

# 电路与电子学基础 作业讲解

Ch04-Ch06



Ch04

电 路 的 暂 态 分 析

01. 图1中, 已知 $R = 2\Omega$ , 电压表的内阻为 $2.5k\Omega$ , 电压电源 $U = 4V$ . 试求开关 $S$ 断开瞬间电压表两端电压, 分析其后果, 并考虑采取何种措施来防止此种后果发生. 假设换路前电路处于稳态.

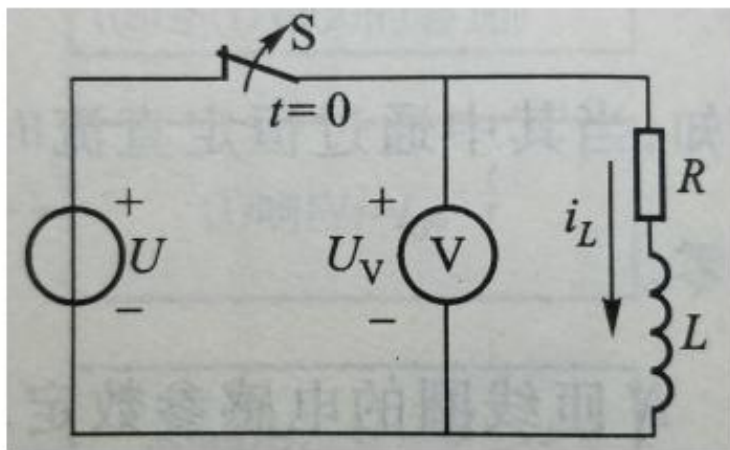


图1

开关断开以后, 右边那部分形成一个回路, 电感相当于电源  
电压表阻值很高, 那边分的电压就很高

01. 解: 换路前电路处于稳态, 有

$$i_L(0_-) = \frac{U}{R} = 4/2A = 2A$$

由换路定律 $i_L(0_+) = i_L(0_-) = 2A$

故电压表端电压

易错点: 负号丢失

$$U_V(0_+) = -i_L(0_+)R_V = -2 \times 2500V = -5000V$$

如此高的电压会损坏电压表. 为避免此结果, 可在电压表两端并联一支二极管, 当开关 $S$ 闭合进行电压测量时, 二极管承受反向电压从而不导通, 电源 $U$ 仅向 $RL$ 供电; 当开关 $S$ 断开时,  $L$ 线圈产生自感电动势(方向与 $i_L$ 相同)以维持换路前流过其中的电流, 此时二极管因承受正向电压而导通, 为 $i_L$ 提供续流通路. 电压表上电压被二极管箝位在正向导通电压 $0.6-0.7V$ , 电压表不会被损坏.

04. 在图2中,  $U = 20V$ ,  $R_1 = 12k\Omega$ ,  $R_2 = 6k\Omega$ ,  $C_1 = 10\mu F$ ,  $C_2 = 20\mu F$ . 电容元件原先均未储能. 当开关闭合后, 试求两串联电容元件两端的电压  $u_C$ .

