

第一章-0225

1. 什么叫信噪比？什么是噪声系数？
2. 请查阅资料，说明磁共振成像仪（MRI）采用了哪些屏蔽手段？如果屏蔽不良，将对仪器或成像效果产生什么影响？

（答案略）

第二章 1-0227

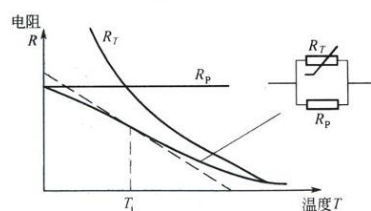
1. 生物信号有哪些特点？由此对生物医学传感器产生了哪些要求？
2. 对于温度测量，国家计量院规定了使用铂电阻温度计进行计量（金标准）。若现有一医疗用接触式电子温度计，试设计实验，通过与金标准比较（计量），评价该电子温度计的随机误差、系统误差、线性度、静态灵敏度大小。
3. 请查阅资料，说明ICU中使用的多参监护仪一般可以测量哪些生理参数？可能用到了哪些传感器？

1 和 3 答案略。

2 中理解几个概念的定义和计算方式后，实验设计合理即可。

第二章 2-0304

1. 什么是压阻应变片的横向效应？试说明其产生的原因。如果要减小横向效应，应选用什么样的应变片？
2. 如图是半导体热敏电阻的并联网络线性化电路，其中热敏电阻在温度为 T 时的阻值 $R_T = R_0 e^{\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}}$ ，其中 B 是常数， R_0 是温度为 T_0 时的阻值。若希望线性化后的电路在温度 T_i 附近线性度最好，则 R_p 取值应为多少？线性化后温度系数 α_p 为多少？



1 略。

$$\begin{aligned}
 & (n - R_p) R_o = K \\
 2. \quad R = R_p \parallel R_T &= \frac{R_p R_T}{R_p + R_T} = \frac{R_p \cdot R_o \cdot \exp(B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o}))}{R_p + R_o \cdot \exp(B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o}))} \quad \text{设 } R_p R_o \exp(B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o})) = K \cdot n = R_p + R_o \exp(B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o})) \\
 & \quad \quad \quad k' = -\frac{B}{T^2} \quad n' = \frac{-KB}{R_p T^2} \\
 \text{求一阶导有 } R' &= \frac{-K n \frac{B}{T^2} + K \cdot \frac{K}{R_p} \cdot \frac{B}{T^2}}{n^2} = \frac{KB}{T^2 n^2} (-n + \frac{K}{R_p}) \\
 \text{对一阶导求对数有 } & \ln KB + \ln(-n + \frac{K}{R_p}) - 2 \ln T - 2 \ln n \\
 \text{求二阶导有 } & \frac{1}{K} \cdot k' + \frac{-n' + \frac{K'}{R_p}}{-n + \frac{K}{R_p}} - \frac{2}{T} - \frac{2n'}{n} \\
 &= -\frac{B}{T^2} - \frac{2}{T} + \frac{2KR_o B}{R_p T^2 (K + R_p R_o)} = 0 \\
 \Rightarrow R_p &= R_T \frac{B - 2T_i}{B + 2T_i} \quad \rightarrow \alpha = (-\frac{B}{T^2}) (\frac{1}{1 + R_T/R_p})
 \end{aligned}$$

第二章 3-0306

1. 试推导说明为什么恒压源供电的直流电桥灵敏度受温度影响大，而恒流源供电的直流电桥灵敏度受温度影响小？
2. 什么是极化现象？试说明极化现象产生的原理及其对生物电测量和电刺激的影响。

1. 假定桥臂电阻均为 R 考虑惠斯通全桥电路

$$\text{若为恒压源 } U_o = \frac{U(R + \Delta R + \Delta R_T)}{R + \Delta R + \Delta R_T + R - \Delta R + \Delta R_T} - \frac{U(R - \Delta R + \Delta R_T)}{R + \Delta R + \Delta R_T + R - \Delta R + \Delta R_T} = U \cdot \frac{\Delta R}{R + \Delta R_T}$$

$$S_u = \frac{U_o}{\Delta R/R} = U \cdot \frac{R}{R + \Delta R_T} \quad \text{式中含 } \Delta R_T \text{ 受温度影响}$$

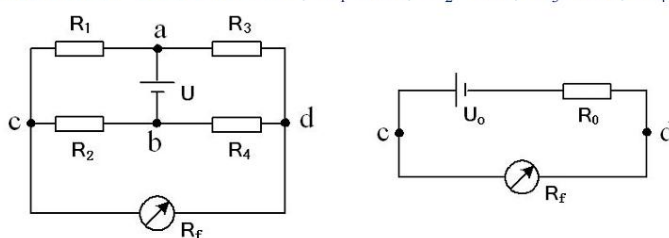
$$\text{若为恒流源 } R_{acb} = R_{adb} = 2(R + \Delta R_T) \quad I_{acb} = I_{adb} = \frac{1}{2}I$$

$$U_o = \frac{1}{2}I(R + \Delta R + \Delta R_T) - \frac{1}{2}I(R - \Delta R + \Delta R_T) = I\Delta R$$

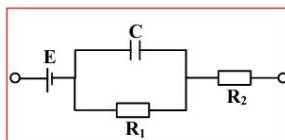
$$S_u = \frac{U_o}{\Delta R/R} = IR \quad \text{式中含 } \Delta R_T \text{ 因而受温度影响小}$$

2 略

3. 已知左图的电路可以等效为右图。左图中的 $U=5V$ ； $R_1=2k\Omega$ ， $R_2=4k\Omega$ ， $R_3=5k\Omega$ ， $R_4=10.1k\Omega$ 。则右图中的 $U_0=?$ $R_0=?$



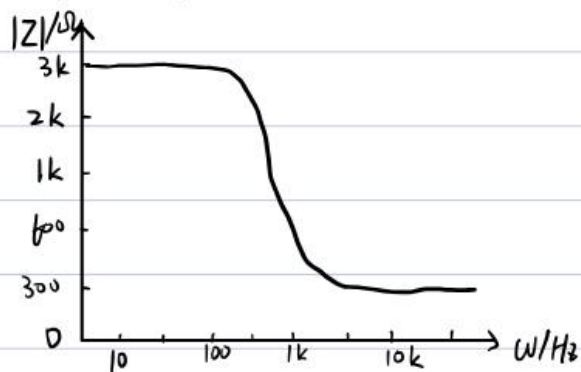
4. 已知某一医用电极可以等效为如下电路，若 $R_1=2.7k\Omega$ ， $R_2=300\Omega$ ， $C=1\mu F$ ，试画出电极阻抗幅值 $|Z|$ 随着角频率 ω 变化的曲线。



$$3. U_0 = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot U - \frac{R_4}{R_3+R_4} \cdot U = -0.11V$$

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3+R_4} = 4.68k\Omega$$

$$4. Z = \frac{R_1 / j\omega C}{1/j\omega C + R_1} + R_2 = \frac{R_1}{1+j\omega C R_1} + R_2 = \left(\frac{R_1}{1+(\omega C R_1)^2} + R_2 \right) - j \frac{\omega C R_1^2}{1+(\omega C R_1)^2}$$



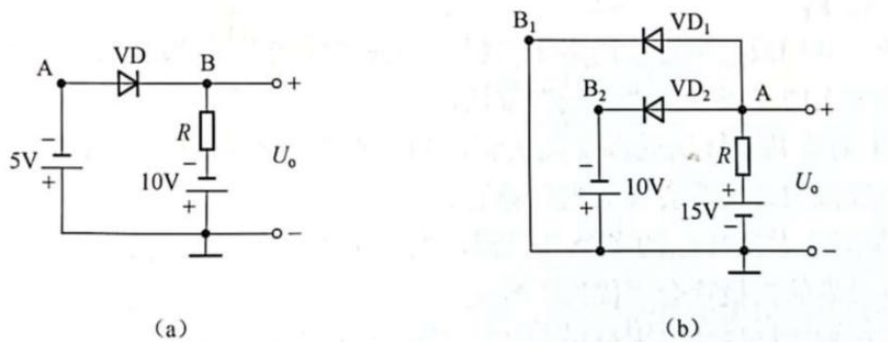
第二章 4-0311

1. 什么是运动伪差？它产生的原因是什么？如何减小运动伪差？
2. 试根据压电传感器的等效电路来分析，为什么在使用压电传感器的电路中，常需要考虑馈线长度对电路的影响？

