

高等学校教学参考书

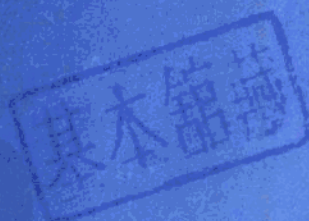
940014

15.10.9
4632:JA

电子技术(电工学Ⅱ) 教学参考

杨福生 主编

高等教育出版社



高等学校教学参考书

电子技术(电工学Ⅱ) 教 学 参 考

杨福生 主编

高等教育出版社

前 言

本书是配合高等教育出版社1989年出版的杨福生主编《电子技术（电工学Ⅱ）》一书的教学法指导书。《电子技术（电工学Ⅱ）》是按国家教委高等学校工科电工课程教学指导委员会制定的《高等工业学校电子技术（电工学Ⅱ）课程教学基本要求》编写的。为了适应电子技术的迅速发展，此教材尝试用较新的体系编写，其主要特点是在分析方法和内容上打破了传统的模式：模拟电路部分建立了以模拟信号处理为中心的体系，因而加强了运算放大器，数字电路部分舍弃了分立元件，建立了以中小规模组件为主的体系，并加强了应用实例。

教材出版以来，得到国内广大同行和学生们的欢迎，认为该教材基本概念阐述清楚，内容深浅适度；打破了传统的系统和讲授方法，适应当前电子技术的发展，学完这本书会使学生感到电子技术“有用”，也“知道怎么用”；紧紧结合非电专业的使用特点，在实用技术与基础理论的结合上走在众多教材的前列。

同行们在肯定该书的同时也提出了一些问题和使用中遇到的困难，其中比较突出的问题是：内容取舍；学时安排；习题解答。为此，我们特地编写了这本教学法用书，每一章的内容均分成五个部分：

1. 内容提要：提纲挈领地概述本章的主要内容及各内容间的内在联系。

2. 学时安排：说明我们执教中所用学时及学时不够时

内容的主次、取舍。

3. 教学中常见的问题：根据我们自己的教学经验列举一些学生们常提出的问题和常发生的错误。

4. 解题举例：选择一些典型例题（其中一部分就是教材中的习题，也有一部分是另选的）加以分析。有些着重在解题思路的分析，另一些则侧重在解题步骤的说明。

5 习题答案：为了方便教师使用，给出了所有习题的答案。

本书由杨福生主编，模拟电路部分(1~9章)由张贵媛编写，数字电路部分(10~17章)由何丽静编写，由杨福生负责最后整理和定稿。初稿经大连工学院蒋德川教授作了细致的审阅，提出了许多宝贵意见，并指出了书中一些错误与不妥之处，在此仅表示诚挚的谢意。我们努力作到使答案及书稿中的错误尽可能少，但仍难免有疏漏之处，我们热诚希望此书能对采用本教材的教师有所帮助，也希望能得到教师与同学们的批评指正。

杨福生

1991年4月5日

目 录

第一章 半导体器件的特性	(1)
一、内容提要	(1)
二、学时安排	(2)
三、教学中常见的问题	(2)
四、解题举例	(3)
五、习题答案	(8)
第二章 模拟电子电路的基本分析方法	(10)
一、内容提要	(10)
二、学时安排	(11)
三、教学中常见的问题	(11)
四、解题举例	(14)
五、习题答案	(19)
第三章 基本放大电路	(21)
一、内容提要	(21)
二、学时安排	(21)
三、教学中常见的问题	(21)
四、解题举例	(27)
五、习题答案	(37)
第四章 电子电路中的负反馈	(41)
一、内容提要	(41)
二、学时安排	(42)
三、教学中常见的问题	(42)
四、解题举例	(45)
五、习题答案	(52)
第五章 线性处理器	(53)

一、内容提要	(53)
二、学时安排	(54)
三、教学中常见的问题	(54)
四、解题举例	(56)
五、习题答案	(63)
第六章 非线性处理器	(67)
一、内容提要	(67)
二、学时安排	(67)
三、教学中常见的问题	(67)
四、解题举例	(68)
五、习题答案	(73)
第七章 波形的产生	(77)
一、内容提要	(77)
二、学时安排	(77)
三、教学中常见的问题	(77)
四、解题举例	(82)
五、习题答案	(85)
第八章 功率放大器	(86)
一、内容提要	(86)
二、学时安排	(86)
三、教学中常见的问题	(86)
四、解题举例	(87)
五、习题答案	(91)
第九章 直流电源	(92)
一、内容提要	(92)
二、学时安排	(92)
三、教学中常见的问题	(92)
四、解题举例	(93)
五、习题答案	(95)

