电 磁 学

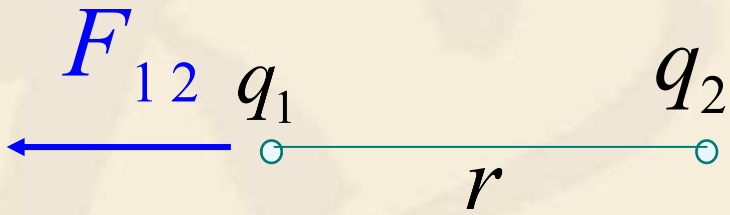
二、库仑定律

真空中两个静止点电荷相互作用力的大小正比于两个点电荷电量的积，反比于两个点电荷距离的平方，方向沿着它们的连线，同种电荷相斥，异种电荷相吸。

注意： 库仑定律仅适用于点电荷。

电荷1受电荷2的库仑力

$$F_{12} = k\frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$



$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9 \frac{N\times m^2}{C^2}$$

$$\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\frac{C^2}{N\times m^2}$$

真空中的介电常数

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

介质中的介电常数ε与真空中的介电常数ε_0之比称为相对介电常数 ε_r

例 题8-1

两个点电荷在真空中相距7cm时的作用力与他们在煤油中相距5cm时的作用力相等。求煤油的**相对介电常数**$\varepsilon_{r油}$

解：氢原子核与电子之间的库仑力和万有引力为:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r_{空}^2}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_{油}}\frac{q_1q_2}{r_{油}^2} \qquad \varepsilon=\varepsilon_r\varepsilon_0$$

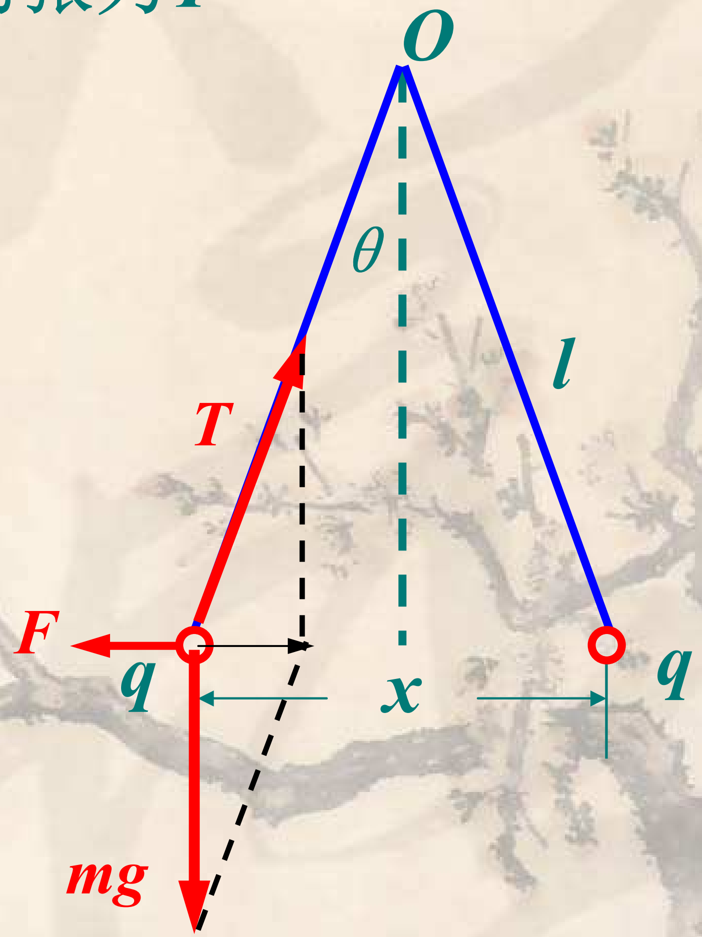
$$\varepsilon_0 r_{空}^2=\varepsilon_{油} r_{油}^2=\varepsilon_{r油}\varepsilon_0 r_{油}^2$$

$$\varepsilon_{r油}=\frac{r_{空}^2}{r_{油}^2}=\frac{7^2}{5^2}=1.96$$

8－1 质量为m的两小球带等量 电荷q，现用长为l的细线悬挂在空中O点，当小球平衡时，测得它们之间的水平距离为x，求绳子的张力T

$$\frac{\frac{x}{2}}{l}=\frac{\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 x^2}}{T}$$

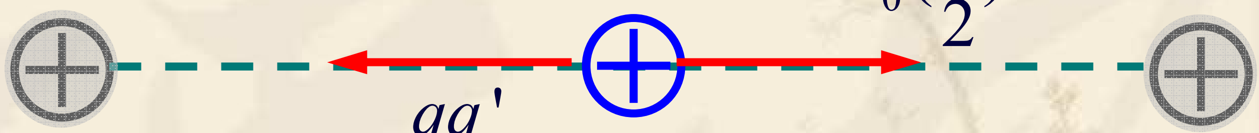
$$T=\frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 x^3}$$



1 两个电量都是+***q***的点电荷，在真空中相距***a***，如果在这两个点电荷连线的中点放上另一个点电荷+***q'***，则点电荷+***q'***受力为：

$(A)\quad 0 \qquad (B)\quad \dfrac{qq'}{4\pi\varepsilon_0 a^2} \qquad (C)\quad \dfrac{qq'}{\pi\varepsilon_0 a^2} \qquad (D)\quad \dfrac{2qq'}{\pi\varepsilon_0 a^2}$

$$\frac{qq'}{4\pi\varepsilon_0(\frac{a}{2})^2}$$



$$\frac{qq'}{4\pi\varepsilon_0(\frac{a}{2})^2}$$

06考题

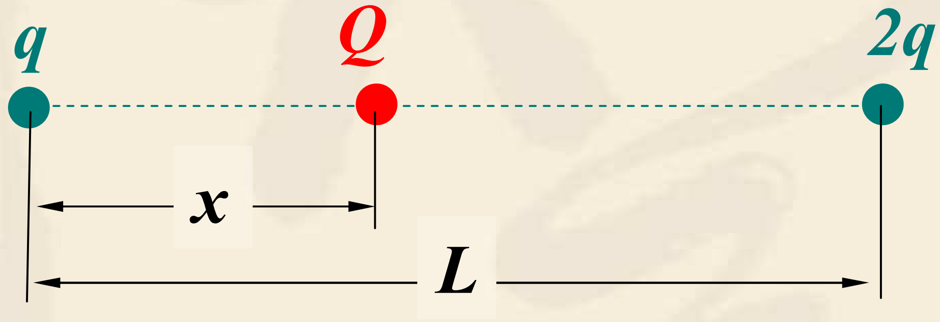
两个相距L的点电荷，电量分别是q与$2q$。第三个点电荷Q放在两个点电荷之间，要使Q静止，则Q与q的距离为（ C ）

（A） $\dfrac{1}{\sqrt{2}}L$

（B） $\dfrac{1}{\sqrt{2}+1}L$

（C） $(\sqrt{2}-1)L$

（D） $\dfrac{1}{2}L$



$$k\frac{qQ}{x^2}=k\frac{2qQ}{(L-x)^2}$$

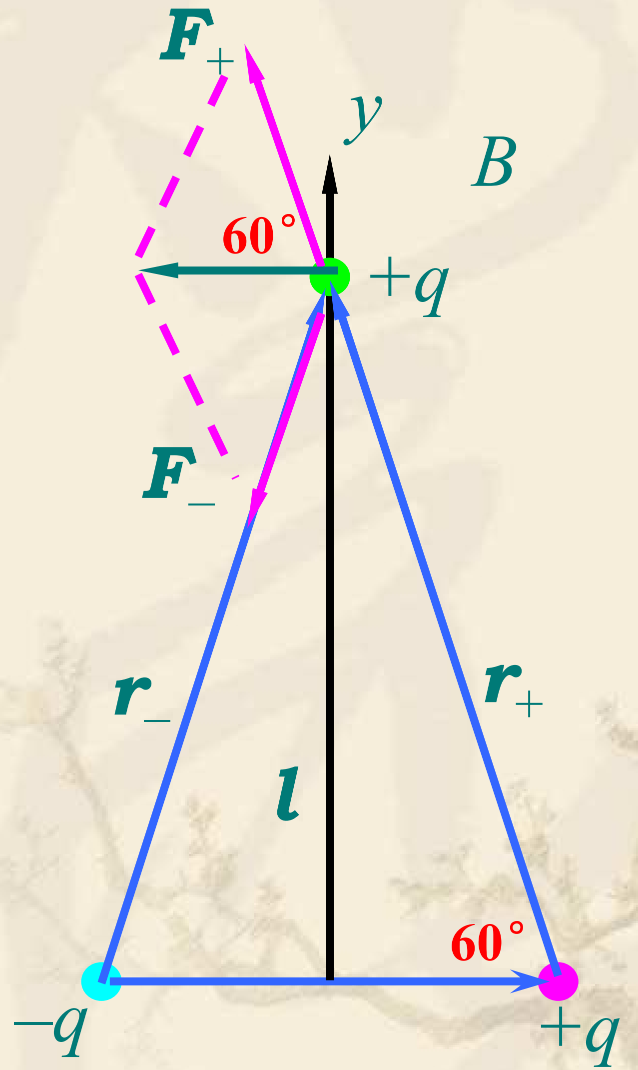
$$\frac{1}{x}=\frac{\sqrt{2}}{L-x}$$

$$x=\frac{1}{\sqrt{2}+1}L=(\sqrt{2}-1)L$$

$$F_+ = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r_+^2}$$

$$F_- = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r_-^2}$$

$$F = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$



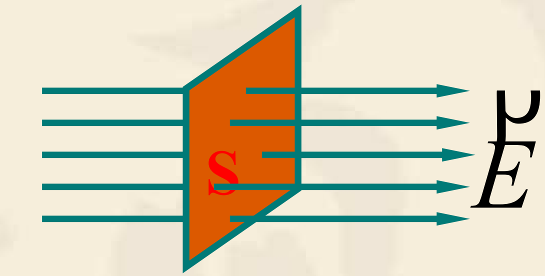
高斯定理

1. 定理

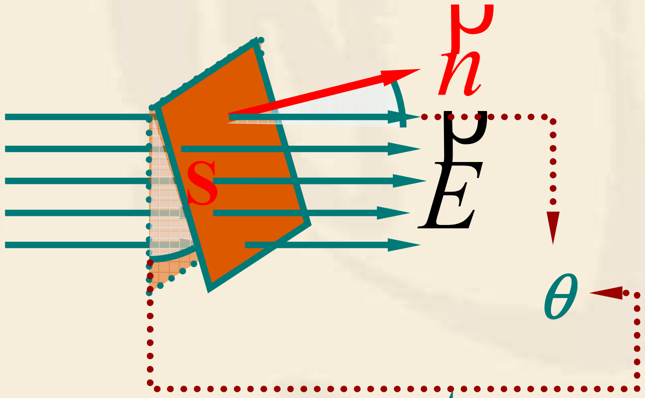
真空中的静电场内，通过任意封闭曲面的电通量等于曲面内所包围的电荷电量的代数和除以真空介电常数。与闭合面外的电荷无关。

$$\Phi_r = \oint_S E \cdot dS = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{t} q_i$$

电通量



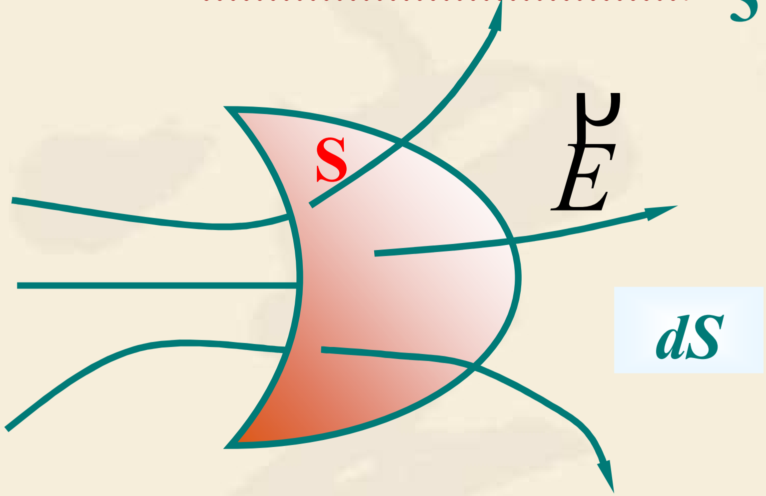
1、均匀电场 $\Phi_e = ES$



2、均匀电场 $\widehat{\vec{E}\,\vec{n}} = \theta$

$$\Phi_e = ES\cos\theta$$

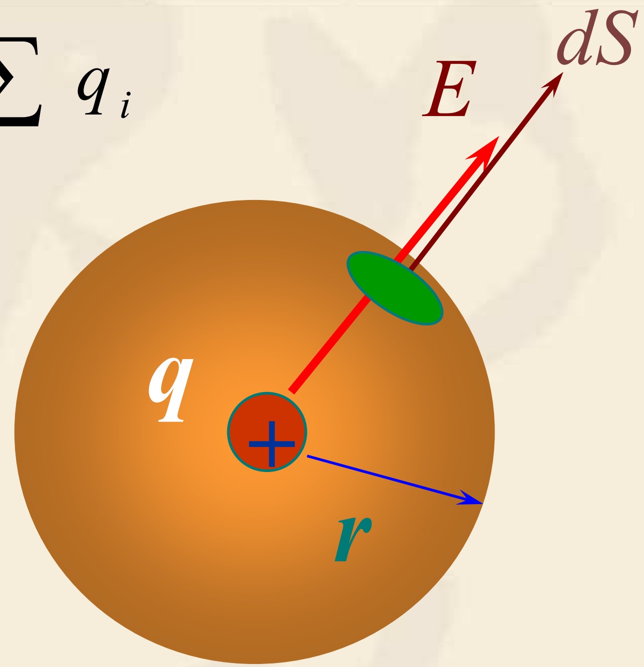
3、非均匀电场、任意曲面



$$\Phi_e = \int_S E \cdot dS$$

单位：Vm

$$\Phi_r = \oint_S E \cdot dS = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i$$



S：闭合曲面，称为高斯面

$\oint_S \boldsymbol{E} \cdot d\boldsymbol{S}$　沿此高斯面的积分

E　由空间所有电荷激发的电场强度

ds　有向面元，大小**ds**,方向为曲面的法向，概括了面元的面积和空间取向。

$\sum\limits_{S内} q_i$　S内所有电荷的代数和，与高斯面以外的电荷无关。与S内电荷怎么分布也没有关系。故可以不必知道高斯面上场的分布就可以知道穿过高斯面的电通量。

高斯定理的应用

一、求场强的思路

高斯定理反映的是电通量与电荷的关系，而不是场强与电荷的直接联系。要通过电通量计算场强，就需要在高斯定理表达式中，将场强从积分号中提出来，这就导致要求电场的分布具有某种特殊的对称性。

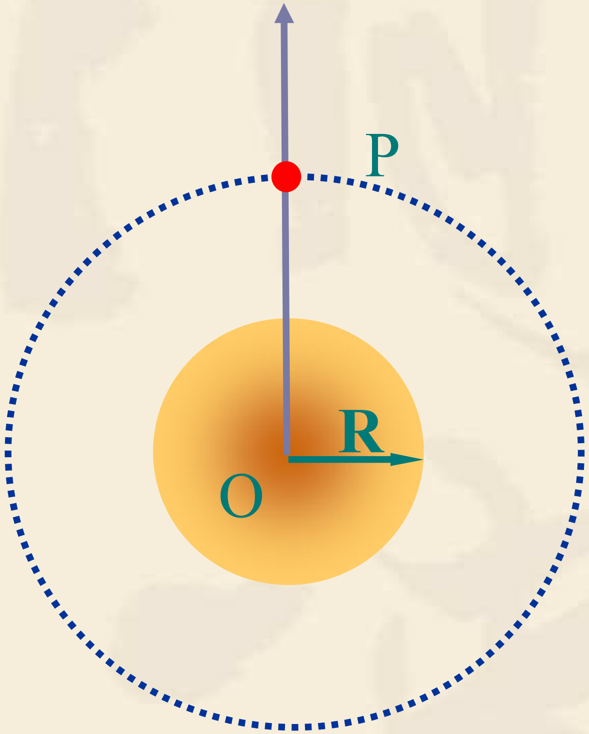
几类对称性：

- 电场分布轴对称
- 电场分布球对称
- 电场分布面对称

高斯定理的应用举例

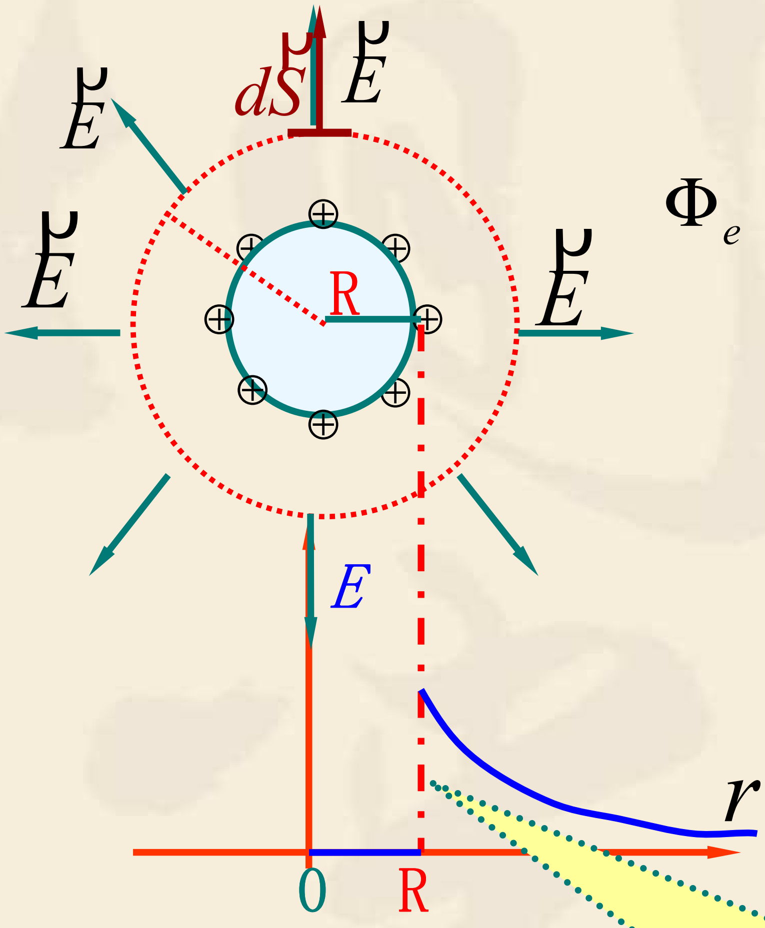
1、电荷分布球对称　　如：均匀带电球面或者球体

例题1　求电量为**Q**、半径为**R**的**均匀带电球面**的场强分布。



球对称分布：　在任何与均匀带电球壳同心的球面上各点的场强大小都相等，方向沿着半径方向呈辐射状。

选取合适的高斯面　　源球对称 → 场球对称



$$\Phi_e = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \begin{cases} 0 & (r < R) \\ \dfrac{Q}{\varepsilon_0} & (r > R) \end{cases}$$

$$= E\oint_S dS = E\cdot 4\pi r^2$$

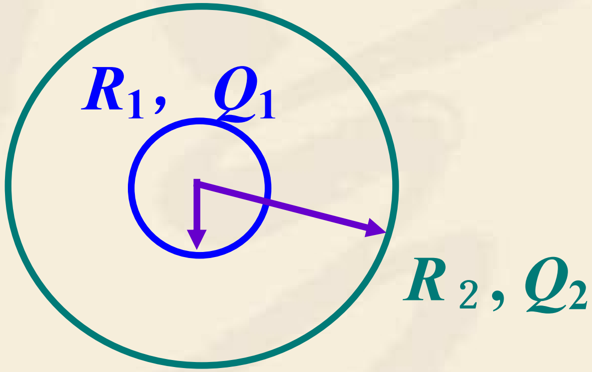
$$E = \begin{cases} 0 & (r < R) \\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} & (r > R) \end{cases}$$

在r处场强的值存在跃变。

扩展：

两个同心带电球壳，半径为R_1和R_2，电量分别为Q_1和Q_2，填空：

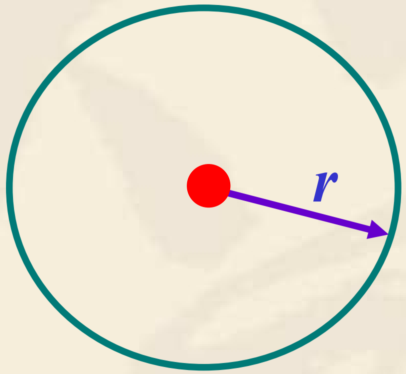
$r < R_1$,　　$E =$ 0



$\mathrm{R}_1 < r < \mathrm{R}_2$,　　$E = \dfrac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$R_2 < r$,　　$E = \dfrac{Q_1+Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

1 以点电荷q所在点为球心，距点电荷q的距离为r处的电场强度E等于



(A) $\dfrac{q\varepsilon_0}{4\pi r^2}$

(B) $\dfrac{q}{4\pi r^2\varepsilon_0}$

(C) $\dfrac{4\pi r^2\varepsilon_0}{q}$

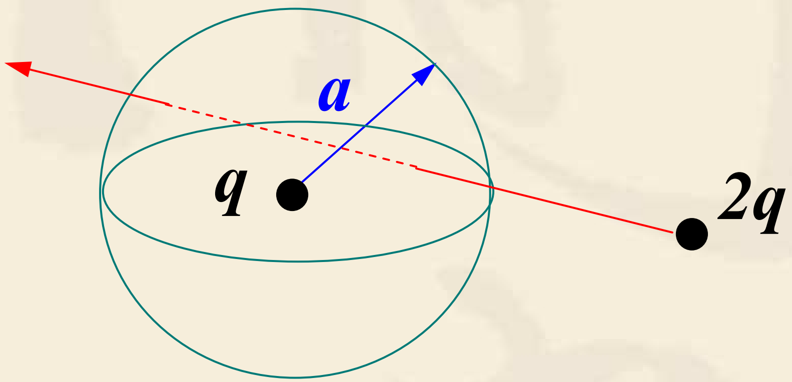
(D) $\dfrac{4\pi q\varepsilon_0}{r^2}$

$$\Phi_e = \oint_S E\cdot dS = E\cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

05考题

1 设真空中点电荷$+q_1$和点电荷$+q_2$，且$q_2=2q_1$，以$+q_1$为中心，a为半径形成封闭球面，则通过该球面的电通量为：

(A) $3q_1/\varepsilon_0$　(B) $2q_1/\varepsilon_0$　(C) q_1/ε_0　(D) 0



穿过球面的电通量仅与被球面包围的点电荷有关，且与半径r无关，与球外电荷也无关

$$\Phi_e = \oiint_S E dS = \iint_S \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} dS = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \oiint_S dS$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}(4\pi r^2) = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

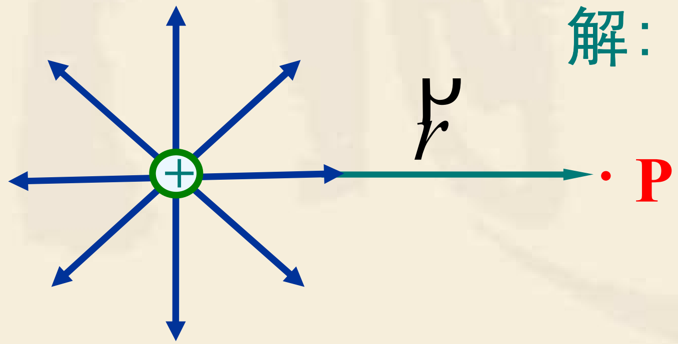
07考题

典型电场的电势	典型电场的场强
均匀带电球面 $U=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$ $U=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$	均匀带电球面 $\vec{E}=0$ 球面内 $\vec{E}=\dfrac{q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$ 球面外
均匀带电无限长直线 $U=\dfrac{\lambda\ln\dfrac{a}{r}}{2\pi\varepsilon_0}$	均匀带电无限长直线 $E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$ 方向垂直于直线
均匀带电无限大平面 $U=Ed=\dfrac{d\sigma}{2\varepsilon_0}$	均匀带电无限大平面 $E=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ 方向垂直于平面

电势的计算方法

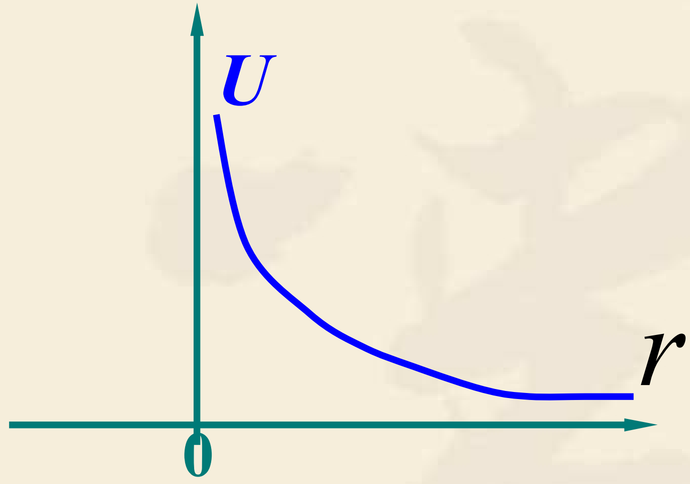
1、点电荷中电场的电势

例题1　求：点电荷电场的电势分布



解：设无限远处为0电势，则电场中距离点电荷为r 的P点处电势为

$$U=\int_P^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{r}\qquad E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$



$$\boxed{U=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}}$$

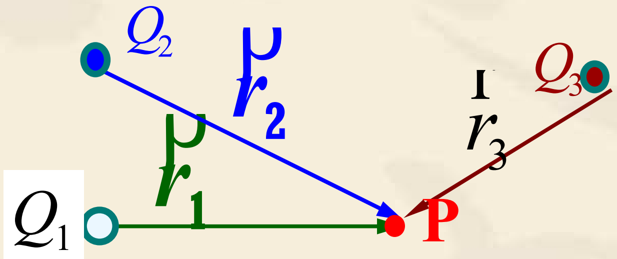
点电荷电场的电势分布

2、点电荷系电场中的电势

由点电荷电场的电势，利用叠加原理

根据定义 $U=\int_P^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{r}$

点电荷系$U_P=$？



$$=\int_P^{\infty}\vec{E}_1\cdot d\vec{r}+\int_P^{\infty}\vec{E}_2\cdot d\vec{r}+\int_p^{\infty}\vec{E}_3\cdot d\vec{r}$$

$$=U_1+U_2+U_3$$

$$=\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r_1}+\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_2}+\cdots$$

$$\boxed{U=\sum_i\frac{Q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i}}$$

分立的点电荷系

分立的点电荷系电势

$$U = \sum_i \frac{Q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i}$$

- 物理意义：
  - 点电荷系周围空间任一点的电势等于各点电势单独存在时在该点产生的电势的代数和。

（这一点和场强的计算不同，场强的叠加是矢量叠加。）

例8－2 半径为a的金属球体，其电荷量为q，求距球心为r处的电场强度。

解：$\Phi_e = \oint_S E ds = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_1^n q_i$

$r<a$

电荷体密度 $\rho = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi a^3}$

$$\oint_S E dS = E \times 4\pi r^2 = \frac{q_r}{\varepsilon_0}$$

球体内半径r的球体电量

$$q_r = \frac{4}{3}\pi r^3 \times \rho = q\frac{r^3}{a^3}$$

$$E = \frac{r\rho}{3\varepsilon_0}$$

例8－2 半径为R的球体内，电荷分布球对称，电荷体密度为 $\rho=ar(0 \leqslant r \leqslant R)$，$\rho=0(r>R)$，求球体内部，距球心为$x$处的电场强度。

$$\Phi_e = \oint_s E ds = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_1^n q_i$$

解：　密度与r有关

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$\oint_s E ds = E \cdot 4\pi x^2$$

$$dV = 4\pi r^2 dr$$

$$\frac{1}{\varepsilon_0}\pi a x^4 = 4\pi x^2 E$$

$$dq = \rho dV$$

$$Q = \int_0^x ar \cdot 4\pi r^2 dr = \pi a x^4$$

$$E = \frac{ax^2}{4\varepsilon_0}$$

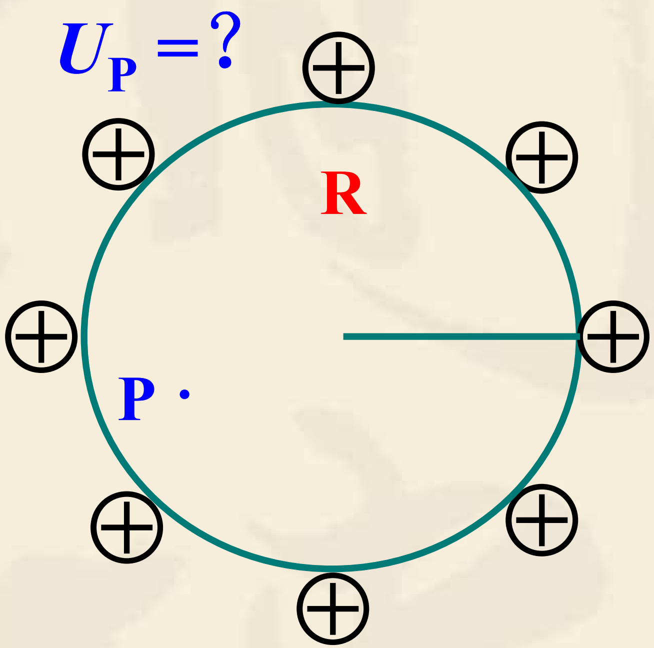
上题条件下，在$r>R$空间的电势分布为（　　）。

解：

$$Q=\int_0^R ar\cdot 4\pi r^2 dr=\pi aR^4$$

$$U=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}=\frac{\pi aR^4}{4\pi\varepsilon_0 r}=\frac{aR^4}{4\varepsilon_0 r}$$

求：均匀带电球面的电场的电势分布.

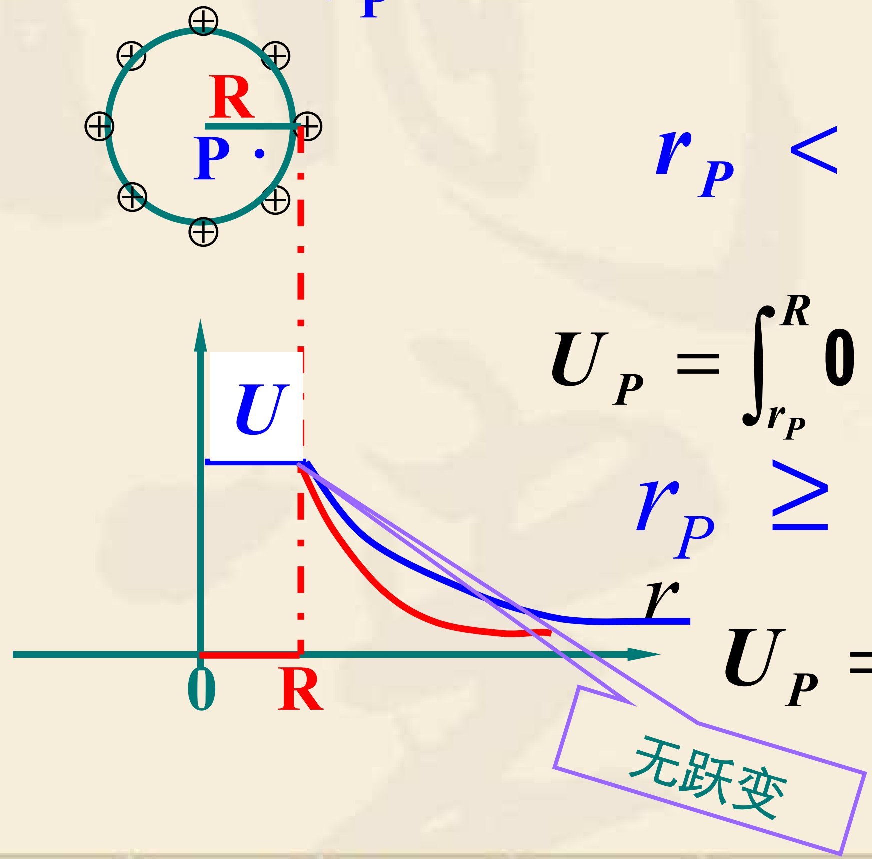


$$E = \begin{cases} 0 & (r < R) \\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} & (r > R) \end{cases}$$

解： 设无限远处为0 电势，则电场中距离球心r 的 P 点处电势为

$U_P = ?$

$$U_P = \int_P^{\infty} \frac{Q\cdot dr}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$



$r_P < R$

$$U_P = \int_{r_P}^{R} 0\cdot d\vec{r} + \int_R^{\infty} \frac{Qdr}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

$r_P \geq R$

$$U_P = \int_{r_P}^{\infty} \frac{Qdr}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_P}$$

均匀带电无限长圆柱面的电场。沿轴线方向单位长度带电量为λ

解：场具有轴对称　高斯面：同轴圆柱面

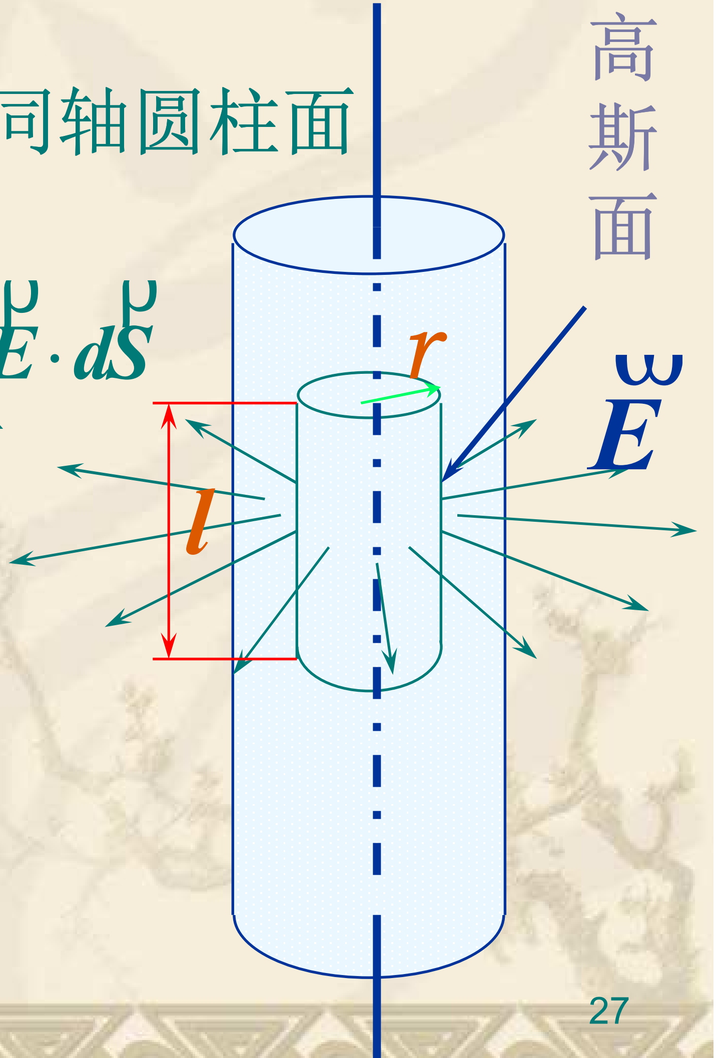
(1) $r<R$

$$\Phi_e = \oint_s \vec{E}\cdot d\vec{S} = \int_{上底} \vec{E}\cdot d\vec{S} + \int_{下底} \vec{E}\cdot d\vec{S} + \int_{侧面} \vec{E}\cdot d\vec{S}$$

$$= 0 + 0 + E\,2\pi rl = E\,2\pi rl$$

$$\sum q_i = 0$$

$$\boxed{E = 0}$$



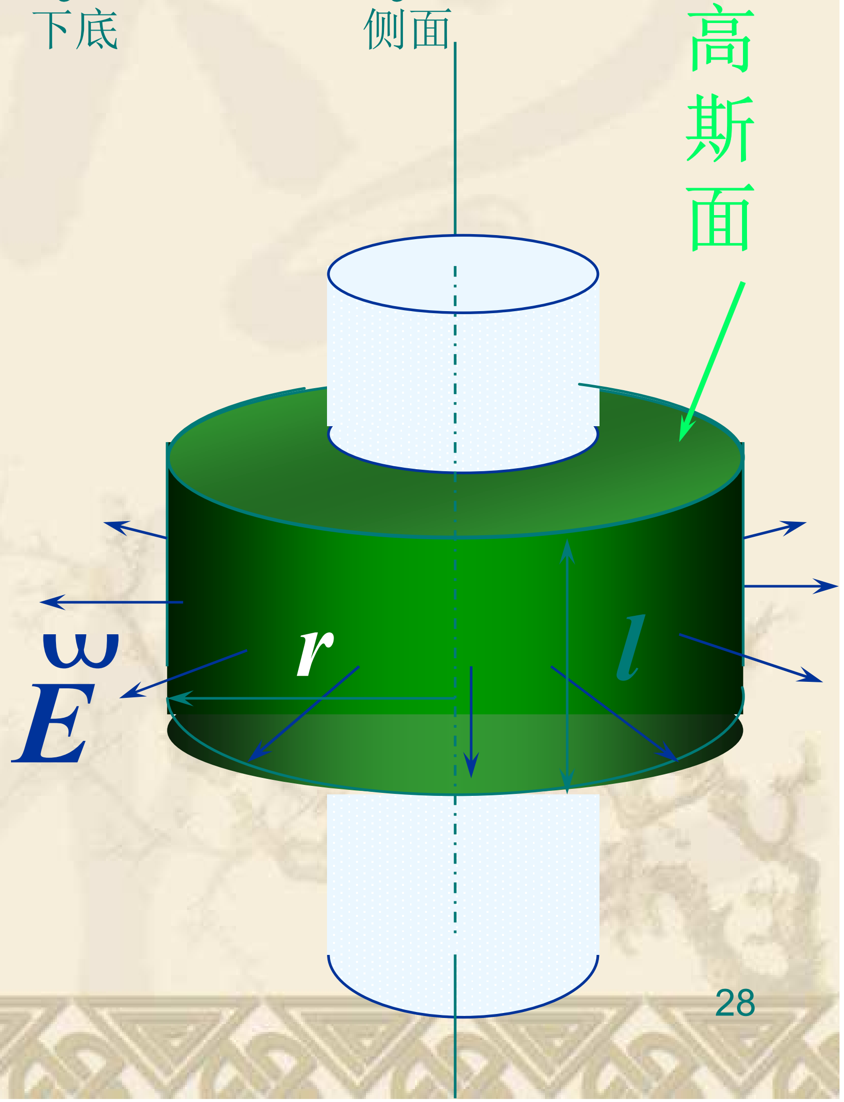
(2) $r > R$

$$\Phi_e = \oint_s \vec{E}\cdot d\vec{S} = \int_{上底} \vec{E}\cdot d\vec{S} + \int_{下底} \vec{E}\cdot d\vec{S} + \int_{侧面} \vec{E}\cdot d\vec{S}$$

$$= E2\pi rl = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$q = \lambda l$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi r\varepsilon_0}$$