略

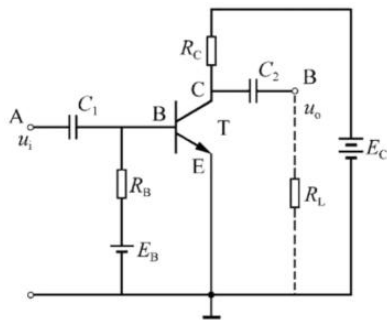
第三章 1-0313

如图所示的电路中，判断图中各二极管是导通还是截止，并计算电路的输出电压 U_o 。假设二极管为理想元件。



A: 导通, -5V
 B: VD1 导通, VD2 截止, -10V

若用万用电表测得图示基本放大电路中 $U_{CE} \approx E_C$ 或 $U_{CE} \approx 0$ ，试判断三极管分别处于什么工作状态？



截止/饱和

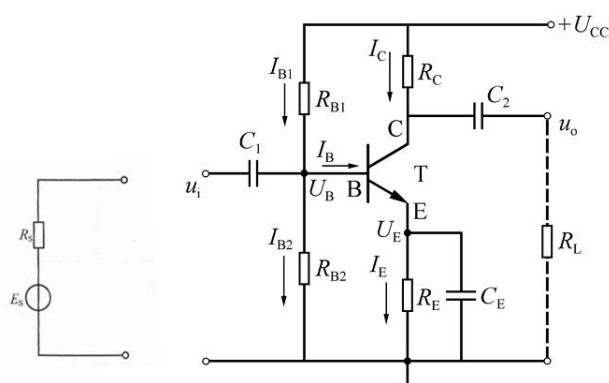
在一个单管放大电路中，电源电压为30V，已知三只管子的参数如表，请选择一个最合适的，并说明原因。

晶体管参数	T1	T2	T3
$I_{CBO}/\mu A$	0.01	0.1	0.05
BU_{CEO}/V	50	500	20
β	15	100	100



T1 放大倍数太小，T3 击穿电压 $20 < \text{电源电压 } 30$ ，T2 较为合适。
 第三章 2-0318

若已知所图所示电路的输入电压来自内阻为 $R_S=100\text{k}\Omega$ 的信号源，信号源电动势为 E_S 。若电路的其它参数如下： $\beta=50$ ， $R_{B1}=75\text{k}\Omega$ ， $R_{B2}=30\text{k}\Omega$ ， $R_C=4.7\text{k}\Omega$ ， $R_E=3\text{k}\Omega$ ， $R_L=1\text{k}\Omega$ ， $U_{CC}=+12\text{V}$ ，试计算该电路对 E_S 的放大倍数 A_{uS} ，并分析电路输入电阻 r_i 的大小对 A_{uS} 的影响。



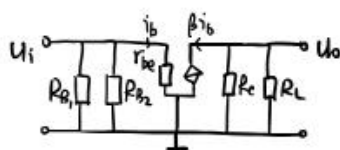
$$U_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} U_{CC} = 3.43\text{V}$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = 2.73\text{V}$$

$$I_E = \frac{U_E}{R_E} = 0.91\text{mA}$$

$$I_B = \frac{I_E}{1 + \beta} = 0.018\text{mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 0.90\text{mA}$$



$$r_{be} = 200 + \frac{26}{I_B} = 1.64\text{k}\Omega$$

$$r_i = R_{B1} // R_{B2} // r_{be} = 1.52\text{k}\Omega$$

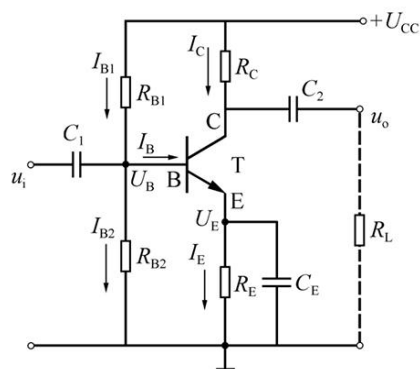
$$A_u = -\beta \frac{R_L'}{r_{be}} = -25$$

$$A_{uS} = A_u \cdot \frac{r_i}{R_S + r_i} = -0.37$$

r_i 越大, A_{uS} 越大

➤ $U_{CC}=12\text{V}$ ， $R_{B1}=15\text{k}\Omega$ ， $R_{B2}=5\text{k}\Omega$ ， $R_E=2.3\text{k}\Omega$ ， $R_C=5.1\text{k}\Omega$ ， $R_L=5.1\text{k}\Omega$ ， $\beta=50$ ， $r_{be}=1.5\text{k}\Omega$ ， $U_{BEQ}=0.7\text{V}$ 。求：

- (1) 估算静态工作点 Q ；
- (2) 分别求出有、无 C_E 两种情况下的 A_u 和 R_i ；
- (3) 若 R_{B1} 因虚焊而开路，则电路会产生什么现象？

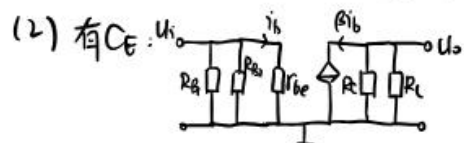


$$1) U_B = U_{CC} \times \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = 3V$$

$$I_B = \frac{U_B - U_{BE}}{(1+\beta) R_E} = 0.02mA$$

$$I_C = \beta I_B = 1mA$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C R_C - I_C R_E = 4.6V$$

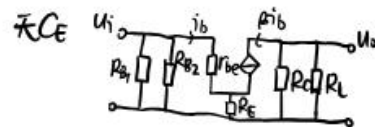


$$r_{be} = 200 + \frac{26}{I_B} = 1.5k\Omega$$

$$A_u = -\beta \frac{R_L'}{r_{be}} = -85$$

$$R_i = R_{B1} // R_{B2} // r_{be} = 1.07k\Omega$$

(3) 此时晶体管截止
输出信号为零

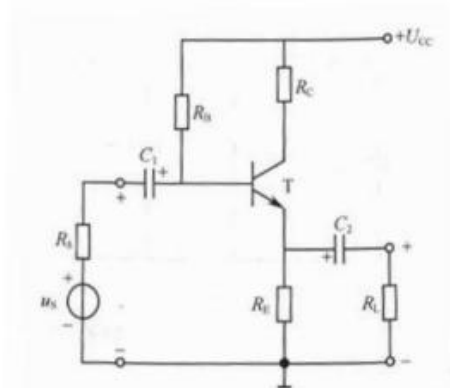


$$A_u = -\beta \frac{R_L'}{r_{be} + (1+\beta)R_E} = -1.07$$

$$R_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1+\beta)R_E] \\ = 3.64k\Omega$$

如图示的射极输出器电路中, $U_{CC}=+20V$,
 $\beta=60$, $R_B=200k\Omega$, $R_C=1k\Omega$, $R_E=4k\Omega$,
 $R_L=2k\Omega$, 信号源内阻 $R_S=100\Omega$ 。

试求: (1) 静态值; (2) A_U , r_i 和 r_o 。



班级: _____ 姓名: _____ 编号: _____ 科目: _____ 第 _____ 页

$U_{CC}=+20V$ $\beta=60$ $R_B=200k\Omega$ $R_C=1k\Omega$ $R_E=4k\Omega$
 $R_L=2k\Omega$ $R_S=100\Omega$