第十章 数字电路的基础知识	(97)
一、内容提要	(97)
二、学时安排	(98)
三、教学中常见的问题	(98)
四、解题举例	(100)
五、习题答案	(103)
第十一章 逻辑门电路	(104)
一、内容提要	(104)
二、学时安排	(105)
三、教学中常见的问题	(105)
四、解题举例	(106)
五、习题答案	(111)
第十二章 组合逻辑电路	(114)
一、内容提要	(114)
二、学时安排	(114)
三、教学中常见的问题	(115)
四、解题举例	(118)
五、习题答案	(127)
第十三章 触发器	(132)
一、内容提要	(132)
二、学时安排	(133)
三、教学中常见的问题	(133)
四、解题举例	(136)
五、习题答案	(138)
第十四章 时序逻辑电路	(143)
一、内容提要	(143)
二、学时安排	(145)
三、教学中常见的问题	(146)
四、解题举例	(149)

五、习题答案	(156)
第十五章 脉冲波形的产生与整形	(164)
一、内容提要	(164)
二、学时安排	(165)
三、教学中常见的问题	(165)
四、解题举例	(170)
五、习题答案	(173)
第十六章 数/模与模/数变换器	(176)
一、内容提要	(176)
二、学时安排	(176)
三、教学中常见的问题	(177)
四、解题举例	(177)
五、习题答案	(178)
第十七章 半导体存储器	(181)
一、内容提要	(181)
二、学时安排	(182)
三、教学中常见的问题	(182)
四、解题举例	(182)

第一章 半导体器件的特性

一、内容提要

本章介绍常用半导体器件：二极管、稳压管、晶体管及场效应管等。

1. 由半导体→纯净半导体(本征半导体)→杂质半导体(P型、N型半导体)→PN结→二极管，这部分内容学生在中学已学过，因此只要简单复习一下即可。教学中要特别强调PN结的单向导电性。本章扩展了二极管在其它方面(特别是波形处理方面)的应用。教材中介绍了限幅、钳位、峰值提取，单向微分等电路。

2. 本章基本不讲器件内部机理，以器件外特性作为分析的依据，并且这些特性是为实验结果而引出的。讨论器件的技术数据时，除说明物理根据和实用意义外最好结合特性曲线来做进一步的说明。例如由二极管的伏安特性曲线(图1.1)可说明二极管的主要参数：最大正向电流 I_{DM} 、反向允许最高电压 U_{RM} 、最大反向电流 I_{RM} 。将伏安特性、参数和使用结合在一起来讲可使学生得到比较直观的印象，收到较好的教学效果。

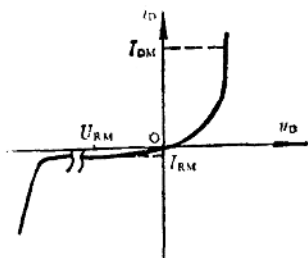


图 1.1

3. 器件特性的总结归纳为：非线性和可控性。关于非

线性有些器件表现出恒压性，例如稳压管反向应用时若流过稳压管的电流被限制在某一范围内，则稳压管两端电压是恒定的。另一些器件则表现出恒流性，如晶体管或场效应管当 i_B 或 u_{GS} 恒定时， i_C 或 i_D 表现出恒流特性(U_{CE} 或 U_{DS} 要大于某一数值)。关于可控性要注意两点：一是控制作用的单向性，一是要分清是压控还是流控。例如晶体管 i_B 控制 i_C ，是流控器件；场效应管 u_{GS} 控制 i_D ，是压控器件。反过来 i_C 对 i_B 或 i_D 对 u_{GS} 均无控制作用。

