

一流学校 一流老师 一流资源



三一丛书

电子技术

(电工学 II)

要点与解题

王建华 刘 晔 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

127C2

:2

2006

西安交大教学资源文库 三一丛书

电子技术(电工学Ⅱ)

要点与解题

王建华 刘晔 编著

西安交通大学出版社

内容简介

本书是作者按照理工科大学《电子技术》(电工学Ⅱ)教学的基本要求,针对学生在学习中的问题和困难,根据多年的教学经验编写而成。内容覆盖了现有教材中的基本概念、基本理论和基本方法,部分内容有所扩充。全书共8章。包括:半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、波形产生与变换电路、直流稳压电源、门电路和组合逻辑电路、集成触发器和时序逻辑电路、数模和模数转换电路。各章内容均由基本要求、基本知识点、典型例题和自我检测题四部分组成。附录为西安交通大学近年来本科生的《电子技术》(电工学Ⅱ)期末考试题,并附有参考答案。

本书可作为普通高等院校大学生学习《电工电子技术》课程的辅导教材,也可作为有关专业硕士研究生报考人员的复习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术(电工学Ⅱ)要点与解题/ 王建华,刘晔编
著. 西安:西安交通大学出版社,2006.8
(西安交大教学资源文库.三一丛书)
ISBN 7-5605-2247-5

I. 电... II. ①王... ②刘... III. ①电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 078046 号

书 名	电子技术(电工学Ⅱ)要点与解题
编 著	王建华 刘 晔
出版发行	西安交通大学出版社
地 址	西安市兴庆南路 25 号 (邮编:710049)
电 话	(029)82668357 82667874(发行部) (029)82668315 82669096(总编办)
印 刷	陕西向阳印务有限公司
字 数	285 千字
开 本	880mm×1230mm 1/32
印 张	7.75
版 次	2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5605-2247-5/TM·63
定 价	12.80 元

版权所有 侵权必究

丛书总序

为了使普通高等学校理工类专业的大学生更好地学习、掌握基础课和专业基础课知识,我们组织出版了这套“三一”丛书,目的就是提供一流的学习资源,使大家共享一流教师的教学经验和教学成果,为今后的学习打下良好的基础。

西安交通大学是国内仅有的几所具有百年历史的高等学府,是首批进入国家“211 工程”建设的七所大学之一,1999 年被国家确定为我国中西部地区惟一所以建设世界知名高水平大学为目标的学校。西安交大历来重视本科生教学,1996 年成为全国首家本科教学评估为优秀的大学。学校拥有国家级、省部级、校级教学名师数十名,具有丰富的、一流的教学资源。本丛书均由西安交通大学长期在教学一线主讲的教授、副教授主编,他们具有丰富的基础课、专业基础课教学和辅导经验。丛书作者们在长期的教学实践中,深深了解学生在学习基础课、专业基础课时的难点和困惑点之所在,对如何使学生更有效地学习、掌握课程的基本知识和解题技巧进行了深入的探索和研究,并将成果体现于书中。

本丛书针对中少学时课程的特点和教学要求,以普通高等学校的学生为主要对象,不拘泥于某一本教材,而是将有特色和使用量较大的各种版本的教材加以归纳总结,取其精华,自成一体。书中对课程的基本内容、研究对象、教学要求、学习方法、解题思路进行了全面、系统的总结和提炼,按基本知识点、重点与难点、典型题解析、自我检测题等环

节进行编排。本丛书既可单独使用,也可与其他教材配合使用。

我们衷心希望本丛书成为您大学基础课和专业基础课学习阶段的良师益友,帮助您克服困难,进入大学学习的自由王国,并祝您早日成为国家的栋梁之材!

