

电子学 习题指南

翟钰 马积勋 主编

DIANZIXUE XITI ZHINAN · RENMIN YOU

ANSHE

内 容 简 介

本书较全面地总结了电子学中的基本概念、各种分析和计算方法,以及这些概念和方法在解题中的应用。内容包括模拟电路和数字电路、分立元件电路和集成电路的分析计算,有的还给出多种分析解题方法,以扩展读者的思路。每章末还附有思考题,并给出了答案,可以帮助读者检查自己对基本概念、分析计算方法的理解和掌握程度。

本书可供大专院校、电大、函大夜大、职大等电类专业的师生、工程技术人员阅读,也可供自学读者作电子学课程的学习指导。

电 子 学 习 题 指 南

翟 钰 马积勋 主编

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 850×1168 1/32

1990年9月第一版

印张: 13 28/32 页数: 222

1990年9月河北第1次印刷

字数: 368 千字

印数: 1—4 000 册

ISBN7-115-04267-5/G·041

定价: 6.20元

前 言

《电子学习题指南》一书是为了帮助从事电类专业学习的大专院校、函大、夜大、职大电大学生、工程技术人员，以及其他自学电子学基本理论的读者而编写的。

本书是依照1987年国家教委批准的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》的内容，比较全面地总结了模拟电子学和数字电子学中的基本概念、基本原理和基本分析方法。本书通过对大量典型例题的分析计算，帮助读者熟练地掌握基本概念，并提高分析问题和解决问题的能力。

全书共计十七章，每章内容包括：本章的基本要求及重点——要求掌握的基本概念、分析计算的基本依据、本章内容的重点；习题的分析与计算；习题及思考题。

书中对某些典型例题给出了多种解法，以扩展读者的思路；还指出了容易混淆的一些概念和容易出现的一些错误，以引起读者的注意；在每章的末尾附有习题及思考题，并在全书的最后部分给出了答案或提示，以帮助读者进行自检。本书在内容上，与各种电子学教材既有联系，又保持了一定的独立性；在例题和思考题的选取中，注意了联系实际和反映电子学发展的新动向。

本书是在沈尚贤教授、何金茂教授的帮助和指导下编写的，参加编写的有叶治政（1、9章）、王志宏（2、3章）、翟钰（4、5章）、杨栓科（6、16、17章）、马积勳（7、8章）、唐泽荷（10、11、15章）、段军政（12、13、14章）等同志。限于水平，书中不妥和错误之处敬请读者给予批评指正。

编 者

89年9月于西安交大

目 录

第一章 半导体二极管和三极管	(1)
一、本章的基本要求及重点.....	(1)
二、习题的分析与计算.....	(5)
三、习题及思考题.....	(15)
第二章 放大电路基础	(21)
一、本章的基本要求及重点.....	(21)
二、习题的分析与计算.....	(25)
三、习题及思考题.....	(35)
第三章 阻容耦合放大电路	(41)
一、本章的基本要求及重点.....	(41)
二、习题的分析与计算.....	(47)
三、习题及思考题.....	(56)
第四章 负反馈放大电路	(60)
一、本章的基本要求及重点.....	(60)
二、习题的分析与计算.....	(66)
三、习题及思考题.....	(87)
第五章 正弦波振荡电路	(93)
一、本章的基本要求及重点.....	(93)
二、习题的分析与计算.....	(97)

三、习题及思考题.....	(101)
第六章 场效应管及其电路.....	(103)
一、本章的基本要求及重点.....	(103)
二、习题的分析与计算.....	(108)
三、习题及思考题.....	(118)
第七章 直接耦合放大电路.....	(122)
一、本章的基本要求及重点.....	(122)
二、习题的分析与计算.....	(129)
三、习题及思考题.....	(146)
第八章 线性集成运算放大器及其应用.....	(150)
一、本章的基本要求及重点.....	(150)
二、习题的分析与计算.....	(155)
三、习题及思考题.....	(183)
第九章 直流稳压电源.....	(189)
一、本章的基本要求及重点.....	(189)
二、习题的分析与计算.....	(194)
三、习题及思考题.....	(210)
第十章 数字电路的基本概念.....	(216)
一、本章的基本要求及重点.....	(216)
二、习题的分析与计算.....	(219)
三、习题及思考题.....	(222)
第十一章 逻辑门电路.....	(224)
一、本章的基本要求及重点.....	(224)

