

电路与电子学基础

(Fundamentals of Circuits and Electronics)

武汉大学计算机学院
袁志勇

Email: yuanzywhu@163.com

第05章

半导体器件

(Semiconductor device)

Ch5 思考题/课外作业(40h课程):

01. P176 E5-2

02. P177 E5-4

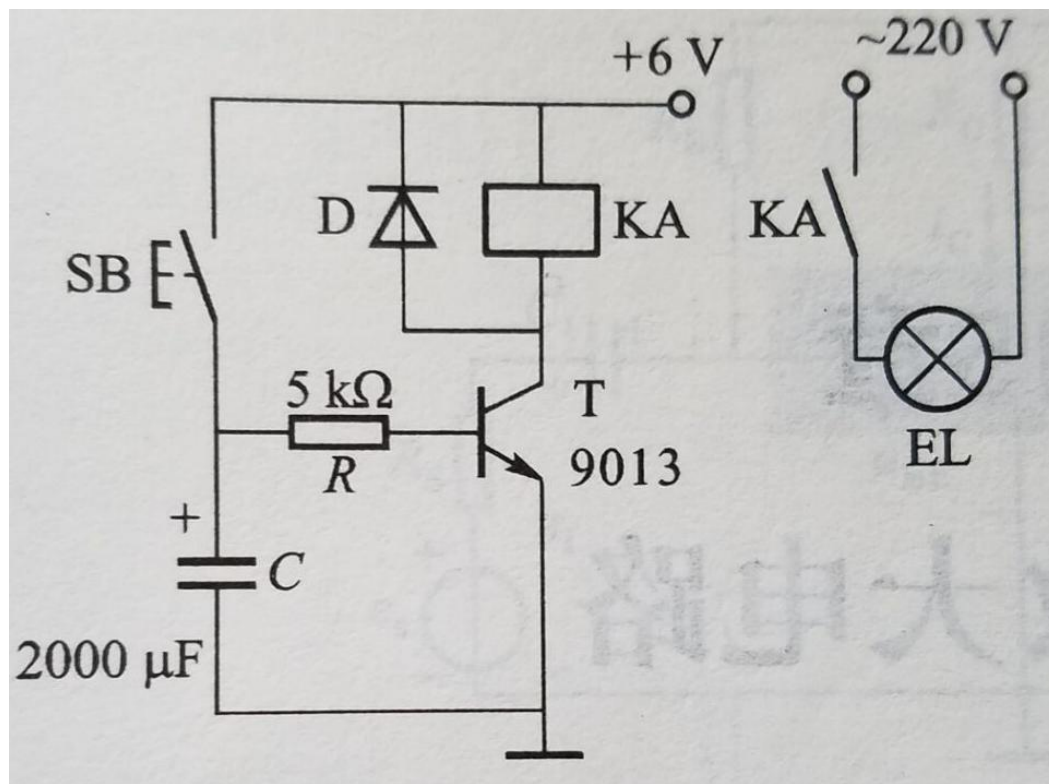
03. 本课件5.3思考题

04. P178 E5-8

05. P178 E5-9

06. 下图是一自动关灯电路图(如用于走廊或楼道照明). 在晶体管集电极电路接入JZC型直流电磁继电器的线圈KA, 线圈的功率和电压分别为0.36W和6V. 晶体管9013的电流放大倍数 $\beta=200$. 当将按钮SB按一下后, 继电器的动合触点闭合, 40W/220V的照明灯EL点亮, 经过一定时间自动熄灭.

- (1) 试说明其工作原理;
- (2) 刚将按钮按下时, 晶体管工作于何种状态? 此时 I_C 和 I_B 各为多少?
- (3) 刚饱和时 I'_B 为多少? 此时电容上电压衰减到约为多少伏?
- (4) 图中的二极管D作何用处?