在学习使用过程中,您如果发现书中有不妥之处或有好的建议,敬请批评指正并反馈给我们,我们会进一步改进自己的工作,力争使您满意。

真诚感谢您使用西安交大版图书。

西安交大出版社网址:<http://press.xjtu.edu.cn>

<http://www.xjtupress.com>

理工医事业部信箱: jdlgy31@126.com

西安交通大学出版社

2006年6月

前 言

《电工电子技术》(电工学)包括《电工技术》和《电子技术》,是高等学校非电类专业的一门技术基础课,是面向非电专业学生开设的唯一电类基础课程,影响面大,受益面广。《电工电子技术》课程的作用和任务是:使学生通过本课程的学习,获得电工技术和电子技术的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工技术和电子技术的应用和发展,为学习后续课程和从事科学研究工作打下一定基础。为了满足科学技术迅猛发展和拓宽基础、淡化专业,提倡不同专业领域的交叉与融合,以及培养高素质复合型人才的需要,高等学校非电专业学科调整了人才培养计划和课程设置,对《电工电子技术》课程的教学内容和课程体系提出了更高和更严格的要求。

电工技术特别是电子技术的发展十分迅速,这要求《电工电子技术》课程要不断引入新的教学内容,必然存在教学体系中有限课程容量与无限膨胀的课程内容之间的矛盾。因而,《电工电子技术》课程的课堂教学只能是电工技术和电子技术的基本理论、基本知识和基本技能的“启发”和“提纲挈领”式的教学。要学好《电工电子技术》,除了课堂的学习和训练之外,要结合教学要求,完成一定数量的习题,提高分析问题和解决问题的能力。基于这一认识,根据作者在西安交通大学长期为非电类专业学生开设《电工电子技术》课程的教学实践和经验,为了适应 21 世纪教学内容、课程体系改革和发展的需要而编写了本书。

本书为《电子技术》(电工学Ⅱ)的教学辅导书,全书共 8 章。包括:半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、波形产生与变换电路、直流稳压电源、门电路和组合逻辑电路、集成触发器和时序逻辑电路、数模和模数转换电路。各章内容均由基本要求、基本知识点、典型例题详解和自我检测题四部分组成。“基本要求”是对学生学习各章内容所提

出的要求,一般分为三个层次:了解、理解和掌握。“基本知识点”是对各章主要内容的说明和学习指导,指出在学习中的疑难之处和应注意的问题。“典型例题详解”以例题的形式表明了各章的重点和难点,是对基本理论、基本知识和基本技能的应用,这些例题有利于读者掌握学习方法和对问题的深入思考。“自我检测题”用来对学习效果进行检验。书中附有自我检测题的答案(或提示)以及近年来西安交通大学《电子技术》(电工学Ⅱ)课程的考试题及参考答案。本书适于作为普通高等院校非电类专业学生学习《电子技术》(电工学Ⅱ)课程的教学辅导书。本书与刘晔、王建华合作编写的《电工技术》(电工学Ⅰ)课程的教学辅导书形成《电工电子技术》课程教学辅导书的姊妹篇。

本书由王建华和刘晔合作编写,编写《电工电子技术》课程的教学辅导书对作者而言是一个全新的课题,编写过程中作者学习和借鉴了有关的参考文献,获益匪浅!研究生李少华、史璐瑶为本书的编写做了不少工作。在此,作者谨向他们致以衷心的感谢!

作者学识水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,欢迎专家、学者以及使用本书的老师和同学批评指正。

作 者

2006年5月于西安交通大学

目 录

前 言

第 1 章 半导体器件	(1)
1.1 基本要求	(1)
1.2 基本知识点	(1)
1.3 典型例题详解	(5)
1.4 自我检测题	(10)
第 2 章 基本放大电路	(14)
2.1 基本要求	(14)
2.2 基本知识点	(14)
2.3 典型例题详解	(27)
2.4 自我检测题	(48)
第 3 章 集成运算放大器	(52)
3.1 基本要求	(52)
3.2 基本知识点	(52)
3.3 典型例题详解	(58)
3.4 自我检测题	(72)
第 4 章 波形产生与变换电路	(77)
4.1 基本要求	(77)
4.2 基本知识点	(77)
4.3 典型例题详解	(87)
4.4 自我检测题	(100)
第 5 章 直流稳压电源	(105)
5.1 基本要求	(105)
5.2 基本知识点	(105)
5.3 典型例题详解	(114)
5.4 自我检测题	(124)