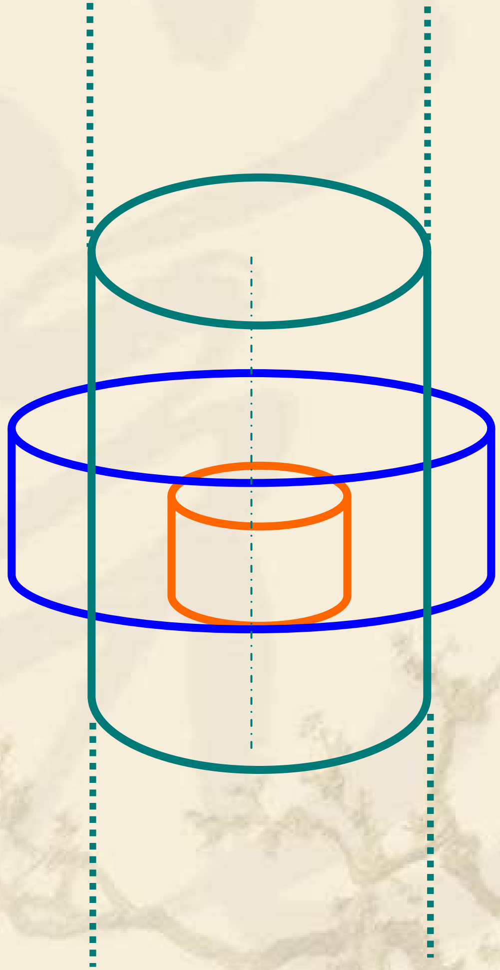
求均匀带电无限长圆柱体的场强分布，

已知R，λ

$$r < R \qquad E2\pi rl = \frac{\lambda}{\varepsilon_0 \pi R^2}\pi r^2 l$$

$$r > R \qquad E2\pi rl = \frac{\lambda l}{\varepsilon_0}$$

$$E = \begin{cases} \dfrac{\lambda r}{2\pi\varepsilon_0 R^2} & r < R \\ \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} & r > R \end{cases}$$

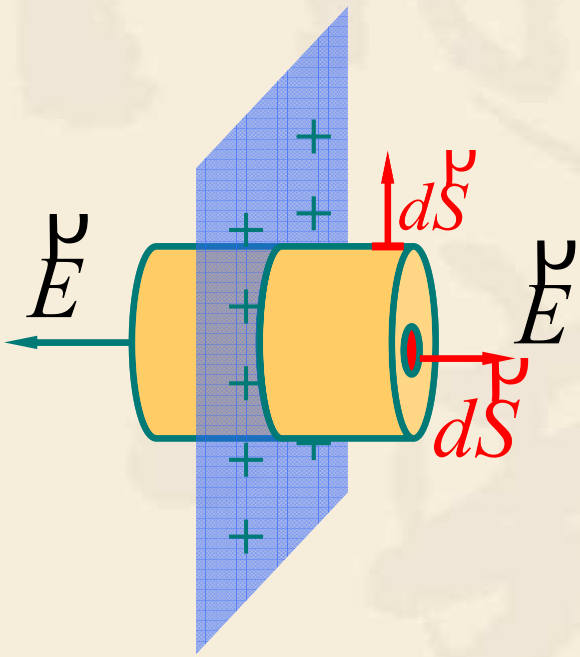


求：电荷面密度为σ 的无限大均匀带电平面的场强分布。

解：选择高斯面—— 与平面正交对称的柱面

底面 $\vec{E} \,//\, d\vec{S}$ 且 大小相等；

侧面 $\vec{E} \perp d\vec{S}$



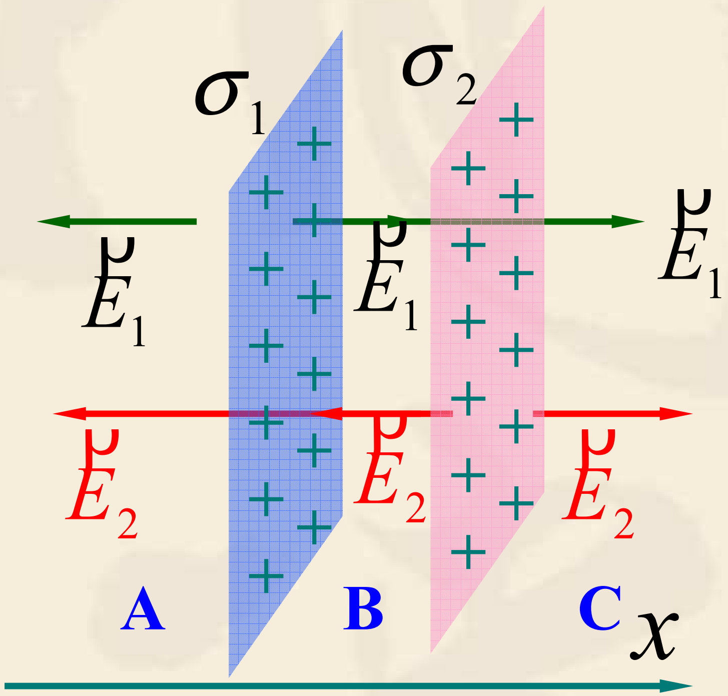
$$\Phi_e = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{\sigma \Delta S}{\varepsilon_0}$$

$$= 2\Delta S E$$

Q

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$$

求：电荷面密度分别为σ_1 、σ_2 两个平行放置的无限大均匀带电平面的场强分布。



解：

$$E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} \qquad E_2 = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$$

$$\vec{E}_A = -\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\varepsilon_0}\vec{i}$$

$$\vec{E}_B = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2\varepsilon_0}\vec{i}$$

$$\vec{E}_C = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\varepsilon_0}\vec{i}$$

当 $\sigma_1 = -\sigma_2 \Rightarrow E_A = E_C = 0$

$$E_B = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

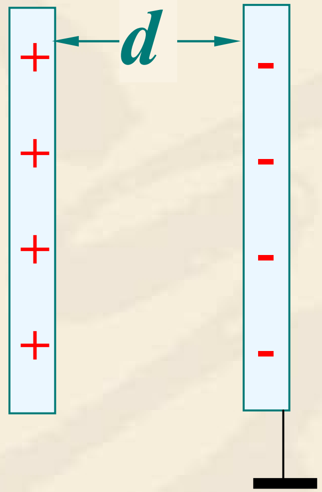
此即带电平板电容器间的场强

结论

一对等量异号电荷的无限大平面，他们的电场只集中在两个平板之间，在平板外侧无电场。

此即以后的平行板电容器模型。

无限大平行板电容器，两极相隔d=5cm，板上均匀带电，σ =3×10^{-6}c/cm^2，若将负极板接地，则正极板的电势为（　B　）



$(A)\ \dfrac{7.5}{\varepsilon_0}\times10^{-8}\,V$

$(B)\ \dfrac{15}{\varepsilon_0}\times10^{-8}\,V$ ✓

$(C)\ \dfrac{30}{\varepsilon_0}\times10^{-8}\,V$

$(D)\ \dfrac{7.5}{\varepsilon_0}\times10^{-6}\,V$

$$E_B=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$U=\int_p^{''0''}E\cdot dl$$

$$=\int_0^d Edl=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}d=\frac{3\times10^{-6}}{\varepsilon_0}\times5\times10^{-2}\,V$$

安培环路定律

磁场的基本物理量

磁感应强度

磁感应强度*B*：

表示磁场内某点磁场强弱和方向的物理量。

磁感应强度*B*的方向：

与电流的方向之间符合右手螺旋定则。

磁感应强度*B*的单位：特斯拉（T），**1T = 1Wb/m^2**

均匀磁场：各点磁感应强度大小相等，方向相同的磁场，也称匀强磁场。

磁导率

磁导率μ：表示磁场媒质磁性的物理量，衡量物质的导磁能力。

磁导率μ的单位：亨/米（H/m）

真空的磁导率为常数，用μ_0表示，有：

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{H/m}$$

相对磁导率μ_r：

任一种物质的磁导率μ和真空的磁导率μ_0的比值。

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{\mu H}{\mu_0 H} = \frac{B}{B_0}$$

磁通

磁通Φ：穿过垂直于B方向的面积S中的磁力线总数。

在均匀磁场中 $\Phi = B S$ 或 $B = \Phi / S$

说明：如果不是均匀磁场，则取B的平均值

磁感应强度B在数值上可以看成为与磁场方向垂直的单位面积所通过的磁通，故又称磁通密度。

磁通Φ的单位：韦[伯]（Wb） 1Wb =1V·s

磁场强度

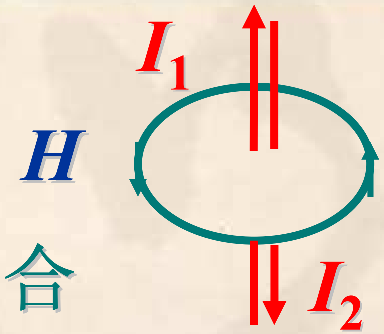
磁场强度H：介质中某点的磁感应强度 B 与介质磁导率μ之比。

$$H = \frac{B}{\mu}$$

磁场强度H的单位：安培/米（A/m）

安培环路定律（全电流定律）

$$\oint \boldsymbol{H}\,\mathrm{d}\boldsymbol{l} = \sum I$$



式中：$\oint H\,\mathrm{d}l$ 是磁场强度矢量沿任意闭合线(常取磁通作为闭合回线)的线积分；

ΣI 是穿过闭合回线所围面积的电流的代数和。

安培环路定律电流正负的规定：

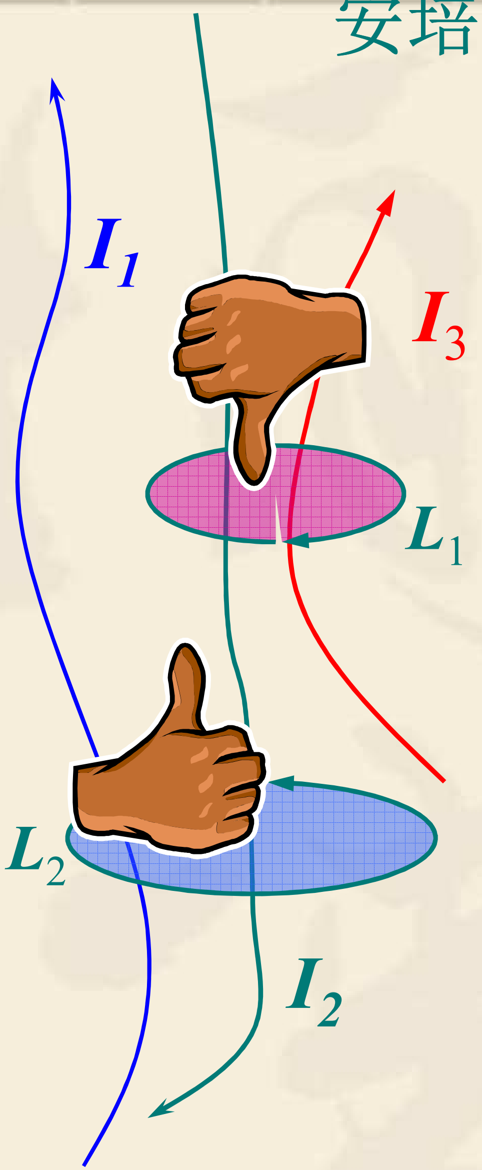
任意选定一个闭合回线的围绕方向，凡是电流方向与闭合回线围绕方向之间符合右螺旋定则的电流作为正、反之为负。

在均匀磁场中 $Hl = IN$ 或 $H = \dfrac{IN}{l}$

安培环路定律将电流与磁场强度联系起来。

安培环路定理

$$\boxed{\oint_L H\cdot \mathrm{d}l=\sum_i I_i}$$



磁场强度**H**的环流等于穿过以***L***为边界的任意曲面的电流的代数和。

HL **空间所有电流共同产生的**

$I_{内}\Lambda$ **与L套连的电流**

$\sum\limits_i I_{i内}\Lambda$ 代数和（与L绕行方向成右手螺旋的电流取正）

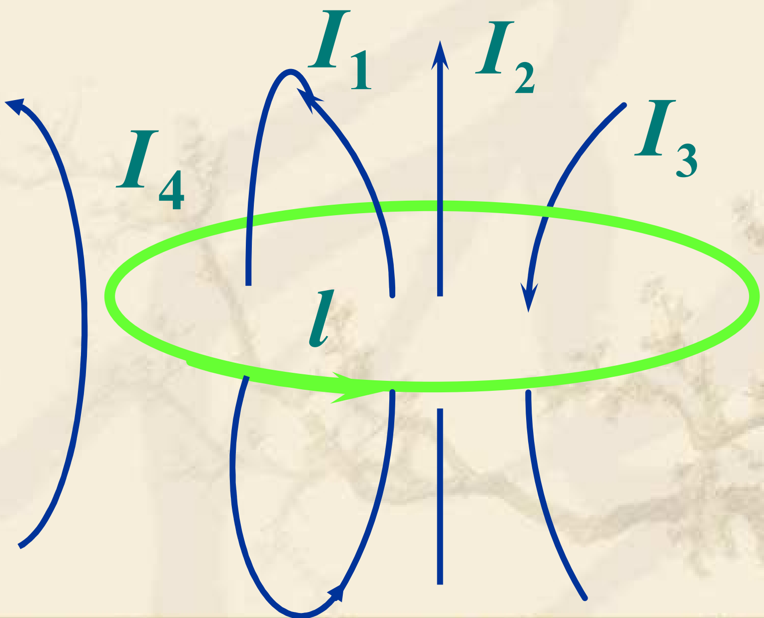
$$\oint_{L_1} H\cdot \mathrm{d}l=I_2-I_3$$

$$\oint_{L_2} H\cdot \mathrm{d}l=I_1-I_2$$

由环路内电流决定

$$\oint B dl = \int \mu_0 H dl = \mu_0 \sum I_i = \mu_0 (I_2 - I_3)$$

环路所包围的电流



安培环路定理的应用—求*H*的分布

思路： $$\oint_L H\cdot \mathrm{d}l=\sum_i I_i=I$$

1、右边是一个代数式，计算方便。

2、若左边能演变成 $\oint H\cdot dl=H\int dl\cos\theta$ 则**H**可以很 方便的求出。

难点：积分路径要选取合适

❖ 积分路径的选取原则

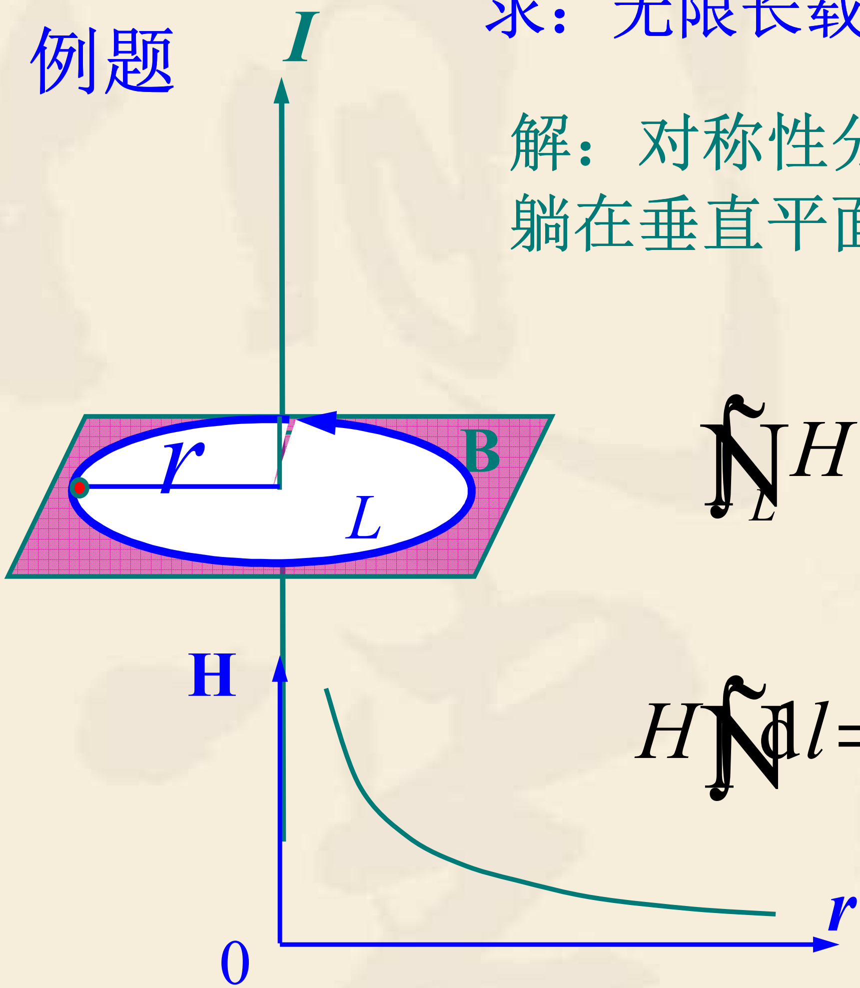
1、必须通过所求场点

2、积分路径**L**上 H 或处处大小相等，方向平行于线元 $\mathrm{d}\vec{l}$ ，或部分H 的方向垂直于线元，或部分路径上H =**0**

3、环路形状尽可能简单

用来求解具有轴对称分布的磁场

例题

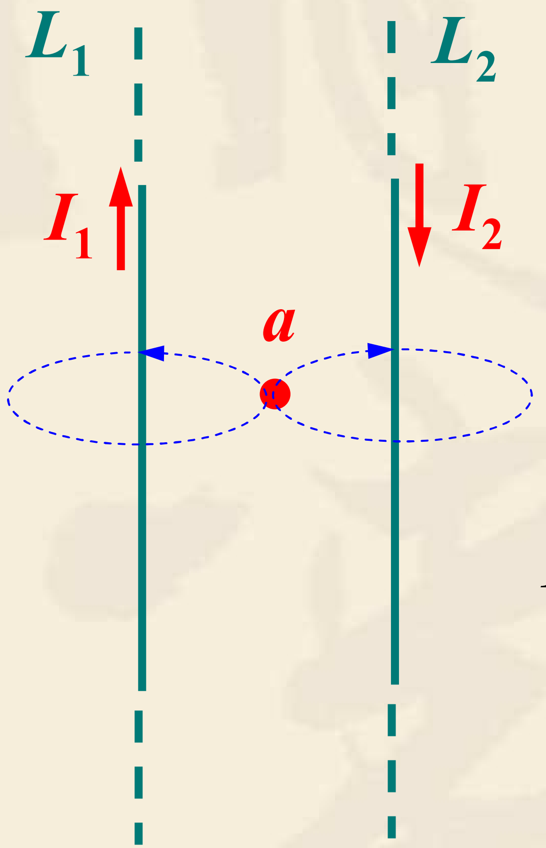


求：无限长载流直导线产生的磁场

解：对称性分析——磁感应线是躺在垂直平面上的同心圆，选环路

$$\left.\begin{aligned}&\oint_L H\cdot \mathrm{d}l = I\\[2em] &H\oint \mathrm{d}l = H\cdot 2\pi r\end{aligned}\right\}\quad \boxed{H = \frac{I}{2\pi r}}$$

真空中有两根互相平行的无限长直导线L_1和L_2，相距0.1m，通有方向相反电流，I_1=20A，I_2=10A，*a*点位于L_1和L_2，之间的中点，且与两导线在同一平面内，*a*点的磁感应强度为（ ），

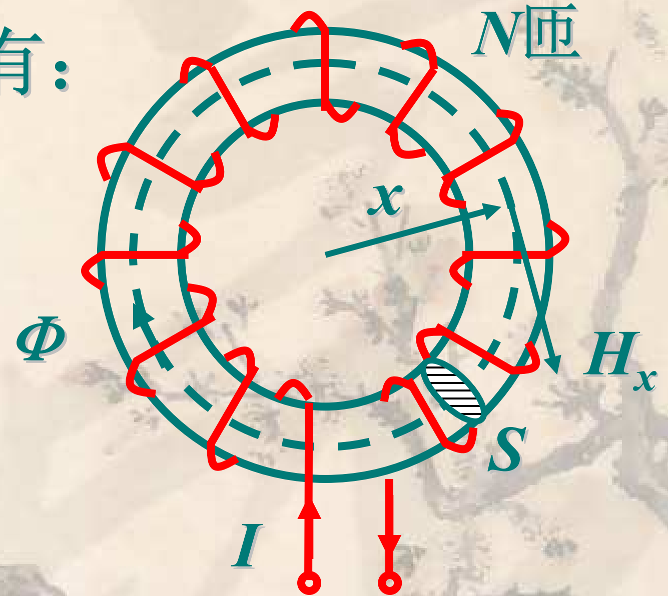


$$B = \mu_0 H = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$$

$$B = \mu_0 \frac{I_1 + I_2}{2\pi r} = \mu_0 \frac{30}{2\pi \times \frac{0.1}{2}} = \mu_0 \frac{300}{\pi}$$

例：环形线圈如图，其中媒质是均匀的，试计算线 圈内部各点的磁场强度。

解：取磁通作为闭合回线，以 其方向作为回线的围绕方向，则有：



$$\oint H\,\mathrm{d}l = \sum I$$

$$\oint H\,\mathrm{d}l = H_x l_x = H_x \times 2\pi x$$

$$\sum I = NI$$

$$H_x \times 2\pi x = NI$$

$$H_x = \frac{NI}{2\pi x} = \frac{NI}{l_x}$$

无限长载流圆柱导体的磁场分布

已知：***I***、***R***

电流沿轴向，在截面上均匀分布

<u>分析对称性</u>

电流分布——轴对称

磁场分布——轴对称

作积分环路并计算环流

如图 $r > R$

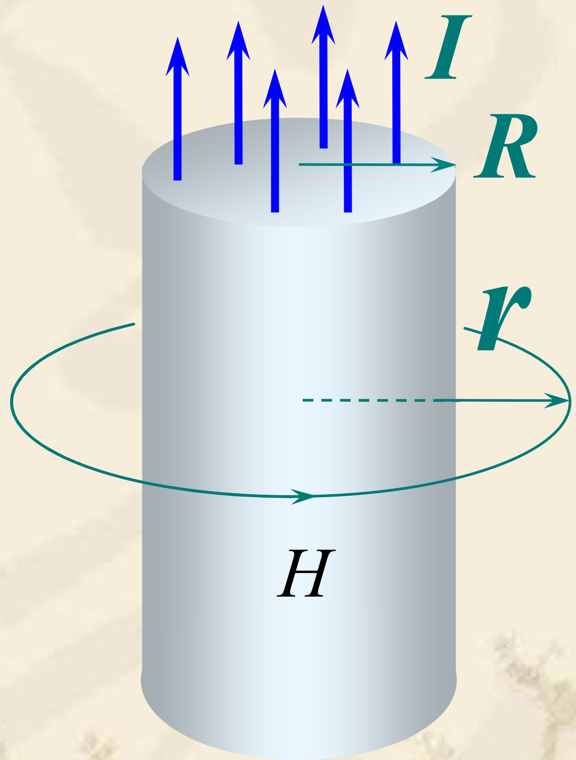
$$\oint H dl = 2\pi r H$$

利用安培环路定理求 $\vec{B}$

$$\oint H \bullet dl = I$$

$$2\pi r H = I$$

$$\boxed{H = \frac{I}{2\pi r}}$$



作积分环路并计算环流

如图 $r < R$

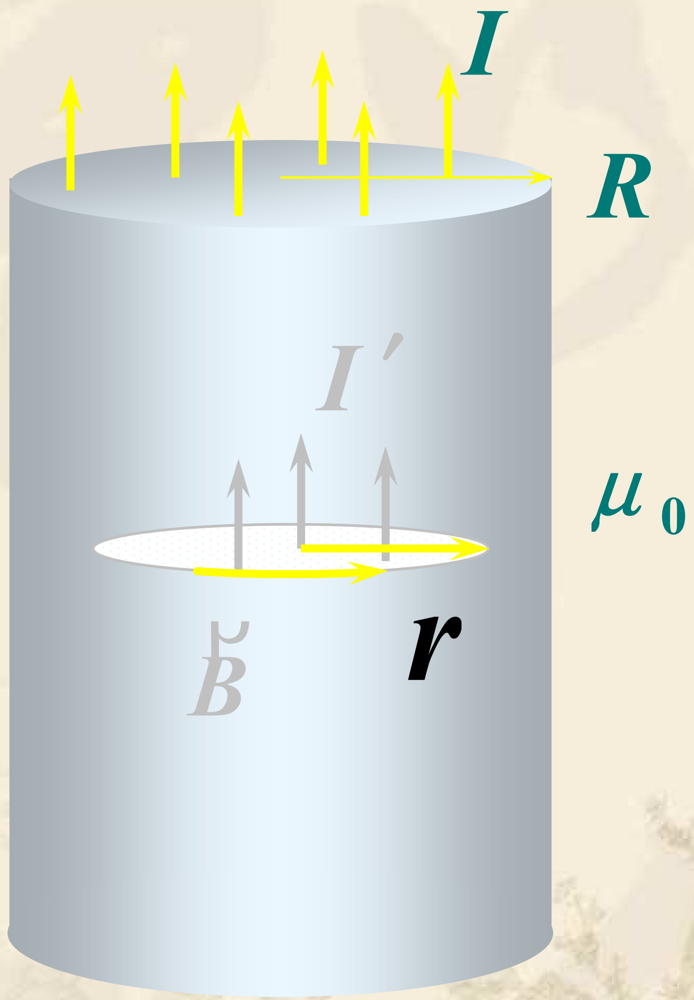
$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{l} = \oint Bdl = 2\pi rB$$

利用安培环路定理求$\vec{B}$

$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{l} = \mu_0 I'$$

$$= \mu_0 \frac{I}{\pi R^2} \pi r^2$$

$$B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$$



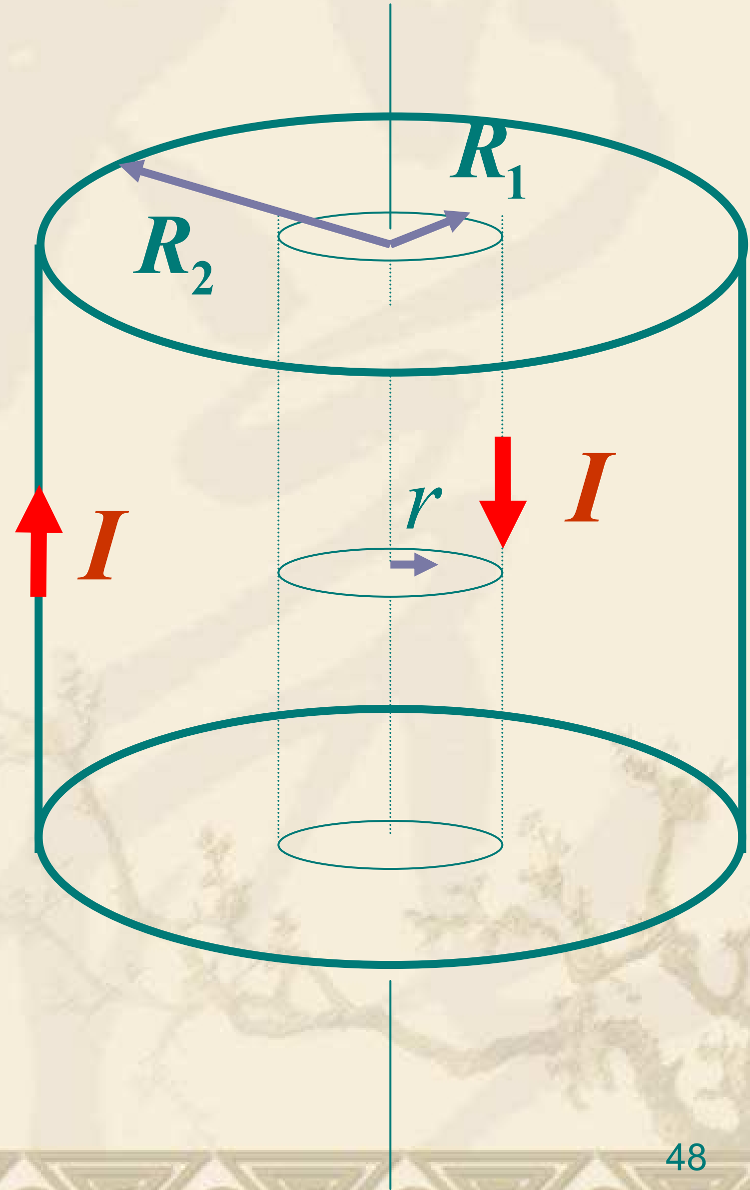
同轴的两筒状导线通有等值反向的电流I，

求 $\vec{B}$ 的分布。

(1) $r > R_2,\ B = 0$

(2) $R_1 < r < R_2,\ B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

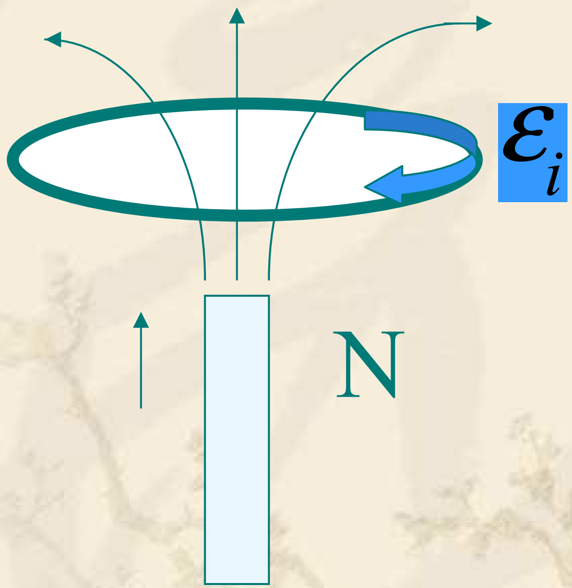
(3) $r < R_1,\ B = 0$

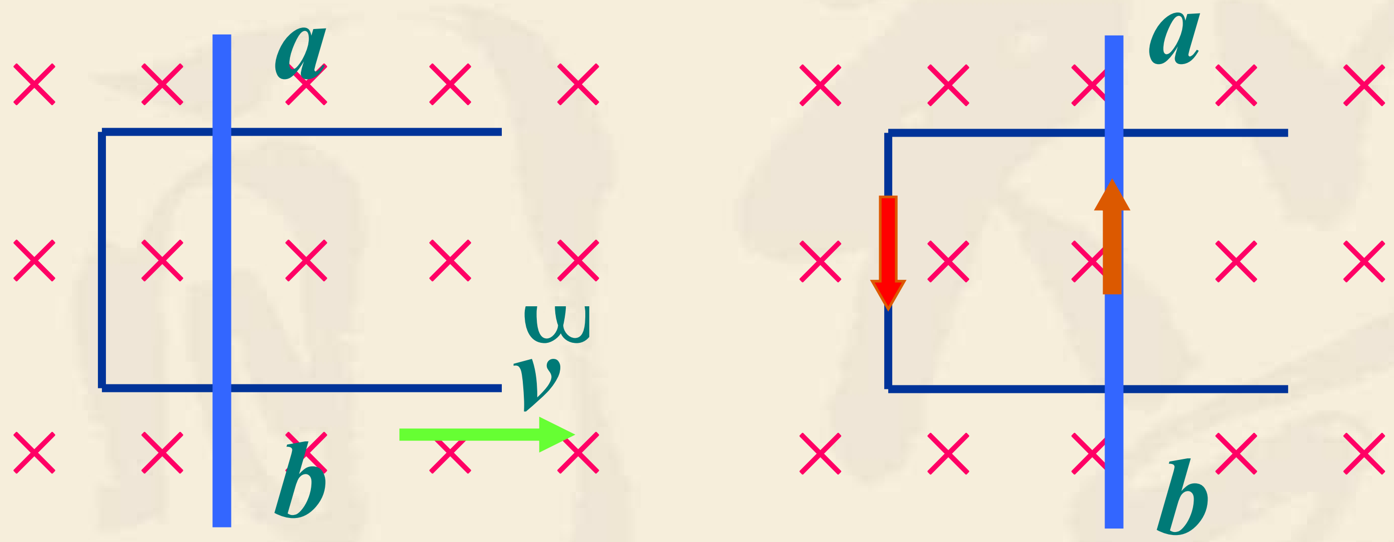


电磁感应现象：

通过一个闭合回路的磁通量发生变化时， 回路中就有感应电流产生——该现象称为*电磁感应现象*。

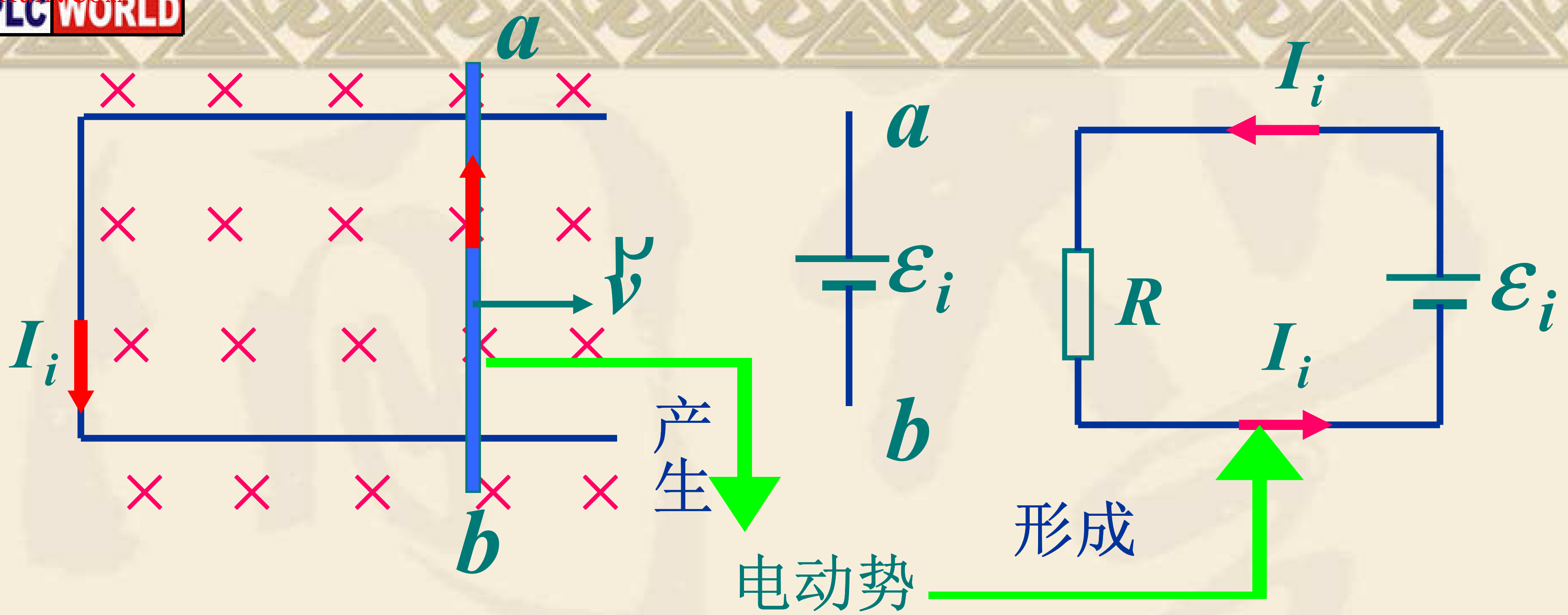
产生的电流称为*感应电流*，相应的电动势为*感应电动势*。





闭合电路的一部分导体做切割磁感线的运动时，电路中就有电流产生，方向由右手定则确定。

$$e = Blv$$



当通过回路的磁通量变化时，回路中就会产生感应电动势。

$$\Phi = \int_S B dS$$

1.导线或线圈在磁场中运动

2.线圈内磁场变化

应用：用Faraday电磁感应定律求解感应电动势

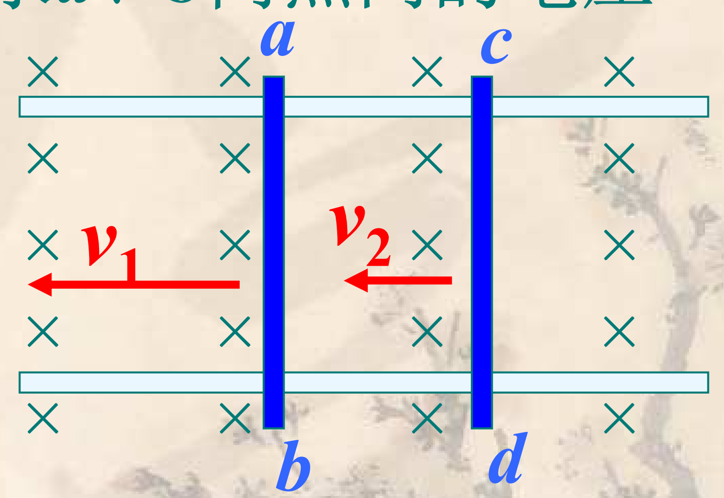
- 步骤
  - 任意选定回路L的正方向
  - 用右手螺旋法则确定以此回路为边界的曲面的正向
  - 计算任意时刻通过闭合回路L的磁通量 ϕ_m