二、学时安排

本章授课学时为3学时，二极管和稳压管，晶体管，MOS绝缘栅场效应管，这三部分每部分约为1学时。(如学时不够可不讲MOS管)。

三、教学中常见的问题

1. 从电路部分到电子技术部分学习方法上应有所变化，要引导学生注意适应这一变化。电路分析中学生已习惯了“根据电路规律列写公式，再严格计算求解”这样的学习方法。进入电子电路部分后，有时只作定性描述，因此常常要作近似忽略。例如二极管的三种电路模型，当二极管作为开关器件时，往往看成是理想模型，在放大电路的静态分析时往往看成是只考虑正向压降的模型，而在动态分析时是用考虑正向压降和动态电阻的模型。又如在二极管的应用举例中都是只作定性描述，将二极管看成理想模型。在定性分析时要充分注意从分析过程中总结出的基本规律，如对电路中的二极管，当加于两端电压使之正偏时，则二极管导通，相当短路，反偏时二极管不通，相当断路。在电子电路分析中要

始终抓住“定性分析，定量估算，概念总结”三步曲。

2. 器件及其特性介绍中，电子电路中的常用名词及技术语将不断引出。要注意分清主次，次要名词不要太多。主要的特性和技术数据要结合使用来说明其意义，以加深印象。

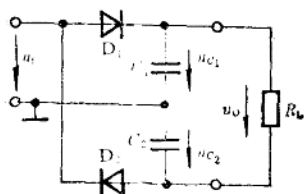
3. 场效应管的有关知识是本章内容中学生以往完全没有接触过的。但它在本章中的地位是次要的，不可喧宾夺主。内部机理的说明要尽量简化，重点在特性。教学中注意突出与晶体管的对比，突出其压控特性。场效应管类型不求全，不讲结型，MOS管也只讲清一种(例如N沟道耗尽型)，其余类型触类旁通。

四、解题举例

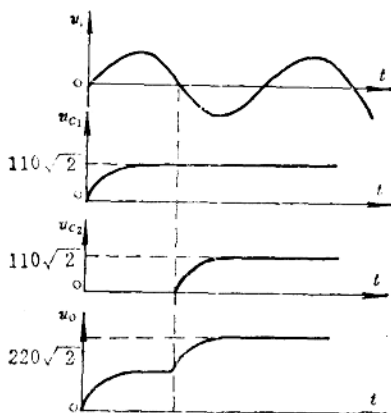
〔例一〕图1.2(a)是所谓“倍压整流”电路，如果输入电压 u_1 是110V、50Hz的交流电，试求输出电压 u_o 的大小，它是直流还是交流？(分析时设负载电阻 R_L 很大，因而输出端可视为开路)。

解：假设开始时 u_1 为正半周而上升， D_1 导通， D_2 截止， C_1 被充电至 u_1 的最大值 $u_{c_1} = 110\sqrt{2}$ (正方向见图1.2(a))， u_1 过最大值后， D_1 反偏而截止， u_{c_1} 保持 $110\sqrt{2}$ V。当进入 u_1 的负半周， D_1 仍然截止， D_2 导通，于是 C_2 被充电至 u_1 的最大值， $u_{c_2} = 110\sqrt{2}$ V (正方向如图1.2(a))， u_1 过负向最大值后， D_2 截止， u_{c_2} 保持 $110\sqrt{2}$ V，此后，输出电压 $u_o = u_{c_1} + u_{c_2}$ ，保持为 $220\sqrt{2} = 311$ V。 u_{c_1} 、 u_{c_2} 以及输出电压 $u_o = u_{c_1} + u_{c_2}$ 的波形如图1.2(b)所示。

〔例二〕画出图1.3(a) (b)各电路上输出电压 u_o 的波形，设二极管是理想的，输入电压 u_1 是如图1.3(c)所示的矩形脉冲序列，已知矩形脉冲波 $U_s = 1$ V， $T_1 = 10$ ms， $T_2 = 100$ ms，



(a)



(b)

图 1.2

又 $R = 10\text{k}\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$ 。

解：对图(a)，当 u_i 由 0 跳变到 U_i 时电容充电，此时由于二极管 D 不通，所以充电时间常数 $\tau_1 = RC = 1\text{ms} \ll T_1$ ，因此是一微分电路。当 u_i 由 U_i 突降到 0 时电容放电，此时由于 D 导通，放电时间常数 $\tau_2 = \frac{1}{2}RC = 0.5\text{ms}$ 。波形如图 1.4(a)。

