

3 为了避免报警器发生故障时危及人员

4. (20分) 图1中光耦输出端电路如图(a), 内部是一个光电三极管, R_L 是后级放大电路A的输入电阻, 设 $R_L = 1M\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$ 。光电三极管可以等效为光电二极管 D_p 后接三极管 T_1 , 此时图(a)输出端等效为图(b)。若将光电二极管 D_p 的电流用电流源表示, 则图(b)可以等效为图(c), 其中 i_p 处箭头指示光电流的真实方向。光电二极管 D_p 的等效电路如图(d), 电流源 i_r 代表入射光产生的光电流, R_p 代表电流源内阻, R_s 代表引线电阻, D 代表普通二极管, C_j 代表二极管结电容。硅光电二极管 R_p 为数十 $M\Omega$ 以上, R_s 为几十 Ω 以下。 R_p 、 D 中流过的电流并不反映接收光的强弱, C_j 和 R_p 的充放电时间常数很大, 会影响光电二极管对光变化的快速响应。光耦的光电三极管 T_1 的集电极电流与发光二极管 D_1 、 D_2 发射电流之比称为电流传输比 CTR , 设 $CTR=100$ 。设 T_1 的 $\beta=100$, $r_{be'}=200\Omega$, 温度的电压当量 $V_T=26mV$, 饱和压降 $V_{CES}=0.4V$ 。设电源 $V_{CC}=5V$ 。

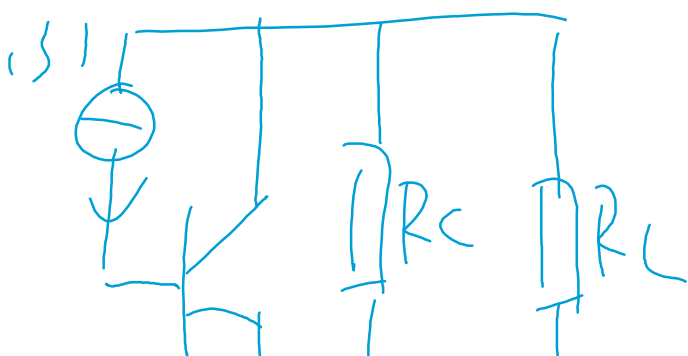
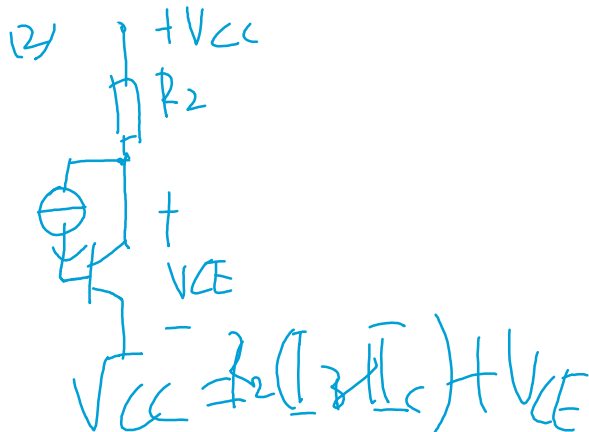
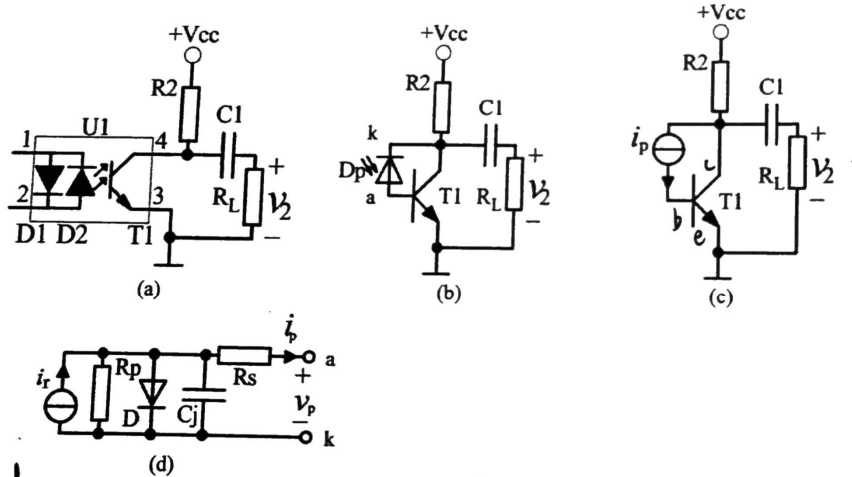
(1) 光电二极管可工作在零偏置(又称光伏或短路)模式、反向偏置(光导)模式。由图(d), 分析光伏和光导模式有什么不同的优缺点? 光耦中的光电二极管 D_p 工作于什么模式?

