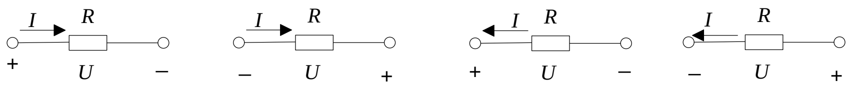
习题 1

1-1 在题图 1-1 中，已知 $I=-2A, R=5\Omega$。求各图中的电压 U。



(a) (b) (c) (d)

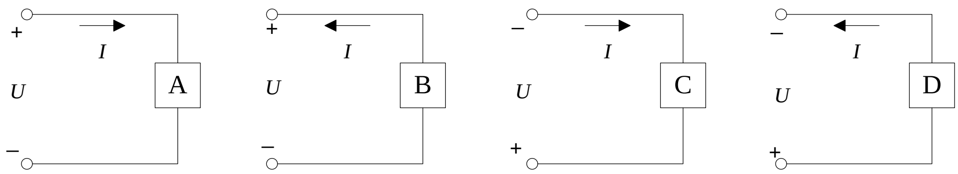
解：(a) U 、I 关联，$U=IR=(-2)\times5=-10V$

(b) U 、I 非关联，$U=-IR=-(-2)\times5=10V$

(c) U 、I 非关联，$U=-IR=-(-2)\times5=10V$

(d) U 、I 关联，$U=IR=(-2)\times5=-10V$

1-2 在题图 1-2 中，已知 $I=-2A$，$U=15V$。计算各图元件中的功率，并说明它们是电源还是负载。



(a) (b) (c) (d)

解：(a) U 、I 关联，$P=UI=(-2)\times15=-30W$, $P<0$,元件 A 是电源性。

(b) U 、I 非关联，$P=-UI=-(-2)\times15=30W$, $P>0$,元件 B 是负载性。

(c) U 、I 非关联，$P=-UI=-(-2)\times15=30W$, $P>0$,元件 C 是负载性。

(d) U 、I 关联，$P=UI=(-2)\times15=-30W$, $P<0$,元件 D 是电源性。

1-3 某电路中需要接入一个限流电阻，已知接入的电阻两端电压 $U_R=10V$，流过电阻的电流 $I_R=20mA$。试选择这个电阻的参数。

解：$R=\dfrac{U}{I}=\dfrac{10}{20\times10^{-3}}=500\Omega$

$P_R=UI=10\times20\times10^{-3}=0.2W$

规格化以后，$P_R=0.5W$

1-4 一只 $15V$ 、$5W$ 的白炽灯接在 36V 的电源上，试选择需要串联的电阻。

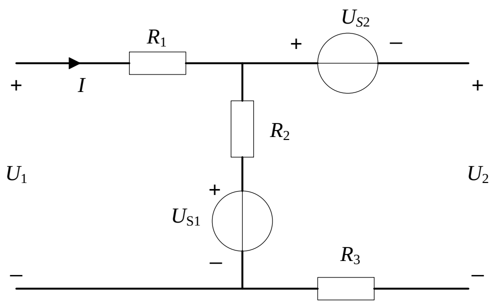
解：$I=\dfrac{P}{U}=\dfrac{5}{15}=\dfrac{1}{3}A$

$U_R=36-15=21V$

$$R=\frac{U_R}{I}=\frac{21}{\frac{1}{3}}=63\Omega$$

$$P_R=U_R I=21\times\frac{1}{3}=7W$$

1-5 在题图 1-5 中，已知$U_1=12V$,$U_{S1}=4V$,$U_{S2}=6V$,$R_1=R_2=R_3=2\Omega$.试求U_2 。



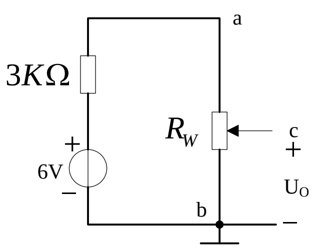
解：$I(R_1+R_2)+U_{S1}=U_1$

$$I=\frac{U_1-U_{S1}}{R_1+R_2}=\frac{12-4}{4}=2A$$

$$U_2=IR_2+U_{S1}-U_{S2}=2\times2+4-6=2V$$

1-6

在题图 1-6 中，已知电位器 $R_W=6K\Omega$ 。试求：当电位器的滑动头 C 分别在 a 点、b 点和中间位置时，输出电压U_o 。

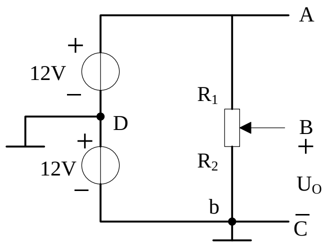


解：c 在 a 点时，$U_o=\frac{R_W}{3+R_W}\times6=\frac{6}{3+6}\times6=4V$,

c 在 b 点时，$U_o=0V$

c 在中间位置时，$U_o=\frac{0.5R_W}{3+R_W}\times6V=\frac{3}{9}\times6=4V$

1-7 在题图 1-7 中，当电位器调到 $R_1=R_2=5K\Omega$ 时。试求：A 点、B 点、C 点的电位。

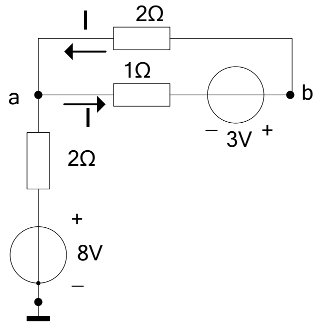


解：A 点电位：$U_A = 12V$

C 点电位：$U_C = -12V$

B 点电位：$U_B = \dfrac{24}{R_1 + R_2} \times R_2 - 12 = 0V$

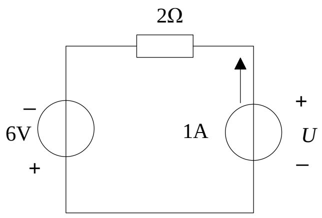
1-8 试求题图 1-8 电路中的U_{ab}。



解：$I = \dfrac{3}{2+1} A = 1A$

$$U_{ab} = I \times 1 - 3 = 1 - 3 = -2V$$

1-9 试求题图 1-9 电路中电源和电阻的功率，并验证功率平衡关系。



解：$U = 2 \times 1 - 6 = -4V$

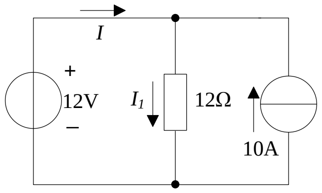
$P_{IS} = -UI = -(-4) \times 1 = 4W$　　负载

$P_{us} = -UI = -6 \times 1 = -6W$　　电源

$P_R = I^2 R = 2 \times 1 = 2W$　　负载

$\sum P = 4 - 6 + 2 = 0$　　功率平衡

1-10 试求题图 1-10 电路中电源和电阻的功率，并验证功率平衡关系。



解：$I=\dfrac{12}{12}-10=-9A$

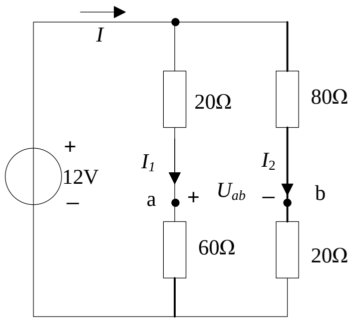
$P_{IS}=-UI=-12\times10=-120W$　电源

$P_{us}=-UI=-12\times(-9)=108W$　负载

$P_R=I^2R=12\times1=12W$　负载

$\sum P=-120+108+12=0$　功率平衡

1-11 试求题图 1-11 电路中的U_{ab}。

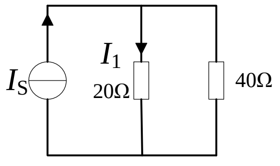


解：$I_1=\dfrac{20}{20+60}=\dfrac{1}{4}A$；$I_2=\dfrac{20}{20+80}=\dfrac{1}{5}A$

$U_{ab}=I_2\times80-I_1\times20=\dfrac{1}{5}\times80-\dfrac{1}{4}\times20=11V$

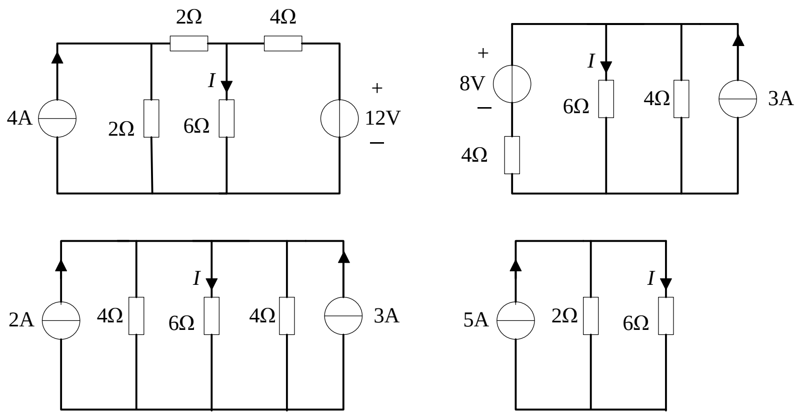
1-12 在题图 1-12 电路中，已知$I_s=2A$，试求电流I_1。

解：根据电桥平衡，50Ω 电阻可去掉，则原电路可等效变换如下所示：



$I_1=\dfrac{40}{20+40}\times I_S=\dfrac{2}{3}\times2=\dfrac{4}{3}A$

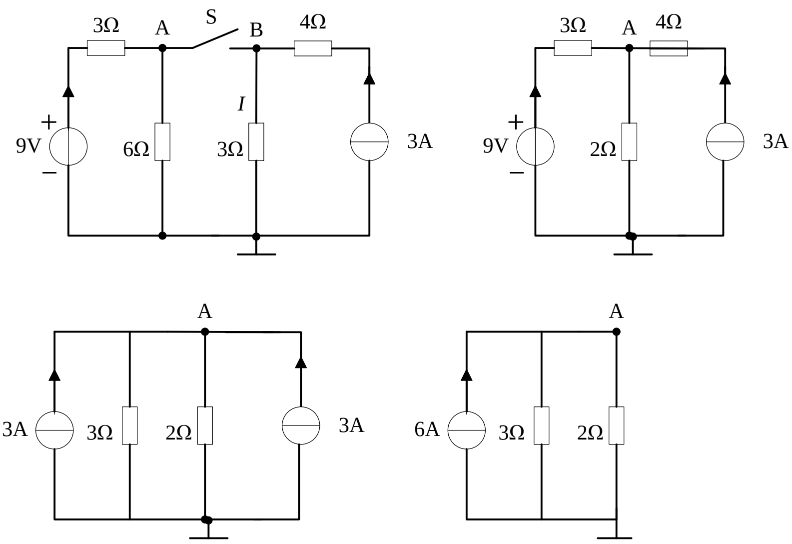
1-13 在题图 1-13 电路中，试用电压源与电流源等效变换求电流 I



根据分流公式有

$$I=\frac{2}{2+6}\times 5=1.25A$$

1-14 已知电路如图 1-14 所示。试求：（1）开关 S 打开时，A 点和 B 点的电位。（2）开关 S 闭合时，A 点和 B 点的电位。



解：S 打开时，选择电位参考点如图所示。

$$V_A=\frac{6}{3+6}\times 9=6V\ ,V_B=3\times 3=9V$$

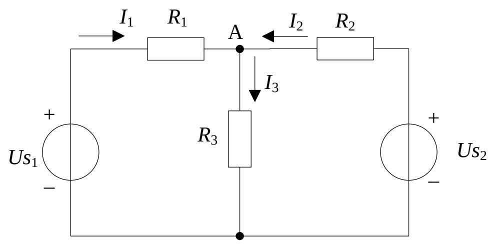
S 闭合时，$V_A=V_B$

$$V_A=V_B=6\times\frac{2\times 3}{2+3}=7.2V$$

1-15 $R_{ab}=5+(3+2)//(3+2)=7.5\Omega$

习题 2

2-1 在题图 2-1 中，已知$U_{S1}=12V$,$U_{S2}=8V$， $R_1=2\Omega,R_2=3\Omega$， $R_3=6\Omega$。用支路电流法求各支路电流。



题图 2-1

解： $b=3,n=2$

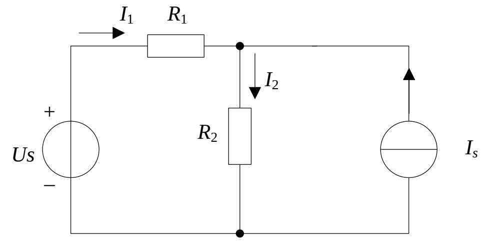
KCL 方程：$I_1+I_2=I_3$

KVL 方程：$I_1R_1+I_3R_3=U_{S1}$

$$I_2R_2+I_3R_3=U_{S2}$$

解得：$I_1=\dfrac{5}{3}A,I_2=-\dfrac{2}{9}A,I_3=\dfrac{13}{9}A$

2-2 在题图 2-2 中，已知$U_{S1}=10V$， $I_S=1A$，$R_1=2\Omega,R_2=3\Omega$，用支路电流法计算I_1和I_2。



题图 2

解：$b=3,n=2$

KCL 方程：$I_1+I_s=I_2$

KVL 方程：$I_1R_1+I_2R_2=U_S$

解得：$I_1=\dfrac{7}{5}A,I_2=\dfrac{12}{5}A$

2 -3 用节点电压法求 2-1 各支路电流。

解：$U_{ab}=\dfrac{\dfrac{U_{s1}}{R_1}+\dfrac{U_{S2}}{R_2}}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_3}}=\dfrac{\dfrac{12}{2}+\dfrac{8}{3}}{\dfrac{1}{2}+\dfrac{1}{3}+\dfrac{1}{6}}=6+\dfrac{8}{3}=\dfrac{26}{3}V$

$$I_1=\frac{U_{s1}-U_{ab}}{R_1}=\frac{12-\dfrac{26}{3}}{2}=\frac{5}{3}A$$

$$I_2=\frac{U_{S2}-U_{ab}}{R_2}=\frac{8-\dfrac{26}{3}}{3}=-\frac{2}{9}A$$

$$I_3=\frac{U_{ab}}{R_3}=\frac{\dfrac{26}{3}}{6}=\frac{13}{9}A$$

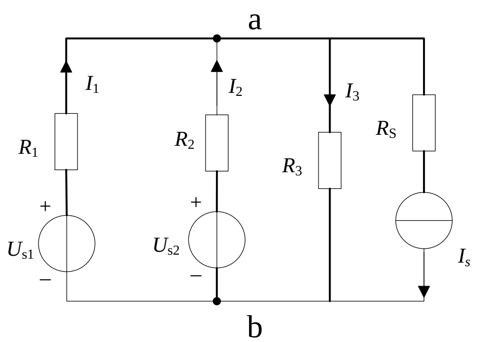
2-4 用节点电压法求 2-2 的电流 I_1 和 I_2。

解：$U_{ab}=\dfrac{\dfrac{U_s}{R_1}+I_S}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}}=\dfrac{\dfrac{10}{2}+1}{\dfrac{1}{2}+\dfrac{1}{3}}=\dfrac{6}{\dfrac{5}{6}}=7.2V$

$$I_1=\frac{U_{s1}-U_{ab}}{R_1}=\frac{10-7.2}{2}=1.4A$$

$I_2=\dfrac{U_{ab}}{R_2}=\dfrac{7.2}{3}=2.4A$ 或 $I_2=I_{S1}+I_1=1.4+1=2.4A$

2-5 在题图 2-5 中，已知 $U_{s1}=10V$，$U_{S2}=6V$，$I_S=2A$，$R_1=2\Omega$，$R_2=3\Omega$，$R_3=6\Omega$，$R_S=1\Omega$，用节点电压法求电流 I_1 和 I_2 和 I_3。