二、习题的分析与计算·····	(231)
三、习题及思考题·····	(239)
第十二章 逻辑代数基础及组合逻辑电路·····	(245)
一、本章的基本要求及重点·····	(245)
二、习题的分析与计算·····	(252)
三、习题及思考题·····	(274)
第十三章 触发器·····	(280)
一、本章的基本要求及重点·····	(280)
二、习题的分析与计算·····	(283)
三、习题及思考题·····	(305)
第十四章 时序电路·····	(310)
一、本章的基本要求及重点·····	(310)
二、习题的分析与计算·····	(313)
三、习题及思考题·····	(339)
第十五章 脉冲波形的发生和变换·····	(345)
一、本章的基本要求及重点·····	(345)
二、习题的分析与计算·····	(352)
三、习题及思考题·····	(362)
第十六章 MOS集成电路·····	(366)
一、本章的基本要求及重点·····	(366)
二、习题的分析与计算·····	(368)
三、习题及思考题·····	(380)

第十七章 模—数、数—模转换及其应用	(385)
一、本章的基本要求及重点.....	(385)
二、习题的分析与计算.....	(388)
三、习题及思考题.....	(402)
习题及思考题的答案或提示	(403)

第一章 半导体二极管和三极管

一、本章的基本要求及重点

(一)要求掌握的基本概念

1. 本征半导体:高度提纯,几乎不含杂质的半导体称为本征半导体。

本征半导体特点:

a. 电子和空穴是成对产生的;

b. 温度越高,电子空穴对越多,室温时电子空穴对少,故电阻率较大;

2. N 型半导体:本征硅(或锗)半导体中,掺入5价的施主杂质,如磷(P)或砷(As)后就变成 N 型半导体。电子是多数载流子(简称多子),空穴是少数载流子(简称少子)。

3. P 型半导体:本征硅(或锗)半导体中,掺入3价的受主杂质,如硼(B)或镓(Ga)后就变成 P 型半导体。空穴是多子,电子是少子。

4. N 型和 P 型半导体中,多子的数目决定于掺杂的多少,掺入杂质多,多子就多。少子数目则与温度有关,温度越高,少子数目就越多。

5. 由 P 型半导体和 N 型半导体结合形成的 PN 结,在无外加电压时,由于 PN 结中的扩散电流和漂移电流相等,所以流过 PN 结的净电流为零。

当 PN 结外加反向电压(P 型半导体接电源负端, N 型半导体通过电阻和电源正端相连)时,流过 PN 结的反向电流(又称反向饱

和电流)很小, PN 结呈现高阻状态, 即截止状态。 PN 结在正向电压作用下, 呈现低阻, 即导通状态。 PN 结的这种在正向电压作用下呈现低阻(导通)、在反向电压作用下呈现高阻(截止)的特性, 称为 PN 结的单向导电性。

6. 半导体二极管是由 PN 结组成的, 所以半导体二极管也具有单向导电性。

7. 击穿: 当加于半导体二极管上的反向电压超过某一特定电压时, 反向电流将急剧地增大, 这种现象叫做击穿。二极管发生反向击穿时, 如在电源回路中, 串有一个限流电阻 R 将反向电流限制在容许的范围内, 则 PN 结不会损坏。当反向电压降低后, 管子仍可以恢复到原来的状态, 这就是电击穿。如限流电阻阻值取得不合适, 使反向电流超过其允许值, 则二极管就会发生热击穿, 造成损坏。

8. 稳压特性: 当半导体二极管发生电击穿时, 在很大的电流变化范围内, PN 结端电压几乎不变, 利用这一特性可制作成稳压管。

9. 稳压管稳定电压的温度系数: 稳定电压低于4伏的稳压管, 稳定电压温度系数为负值; 稳定电压高于6伏的稳压管, 稳定电压温度系数为正值。而稳定电压在4伏到6伏之间的稳压管, 稳定电压的温度系数可能为正, 也有可能为负。

10. 在求解一个复杂电子电路时, 有时很难判断电压的正负, 电流的流向, 为了计算方便, 就人为地事先假设一个方向, 这个方向称为规定正方向。按规定正方向列方程计算, 计算结果若为正值, 就表示规定正方向与实际正方向相同。若为负值, 表示规定正方向与实际正方向相反。