由 $\varepsilon_i = -N\dfrac{d\Phi}{dt}$ 计算

$\varepsilon_i > 0$，说明ε_i与回路假设的绕行方向相同

$\varepsilon_i > 0$，说明ε_i与回路假设的绕行方向相反

8－3 金属导轨上放置ab和cd两根金属棒，各长1*m*，电阻*r*均为4Ω，均匀磁场*B*=2*T*，当*ab*以v_1=4*m/s*，cd以v_2=2*m/s*的速度向左运动时，求*a*、*b*两点间的电压U_{ab}。



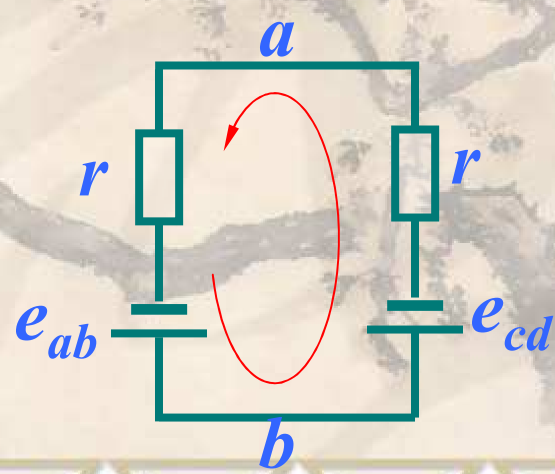
解：

$$e_{ab} = Blv_1 = 2\times1\times4 = 8V$$

$$e_{cd} = Blv_2 = 2\times1\times2 = 4V$$

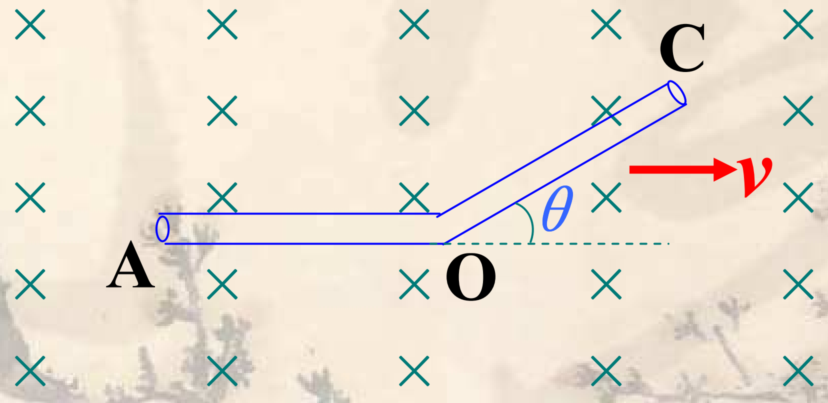
$$U_{ab} = \frac{e_{ab}-e_{cd}}{2r}\times r - e_{ab}$$

$$= \frac{8-4}{2\times4}\times4-8 = -6V$$



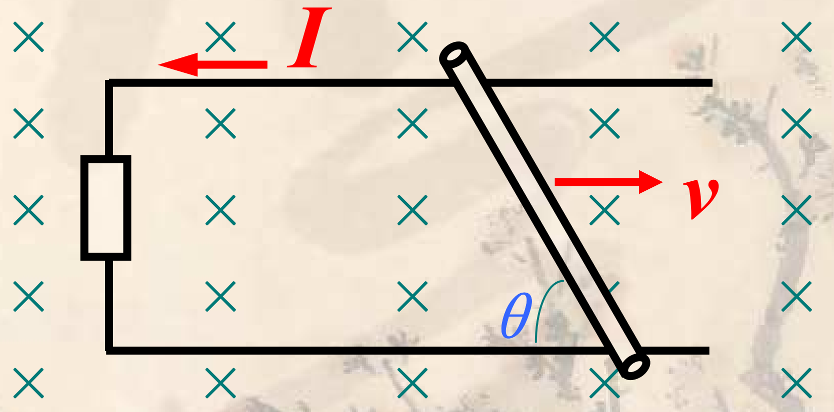
金属杆AOC以恒定速度v在均匀磁场B中运动，已知$AO=OC=l$，杆中产生的感生电动势为（　）

解:



$$e = vBl\sin\theta$$

如图所示导体回路处在均匀磁场中，$B=0.5T$，$R=2\Omega$，ab边长$l=0.5m$，$\theta=60°$，ab边以恒定速度$v=4m/s$运动，通过R的感应电流（　　　　）



解：

$$E = vBl\sin\theta$$

$$= 4\times0.5\times0.5\times0.86 = 0.86V$$

$$I = e/R = 0.43A$$

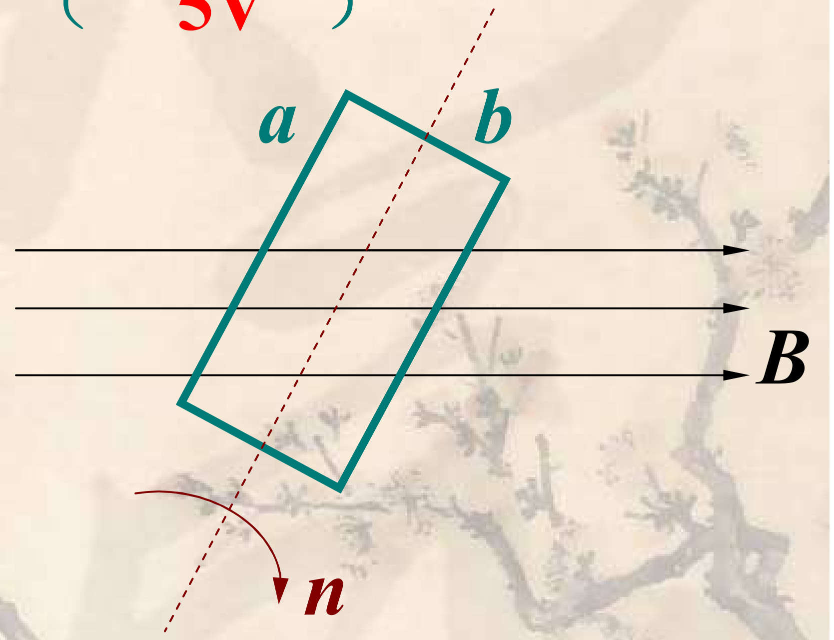
N匝矩形线圈在匀强磁场B中匀速转动，转轴与B垂直，已知：N=10匝,a=8cm，b=5cm，转速n=20r/s，B=1T，线圈内产生的最大感应电动势最接近于（ 5V ）

（A）5V

（B）1V

（C）50V

（D）24V



解：线速度

$$v=\omega\frac{b}{2}=2\pi n\frac{b}{2}$$

$$=2\times\pi\times20\times\frac{5\times10^{-2}}{2}=\pi m/s$$

$$e=2NvBa$$

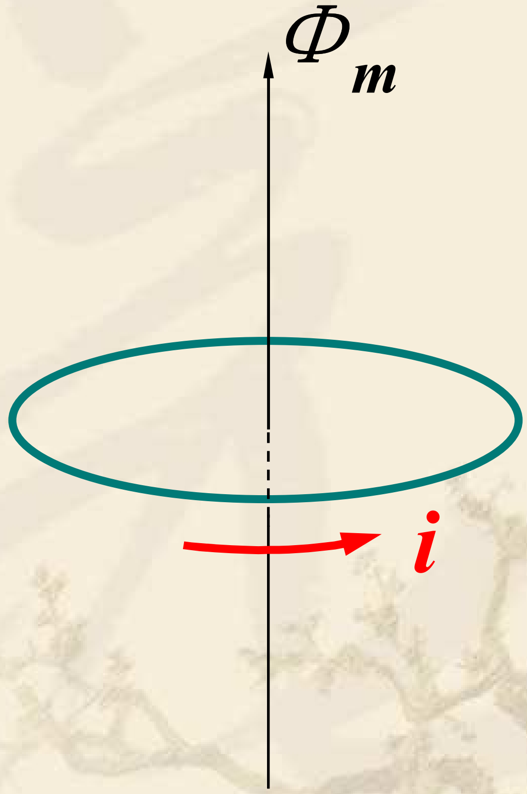
$$=2\times10\times\pi\times1\times8\times10^{-2}\approx5V$$

如图所示匀强磁场中，磁感应强度方向向上，大小为 $5T$，圆环半径为 $0.5m$，电阻 5Ω，现磁感应强度以 $1T/s$ 速度减小，问圆环内电流的大小及方向（　　　　）

$$\Phi_m = BS = \pi r^2 B$$

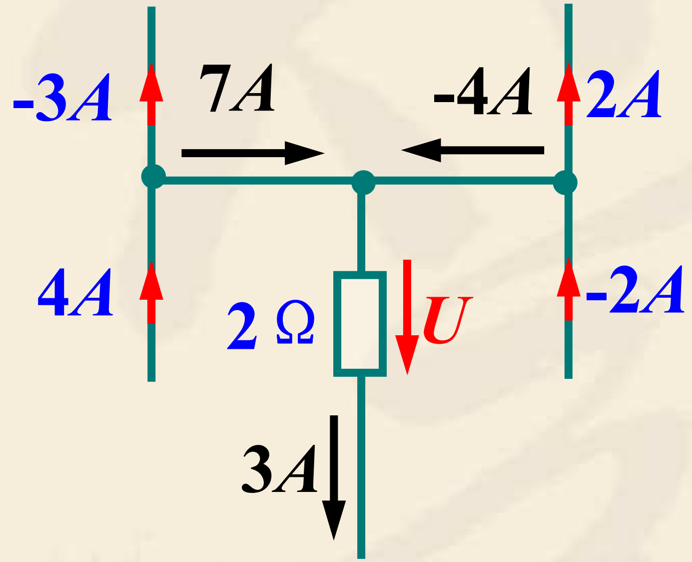
$$|e| = \frac{d\Phi_m}{dt} = \frac{dB}{dt}\pi r^2 = \frac{\pi}{4}$$

$$i = \frac{e}{R} = \frac{\pi}{20}$$



直流电路

图中电压U= 2×3=6V



基尔霍夫电流定理

对任一节点：

$$\sum I_i = 0$$

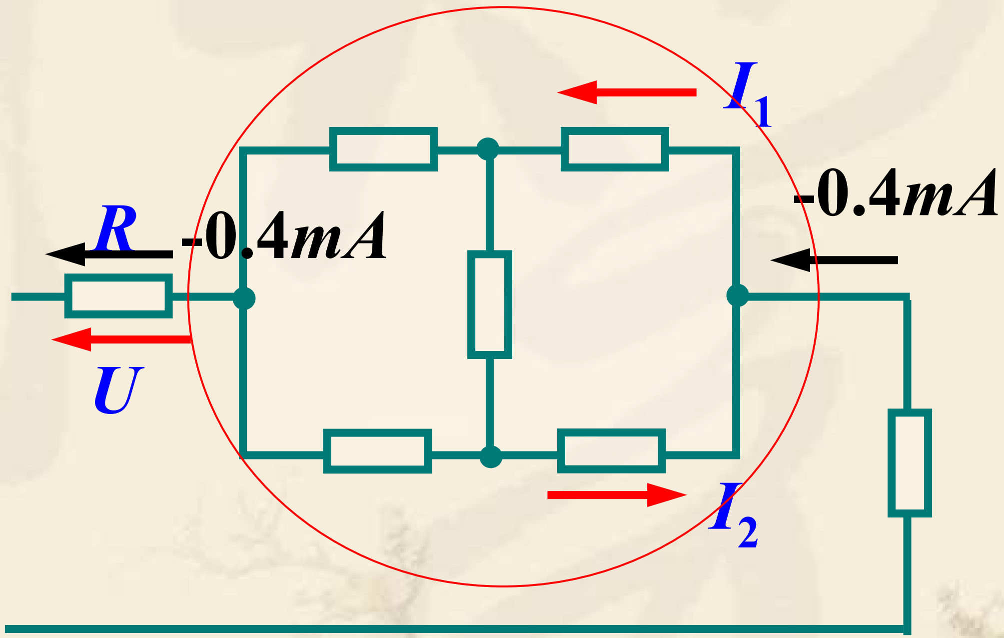
电路如图，已知I_1=0.8mA， I_2=1.2mA ，R=50kΩ， 电压U=(　A　)

(A) -20V

(B) +20V

(C) +50V

(D) -50V

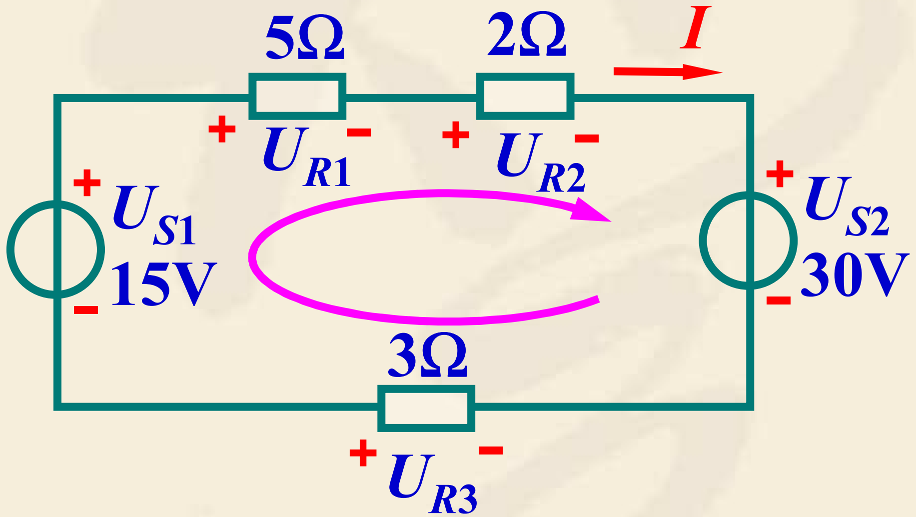


列写回路电压方程，并求I。

基尔霍夫电压定理

$$\sum IR = \sum E$$

$$\sum U_i = 0$$



A） $IR_1+IR_2+IR_3=U_{S1}+U_{S2}$　I=4.5A

B） $IR_1+IR_2+IR_3=U_{S1}-U_{S2}$　I=-4.5A

C） $IR_1+IR_2-IR_3=U_{S1}+U_{S2}$　I=1.5A

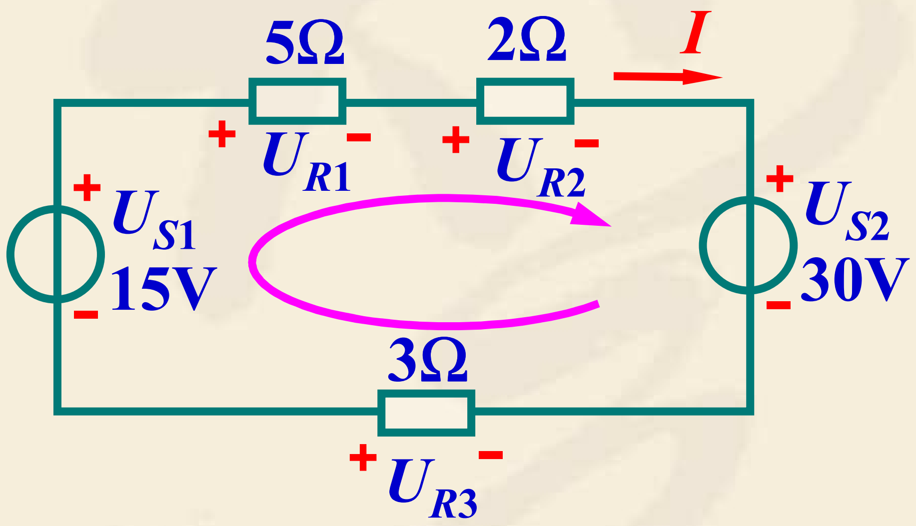
D） $IR_1+IR_2+IR_3=U_{S1}-U_{S2}$　I=-1.5A ✓

列写回路电压方程，并求I。

基尔霍夫电压定理

$$\sum U_i = 0$$

$$\sum IR = \sum E$$



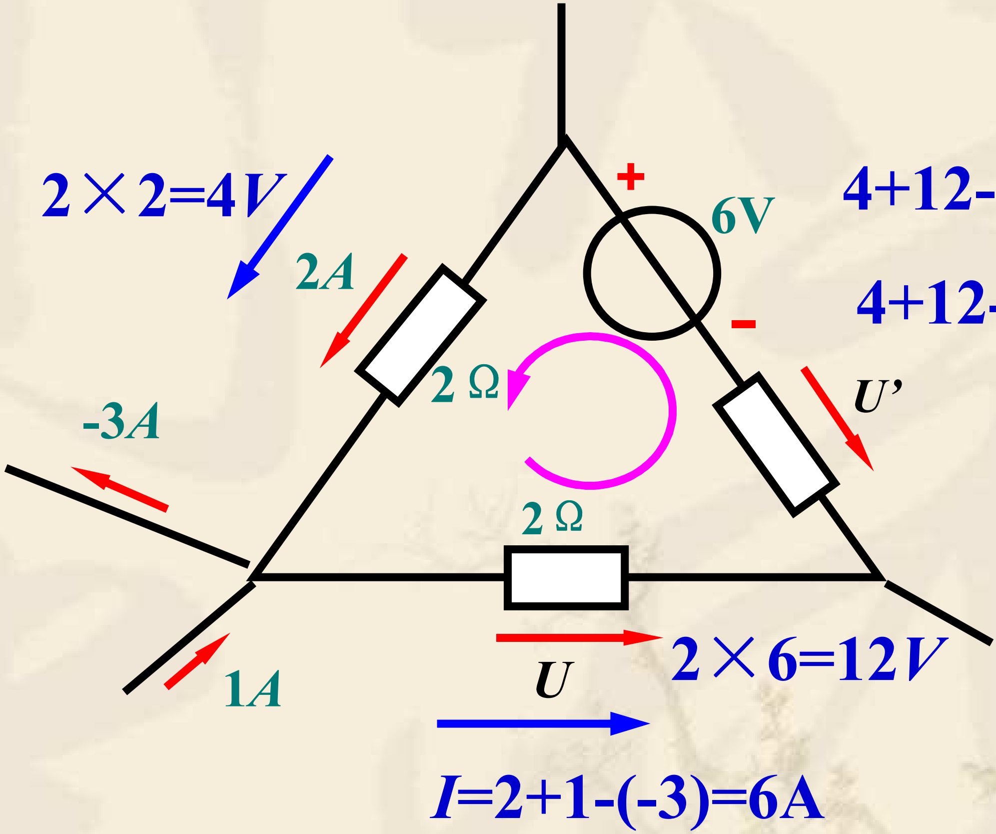
A）$U_{R1}+U_{R2}-U_{S2}+U_{R3}-U_{S1}=0$ $I=4.5A$ ✗

B）$U_{R1}+U_{R2}+U_{S2}+U_{R3}-U_{S1}=0$ $I=-4.5A$ ✗

C）$U_{R1}+U_{R2}-U_{S2}-U_{R3}-U_{S1}=0$ $I=1.5A$ ✗

D）$U_{R1}+U_{R2}+U_{S2}+U_{R3}-U_{S1}=0$ $I=-1.5A$ ✓

图示电路中，电压U＝12V，电压U'＝ 10V。



4+12-U'-6=0

4+12-6=U'

基尔霍夫电压定理

$$\sum U_i = 0$$

$$\sum IR = \sum E$$

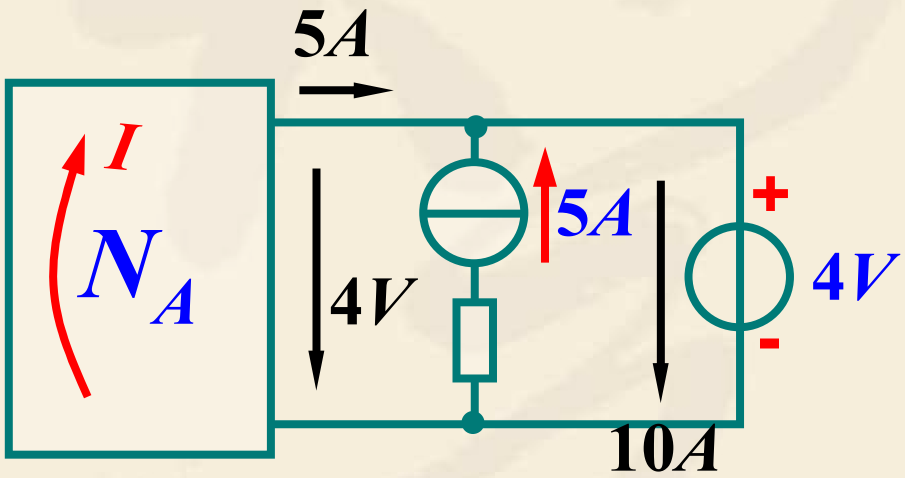
二端网络N_A向外电路输出功率20W，4V恒压源的功率是（　A　）

(A) 吸收40W

(B) 吸收20W

(C) 产生40W

(D) 产生20W



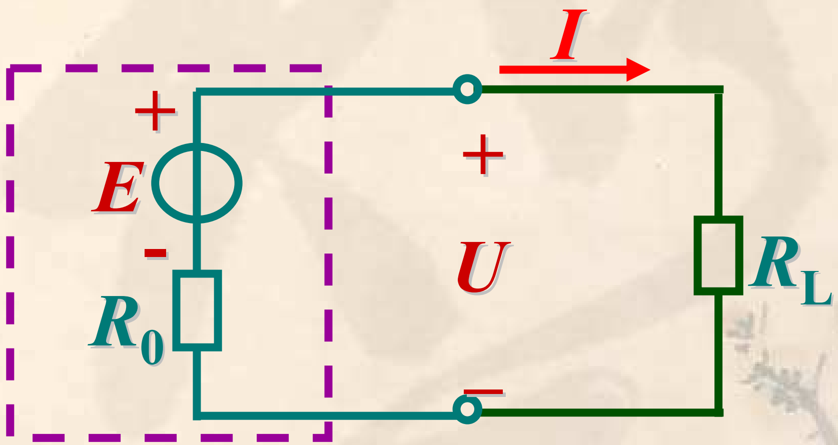
电路中任意元件消耗的功率：$\begin{cases} P=UI\ (U、I\text{方向相同}) \\ P=-UI\ (U、I\text{方向相反}) \end{cases}$

如$P>0$，元件消耗功率，如$P<0$，元件提供能量

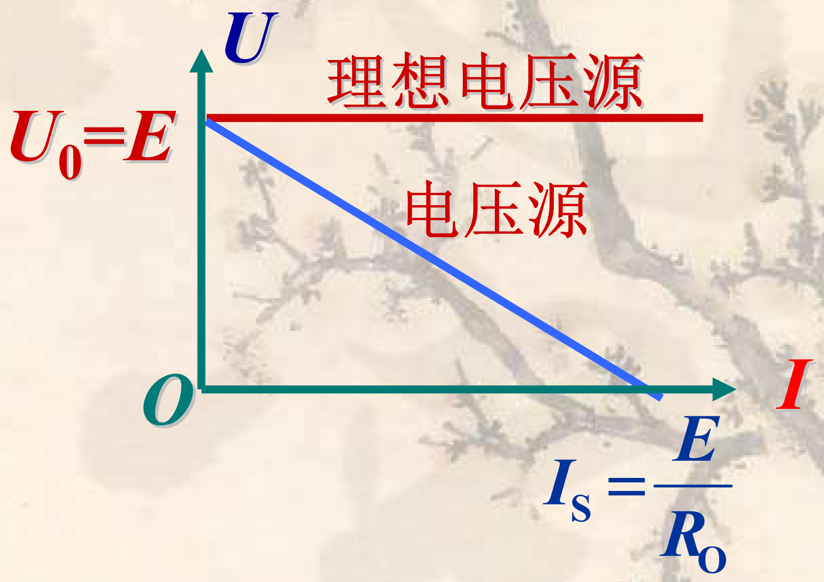
电压源与电流源

电压源

电压源是由电动势 E 和内阻 R_0 串联的电源的电路模型。



电压源模型



电压源的外特性

由上图电路可得:

$$U = E - IR_0$$

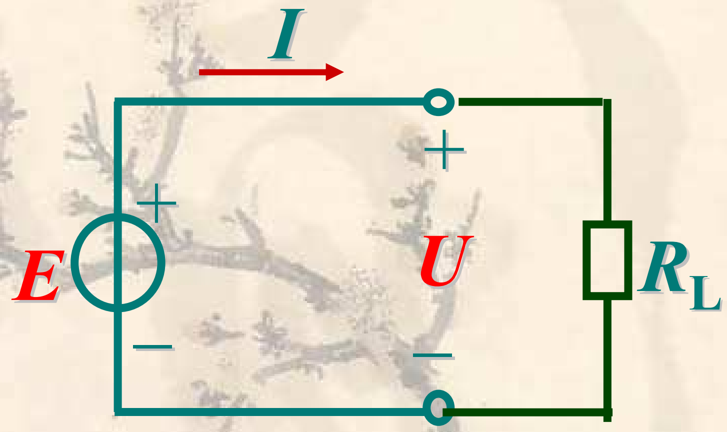
若 $R_0 = 0$

理想电压源：$U \equiv E$

若 $R_0 << R_L$，$U \approx E$，

可近似认为是理想电压源。

理想电压源（恒压源）



外特性曲线

特点：(1) 内阻$R_0 = 0$

(2) 输出电压是一定值，恒等于电动势。
对直流电压，有 $U \equiv E$。

(3) 恒压源中的电流由外电路决定。

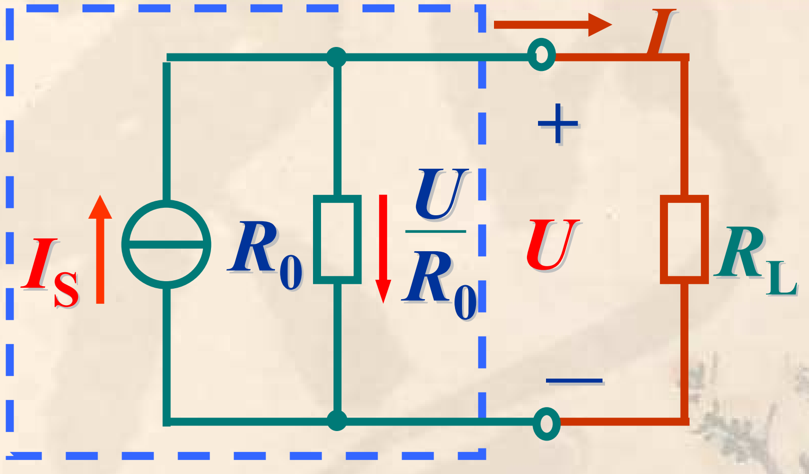
例1：设 $E = 10$ V，接上R_L后，恒压源对外输出电流。

当 $R_L = 1\ \Omega$ 时， $U = 10$ V，$I = 10$A
当 $R_L = 10\ \Omega$ 时， $U = 10$ V，$I = 1$A

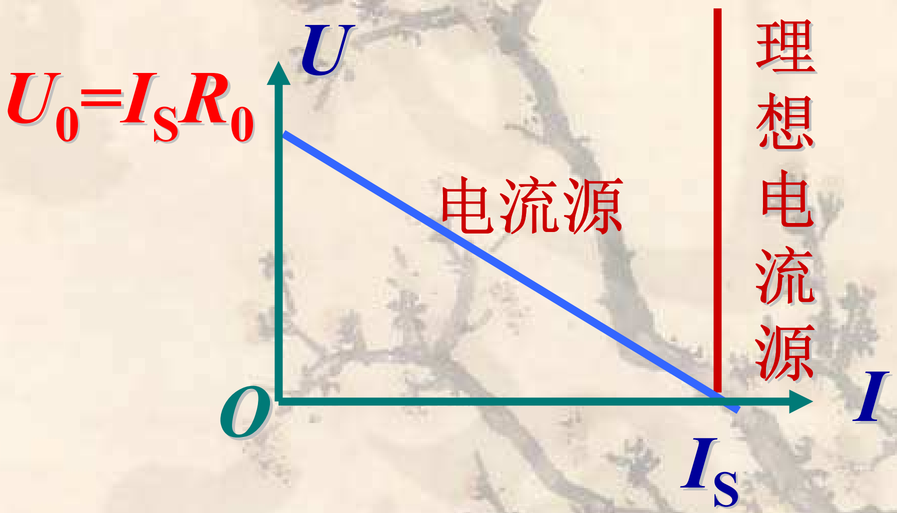
电压恒定，电流随负载变化

电流源

电流源是由电流 I_S 和内阻 R_0 并联的电源的电路模型。



电流源模型



电流源的外特性

由上图电路可得:

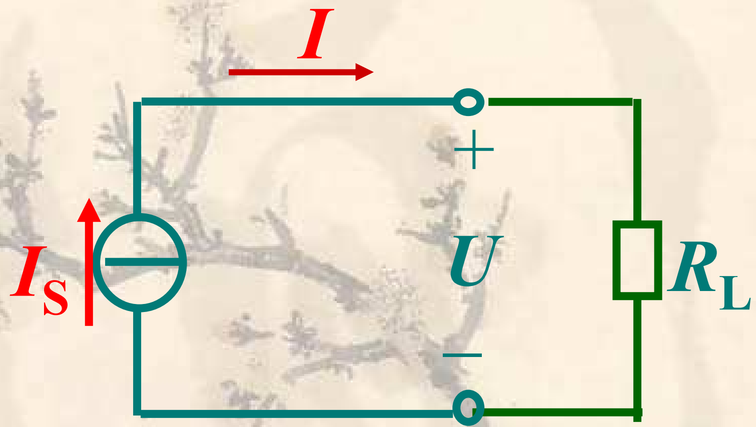
$$I = I_S - \frac{U}{R_0}$$

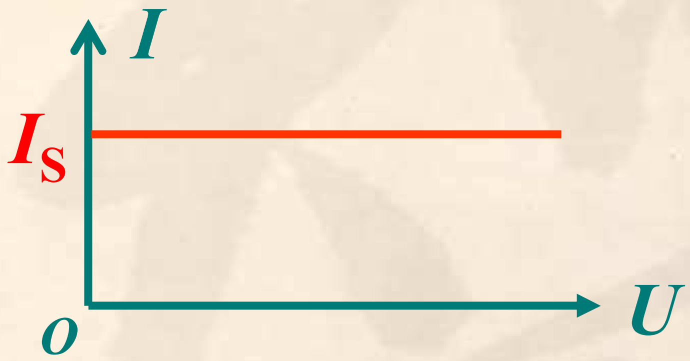
若 $R_0 = \infty$

理想电流源：$I \equiv I_S$

若 $R_0 >> R_L$，$I \approx I_S$，可近似认为是理想电流源。

理想电流源（恒流源）





外特性曲线

特点：(1) 内阻 $R_0 = \infty$；

(2) 输出电流是一定值，恒等于电流 I_S；

(3) 恒流源两端的电压 U 由外电路决定。

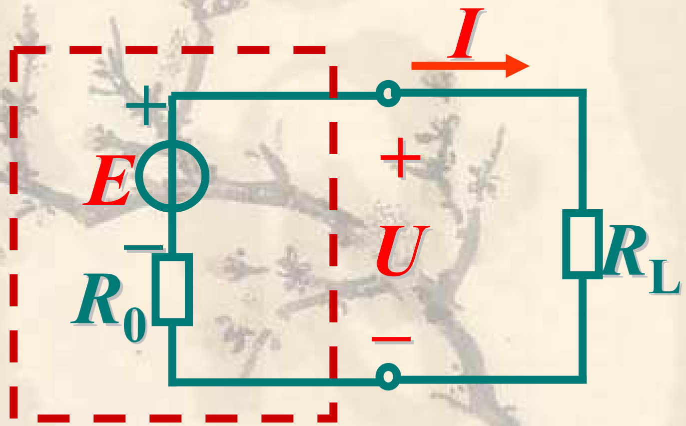
例2：设 $I_S = 10$ A，接上 R_L 后，恒流源对外输出电流。

当 $R_L = 1\ \Omega$ 时，$I = 10$A，$U = 10$ V

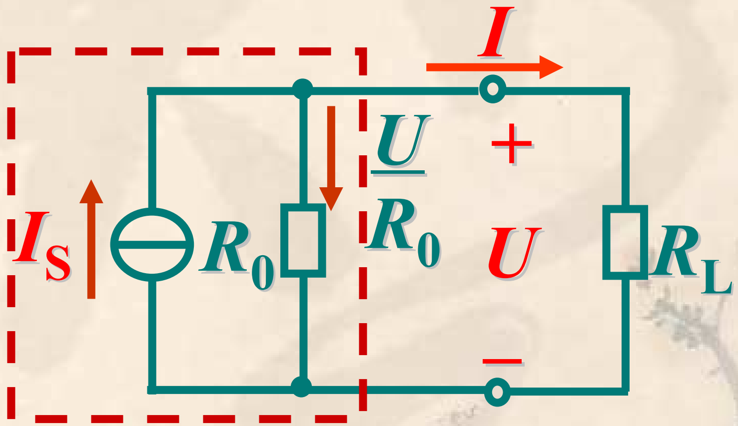
当 $R_L = 10\ \Omega$ 时，$I = 10$A，$U = 100$V