题图 2-5

解：设上面的节点为 a，下面的节点为 b

则

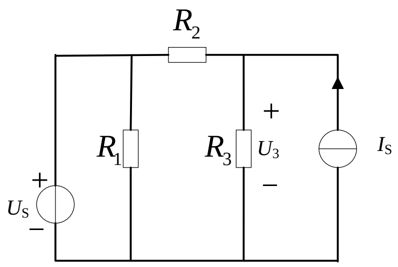
$$U_{ab}=\frac{\dfrac{U_{s1}}{R_1}+\dfrac{U_{S2}}{R_2}-I_S}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_3}}=\frac{\dfrac{12}{2}+\dfrac{6}{3}-2}{\dfrac{1}{2}+\dfrac{1}{3}+\dfrac{1}{6}}=6V$$

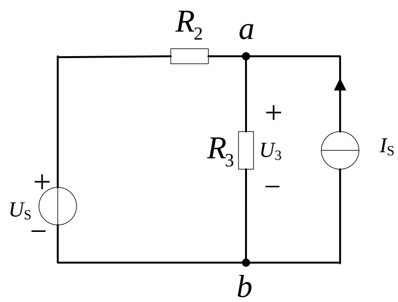
$$I_1=\frac{U_{S1}-U_{ab}}{R_1}=\frac{12-6}{2}=3A$$

$$I_2=\frac{U_{S2}-U_{ab}}{R_2}=\frac{6-6}{3}=0A$$

$$I_3=\frac{U_{ab}}{R_3}=\frac{6}{6}=1A$$

2-6 在题图 2-6 中，已知$U_S=10V$，$I_S=2A$，$R_1=4\Omega,R_2=2\Omega$，$R_3=8\Omega$。用节点电压法求U_3。



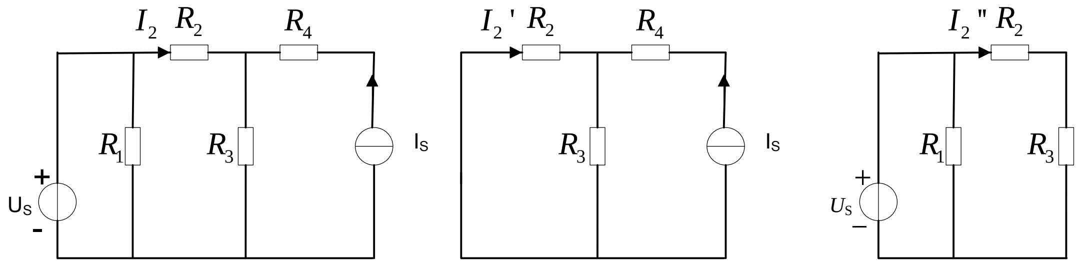


题图 2-6

解：原电路可等效为：

$$U_3=\frac{\dfrac{U_S}{R_2}+I_S}{\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_3}}=\frac{\dfrac{10}{2}+2}{\dfrac{1}{2}+\dfrac{1}{8}}=11.2V,$$

2-7 在题图 2-7 中，已知$U_S=10V$，$I_S=10A$，$R_1=2\Omega,R_2=1\Omega$，$R_3=4\Omega$，$R_4=5\Omega$。用叠加定理求电流I_2。



解：电流源单独作用时，电路如图所示

$$I_2'=-\frac{R_3}{R_2+R_3}\times I_S=-\frac{4}{1+4}\times 10=-8A$$

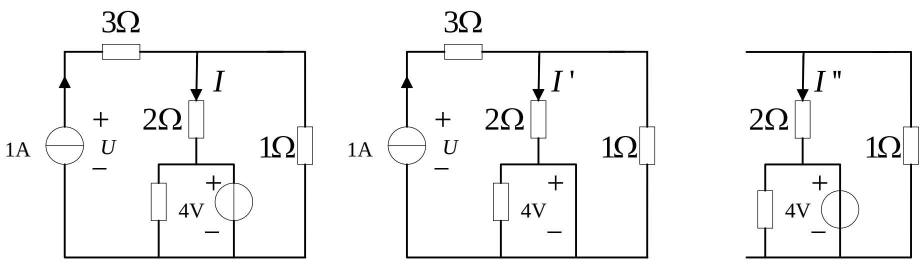
电压源单独作用时，电路如图所示

$$I_2''=\frac{U_S}{R_2+R_3}=\frac{10}{1+4}=2A$$

共同作用时

$$I_2=I_2'+I_2''=2-8=-6A$$

2-8 已知电路如图题图 2-8 所示，（1）用叠加定理求电流 I，（2）计算电流源的功率 P_i。



解：（1）用叠加定理求电流 I

分解电路如图所示

1A 电流源作用：$I'=\frac{1}{2+1}\times 1A=\frac{1}{3}A$

4V 电压源作用：$I''=-\frac{4}{2+1}A=-\frac{4}{3}A$

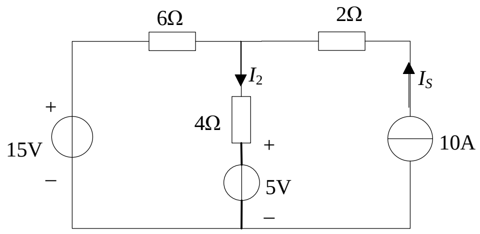
共同作用时：$I=I'+I''=\frac{1}{3}-\frac{4}{3}=-1A$

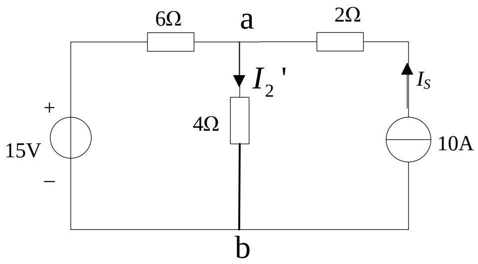
（2）计算电流源的功率 P_i

$$U=1\times 3+2\times I+4=3-2+4=5V$$

$$P_i=-UI=-1\times 5=-5W$$

2-9 已知电路如题图 2-9 所示。用叠加定理求 I_2。



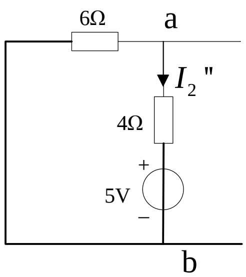


解：当 15V 电压源和 10A 电流源共同作用时，

$$U_{ab}=\frac{\frac{15}{6}+10}{\frac{1}{6}+\frac{1}{4}}=30V$$

$$I_2'=\frac{30}{4}=7.5A$$

当 5V 电压源作用时

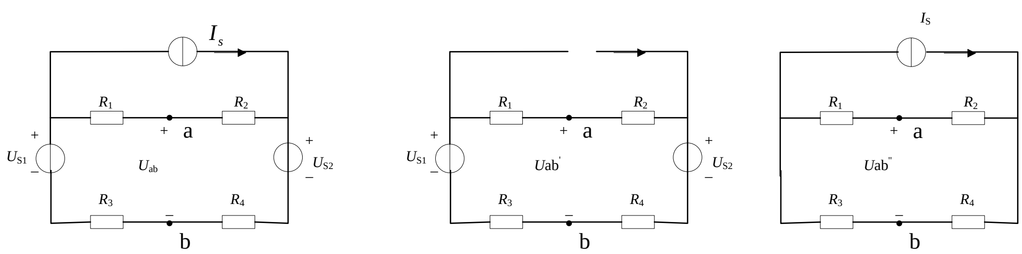


$$I_2''=-\frac{5}{6+4}=-0.5A$$

$$I=I_2'-I_2''=7.5-0.5=7A$$

2-10 在题图 2-10 中，已知 $U_{s1}=12V$，$U_{S2}=2V$，$I_S=10A, R_1=R_2=2\Omega, R_3=R_4=3\Omega$。

用叠加定理求电压 U_{ab}。



解：两个电压源作用时，

$$U_{ab}'=-\frac{U_{S1}-U_{S2}}{R_1+R_2+R_3+R_4}\times(R_1+R_3)+U_{S1}$$

$$U_{ab}'=-\frac{12-2}{2+2+3+3}(2+3)+12=-5+12=7V$$

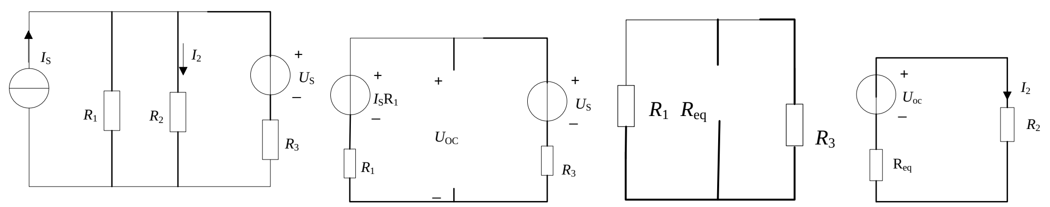
I_s 单独作用时，

$$U_{ab}''=\frac{R_3+R_4}{R_1+R_2+R_3+R_4}\times I_S\times R_1-\frac{R_1+R_2}{R_1+R_2+R_3+R_4}\times I_S\times R_4=0V$$

共同作用时

$$U_{ab}=U_{ab}'+U_{ab}''=7V$$

2-11 在题图 2-11 中，已知 $I_S=1A, U_S=10V$, $R_1=6\Omega$, $R_2=3\Omega$, $R_3=4\Omega$ 。用戴维南定理求 I_2 .



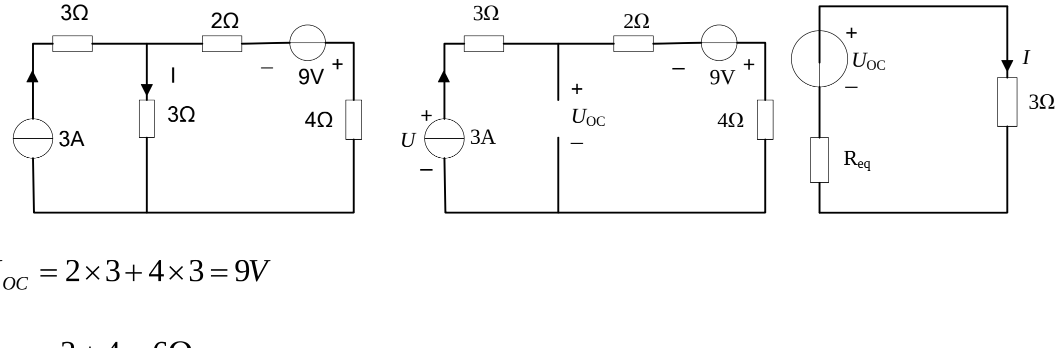
解：$U_{OC}=\frac{U_S-I_SR_1}{R_1+R_3}\times R_1+I_SR_1=\frac{10-1\times 6}{6+4}\times 6+1\times 6=8.4V$

$$\mathrm{R}_{eq}=R_1//R_3=6//4=2.4\Omega$$

$$I_2=\frac{U_{OC}}{\mathrm{R}_{eq}+R_2}=\frac{8.4}{2.4+3}=1.56A$$

2-12 已知电路如题图 2-12 所示，用戴维南定理求 I 和电流源的功率 P_i 。

解：



$$U_{OC}=2\times 3+4\times 3=9V$$

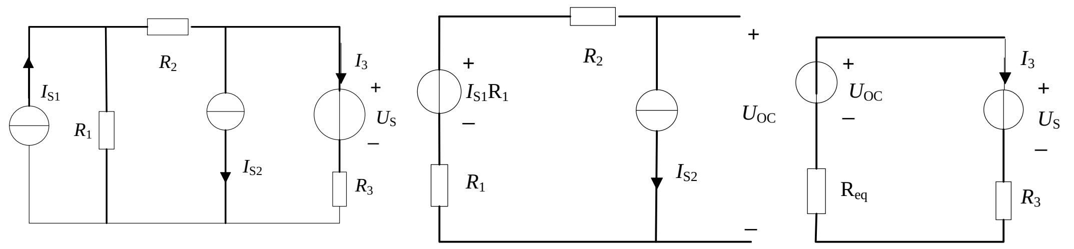
$$\mathrm{R}_{eq}=2+4=6\Omega$$

$$I=\frac{U_{OC}}{\mathrm{R}_{eq}+3}=\frac{9}{6+3}=1A$$

$U = 3\times 3 + 1\times 3 = 12V$
$P = -UI = -3\times 12 = -36W$

2-13 在题图 2-13 电路中，已知$U_S = 3V$， $I_{S1} = 3A$，$I_{S2} = 1A$，$R_1 = 4\Omega$，$R_2 = 1\Omega$，$R_3 = 3\Omega$。

用戴维南定理求 I_3



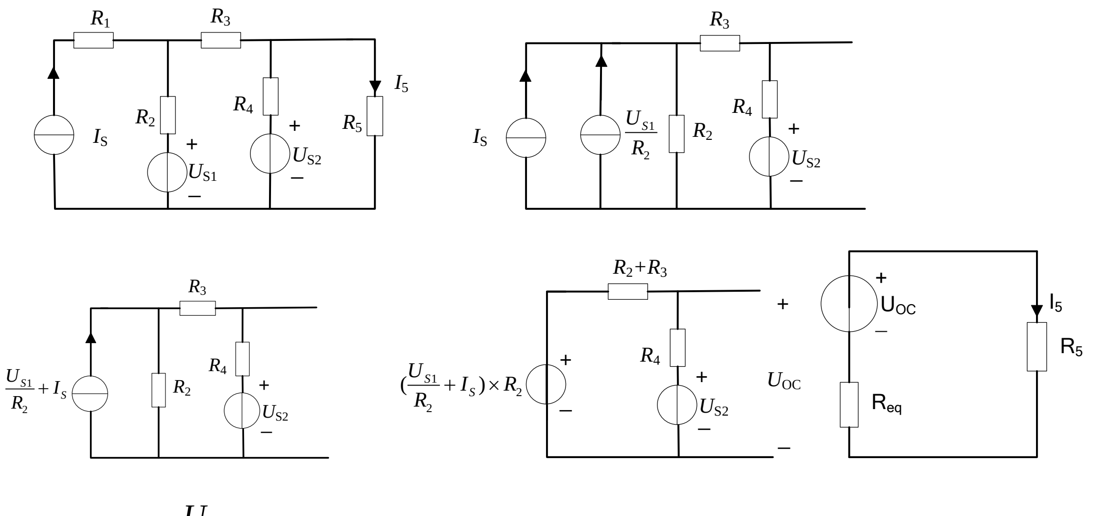
解：$U_{OC} = I_{S1}R_1 - I_{S2}R_2 - I_{S2}R_1 = 3\times 4 - 1\times(4+1) = 7V$

$\mathrm{R}_{eq} = R_1 + R_2 = 1+4 = 5\Omega$

$$I_3 = \frac{U_{OC} - U_S}{\mathrm{R}_{eq} + R_3} = \frac{7-3}{5+3} = 0.5A$$

2-14 在题图 2-14 中，已知$I_S = 3A$，$U_{S1} = U_{S2} = 6V$， $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 3\Omega$，$R_5 = 7\Omega$，

用戴维南定理求 I_5

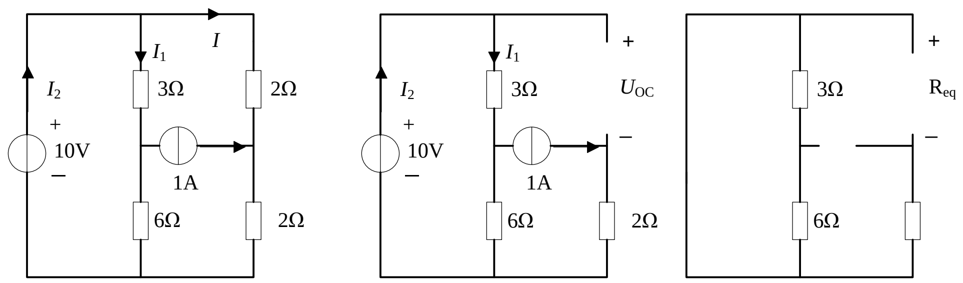


$$解：\quad U_{OC} = \frac{(\frac{U_{S1}}{R_2} + I_S)\times R_2 - U_{S2}}{R_2 + R_3 + R_4}\times R_4 + U_{S2} = \frac{(2+3)\times 3 - 6}{3+3+3}\times 3 + 6 = 9V$$