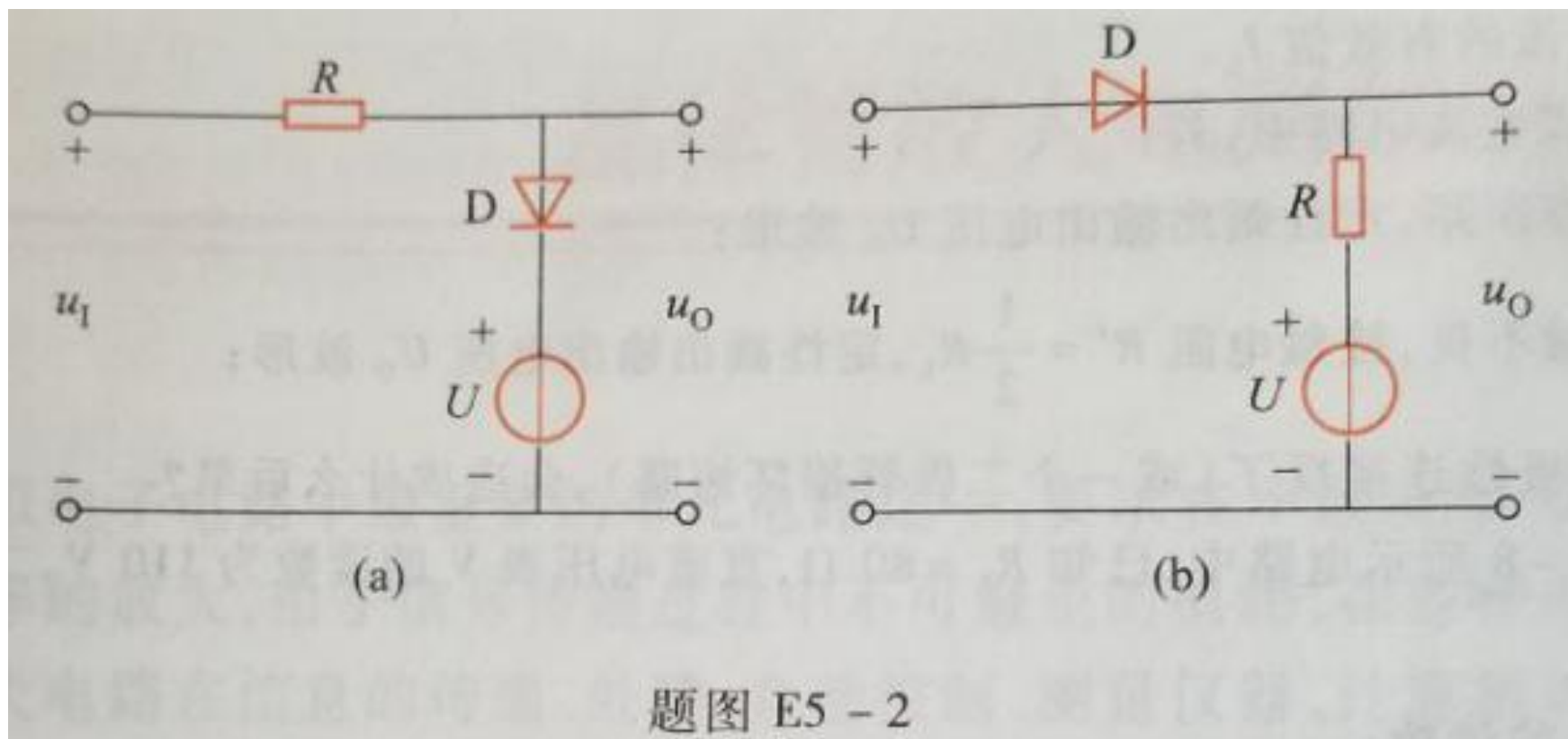
第05章

半导体器件

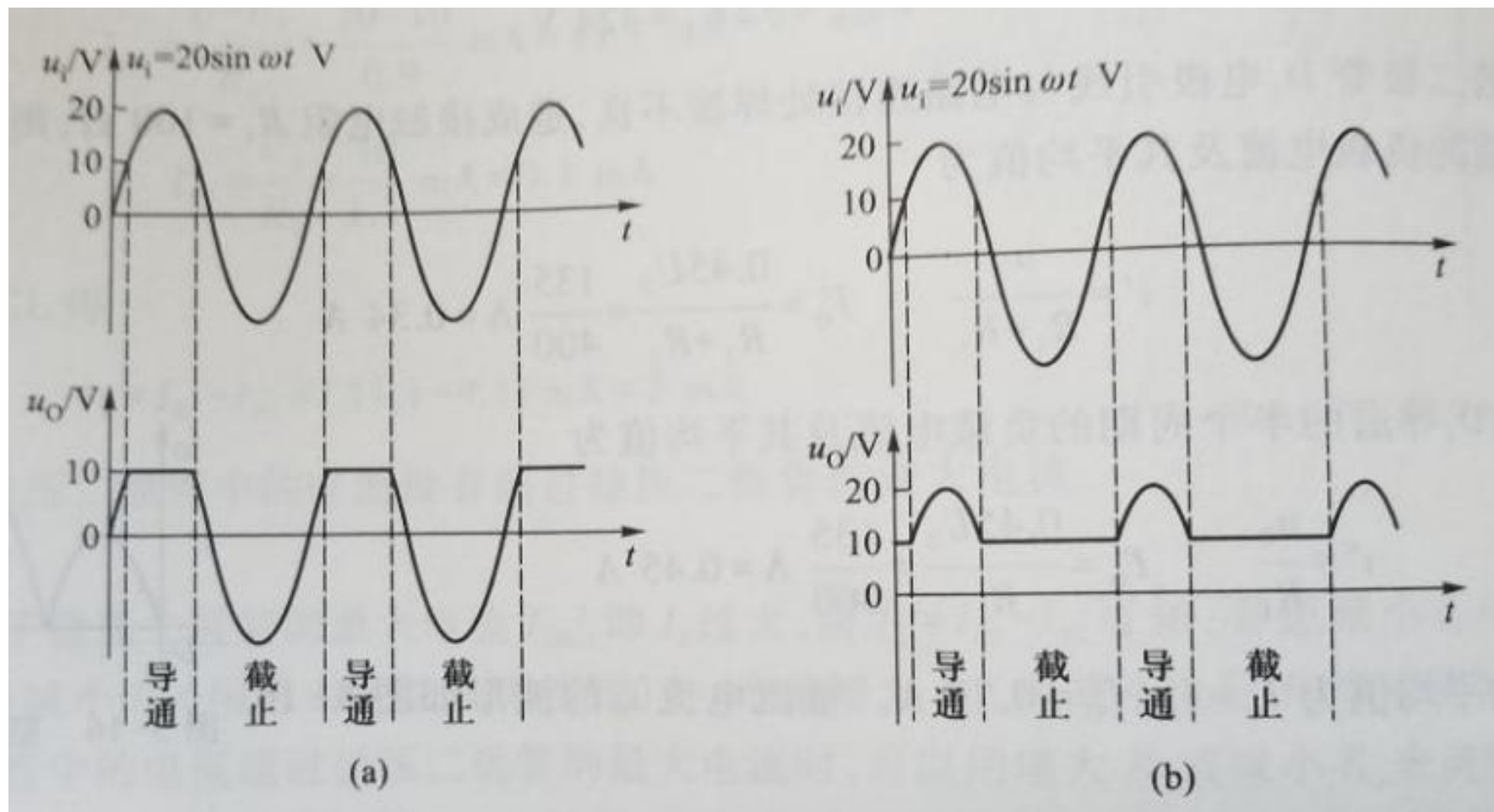
(Semiconductor device)

课外作业参考解答

E5-2 在题图E5-2所示电路中, $R = 1k\Omega$, $U = 10V$, $u_I = 20\sin(\omega t)V$, 试分别画出输出电压 u_O 的波形(二极管的正向压降忽略不计).



01. P176 E5-2, 解: 输出电压 u_o 的波形如图(a)、(b)所示。



02. P177 E5-4 , 解:

(1) $V_A = V_B = 0V$ 时, D_A, D_B 都导通, $V_F = 0V$;

$$i_R = \frac{12}{3.9} mA = 3.1mA, i_{D_A} = i_{D_B} = \frac{1}{2} i_R = 1.55mA.$$