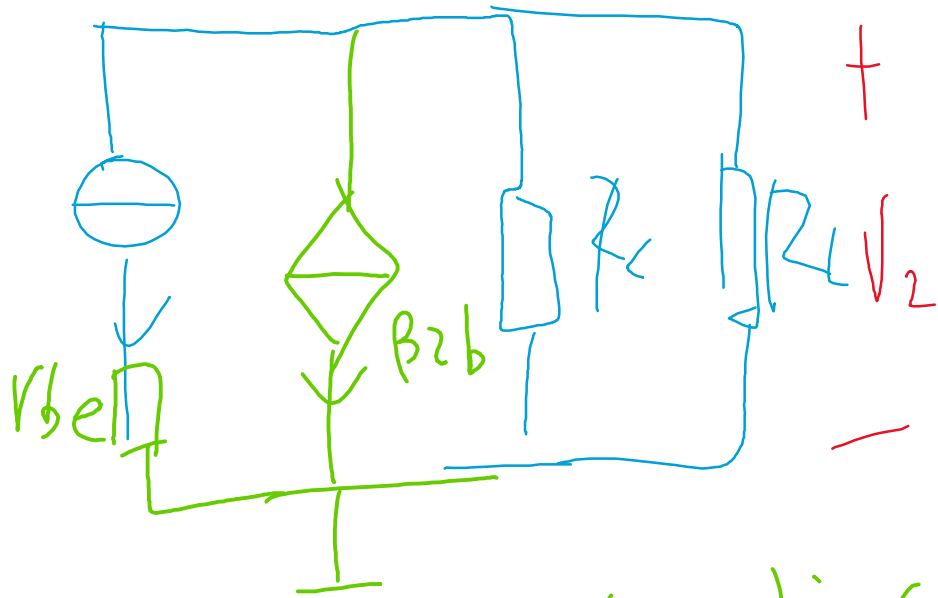
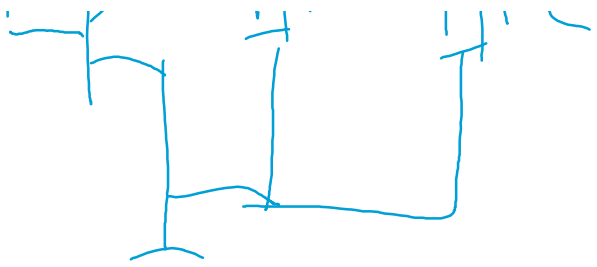
(2) 图(c)中设 $i_p = 10\mu A$ 为直流电流, 求此时的 I_C 、 V_{CE} 。判断 T_1 工作于什么状态(放大/截止/饱和)?

(3) 图(c)中, 以电流源 i_p 作为输入, 画出交流通路及小信号等效电路。

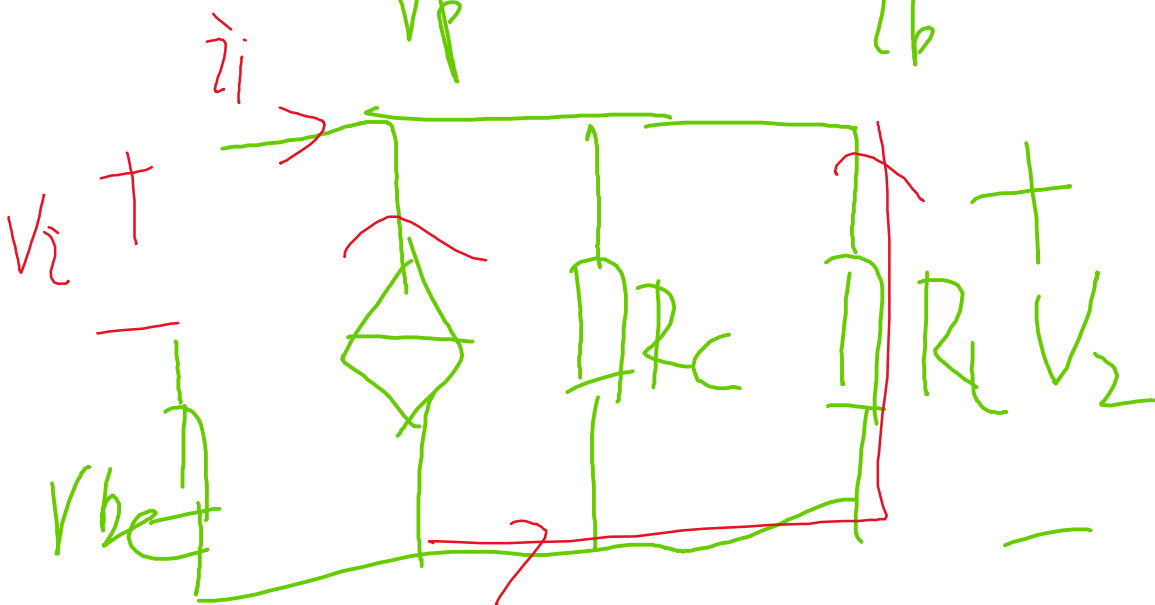
(4) 图(c)中, 以电流源 i_p 两端作为输入端, 求互阻增益 $A_v = \frac{V_2}{i_p}$ 、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 的表达式(无需代入数值计算)。