$\mathrm{R}_{eq} = (R_2 + R_3)//R_4 = 6//3 = 2\Omega$

$$I_5 = \frac{U_{OC}}{\mathrm{R}_{eq} + R_5} = \frac{9}{2+7} = 1A$$

2-15 已知电路如题图 2-15 所示，(1)用戴维南定理求 I （2）电压源的功率 P_u



解：$U_{OC}=10-1\times 2=8V$

$R_{eq}=2\Omega$

$$I=\frac{U_{OC}}{\mathrm{R}_{eq}+2}=\frac{8}{2+2}=2A$$

再利用戴维南定理求解 I_1

$U_{OC}'=10+1\times 6=16V$

$R_{eq}=6\Omega$

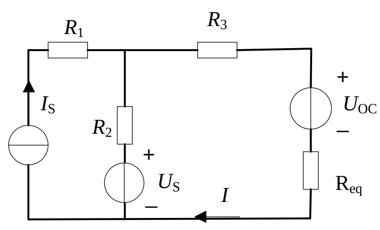
$$I_1=\frac{U_{OC}}{\mathrm{R}_{eq}+3}=\frac{16}{6+3}=\frac{16}{9}A$$

$$I_2=I_1+I=\frac{16}{9}+2=\frac{34}{9}A$$

$$P=-UI_2=-10\times\frac{34}{9}=-37.78W$$

2-16 在题 2-16 中，已知 $I_S=2A$，$U_S=12V$， $R_1=6\Omega, R_2=3\Omega, R_3=1\Omega$ 。当 IS 如图示方向时，电流 I=0，当 IS 反方向时，I=-1A，求含源一端口网络的戴维南等效电路。

解：



设含源一端口网络的开路电压为上正下负 U_{OC}，等效电阻为 R_{eq}

当 IS 如图示方向时，电流 I=0，此时 $U_{OC}=I_S\times R_2+U_S=2\times 3+12=18V$

当 IS 反方向时，列右侧网孔的 KVL 方程可得：$(I+I_S)\times R_2+I\times(R_3+\mathrm{R}_{eq})+U_{OC}=U_S$

所以 $R_{eq}=8\Omega$

习题 3

3-1 已知某正弦电流的瞬时值表达式为$i=10siin(6280t+30)A$。（1）画出i的波形图；（2）试求i的有效值、角频率、频率及初相位；（3）试求$t=0.05s$时的i。

解：（2）有效值：$I=\dfrac{10}{\sqrt{2}}=5\sqrt{2}A$

角频率：$\omega=6280rad/s$

频率：$f=100Hz$

初相位：$\psi=30$

（3）$t=0.05s$时，$i=10siin(6280\times0.05+30)=5A$

3-2 已知$u_1=220\sqrt{2}\sin(314t-120)V, u_2=220\sqrt{2}\sin(314t+30)V,$试求（2）他们的有效值、频率和周期。（3）写出他们的相量式，画出相量图，计算相位差。

解：（2）$U_1=220V, U_2=220V, f_1=50Hz, f_2=50Hz, T_1=T_2=0.02s$

（3）$\dot{U}_1=220\angle-120^oV$，$\dot{U}_2=220\angle30^oV$，$\varphi=\psi_1-\psi_2=-150^o$

3-3 将虾类相量式化成指数形式或极坐标形式或代数形式。

（1）$\dot{U}_1=(4-j3)V=5\angle-37^oV=5e^{-j37^o}V$

（2）$\dot{I}_1=(-10-j10)A=10\sqrt{2}\angle-135^oA=10\sqrt{2}e^{-j135^o}A$

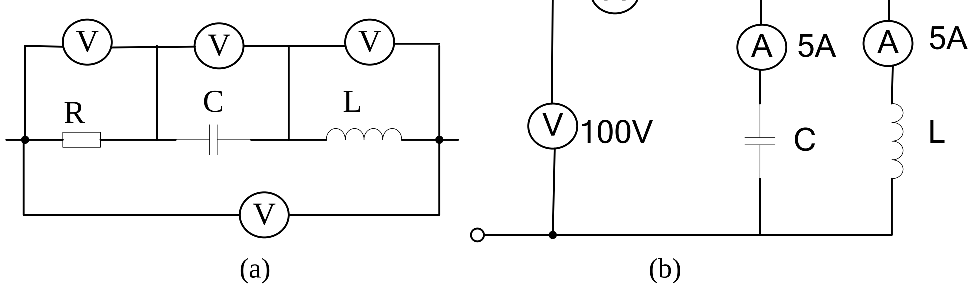
（3）$\dot{U}_2=10e^{j30^o}V=10\angle30^oV=(5\sqrt{3}+j5)V$

（4）$\dot{I}_2=8e^{-j135^o}A=8\angle-135^oA=-(4\sqrt{2}+j4\sqrt{2})A$

（5）$\dot{U}_3=10\angle-53^oV=10e^{j-53^o}V=(6-j8)V$

（6）$\dot{I}_3=20\angle37^oA=20e^{j37^o}A=(16+j12)A$

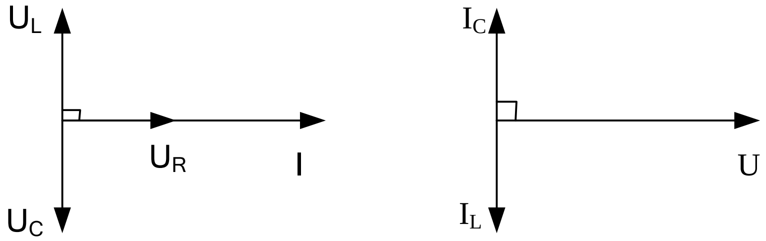
3-4 用相量法求题图 3-4 所示电路中的各未知电表的度数。



(a) (b)

解：对 a 图，设电流为参考相量，电感和电容上的电压大小相等，相位相反。所以 V 表的

示数即为电阻上的电压 10V
对 b 图。设电压为参考相量，电感和电容上的电流大小相等，相位相反。所以 A 表的示数为 0.



3-5 在 RL 串联电路中，已知 $u = 220\sqrt{2}\sin 314tV$, $R = 30\Omega$, $L = 191mH$ 。试求：（1）电感的感抗。（2）电路的总电流 $\dot{I}$ ；（3）用相量法求 $\dot{U}_R$ 和 $\dot{U}_L$.

解：（1）电感的感抗: $X_L = \omega L = 314 \times 191 \times 10^{-3}\Omega = 60\Omega$

（2）电路总电压：$\dot{U} = 220\angle 0^o V$

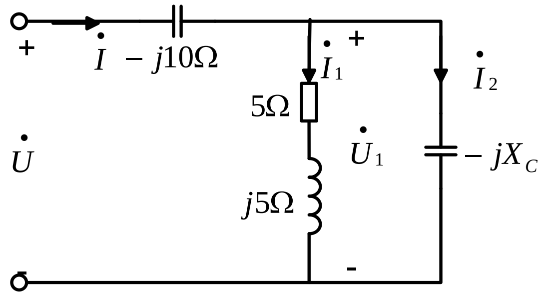
电路的总阻抗：$Z = R + jX_L = (30 + j60)\Omega = 67.08\angle 63.4^o\Omega$

电路的总电流：$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{220\angle 0}{67.08\angle 63.4^o} = 3.27\angle -63.4A$

（3）$\dot{U}_R = \dot{I}\,R = 3.27\angle -63.4 \times 30 = 98.1\angle -63.4^o V$

$\dot{U}_L = \dot{I}(jX_L) = 3.27\angle -63.4 \times j\angle 60 = 196.2\angle 26.6^o V$

3-6　电路的相量模型如图 3-6 所示，已知 $\dot{U}_1 = 100V$ ，$\dot{I}_2 = 10A$ 。试求 $\dot{U}$ 和 $\dot{I}$ 。



题图 3-6

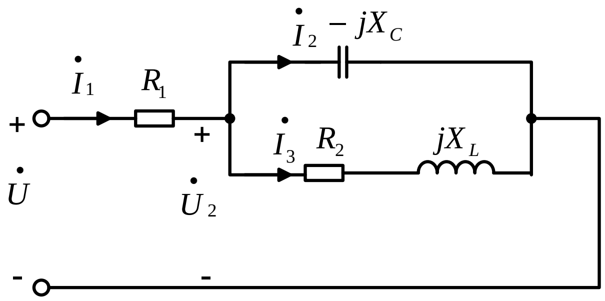
解：设 $\dot{U}_1 = 100\angle 0^o V$ ，则 $\dot{I}_2 = 10\angle 90^o A$

$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{5 + j5} = \frac{100\angle 0^o}{5\sqrt{2}\angle 45^o} = 10\sqrt{2}\angle -45^o A$

$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 10\sqrt{2}\angle -45^\circ + 10\angle 90^\circ = 10A$

$\dot{U}=\dot{I}(-j10)+\dot{U}_1=10\times(-j10)+100\angle 0^\circ=100\angle-90^\circ+100\angle 0^\circ=100\sqrt{2}\angle-45^\circ V$

3-7 在题图 3-7 所示电路中，已知 $I_2=10A, I_3=10\sqrt{2}A, U=200V, R_1=5\Omega$, $R_2=\omega L$.试求 I_1、 X_C、 X_L 和 R_2。



题图 3-7

解：设 $\dot{U}_2=U_2\angle 0^o V$，则 $\dot{I}_2=10\angle 90^\circ A$， $\dot{I}_3=10\sqrt{2}\angle-45^\circ A$，

$\dot{I}_1=\dot{I}_2+\dot{I}_3=10\sqrt{2}\angle-45^\circ+10\angle 90^\circ=10\angle 0^\circ A$

所以 $I_1R+U_2=220$，所以 $U_2=150V$

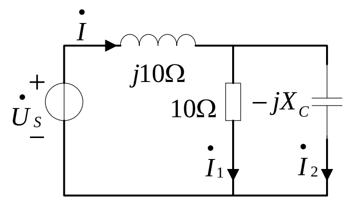
$$X_C=\frac{U_2}{I_2}=\frac{150}{10}=15\Omega$$

$$\frac{U_2}{I_3}=\sqrt{X_L^2+R_2^2}=\frac{150}{10\sqrt{2}}$$

所以 $R_2=X_L=7.5\Omega$

3-8

3-9　在题图 3-9 中，已知 $I_1=I_2=10A$。试求 $\dot{I}$ 和 $\dot{U}_S$。



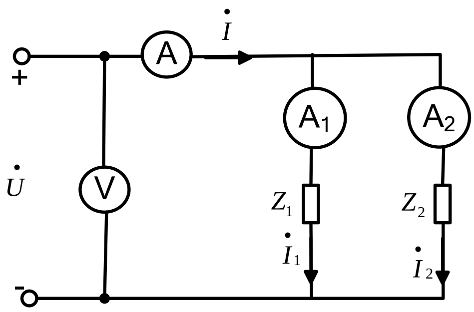
题图 3-9

解：设 $\dot{I}_1=10\angle 0^o A$，则 $\dot{I}_2=10\angle 90^o A$， $\dot{I}=\dot{I}_1+\dot{I}_2=10\sqrt{2}\angle 45^\circ A$

$\dot{U}_S=\dot{I}(j10)+\dot{I}_1\times 10=100+10\sqrt{2}\angle 45^\circ\times 10\angle 90^\circ=j100V$

3-10　在题图 3-10 中，已知 $Z_1=(3-j4)\Omega$, $Z_2=(4+j3)\Omega$，电压表的读数为 U=100V。试求

电流表的读数。



题图 3-10

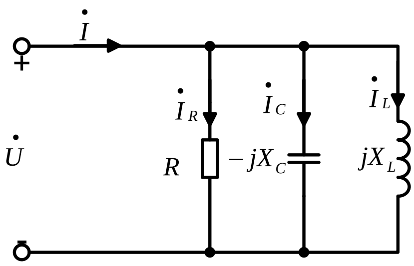
解：$\dot{I}_1=\dfrac{100\angle 0^o}{3-j4}=\dfrac{100\angle 0^o}{5\angle -53.1^\circ}=20\angle 53.1^\circ A$

$\dot{I}_2=\dfrac{100\angle 0^o}{4+j3}=\dfrac{100\angle 0^o}{5\angle 36.9^\circ}=20\angle -36.9^\circ A$

$\dot{I}=\dot{I}_1+\dot{I}_2=20\sqrt{2}\angle 8.1^\circ A$

所以，A1 的示数为 20A。A2 的示数为 20A。A 的示数为 28.28A。

3-11 在题图 3-11 所示电路中，已知$U=220V$, $R=22\Omega$，$X_L=22\Omega$，$X_C=11\Omega$。试求I_R、I_L、I_C及I。



题图 3-11

解：设$\dot{U}=220\angle 0^oV$

则：$\dot{I}_R=\dfrac{\dot{U}}{R}=\dfrac{220\angle 0^o}{22}=10\angle 0^\circ A$

$\dot{I}_L=\dfrac{\dot{U}}{jX_L}=\dfrac{220\angle 0^o}{22\angle 90^\circ}=10\angle -90^\circ A$

$\dot{I}_C=\dfrac{\dot{U}}{-jX_C}=\dfrac{220\angle 0^o}{11\angle -90^\circ}=20\angle 90^\circ A$

$\dot{I}=\dot{I}_R+\dot{I}_L+\dot{I}_C=10\angle 0^\circ+10\angle -90^\circ+20\angle 90^\circ=10\sqrt{2}\angle 45^\circ A$

3-14 有一感性负载的功率 P=10KW，功率因数$\cos\varphi=0.6$，电压为 220V，频率为 50Hz。若要将电路的功率因数提高到 0.9.，需要并联多大的补偿电容。并联电容前后电路的总电流为

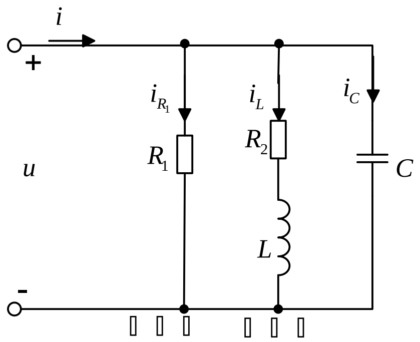
多少？

解：
$$C=\frac{P}{\omega U^2}(\tan\varphi_1-\tan\varphi)=\frac{10\times10^3}{314\times220^2}(\tan(\arccos 0.6)-\tan(\arccos 0.9))$$
$$=\frac{10\times10^3}{314\times220^2}(1.33-0.48)=559\mu F$$

并联电容前电路总电流 $I_1=\frac{P}{U\cos\phi_1}=\frac{10\times10^3}{220\times0.6}=75.76A$

并联电容后电路总电流 $I=\frac{P}{U\cos\phi}=\frac{10\times10^3}{220\times0.9}=50.5A$

3-15　电路如图 3-15 所示，已知交流电源电压 $u=220\sqrt{2}\sin 314tV$，白炽灯的功率为 60W，日光灯的功率为 40W，功率因数 $\cos\phi_L$ =0.5。试求：（1）等效负载的功率因数 $\cos\phi_L{}'$；（2）若将电路的功率因数提高到 0.92，需并联多大的电容？



题图 3-15

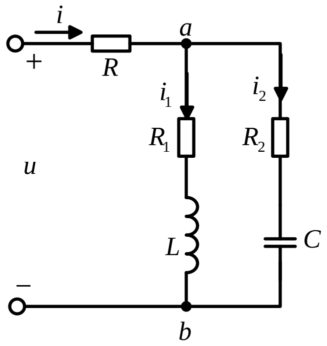
解：（1）$Q=P\tan\varphi=40\times(\arccos 0.5)=40\sqrt{3}=69.3V$

等效负载的功率因数：$\cos\varphi_L{}'=\frac{P_{日}+P_{白}}{\sqrt{P^2+Q^2}}=\frac{40+60}{\sqrt{100^2+69.3^2}}=0.82$