第 6 章 门电路和组合逻辑电路	(127)
6.1 基本要求	(127)
6.2 基本知识点	(127)
6.3 典型例题详解	(140)
6.4 自我检测题	(155)
第 7 章 触发器与时序逻辑电路	(158)
7.1 基本要求	(158)
7.2 基本知识点	(158)
7.3 典型例题详解	(172)
7.4 自我检测题	(185)
第 8 章 模拟量和数字量的转换	(188)
8.1 基本要求	(188)
8.2 基本知识点	(188)
8.3 典型例题详解	(191)
8.4 自我检测题	(193)
自我检测题答案	(194)
附录 1 西安交通大学电子技术(电工学Ⅱ)考试题	
西安交通大学 2005 年 6 月电子技术(电工学Ⅱ)考试题	(206)
西安交通大学 2005 年 12 月电子技术(电工学Ⅱ)考试题	(213)
西安交通大学 2006 年电子技术(电工学Ⅱ)考试题	(220)
附录 2 西安交通大学电子技术(电工学Ⅱ)试题参考答案	
西安交通大学 2005 年 6 月电子技术(电工学Ⅱ)试题参考答案	(224)
西安交通大学 2005 年 12 月电子技术(电工学Ⅱ)试题参考答案	(229)
西安交通大学 2006 年电子技术(电工学Ⅱ)试题参考答案	(234)
参考文献	(239)

第 1 章 半导体器件

1.1 基本要求

- (1) 了解半导体的导电规律。
- (2) 理解半导体二极管、稳压管、三极管和 MOS 场效应晶体管的基本结构、工作原理、特性曲线和主要参数。
- (3) 掌握 PN 结的单向导电性。
- (4) 了解下列名词术语的含义：本征半导体、杂质半导体、多数载流子、少数载流子、空间电荷区、漂移电流、扩散电流、死区电压、动态电阻、单极型晶体管、双极型晶体管。

1.2 基本知识点

1. 半导体及其导电特性

(1) 本征半导体

具有晶体结构的完全纯净的半导体称为本征半导体。环境温度升高或光照时本征激发产生的自由电子和空穴总是成对出现的。

(2) P 型半导体和 N 型半导体

掺入微量的杂质元素对本征半导体的导电性能有巨大的影响，其导电能力大大高于本征半导体。多数载流子为电子的杂质半导体叫 N 型半导体；多数载流子为空穴的杂质半导体叫 P 型半导体。其中，多数载流子是由于掺杂产生的，而少数载流子是本征激发产生的。

2. PN 结及其单向导电性

用一定工艺方法将 P 型半导体和 N 型半导体紧密结合在一起，在交界面上形成一个很薄的空间电荷区，称为 PN 结。PN 结具有单向导电性。当 PN 结外加正向电压，即 P 区接电源正极，N 区接电源负极，且外加电压大于死区电压时，PN 结正向导通。而当 PN 结外加反向电压，即 N 区接电源正极，P 区接电源负极时，PN 结反向截止。

3. 半导体二极管

半导体二极管实际上就是一个 PN 结。其符号与伏安特性如图 1.1 所示。由伏安特性可以看出二极管是典型的非线性器件,当二极管正向导通时,管压降仅有零点几伏,忽略其管压降,可以将其看成短路。而当二极管反向偏置时,如果忽略其反向饱和电流,可以将其看成断路。