对图(b)，当 u_i 由 0 突升至 U_i 时，二极管 D 导通电容充电，由于二极管正向电阻很小，所以 u_o 迅速升至 U_i 值。

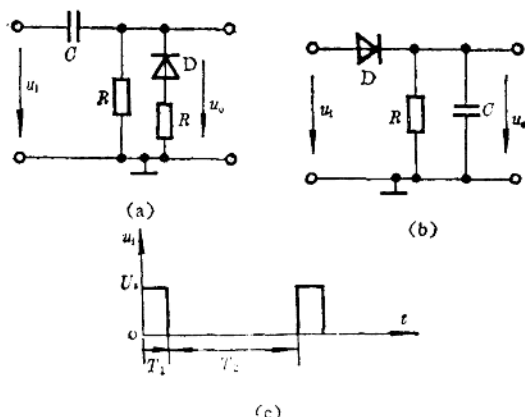


图 1.3

当 u_i 由 U_s 突降为 0 时, 二极管截止, 电容通过电阻 R 放电。时间常数 $\tau = RC = 1\text{ms}$, u_o 波形如图 1.4(b)。

〔例三〕分析图 1.5(a) 电路在输入电压 u_i 在以下各值时, 晶体管工作在放大、饱和还是截止状态 ($U_{BE} = 0.7\text{V}$)。

1. $u_i = 0\text{V}$
2. $u_i = 3\text{V}$
3. $u_i = 5\text{V}$

(提示: 可以把图上虚框部分电路用戴维南定理化简后再分析)。

解: 先求输入电路的等效电源

$$U_d = -\frac{u_i - U_{SB}}{R_1 + R_2} R_2 + U_{SB}$$

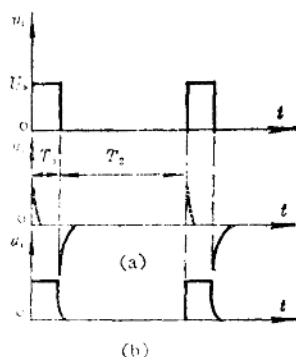


图 1.4

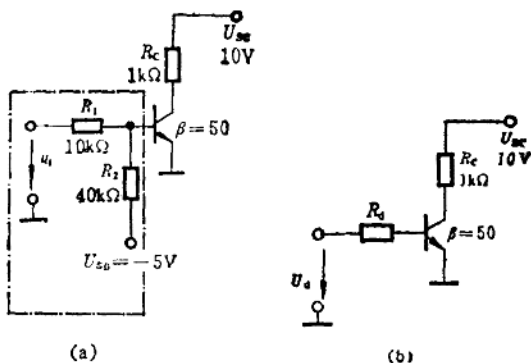


图 1.5

$$= \frac{u_1 + 5}{50} \times 40 - 5$$

$$= \frac{4}{5} u_1 - 1$$

等效电阻 R_d 为

$$R_d = R_1 // R_2 = \frac{10 \times 40}{10 + 40} = 8 \text{ k}\Omega$$

因此等效变换后的电路如图1.5(b)所示。

晶体管工作状态是由发射结和集电结偏置状态决定的，如发射结正偏，集电结反偏，晶体管工作在放大状态，发射结、集电结均反偏，晶体管工作在截止状态，发射结、集电结均正偏，晶体管工作在饱和状态。下面分别进行分析。

1. $u_1 = 0$ 时， $U_d = -1 \text{ V}$ ，所以晶体管工作在截止状态。

2. $u_1 = 3 \text{ V}$ 时， $U_d = 1.4 \text{ V}$

$$I_B = \frac{U_d - U_{BE}}{R_d} = \frac{1.4 - 0.7}{8} = 0.0875 \text{ mA}$$

$$I_{C_{max}} \approx \frac{U_{SC}}{R_C} = 10 \text{ mA}$$

$$I_{B_{max}} = \frac{I_{C_{max}}}{\beta} = 0.2 \text{ mA} > 0.0875 \text{ mA}$$

可见晶体管工作在放大状态。

3. $u_i = 5 \text{ V}$ 时, $U_d = 3 \text{ V}$

$$I_B = \frac{3 - 0.7}{8} = 0.287 \text{ mA} > I_{B_{max}}, I_B \text{ 增加 } I_C \text{ 不变,}$$

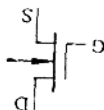
可见此时晶体管工作在饱和状态。

[例四] 图1.6是某场效应管的输出特性曲线, 试说明:

1. 该场效应管属于哪种类型? 画出其电路符号。
2. 估算 $u_{DS} = 15 \text{ V}$ 、 $u_{GS} = -1 \text{ V}$ 处的跨导 g_m 。
3. 估算夹断电压 U_P 。
4. 漏源间击穿电压 $U_{DS(BR)}$ 约为多大?