（2）需要并联电容值：

$$C=\frac{P}{\omega U^2}(\tan\varphi_1-\tan\varphi)=\frac{10\times10^3}{314\times220^2}(\tan(\arccos 0.82)-\tan(\arccos 0.92))$$
$$=\frac{100}{314\times220^2}(0.698-0.426)=1.79\mu F$$

3-16　电路如图 3-16 所示，已知 $U=10V$，$f=50Hz$，$R=R_1=R_2=10\Omega$，$L=31.8mH$，$C=318\mu F$ 试计算：（1）电路中并联部分的电压 U_{ab}；（2）电路的功率因数 $\cos\varphi$；（3）电路的 P、Q、S。



题图 3-16

解：（1） $X_L = \omega L = 314 \times 31.8 \times 10^{-3}\Omega = 10\Omega$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \times 318 \times 10^{-6}} = 10\Omega$$

$$Z_{\mathrm{ab}} = \frac{(R_1 + \mathrm{jX_L})(R_2 + \mathrm{jX_C})}{R_1 + \mathrm{jX_L}} = 10\Omega$$

设 $\dot{U} = 10\angle 0^{\circ} V$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{R + Z_{ab}} = \frac{10\angle 0^{o}}{10 + 10} = 0.5A$$

$$\dot{U}_{ab} = IZ_{ab} \dot{=} 0.5 \times 10 = 5V$$

（2）U 与 I 同相， $\cos\varphi = \cos 0^{o} = 1$

（3） $I_1 = \dfrac{U_{ab}}{\sqrt{R_1^{\ 2} + X_L^{\ 2}}} = \dfrac{5}{10\sqrt{2}} = \dfrac{\sqrt{2}}{4} A$

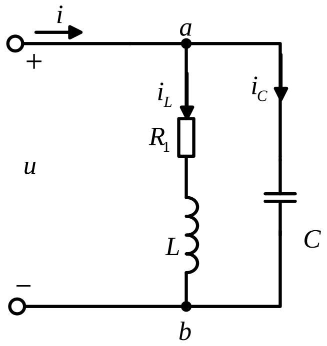
$$I_2 = \frac{U_{ab}}{\sqrt{R_2^{\ 2} + X_C^{\ 2}}} = \frac{5}{10\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{4} A$$

$$P = P_{R_1} + P_{R_2} + P_R = I_1^{\ 2} R_1 + I_2^{\ 2} R_2 + I^2 R = 5W$$

$$Q = Q_L - Q_C = I_1^{\ 2} X_L - I_2^{\ 2} X_C = 0$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 5VA$$

3-18 在题图 3-18 所示电路中， $u = 100\sqrt{2}\sin 3140tV$ ， $L = 0.159H$, $R = 500\Omega$, $C = 0.318\mu F$ 。试求电路的有功功率，无功功率，视在功率和功率因数。



题图 3-18

解： $X_L = \omega L = 3140 \times 0.159\Omega = 500\Omega$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{3140 \times 0.318 \times 10^{-6}} = 1000\Omega$$

$$I_L = \frac{U_{ab}}{\sqrt{R_1{}^2 + X_L{}^2}} = \frac{100}{500\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{10} A$$

$$I_C = \frac{U_{ab}}{X_C} = \frac{100}{1000} = \frac{1}{10} A$$

$$P = P_{R_1} = I_1{}^2 R_1 = (\frac{\sqrt{2}}{10})^2 \times 500 = 10W$$

$$Q = Q_L - Q_C = I_L{}^2 X_L - I_C{}^2 X_C = 0$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 10VA$$

习题 4

4-1 已知三相电源的线电压$U_l=380V$，对称三相负载$Z_L=(20+j15)\Omega$，星形连接。试求：（1）负载的相电流及线电流；（2）画出负载上的电压、电流的向量图。

解：（1）Y 接：$U_p=\frac{1}{\sqrt{3}}U_l=220V$，设$U_{AB}=220\angle 0^\circ V$

$$Z_L=(20+j15)\Omega=25\angle 36.9^\circ\Omega$$

$$\dot{I}_{AB}=\frac{U_{AB}}{Z}=\frac{220\angle 0^\circ}{25\angle 36.9}=8.8\angle -36.9^\circ A$$

则$\dot{I}_{BC}=8.8\angle -156.9^\circ A$

$$\dot{I}_{CA}=8.8\angle 83.1^\circ A$$

$$I_L=I_P=8.8A$$

4-2 对称三相电路的电源的线电压$U_l=380V$，三角形连接的负载$Z_L=(80+j60)\Omega$。试求：（1）负载的相电流及线电流；（2）画出负载上的电压、电流的向量图。

（1）角接：$U_p=U_l=380V$，设$U_{AB}=380\angle 0^\circ V$

$$Z_L=(80+j60)\Omega=100\angle 36.9^\circ\Omega$$

$$\dot{I}_{AB}=\frac{U_{AB}}{Z}=\frac{380\angle 0^\circ}{100\angle 36.9}=3.8\angle -36.9^\circ A$$

则$\dot{I}_{BC}=3.8\angle -156.9^\circ A$

$$\dot{I}_{CA}=3.8\angle 83.1^\circ A$$

$$I_L=\sqrt{3}I_P=3.8\sqrt{3}A=6.58A$$

4-4 在题图 4-4 中，三相四线制电源的线电压$U_l=380V$，三个负载$R_A=16\Omega$，$R_B=8\Omega$，$R_C=4\Omega$，额定电压均为 220V。试求：（1）每相负载的相电流和相电压；（2）中线电流；（3）画出负载的电压、电流的向量图。

解：因为$U_l=380V$，所以设$U_A=220\angle 0^\circ V$，则$U_B=220\angle -120^\circ V$，$U_C=220\angle 120^\circ V$

$$\dot{I}_A=\frac{\dot{U}_A}{R_A}=\frac{220\angle 0^\circ}{16}=13.75\angle 0^\circ A$$

$$\dot{I}_B=\frac{\dot{U}_B}{R_B}=\frac{220\angle -120^\circ}{8}=27.5\angle -120^\circ A$$

$$\dot{I}_C=\frac{\dot{U}_C}{R_C}=\frac{220\angle 120^\circ}{4}=55\angle 120^\circ A$$

（2）中线电流：

$\dot{I}_{NN'}=\dot{I}_A+\dot{I}_B+\dot{I}_C=13.75+27.5\angle-120^\circ+55\angle120^\circ=36.4\angle149^\circ A$

4-5 在题图 4-5 所示三相四线制电源的线电压 $U_l=380V$， $R=X_L=X_C=22\Omega$ 试求：（1）各相负载的相电流 $\dot{I}_A$、$\dot{I}_B$、$\dot{I}_C$；（2）用相量图计算中线电流 $\dot{I}_N$。

解：因为 $U_l=380V$，所以设 $\dot{U}_A=220\angle0^\circ V$，则 $\dot{U}_B=220\angle-120^\circ V$， $\dot{U}_C=220\angle120^\circ V$。

$$\dot{I}_A=\frac{\dot{U}_A}{R}=\frac{220\angle0^\circ}{22}=10\angle0^\circ A$$

$$\dot{I}_B=\frac{\dot{U}_B}{-jX_C}=\frac{220\angle-120^\circ}{22\angle-90^\circ}=10\angle-30^\circ A$$

$$\dot{I}_C=\frac{\dot{U}_C}{jX_L}=\frac{220\angle120^\circ}{22\angle90^\circ}=10\angle30^\circ A$$

（2）中线电流：

$\dot{I}_N=\dot{I}_A+\dot{I}_B+\dot{I}_C=10+10\angle-30^\circ+10\angle30^\circ=27.32A$

4-6 求题图 4-1、题 4-2 中对称三相负载的有功功率、无功功率、和视在功率。

解：题 4-1 $P=\sqrt{3}U_LI_L\cos\varphi=\sqrt{3}\times380\times8.8\times\cos36.9=4633W$

$$Q=\sqrt{3}U_LI_L\sin\varphi=\sqrt{3}\times380\times8.8\times\sin36.9=3475\,\mathrm{var}$$

$$S=\sqrt{3}U_LI_L=\sqrt{3}\times380\times8.8=5792VA$$

题 4-2 $P=\sqrt{3}U_LI_L\cos\varphi=\sqrt{3}\times380\times3.8\sqrt{3}\times\cos36.9=3465.6W$

$$Q=\sqrt{3}U_LI_L\sin\varphi=\sqrt{3}\times380\times3.8\sqrt{3}\times\sin36.9=2599.2\,\mathrm{var}$$

$$S=\sqrt{3}U_LI_L=\sqrt{3}\times380\times3.3\sqrt{3}=4332VA$$

4-8 题图所示为三角形连接的三相照明负载。已知 $R_{AB}=10\Omega$， $R_{BC}=10\Omega$， $R_{CA}=5\Omega$，电源线电压为 220V，照明负载的额定电压为 220V。试求：（1）各相电流的有效值和电路的有功功率；（2）若 C 线因故障断线，计算各相负载的相电压和相电流的有效值，并说明 BC 相和 CA 相的照明负载能否正常工作。

解：（1） $I_{AB}=\frac{220}{10}=22A$, $I_{BC}=\frac{220}{10}=22A$， $I_{CA}=\frac{220}{5}=44A$

$$P=I_{AB}^2R_{AB}+I_{BC}^2R_{BC}+I_{CA}^2R_{CA}=19360W$$

（2） $U_{AB}=220V$， $I_{AB}=22A$

$I_{BC}=I_{CA}=\dfrac{220}{15}=14.7A$

$U_{BC}=I_{BC}R_{BC}=147V$

$U_{CA}=I_{CA}R_{CA}=73.3V$

4-9 在题图 4-9 所示电路中，已知电源线电压为 380V，对称三相负载为星形连接，负载消耗的总功率为 400W，每相负载的功率因数为$\cos\varphi=0.8$。试求每相负载的阻抗。

解：$P=\sqrt{3}U_L I_L\cos\varphi$

$I_L=\dfrac{P}{\sqrt{3}U_L\cos\varphi}=\dfrac{400}{\sqrt{3}\times380\times0.8}=0.76A$

因为是星接，所以$I_P=I_L=0.76A$

$|Z|=\dfrac{U_P}{I_P}=\dfrac{220}{0.76}=289.5\Omega$

$\cos\varphi=0.8$

所以$\varphi=\pm36.9^{\circ}$

$Z=289.5\angle36.9$或$Z=289.5\angle-36.9$。

4-10 在题图 4-10 所示的电路中，两相负载为对称三相负载，已知$Z=(60+j60)\Omega$，$R=10\Omega$，

电源相电压$\dot{U}_A=220\angle0^{\circ}V$。试计算电源输出的电流$\dot{I}_A$

解：设$\dot{U}_A=220\angle0^{\circ}V$，则$\dot{U}_{AB}=380\angle30^{\circ}V$

R 的线电流为$\dot{I}_{A2}=\dfrac{220\angle0}{10}=22\angle0A$

阻抗 Z 的线电流为$\dot{I}_{A1}=\sqrt{3}\dfrac{380\angle30}{60\sqrt{2}\angle45}\angle-30=7.8\angle-45A$

$\dot{I}=\dot{I}_{A1}+\dot{I}_{A2}=22+7.8\angle-45=28\angle-11.3^{\circ}A$

习题八

8-4　Y280S-8 型三相异步电动机：$P_N = 37KW$,$n_N = 740r/\min$，$I_N = 78.2A$，$\frac{I_{st}}{I_N} = 6.0$，

$\frac{T_{st}}{T_N} = 1.8, \frac{T_m}{T_N} = 2.0$。试求：（1）电动机的$n_0$，$s_N$和$p$。（2）电动机的$I_{st}$。（3）电动机的

T_N，T_{st}和T_m。

解：（1）n_0为比n_N少大，最接近n_N的转速。所以$n_0 = 750r/\min$

$$s_N = \frac{n_0 - n_N}{n_0} = \frac{750 - 740}{750} = 0.013$$

Y280S-8 型三相异步电动机，所以$p = 4$。

（2）电动机的$I_{st} = 6I_N = 6 \times 78.2 = 469.2A$

（3）电动机的$T_N = \frac{9550P_N}{n_N} = \frac{9550 \times 37}{740} = 477.5N \bullet m$，

$$T_{st} = 1.8T_N = 1.8 \times 477.5 = 859.5N \bullet m$$

$$T_m = 2 \times T_N = 2 \times 477.5 = 955N \bullet m$$ 。

8-5 某三相异步电动机：：$P_N = 10KW$,$n_N = 1460r/\min$，$I_N = 19.9A$，$\frac{I_{st}}{I_N} = 7.0$，

$\frac{T_{st}}{I_N} = 1.9, \frac{T_m}{I_N} = 2.2$。角型接法。计算：（1）电动机的$n_0$，$s_N$和$p$。（2）电动机的$T_N$，$T_{st}$和$T_m$。（3）在供电网不允许启动电流$I_{st}$超过 100A 的情况下，电动机是否允许直接启动？如果采用星角降压启动，启动电流I_{st}是多少？

解：（1）n_0为比n_N少大，最接近n_N的转速。所以$n_0 = 1500r/\min$

$$s_N = \frac{n_0 - n_N}{n_0} = \frac{1500 - 1460}{1500} = 0.027$$

$$p = \frac{60f}{n_0} = 2$$ 。

（2）电动机的$T_N=\dfrac{9550P_N}{n_N}=\dfrac{9550\times10}{1460}=65.4N\bullet m$，

$$T_{st}=1.9T_N=1.9\times65.4=124.3N\bullet m$$

$$T_m=2.2\times T_N=2.2\times65.4=143.9N\bullet m\text{。}$$

（3）电动机的$I_{st}=7I_N=7\times19.9=139.3A$大于 100A，所以不允许直接启动。如果采用星角降压启动，启动电流$I_{stY}=\dfrac{1}{3}I_{st}=\dfrac{1}{3}\times139.3=46.4A$ 。

8-6 某三相异步电动机数据如下：$P_N=18.5KW$,$n_N=2930r/\min$， $\dfrac{T_{st}}{I_N}=2$,$\dfrac{T_m}{I_N}=2.2$ 。

计算与分析：（1）计算T_N，T_{st}和T_m之值。（2）在$n=f\left(T\right)$曲线上分析：

①三相异步电动机在稳定运行的情况下，如果负载转矩T_L增加（不大于T_m），电动机能否继续稳定运行？

②如果负载转矩T_L增加大于T_m时，电动机能否继续稳定运行？

解：（1）电动机的$T_N=\dfrac{9550P_N}{n_N}=\dfrac{9550\times18.5}{2930}=60.3N\bullet m$，

$$T_{st}=2T_N=2\times60.3=120.6N\bullet m$$

$$T_m=2.2\times T_N=2.2\times60.3=132.66N\bullet m\text{。}$$

（2）①三相异步电动机在稳定运行的情况下，如果负载转矩T_L增加（不大于T_m），电动机能继续稳定运行。因为T_L增加（不大于T_m），n 减小，T 增加，可以自适应负载转矩。

②如果负载转矩T_L增加大于T_m时，电动机不能继续稳定运行。因为T_L增加大于T_m时，n 减小，T 减小，不能自适应负载转矩。

8-8Y250M-2 型三相异步电动机：$P_N=55KW$,$n_N=2970r/\min$，$U_N=380V$，$I_N=102.7A$，$\dfrac{I_{st}}{I_N}=7.0$，$\dfrac{T_{st}}{T_N}=2$，角型接法。计算：（1）该电动机直接启动的启动电流$I_{st\Delta}$和启动转矩$T_{st\Delta}$（2）该电动机采用星角降压启动时的启动电流I_{stY}和启动转矩T_{stY}。（3）如果负载转矩T_L为电动机额定转矩T_N的 60%时，采用星角降压启动法，电动机能否启动？