在半导体三极管中, 习惯上规定流进集电极、流进基极、流出发射极的电流方向分别为集电极电流 I_c 、基极电流 I_b 、发射极电流 I_e 的正方向; 电压均以公共参考点(接地点)为零点, 全部以指向参考点的方向为电压的正方向。按此规定, 静态时 NPN 管的集电

极电流 I_c ，基极电流 I_b ，发射极电流 I_e 规定方向与实际方向相同，故全部为正值。

在共射极电路（以射极为公共参考点）中，集—射电压 U_{ce} 、基—射电压 U_{be} 实际方向也和规定方向相同，故也为正值。而PNP管中，由于电流、电压的实际方向都和规定方向相反，所以电流 I_c 、 I_b 、 I_e 以及电压 U_{ce} 、 U_{be} 全为负值。

(二)分析计算的基本依据

1. 小功率硅二极管正常导通时，其正向压降约为0.7伏，锗二极管正向压降约为0.2伏。正向压降值随温度升高而降低，温度每升高 1°C 正向压降将减少2—2.5毫伏。

流过二极管的电流 i_d 与端电压 U_d 关系，可用下式进行近似计算：

$$i_d = I_s (e^{U_d / U_T} - 1)$$

式中： U_T 为温度的电压当量，在绝对温度 300°K 时， $U_T \approx 26\text{mV}$ ； I_s 为二极管的反向饱和电流，它与PN结的材料、结构及制造工艺等有关，与外加电压无关，当PN结制成后，它基本上只与温度有关。

2. 二极管反向饱和电流随温度升高而增大。一般，温度每升高 10°C 左右，就会使反向饱和电流增加一倍。设温度为 T_0 时，反向饱和电流为 $I_{s(T_0)}$ ，则当温度升高到 T 时，其反向饱和电流 $I_{s(T)}$ 近似为

$$I_{s(T)} = I_{s(T_0)} \cdot 2^{\frac{T - T_0}{10}}$$

3. 考虑温度系数时，稳压管稳定电压的计算。设温度 T_0 时稳压管的稳定电压为 $U_{z(T_0)}$ ，其稳定电压的温度系数为 ρ ，则温度为 T 时，其稳定电压 $U_{z(T)}$ 为：

$$U_{z(T)} = U_{z(T_0)} + U_{z(T_0)} \cdot \rho (T - T_0)$$

4. 考虑动态电阻 r_z 时，稳压管稳定电压的计算。设流过稳压

管的电流为 I_z 时, 其稳定电压为 $U_{z(I)}$, 则:

$$U_{z(I)} = U_z + I_z \cdot r_z$$

式中: $U_z = U_{z0} - I_{z0} \cdot r_z$ (U_{z0} 为稳压管手册上给出的, 当流过稳压管电流为 I_{z0} 时的稳定电压值)。

5. 硅稳压管若接反, 就相当于二极管加上正向电压, 其正向压降约等于0.7伏。

6. 晶体管的发射结处于正偏(硅管约0.7V, 锗管约0.2V), 集电结处于反偏(或零偏)时, 它就工作于放大区, 其发射极电流 I_e 就等于集电极电流 I_c 和基极电流 I_b 之和, 即

$$I_e = I_c + I_b$$

7. 共基极交流电流放大系数 $\alpha = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_e} \leq 1$; 共基极直流电流放大系数 $\bar{\alpha} = \frac{I_c}{I_e}$, 共射极交流电流放大系数 $\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} \gg 1$; 共射极直流电流放大系数 $\bar{\beta} = \frac{I_c}{I_b}$ 。

对于硅管讲, 由于 I_{cbo} 和 I_{ceo} 很小, 故 $\alpha \approx \bar{\alpha}$, $\beta \approx \bar{\beta}$ 。 α 与 β 的互换关系,

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

8. 基极开路时, 晶体管的穿透电流 I_{ceo} 为

$$I_{ceo} = (1 + \bar{\beta}) I_{cbo}$$

式中: I_{cbo} 为晶体管集电极和基极间的反向饱和电流。

在室温下, 小功率硅管 I_{ceo} 通常小于1微安; 锗管 I_{ceo} 约为几十微安或更大。

考虑穿透电流后, 晶体管的集电极电流 I_c'

$$I'_c = I_e + I_{c00}$$

9. 小功率硅晶体管处于饱和区时: $U_{be} = 0.7V - 0.8V$, 集电极和发射极间饱和管压降 $U_{ce0} = 0.3 - 0.5V$ 。

小功率晶体管处于截止区时:

$$i_b \leq 0$$

$$i_c \leq I_{c00}$$

10. 晶体三极管发射结的正向电压 U_{be} 与温度的关系和二极管正向压降与温度的关系相同, 即温度每升高 $1^\circ C$ 其 U_{be} 值约减少 2—2.5 毫伏。