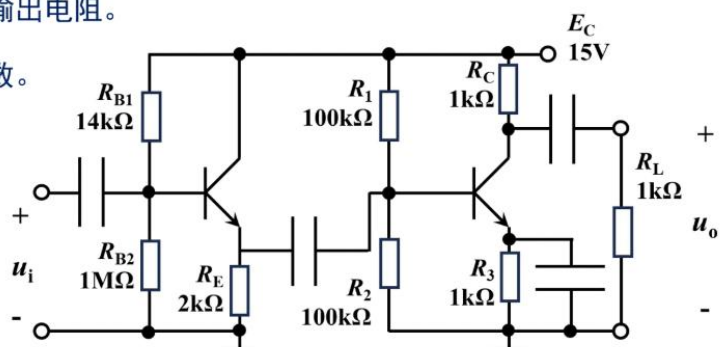
(1) $I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B + (1+\beta)R_E} = \frac{20 - 0.7}{200 + 61 \times 4} = 0.043 \text{ mA}$
 $U_{CE} = U_{CC} - R_C I_C - R_E I_E = 20 - 1 \times 60 \times 0.043 - 4 \times 61 \times 0.043 = 6.93 \text{ V}$

(2) $r_{be} = 200 + (1+\beta) \frac{26 \text{ mV}}{I_E} = 200 + 61 \times \frac{26 \text{ mV}}{61 \times 0.043 \text{ mA}} = 0.8 \text{ k}\Omega$
 $R'_L = R_E \parallel R_L = \frac{2 \times 4}{2 + 4} = 1.33 \text{ k}\Omega$
 $A_U = \frac{(1+\beta) R'_L}{r_{be} + (1+\beta) R'_L} = \frac{61 \times 1.33 \times 0.043}{0.8 \times 0.043 + 61 \times 1.33 \times 0.043} = 0.99$
 $r_i = R_B \parallel (r_{be} + (1+\beta) R'_L) = \frac{200 \times 81.93}{200 + 81.93} = 58.12 \text{ k}\Omega$

$$r_o = (r_{be} + R'_S) / \beta \approx (r_{be} + R_S) / \beta = 0.9 \text{ k}\Omega / 60 = 15 \Omega$$

如图所示是共集-共射多级放大电路, 其中 $\beta=100$ 。求

- (1) 求解电路的静态。
- (2) 求电路的输入电阻、输出电阻。
- (3) 求电路的电压放大倍数。



- (1)
 $U_{B1Q}/R_{B2} + (U_{B1Q} - 0.7)/(1+\beta) R_E = (V_{CC} - U_{B1Q})/R_{B1}$

$$U_{B1Q}=13.89V$$

$$I_{E1Q}=(U_{B1Q}-0.7)/R_E=6.60mA$$

$$I_{B1Q}=I_{E1Q}/(1+\beta)=0.065mA$$

$$U_{E1Q}=I_{E1Q} R_E=13.2V$$

$$U_{CEQ1}=V_{CC}-U_{E1Q}=1.8V$$

$$U_{B2Q}/R_2+(U_{B2Q}-0.7)/(1+\beta)R_3=(V_{CC}-U_{B1Q})/R_{B1}$$

$$U_{B2Q}=5.25V$$

$$I_{E2Q}=(U_{B2Q}-0.7)/R_3=4.55mA$$

$$I_{B2Q}=I_{E2Q}/(1+\beta)=0.045mA$$

$$U_{E2Q}=I_{E2Q} R_3=4.55V$$

$$U_{CEQ2}=V_{CC}-U_{E2Q}=10.45V$$

(2)

$$r_{be2}=200+26/0.045=778\Omega$$

$$R_{i2}=r_{be2}/R_2//R_1\approx 778\Omega$$

$$R_{o2}=R_C=1k\Omega$$

$$r_{be1}=200+26/0.065=600\Omega$$

$$R_{i1}=R_{B1}/R_{B2}//(r_{be1}+(1+\beta)(R_E//R_{i2}))=14k//1M//(0.6+101*(2//0.778))\approx 11.25k\Omega$$

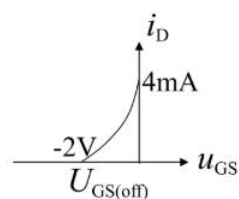
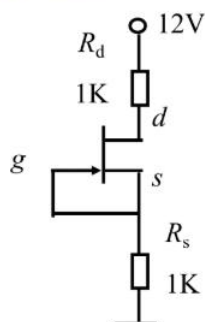
(3)

$$A_{u1}=[(1+\beta)(R_E//R_{i2})]/[r_{be1}+(1+\beta)(R_E//R_{i2})]=0.99$$

$$A_{u2}=-\beta R'_L/r_{be2}=-64.27$$

$$A_u=A_{u1}A_{u2}=-63.63$$

➤ 判断下图各场效应管的工作状态，并求漏极电位 V_D 。已知 $|U_{GS(off)}|=2V$ ， $I_{DSS}=4mA$



N 沟道结型

$$U_{GS}=0V>U_{GS(OFF)}=-2V$$

$$\text{此时 } i_D=4mA$$

$$V_D=V_{DD}-i_D R_D=8V$$

$$V_S=i_D R_S=4V=V_G$$

$$U_{GD}=-4V<U_{GS(OFF)}=-2V$$

恒流区

3个增强型MOS管的各极电位和开启电压如表所示，分析各管的工作状态。

管号	$U_{GS(th)}(V)$	$V_S(V)$	$V_G(V)$	$V_D(V)$
T1	4	-5	1	3
T2	-4	0	-3	-10
T3	-4	6	0	5

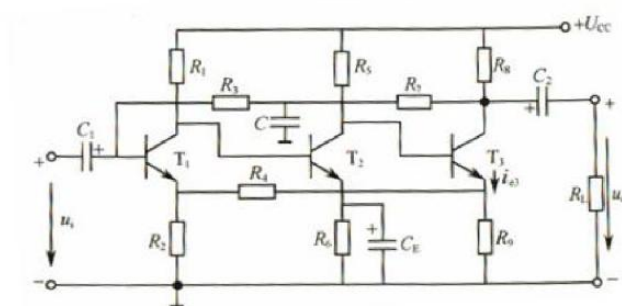
- (1) $U_{GS}=6>4$ ，S 端开启； $U_{GD}=-2<4$ ，D 端夹断，恒流区
- (2) $U_{GS}=-3>-4$ ，S 端夹断，夹断区
- (3) $U_{GS}=-6<-4$ ，S 端开启； $U_{GD}=-5<-4$ ，D 端开启，可变阻区