解：（1） $I_{st\Delta}=7I_N=7\times102.7=718.9A$

$$T_N=\frac{9550P_N}{n_N}=\frac{9550\times55}{2970}=176.9N\bullet m$$

$T_{st\Delta}=2T_N=2\times176.9=353.8N\bullet m$

（2）该电动机采用星角降压启动时的启动电流 $I_{stY}=\frac{1}{3}I_{st\Delta}=\frac{1}{3}\times718.9=239.6A$

启动转矩 $T_{stY}=\frac{1}{3}T_{st\Delta}=\frac{1}{3}\times353.8=117.9N\bullet m$ 。

（3）如果负载转矩 T_L 为电动机额定转矩 T_N 的 60%时，

$T_L=0.6T_N=0.6\times176.9=106.14N\bullet m$

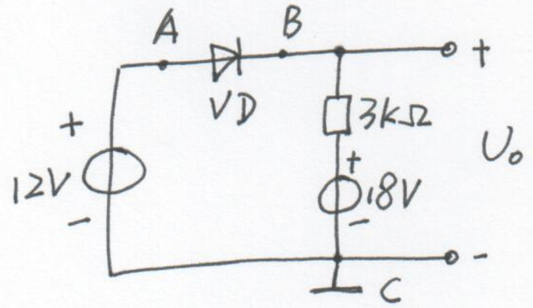
因为 $T_{stY}>T_L$，所以采用星角降压启动法，电动机能启动。

10-1 图(a)

假设二极管不存在，在二极管处断路，则A点的电位 $V_A = 12V$，

B点的电位 $V_B = 18V$

(接地点在C点，如图(a)所示)



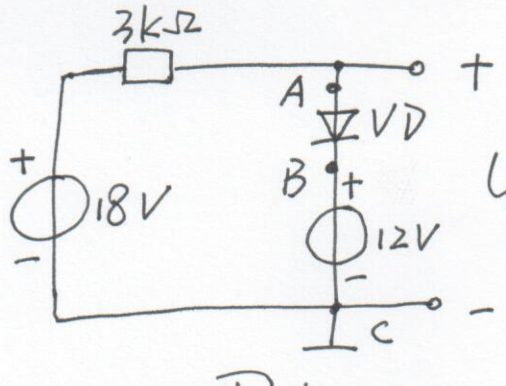
图(a)

$$V_A < V_B$$

所以，在实际的图(a)电路中，二极管VD 截止，~~在忽略二极管正向压降的前提~~.

$$U_o = 18V$$

图(b)



图(b)

假设二极管不存在，在二极管处断路

则：A点的电位 $V_A = 18V$

B点的电位 $V_B = +12V$

(接地点为C点，如图(b)所示)

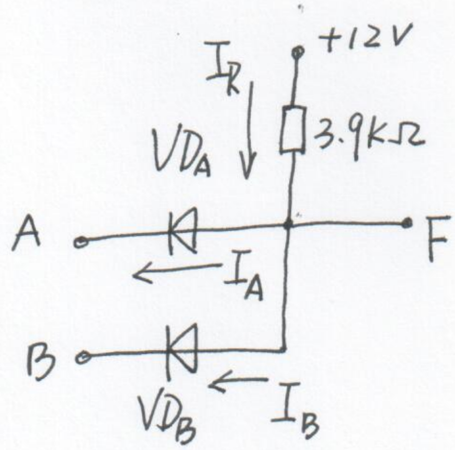
$$V_A > V_B$$

所以，在实际的图(b)电路中，二极管VD导通，在忽略二极管正向压降的前提下.

$$U_o = 12V$$

10-3

(1) $V_A = V_B = 0$



假设二极管 VD_A、VD_B 不存在、在原二极管处断路，则

A点电位：$V_A = 0V$

B点电位 $V_B = 0V$

F点电位 $V_F = 12V$

$$(V_F - V_A) = (V_F - V_B) = 12V > 0$$

所以，VD_A、VD_B 同时导通。实际电路中忽略二极管的正向压降时

$$V_F = 0V$$

电阻电流 $I_R = \dfrac{12-0}{3.9k\Omega} = 3.08mA$

二极管电流：$I_A = I_B = I_R/2 = 1.54mA$

(2) $V_A = 3V$，$V_B = 0V$

如题(1)假设二极管处断路，则 $V_A = 3V$，$V_B = 0V$，$V_F = 12V$

$$(V_F - V_A) = 9V < (V_F - V_B)$$

所以 VDB 优先导通，VDA 截止，在实际电路中F点的电位为

$$V_F = 0V$$

$I_R = \dfrac{12-0}{3.9k\Omega} = 3.08mA$，$I_A = 0$，$I_B = I_R$

(3) $V_A = V_B = 3V$

如题(1)，假设二极管处断路，则 $V_A = V_B = 3V$，$V_F = 12V$

$$(V_F - V_A) = (V_F - V_B) = 9V > 0$$

所以 VD_A、VD_B 同时导通，在实际电路中若忽略二极管的正向压降

$$V_F = 3V$$

$$I_R = \frac{(12-3)V}{3.9k\Omega} = 2.3mA \quad . \quad I_A = I_B = \frac{I_R}{2} = 1.15mA$$

10-6 在正常放大的情况下：

硅材料 $\begin{cases} NPN管的特征： V_C > V_B > V_E \quad , (V_B - V_E) \approx 0.7 \\ PNP管的特征： V_C < V_B < V_E \quad (V_E - V_B) \approx 0.7 \end{cases}$

锗材料 $\begin{cases} NPN管的特征： V_C > V_B > V_E \quad , (V_B - V_E) \approx 0.3 \\ PNP管的特征： V_C < V_B < V_E \quad , (V_E - V_B) \approx 0.3 \end{cases}$

由上述特性可判别：

(1) $V_1 = 8V$，$V_2 = 2.6V$，$V_3 = 3.2V$

VT_1 为 NPN 型三极管：1脚为集电极C，2脚为发射极E，3脚为基极。

(2) $V_4 = 10.2V$，$V_5 = 10V$，$V_6 = 5V$

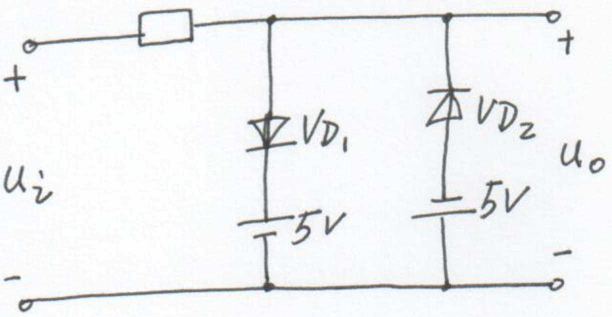
VT_2 为 PNP 型的锗三极管，$4 \to E$，$5 \to B$，$6 \to C$

(3) $V_7 = 0.7V$，$V_8 = 0V$，$V_9 = 8.5V$

VT_3 为 PNP 型的硅三极管，$7 \to B$，$8 \to E$，$9 \to C$

10-7

$u_i = 10\sin\omega t$



u_i随时间的变化如图(1)所示

① $u_i > 5V$时，VD_1导通，VD_2截止，$u_o = 5V$

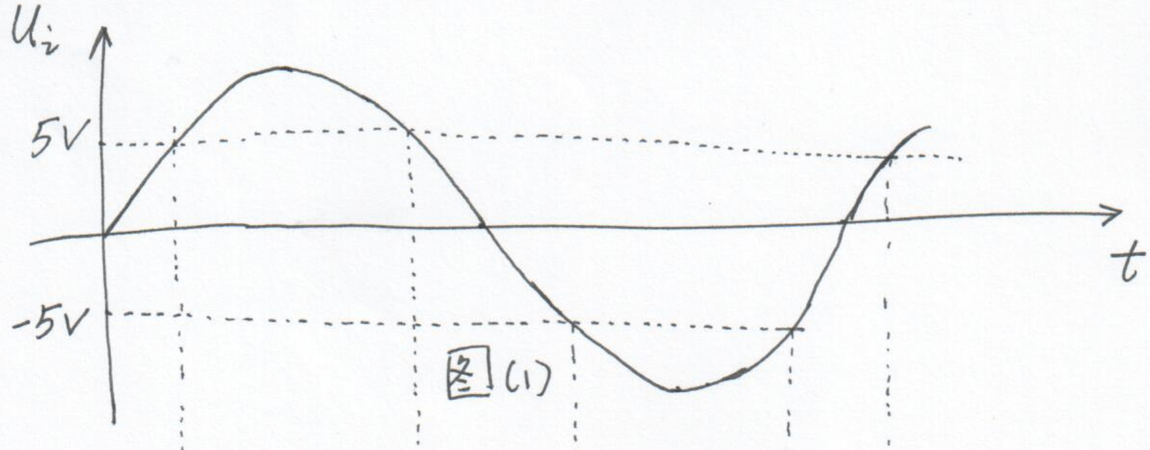
② $-5V \le u_i \le 5V$时.　VD_1，VD_2都截止

$$u_o = u_i$$

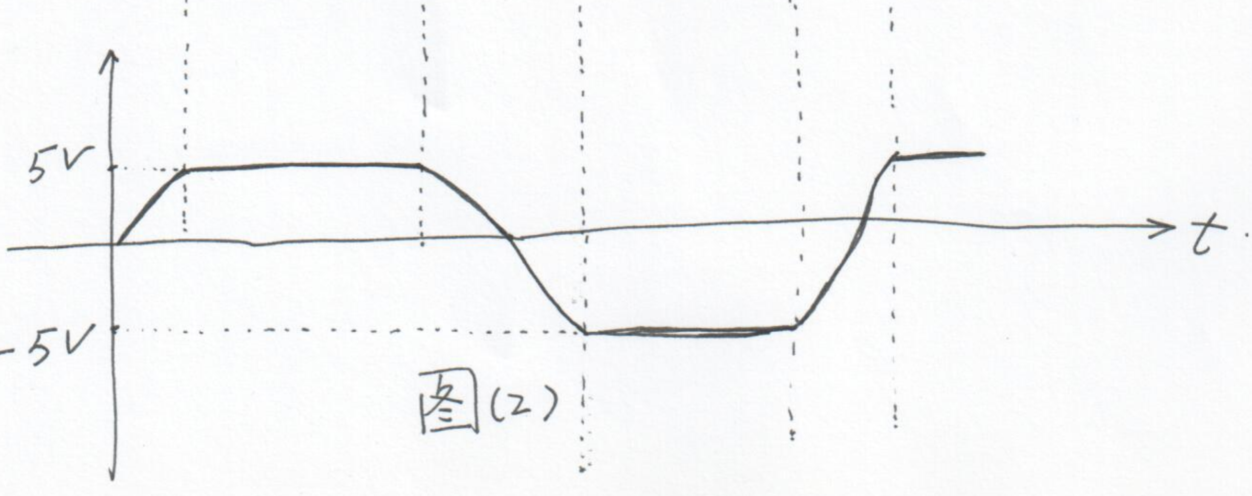
③ $u_i < -5V$时，VD_1截止、VD_2导通

$$u_o = -5V$$

所以u_o的波形图如图(2)所示



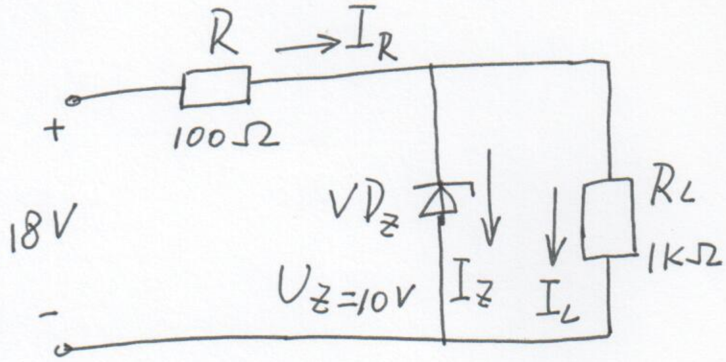
图(1)



图(2)

10-10

按原电路设计.



电阻R_L的电流 $I_L = \dfrac{10V}{1k\Omega} = 10mA$

限流电阻R的电流

$$I_R = \frac{(18-10)V}{100\Omega} = 80mA$$

稳压二极管的电流 $I_Z = I_R - I_L = 70mA > 20mA$

稳压管的电流大于最大稳定电流I_{ZM}，将被烧毁.

所以要修改电路.

限流电阻的最大电流为 $I_{Rm} = I_{Zm} + I_L = 30mA$

$$R = \frac{(18-10)V}{I_{Rm}} = \frac{8V}{30mA} = 266.7\Omega$$

稳压管的型号为2CW59. 查表可知其稳压电流 $I_Z = 5mA$

此时限流电阻的电流 $I_R = I_Z + I_L = 15mA$

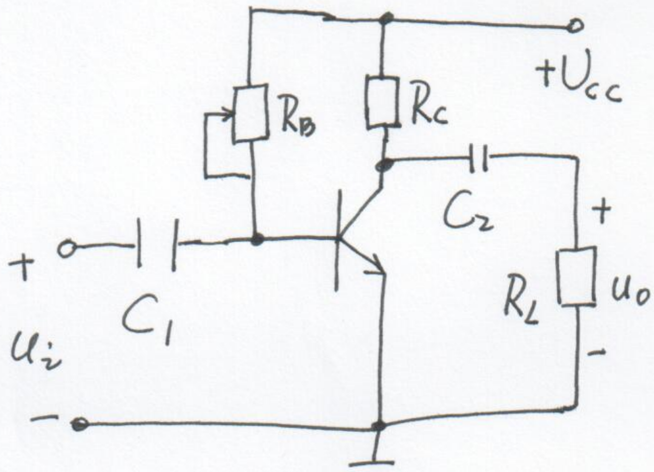
$$R' = \frac{(18-10)V}{I_R} = \frac{8V}{15mA} = 533.3\Omega$$

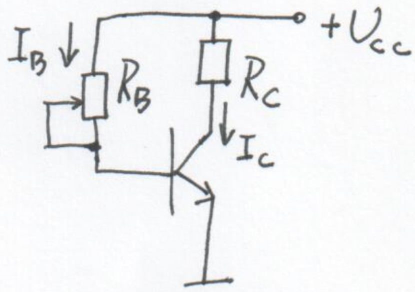
按标称值，可选取限流电阻 $R = 300\Omega$.