晶体管集电极和基极间反向饱和电流 I_{c00} 和温度的关系与二极管的反向饱和电流 I_s 与温度的关系相同, 即

$$I_{c00(T)} = I_{c00(T_0)} \cdot 2^{\frac{T-T_0}{10}}$$

晶体管的 β 随温度升高而增大, 其平均数据为

$$\frac{1}{\beta} \cdot \frac{\Delta\beta}{\Delta T} = (0.5 - 1)\% / ^\circ C$$

(三)本章内容的重点

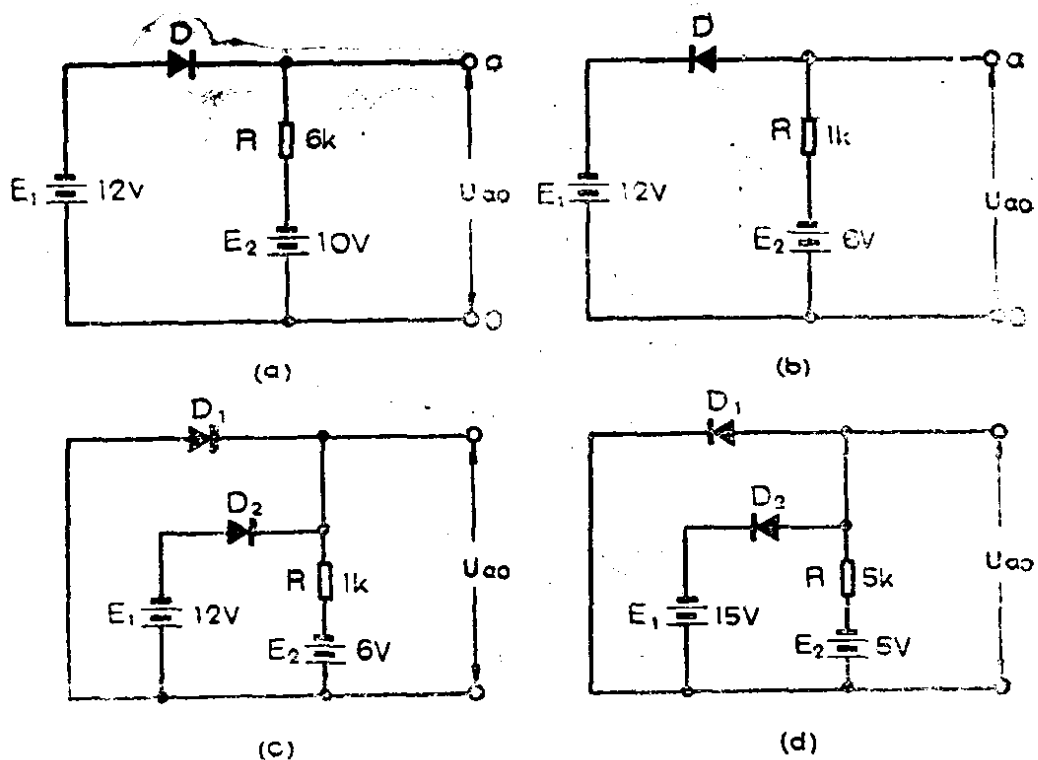
半导体二极管的单向导电性、伏安特性、参数和三极管的放大作用、输入、输出特性、主要电参数为本章的重点。

二、习题的分析与计算

例1.1 设本题图中二极管均为硅管, 试判断各图中的二极管是导通还是截止; 并求出 a 、 o 两端的电压 U_{ao} 。

解:

判断二极管是否导通, 不能单纯看加于其阳极的电位是正还是负, 主要应看二极管阳极和阴极之间的电位差。对小功率硅管讲, 只要阳极电位比阴极电位高 0.5 伏 (锗管高 0.1 伏) 就能导通; 完全导通时约为 0.7 伏 (锗管约为 0.2 伏)。根据此原则对 (a)、(b)、(c)、(d) 四个小图进行判断。