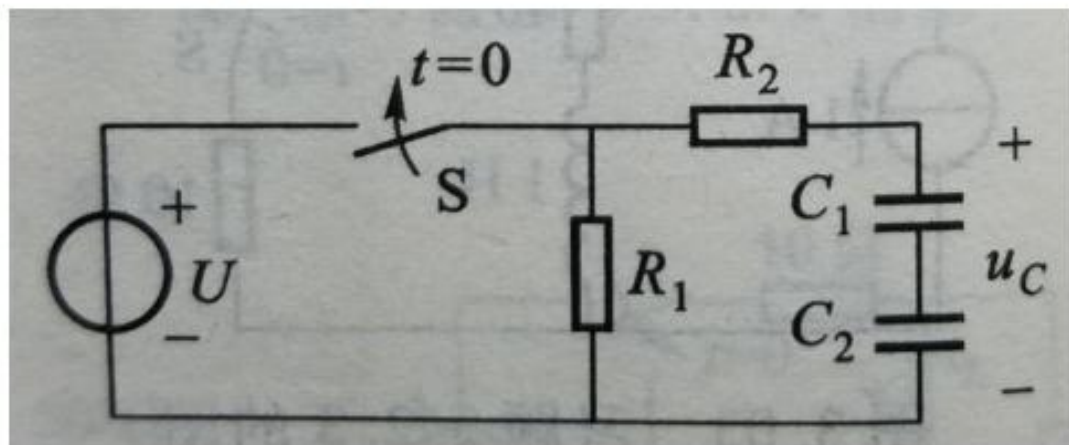


图2

计算时间常数时的等效电路中 **R1** 被短路

04. 解:  $C_1$  与  $C_2$  串联后的等效电容为

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 6.67 \mu F$$

(1) 确定初始值  $u_C(0_+)$

电容原先未储能,  $u_C(0_+) = u_C(0_-) = 0$

(2) 确定稳态值  $u_C(\infty) = U = 20V$

(3) 计算时间常数  $\tau$  易错点: 时间常数计算错误

$$\tau = R_2 C = (6 \times 10^3 \times \frac{20}{3} \times 10^{-6}) s = 0.04 s$$

(4) 采用三要素法计算  $u_C$

$$\begin{aligned} u_C &= u_C(\infty) + [u_C(0_+) - u_C(\infty)] e^{-\frac{t}{\tau}} \\ &= 20(1 - e^{-25t}) V \end{aligned}$$

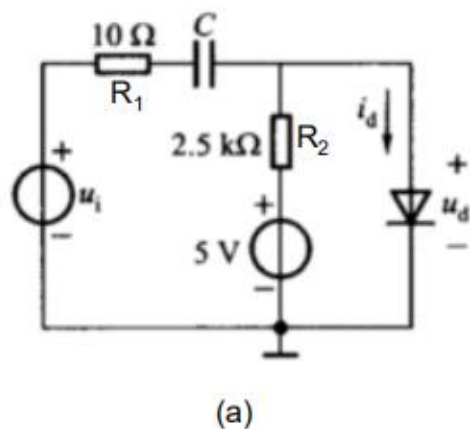


Ch05

半 导 体 器 件

### 3.思考题:

图示电路中,设二极管导通电压 $U_{D-on}=0.7V$ ,  $u_i = 5\sin\omega t(mV)$ ,  $C$ 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 $i_d$ .



易错点:  
没有进行  
微变等效电路分析

解: 静态时,由图(a)可求出流过二极管的直流电流 $I_D$ 为

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

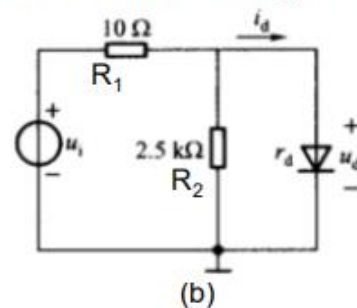
故,二极管的动态电阻 $r_d$ 为

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

作出图(a)的微变等效电路如图(b)所示, 由图(b)知

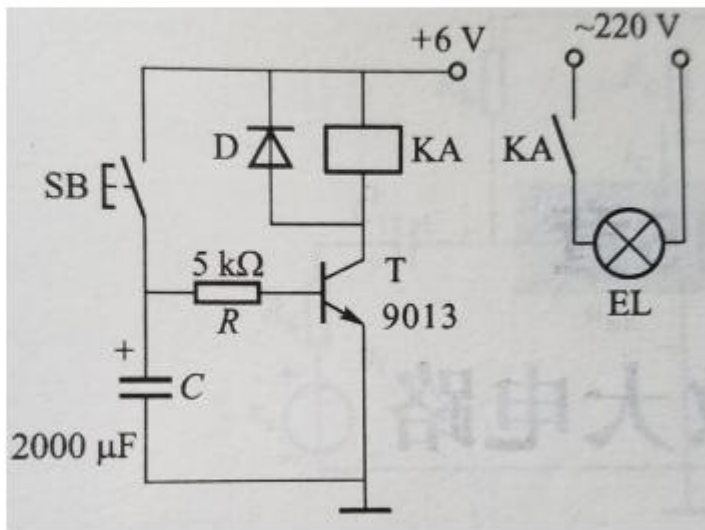
$$u_d = \frac{(R_2 // r_d)u_i}{R1 + (R_2 // r_d)} \approx \frac{15.1u_i}{10 + \frac{2.5 \times 10^3 \times 15.1}{2.5 \times 10^3 + 15.1}} = \frac{15.1 \times 5 \sin \omega t}{25} = 3 \sin \omega t(mV)$$

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





**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?

(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.