11-3

(1) 估算静态值 I_B、I_C、U_{CE}

如图(1)画出直流通路





图(1)

$$U_{CC} - I_B R_B - U_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B} = \frac{(12-0.7)V}{320k\Omega} = 0.035mA$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 50 \times 0.035mA = 1.77mA$$

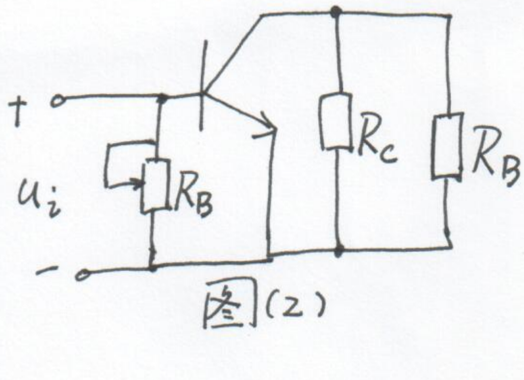
$$U_{CC} - I_C R_C - U_{CE} = 0$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C R_C = 12 - 1.77 \times 3 = 6.69V$$

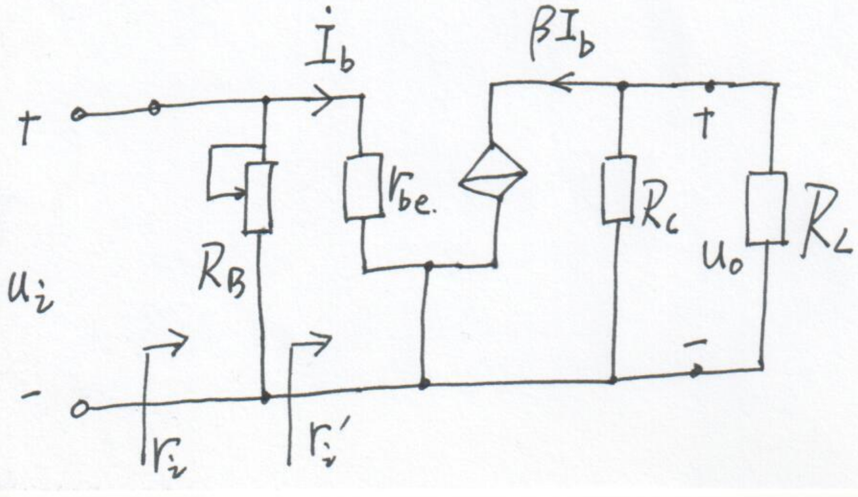
(2) 动态分析、先画出动态(交流通路,如图(2)所示、

然后将三极管线性化处理、得到

微变等效电路。如图(3)所示。



图(2)



由微变等效电路可分析放大倍数A_v

输入电阻r_i，输出电阻r_o

输入电压：$\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be}$

输出电压：$\dot{U}_o = -\beta \dot{I}_b \cdot (R_c // R_L)$

所以 $A_v = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\beta \frac{R_c // R_L}{r_{be}}$ ……… (1)

$$= -50 \cdot \frac{(3k\Omega // 6k\Omega)}{r_{be}}$$

其中：$\left.\begin{array}{l} r_{be} = 200\Omega + (1+\beta)\frac{26mV}{I_E(mA)} \\ I_E = I_B + I_c \approx 1.8mA \end{array}\right\} \Rightarrow r_{be} = 93\cancel{8}\Omega$

$$A_v = -50 \times \frac{2\times10^3}{93\cancel{8}} = -1\cancel{0}6$$

输入电阻 $r_i' = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_b} = r_{be}$，则 $r_i = r_i' // R_B = 937 // 320k \approx 937\Omega$

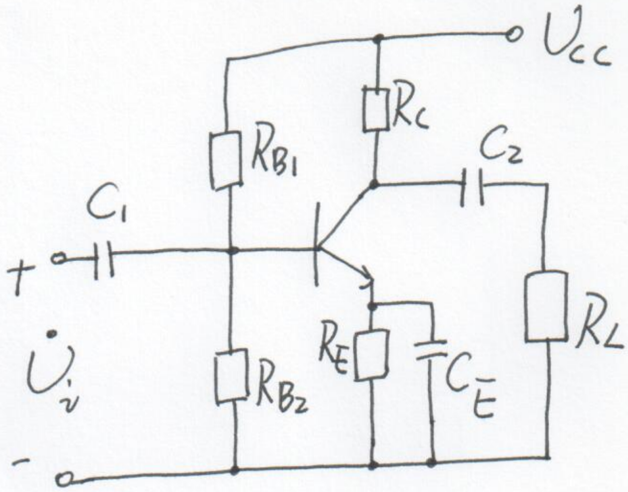
输出电阻．可由"加压求流法"求得 $r_o = R_c = 3k\Omega$

(3) 在输出不带负载的情况下．即 $R_L = \infty$，由(1)式可得

$$A_v = -\beta \frac{R_c}{r_{be}} = -50 \times \frac{3k\Omega}{937} = -160$$

11-5

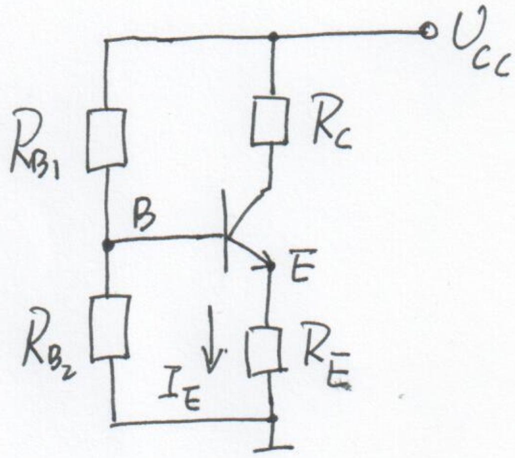
(1) 画出直流通路，如图(1)所示



B点的电位 $V_B = \dfrac{U_{CC}}{R_{B1}+R_{B2}}\cdot R_{B2}$

$= \dfrac{12V}{60+20}\cdot 20$

$= 3V$



E点电位 $V_E = V_B - U_{BE} = 3-0.7 = 2.3V$

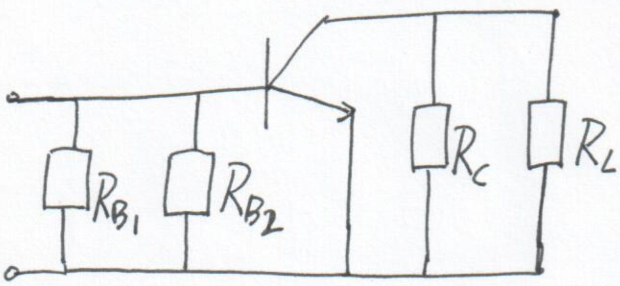
$I_E = \dfrac{V_E}{R_E} = \dfrac{2.3V}{2k\Omega} \approx 1.15mA$

$I_C \approx I_E = 1.15mA$

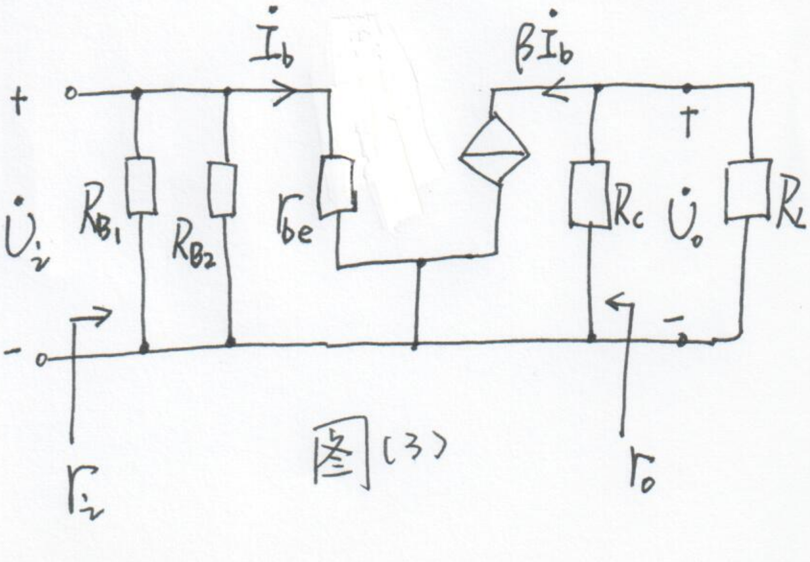
$I_B = I_C/\beta = \dfrac{1.15mA}{60} \approx 0.019mA$

$U_{CE} = U_{CC} - I_C\cdot R_C - I_E\cdot R_E = 12 - 1.15\times 3 - 1.15\times 2 = 6.25V$

(2) 画出交流通路如图(2)所示，并由交流通路画出其微变等效电路图(3)。



图(2)



图(3)

从微变等效电路可得.

输入电压 $\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be}$

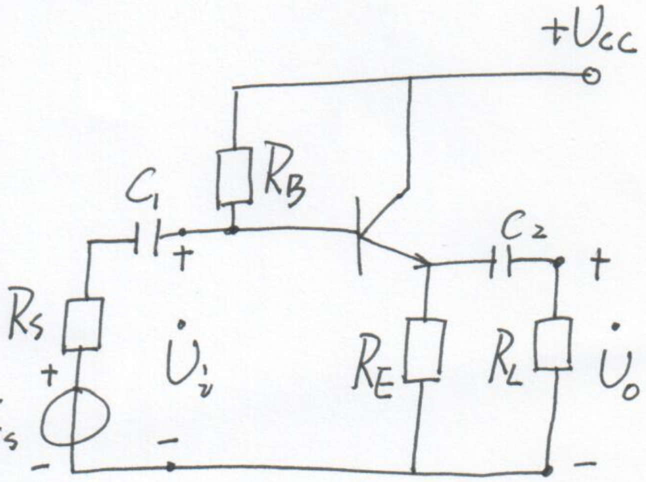
输出电压 $\dot{U}_o = -\beta \dot{I}_b (R_C /\!/ R_L)$

$$\left.\begin{aligned} &\text{放大倍数}\ A_V = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\beta \frac{R_C /\!/ R_L}{r_{be}} \\ &r_{be} = 200\Omega + (1+\beta)\frac{26mV}{I_E(mA)} = 1579\Omega \end{aligned}\right\} \Rightarrow A_V = -75.9$$

$r_i = R_{B1} /\!/ R_{B2} /\!/ r_{be} \approx 1.38k\Omega$.

由"加压求流法"可得 $r_o = R_C = 3k\Omega$

11-6



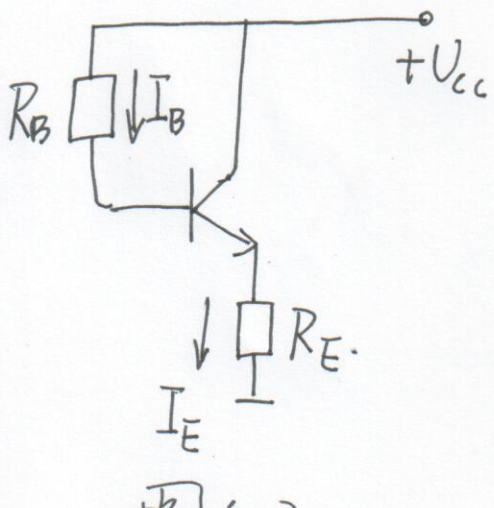
(1) 画出直流通路, 如图(1)所示

$$\left.\begin{aligned} &U_{CC} - I_B R_B - U_{BE} - I_E R_E = 0 \\ &I_E = (1+\beta) I_B \end{aligned}\right\}$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B + (1+\beta) R_E} = 0.023mA$$

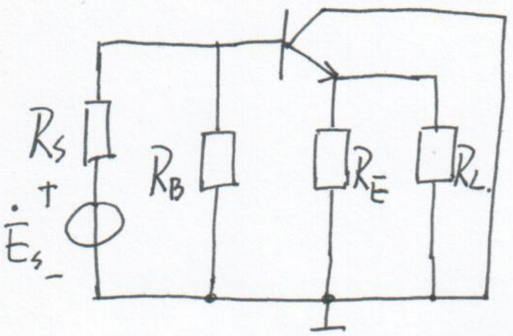
$$I_C = \beta I_B = 1.84mA$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_E \cdot R_E = U_{CC} - (1+\beta) I_B R_E$$
$$= 8.32$$

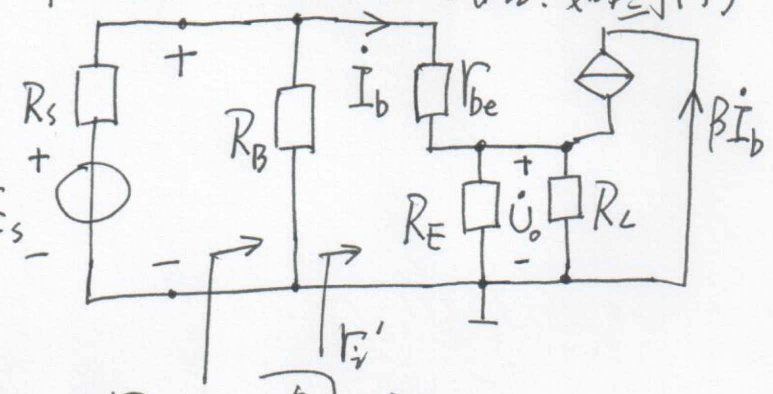


图(1)

(2) 画出交流通路，如图(2)所示，并画出其微变等效电路，如图(3)



图(2)



图(3)

由微变等效电路可得

$$\dot{U}_o = (\dot{I}_b + \beta\dot{I}_b)\cdot(R_E // R_L)$$

$$\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be} + \dot{U}_o = \dot{I}_b r_{be} + \dot{I}_b(1+\beta)(R_E // R_L)$$

所以 $A_V = \dfrac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \dfrac{(1+\beta)(R_E // R_L)}{r_{be} + (1+\beta)(R_E // R_L)}$

$$r_{be} = 200\Omega + (1+\beta)\frac{26mV}{I_E(mA)}$$

$$I_E = (1+\beta)I_B$$

$\Rightarrow A_V \approx 0.98$

输入电阻 $r_i = r_i' // R_B$，其中 $r_i' = \dfrac{\dot{U}_i}{\dot{I}_b} = r_{be} + (1+\beta)(R_E // R_L) = 82.3k\Omega$

所以 $r_i = 330k\Omega // 82.3k\Omega \approx 66.09k\Omega$

输出电阻由"加压求流法"可得 $r_o = \dfrac{(r_{be} + R_S // R_B)R_E}{(1+\beta)R_E + (r_{be} + R_S // R_B)}$

参考教材 P169

$$\approx \frac{r_{be} + R_S'}{\beta} = 16.8\Omega$$

11-8 画出电路的微变等效电路如图(1)所示。

由微变等效电路可得:

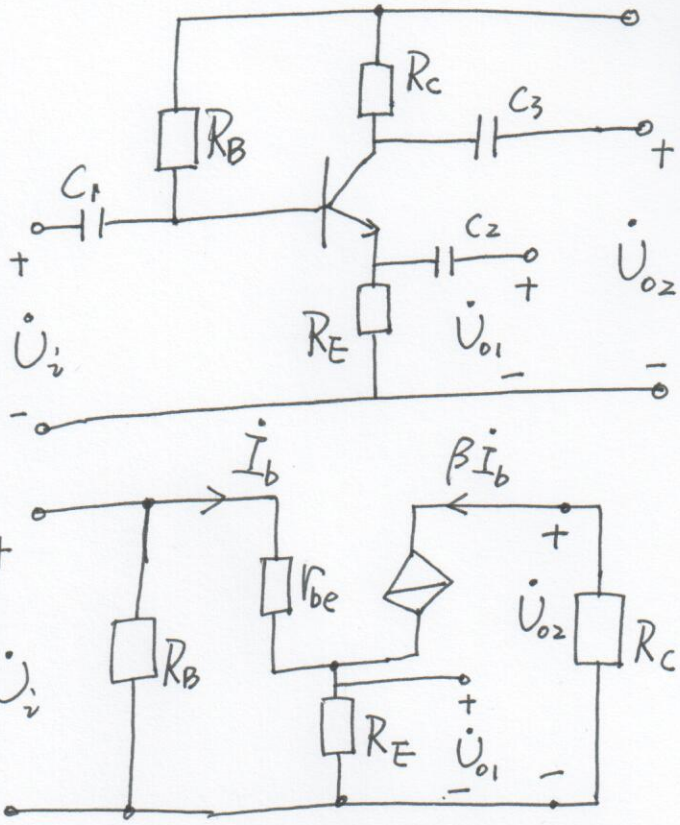
$$\dot{U}_{o2} = -\beta \dot{I}_b R_c$$

$$\dot{U}_{o1} = (\dot{I}_b + \beta \dot{I}_b) \cdot R_E$$

$$= (1+\beta)\dot{I}_b R_E$$

$$\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be} + \dot{U}_{o1}$$

$$= \dot{I}_b r_{be} + (1+\beta)\dot{I}_b R_E$$



图(1)

$$A_{u1} = \frac{\dot{U}_{o1}}{\dot{U}_i} = \frac{(1+\beta)R_E}{r_{be} + (1+\beta)R_E}$$

$$= \frac{(1+99)\times 2}{1+(1+99)\times 2} = 0.995$$

$$A_{u2} = \frac{\dot{U}_{o2}}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta \dot{I}_b R_c}{\dot{I}_b r_{be} + (1+\beta)\dot{I}_b R_E} = -\beta \frac{R_c}{r_{be} + (1+\beta)R_E}$$