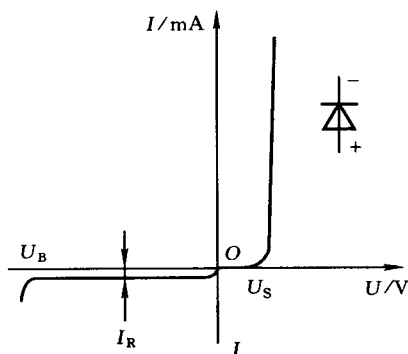


图 1.1 二极管的伏安特性

二极管的主要参数:最大整流平均电流,最高反向电压,反向饱和电流。

本章主要通过二极管的应用掌握 PN 结单向导电性。

4. 稳压管

稳压管是一种特殊的面接触型二极管,与一般二极管不同,稳压管特殊的制造工艺使得反向击穿具有可逆性。因此,通常使它工作在反向击穿区以稳定同它并联的负载电压。为了限制稳压管中的电流,工作时必须串联一个限流电阻。

稳压管的主要参数:稳定电压,最大稳定电流,动态电阻。

5. 半导体三极管

半导体三极管是有两个 PN 结的半导体器件,有 PNP 和 NPN 两种结构形式。晶体三极管的输入输出特性如图 1.2 所示。

三极管的输入特性形状与二极管相同。不同的是三极管输入特性还受集电极电压的影响。但当 $U_{ce} \geq 1\text{ V}$ 时,这种影响几乎可以忽略不计。通常将此曲线用作分析电路的依据。

三极管的输出特性是一个曲线簇,如图 1.2(b) 所示,可以分成截止区、线性放大区和饱和区。若用于放大电路,则工作在线性放大区。若用于数字(或开关)电路,则工作在截止区和饱和区。3 个工作区三极管的工作状态如表 1.1 所示。

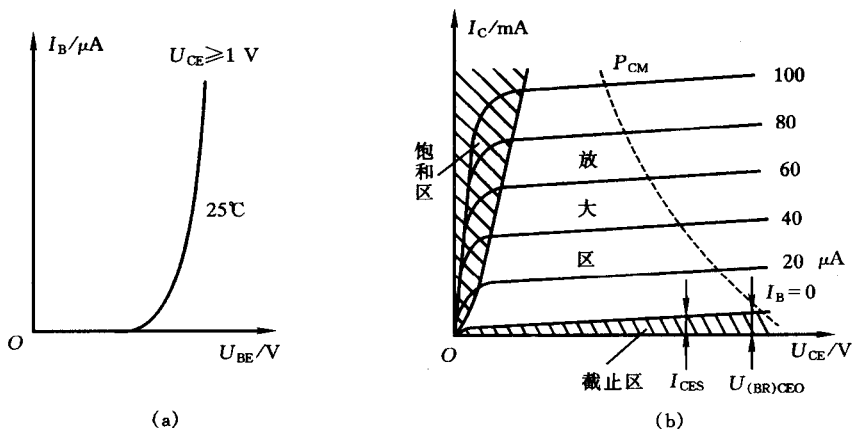


图 1.2 晶体三极管的输入特性与输出特性

(a)输入特性;(b)输出特性

表 1.1 三极管的工作状态

工作状态	截止	放大	饱和
发射结	反偏	正偏	正偏
集电结	反偏	反偏	正偏
I_B, I_C	$I_B, I_C \approx 0$	$I_C = \beta I_B$	$I_C = I_{CES}$
U_{CE}	$U_{CE} = U_{CC}$	$I_C \uparrow, U_{CE} \downarrow$	$U_{CES} \approx 0$

晶体三极管的主要参数:共射接法电流放大系数 β ,集电极—基极反向饱和电流 I_{CBO} 和集电极—发射极穿透电流 I_{CEO} ,集电极最大允许电流 I_{CM} ,集电极最大允许耗散功率 P_{CM} 等。

6. 场效应三极管

场效应三极管有结型和绝缘栅型两大类。绝缘栅型场效应管即 MOS 管,目前获得了广泛的应用。本课程仅要求对它了解。各种场效应管的符号、电源极性、电流方向及特性曲线如表 1.2 所示。