例图 1.1

图(a): 二极管阳极电位比阴极低 2 伏, 二极管 D 不导通。

$$U_{ao} = -10V$$

图(b): 二极管阴极加的是 -12 伏; 而 -6 伏电源通过电阻 R 加于阳极上, 阳极电位高于阴极电位, 故二极管导通。

$$U_{ao} = -E_1 + 0.7 = -12 + 0.7 = -11.3V$$

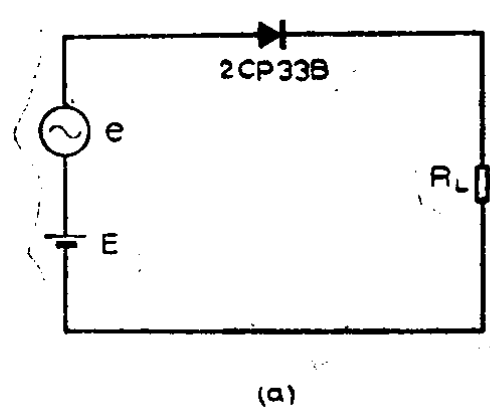
图(c): 因为 $E_2 = 6V$ 的正端加于 D_1 的阳极, 其负端通过电阻 R 加于 D_1 的阴极, 故 D_1 导通。 D_1 导通后就将 U_{ao} 箝位在 $U_o = -0.7V$, D_2 的阴极电位为 $-0.7V$, 阳极电位为 $-12V$, 阳极电位低于阴极电位, 故 D_2 截止。

图(d): 图(d)的形式虽与图(c)有些相似, 但在图(d)中加于 D_1 阴极是 $E_2 = 5V$ 的正端, E_2 的负端通过电阻 R 加于 D_1 的阳极, D_1 阳极电位低于阴极电位, 故 D_1 截止。 D_2 的阴极电位比阳极电位负得多, 故 D_2 导通。

$$U_{ao} = -E_1 + 0.7 = -15 + 0.7 = -14.3V$$

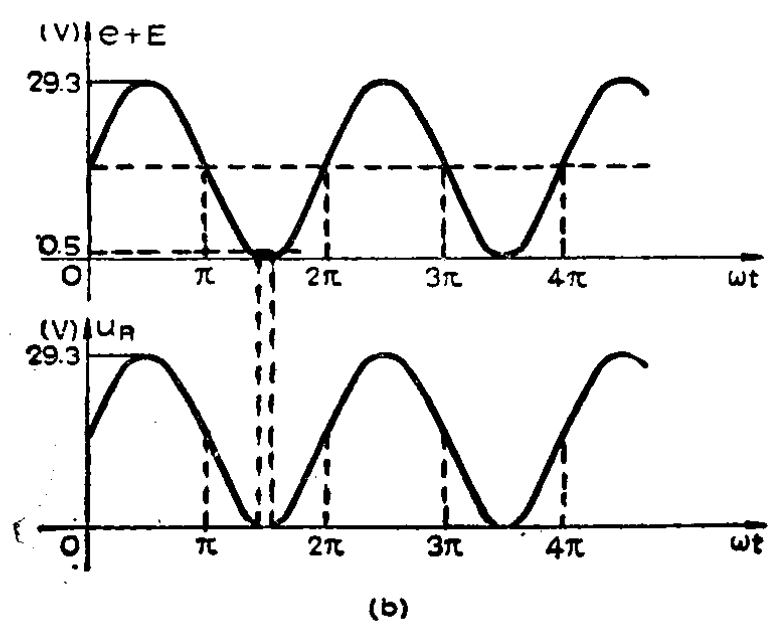
例1.2 如本题图所示的二极管电路, 交直流电源共同作用;

已知 $E=15\text{V}$, $e=15\sin\omega t(\text{V})$, $R_L=10\text{k}$, $2\text{CP}33\text{B}$ 的正向压降为 0.7V , 其电阻 r_{df} 与 R_L 相比可以忽略, 试画出 R_L 两端电位 U_R 的波形。



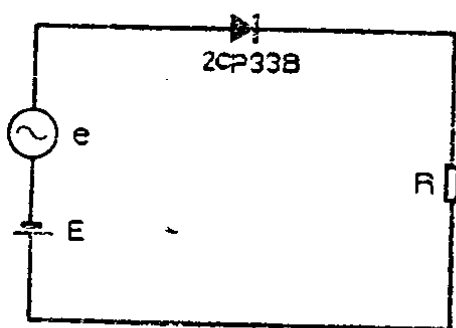
例图 1.2(a)

