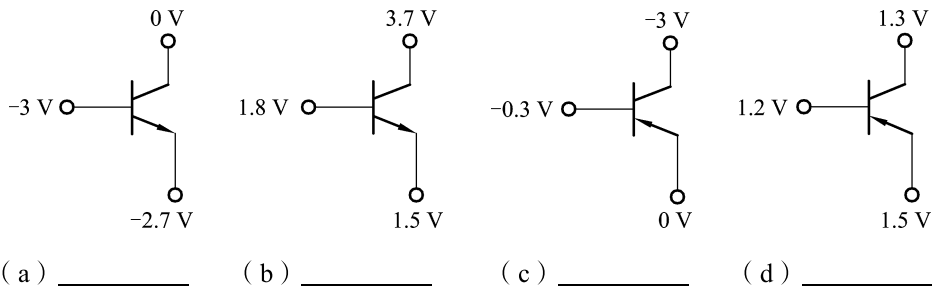


图 1.4.4

判别方法小结:

(1) NPN 管, 若 $U_B < U_E$, 则三极管 _____; 若 $U_B > U_E$, 且 $U_B > U_C$, 则三极管 _____; 若 $U_B > U_E$, 且 $U_B < U_C$, 则三极管 _____。

(2) PNP 管, 若 $U_B > U_E$, 则三极管 _____; 若 $U_B < U_E$, 且 $U_B < U_C$, 则三极管 _____; 若 $U_B < U_E$, 且 $U_B > U_C$, 则三极管 _____。

3. 有两只晶体管, A 管参数为: $\beta_1 = 200$, $I_{CEO1} = 200 \mu A$; B 管参数为: $\beta_2 = 100$, $I_{CEO2} = 10 \mu A$, 其他参数基本相同。则在电路中使用时选 _____ 管更好, 因为 _____。

根据视频 L1.5 讲解: 结型场效应管 JFET

(一) 视频知识挖掘, 归纳总结

1. 场效应管由于只有 _____ 载流子参与导电, 故称为 _____。又因为这种管子是利用 _____ 来控制电流的, 所以也称为 _____, 简称为场效应管。场效应管分为两大类: _____ 和 _____。

2. 结型场效应管又分为 _____ 结型场效应管和 _____ 结型场效应管。结型场效应管的三个电极分别为: _____、_____ 和 _____。场效应管的三个电极 G、S、D, 分别类似于 BJT 的 _____、_____、_____。请在图 1.5.1 画出两种结型场效应管的电路图形符号。图 (a) 中垂直短画线表示 _____, 实线表明在未加栅压之前漏极与源极之间 _____ 导电沟道。箭头的方向表示栅结正向偏置时, 栅极电流的方向由 _____ 指向 _____, N 是指 _____。同理, 图 (b) 中, 箭头的方向表示栅结正向偏置时, 栅极电流的方向由 _____ 指向 _____, P 是指 _____。故从符号上就可识别 D、S 之间的沟道类型。



1.5 结型场效应管 JFET

(a) N 沟道结型场效应管

(b) P 沟道结型场效应管

图 1.5.1 结型场效应管

3. 由 N 沟道 JFET 的工作原理, 可得到以下结论:

(1) 改变 _____, 改变了 PN 结中电场, 控制了 _____, 故称场效应管。

(2) 结型场效应管栅源之间加反向偏置电压, 使 PN 结 _____, 栅极基本不取电流, 因此, 场效应管输入电阻 _____。

(3) JFET 是_____控制电流器件, i_D 受_____控制。

(4) 预夹断前, i_D 与 u_{DS} 呈近似线性关系; 预夹断后, i_D 趋于饱和。沟道完全夹断时的栅源电压称为_____, 表示为_____。

4. 转移特性是指当场效应管的_____保持不变时, 漏极电流 i_D 与_____的关系。其表达式为_____。转移特性描述栅源电压 u_{GS} 对_____的控制作用。N 沟道 JFET 的转移特性如图 1.5.2 所示, 由图可得: 转移特性曲线与横坐标轴交点处的电压, 表示 $I_D = 0$ 时的 U_{GS} , 即是_____。转移特性曲线与纵坐标轴交点处的电流, 表示 $U_{GS} = 0$ 时 I_D , 称为_____。

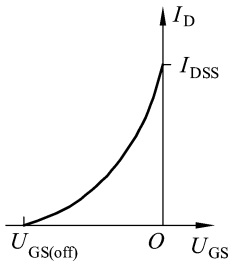


图 1.5.2 N 沟道 JFET 转移特性曲线

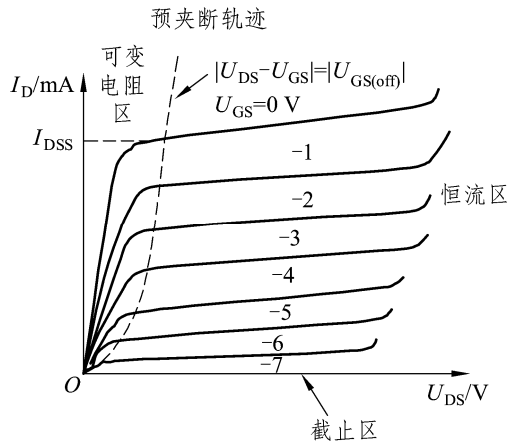


图 1.5.3 N 沟道 JFET 输出特性曲线

5. 输出特性是指当场效应管_____不变时, 漏极电流 I_D 与_____的关系, 其表达式为_____。N 沟道 JFET 输出特性如图 1.5.3 所示。

由图 1.5.3 可得, 场效应管输出特性分为三个区: _____、_____和_____。

(1) 输出特性中最左侧部分, 当 u_{DS} 较小时, i_D 随 u_{DS} 的增加而几乎_____, 此时场效应管可近似看成一个_____。在该区, 场效应管的特性呈现为一个由_____控制的_____, 所以称为可变电阻区。

(2) 输出特性中间部分, 各输出特性曲线近似为水平的直线, 表示漏极电流_____, i_D 的值主要决定于_____, 故称为恒流区, 也称为_____。

可变电阻区与恒流区之间的虚线表示_____。每条输出特性曲线与此虚线相交的各个点上, 均满足_____, 此时, 场效应管出现预夹断现象。

(3) 在最下面靠近横坐标的部分, 表示场效应管的 u_{GS} _____ $U_{GS(off)}$, 导电沟道_____, 场效应管_____导电, 称为截止区。

(二) 知识点的应用

1. 一个结型场效应管的转移特性曲线如图 1.5.4 所示。则其为_____沟道 JFET, 夹断电压 $U_{GS(off)} =$ _____V, 饱和漏极电流 $I_{DSS} =$ _____mA。