第三章 4-0325

- 反馈对放大电路有何影响？在生物医学信号的放大中有什么作用？请结合生物医学信号的特点阐述。

略

电路如图所示，试判断该电路中是否引入了反馈？若存在反馈，试指出反馈支路，并判断反馈的类型。



存在反馈

(1) R_4 连接输入输出回路, 为反馈电阻,

为直流电流串联负反馈: ① 负载 R_L 短路时, 反馈存在, 故为电流反馈,

② 反馈信号与输入信号不同点, 故为串联反馈,

以电压形式比较

③ 反馈电压削弱净输入电压, 故为负反馈,

(2) R_3, R_7 为反馈电阻,

直流电压并联负反馈: ① 负载 R_L 短路时, 反馈不存在, 故为电压反馈,

② 反馈信号与输入信号相同点, 故为并联反馈,

以电流形式比较

③ 反馈电流削弱净输入电流, 故为负反馈,

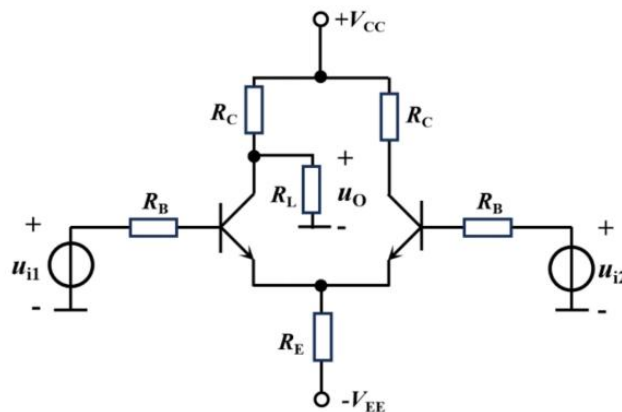
第三章 5-0327

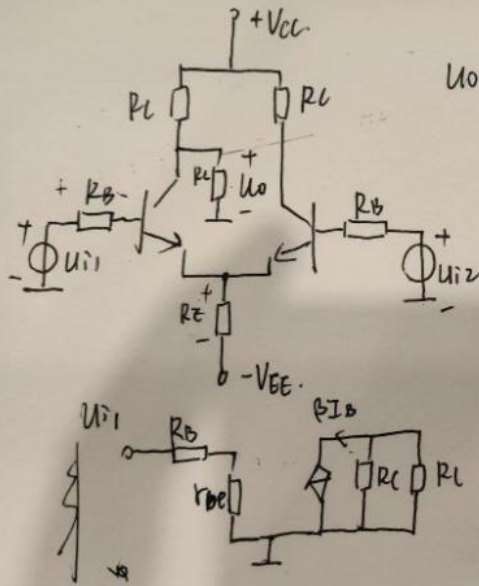
➤ 作业1

- ❑ 差分放大器中 R_E 起什么作用? 它对共模信号和差模信号各有什么影响? 是否 R_E 的阻值越大越好? 为什么?

1. 稳定静态工作点, 减小零点漂移。抑制共模信号, 不影响差模信号。不是越大越好, 阻值太大会导致静态工作点过低。

- 图示为一双端输入-单端输出的差动放大电路, 试求静态时输出电压 u_O 的表达式, 以及差模电压放大倍数 A_d 的表达式。





$$U_o: \cancel{V_{EE}} = \cancel{I_E R_E} + U_{BEQ} + 2I_E R_E$$

$$U_o = V_{CC} -$$

$$\therefore I_B = \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_E(1+\beta)}$$

$$\therefore U_o = V_{CC} - \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_E} R_C$$

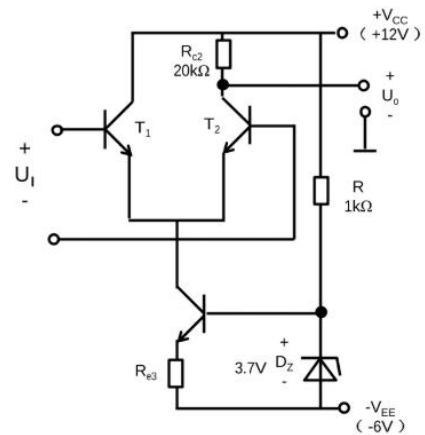
$$A_d: U_i = 2I_B(R_B + r_{be})$$

$$U_o = \beta I_B(R_C // R_L)$$

$$\therefore A_d = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{\beta(R_C // R_L)}{2(R_B + r_{be})}$$

$\beta=50$, $r_{be}=7k\Omega$, $U_{BEQ}=0.7V$ 。 T_1 、 T_2 管的 $I_{EQ}=0.3mA$ 。试估算:

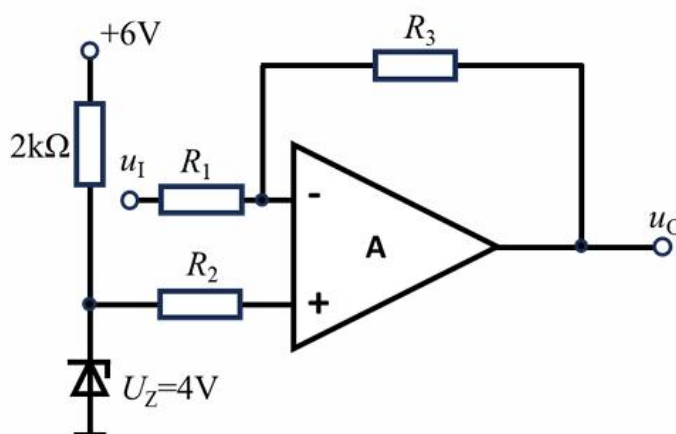
- (1) R_{e3} ;
- (2) 集电极静态电位 U_{CQ1} 和 U_{CQ2} ;
- (3) A_d , A_c , R_i 和 R_o ;
- (4) 若直流信号 $U_i=10mV$, 则 $U_o=?$



$\beta = 50$, $r_{be} = 7\text{ k}\Omega$, $U_{BEQ} = 0.7\text{ V}$. (1) $\therefore I_{EQ} = 0.3\text{ mA}$
 $T_1, T_2: I_{EQ} = 0.3\text{ mA}$
 $\therefore I_{EQ} = \beta I_{BQ} = 20 I_{BQ}$
 $U_{CE} = U_{BEQ} + R_{E3} \cdot I_{EQ} = 0.7 + 5 \times 0.3 = 1.7\text{ V}$
 $\therefore R_{E3} = 5\text{ k}\Omega$
(2) $U_{CE1} = V_{CC} = 12\text{ V}$
 $U_{CE2} = V_{CC} - I_{CQ} \cdot R_{E2} = 12 - 20 \times 0.3 = 6\text{ V}$
(3) $A_d = \frac{\beta R_{E2}}{2 r_{be}} = \frac{50 \times 20}{2 \times 7} = 71.4$
 $A_c = 0$
 $R_i = 2 r_{be} = 14\text{ k}\Omega$
 $R_o = R_{E2} = 20\text{ k}\Omega$
(4) $U_i = 10\text{ mV}$
 $\Delta U_o = A_d \cdot U_i \approx 71.4 \times 0.01\text{ V} = 0.714\text{ V}$
 $\therefore U_o = U_{CE2} + \Delta U_o = 6 + 0.714 = 6.714\text{ V}$

第三章 6-0401

$R_1 = 10\text{ k}\Omega$, $R_2 = R_3 = 20\text{ k}\Omega$ 。试推导输出电压 u_o 与输入电压 u_i 的关系。

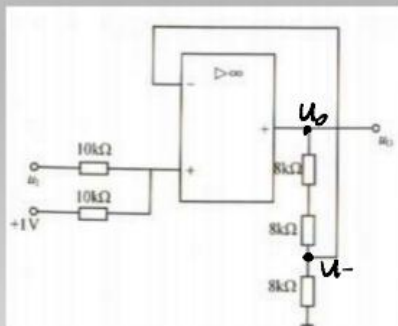


$$U_+ = 4\text{ V}$$

$$U_o - 4 = 2(4 - U_i)$$

$$U_o = 12 - 2U_i$$

图中是一个电平移动和同相放大器。设输入电压 u_i 的变化范围是 $-1 \sim +3V$ ，问输出电压 u_o 的变化范围是多少？



$$\because \text{虚断}, \dot{v}_+ = \dot{v}_- \approx 0, \begin{cases} \frac{u_i - u_+}{10} = \frac{u_+ - 1}{10} \\ \frac{u_o - u_-}{16} = \frac{u_-}{8} \end{cases}$$

$$\because \text{虚短}, u_+ \approx u_-$$

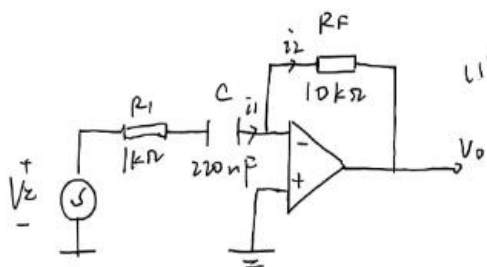
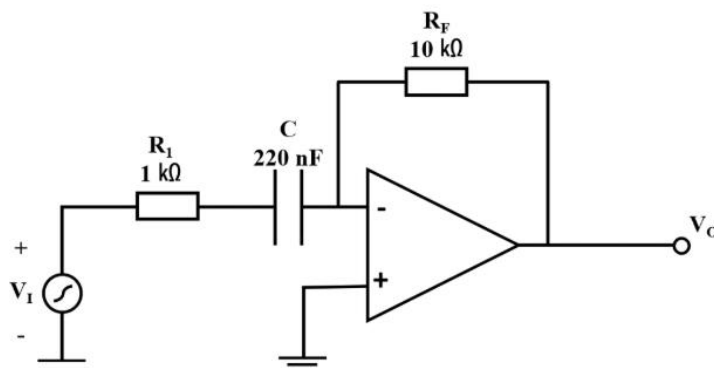
$$\therefore \begin{cases} u_i = 2u_+ - 1 \\ u_o = 3u_- \end{cases}$$