解:
 在图中, 只要 $e+E\geq 0.5\text{V}$, 二极管就导通。二极管导通时, 其电阻 r_{df} 与 R_L 相比可以忽略, 故此时 u_R 波形与 $e+E$ 波形大致相同, 仅 e 负半周之顶部被削掉一点, 如例图1.2(b)所示。



例图 1.2(b)

例1.3 把例图1.2(a)中的直流电源 E 的极性掉换如例图 1.3 所示, 其它条件不变, 试画出 u_R 波形。

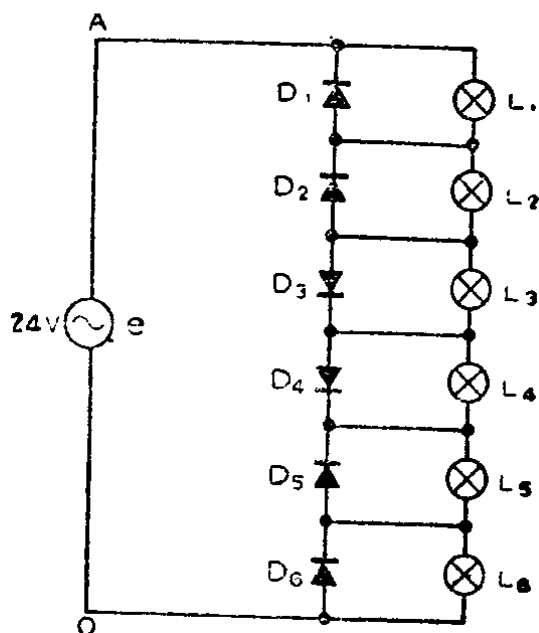


例图 1.3

解:

此时由于 $e + E$ 始终小于或等于零, 二极管 $2CP33B$ 在任何时刻均不导通, 故 u_R 始终为零。

例1.4 6只 $6.3V$ 灯泡 $L_1 \sim L_6$, 串联接到 $24V$ 交流电源 e 上, 每只灯泡旁边并联一只锗二极管, 其接法如例图1.4所示, 问哪些二极管承受的反向电压峰值最大? 哪些灯泡发光最亮?



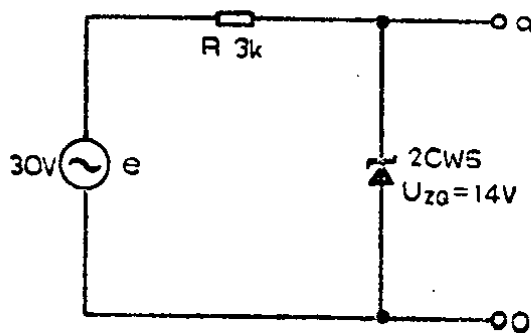
例图 1.4

解:

二极管导通时, 正向电压很低, 将灯泡短接。所以灯泡只有在与它并联的二极管截止时才发光, 因而只有与承受反向电压峰值最大的二极管相并联的那些灯泡发光才最亮。

在例图1.4中, 当 D_3 、 D_4 导通时, D_1 、 D_2 、 D_5 、 D_6 截止。而 D_1 、 D_2 、 D_5 、 D_6 导通时, D_3 、 D_4 截止, 故 D_3 、 D_4 所承受的反向电压峰值最大, 灯泡 L_3 、 L_4 发光最亮。

例1.5 稳压管2CW5串一电阻 $R=3k$ 接至电源 e 上, 如例图1.5(a)所示。设 e 频率为50Hz幅度为30伏的交流电源, 2CW5的稳定电压 $U_{z0}=14V$, 动态电阻 $r_z \leq 18\Omega$, 要求画出稳压管两端电压 U_{ao} 的波形图。



(a)

例图 1.5(a)

解:

在此题中限流电阻 $R=3k$, $R \gg r_z$, 故 r_z 相对 R 讲, 可以忽略。在例图1.5(a)中, 当 a 点电位高于 o 点电位, 而且 $e \leq 14V$ 时, 稳压管不导通, $U_{ao}=e$, U_{ao} 的波形与 e 相同, 当 $e > 14V$ 时, 稳压管导通, 将输出 U_{ao} 限幅限在14V; 当 a 点电位低于 o 点时, 此时稳压管就相当于一个硅二极管加上正向电压的情况, 而在 $e \leq -0.7V$ 时, $U_{ao}=-0.7V$ 。故此电路实际上是一双向限幅器, 将电源 e 的输出正向限在14伏以内, 负向限在-0.7伏以内, 其波形如例图1.5(b)所示。