此处需要进行一个状态判断

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 $U_C = (5k\Omega \times 0.3mA) + 0.6V = 2.1V$  注意 $U_{be}$ 的存在

(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.



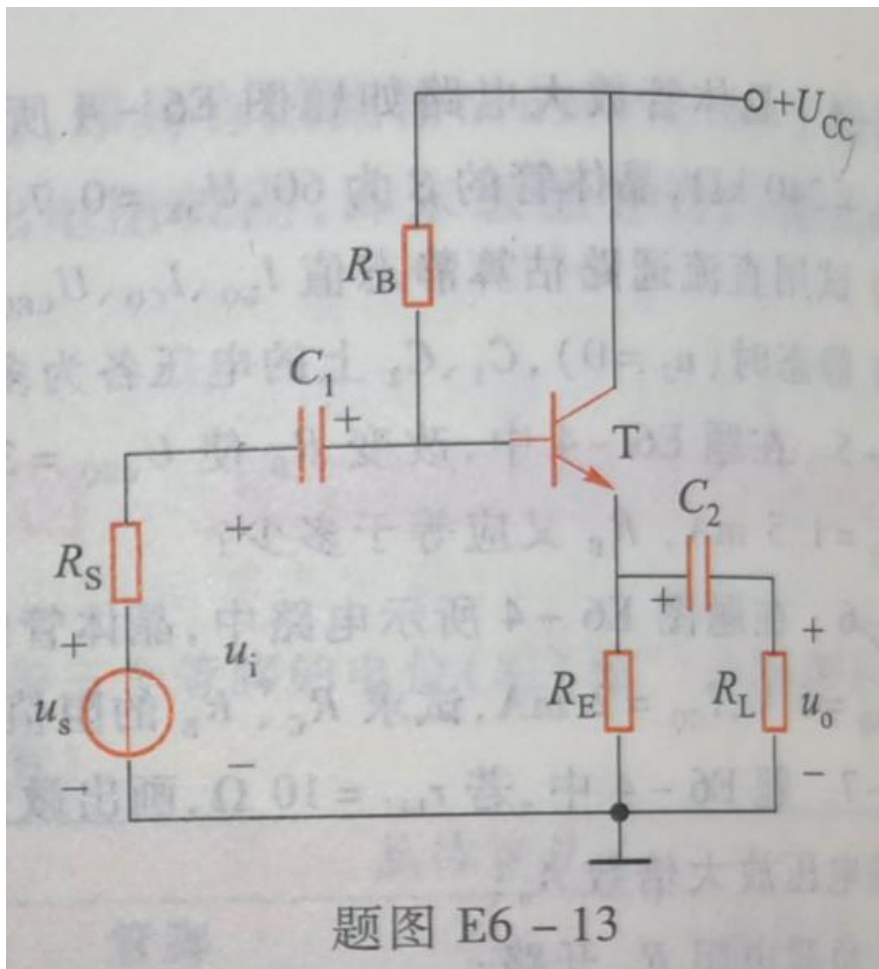
Ch06

基 本 放 大 电 路

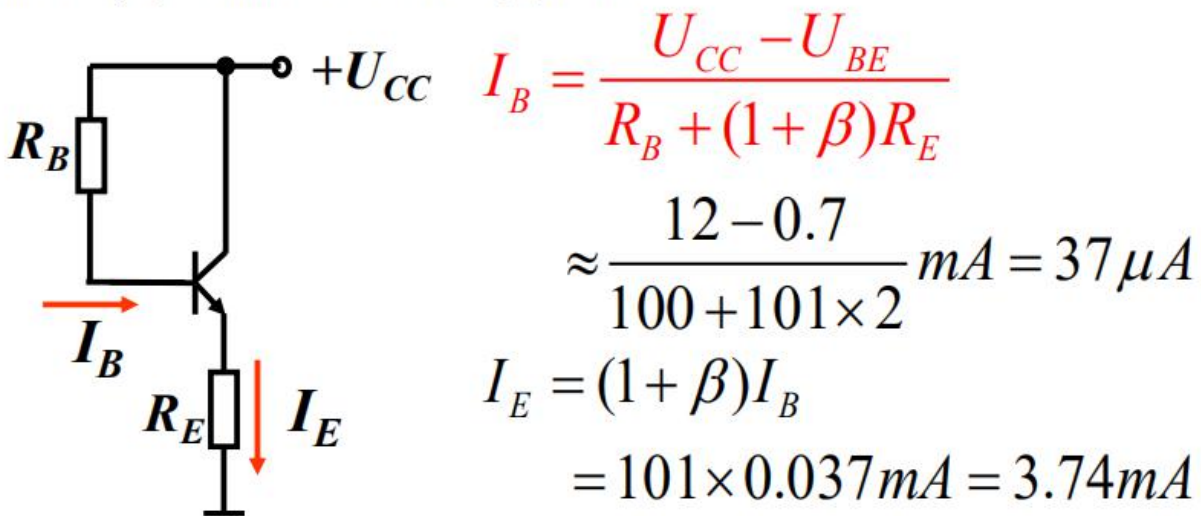


射极输出器如图所示，已知 $U_{CC}=12V$ ， $R_B=100k\Omega$ ， $R_E=2k\Omega$ ， $R_S=100\Omega$ ， $\beta=100$ ， $r_{bb'}=10\Omega$ ， $R_L=4k\Omega$ 。

- (1) 计算静态值 $I_{BQ}$ 、 $I_{CQ}$ 、 $U_{CEQ}$  ( $U_{BE}=0.7V$ )
- (2) 画出微变等效电路，求电压放大倍数 $A_u$ ，输入电阻 $r_i$ 和输出电阻 $r_o$ 。



解：(1)直流通道如图(d)所示。



图(d)直流通道

$$I_C = \beta I_B = 3.7 mA$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_E R_E = (12 - 3.74 \times 2)V = 4.52V$$

易错点：  
 $r_{be}$  计算错误导致  $r_o$  结果错误

(2) 微变等效电路如图(e)所示

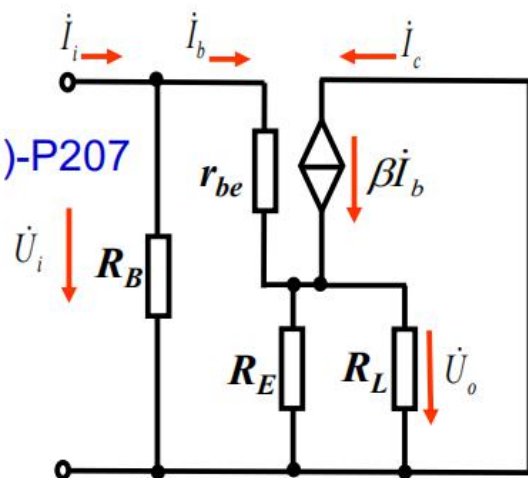
$$r_{be} \approx \cancel{200(\Omega)} + (1 + \beta) \frac{U_T(mV)}{I_E(mA)} \quad \{\text{设 } \cancel{r_{bb'} = 200(\Omega)}\}$$