$$\therefore u_o = \frac{3}{2}(u_i + 1)$$

$$\therefore u_i \in [-1V, 3V]$$

$$\therefore u_o \in [0V, 6V]$$

- 计算电路的通带电压放大倍数 A_{up} ，下限截止频率 f_H
- 当输入信号为正弦波，幅度为100mV，频率为1kHz，求输出信号的幅度



1) $U_+ = U_- = 0V$

$$\bar{i}_1 = \frac{U_I - 0}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$\bar{i}_2 = \frac{0 - U_O}{R_F}$$

$\bar{i}_1 = \bar{i}_2 \quad \therefore \frac{U_I}{R + \frac{1}{j\omega C}} = -\frac{U_O}{R_F}$

$$A_u = \frac{U_O}{U_I} = -\frac{R_F}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$|A_u| = \frac{R_F}{\sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}}$$

$\omega \rightarrow \infty \text{ 时, } A_{up} = \frac{R_F}{R_1} = 10$

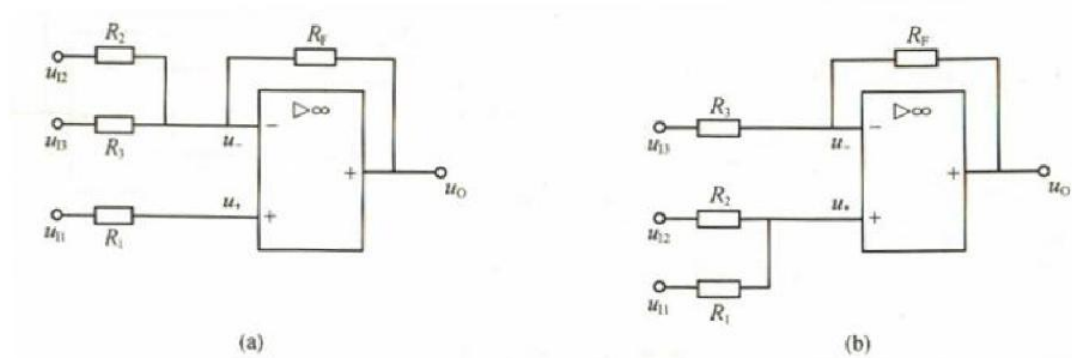
$|A_u| = \frac{A_{up}}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot R_1} \quad \therefore \omega = \frac{1}{R_1 C} = \frac{1}{220 \times 10^6} \text{ rad/s}$

$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{220 \times 2\pi \times 10^6} = 723.4 \text{ Hz}$

12) $|A_u| = \frac{R_F}{\sqrt{R_1^2 + (\frac{1}{2\pi f C})^2}} = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{(10^3)^2 + (\frac{1}{2\pi \times 10^3 \times 220 \times 10^9})^2}} = 1.387$

$\therefore U_O = |A_u| \cdot U_I = 138.7 \text{ mV}$

试推导下图所示电路的传输特性。



2. (a)

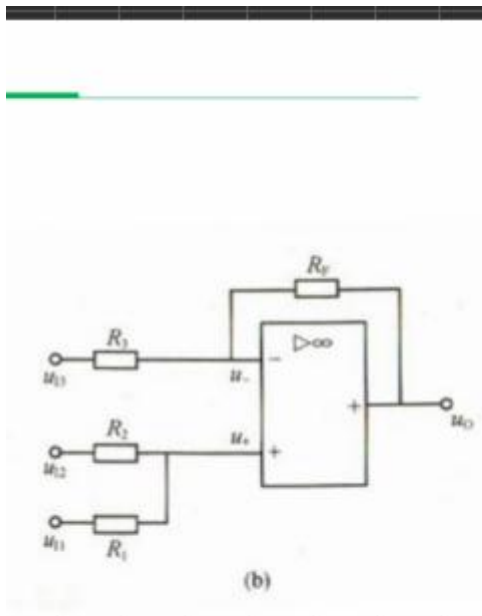
$$u_{i1} = u_+ = u_-$$

$$\frac{u_{i2} - u_-}{R_2} + \frac{u_{i3} - u_-}{R_3} = \frac{u_- - u_o}{R_F}$$

$$\therefore \frac{u_{i2} - u_{i1}}{R_2} + \frac{u_{i3} - u_{i1}}{R_3} = \frac{u_{i1} - u_o}{R_F}$$

$$\therefore u_o = u_{i1} + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} \right) R_F \cdot u_{i1} - \frac{R_F}{R_2} u_{i2} - \frac{R_F}{R_3} u_{i3}$$

$$u_o = R_F \cdot \left[\left(\frac{1}{R_F} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} \right) u_{i1} - \frac{u_{i2}}{R_2} - \frac{u_{i3}}{R_3} \right]$$



(b)

$$\frac{u_{i2} - u_+}{R_2} = \frac{u_+ - u_{i1}}{R_1}$$

$$u_+ = \frac{R_1 u_{i2} + R_2 u_{i1}}{R_1 + R_2} = u_-$$

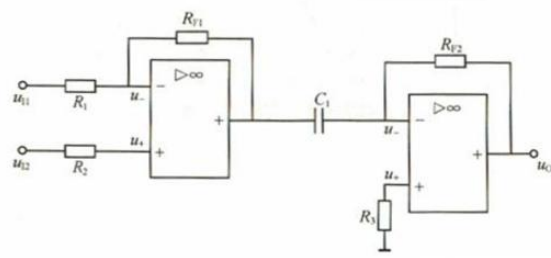
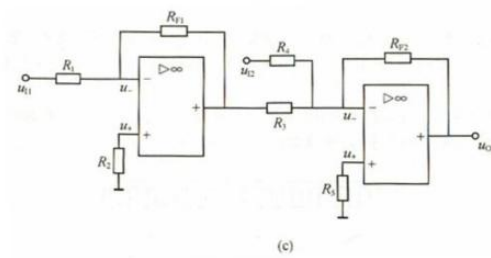
$$\frac{u_{i3} - u_-}{R_3} = \frac{u_- - u_o}{R_F}$$

$$u_o = \left(1 + \frac{R_F}{R_3} \right) u_- - \frac{R_F}{R_3} u_{i3}$$

$$= \left(1 + \frac{R_F}{R_3} \right) \frac{R_1 u_{i2} + R_2 u_{i1}}{R_1 + R_2} - \frac{R_F}{R_3} u_{i3}$$

$$U_o = (R_F + R_3) R_2 / R_3 (R_1 + R_2) U_{i1} + (R_F + R_3) R_1 / R_3 (R_1 + R_2) U_{i2} - R_F / R_3 U_{i3}$$

试推导如图所示电路的传输特性。



(c)