$$= -99 \times \frac{2}{1+(1+99)\times 2} = -0.985$$

11-9 本题的(1)、(2)的电路及元件参数与11-5一致，所以(1)、(2)请参考11-5题。

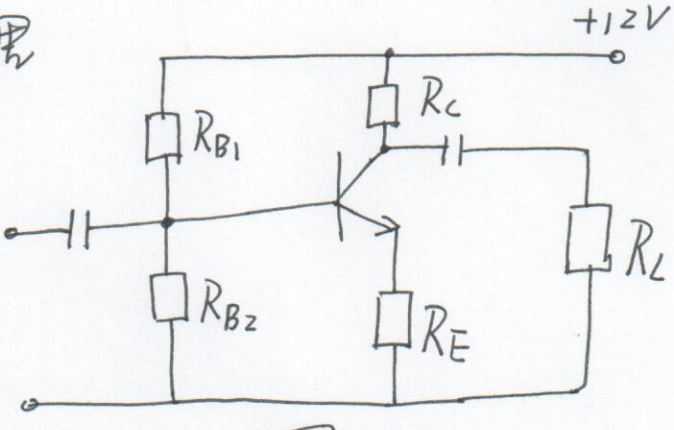
(3) 当电路未接旁路电容器时，电路如图(1)所示。

其直流通路仍与11-5题一致，同理可求静态工作点。

$I_B = 0.019 mA$

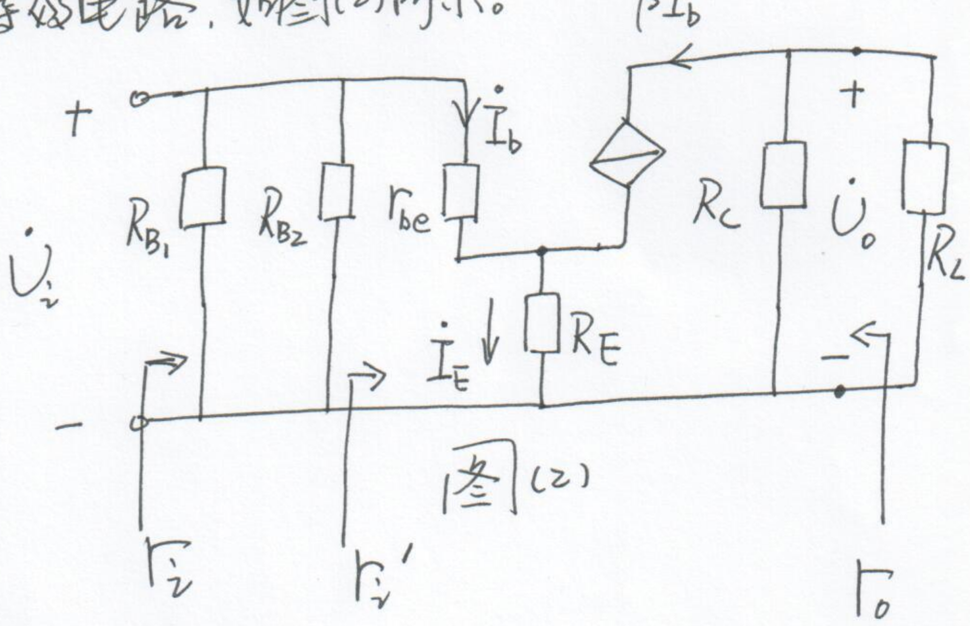
$I_C \approx I_E = 1.15 mA$

$U_{CE} = 6.25V$



图(1)

画出交流通路的微变等效电路，如图(2)所示。



图(2)

由微变等效电路可得

$\dot U_o = -\beta \dot I_b (R_C // R_L)$

$\dot U_i = \dot I_b r_{be} + \dot I_E R_E$

$= \dot I_b r_{be} + (1+\beta)\dot I_b R_E$.

$$A_V = \frac{\dot U_o}{\dot U_i} = -\beta \frac{R_C // R_L}{r_{be} + (1+\beta) R_E}$$

$$r_{be} = 200\Omega + (1+\beta)\frac{26mV}{I_E(mA)} = 1579\Omega$$

$\Rightarrow$

$A_V = -0.97$

输入电阻 $r_i = R_{B1} // R_{B2} // r_i'$

由微变等效电路可知 $r_i' = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_b} = r_{be} + (1+\beta) R_E$

$= 1579 + 61 \times 2000$

$\approx 123.58 k\Omega$

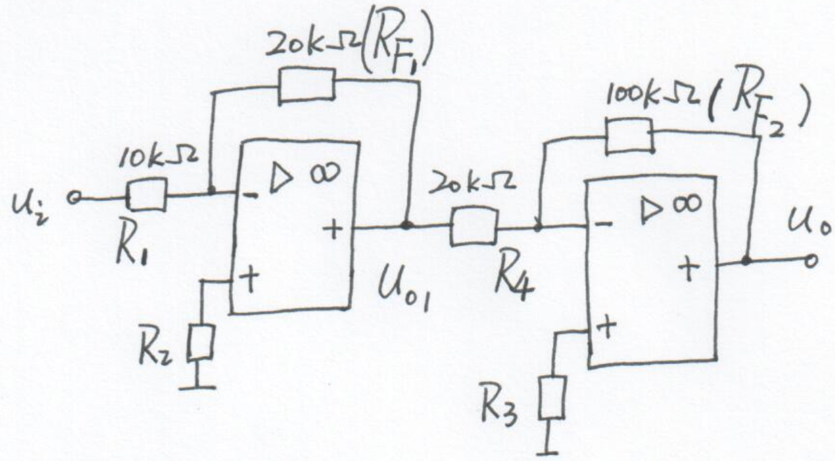
$r_i = 60k\Omega // 20k\Omega // 123.58k\Omega \approx 13.38k\Omega$.

输出电阻由"加压求流法"可求得 $r_o = R_C = 3k\Omega$

注意：在本章中要求必须明白、理解运算放大器"虚短"、"虚断"的概念，并能灵活应用于运算放大器电路的分析，具体内容请参阅教材。

当然，若待分析的电路是我们所熟知的反相/同相放大电路、加法电路、减法电路，也可套用上述电路的公式。但，若电路不是上述熟悉的运算电路，要求能熟练地运用虚断、"虚短"的概念和KCL，KVL等基本规律对运算放大电路进行分析。

12-01



电路是两级反相比例放大电路的级联。

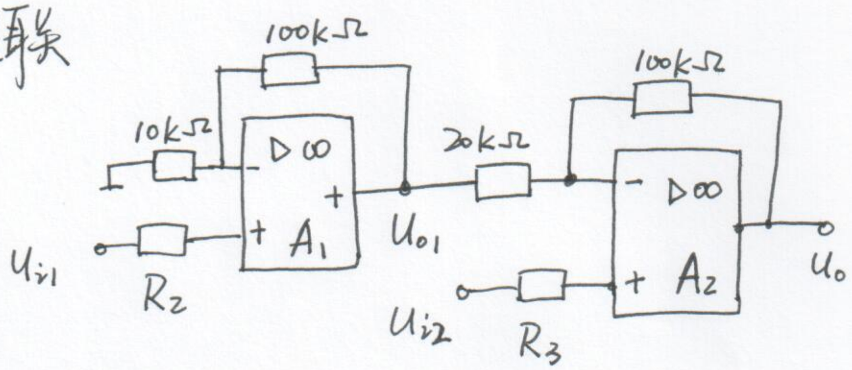
$$u_{01} = -\frac{R_{F_1}}{R_1} \cdot u_i$$

$$u_o = -\frac{R_{F_2}}{R_4} \cdot u_{01} = \frac{R_{F_1}}{R_1} \cdot \frac{R_{F_2}}{R_4} \cdot u_i = \frac{100}{20} \cdot \frac{20}{10} \cdot 1 = 10V$$

$$R_2 = R_1 // R_{F_1} = 20k\Omega // 10k\Omega \approx 6.7k\Omega$$

$$R_3 = R_4 // R_{F_2} = 100k\Omega // 20k\Omega \approx 16.7k\Omega$$

11-2 电路是同相比例放大器和减法运算电路的级联



同相比例放大电路：

$$u_{o1}=\left(1+\frac{100}{10}\right)u_{i1}$$

$$=1.1V$$

减法运算电路：

按题目的提示，可直接套用公式(12.3-13)

$$u_o=\left(1+\frac{100}{20}\right)u_{i2}-\frac{100}{20}u_{o1}$$

$$=6\times0.5-5\times1.1=-2.5V$$

或可利用叠加原理求解.

①设 u_{o1} 单独作用于 A_2，$u_{i2}=0$，此时 A_2 是反相比例放大器

$$u_o'=-\frac{100}{20}u_{o1}=-5.5V$$

②设 u_{i2} 单独作用于 A_2，$u_{o1}=0$，此时 A_2 是同相比例放大器

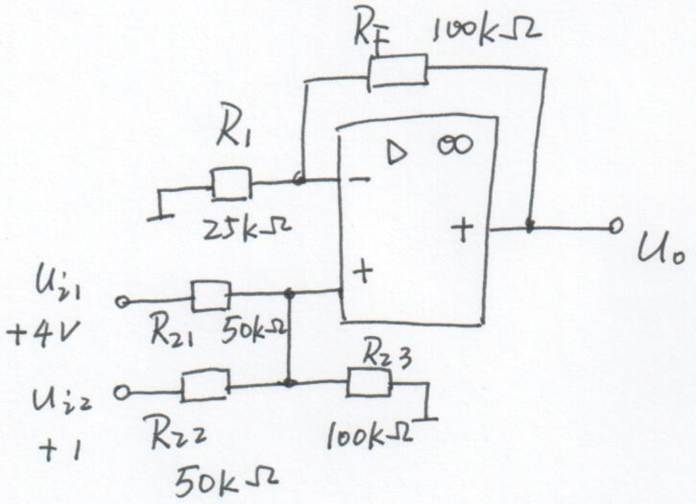
$$u_o''=\left(1+\frac{100}{20}\right)u_{i2}=6\times0.5=3.$$

$$u=u_o'+u_o''=-5.5+3=2.5V$$

平衡电阻. $R_2=100k\Omega//10k\Omega=9.1k\Omega$

$R_3=100k\Omega//20k\Omega=16.7k\Omega$

12-4 同相加法运算电路



$$u_o = \left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)u_+$$

$$u_+ = \frac{\frac{u_{i1}}{R_{21}}+\frac{u_{i2}}{R_{22}}}{\frac{1}{R_{21}}+\frac{1}{R_{22}}+\frac{1}{R_{23}}}$$

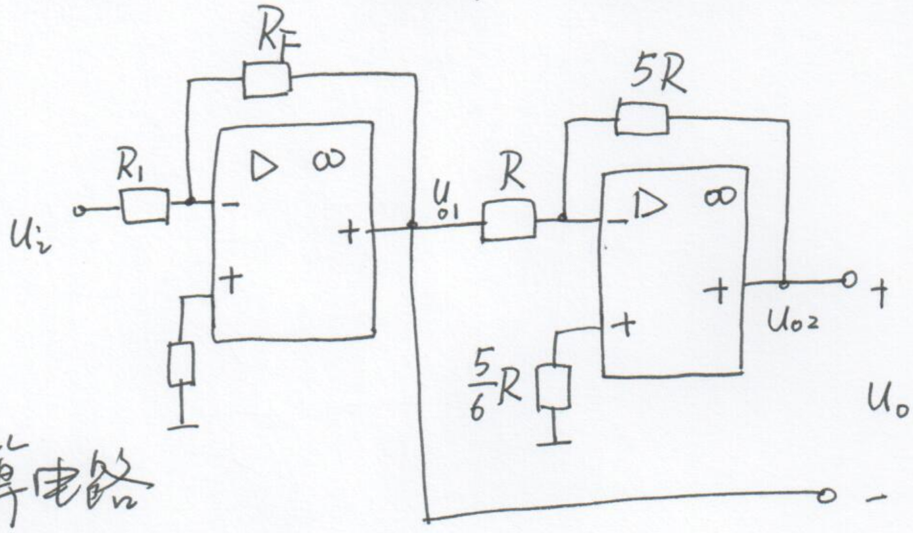
$$= \frac{\frac{4}{50}+\frac{1}{50}}{\frac{1}{50}+\frac{1}{50}+\frac{1}{100}}$$

$$= 2V$$

$$u_o = \left(1+\frac{100}{25}\right)\times 2 = 10V$$

同相/反相比例放大电路、加法、减法运算放大电路的公式可以由"虚短"、"虚断"和KVL、KCL等基本规律经简单的推导而得到。所以,重要的是学会推导的方法,而不是将各种电路的公式背下来。

12-6



前级是反相比例运算电路

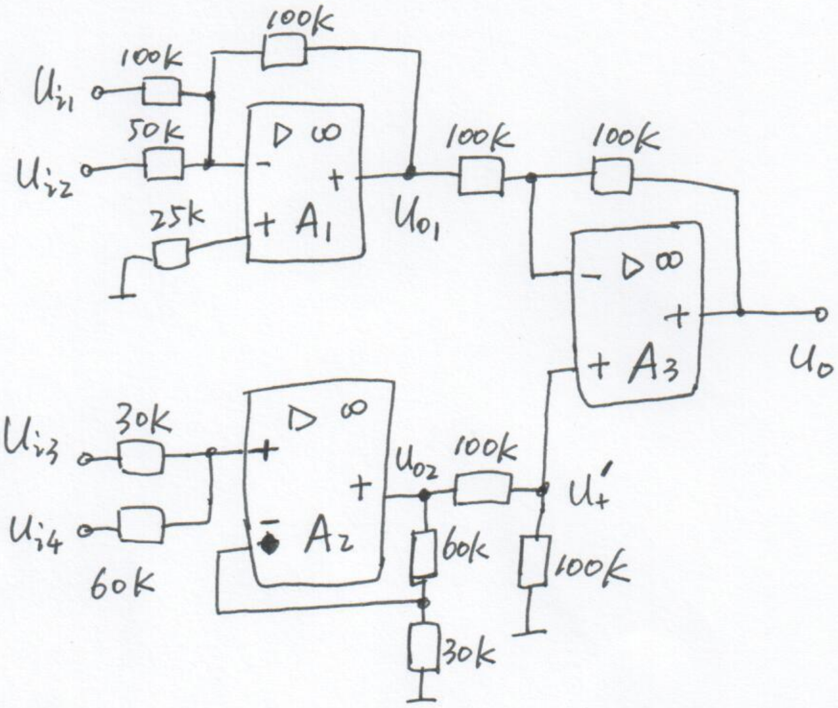
$$u_{o1}=-\frac{R_F}{R_1}u_i$$

后级也是一个反相比例运算电路

$$u_{o2}=-\frac{5R}{R}\cdot u_{o1}=-5u_{o1}$$

$$u_o=u_{o2}-u_{o1}=-5u_{o1}-u_{o1}=-6u_{o1}=\frac{6R_F}{R_1}u_i$$

12-10



A_1是反相加法运算电路

$$u_{o1}=-\left(\frac{100}{100}u_{i1}+\frac{100}{50}u_{i2}\right)$$

$$=-(1+2\times0.8)$$

$$=-2.6$$

对于A_2，同相端的电位

$$u_+=\frac{\frac{u_{i3}}{30}+\frac{u_{i4}}{60}}{\frac{1}{30}+\frac{1}{60}}=\frac{1}{3}(2u_{i3}+u_{i4})$$