电流恒定，电压随负载变化。

电压源与电流源的等效变换



电压源



电流源

$$U = E - IR_0$$

$$I = I_S - U/R_0$$

等效变换条件: $\begin{cases} E = I_S R_0 \\ I_S = \dfrac{E}{R_0} \end{cases}$

电流源内阻与电动势串联

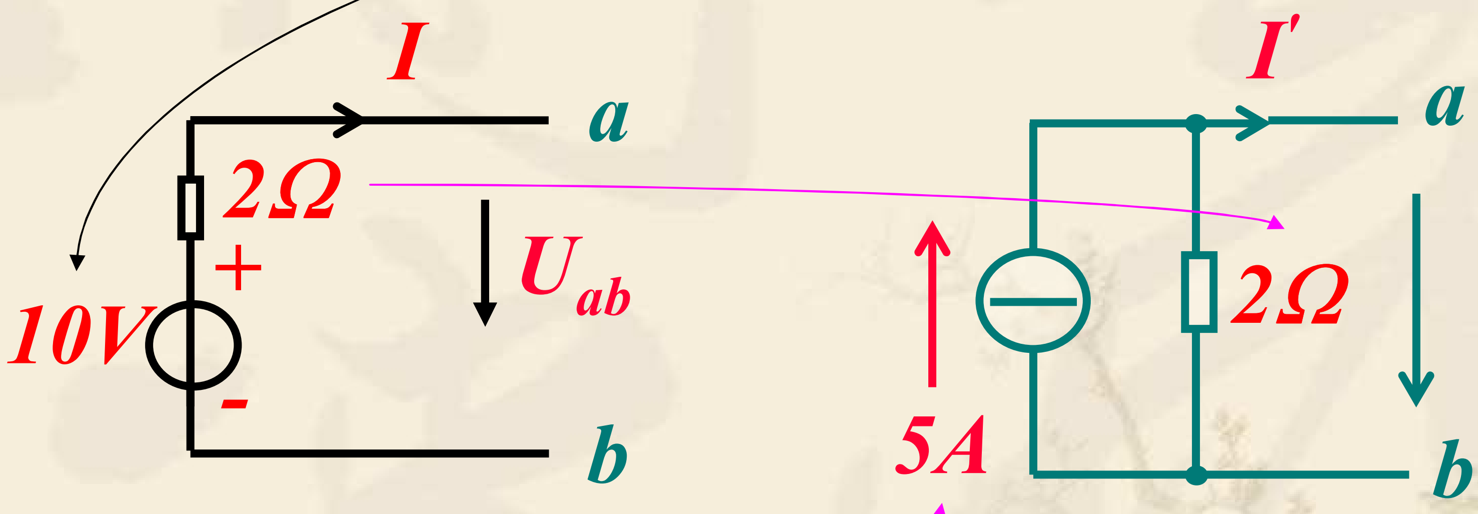
电压源内阻与电激流并联

例：电压源与电流源的等效互换举例

$$E = I_S R_S'$$

$$I_S = U / R_S$$

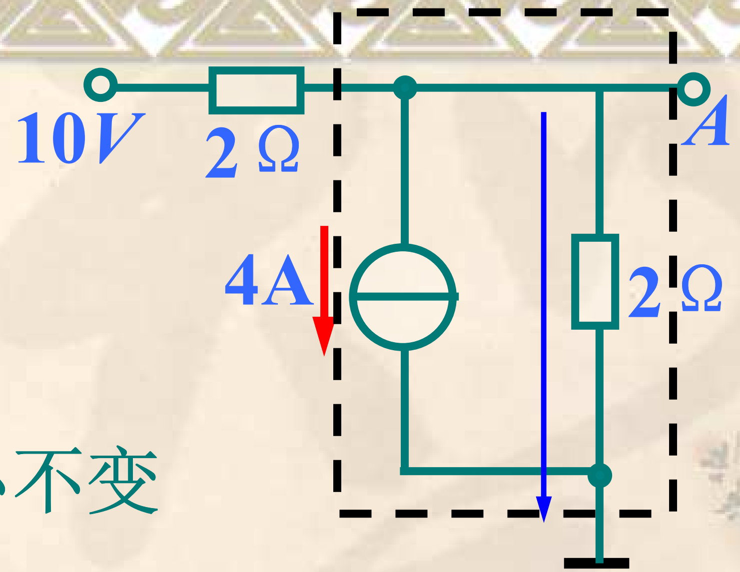
$$5A \times 2\Omega = 10V$$



$$10V / 2\Omega = 5A$$

8－6 求A点电位

解： 电位即为对地电压

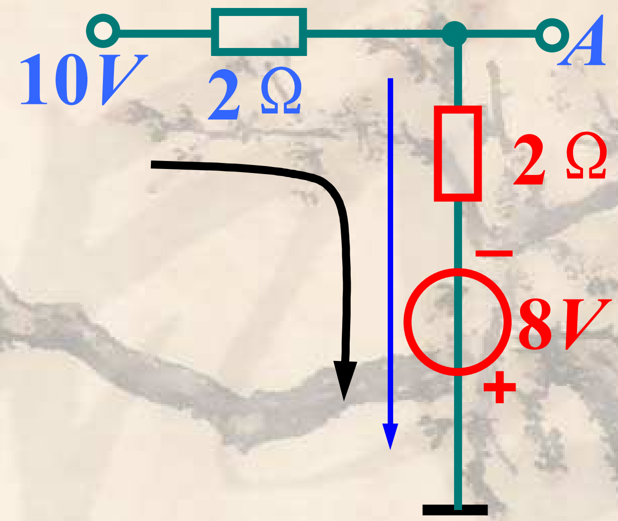


电源等效变换

内阻并联改串连，大小不变

$U_S = I_S \times R_S$

注意电源变换的方向!



$$I = \frac{10-(-8)}{2+2} = 4.5A$$

$$V_A = 2 \times I + (-8) = 1V$$

或 $V_A = 10 - 2 \times I = 1V$

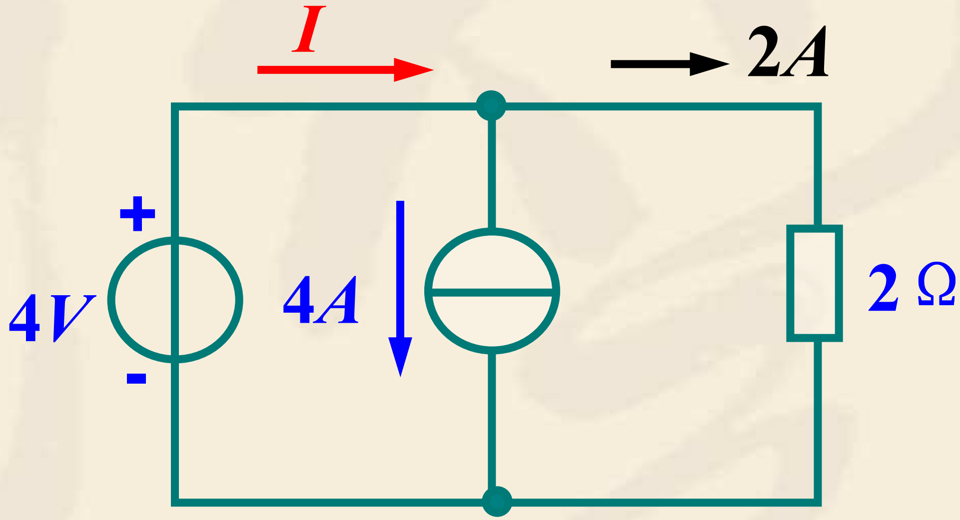
电路如图，支路电流I=(　D　)

（A）-2A

（B）0A

（C）4A

（D）6A



理想电压源：电压恒定，电流任意（外电路决定）

理想电流源：电流恒定，电压任意（外电路决定）

理想电压源与理想电流源并联＝理想电压源

理想电压源与理想电流源串联＝理想电流源

电路如图，支路电流I=6A

功率讨论：

理想电压源：

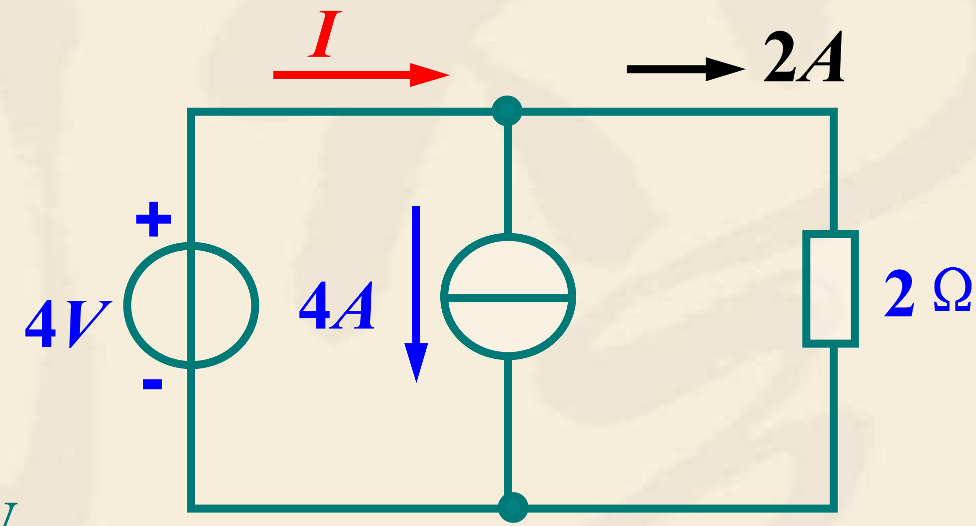
$$P_U = -IU_S = -24\text{W}$$

理想电流源：

$$P_I = +I_S U_S = +16\text{W}$$

电阻：

$$P_R = +I_R U_S = +8\text{W}$$



电路如图，支路电流I=-2A

功率讨论：

理想电压源：

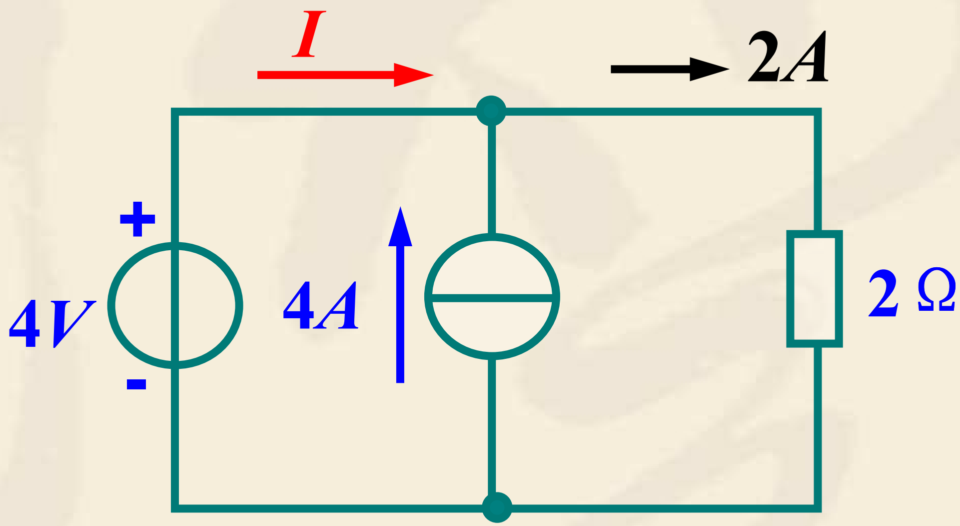
$$P_U=-IU_S=+8W$$

理想电流源：

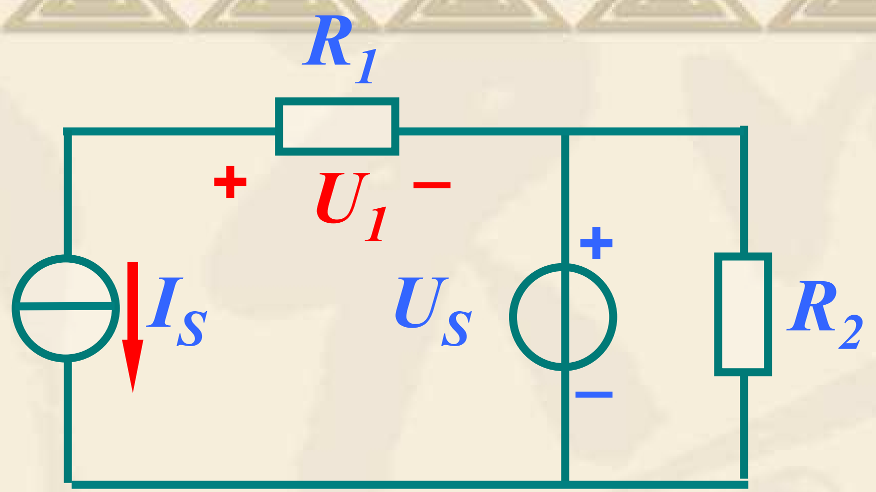
$$P_I=-I_SU_S=-16W$$

电阻：

$$P_R=+I_RU_S=+8W$$



2 图示直流电路中：



(A) I_S和R_1形成一个电流源模型， U_S和R_2形成一个电压源模型

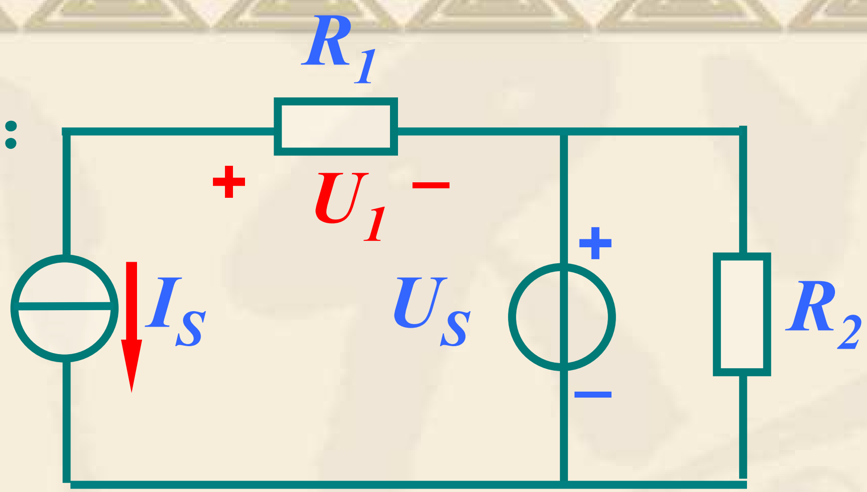
(B) 理想电流源I_S的端电压为0

(C) 理想电流源I_S的端电压由U_S和U_1共同决定

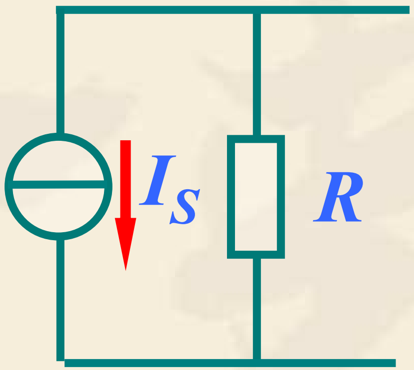
(D) 流过理想电压源的电流与I_S无关

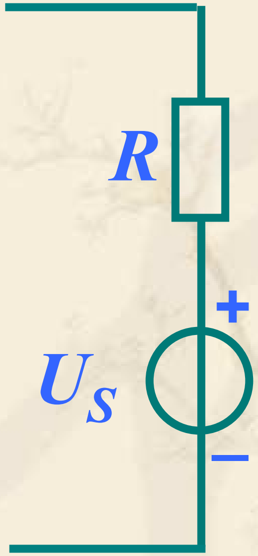
06考题

2 图示直流电路中：

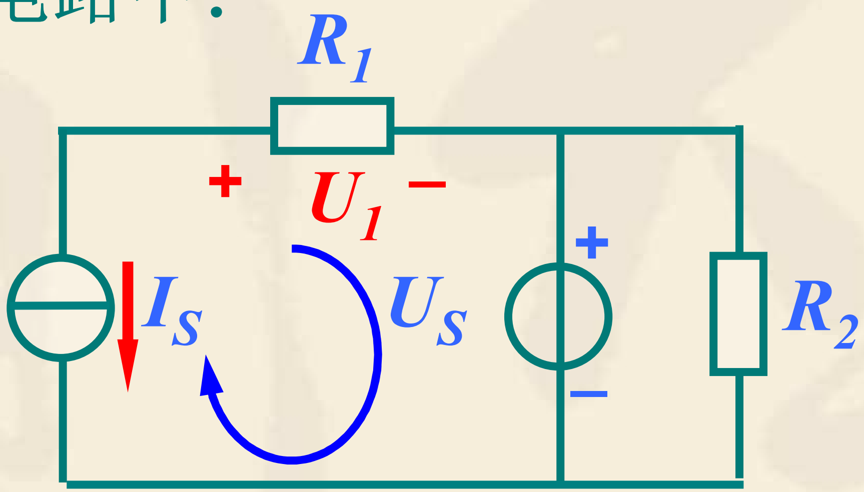


(A) I_S和R_1形成一个电流源模型， U_S和R_2形成一个电压源模型





2 图示直流电路中：



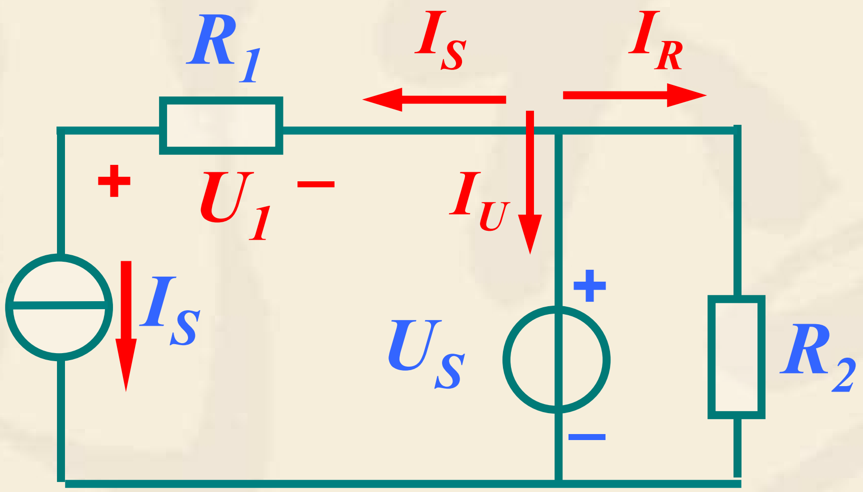
(C) 理想电流源I_S的端电压由U_S和U_1共同决定

理想电流源I_S的端电压任意，由外电路

$$U_{IS} = U_1 + U_S$$

$$U_1 = -I_S R_1$$

2 图示直流电路中：



(D) 流过理想电压源的电流与I_S无关

I_R与I_S无关， $I_U+I_S+I_R=0$

2 图示电路，U=12V， U_E=12V， R=0.4kΩ， 则电流I等于

(A) 0.055A

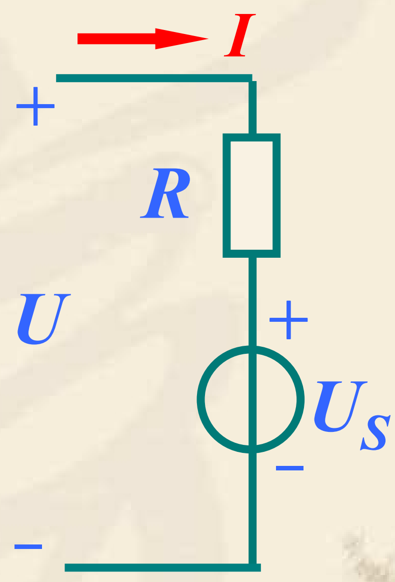
(B) 0.03A

(C) 0.025A

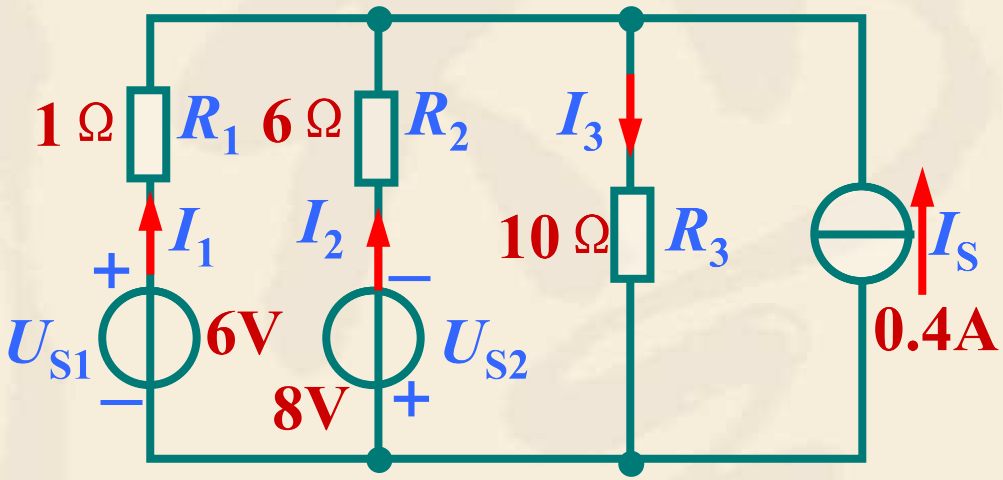
(D) 0.005A

$$U=IR+U_S$$

$$I=\frac{U-U_S}{R}=\frac{12-10}{400}=0.005A$$



用节点电压法求图示电路各支路电流。



解：

$$U=\frac{\dfrac{U_{S1}}{R_1}-\dfrac{U_{S2}}{R_2}+I_S}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_3}}$$

$$=\frac{\dfrac{6}{1}-\dfrac{8}{6}+0.4}{\dfrac{1}{1}+\dfrac{1}{6}+\dfrac{1}{10}}=4V$$

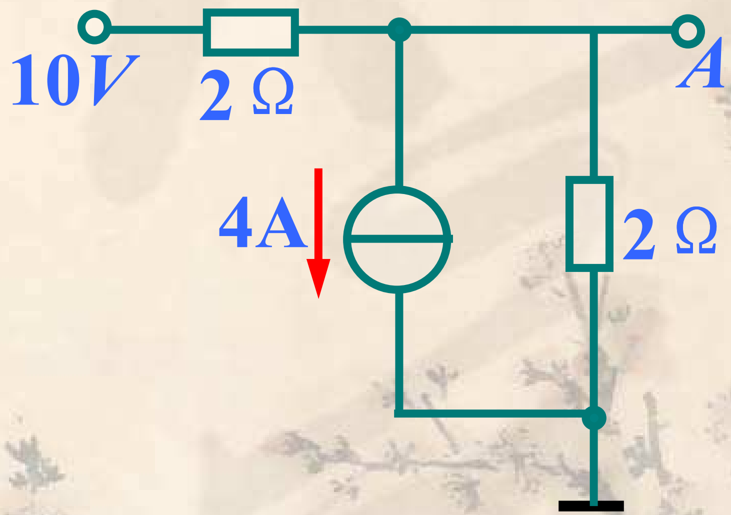
$$I_1=\frac{U_{S1}-U}{R_1}=\frac{6-4}{1}=2A$$

$$I_2=\frac{U_{S2}-U}{R_2}=\frac{-8-4}{6}=-2A$$

$$I_3=\frac{U}{R_3}=\frac{4}{10}=0.4A$$

求出U后，可用欧姆定律求各支路电流。

8－6 求A点电位



$$V_A=\frac{\frac{10}{2}-4}{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}=1V$$

叠加原理

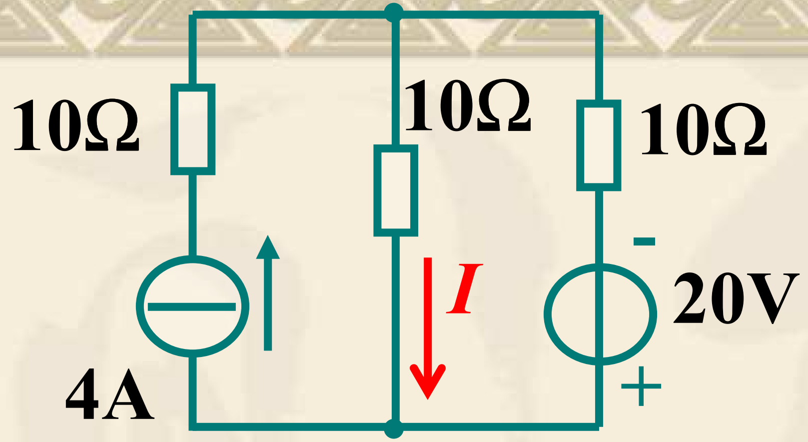
在多个电源同时作用的线性电路中，任何支路的电流或任意两点间的电压，都是各个电源单独作用时所得结果的代数和。

不作用的电源置0

电压源（u_s=0） 短路

电流源 (i_s=0) 开路

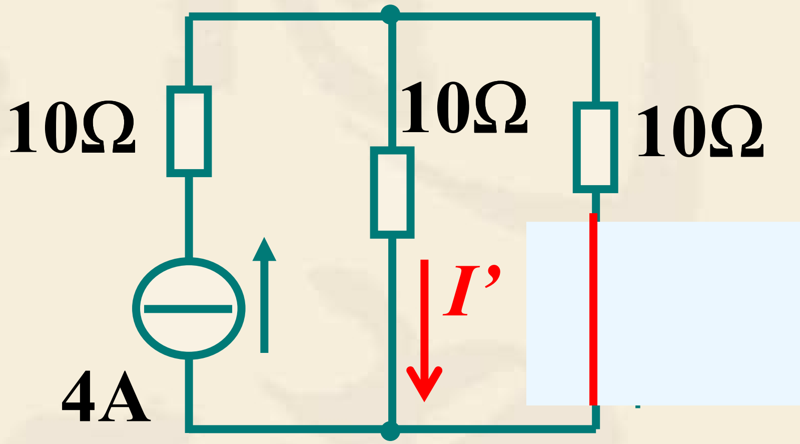
例：



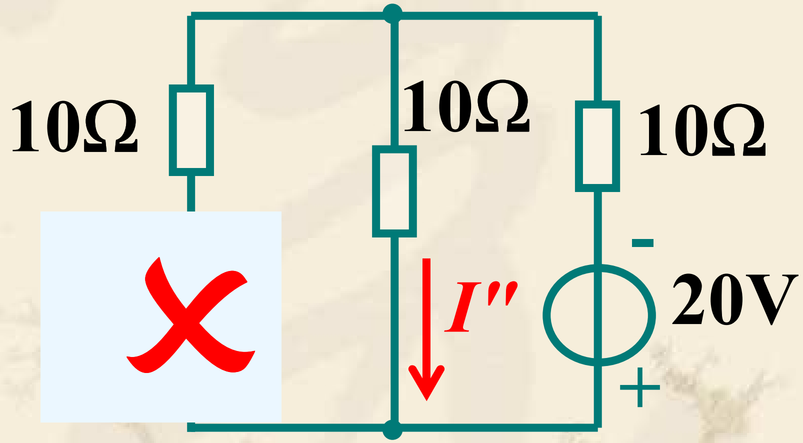
用叠加原理求：I= ?

$$\boxed{I = I' + I'' = 1\text{A}}$$

解：



+



I'=2A

I''= -1A

“恒压源不起作用”，即是将此恒压源短路。

“恒流源不起作用”，即是将此恒流源开路。

3 叠加原理只适用于分析下列哪项的电压、电流问题？

(A) 无源电路

(B) 线性电路

(C) 非线性电路

(D) 不含电感、电容元件的电路

05考题

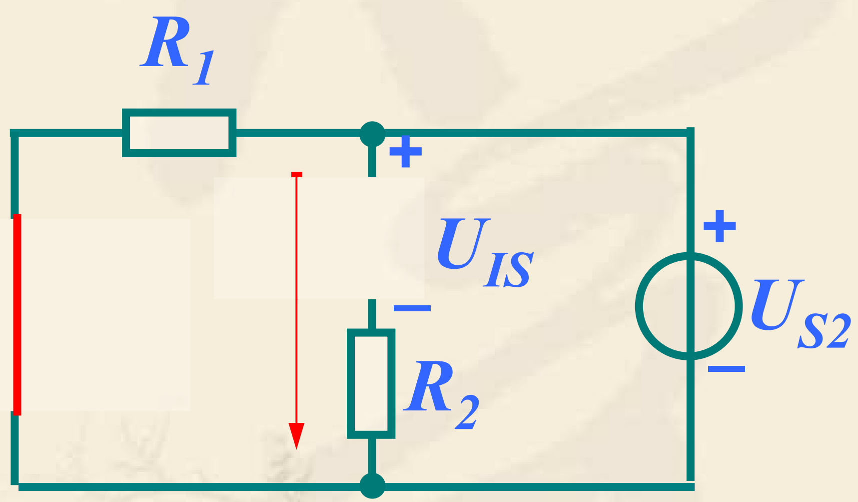
3 图示电路中，电压源U_{S2}单独作用时，电流源端电压分量U''_{IS}为：

(A) $U_{S2}-I_S R_2$

(B) U_{S2}

(C) 0

(D) $I_S R_2$

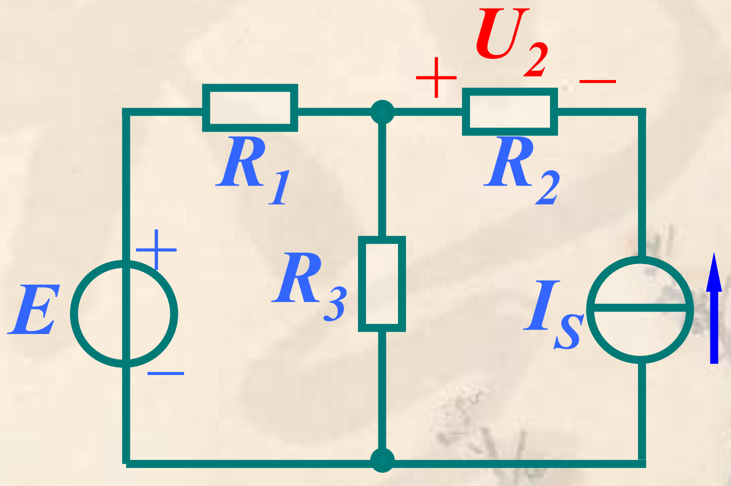


电压源短路　　　电流源开路

$U_{S2}=U_{IS}+U_{R2}$　　　R_2无电流，压降为0

06考题

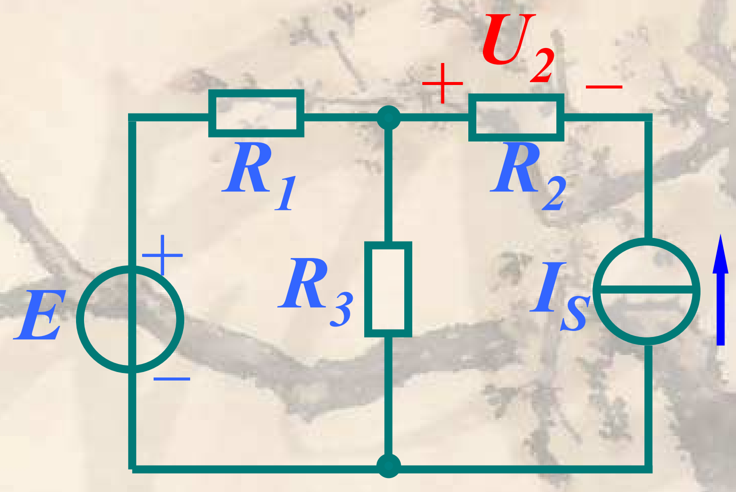
8－5 两电源共同作用时，U_2=5V, I_S单独作用时, U_2将__________________