(5) 发生漏电时, D_1 、 D_2 流过较大电流。定性画出此时输出电压 v_2 波形。





$$14) A_v = \frac{v_2}{v_p} = \frac{-(1+\beta)i_b(R_c \parallel R_L)}{i_b}$$



加 \$i_i\$

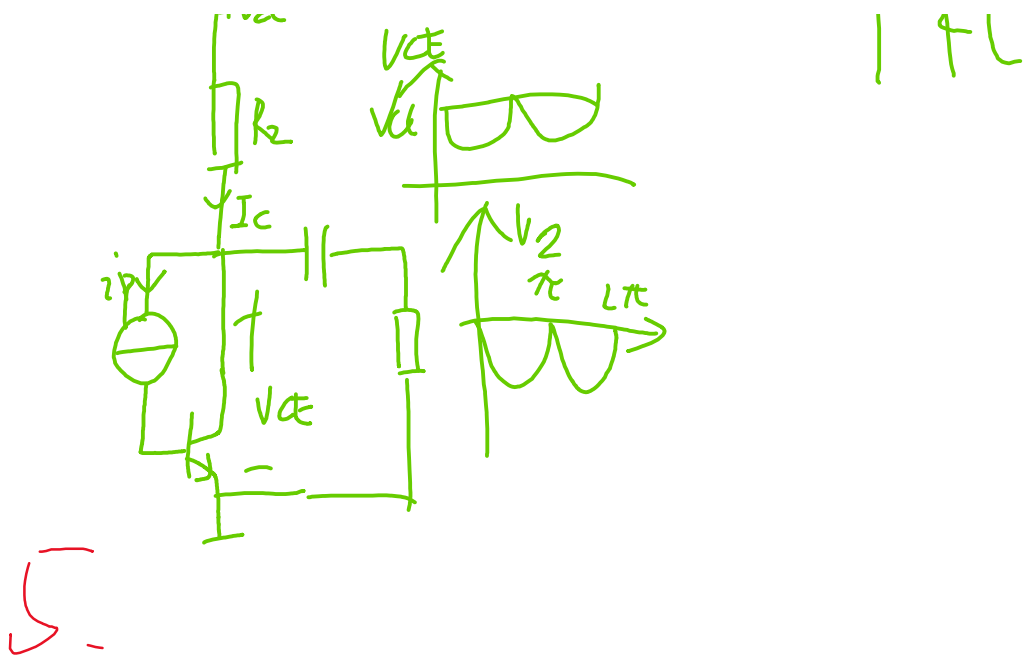
$$R_i = \frac{v_i}{i_i} =$$

$$\frac{v_{be}i_i + (1+\beta)i_i(R_c \parallel R_L)}{i_i}$$

$$R_o = \frac{v_t}{i_t}$$

$$i_t \mid \begin{matrix} v_p = 0 \\ R_L = \infty \end{matrix}$$

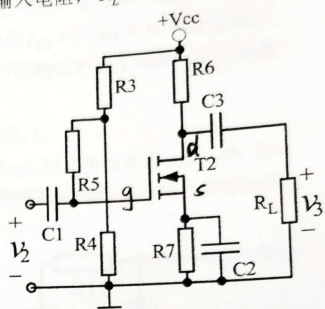
15) $q + V_{ce}$
 h_{fe} V_{CE}



5. (20 分) 图 1 中的放大电路 A 如图, 已知 $R_1=10k\Omega$, $R_2=1M\Omega$, $R_3=2k\Omega$, $R_7=1k\Omega$, $C_1=C_2=C_3=100\mu F$, 电源电压 $V_{CC}=5V$ 。T1 型号为 2SK1828, 开启电压 $V_T=0.7V$, 电流 $I_{D0}=10mA$, r_{ds} 忽略不计。 R_L 为后级放大器 B 的输入电阻, R_L 由第 6 题获得, 设 $R_L \approx 100k\Omega$ 。要求 $I_{DQ}=0.9mA$ 。