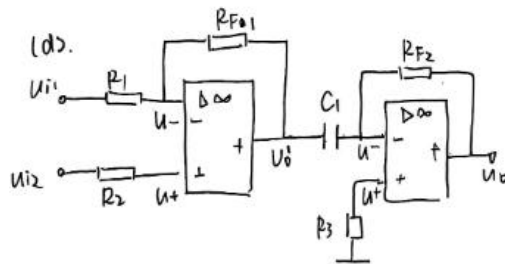
$$U_+ = U_- = 0$$

$$(U_{i1} - 0)/R_1 = (0 - U_{o1})/R_{F1}$$

$$U_{o1} = -U_{i1} R_{F1}/R_1$$

$$U_{i2}/R_4 + U_{o1}/R_3 = -U_o/R_{F2}$$

$$U_o = -U_{i2} R_{F2}/R_4 + U_{i1} R_{F1} R_{F2}/R_1 R_3$$



$$\frac{U_{i1} - U_{i2}}{R_1} = \frac{U_{i2} - U_o'}{R_{F1}} = C_1 \frac{dU_o}{dt} = \frac{0 - U_o}{R_{F2}}$$

$$\frac{dU_o}{dt} \rightarrow U_o' = (1 + \frac{R_{F1}}{R_1}) U_{i2} - \frac{R_{F1}}{R_1} U_{i1}$$

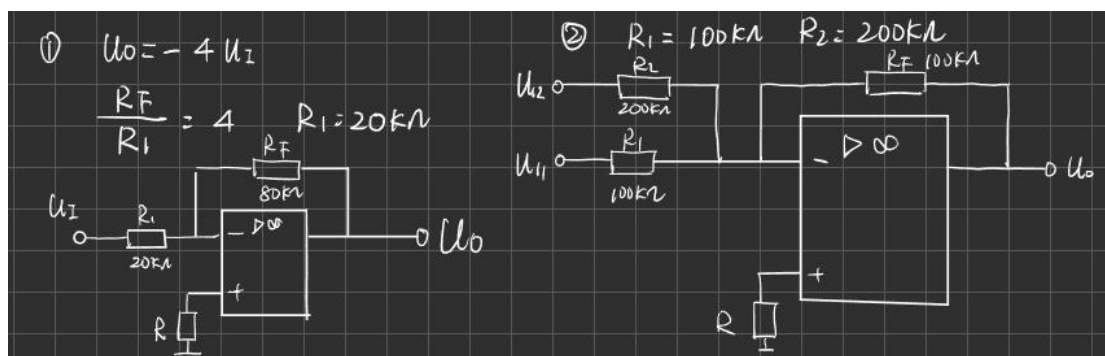
$$\therefore U_o = -R_{F2} \cdot C_1 \frac{dU_o'}{dt}$$

$$U_o = -R_{F2} \cdot C_1 \left[(1 + \frac{R_{F1}}{R_1}) \frac{dU_{i2}}{dt} - \frac{R_{F1}}{R_1} \frac{dU_{i1}}{dt} \right]$$

按下列各运算关系式画出运算电路，并给出各电阻参数。

$$u_o = -4u_i (R_F = 80k\Omega)$$

$$u_o = -(u_{i1} + 0.5u_{i2}) (R_F = 100k\Omega)$$

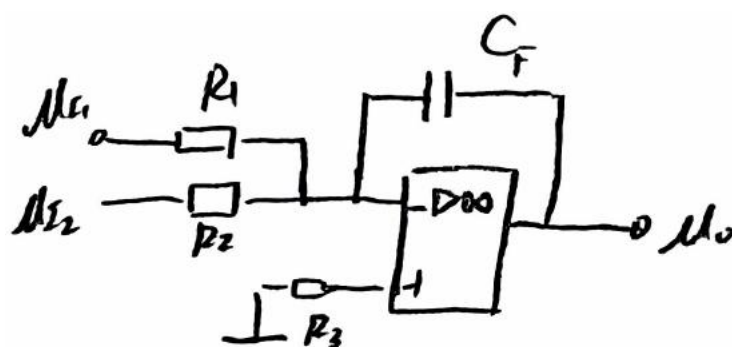
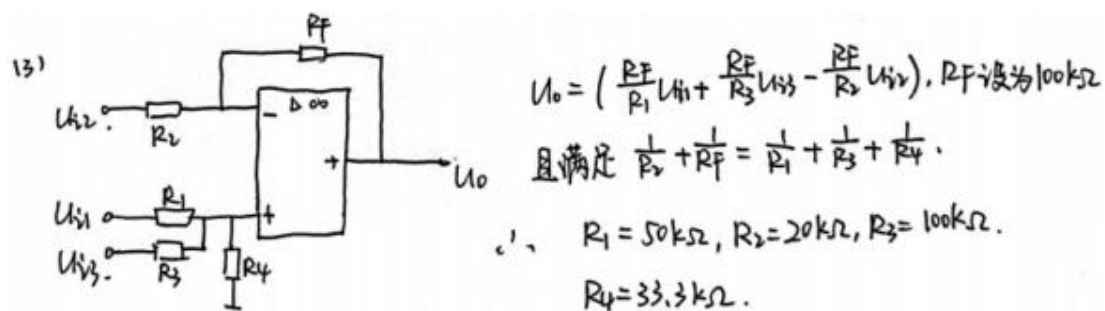


第四章 2-0408

按下列各运算关系式画出运算电路，并给出各电阻或电容参数。

$$u_0 = 2u_{11} - 5u_{12} + u_{13}$$

$$u_0 = -200 \int u_{11} dt - 50 \int u_{12} dt \quad (C_F = 0.1 \mu F)$$



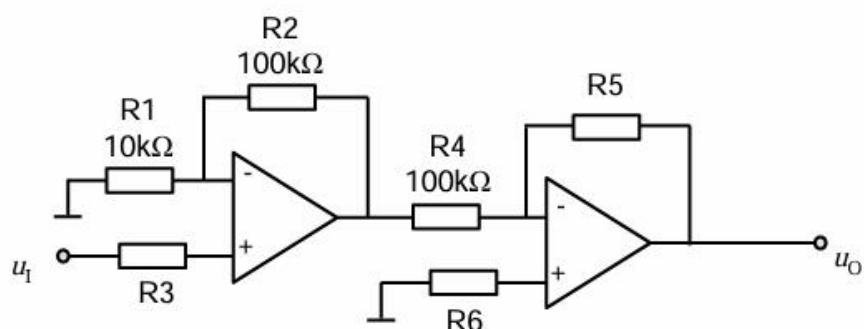
$$C_F = 0.1 \mu F$$

$$\therefore R_1 = 50k\Omega \quad R_2 = 200k\Omega$$

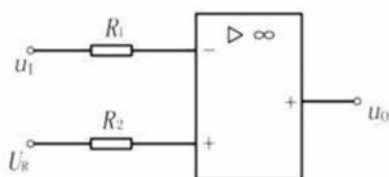
$$R_3 = R_1 \parallel R_2 = 40k\Omega$$

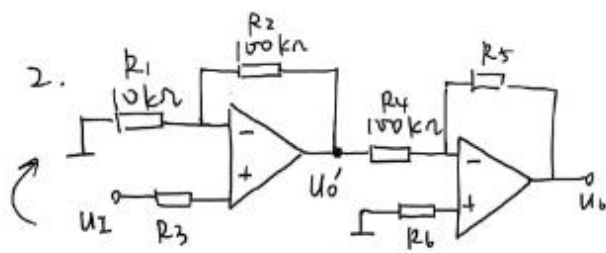
已知 $u_o = -55u_i$ ，求 R_5 的值。

若 u_i 与地接反，则输出输入电压关系将如何变化？



图示中，设参考电压 $U_R = 3V$ ，输入电压 $u_i = 1 + 4\sin 3140t$ (V)，试求出电压比较器的输入输出电压波形；当 $U_R = 0$ 时，输出电压波形有什么变化？当参考电压 U_R 加在反相输入端，而 u_i 从同相输入端输入时，输出电压波形又有何变化？





1). $U_0 = -5U_1$.