(2) $V_A = 3V, V_B = 0V$ 时, D_A 截止, D_B 导通, $V_F = 0V$;

$$i_R = \frac{12}{3.9} mA = 3.1mA, i_{D_A} = 0mA, i_{D_B} = i_R = 3.1mA.$$

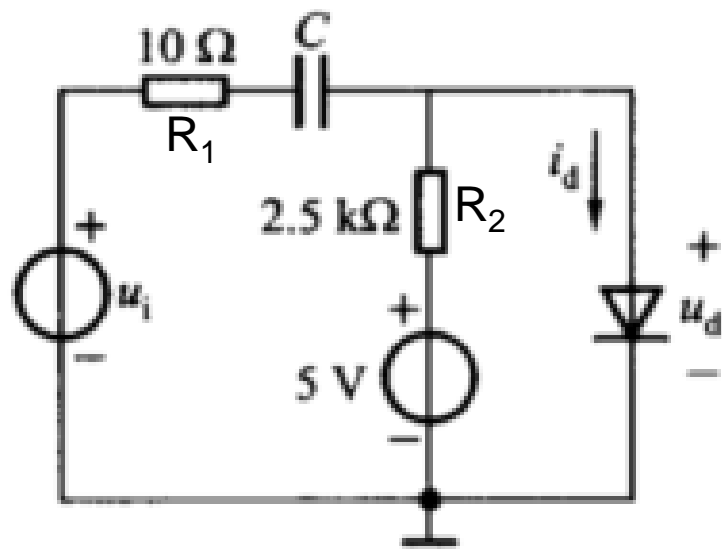
(3) $V_A = V_B = 3V$ 时, D_A, D_B 都截止, $V_F = 3V$;

$$i_R = \frac{12-3}{3.9} mA = 2.3mA, i_{D_A} = i_{D_B} = \frac{1}{2} i_R = 1.15mA.$$

(A 和 B 作为输入, F 作为输出, $F = A \cdot B$ —二极管构成的与门)

3.思考题:

图示电路中,设二极管导通电压 $U_{D-on}=0.7V$, $u_i = 5\sin\omega t(\text{mV})$, C 对交流的容抗近似为零,试求二极管两端的交流电压 u_d 和流过二极管的交流电流 i_d .