表 1.2 绝缘栅型场效应管的符号和特性曲线

种类	结构类型	工作方式	电源极性		符号及 电流方向	转移特性	输出特性
			U_{DS}	U_{GS}		$i_D = f(u_{GS}) \mid u_{DS} = C$	$i_D = f(u_{DS}) \mid u_{GS} = C$
绝缘栅型	N 沟道	耗尽型	+	-			
		增强型	+	+			
	P 沟道	耗尽型	-	+			
		增强型	-	-			

需要指出,同晶体三极管相比,两者的控制特性完全不同。晶体三极管是电流控制的电流源,而场效应三极管是电压控制的电流源。

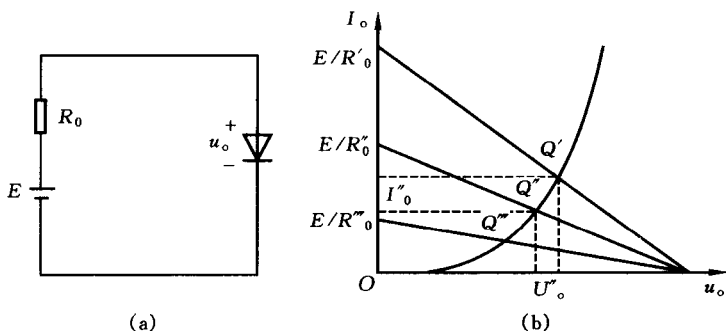
场效应三极管的主要参数:跨导 g_m ,夹断电压 U_P ,开启电压 U_T 等。

1.3 典型例题详解

例 1.1 在用万用表测二极管正向电阻时,常发现用不同的欧姆挡测出的电阻值不同,用 $R \times 10$ 挡测出的阻值小,用 $R \times 100$ 挡测出的阻值大,用 $R \times 1 \text{ k}$ 挡测出的阻值更大,这是为什么?

解 万用表的欧姆挡可看作为一电压源等效电路,不同的挡有不同的等效内阻,量程越大,内阻越大。由于二极管是一个非线性元件,它的电流和电压不是正比关系,使用量程不同,内阻不同,通过管子的电流也就不同。管子两端电压和电流的比值,即测出的电阻值也不相同。

用 $R \times 10$ 挡测量时,通过管子的电流较大;用 $R \times 100$ 挡测量时,通过管子的电流较小;而用 $R \times 1 \text{ k}$ 挡测量时,通过管子的电流更小(见例 1.1 图)。所以,用 $R \times 10$ 挡测量出的阻值较小,而用 $R \times 1 \text{ k}$ 挡测量出的阻值最大。



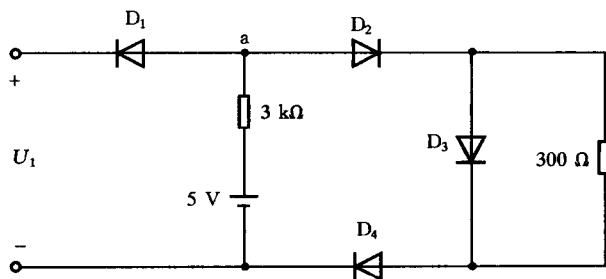
例 1.1 图

注释:对二极管非线性特性和万用表等效电路的正确理解。

例 1.2 试判断例 1.2 图中电路,当 $U_1 = 3 \text{ V}$ 时,哪些二极管导通? 当 $U_1 = 0 \text{ V}$ 时,哪些二极管导通? 设二极管正向压降为 0.7 V 。

解 判断某个二极管是否导通,关键在于确定该二极管是外加正向电压还是反向电压。当 $U_1 = 3 \text{ V}$ 时,二极管 D_2, D_3, D_4 经 5 V 电源、 $3 \text{ k}\Omega$ 电阻形成回路,外加正向电压而导通, a 点电位被箝位于 2.1 V , 二极管 D_1 外加反向电压而截止。