解: 1. 由特性曲线可以看出, $u_{GS} = 0$ 时, $i_D \neq 0$, 说明有原始导电沟道, 所以是耗尽型。 u_{GS} 负值愈大, i_D 愈小说明是N沟道。因此该场效应管为N沟道耗尽型场效应管。电路

图符号为



2. 由特性曲线看出, 当 $u_{DS} = 15 \text{ V}$ 、 $u_{GS} = -1 \text{ V}$ 时, i_D 约为 6 mA ; $u_{GS} = -2 \text{ V}$ 时, i_D 约为 4 mA 。

$$\text{所以 跨导 } g_m = \frac{\Delta i_D}{\Delta u_{GS}} = \frac{6 - 4}{-1 - (-2)} = 2 \text{ mA/V}$$

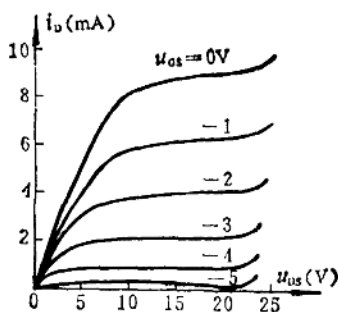


图 1.6

3. 当 $u_{GS} = -5V$ 时, i_D 近似为 0, 所以夹断电压 $U_P = -5V$ 。

4. 当 $u_{DS} = 22V$ 时, i_D 有上升趋势, 所以击穿电压 $U_{DS(BR)} \approx 22V$ 。

五、习题答案

1.1. 见图 P1.1

1.2. 将 u_i 限制在 $+0.7V \sim -0.7V$ 范围内。

1.3. 见例一

1.4. 见例二

1.5. u_i 波动 $\pm 10\%$, 电路能正常工作, 波动 $\pm 30\%$, 电路不能正常工作。

1.6. (1) $R = 0.5k\Omega$ (2) $35V \sim 22.5V$

1.7. (1) $\tilde{\beta} = 45$ (2) $\overline{\beta} = 40$, $\tilde{\beta} = 45$

1.8. (1) $R_B \uparrow \rightarrow I_B \downarrow \rightarrow I_C \downarrow \rightarrow U_{CE} \uparrow$

(2) I_B 不变, I_C 不变, $U_{CE} = U_{SC} - I_C R_C \downarrow$

1.9. 见例三

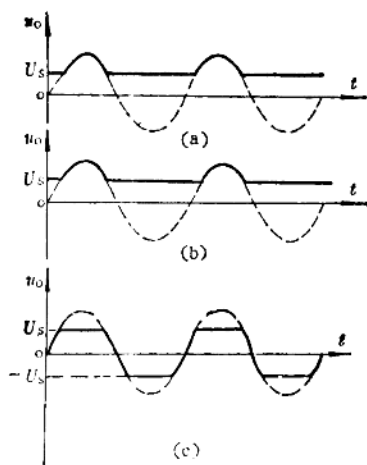


图 P1.1

1.10. 见图P1.10

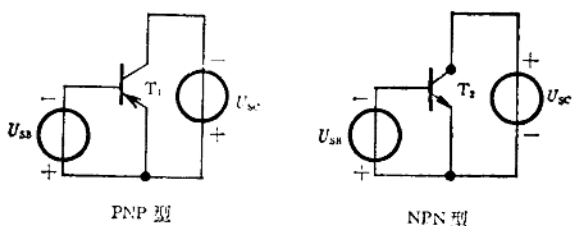


图 P1.10

1.11. T_1 , c是基极, a是发射极, b是集电极, 是NPN型硅管。

T_2 , f是基极, e是发射极, d是集电极, 是PNP型锗管。

1.12. 见例四

1.13. 见例五

1.14. 在输出特性曲线上找出 $U_{GS} = U_{DS}$ 各点联成曲线, 即为所求伏安特性。