解：

根据电流源特性：

电流源支路的电流仅由电流源有关，知U_2不变



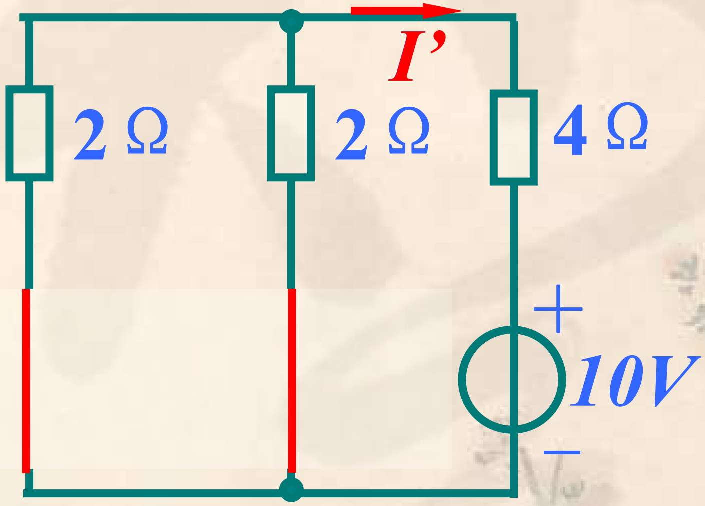
根据叠加原理

E单独作用 $U_2 = 0$

I_S单独作用， U_2不变

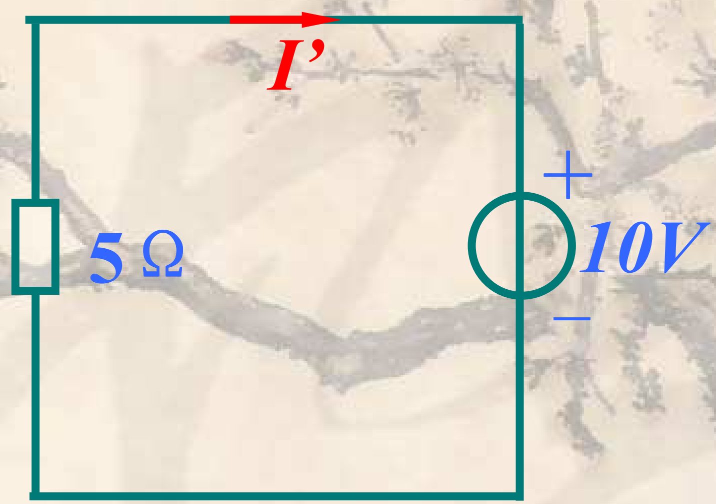
例8-7：未接10V电压源时，I=5A，求接入后的I大小S

解：叠加原理



10V电压源单独作用

$$I' = -\frac{10}{4+1} = -2A$$



$$I = 5 + I' = 3A$$

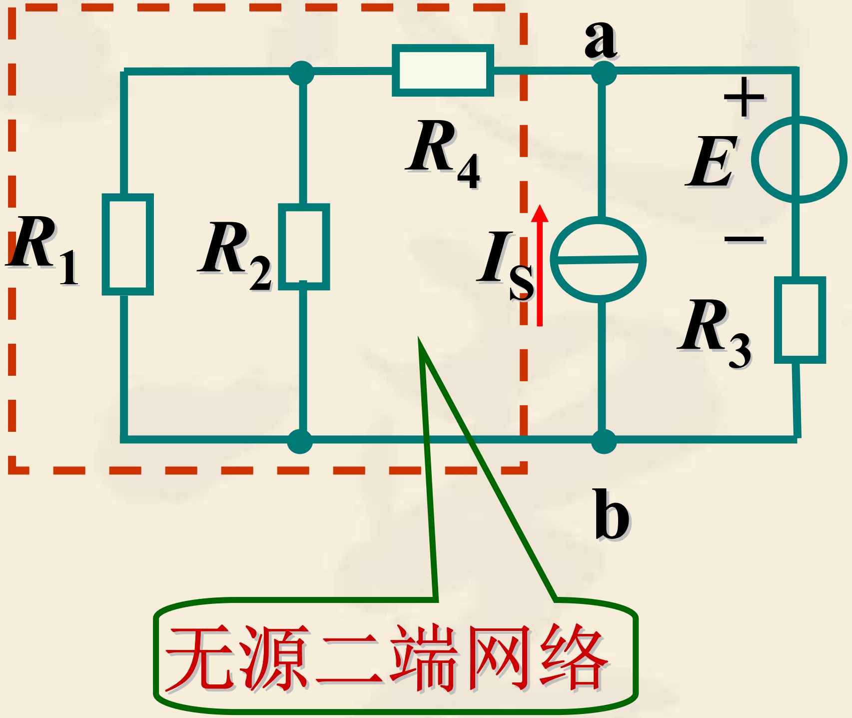
戴维宁定理

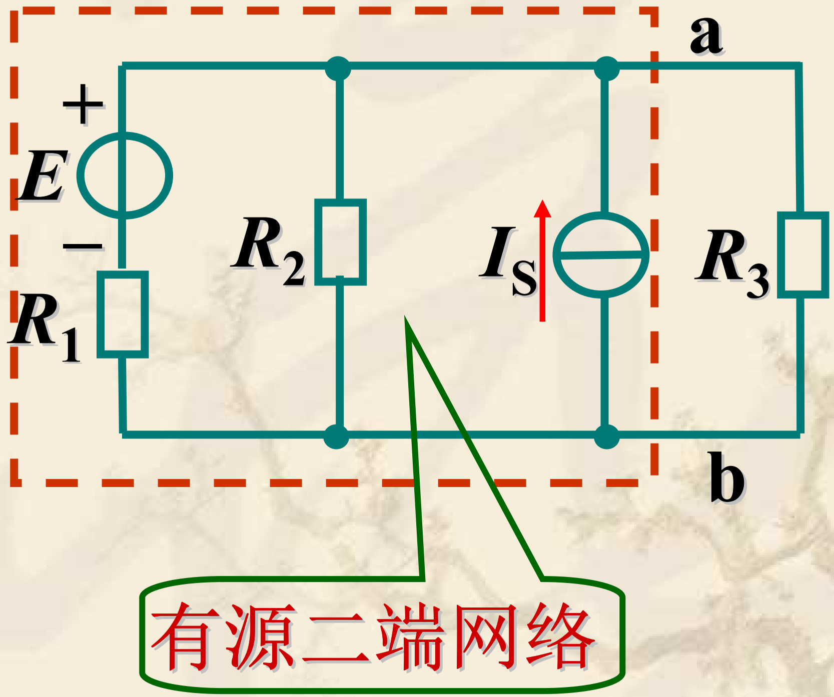
二端网络的概念：

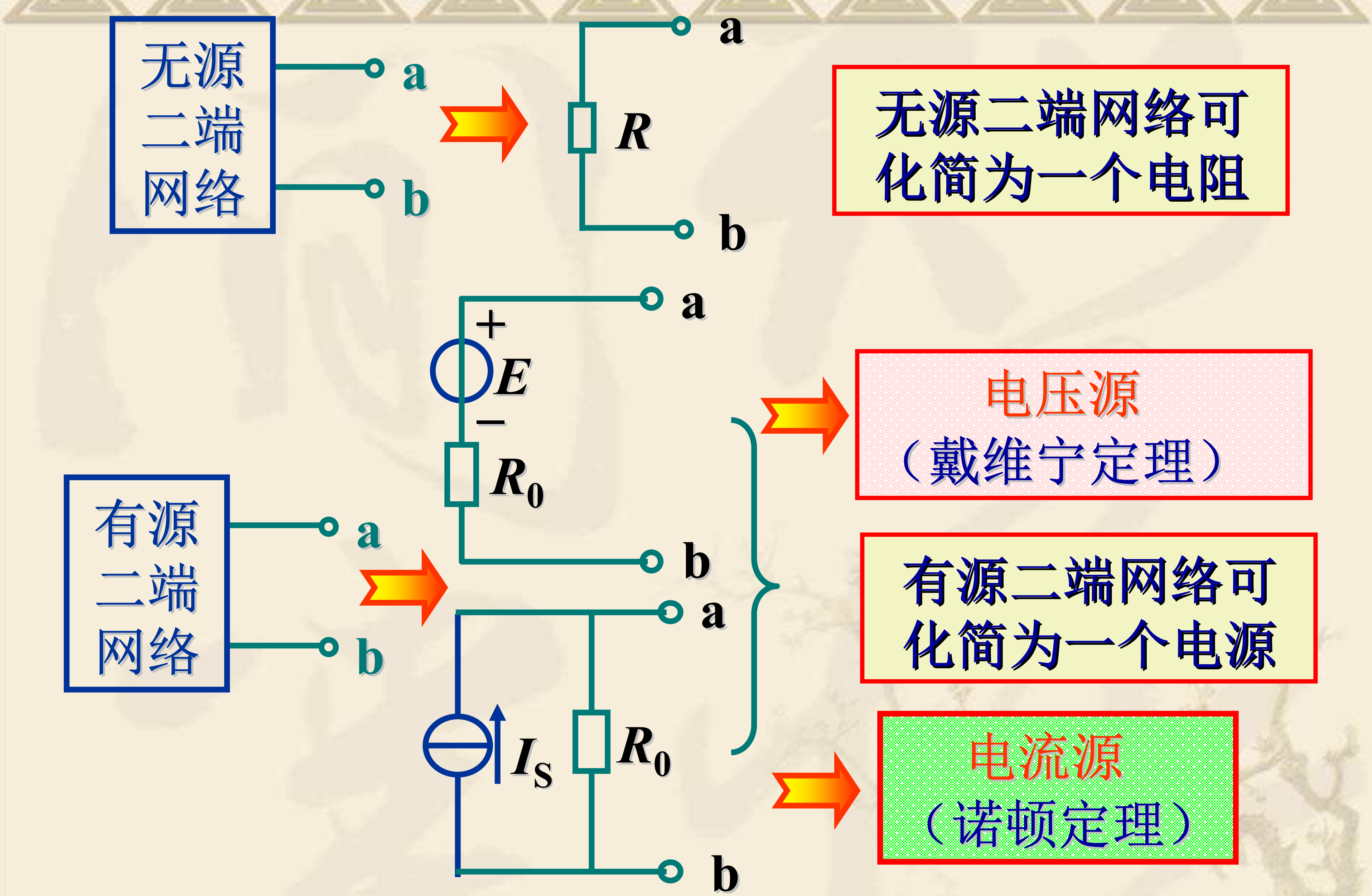
二端网络：具有两个出线端的部分电路。

无源二端网络：二端网络中没有电源。

有源二端网络：二端网络中含有电源。

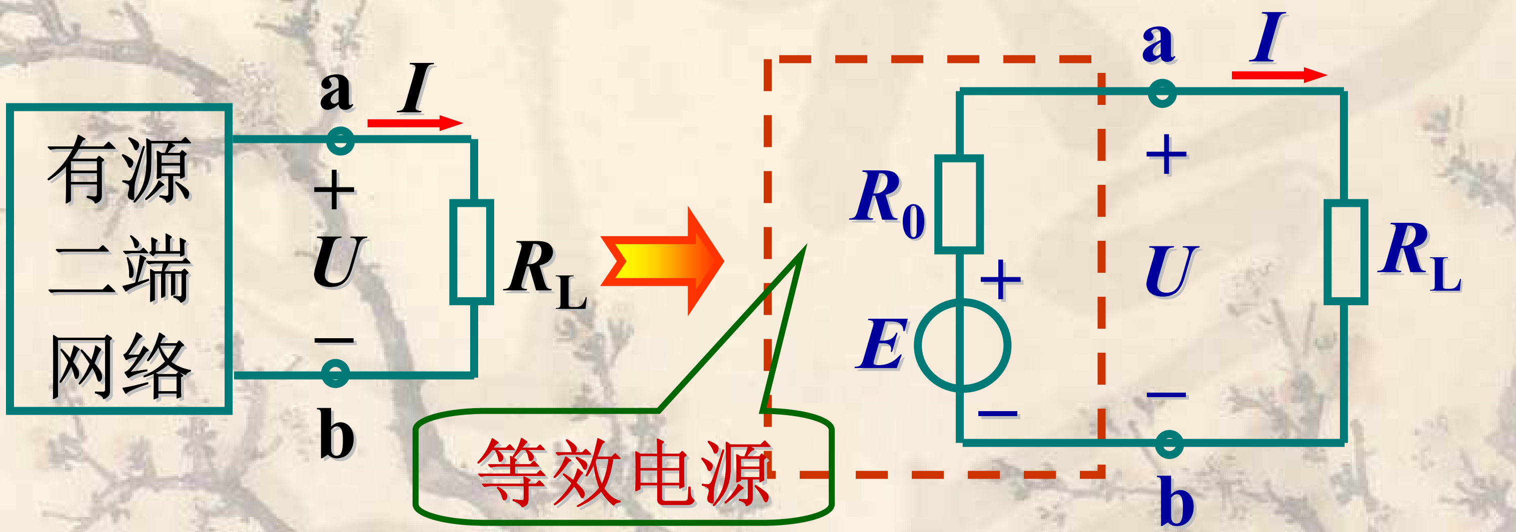





无源二端网络
a
b
a
R
b
无源二端网络可化简为一个电阻
有源二端网络
a
b
a
+
E
−
R0
b
a
IS
R0
b
电压源
（戴维宁定理）
有源二端网络可化简为一个电源
电流源
（诺顿定理）

戴维宁定理

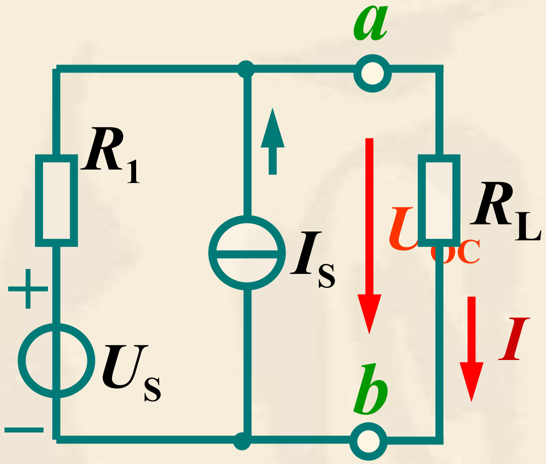
任何一个有源二端线性网络都可以用一个电动势为E的理想电压源和内阻R_0串联的电源来等效代替。



等效电源的电动势E就是有源二端网络的开路电压U_0，即将负载断开后 a 、b两端之间的电压。

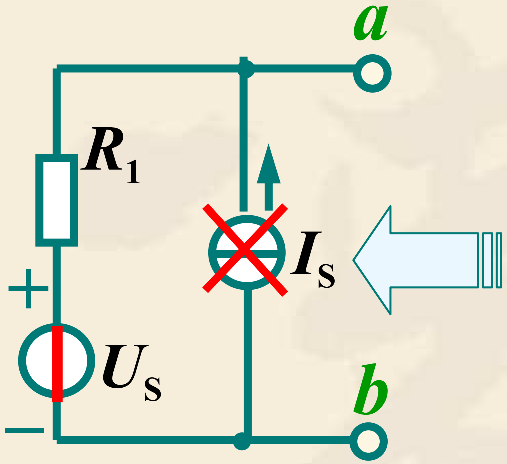
等效电源的内阻R_0等于有源二端网络中所有电源均除去（理想电压源短路，理想电流源开路）后所得到的无源二端网络 a 、b两端之间的等效电阻。

待求支路提出，使剩下电路成为有源二端网络



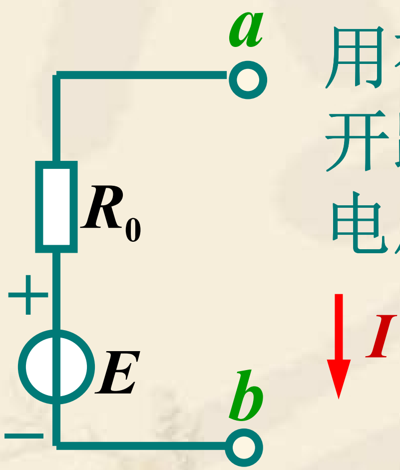
$$U_{OC} = U_S + I_S R_1$$

求入端电阻R_0



$R_0 = R_1$

用等效电压源代替有源二端网络



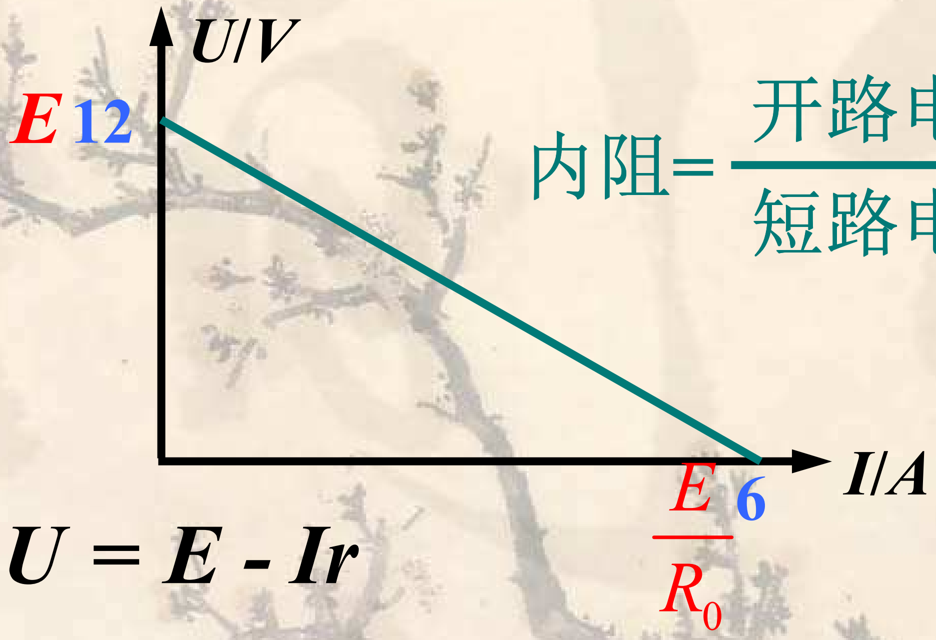
用有源二端网络的开路电压作为等效电压源的电压

用等效电路代替原有源二端网络，化简电路

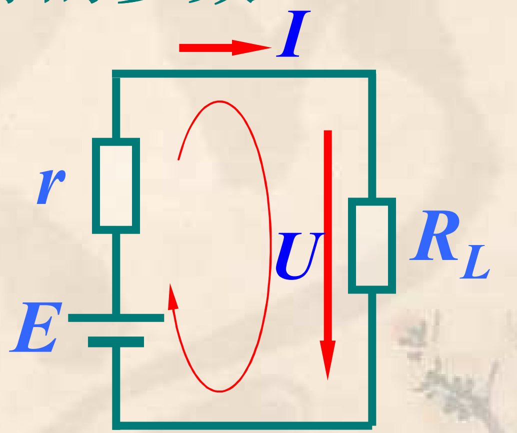
求待求支路电流I

$$I = \frac{E}{R_0 + R_L} = \frac{U_S + I_S R_1}{R_1 + R_L}$$

有一实际电源的外特性如图。求该电源的参数。

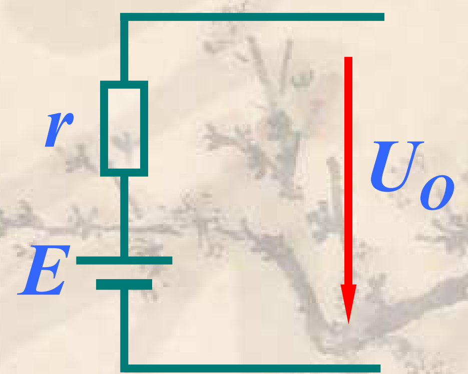


$$内阻=\frac{开路电压}{短路电流}$$



解：

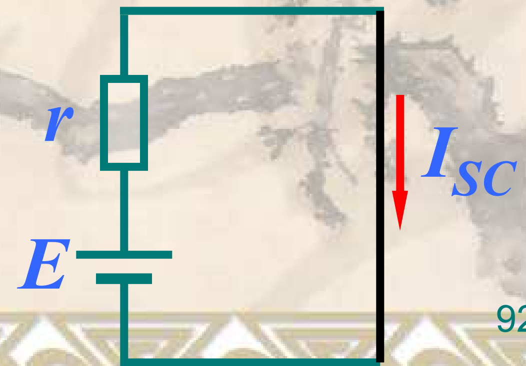
$$U = E - Ir$$



电流为0时的开路电压=电动势

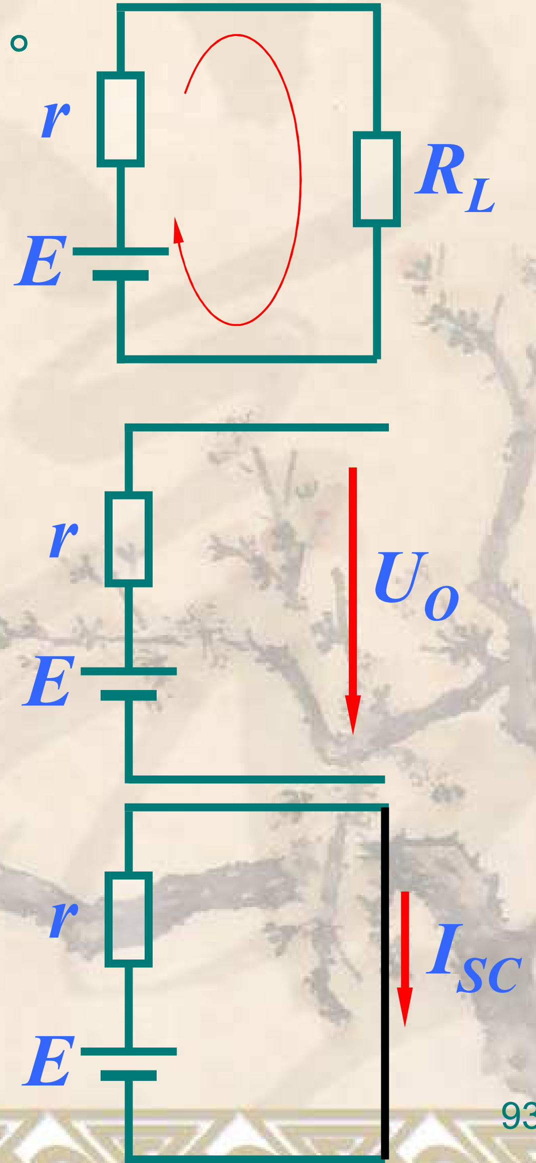
$$U_o = E = 12V$$

电压为0时的电流为短路电流



$$R_0 = \frac{U_O}{I_{SC}} = \frac{12}{6} = 2\Omega$$

8－4 有一实际电源的开路电压为30V，短路电流为10A，如外接12Ω电阻，求输出电流。



解： 开路电压$U_O=E=30V$。

$$r=\frac{U_O}{I_{SC}}=\frac{30}{10}=3\Omega$$

$$I=\frac{E}{r+R_L}=\frac{30}{3+12}=2A$$

教材模拟试卷（一）99

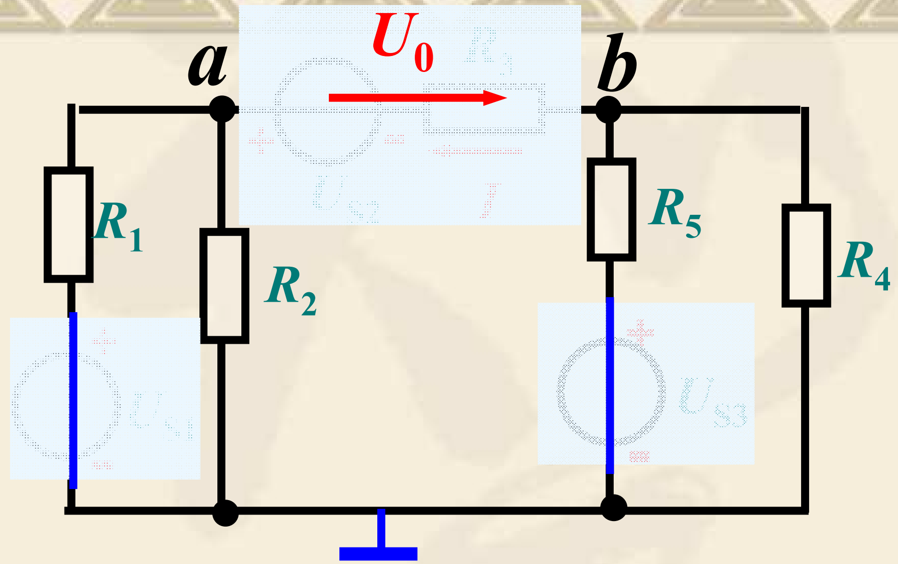
例8－5 U_{S1}=20V，

U_{S1}=U_{S1}=10V，

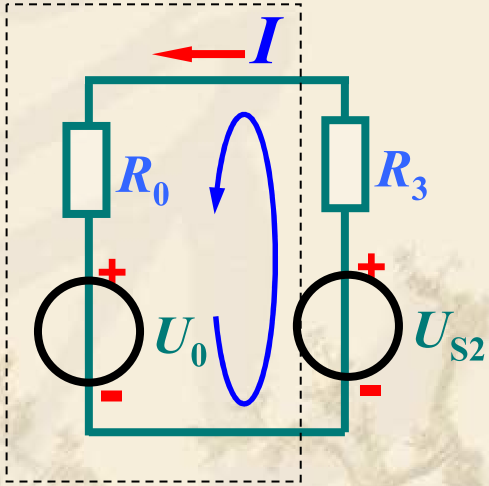
R_1=R_2=10Ω，

R_3=2.5Ω， R_4=R_5=5Ω，

求电流I（*戴维南定理*）



$$V_a=\frac{20}{10+10}\times 10=10V \qquad V_b=\frac{10}{5+5}\times 5=5V$$



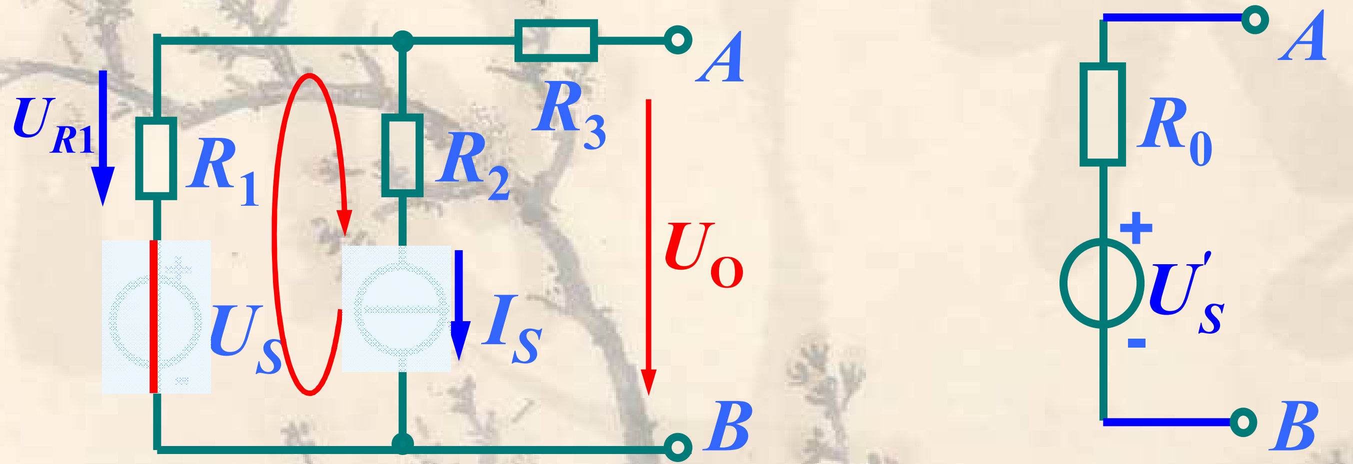
$$U_0=U_{ab}=V_a-V_b=5V$$

$$R_0=R_1//R_2+R_3//R_4=7.5\Omega$$

$$IR_3+IR_0=U_{S2}-U_0$$

I=0.5A

8－6 如图所示两电路等效，则计算U_S和R_0的正确公式是（ C ）



A）$U'_S = U_S + I_S R_1 \quad R_0 = R_1 // R_2 + R_3$

B）$U'_S = U_S - I_S R_1 \quad R_0 = R_1 // R_2 + R_3$

C）$U'_S = U_S - I_S R_1 \quad R_0 = R_1 + R_3$

D）$U'_S = U_S + I_S R_1 \quad R_0 = R_1 + R_3$

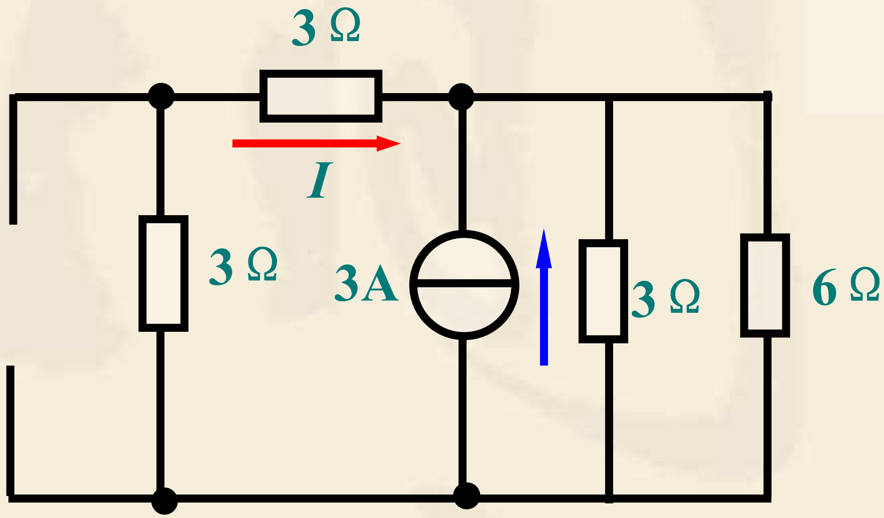
$U_o = U_{R1} + U_S$

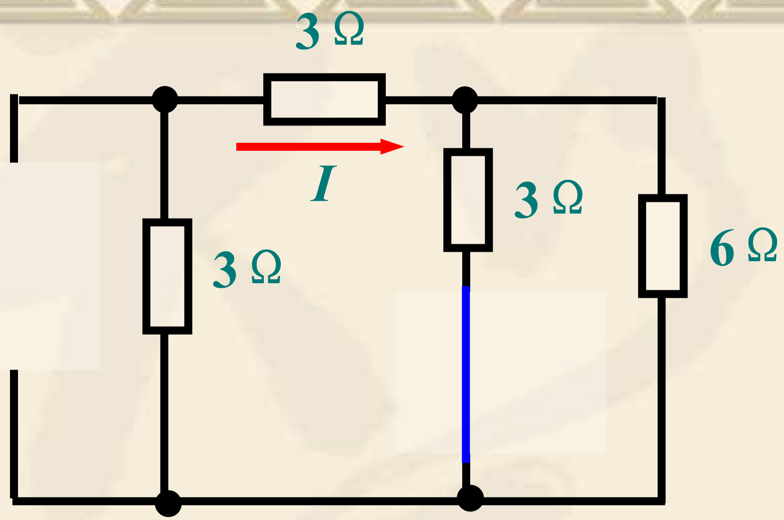
$U_{R1} = - I_S R_1$

07考题

求电流*I*（叠加原理）

U_S单独作用





I_S单独作用

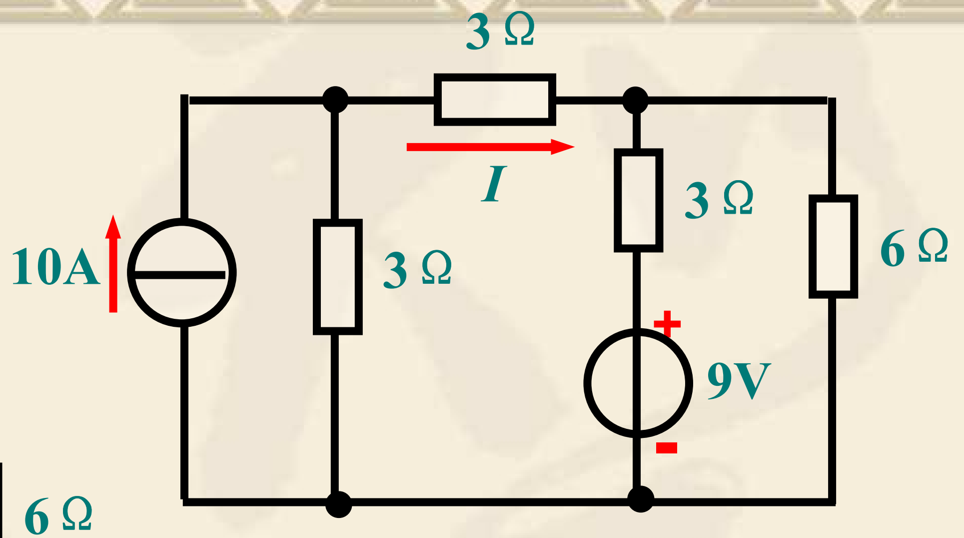
$$I'_S = -\frac{6//3}{(3+3)+6//3}\times 3 = -\frac{3}{4}A$$

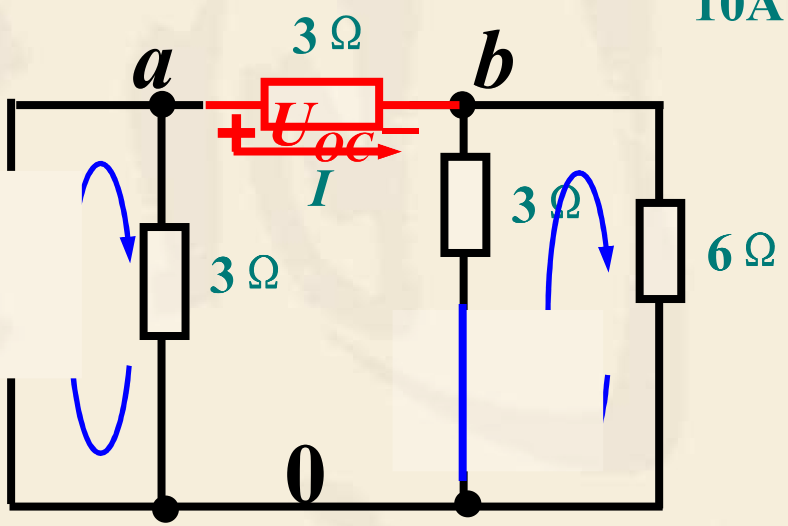
$$I'' = \frac{3}{3+(3+6//3)}\times 10 = \frac{15}{4}A$$

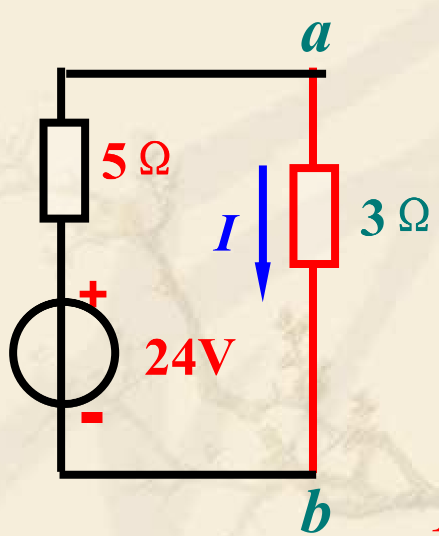
$$I = I' + I'' = 3A$$

求电流I

戴维南定理







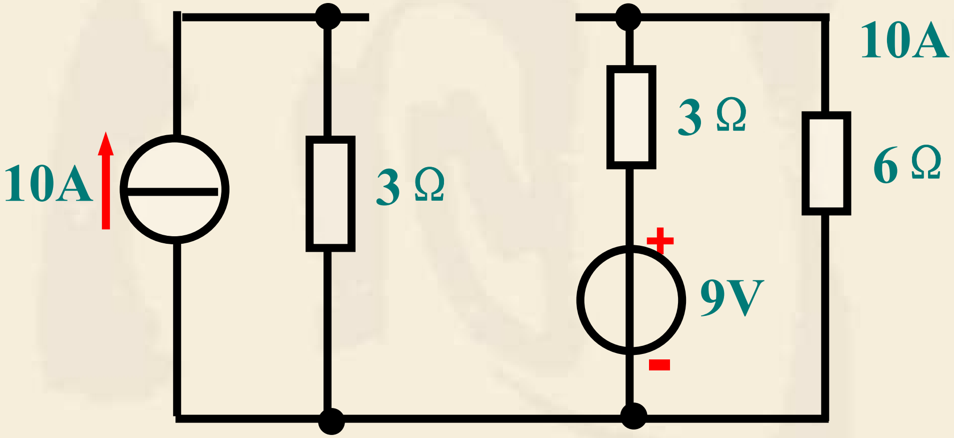
$V_a = 30V$

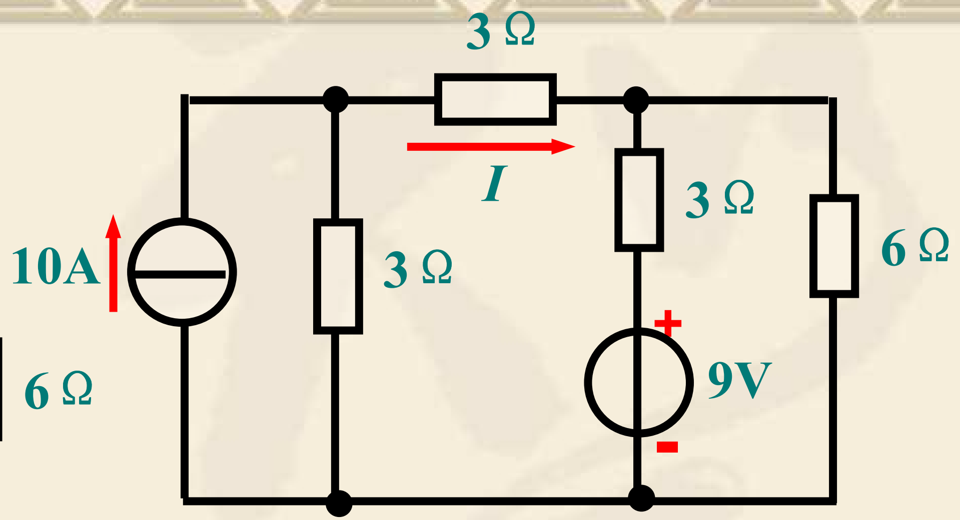
$$V_b = \frac{9}{3+6} \times 6 = 6V$$

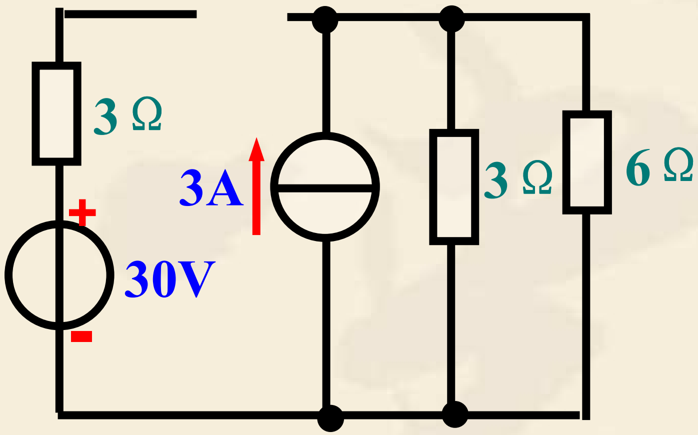
$U_{OC} = 24V$ $R_0 = 5\,\Omega$

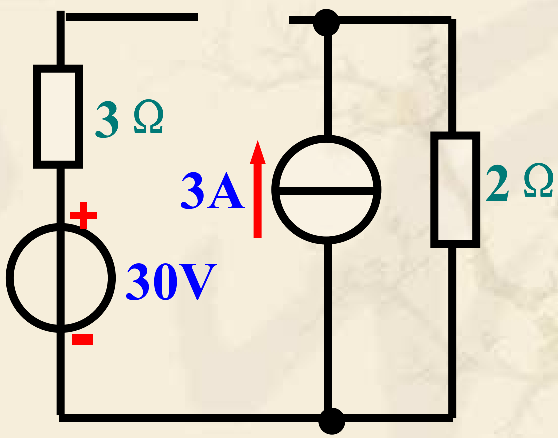
$I = 3A$

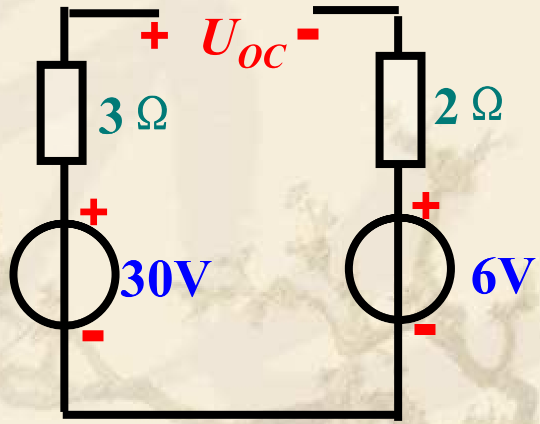
用电源转换求等效电动势和等效内阻









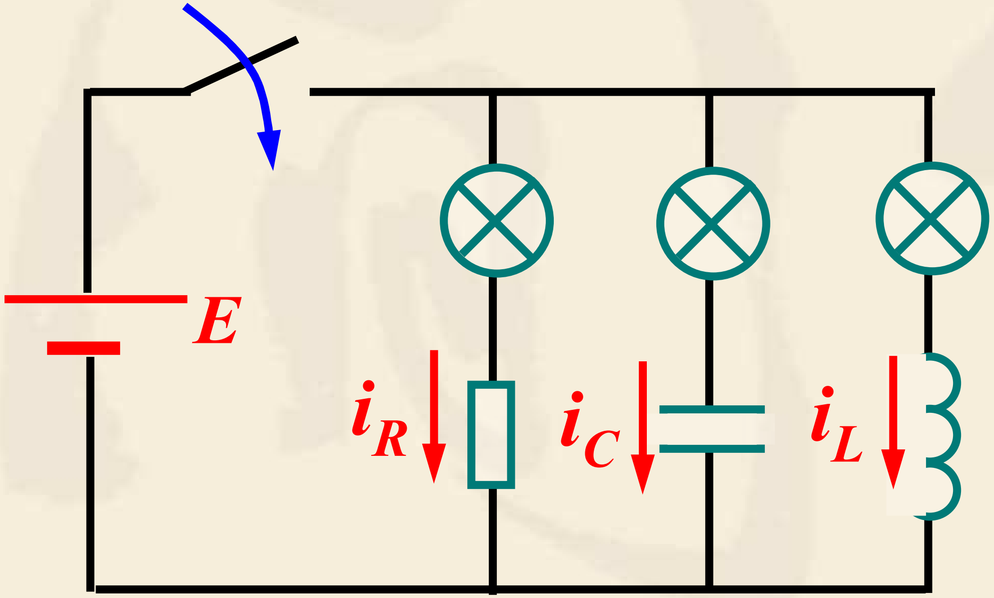


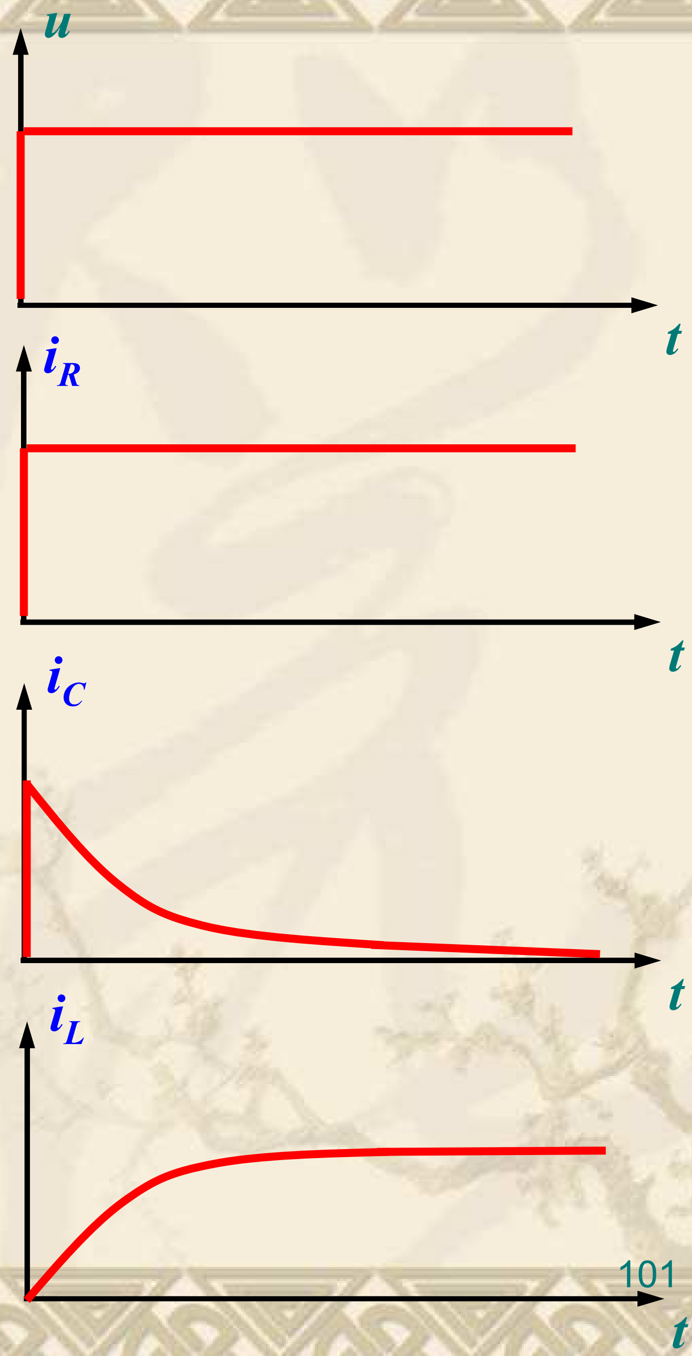
电路的暂态分析

换路定则 $\left.\begin{aligned} i_L(0_-) &= i_L(0_+) \\ u_C(0_-) &= u_C(0_+) \end{aligned}\right\}$