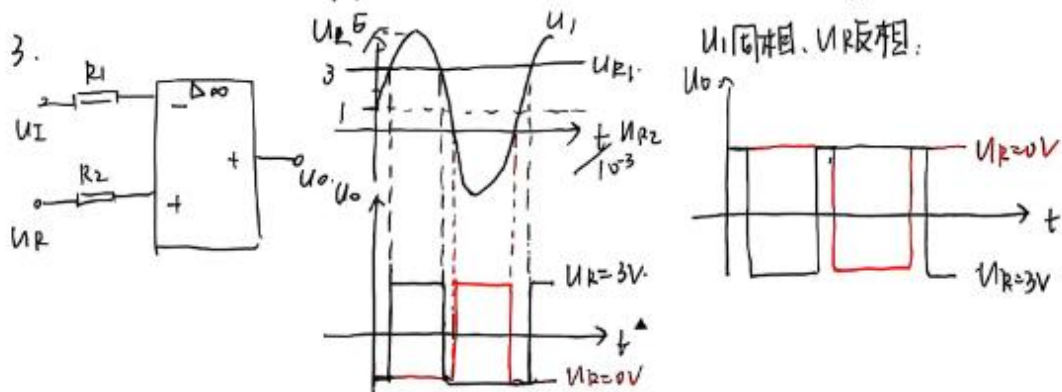
$$U_0' = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_1 = 11 U_1$$

$$U_0 = -\frac{R_5}{R_4} \cdot U_0' = -\frac{R_5}{R_4} \cdot 11 U_1$$

$$\therefore \frac{R_5}{R_4} = 5 \quad \therefore R_5 = 500k\Omega$$

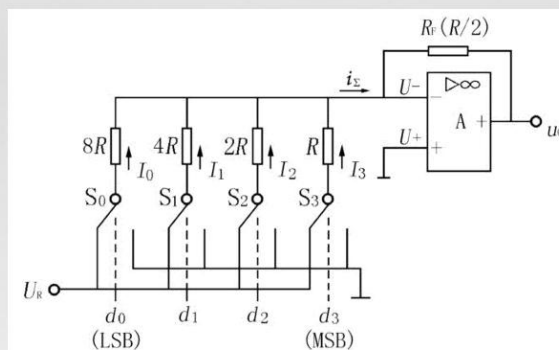
(2) $U_0' = -\frac{R_2}{R_1} U_0 = -10 U_1$

$$U_0 = -\frac{R_5}{R_4} U_0' = 50 U_1 \quad \text{倍数减小, 符号相反.}$$



第五章 1-0410

- 设 $U_R = 10V$, $R = 5k\Omega$, 当 $d_3d_2d_1d_0 = 1010$ 时, 试求: i_Σ , u_o 及各支路电流 I_3 , I_2 , I_1 , I_0 .

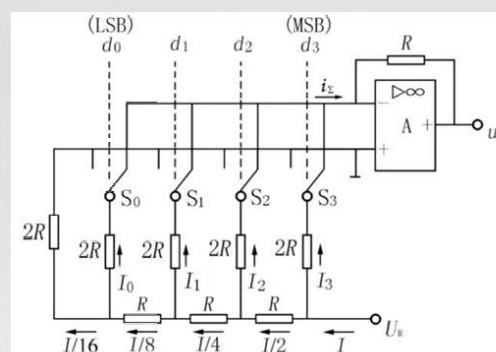


$$\begin{aligned}
 \dot{v}_\Sigma &= \dot{v}_0 + \dot{v}_1 + \dot{v}_2 + \dot{v}_3 \\
 &= d_0 \frac{U_R}{8R} + d_1 \frac{U_R}{4R} + d_2 \frac{U_R}{2R} + d_3 \frac{U_R}{R} \\
 &= \left(\frac{1}{4} + 1\right) \times 2 \\
 &= 2.5 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_0 &= -\dot{v}_\Sigma R_F \\
 &= -\frac{R}{2} \times \dot{v}_\Sigma = -6.25 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$I_0 = I_2 = 0, \quad I_1 = \frac{U_R}{4R} \cdot d_1 = 0.5 \text{ mA}, \quad I_3 = \frac{U_R}{R} \cdot d_3 = 2 \text{ mA}$$

设 $U_R = 10 \text{ V}$, $R = 5 \text{ k}\Omega$, 当 $d_3 d_2 d_1 d_0 = 1010$ 时, 试求: i_Σ , u_0 及各支路电流 I_3 、 I_2 、 I_1 、 I_0 。



$$I = \frac{U_R}{R}$$

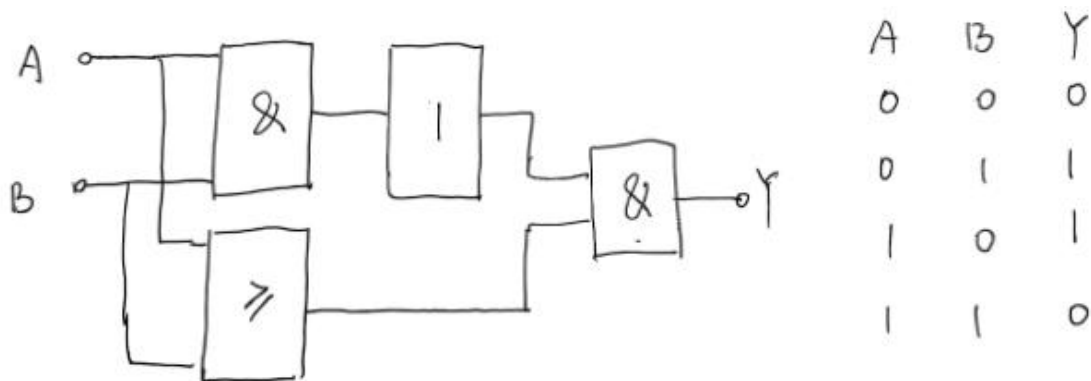
$$\begin{aligned}
 \dot{v}_\Sigma &= \frac{I}{2} d_3 + \frac{I}{4} d_2 + \frac{I}{8} d_1 + \frac{I}{16} d_0 \\
 &= \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8}\right) \frac{U_R}{R} \\
 &= 1.25 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

$$U_0 = -\dot{v}_\Sigma R_F = -6.25 \text{ V}$$

$$I_0 = \frac{U_R}{16R} = 0.125 \text{ mA}, \quad I_1 = \frac{U_R}{8R} = 0.25 \text{ mA},$$

$$I_2 = \frac{U_R}{4R} = 0.5 \text{ mA}, \quad I_3 = \frac{U_R}{2R} = 1 \text{ mA},$$