当 $U_1 = 0 \text{ V}$ 时,二极管 D_1 导通, a 点电位被箝位于 0.7 V , 不足以使二极管 D_2, D_3 和 D_4 导通。



例 1.2 图

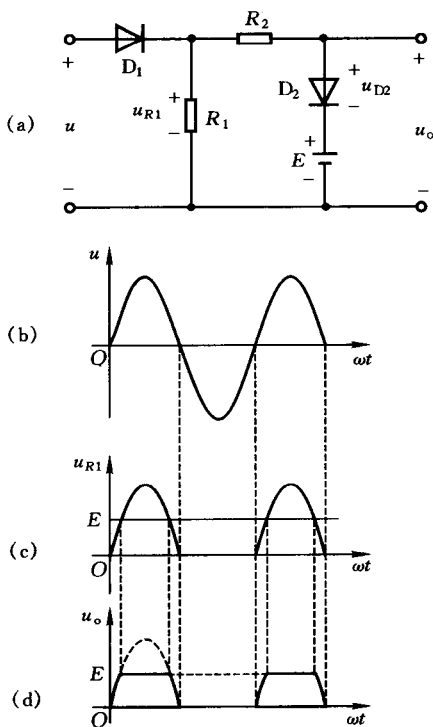
例 1.3 例 1.3 图(a)所示电路, 已知 $u = 20 \sin(\omega t)$ V, $E = 10$ V。试画出 u_o 的波形图。

解 在例 1.3 图(a)所示电路中, 二极管 D_1 起整流作用, 将输入正弦波电压(如图(b)所示)变成单方向脉动电压, 如图(c)所示。二极管 D_2 起单向限幅作用, 当 $u < E$ 时, $u_{D2} < 0$, 反向偏置, 二极管 D_2 截止, $u_o \approx u$, 当 $u > E$ 时, $u_{D2} > 0$, 二极管 D_2 导通, $u_o = E + u_{D2} \approx E$ 。由此可画出 u_o 的波形如图(d)所示。

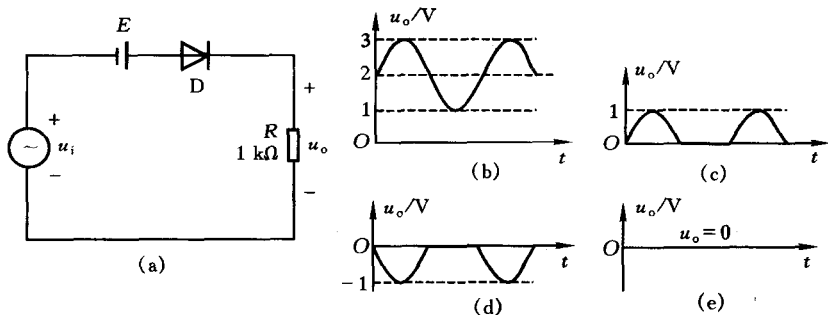
例 1.4 在例 1.4 图(a)所示电路中, $u_i = 1.0 \sin(\omega t)$ V。用示波器观察 u_o 的波形, 可能出现例 1.4 图中的 4 种情况。设二极管 D 具有理想的特性, 试根据下列 3 种不同的条件进行分析, (1) $E = 2$ V; (2) $E = -2$ V; (3) $E = 0$ V, 并选择适当的答案。

解 该电路的分析依据是二极管单向导电性。

(1) 当 $E = 2$ V, 正负半周时二极管获得正向电压导通, 忽略二极管压降, 输出



例 1.3 图



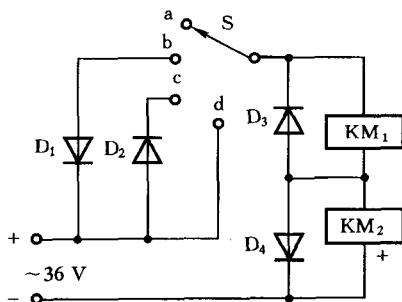
例 1.4 图

电压 $u_o = E + u_i$ ；由此得 u_o 波形如例 1.4 图(b)所示。

(2) 当 $E = -2$ V, 无论正负半周时二极管均为反向偏置而截止, 故电路断路, 无输出电压 u_o , 由此得 u_o 波形如例 1.4 图(c)所示。