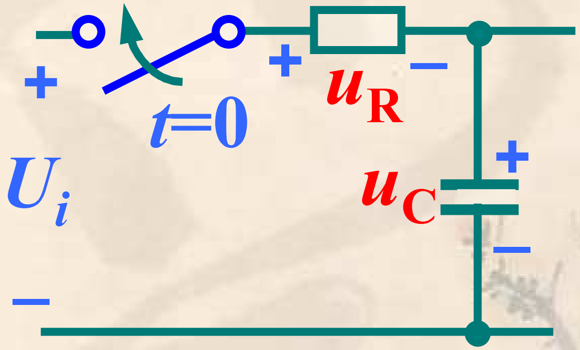
- 如$u_C(0\text{-})=0$，换路时电容当作短路
- 如$i_L(0\text{-})=0$，换路时电感当作开路
- 如$u_C(0\text{-})= u_C(0)$：
  换路时电容当作电压源，其电动势为$u_C(0)$
- 如$i_L(0\text{-})= i_L(0)$，
  换路时电感当作电流源，电流为$i_L(0)$

换路定则仅用于换路瞬间来确定暂态过程中u_C、i_L初始值。


E
i_R
i_C
i_L


u
t
i_R
t
i_C
t
i_L
t

5 图示电路，换路前$U_C(0-)=0.2U_i$， $U_R(0-)=0$，电路换路后的$U_C(0+)$和$U_R(0+)$分别为：

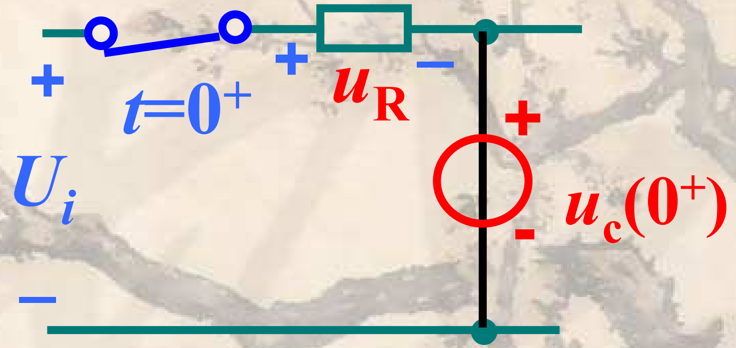


(A) $U_C(0+)=0.2U_i$， $U_R(0+)=0$

(B) $U_C(0+)=0.2U_i$， $U_R(0+)= 0.2U_i$

(C) $U_C(0+)=0.2U_i$， $U_R(0+)= 0.8U_i$

(D) $U_C(0+)=0.2U_i$， $U_R(0+)=U_i$



$$U_R(0+)= U_i - u_C(0+)$$

05考题

在直流电源激励的情况下，一阶线性电路微分方程解的通用表达式：

$$\boxed{f(t) = f(\infty) + [f(0_+) - f(\infty)]\,e^{-t/\tau}}$$

式中,

$f(t)$：代表一阶电路中任一电压、电流函数

$f(0_+)$-- 初始值

$f(\infty)$ -- 稳态值　　（三要素）

τ -- 时间常数

利用求三要素的方法求解暂态过程，称为三要素法。一阶电路都可以应用三要素法求解，在求得 $f(0_+)$ 、$f(\infty)$和 τ 的基础上,可直接写出电路的响应(电压或电流)。

已知某电容暂态电压

$$u_c(t)=(10+6e^{-10t})V$$

求电路的三要素：$u_C(0)$、$u_C(\infty)$、 τ

解： 由三要素公式：

$$f(t)=f(\infty)+[f(0^+)-f(\infty)]e^{-t/\tau}$$

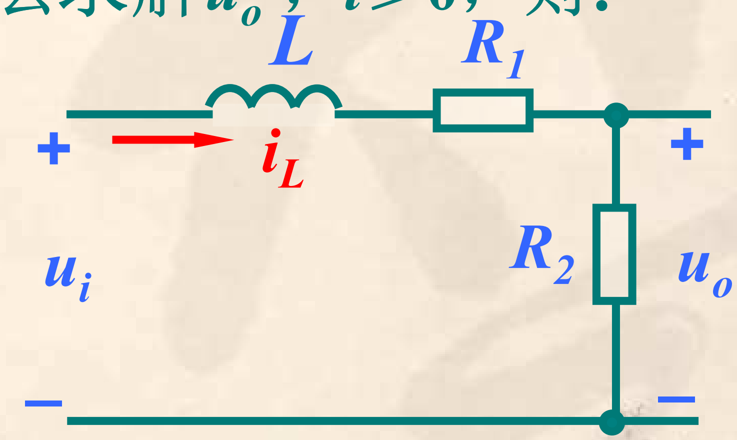
$u_C(\infty)=10V$；

$u_C(0^+)-u_C(\infty)=6V$；

$u_C(0^+)=6+u_C(\infty)=16V$ ；

$\tau=0.1$秒

6 图*a*所示电路$R_1=R_2=500\,\Omega$，$L=1\text{H}$，电路激励u_i如图b所示，如用三要素法求解u_o，$t\geq 0$，则：

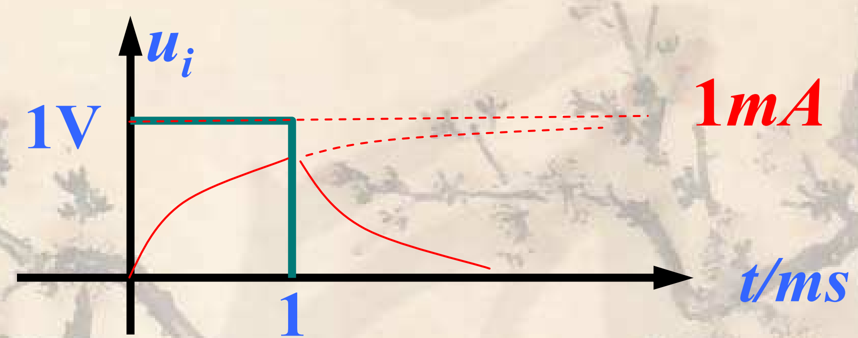


(A) $u_o(1_+)=u_o(1_-)$

(B) $u_o(1_+)=0.5\text{V}$

(C) $u_o(1_+)=0\text{V}$

(D) $u_o(1_+)=i_R(1_-)R_2$



解： $\tau=\dfrac{L}{2R}=1ms$

(B) $t=1ms$时电路状态尚未稳定，$u_o\neq 0.5\text{V}$

(D) $i_R(1_+)=i_L(1_+)=i_L(1_-)$

06考题

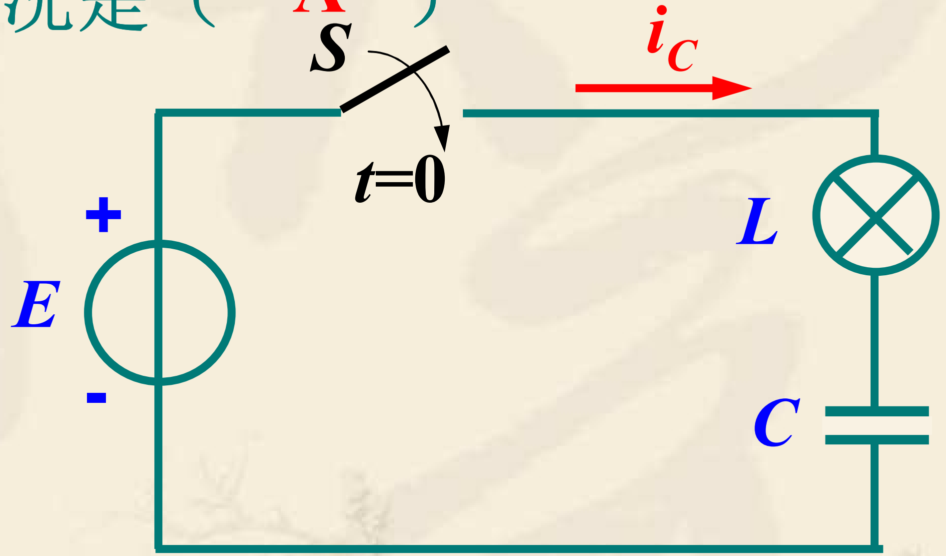
电路如图所示，开关S断开，电容无初始储能。t=0时开关闭合，且i_C(0)等于白炽灯的额定电流。当开关S闭合后白炽灯的亮暗情况是（ A ）

（A）由亮变暗✓

（B）由暗变亮

（C）一直亮

（D）一直暗



$$u_C(0)=0 \quad u_C(\infty)=E$$

$$\tau=RC$$

$$u_C(t)=E(1-e^{-t/\tau})$$

$$i(t)=\frac{E}{R}e^{-t/\tau}$$

$$u_C(0)=0 \quad i(0^+)=E/R$$

$$i(\infty)=0$$

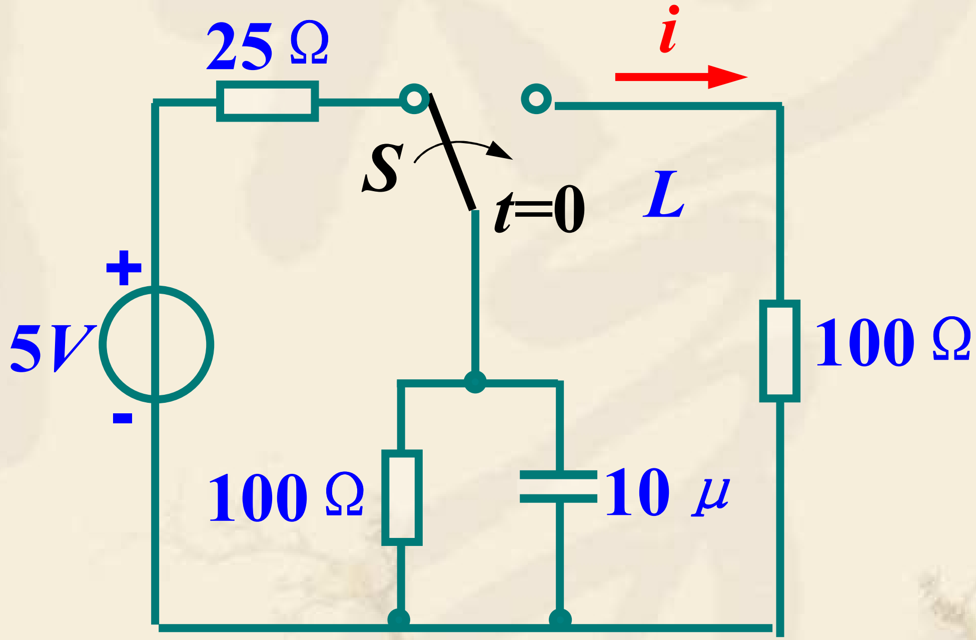
电路如图，开关*S*合在位置1已久，*t*=0时合向位置2，换路后，电流*i*随时间的变化规律是（ *D* ）

（A） $0.08e^{-2t}\ A$

（B） $5-4e^{-1.3\times10^{3}t}\ A$

（C） $5-0.04e^{-5\times10^{3}t}\ A$

（D） $0.04e^{-2\times10^{3}t}\ A$



换路后是零激响应，电容放电，t→∞后电流 i 为0

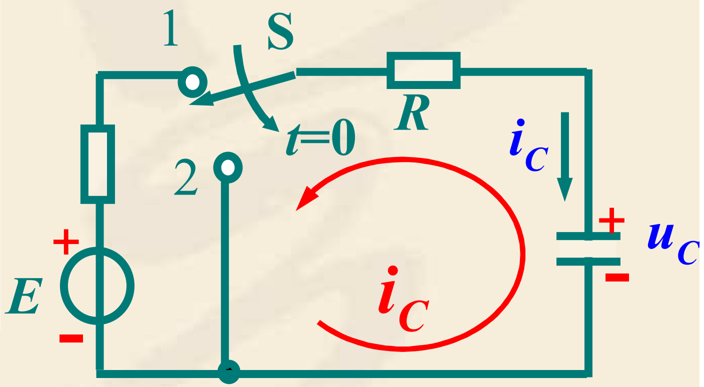
$u_C(0-)=4V$，$i(0+)=0.04A$， $\tau=(100//100)\times10\times10^{-6}$

*RC*电路如图3所示，开关S闭合于“1”，电路已达到稳态。*t*=0时，开关S切换到“2”，电路发生过渡过程，其i_C，u_C值为（ **D** ）

A.

电容放电

B.



D. $i_C(t) = -\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{RC}}, u_C(t) = Ee^{-\frac{t}{RC}}$

RL暂态电路如图，时常数 τ 的计算式为（ C ）

电感大储存的能量大（$Li^2/2$）

（A） RL

一定电流下，电阻小，消耗的能量小

（B） $\dfrac{R}{L}$

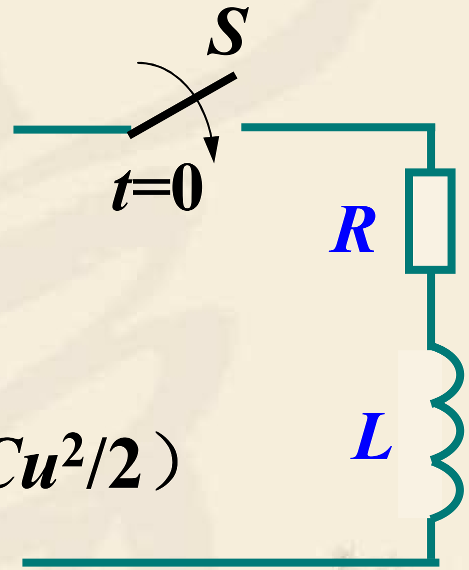
电容大储存的能量大（$Cu^2/2$）

（C） $\dfrac{L}{R}$ ✓

同样电压下，电阻大，电流小，充放电慢

（D） $\dfrac{1}{RL}$

$\tau=RC$



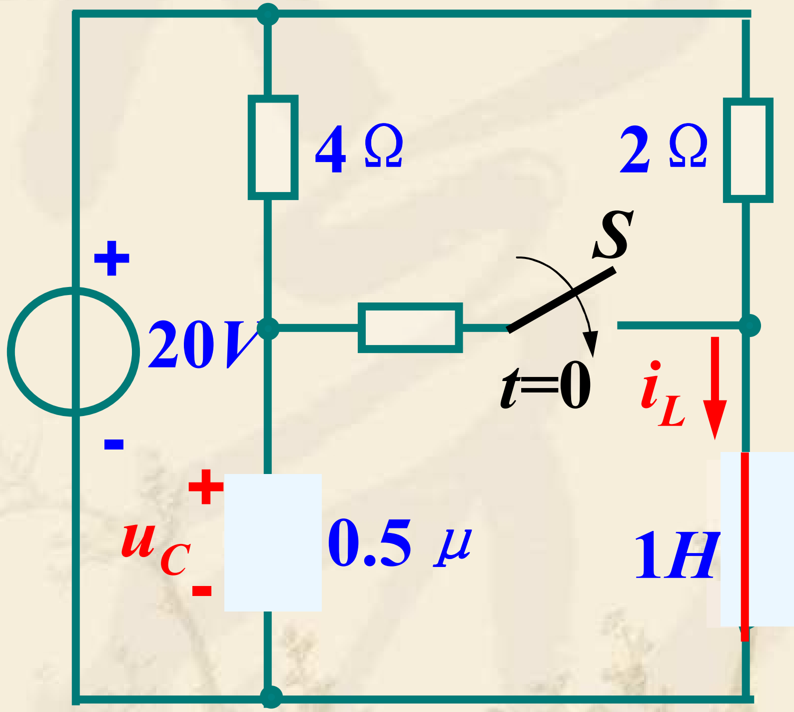
电路原处于*稳态*，换路后瞬间，电容电压u_C和电感电流i_L分别为（ **C** ）

（A）6V，1A

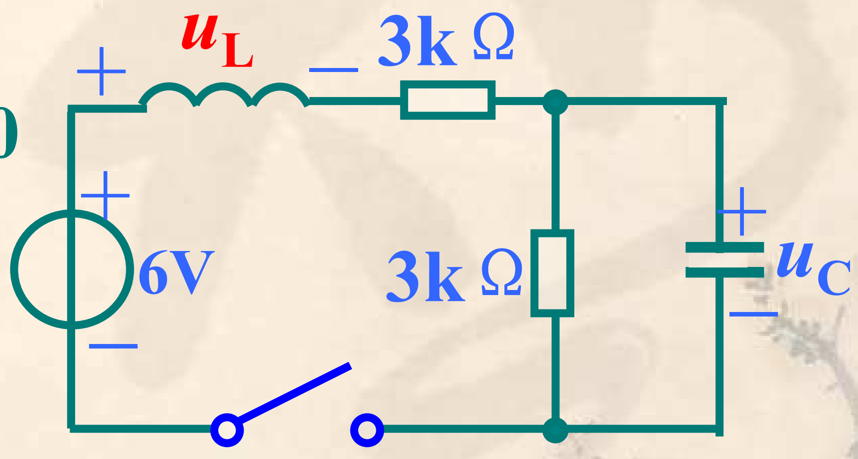
（B）12V，2A

（C）20V，10A

（D）16V，8A



8－19 开关S闭合前，L和C均未储能，求S闭合后瞬间$u_L(0+)$



解：开关闭合前电感电流为0

$$i_L(0^-)=0$$

换路时电感电流不变

$$i_L(0^+)=i_L(0^-)=0$$

电感视为开路

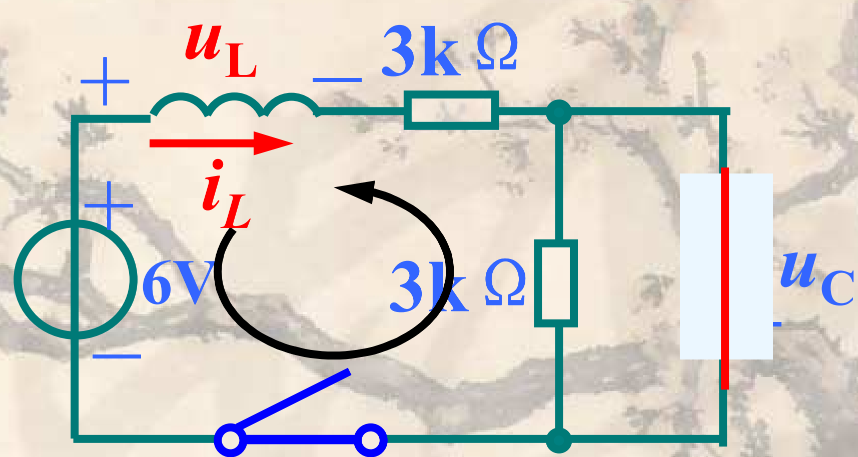
开关闭合前电容电压为0

$$u_C(0^-)=0$$

换路时电容电压不变

$$u_C(0^+)=u_C(0^-)=0$$

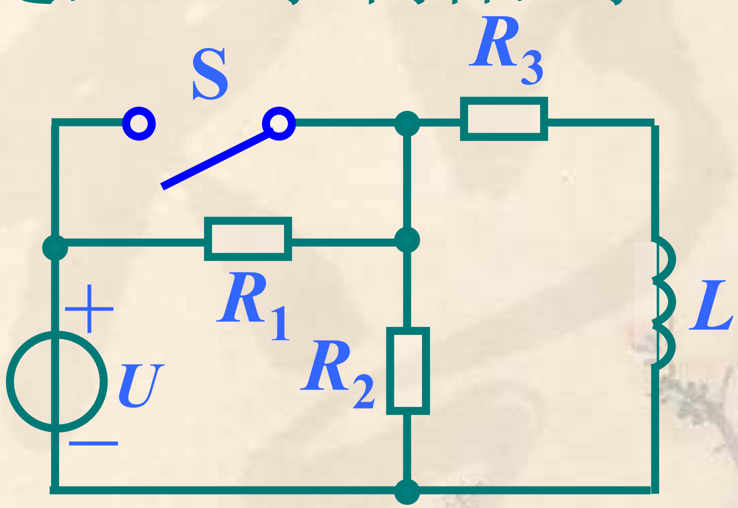
电容视为短路



$$u_L(0^+)=6V$$

教材模拟试卷（一）104

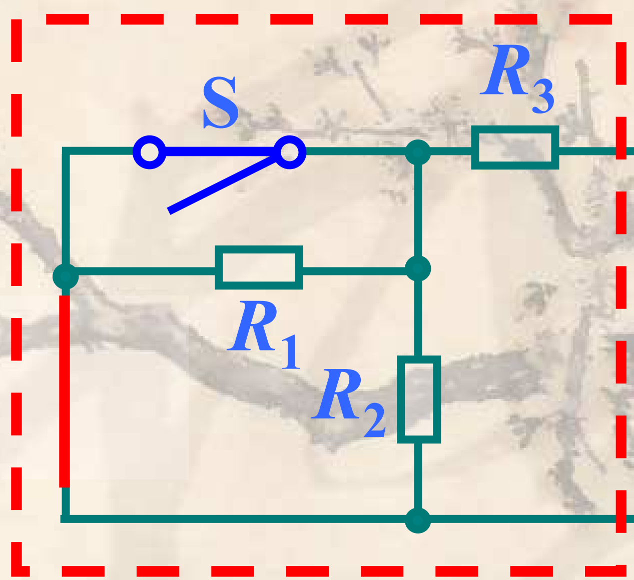
8－20　开关S闭合前电路已稳定，t=0时S闭合，求电路的时常数



解：

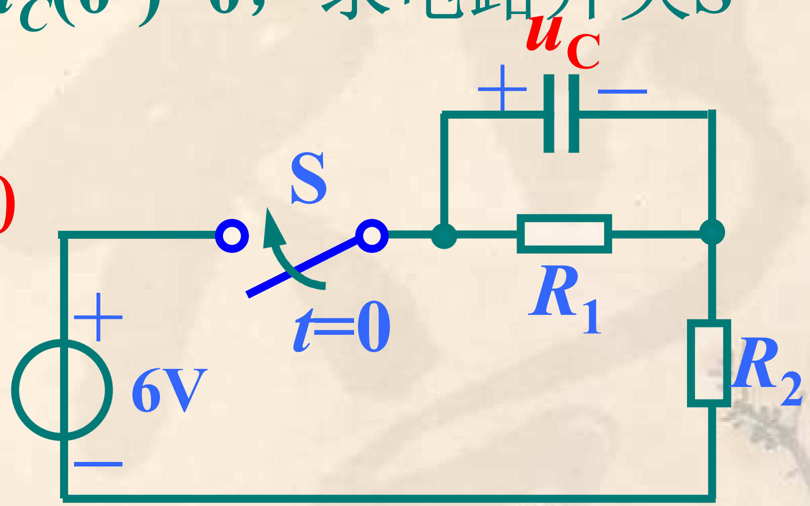
以L两端连接的有源二端网络除源后的电阻

$$R = R_3$$



$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{L}{R_3}$$

已知R_1=10Ω， R_2=20Ω， $u_C(0-)=0$，求电路开关S闭合后的$u_C(t)$

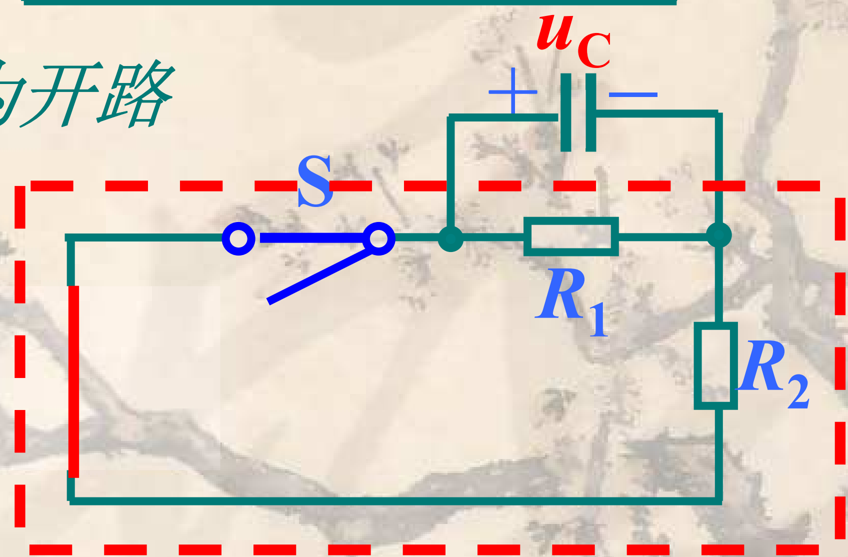


解：开关闭合前 $u_C(0^-)=0$

换路时电容电压不变

$$u_C(0^+)=u_C(0^-)=0$$

$t\to\infty$ 电容电流为0，电容视为开路

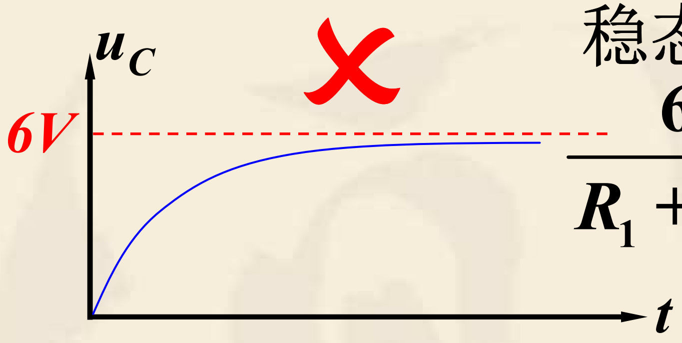


$$u_C(\infty)=\frac{R_1}{R_1+R_2}\times 6=2V$$

$$\tau=(R_1 // R_2)C$$

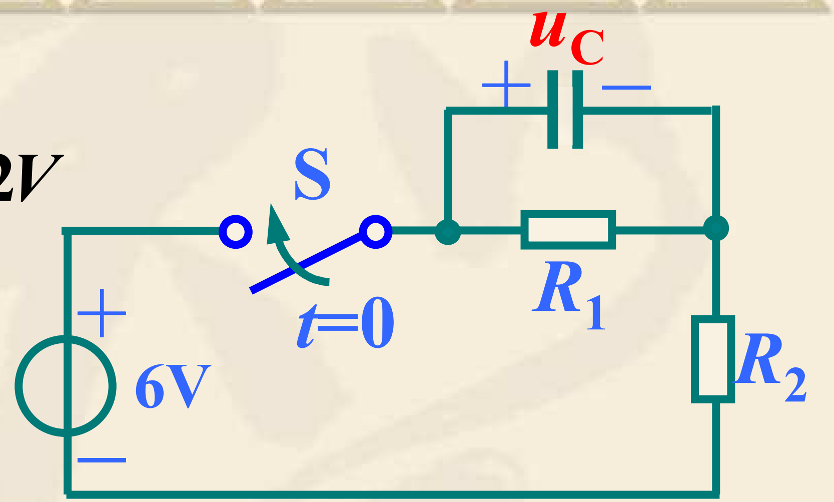
$$u_C(t)=u_C(\infty)+[u_C(0^+)-u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}=2(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$$

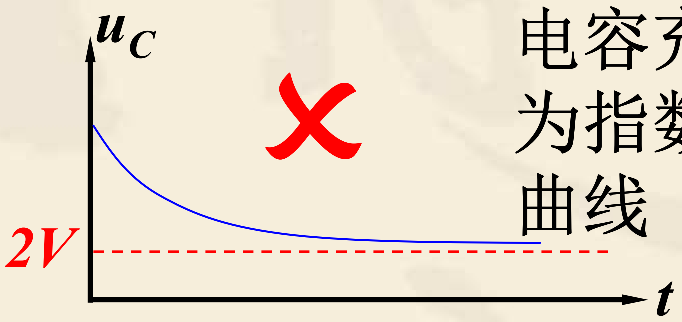
教材模拟试卷（二）104



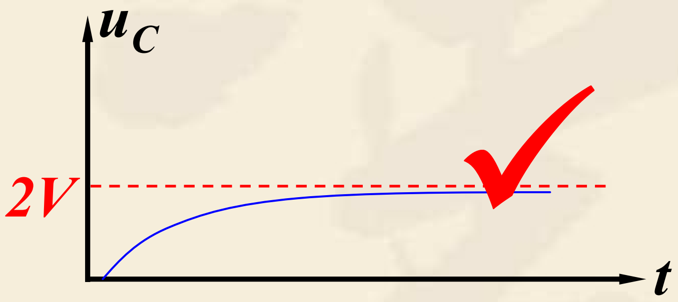
稳态值为

$$\frac{6}{R_1+R_2}\times R_1 = 2V$$

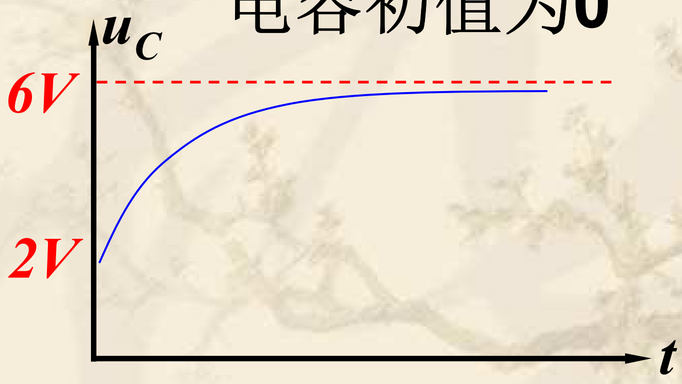




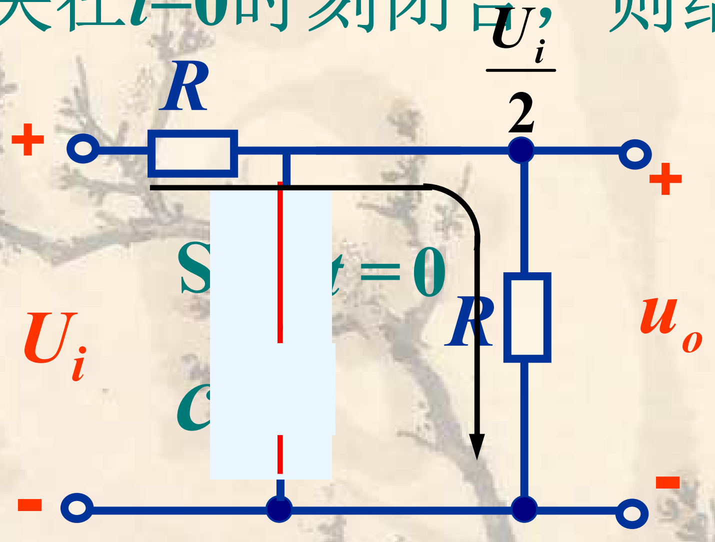
电容充电应为指数上升曲线

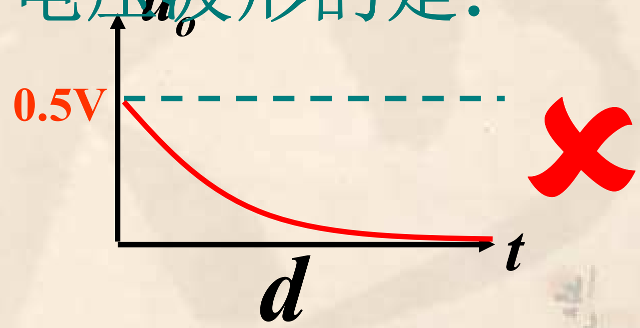


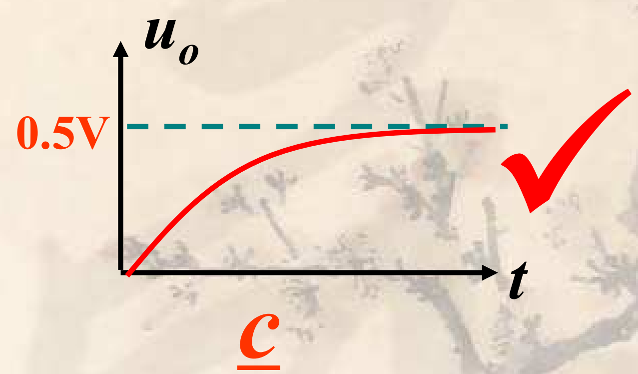
电容初值为0



8-21 图示电路，R=1kΩ，C=1 μF，U_i＝1V，如开关在t=0时刻闭合，则给出输出电压波形的是：

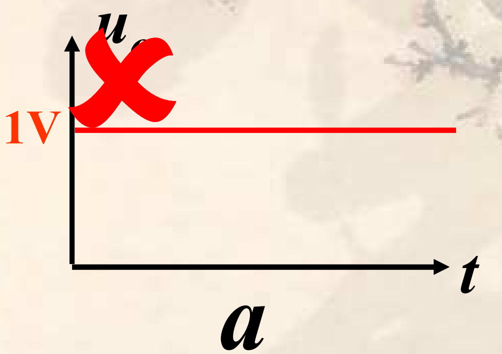


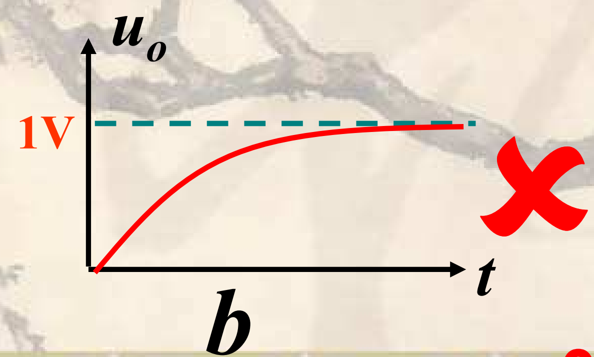




$u_c(0)=0$，电容短路

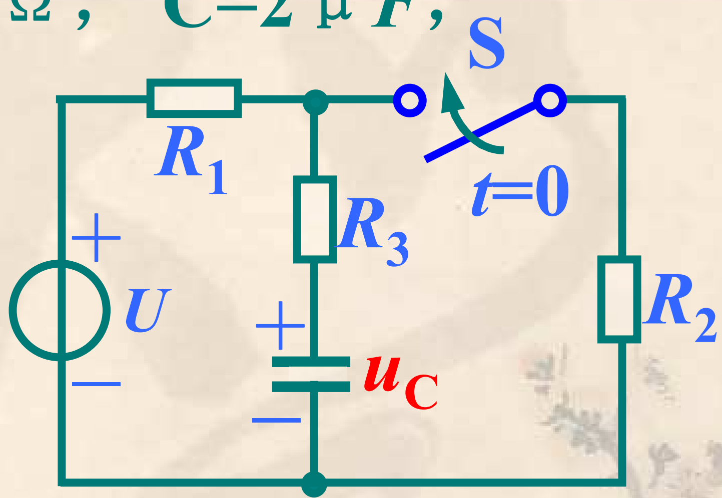
$u_c(\infty)$，电容开路，$u_o=u_i/2$





07考题

8－22 已知$R_1= R_3$=4kΩ， R_2=2kΩ， C=2μF，U=20V，求换路后电容电流$i_C(t)$

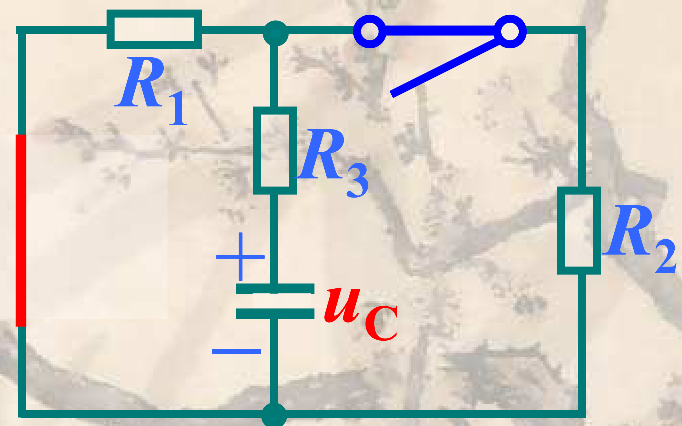


解：开关闭合前 $u_C(0^-) = U$

换路时电容电压不变

$$u_C(0^+) = u_C(0^-) = U = 20V$$

$t\to\infty$ 电容电流为0，电容视为开路



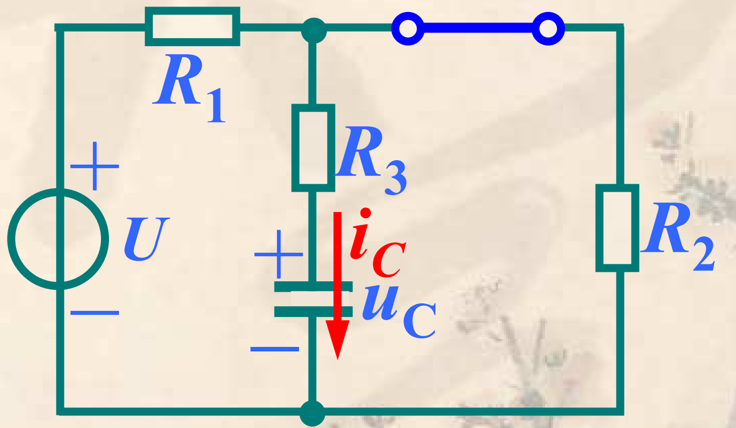
$$u_C(\infty) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U = \frac{20}{3} V$$

$$\tau = (R_3 + R_1 // R_2)C = \frac{16}{3} \times 2 \times 10^{-3} (S)$$

$$u_C(t) = u_C(\infty) + [u_C(0^+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{20}{3} + \frac{40}{3} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