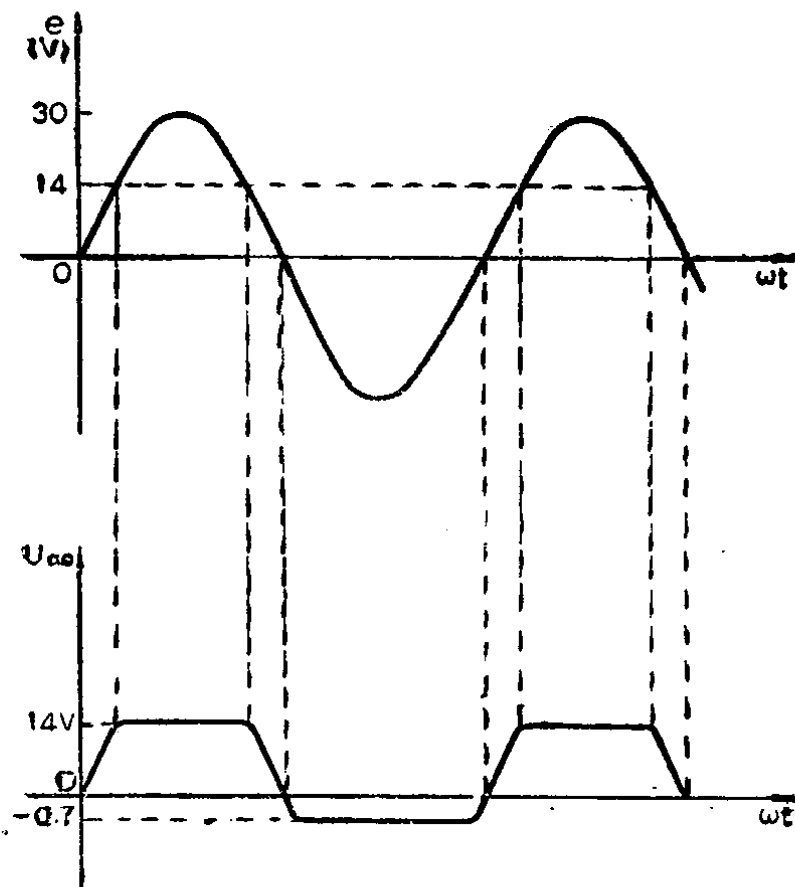
例1.6 在本例图的电路中, 已知2CW5的参数为:

稳定电压 $U_{z0}=12V$

最大稳定电流 $I_{zM}=20mA$

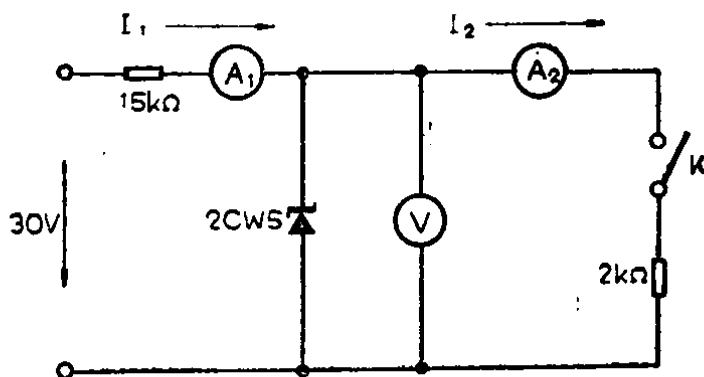
若流经电压表 V 的电流可忽略不计, 求:

a. 当 K 闭合时, 电压表 V 、电流表 A_1 和 A_2 的读数;



(b)

例图 1.5(b)



例图 1.6

- b. 求当K断开时, 流过稳压管的电流;
 c. 当K闭合时, 且输入电压由原来的30伏升到33伏, 再求V、 A_1 和 A_2 的读数。

解:

a. 当K合上时, 电压表V读数为 $U_{z0}=12V$, 流过电流表 A_1 的电流 $I_1 = \frac{30V - 12V}{1.5k\Omega} = 12mA$, 流过电流表 A_2 的电流 $I_2 = \frac{12V}{2k\Omega}$