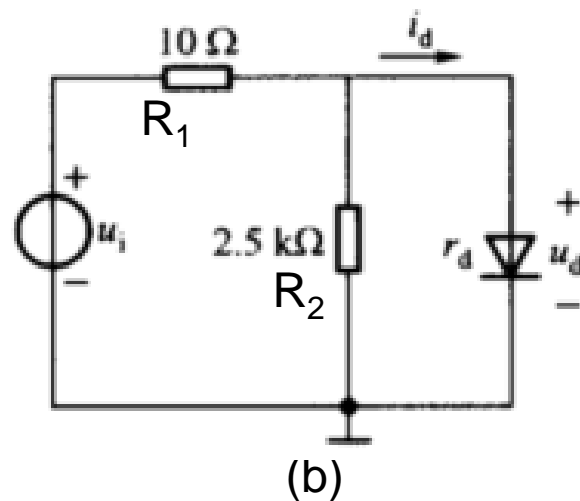
(a)

解：静态时,由图(a)可求出流过二极管的直流电流 I_D 为

$$I_D = \frac{(5-0.7)V}{2.5k\Omega} = 1.72mA$$

故,二极管的动态电阻 r_d 为

$$r_d = \frac{U_T}{I_D} \approx \frac{26mV}{1.72mA} = 15.1\Omega$$



作出图(a)的微变等效电路如图(b)所示,由图(b)知

$$u_d = \frac{(R_2 // r_d)u_i}{R_1 + (R_2 // r_d)} \approx \frac{15.1u_i}{10 + \frac{2.5 \times 10^3 \times 15.1}{2.5 \times 10^3 + 15.1}}$$

$$= \frac{15.1 \times 5 \sin \omega t}{25} = 3 \sin \omega t (mV)$$

$$i_d = \frac{u_d}{r_d} = \frac{3}{15.1} \sin \omega t (mA) = 0.2 \sin \omega t (mA)$$

04. P178 E5-8 , 解:

(1)直流电流表A的读数即为负载 R_L 中的电流 I_o .

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = \frac{110}{80} A = 1.375 A.$$