8－22 已知$R_1= R_3=4k\Omega$， $R_2=2k\Omega$， $C=2\mu F$，$U=20V$，求换路后电容电流$i_C(t)$

$$u_C(t)=\frac{20}{3}+\frac{40}{3}e^{-\frac{t}{\tau}}$$



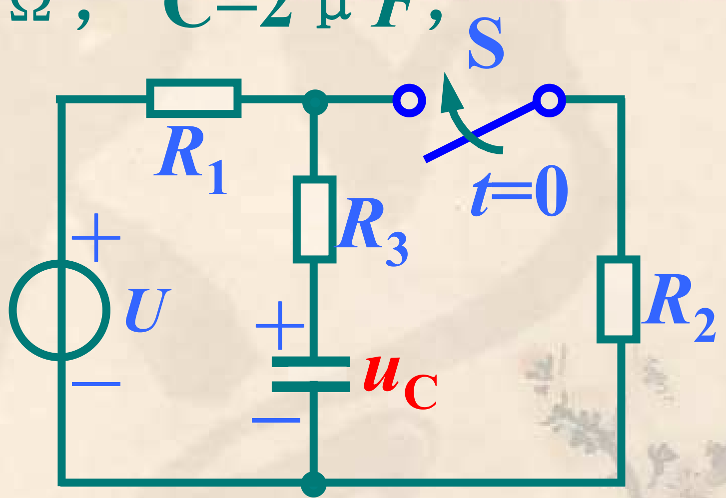
$$\tau=\frac{16}{3}\times2\times10^{-3}(S)$$

$$\frac{1}{\tau}=\frac{3}{32}\times10^{3}$$

$$i_C(t)=C\frac{du_C}{dt}=2\times10^{-6}\times(-\frac{40}{3}\times\frac{3}{32}\times10^{3})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

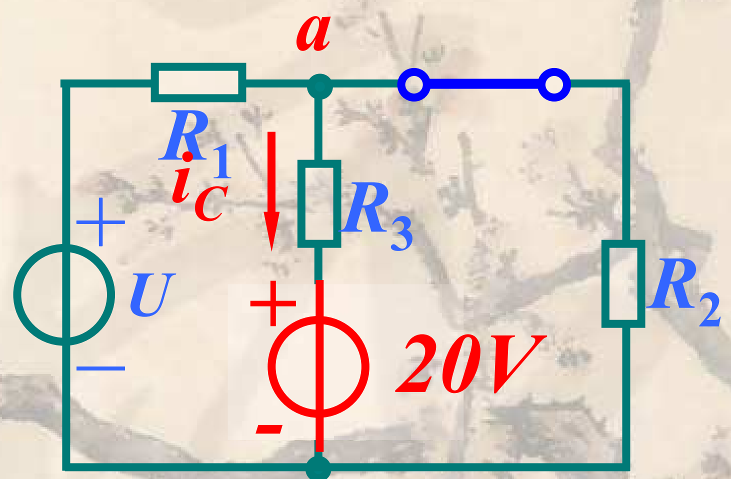
$$=-2.5e^{-\frac{t}{\tau}}mA$$

8－22 已知$R_1=R_3=4\mathrm{k}\Omega$， $R_2=2\mathrm{k}\Omega$， $C=2\mu F$，$U=20V$，求换路后电容电流$i_C(t)$



解：$u_C(0^+)=u_C(0^-)=U=20V$

换路时电容视为电压源



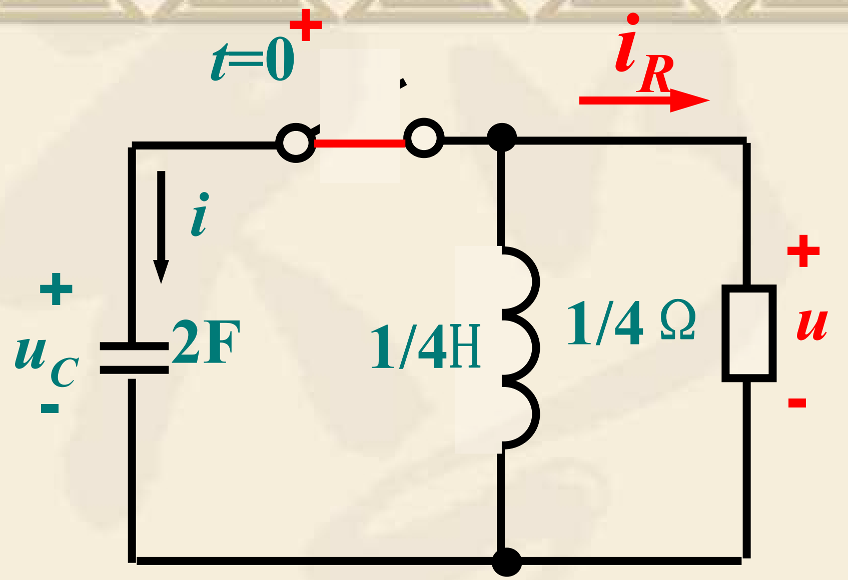
$$V_a(0^+)=\frac{\frac{20}{4}+\frac{20}{4}}{\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+\frac{1}{2}}=10V$$

$$i_C(0^+)=\frac{V_a-u_C(0^+)}{R_3}=-\frac{10}{4}mA$$

$$i_C(\infty)=0$$

$$i_C(t)=i_C(\infty)+[i_C(0^+)-i_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}=-2.5e^{-\frac{t}{\tau}}mA$$

图示电路中，开关在t=0时闭合，已知闭合前电容电压，U_C=2V，则在t=0时电压u及其导数du/dt分别为（ **B** ）



A.2 V， 0

B. 2 V， -4V/S

C.0， 1/4V/S

D.0， -1/2V/S

电容电压不能跳变

电感电流不能跳变，$i_L(0+)=0$

$$i_R(0^+)=\frac{u_C(0^+)}{R}=8A$$

$$i_R(0^+)=-i(0^+)$$

$$=-C\frac{du_C}{dt}=-2\frac{du_C}{dt}=8A$$

正弦交流电路

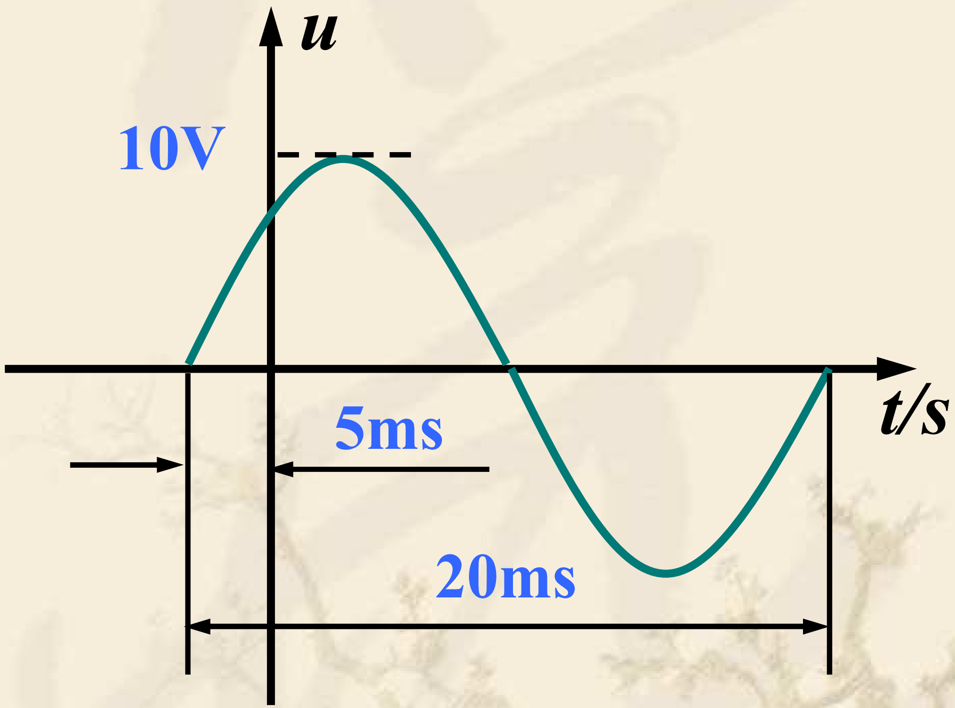
4 图中为某正弦电压的波形图，由图可知，该正弦量的：

(A) 有效值为10V

(B) 角频率为314rad/s

(C) 初相位为60°

(D) 周期为(20-5)ms



$$f = \frac{1}{T} = 50Hz$$

$$\omega = 2\pi f = 314 rad/s$$

06考题

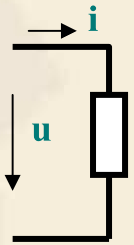
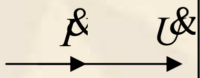
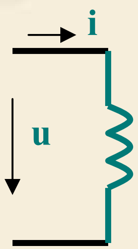
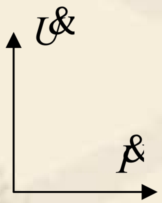
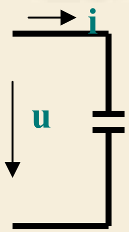
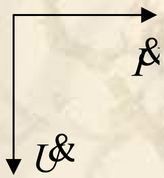
8－8 电源电动势*e*(*t*)=220cos(314*t*+45°),求其有效值相量。

解: $e(t)=220\cos(314t+45°)$

$$=220\sin(314t+90°+45°)$$

$$\dot{E}=\frac{220}{\sqrt{2}}\angle 135°=110\sqrt{2}\angle 135° V$$

单一参数正弦交流电路的分析计算小结

电路参数	电路图（正方向）	基本关系	复数阻抗	电压、电流关系				功率	
				瞬时值	有效值	相量图	相量式	有功功率	无功功率
R		$u=iR$	R	设 $u=\sqrt{2}U\sin\omega t$ 则 $i=\sqrt{2}I\sin\omega t$	$U=IR$	 *u*、*i* 同相	$\dot U=\dot I R$	UI	0
L		$u=L\dfrac{di}{dt}$	jX_L $=j\omega L$	设 $i=\sqrt{2}I\sin\omega t$ 则 $u=\sqrt{2}I\omega L$ $\sin(\omega t+90°)$	$U=IX_L$ $X_L=\omega L$	 *u*领先 *i* 90°	$\dot U=\dot I(j\omega L)$	0	UI I^2X_L
C		$i=C\dfrac{du}{dt}$	$-jX_C$ $=-j\dfrac{1}{\omega C}$ $=\dfrac{1}{j\omega C}$	设 $u=\sqrt{2}U\sin\omega t$ 则 $i=\sqrt{2}\dfrac{U}{1/\omega C}$ $\sin(\omega t+90°)$	$U=IX_C$ $X_C=1/\omega C$	 *u*落后 *i* 90°	$\dot U=\dot I\left(\dfrac{1}{j\omega C}\right)$	0	$-UI$ $-I^2X_C$

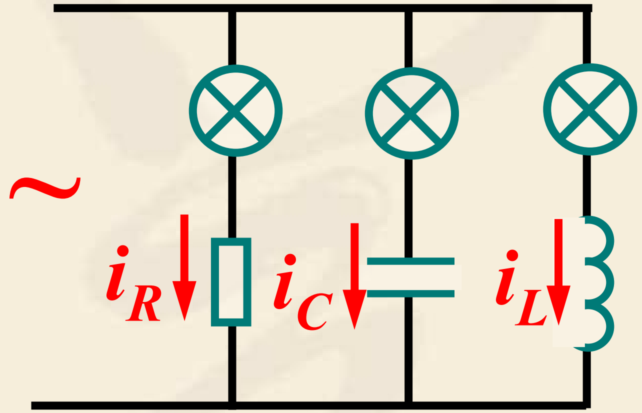
图示电路输入正弦交流电压的频率提高后，三个灯泡的亮度变化是（　　　　）

（A）串接于电阻R的灯泡变亮

（B）串接于电容C的灯泡变亮

（C）串接于电感L的灯泡变亮

（D）亮度都不变



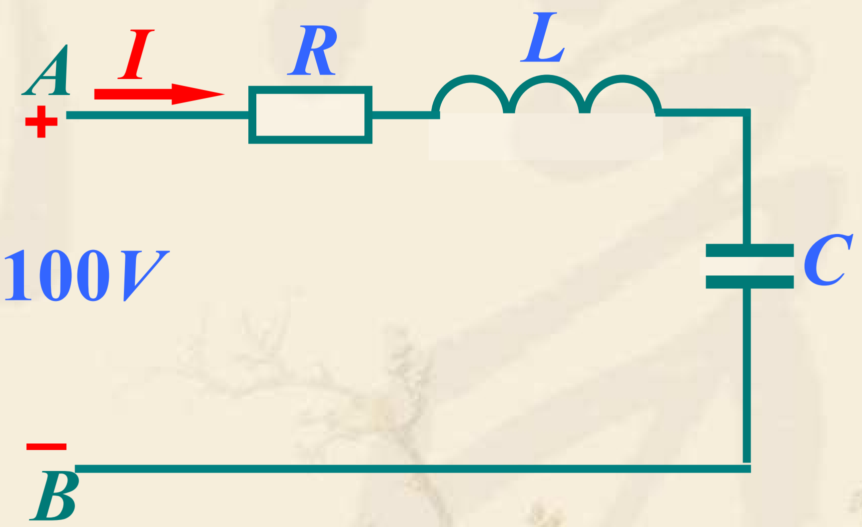
2 ***RLC*串联电路如图，其中，*R*=1*k*Ω，*L*=1*mH*，*C*=1*μF*，如果用一个100V的直流电压加在该电路的A-B端口，则电路电流I为：**

(A) 0A

(B) 0.1A

(C) -0.1A

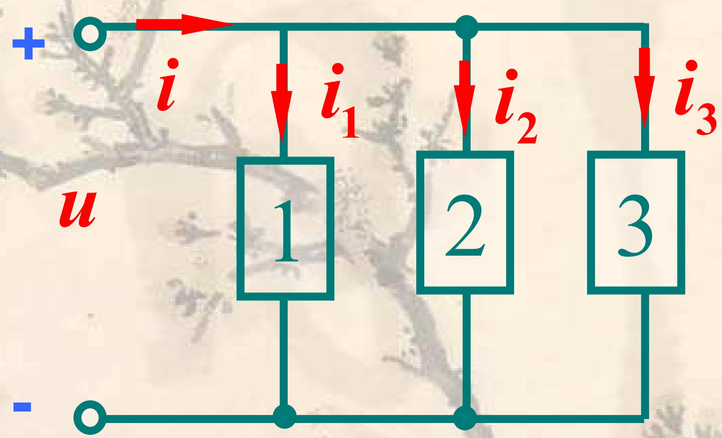
(D) 100A

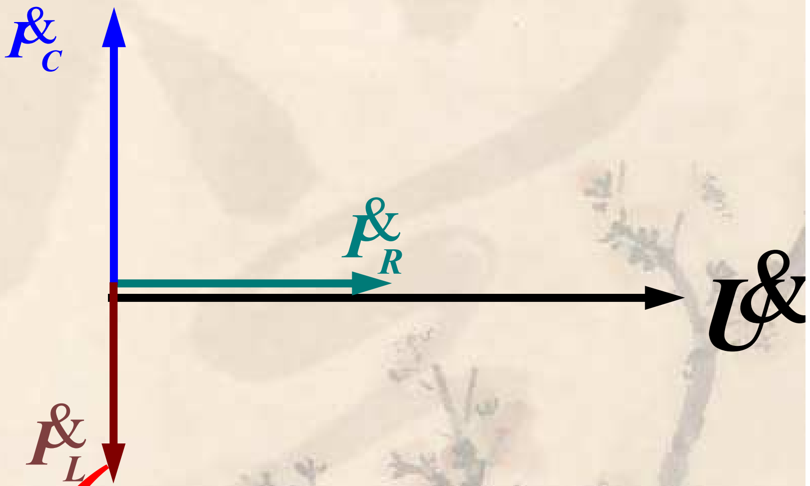


电容对直流容抗无穷大 $X_C = \dfrac{1}{\omega C}$

07年考题

$u=100sin(10t+45^{o})V$， $i_1=10sin(10t+45^{o})A$，$i_2=20sin(10t+135^{o})$， $i_3=10sin(10t-45^{o})A$， 元件1、2、3的性质和参数为（　　）





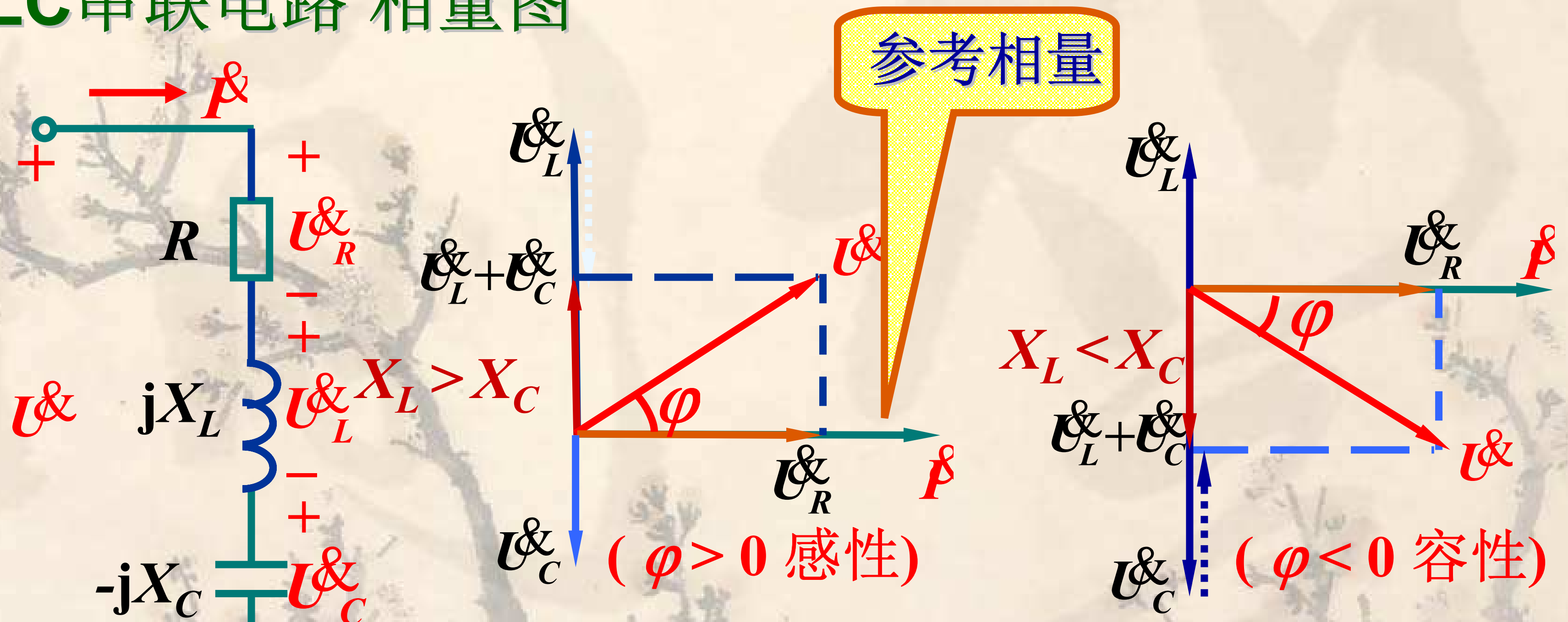
A）$R=10\Omega$， $C=0.02F$， $L=0.5H$ ✓

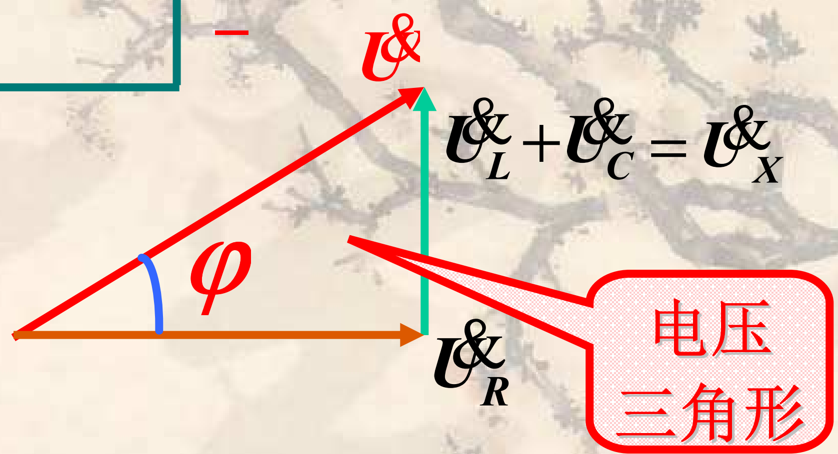
B）$L=0.5H$ ， $C=0.02F$， $R=20\Omega$ ✗

C）$R=10\Omega$， $L=10H$ ， $C=5F$ ✗

D）$R=5\Omega$， $L=0.5H$ ， $C=0.02F$ ✗

RLC串联电路 相量图



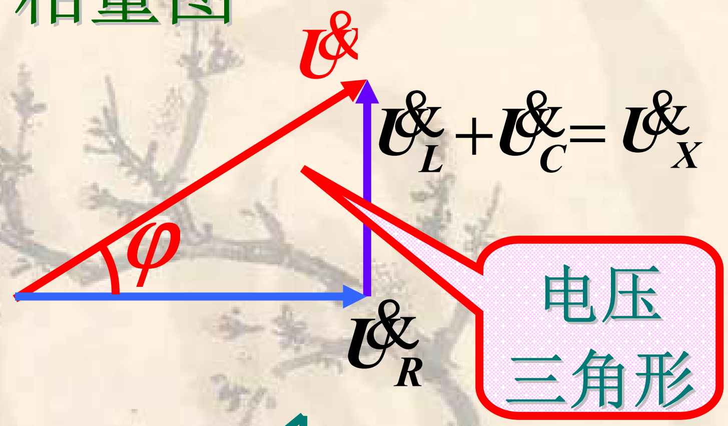


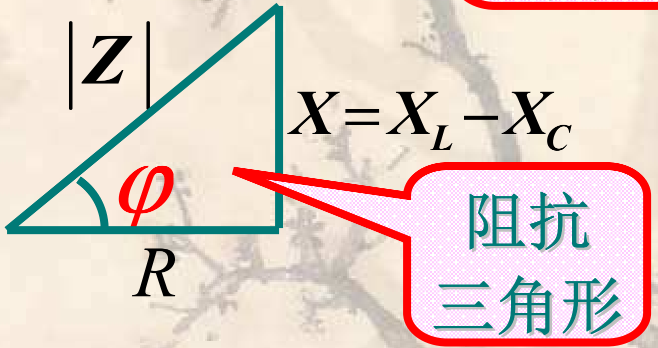
由电压三角形可得:

$$U_R = U\cos\varphi$$

$$U_x = U\sin\varphi$$

2) 相量图





由阻抗三角形:

$$R = |Z|\cos\varphi$$

$$X = |Z|\sin\varphi$$

由相量图可求得:

$$U=\sqrt{U_R{}^2+(U_L-U_C)^2}$$

$$=I\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$$

$$=I\sqrt{R^2+X^2}$$

$$=I|Z|$$

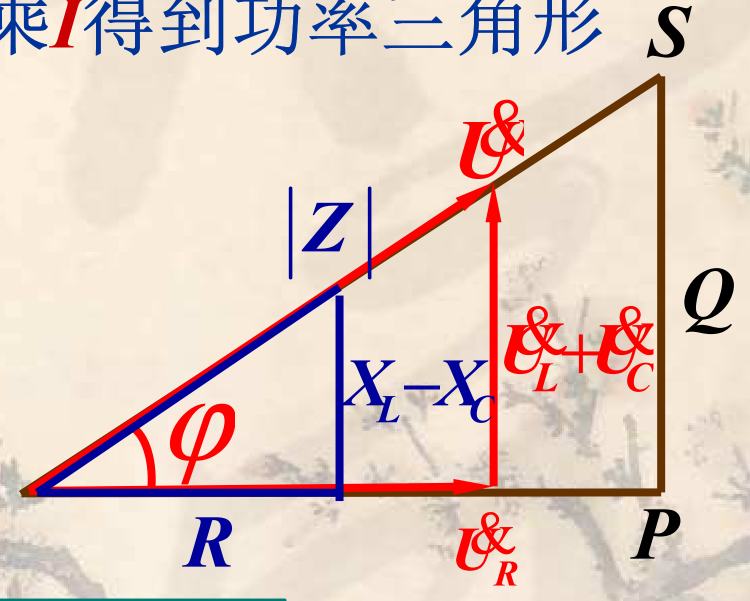
$$|Z|=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$$

$$\varphi=\arctan\frac{X_L-X_C}{R}$$

阻抗三角形、电压三角形、功率三角形

将电压三角形的有效值同除*I*得到阻抗三角形

将电压三角形的有效值同乘*I*得到功率三角形



$$U=\sqrt{U_R^2+(U_L-U_C)^2}$$

$$U_R=U\cos\varphi$$

$$U_X=U\sin\varphi$$

$$|Z|=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$$

$$R=|Z|\cos\varphi$$

$$X=|Z|\sin\varphi$$

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

$$P=S\cos\varphi$$

$$Q=S\sin\varphi$$

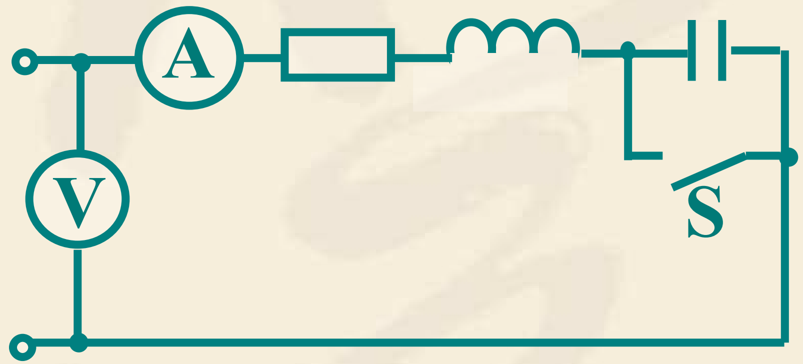
$$P=IU_R$$

图示电路电流表读数为10A，电压表读数为100V，开关S接通和断开时两表读数不变，可判定

A) $X_L=X_C$

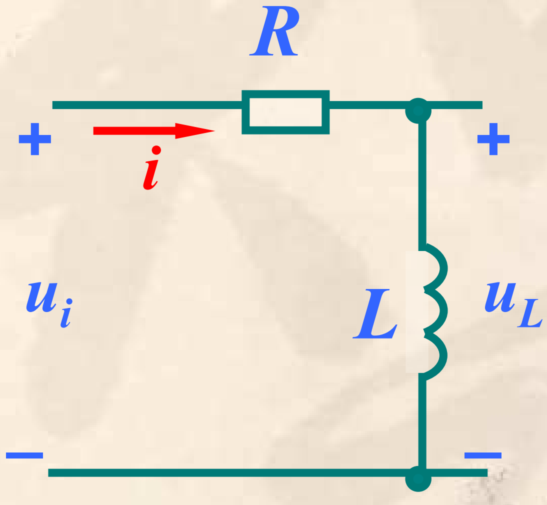
B) $X_L=2X_C$

C) $2X_L=X_C$



$$|Z|=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$$

5 图示电路 $u_i = \sqrt{2}U_i\sin(\omega t+\phi)$ 时，电感元件上的响应电压 u_L 的有效值 U_L 为：



$$(A)\ \frac{L}{R+L}U_i$$

$$(B)\ \frac{\omega L}{R+\omega L}U_i$$

$$(C)\ \frac{\omega L}{|R+j\omega L|}U_i$$

$$(D)\ \frac{j\omega L}{R+j\omega L}U_i$$

解：

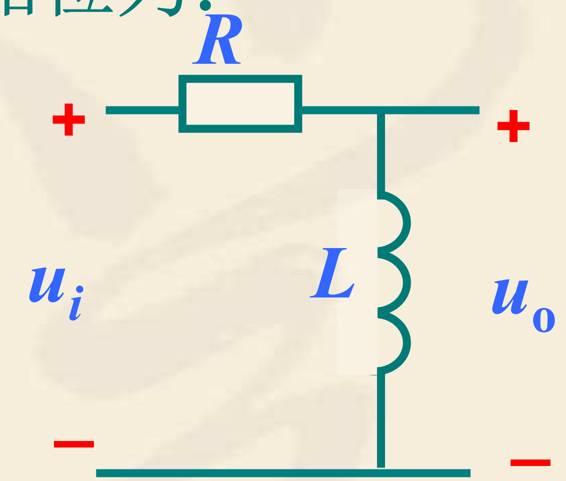
$$U_L = IX_L$$

$$I = \frac{U_i}{|Z|}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2+(\omega L)^2}$$

06考题

5 当图示电路的激励电压 $u_i = \sqrt{2}U_i \sin(\omega t + \varphi)$ 时，电感元件上的响应电压u_o的初相位为：



(A) $90° - tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R}$ (B) $90° - tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R} + \varphi$

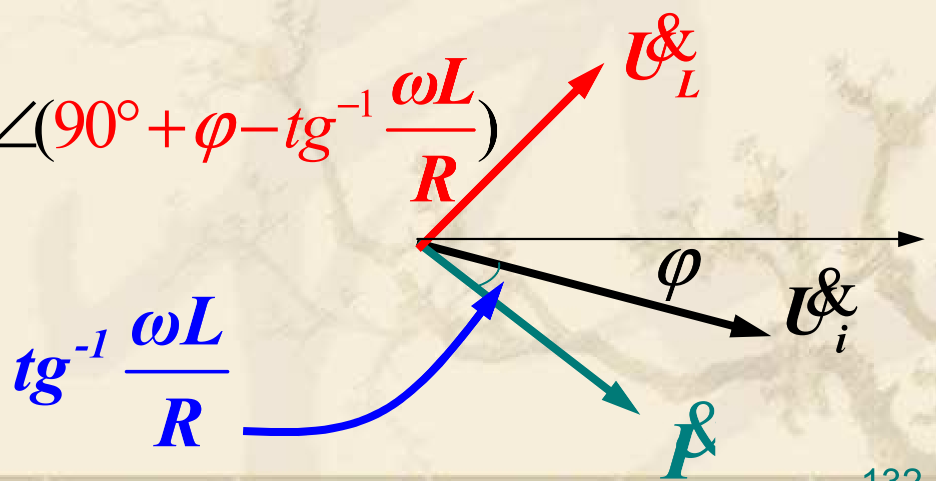
(C) $tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R}$ (D) $\varphi - tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R}$

$\dot{U}_i = U_i \angle \varphi$ $\dot{U}_L = j\omega L \dot{I}$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_i}{Z} = \frac{U_i \angle \varphi}{|Z| \angle tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R}}$$

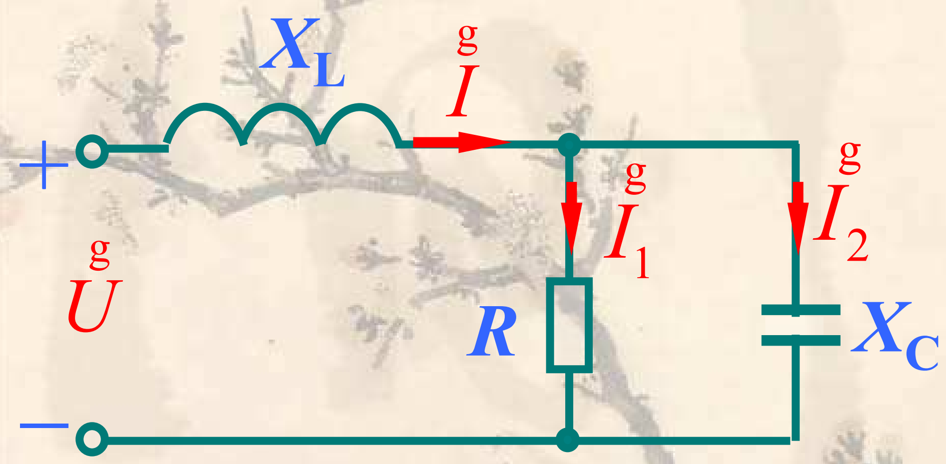
$$= I \angle (\varphi - tg^{-1}\frac{\omega L}{R})$$