由"虚断"和"虚短"可知

$$u_+=\frac{u_{o2}}{60+30}\cdot30 \Longrightarrow u_{o2}=3u_+=2u_{i3}+u_{i4}$$

$$=-1.2\sin\omega t+2.5$$

A₃是一个减法运算电路，运用叠加原理对其分析。

①设$u_{o2}=0$，仅u_{o1}作为A_3的输入，则A_3为反相比例运算电路。

$$u_o' = -\frac{100}{100}u_{o1} = -u_{o1} = +2.6V$$

②设$u_{o1}=0$，仅u_{o2}作为A_3的输入，则A_3为同相比例运算电路。

$$\left.\begin{aligned} u_o'' &= \left(1+\frac{100}{100}\right)\cdot u_+' \\ u_+' &= u_{o2}\cdot\frac{100}{100+100} = \frac{u_{o2}}{2} \end{aligned}\right\}$$

$$\Rightarrow u_o'' = u_{o2} = -1.2\sin\omega t + 2.5$$

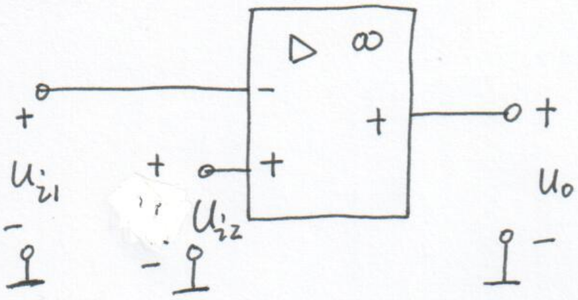
所以 $u_o = u_o' + u_o''$

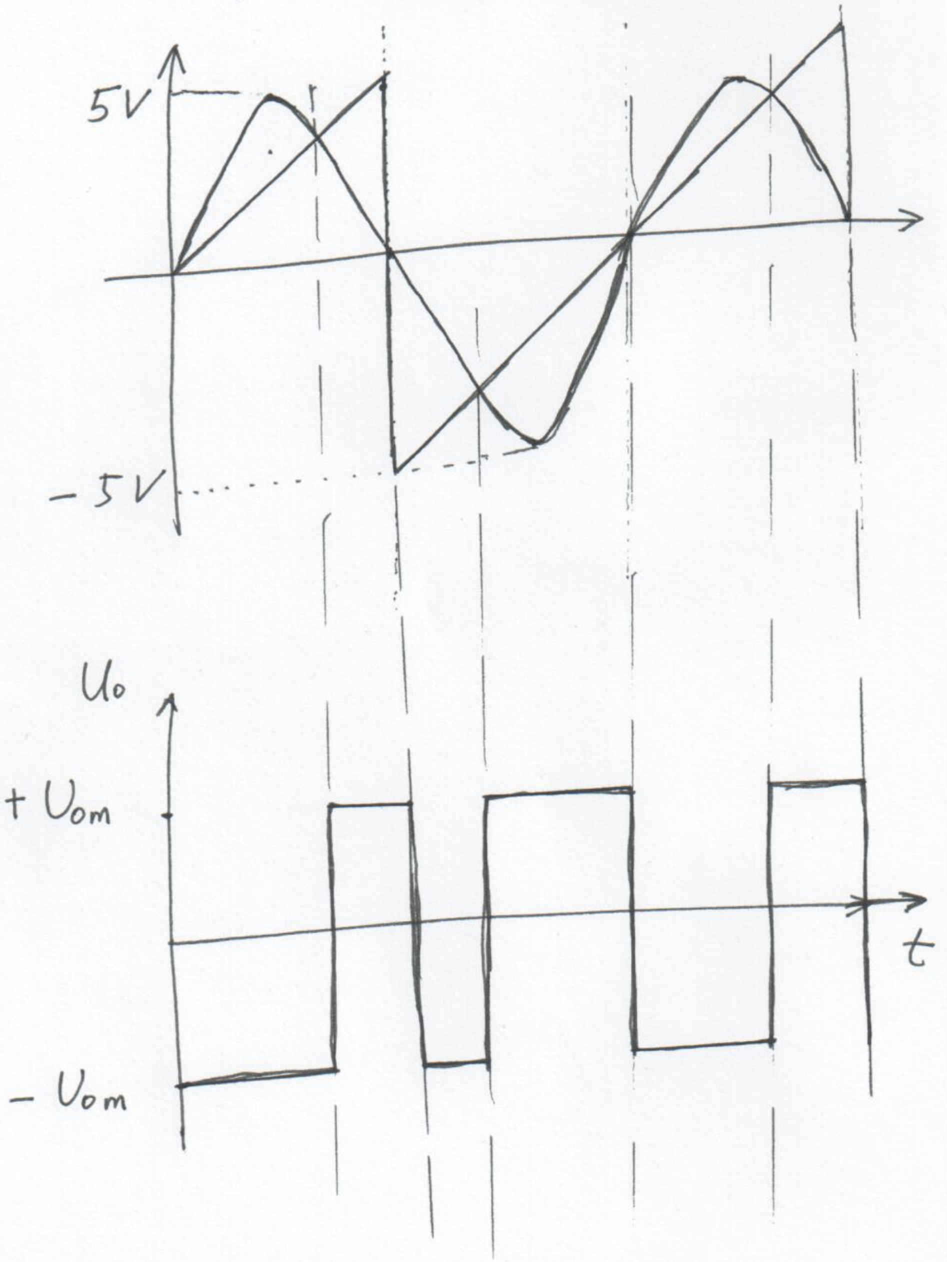
$$= -u_{o1} + u_{o2}$$

$$= 2.6 + 2.5 - 1.2\sin\omega t$$

$$= (5.1 - 1.2\sin\omega t)V$$

12-13 将u_{i1}, u_{i2}画在同一坐标系中,可方便比较其大小关系





13-3

① $Y_1 = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}\cdot BC$

$= \bar{A}(\bar{B} + BC)$

$= \bar{A}(\bar{B} + C)$ 吸收律

$= \bar{A}\bar{B} + \bar{A}C$

② $Y_2 = \bar{A}B\bar{C} + A\bar{C} + \bar{B}\bar{C}$

$= (\bar{A}B + A + \bar{B})\bar{C}$

$= (A + B + \bar{B})\bar{C}$ 吸收律

$= (A + 1)\bar{C}$

$= \bar{C}$

13-4 ① $Y_1 = \bar{A}(B+C) + AB\bar{C} = \bar{A}B + \bar{A}C + AB\bar{C}$

由观察法画出Y_1的卡诺图。

A \ BC	00	01	11	10
0		1	1	1
1				1

$Y = \bar{A}C + B\bar{C}$

$$Y_4=\sum_i m_i(i=2.3.4.5.9)+\sum_d m_d(d=10,11.12.13)$$

$m_2=\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$, $m_3=\bar{A}\bar{B}CD$, $m_4=\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$, $m_5=\bar{A}B\bar{C}D$

$m_9=A\bar{B}\bar{C}D$, $m_{10}=A\bar{B}C\bar{D}$, $m_{11}=A\bar{B}CD$, $m_{12}=AB\bar{C}\bar{D}$

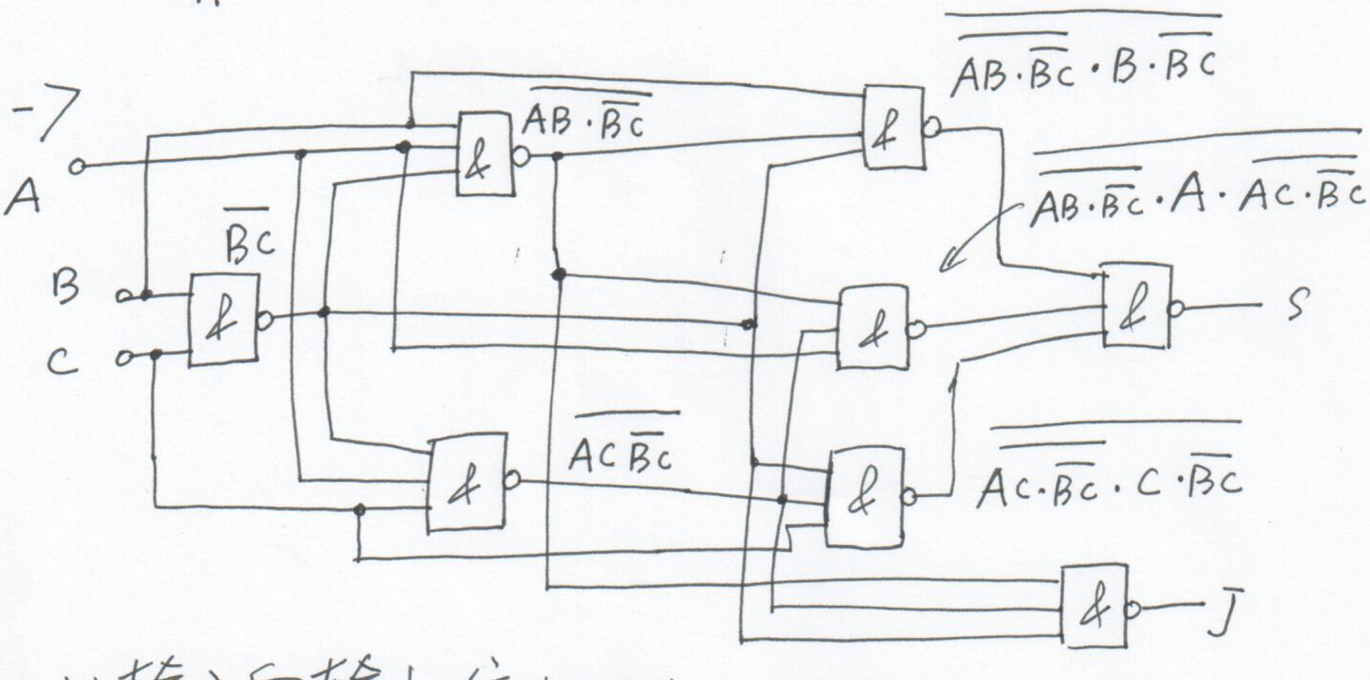
$m_{13}=AB\bar{C}D$

画出Y_4的卡诺图。

AB \ CD	00	01	11	10
00			1	1
01	1	1		
11	×	×		
10		1	×	×

$$Y_4=B\bar{C}+\bar{B}C+A\bar{B}D$$

13-7



从输入向输出，依次写出各级门电路的输出逻辑表达式

最后可写出S、J的逻辑表达式

$$S=\overline{\overline{\overline{AB\cdot\overline{BC}}\cdot B\cdot\overline{BC}}\cdot\overline{\overline{AB\cdot\overline{BC}}\cdot A\cdot\overline{AC\cdot\overline{BC}}}\cdot\overline{\overline{AC\cdot\overline{BC}}\cdot C\cdot\overline{BC}}}$$

$$=\overline{AB\cdot\overline{BC}}\cdot B\cdot\overline{BC}+\overline{AB\cdot\overline{BC}}\cdot A\cdot\overline{AC\cdot\overline{BC}}+\overline{AC\cdot\overline{BC}}\cdot C\cdot\overline{BC}$$

$$=\overline{AB}\cdot\overline{BC}\cdot B+(BC+\overline{AB}\cdot\overline{AC})A+\overline{AC}\cdot\overline{BC}\cdot C$$

$$=\bar{A}B\bar{C}+\bar{A}\bar{B}C+ABC+A\bar{B}\bar{C}$$

$$=A\oplus B\oplus C$$

$$J=\overline{\overline{AC\cdot\overline{BC}}\cdot\overline{BC}\cdot\overline{AB\cdot\overline{BC}}}$$

$$=AC\cdot\overline{BC}+BC+AB\cdot\overline{BC}$$

$$=\overline{BC}(AC+AB)+BC$$

$$=AB+AC+BC$$

按化简后的S、J列真值表

A	B	C	S	J
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

从真值表归纳出电路的功能是全加器。A、B为两个相加数，C为从低位的进位。S为和，J为向高位的进位。

13-9 ①逻辑赋值

A.B.C三个输入，取值为"0"表示该输入端有效，取值为"1"表示输入无效。Y_A、Y_B、Y_C三个输出端，取值为"1"表示该端口输出信号，取值为"0"表示该端口不输出信号。

②列真值表。

A	B	C	Y_A	Y_B	Y_C
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0

③分别列出Y_A、Y_B、Y_C的逻辑表达式，并化简

$$Y_A = A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC$$

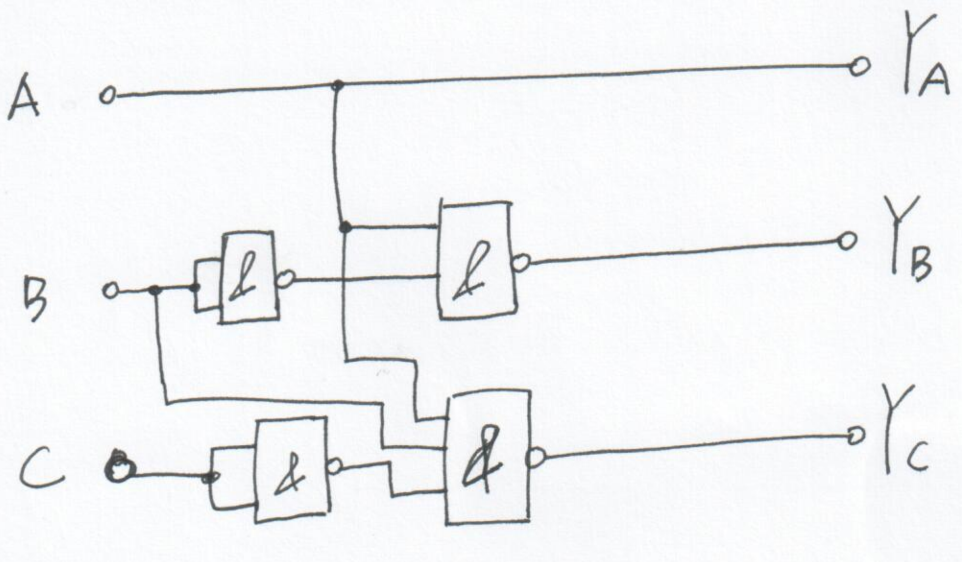
A \ BC	00	01	11	10
0				
1	1	1	1	1

所以，$Y_A = A$

$$Y_B = \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC$$
$$= \bar{A}B(\bar{C}+C)$$
$$= \bar{A}B$$
$$= \overline{\overline{\bar{A}B}}$$
$$= \overline{A\cdot\bar{B}}$$

$$Y_C = \bar{A}\bar{B}C = \overline{\overline{\bar{A}\bar{B}C}} = \overline{A\cdot B\cdot\bar{C}}$$

④ 按Y_A、Y_B、Y_C的逻辑表达式画出与非门电路所构成的逻辑门电路



13-11 将各逻辑函数表示为最小项的与非式。

$$Y_1 = AB + AC = AB(C+\bar{C}) + A(B+\bar{B})C$$

$$= ABC + AB\bar{C} + A\bar{B}C = m_7 + m_6 + m_5$$

$$= \overline{\overline{m_7 + m_6 + m_5}} = \overline{\bar{m}_7 \cdot \bar{m}_6 \cdot \bar{m}_5}$$

$$= \overline{\bar{Y}_7 \cdot \bar{Y}_6 \cdot \bar{Y}_5}$$

$$Y_2 = A + \bar{B}C = A(B+\bar{B})(C+\bar{C}) + (A+\bar{A})\bar{B}C$$

$$= ABC + AB\bar{C} + A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C$$

$$= m_7 + m_6 + m_5 + m_4 + m_1 = \overline{\overline{m_7 + m_6 + m_4 + m_5 + m_1}}$$

$$= \overline{\bar{m}_7 \cdot \bar{m}_6 \cdot \bar{m}_5 \cdot \bar{m}_4 \cdot \bar{m}_1} = \overline{\bar{Y}_7 \cdot \bar{Y}_6 \cdot \bar{Y}_5 \cdot \bar{Y}_4 \cdot \bar{Y}_1}$$

$$Y_3 = A\bar{B} + \bar{A}C + ABC = A\bar{B}(C+\bar{C}) + \bar{A}(B+\bar{B})C + ABC$$

$$= ABC + A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC + \bar{A}\bar{B}C$$

$$= m_7 + m_4 + m_5 + m_3 + m_1$$

$$= \overline{\overline{m_7 + m_5 + m_4 + m_3 + m_1}}$$

$$= \overline{\bar{m}_7 \cdot \bar{m}_5 \cdot \bar{m}_4 \cdot \bar{m}_3 \cdot \bar{m}_1}$$

$$= \overline{\bar{Y}_7 \cdot \bar{Y}_5 \cdot \bar{Y}_4 \cdot \bar{Y}_3 \cdot \bar{Y}_1}$$

基于74LS138画出逻辑电路图。