(2)变压器副边电压有效值 U 满足 $U_o = 0.45U$

$$U = \frac{U_o}{0.45} = 244.4 V$$

变压器负边电压幅值 $U_m = \sqrt{2}U = 345.6 V$

故整流电流的最大值 $I_{\max} = \frac{U_m}{R_L} = 4.32 A.$

(3)交流电压表V1的读数为变压器负边电压有效值 $U = 244.4 V.$

(4)变压器二次/负边电流的有效值 $I \approx 1.57 I_o = 2.16 A.$

05. P178 E5-9 , 解:

(1)输出电压平均值 $U_o = 0.9U_2 = 0.9 \times 30V = 27V$

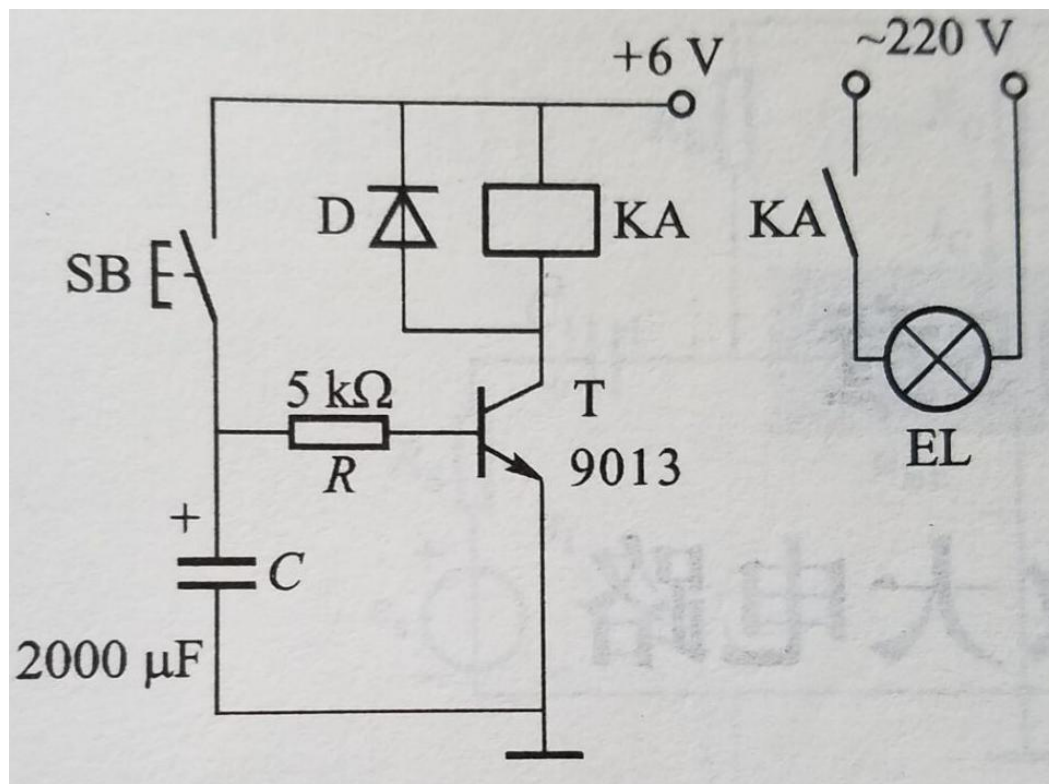
(2)输出电流平均值 $I_o = \frac{U_o}{R_L} = \frac{27}{100} A = 0.27 A$

(3)二极管平均电流 $I_D = \frac{I_o}{2} = 0.135 A,$

二极管承受的最大反向电压 $U_{\text{DRM}} = 2\sqrt{2}U_2 = 84.9V$

06. 下图是一自动关灯电路图(如用于走廊或楼道照明). 在晶体管集电极电路接入JZC型直流电磁继电器的线圈KA, 线圈的功率和电压分别为0.36W和6V. 晶体管9013的电流放大倍数 $\beta=200$. 当将按钮SB按一下后, 继电器的动合触点闭合, 40W/220V的照明灯EL点亮, 经过一定时间自动熄灭.

- (1) 试说明其工作原理;
- (2) 刚将按钮按下时, 晶体管工作于何种状态? 此时 I_C 和 I_B 各为多少?
- (3) 刚饱和时 I'_B 为多少? 此时电容上电压衰减到约为多少伏?
- (4) 图中的二极管D作何用处?



6. 答:

(1) 电路工作原理: 按下SB按钮时, 电容电压迅速充电到电源电压+6V, 晶体管饱和导通. 集电极电流流过继电器线圈, 串联在照明灯回路的触点闭合, 照明灯EL点亮. 从释放SB按钮开始, 储存在电容中的能量仍能维持晶体管饱和导通一段时间, 继电器吸合. 随着电容放电, 电容电压和晶体管基极电流逐步减小, 晶体管逐渐退出饱和工作状态, 使得集电极电流开始减小. 当集电极电流不足以维持继电器的电磁吸力时, 继电器触点断开, 照明灯EL熄灭.

(2) 刚按下按钮时, 电容电压很快上升到6V, 晶体管基极电流为

$$I_B \approx \frac{6V}{5k\Omega} = 1.2mA$$

由已知条件得继电器线圈的等效电阻为

$$R_{KA} \approx \frac{(6V)^2}{0.36W} = 100\Omega$$

晶体临界饱和集电极电流约为 $I'_C \approx \frac{U_{CC}}{R_{KA}} = \frac{6V}{100\Omega} = 60mA$

晶体临界饱和基极电流约为 $I'_B \approx \frac{I'_C}{\beta} = \frac{6V}{200}mA = 300\mu A$

$I_B \gg I'_B$, 晶体管处于饱和工作状态.

此时集电极电流 $I_C \approx \frac{U_{CC}}{R_{KA}} = \frac{6V}{100\Omega} = 60mA$

晶体管电流放大倍数约降低为 $\beta = \frac{60mA}{1.2mA} = 50$

(3)晶体刚饱和时的基极电流为 $I'_B \approx \frac{I'_C}{\beta} = \frac{6V}{200}mA = 300\mu A$. 此时

电容电压约为 $U_C = (5k\Omega \times 0.3mA) + 0.6V = 2.1V$

(4)二极管的作用是给继电器线圈的储能提供一个泄放回路, 以防止在晶体管由导通状态变为截止状态时电感线圈两端出现高压击穿三极管.