试使用与门、或门、非门设计一个异或门电路，即当2个输入不同时，输出为“1”；否则输出“0”。

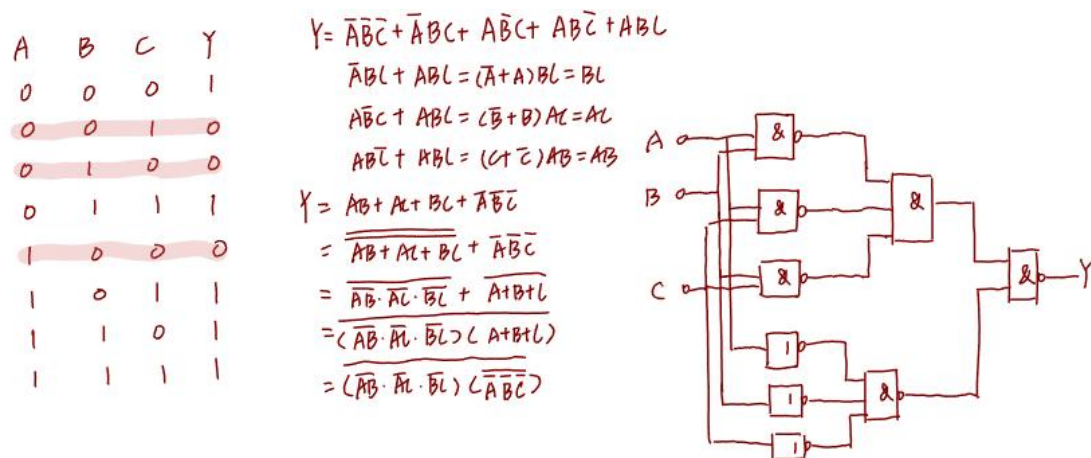


第五章 2-0415

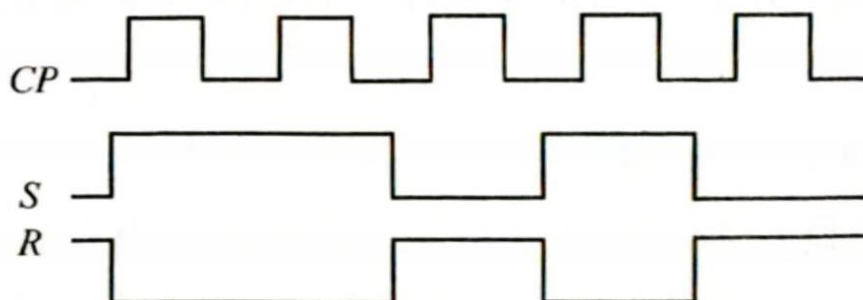
作业1



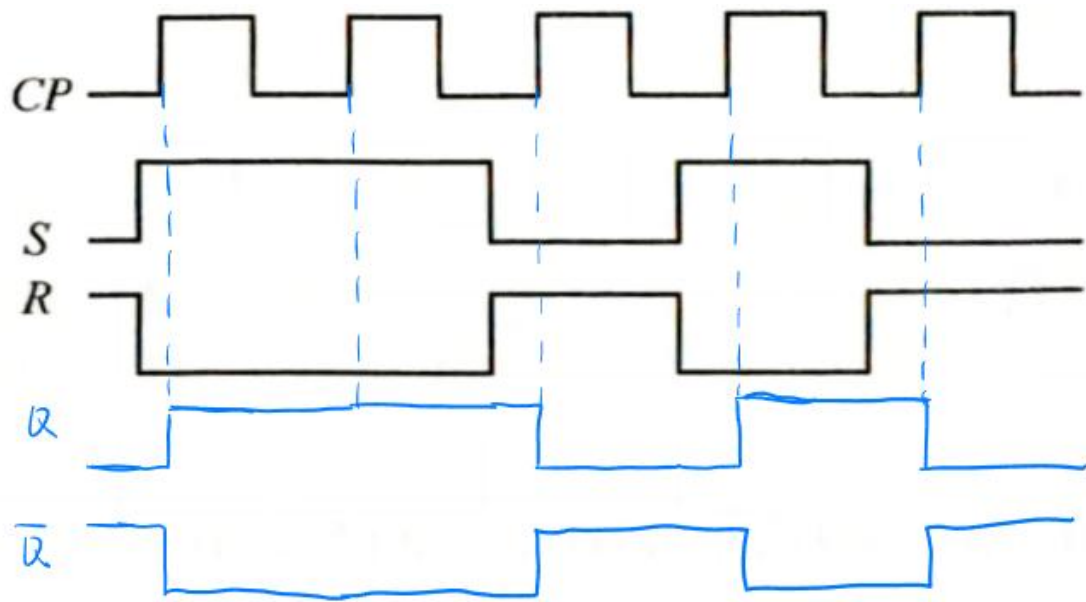
- 设计一个监视交通灯工作状态的电路。任意时刻，有且只有一个灯亮，则为正常，输出为0；否则输出1，视为故障。



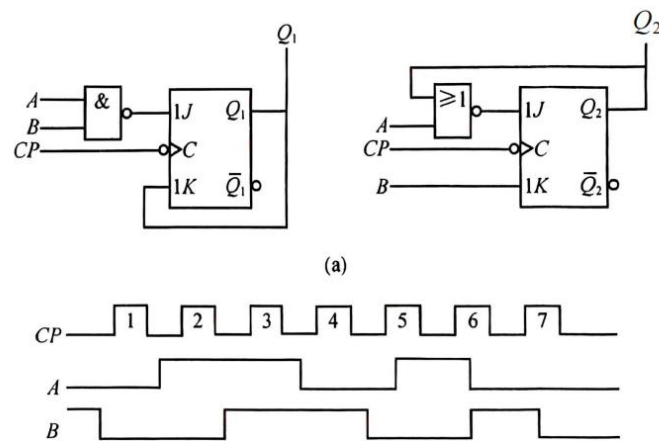
设同步RS触发器的初始状态为 $Q=0$ ，R、S端和CP端的输入信号波形如下，画出响应的 Q 、 $\overline{Q}$ 端的波形。



Q: 11010



主从JK触发器组成如图电路，输入波形如下图，触发器的初始状态 $Q=0$ ，画出各触发器输出 Q 端的波形。



A=0110100

B=0011010

J1=1101111

K1=0100101

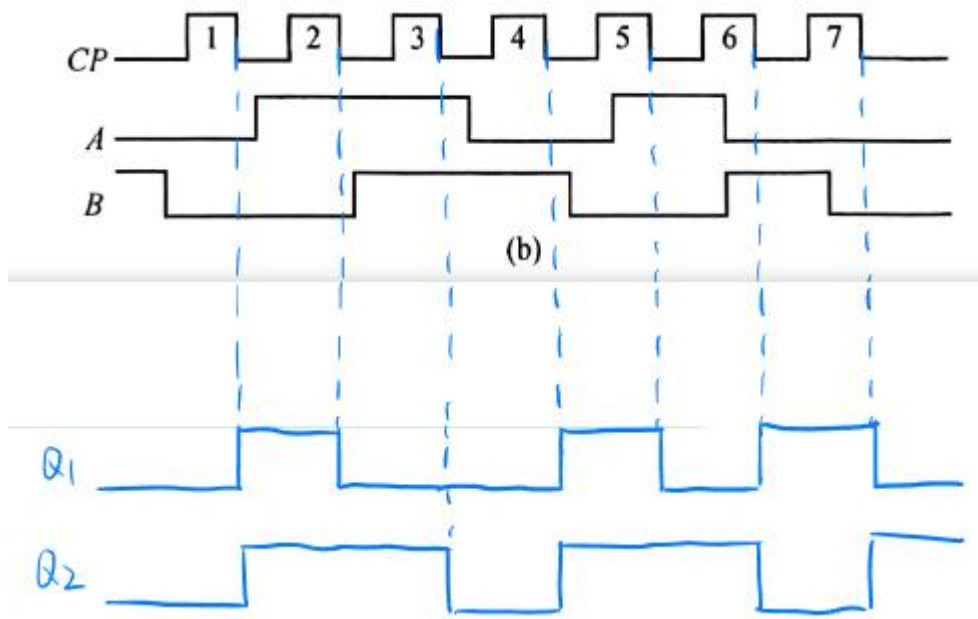
Q1=1001010

A=0110100

J2=1001001

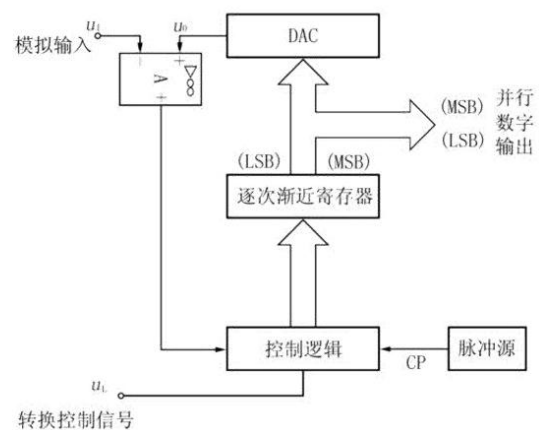
K2=0011010

Q2=1101101



第五章 3-0417

对于4位逐次渐进型AD转换器，若参考电压为5V，输入电压为2.7V，试写出逐次渐进型AD转换器的工作步骤及AD转换结果。



第一位 1, 1000, $u_0=2.5 < 2.7$, 保留

第二位 1, 1100, $u_0=3.75 > 2.7$, 不保留

第三位 1, 1010, $u_0=3.125 > 2.7$, 不保留

第四位 1, 1001, $u_0=2.8125 > 2.7$, 不保留

1000