(3) 当 $E = 0$ V, 正半周时二极管获得正向电压导通, 忽略二极管压降, 输出电压 $u_o = u_i$, 负半周时二极管反向偏置而截止, 无输出电压 u_o ; 由此得 u_o 波形如例 1.4 图(d)所示。

例 1.5 在例 1.5 图所示电路中, KM_1 和 KM_2 为相同的直流继电器, 其工作电压在 10~20 V 之间。试求开关 S 分别置 a, b, c, d 挡位置时, 继电器如何动作。设二极管为理想二极管。



例 1.5 图

解 本题中 KM_1 和 KM_2 为直流继电器, 电源电压为交流电压, 所以继电器如能工作, 此电路必为整流电路。由图中可见, D_3 与 KM_1 并联, 当其反向截止时, KM_1 可能得电吸合。同理, D_4 反向截止时, KM_2 可能得电吸合。

当开关 S 置于 a 挡时,电路断路,继电器 KM_1, KM_2 中均无电流,均不动作。

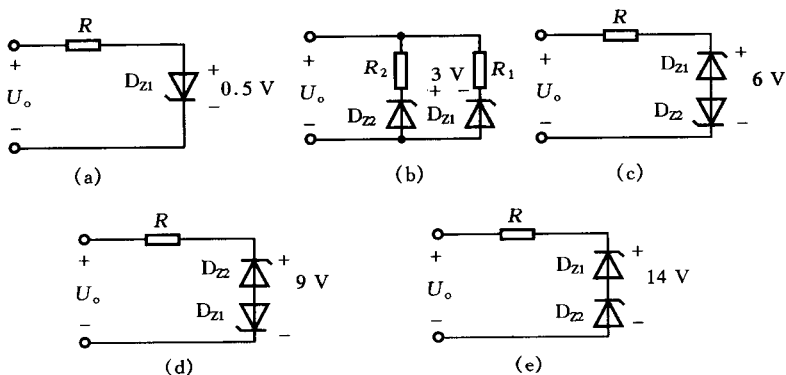
当开关 S 置于 b 挡时,二极管 D_1, D_3 导通与 KM_2 组成半波整流电路, KM_2 吸合动作。

当开关 S 置于 c 挡时,二极管 D_2, D_4 导通与 KM_1 组成半波整流电路, KM_1 吸合动作。

当开关 S 置于 d 挡时,电源电压负半周时,二极管 D_3 导通与 KM_2 组成半波整流电路, KM_2 吸合动作;电源电压正半周时二极管 D_4 导通与 KM_1 组成半波整流电路, KM_1 吸合动作。两继电器均动作。

例 1.6 有两个稳压管 D_{Z1} 和 D_{Z2} , 其稳定电压分别是 5.5 V 和 8.5 V, 正向压降都是 0.5 V。如果要得到 0.5 V, 3 V, 6 V, 9 V 和 14 V 这几种稳定电压值, 这两个稳压管应该如何联接? 画出各电路。

解 稳压管的稳定电压为其反向击穿电压, 为使稳压管正常工作, 必须有限流电阻。当加正向电压时, 即为二极管的正向电压。据此可以画出各种稳压电路如例 1.6 图。



例 1.6 图

例 1.7 一个三极管接在放大电路中, 测得它的三极管脚上电位分别为 $V_1 = -6\text{ V}$, $V_2 = -3\text{ V}$ 和 $V_3 = -3.2\text{ V}$, 试判定该管的发射极、基极和集电极, 并说明它是一只什么材料和类型的三极管。

解 本题的解题思路是:

- (1) 基极一定居于中间电位;
- (2) 根据三极管发射结正偏电压时的 U_{BE} , 对锗管为 0.2~0.3 V, 对硅管为 0.6~0.7 V, 可找出发射极 E, 并可判断出是硅管还是锗管;