- (1) 设计 R_3 的阻值。求静态工作点 V_{DSQ} 。
- (2) 求跨导 g_m 。
- (3) 画出交流通路和小信号等效电路。
- (4) 求增益 A_v 、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 。

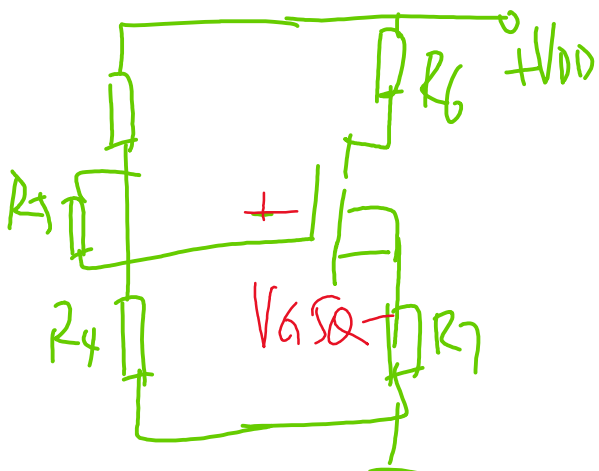
R_5 的作用是什么?



$$I_{DQ} = I_{D0} \left(\frac{V_{GS}}{V_T} - 1 \right)^2$$

$$10^{-3} = 10 \times 10^{-3} \left(\frac{V_{GS}}{0.7} - 1 \right)^2$$

$$V_{GS} = 0.637V$$

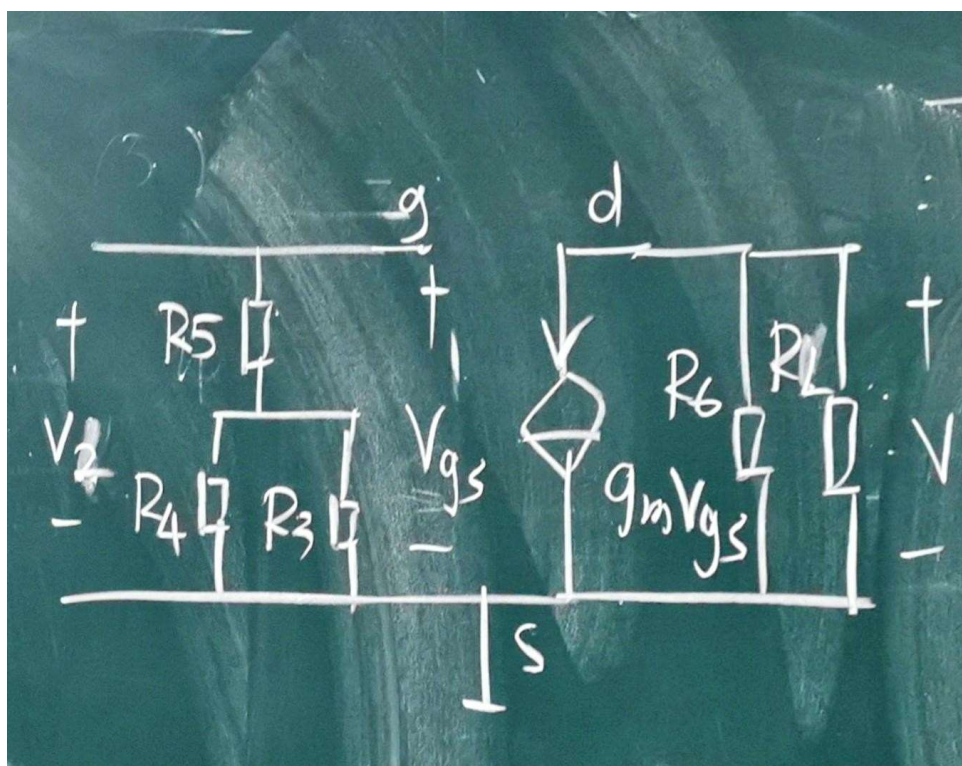


$$I_{DQ} = I_{D0} \left(\frac{V_{GSQ}}{V_T} - 1 \right)^2$$

$$V_{GSQ} = V_{DD} - V_{DSQ} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_{DD} - I_{DQ} R_7$$