$$= 200 + 101 \times \frac{26mV}{3.74mA} \approx \cancel{902\Omega}$$

$$R'_L = R_E \parallel R_L = \frac{2 \times 4}{2 + 4} k\Omega = \frac{4}{3} k\Omega$$

$$A_u = \frac{(1 + \beta) R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R'_L} \quad (6-3-21)\text{-P207}$$

$$= \frac{101 \times \frac{4}{3}}{0.902 + 101 \times \frac{4}{3}} = 0.99$$



图(e)微变等效电路

$$r_i = \dot{U}_i / \dot{I}_i = R_B \parallel \{r_{be} + (1 + \beta) R'_L\} \quad (6-3-22)\text{-P207}$$

$$= 100 \parallel 135.6(k\Omega) \approx 57.6k\Omega$$

$$R'_s = R_s \parallel R_B = \frac{100 \times 10^5}{100 + 10^5} = 99.9\Omega$$

$$r_o = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = 1 / \left( \frac{1 + \beta}{r_{be} + R'_s} + \frac{1}{R_E} \right) = R_E \parallel \frac{r_{be} + R'_s}{1 + \beta} \quad (6-3-23)\text{-P208}$$

一般:  $R_E \gg \frac{r_{be} + R'_s}{1 + \beta}$

$$\text{所以: } r_o \approx \frac{r_{be} + R'_s}{1 + \beta} = \frac{\cancel{902} + 99.9}{101} \Omega = \cancel{9.9\Omega}$$