$$V_{DD} = I_{DQ} (R_6 + R_7) + V_{DSQ}$$

$$(2) g_m = \frac{2}{V_T} \sqrt{I_{D0} I_{DQ}}$$



R5 增大输入电阻

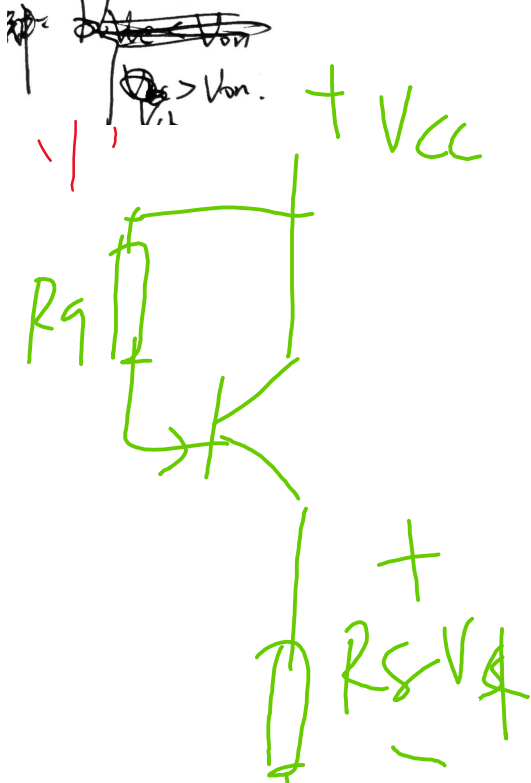
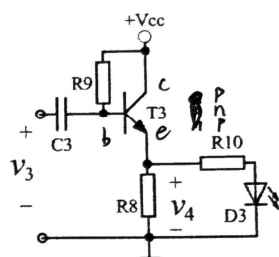
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -g_m (R_6 \parallel R_L)$$

$$R_i = R_5 + R_4 \parallel R_3$$

$$R_o = R_6$$

6. (16分) 图1中的放大电路B如图, T3型号为MMBT5551, 设 $V_{BE} = 0.7V$, $\beta = 100$, $r_{be} = 200\Omega$, 温度的电压当量 $V_T = 26mV$, 饱和压降 $V_{CES} = 0.1V$, $R_8 = 1k\Omega$, $R_{10} = 100\Omega$, $C_3 = 100\mu F$, 电源电压 $V_{CC} = 5V$ 。发光二极管D3采用恒压降模型, 正向导通电压 $V_{on} = 1.8V$ 。未发生漏电时, $v_3 = 0$, 放大电路处于静态, 要求此时 $v_4 = 1.5V$, D3不亮。发生漏电时, v_4 峰值大于 V_{on} , D3点亮。第(1)、(2)、(3)小题设D3截止。

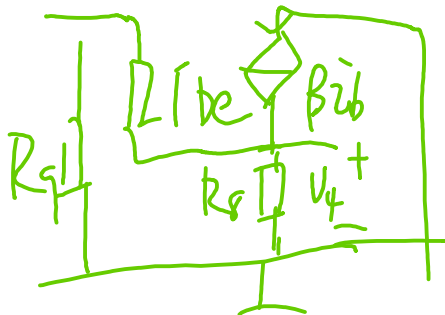
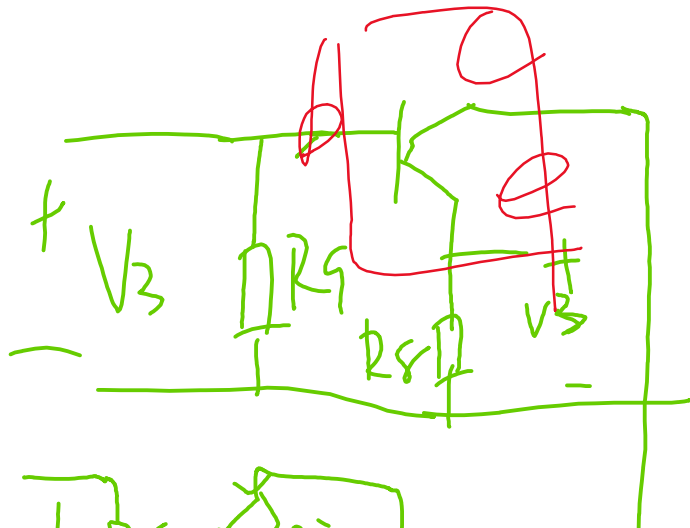
- (1) 设计 R_9 的大小。
- (2) 画出交流通路和小信号等效电路。
- (3) 求 r_{be} 、增益 A_v 、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 的表达式 (不需代入数值计算)。



I

$$R_9 I_{BQ} + V_{BEQ} + R_8 I_{EQ} = V_{CC}$$

(2)



$$A_v = \frac{V_4}{V_3} = \frac{(1+\beta) i_b R_8}{i_b r_{be} + (1+\beta) i_b R_8}$$