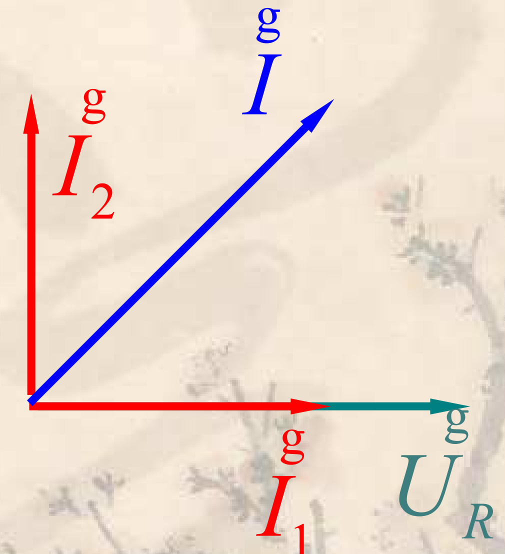
$= \omega L I \angle (90° + \varphi - tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R})$



07考题

8－9 已知I_1=I_2=1A，总电流I=（　　）A



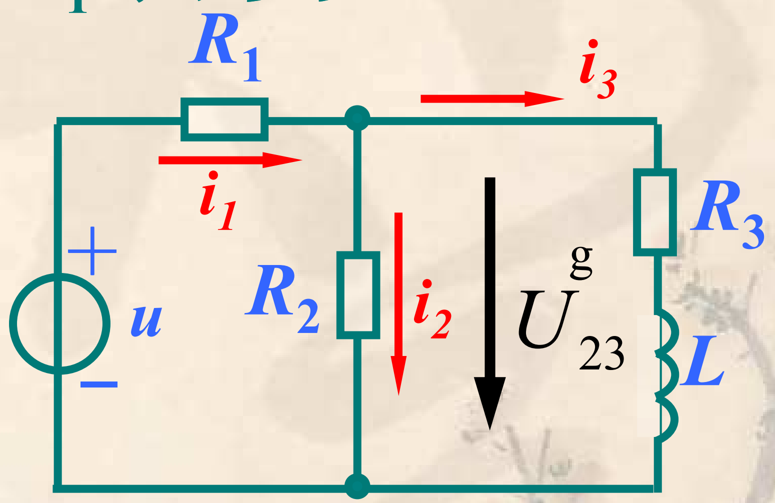


解：

$$\dot{I}_1 = 1\angle 0°,\ \dot{I}_2 = 1\angle 90°$$

$$\dot{I} = \sqrt{2}\angle 45°$$

3 图示电路，正弦电流i_2的有效值I_2=1A，i_3的有效值I_3=2A，因此电流i_1的有效值I_1等于多少？



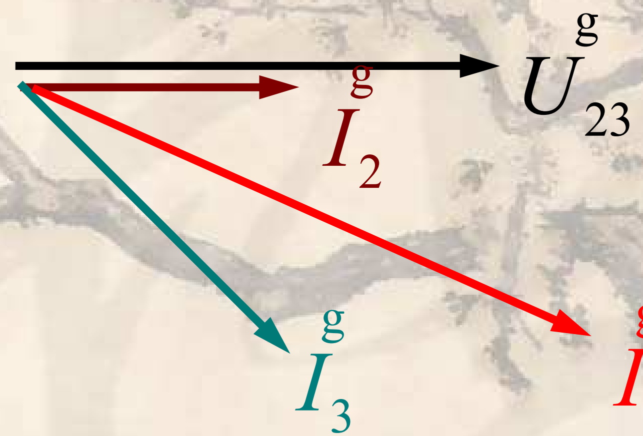
解：

$(A)\ \sqrt{1+2^2} \approx 2.24A$

$(B)\ 1+2=3A$

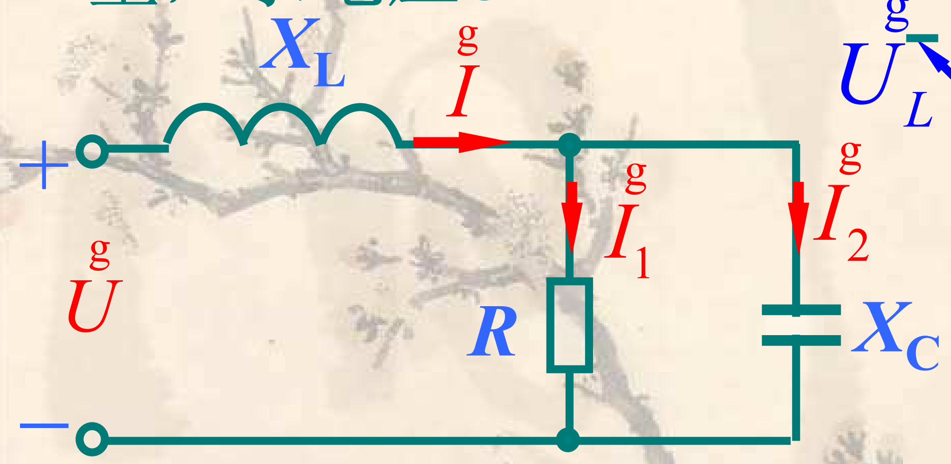
$(C)\ 2-1=1A$

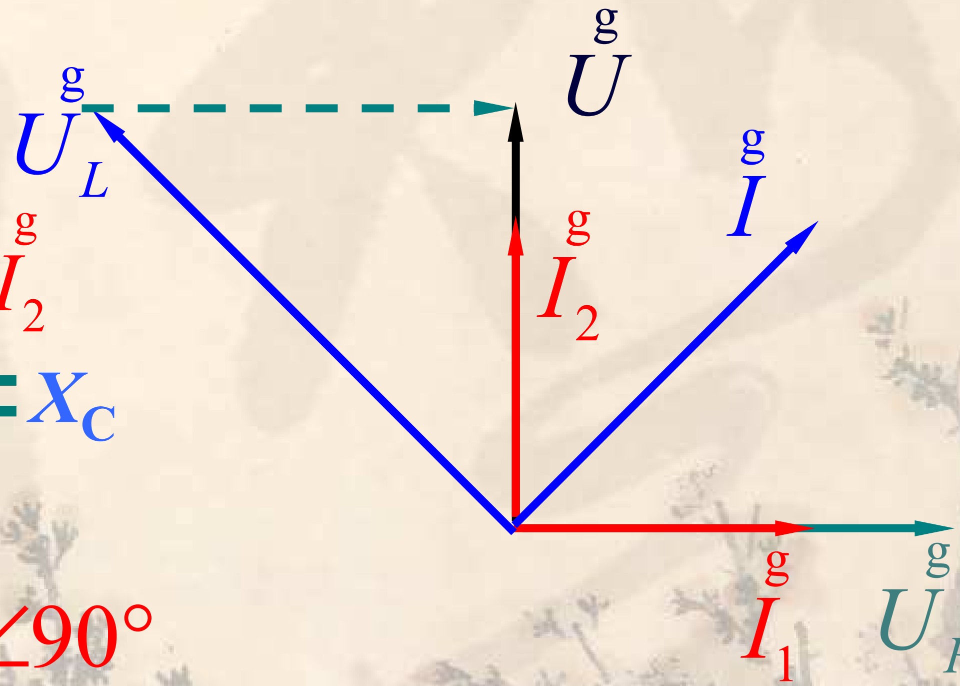
（**D**）不能确定



05考题

8－10　已知$I_1=I_2=1$A，$X_L=R=10\,\Omega$，以$\dot{I}_1$为参考相量，求电压U





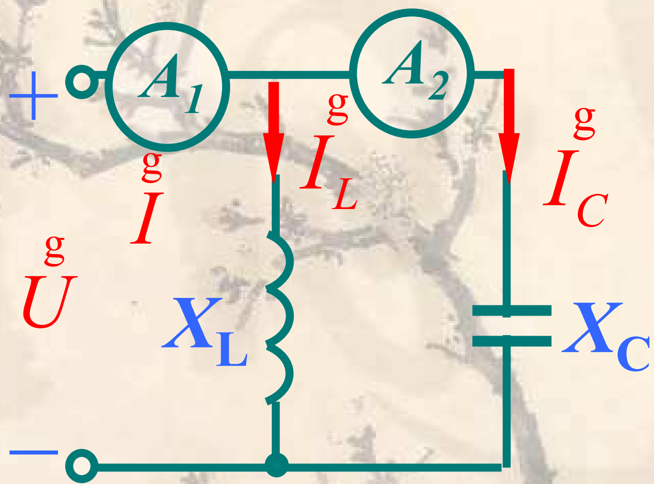
解：$\dot{I}_1=1\angle 0°,\ \dot{I}_2=1\angle 90°$

$$\dot{I}=\sqrt{2}\angle 45° \qquad \dot{U}_L=jX_L\dot{I}=10\sqrt{2}\angle 135°$$

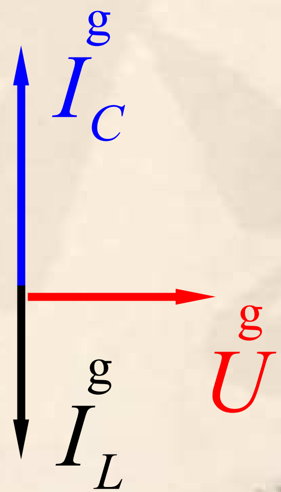
$$\dot{U}_R=\dot{I}_1 R=10\angle 0°$$

$$\dot{U}=\dot{U}_L+\dot{U}_R=10\sqrt{2}\left(-\frac{\sqrt{2}}{2}+j\frac{\sqrt{2}}{2}\right)+10=j10=10\angle 90°$$

8－12　已知电流表A_1和A_2的读数分别为5A和3A，求通过电感的电流I_L



解：



$I=I_L-I_C$，$I_L=5+3=8A$

例： 在*RLC*串联交流电路中，已知：

$$R = 30\Omega,\ L = 127\text{mH},\ C = 40\mu\text{F}$$

$$u = 220\sqrt{2}\sin(314t + 20^\circ)\text{V}$$

求:(1)电流的有效值*I*与瞬时值 *i* ;(2) 各部分电压的有效值与瞬时值；(3) 作相量图；(4)有功功率*P*、无功功率*Q*和视在功率*S*。

解： $$X_L = \omega L = 314 \times 127 \times 10^{-3}\,\Omega = 40\,\Omega,$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \times 40 \times 10^{-6}}\,\Omega = 80\,\Omega,$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{30^2 + (40-80)^2}\,\Omega = 50\,\Omega,$$

方法1：

(1) $$I=\frac{U}{|Z|}=\frac{220}{50}\text{A}=4.4\text{A}$$

$$\varphi=\arctan\frac{X_L-X_C}{R}=\arctan\frac{40-80}{30}=-53°$$

因为 $\varphi=\psi_u-\psi_i=-53°$, 所以 $\psi_i=73°$

$$i=4.4\sqrt{2}\sin(314t+73°)\text{A}$$

(2) $$U_R=IR=4.4\times30\text{V}=132\text{V}$$

$$u_R=132\sqrt{2}\sin(314t+73°)\text{V}$$

$$U_L=IX_L=4.4\times40\text{ V}=176\text{V}$$

$$u_L=176\sqrt{2}\sin(314t+163°)\text{V}$$

方法1： $U_C = IX_C = 4.4 \times 80 = 352\text{V}$

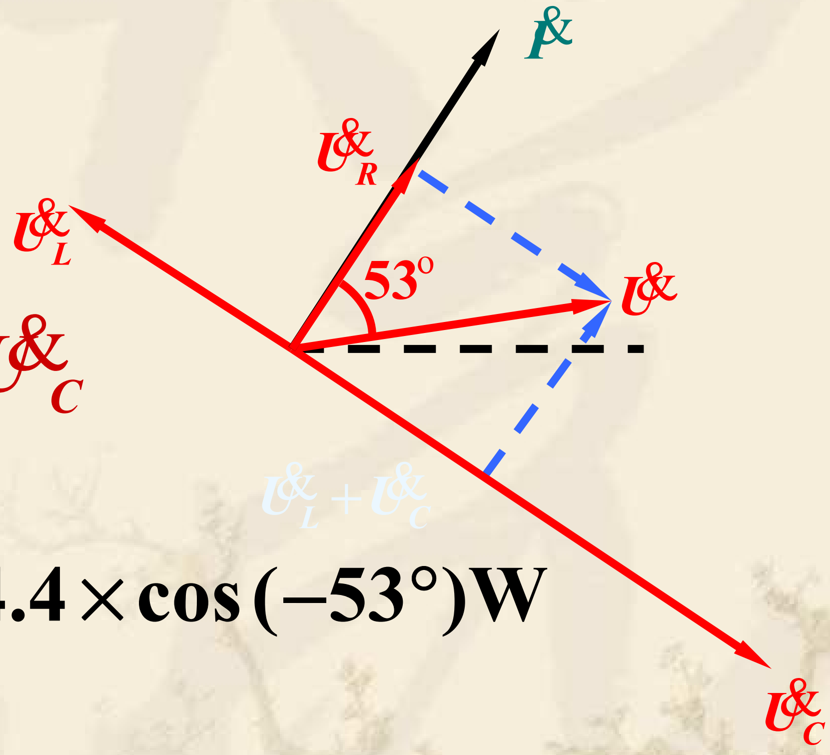
$$u_C = 352\sqrt{2}\sin(314t - 17°)\text{V}$$

通过计算可看出：

$$U \neq U_R + U_L + U_C$$

而是 $\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$

(3)相量图



(4) $P = UI\cos\varphi = 220 \times 4.4 \times \cos(-53°)\text{W}$

$$= 580.8\text{W}$$

或 $P = U_R I = I^2 R = 580.8\text{W}$

(4) $Q = UI\sin\varphi = 220\times 4.4\times\sin(-53°)\mathrm{var}$

$= -774.4\mathrm{var}$ 呈容性

或 $Q=(U_L - U_C)I = I^2(X_L - X_C) = -774.4\mathrm{var}$

方法2：复数运算

解：$\dot{U} = 220\angle 20°\mathrm{V}$

$$Z = R + \mathrm{j}(X_L - X_C) = (30-\mathrm{j}40)\Omega = 50\angle -53°\Omega$$

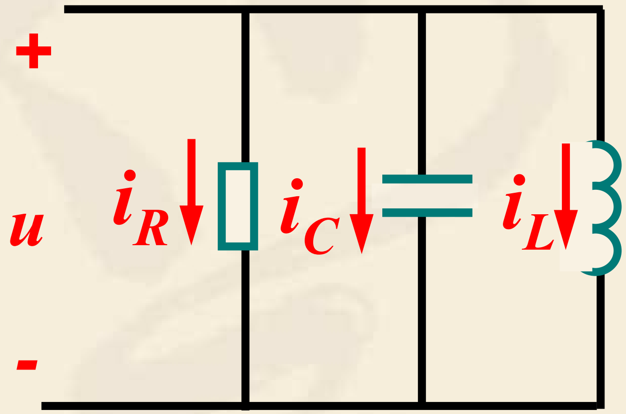
$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} = \frac{220\angle 20°}{50\angle -53°}\mathrm{A} = 4.4\angle 73°\mathrm{A}$$

$$\dot{U}_R = \dot{I}R = 4.4\angle 73°\times 30\mathrm{V} = 132\angle 73°\mathrm{V}$$

$$\dot{U}_L = \mathrm{j}\dot{I}X_L = \mathrm{j}4.4\times 40\angle 73°\mathrm{V} = 176\angle 163°\mathrm{V}$$

$$\dot{U}_C = -\mathrm{j}\dot{I}X_C = -\mathrm{j}4.4\times 80\angle 73°\mathrm{V} = 352\angle -17°\mathrm{V}$$

图示电路输入正弦交流电压u，当$X_L>X_C$时，电压u与i的相位关系是（ **B** ）

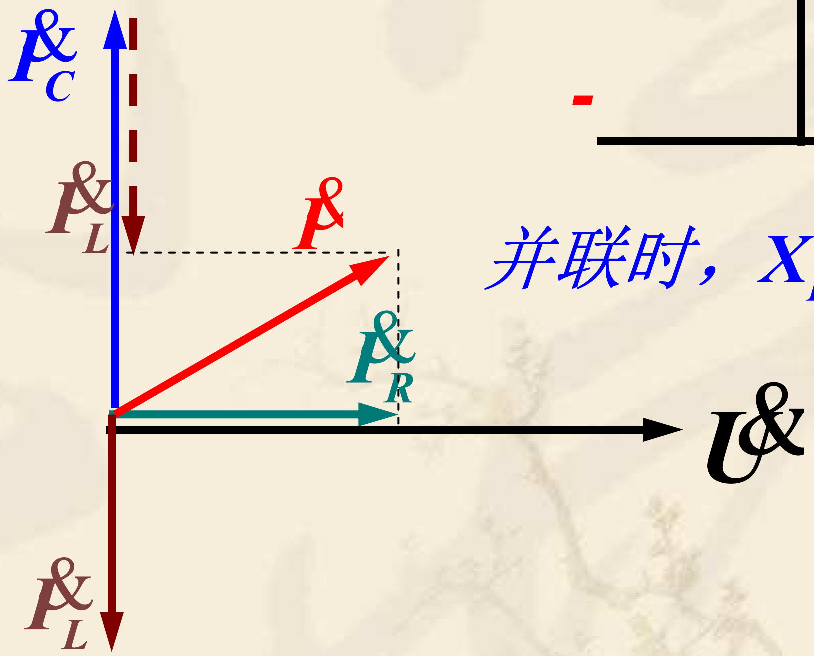


（A）超前i

（B）滞后i ✓

（C）与i反相

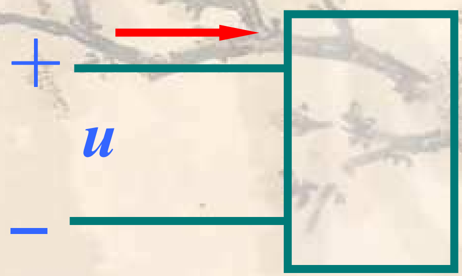
（D）与i同相



并联时，$X_L>X_C$，$I_L<I_C$

比较：串联时，$X_L>X_C$，电感性电路电压超前电流

4 图示电路，$u=141\sin(314t-30°)$V，$i=14.1\sin(314t-60°)$A，这个电路的有功功率P等于多少？



$$\cos\varphi = \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

$$= \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866$$

$$U = 100V$$

$$I = 10A$$

$$P = UI\cos\varphi = 866W$$

功率因数角Φ是电压和电流的相位差

(A) 500W

(B) 866W

(C) 1000W

(D) 1988W

05考题

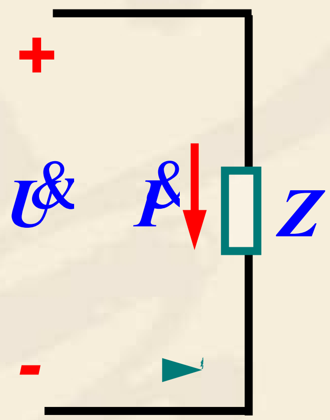
图示电路 $\dot{U}=10\angle-30^\circ$ ，$\dot{I}=2\angle-90^\circ$ ，P=(**D**)

（A）20

（B）17.3

（C）0

（D）10 ✓



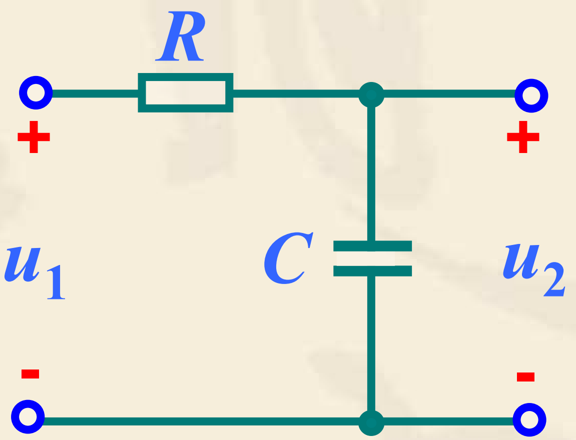
$$P=UI\cos\varphi=UI\cos(\varphi_u-\varphi_i)$$

交流电路的频率特性

交流电路中，感抗和容抗都与频率有关，当电源电压（激励）的频率改变时，即使电压的幅值不变，电路中各部分电流和电压（响应）的大小和相位也会随着改变。响应与频率的关系称为电路的频率特性或频率响应。

RC电路的频率特性

1、RC低通滤波电路



$$T(j\omega)=\frac{\dot U_2}{\dot U_1}=\frac{\frac{1}{j\omega C}}{R+\frac{1}{j\omega C}}=\frac{1}{1+j\omega RC}$$

$$=\frac{1}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}}\angle-\arctan(\omega RC)$$

$$=T(\omega)\angle\varphi(\omega)$$

幅频特性：

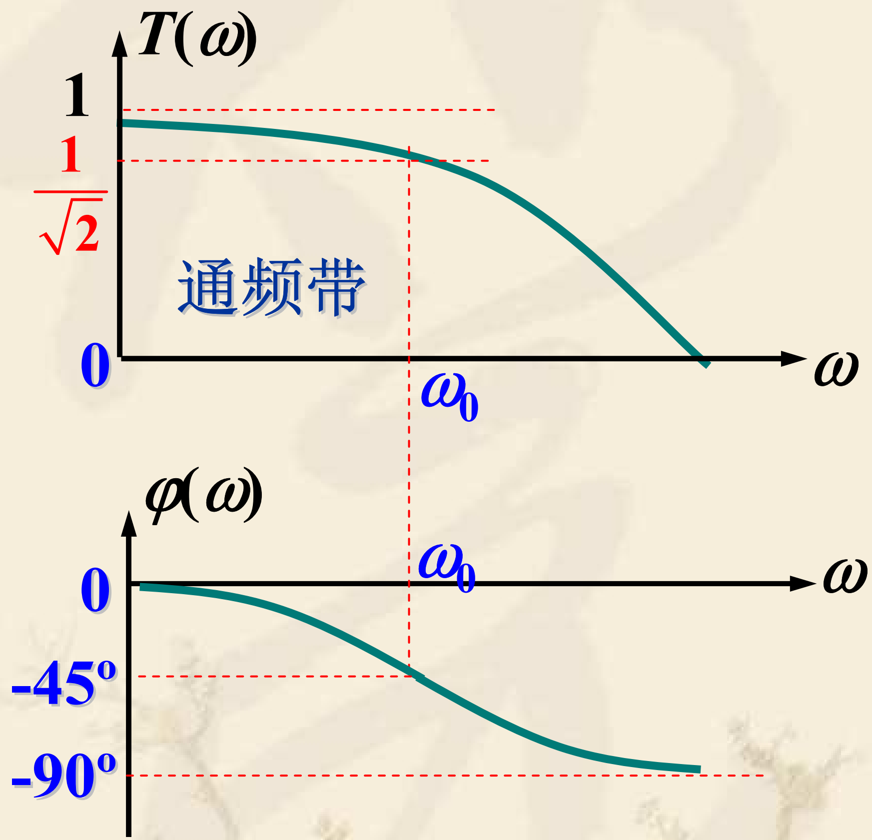
$$T(\omega)=\frac{U_2}{U_1}=\frac{1}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}}$$

相频特性：

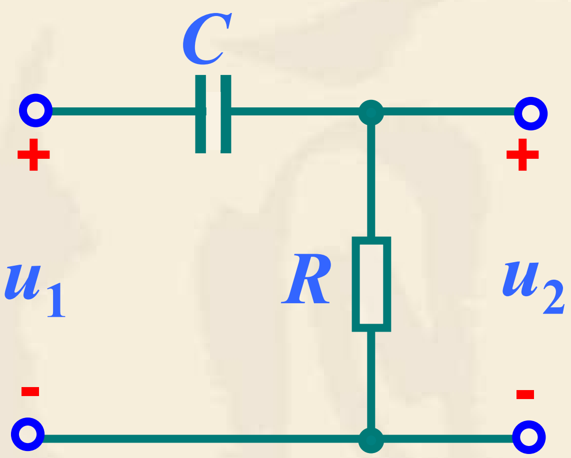
$$\varphi(\omega)=\theta_2-\theta_1=-\arctan(\omega RC)$$

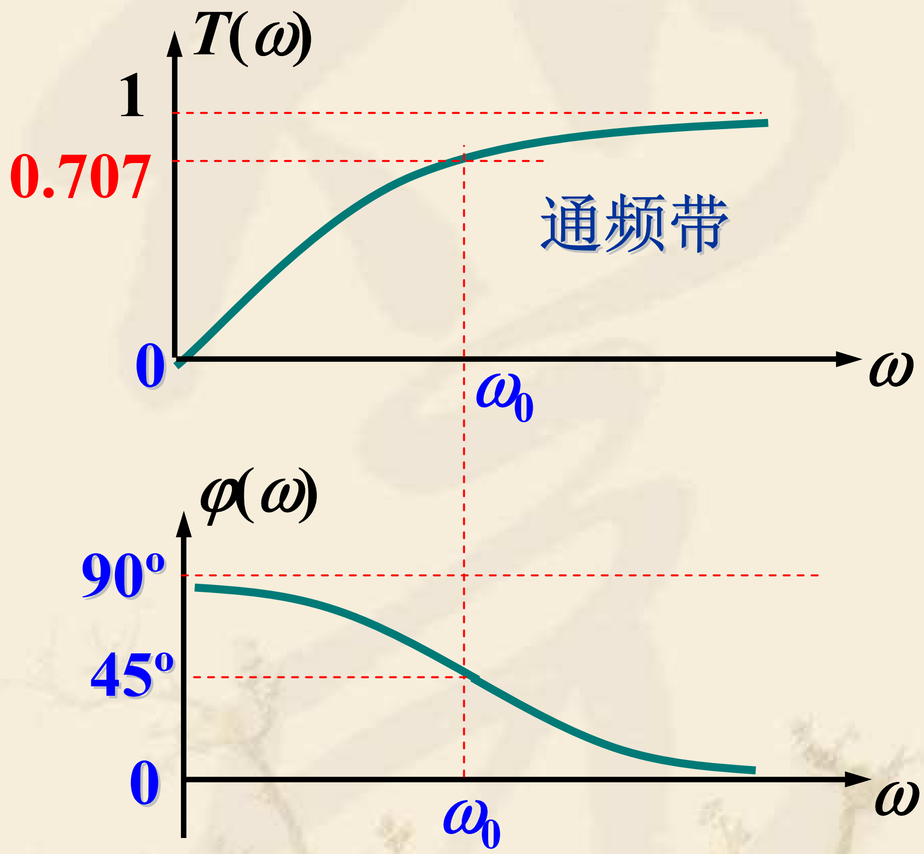
截止角频率：

$$\omega_0=\frac{1}{RC}$$



3、RC高通滤波电路





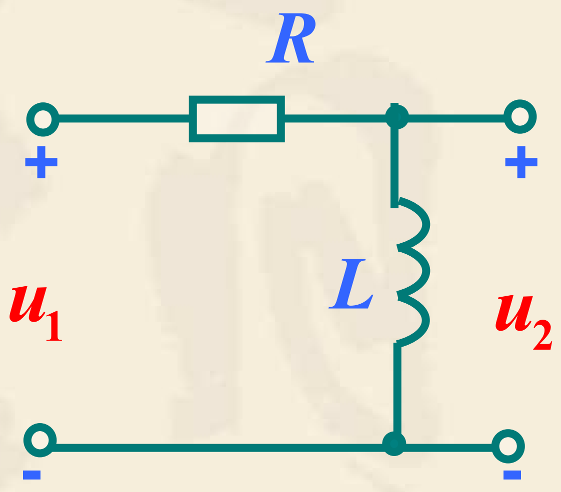
$$T(j\omega)=\frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}=\frac{R}{R+\dfrac{1}{j\omega C}}=\frac{1}{1-j\dfrac{1}{\omega RC}}$$

$$=\frac{1}{\sqrt{1+\left(\dfrac{1}{\omega RC}\right)^2}}\angle\arctan\frac{1}{\omega RC}$$

$$=T(\omega)\angle\varphi(\omega)$$

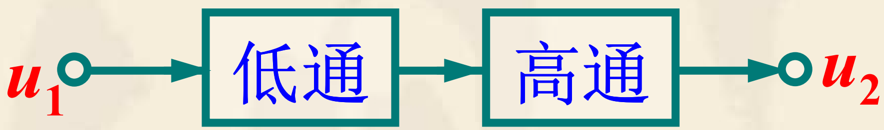
截止角频率：

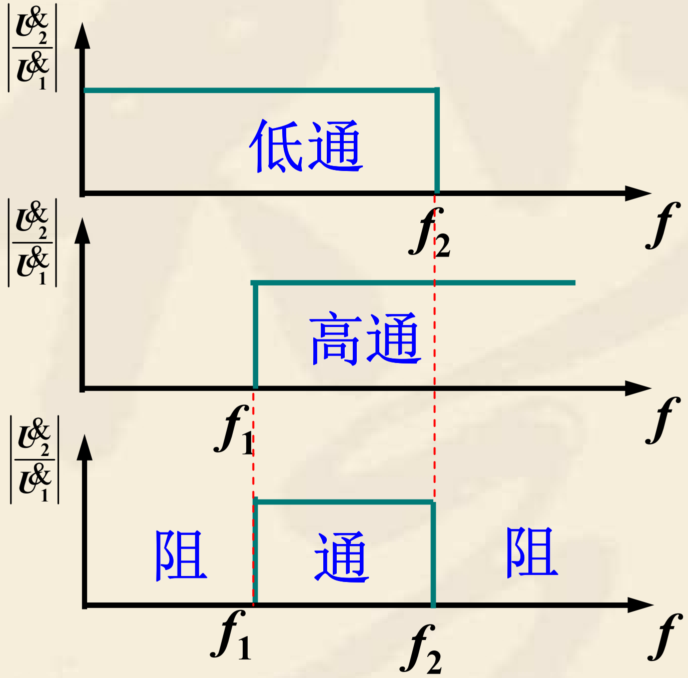
$$\omega_0=\frac{1}{RC}$$

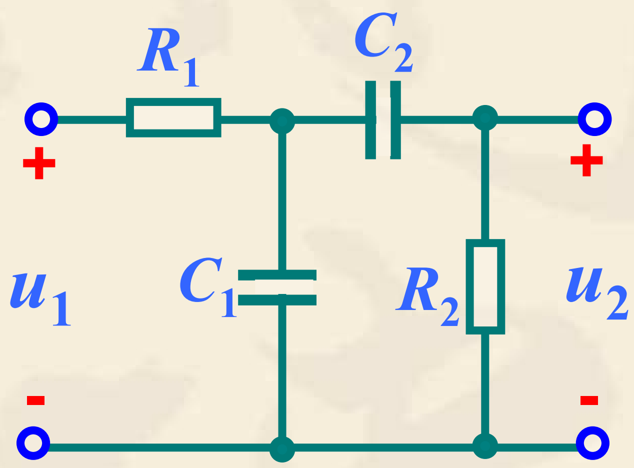

R
+
+
u1
L
u2
-
-

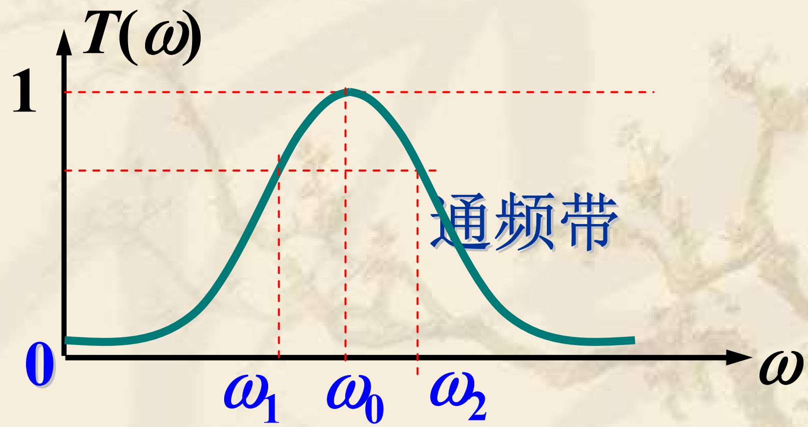
3、带通滤波电路

带通滤波器原理示意图





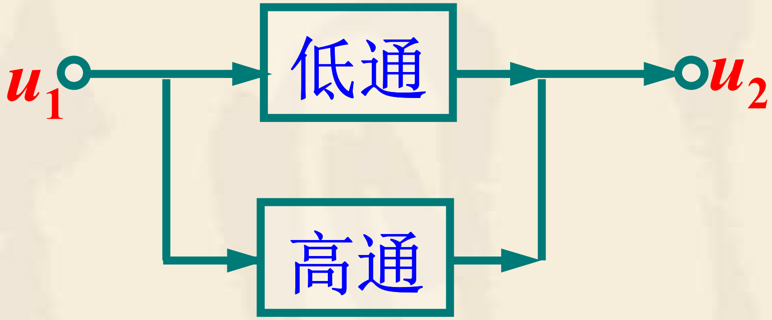


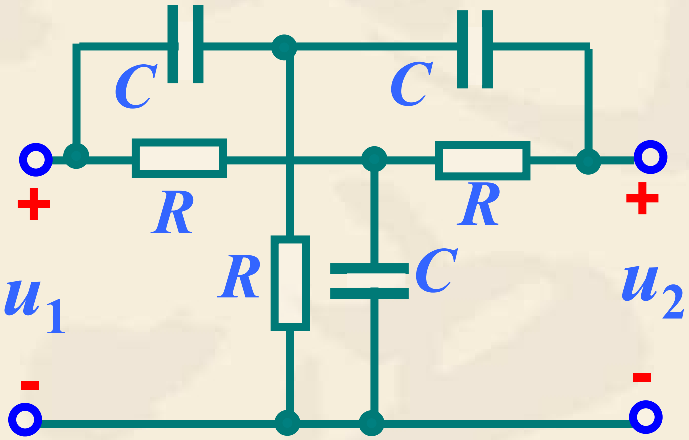


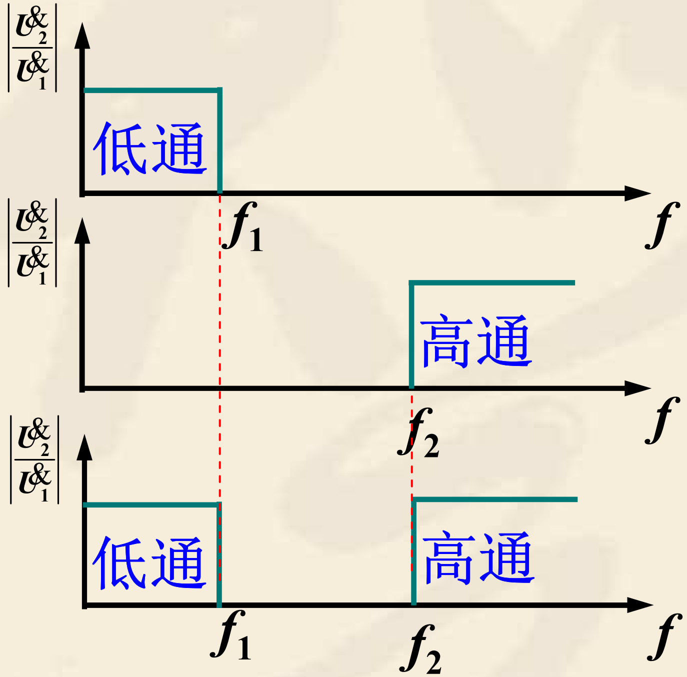
中心角频率：$\omega_0 = \dfrac{1}{RC}$

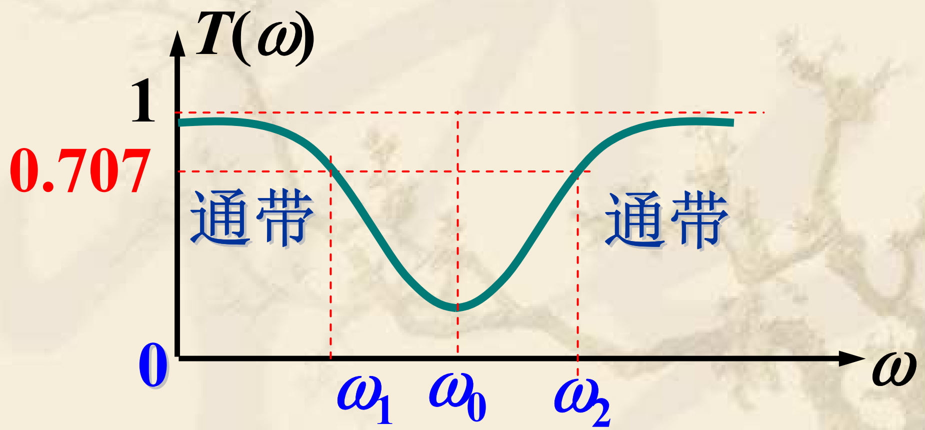
4、RC带阻滤波电路

带阻滤波器原理示意图









中心角频率：$\omega_0 = \dfrac{1}{RC}$

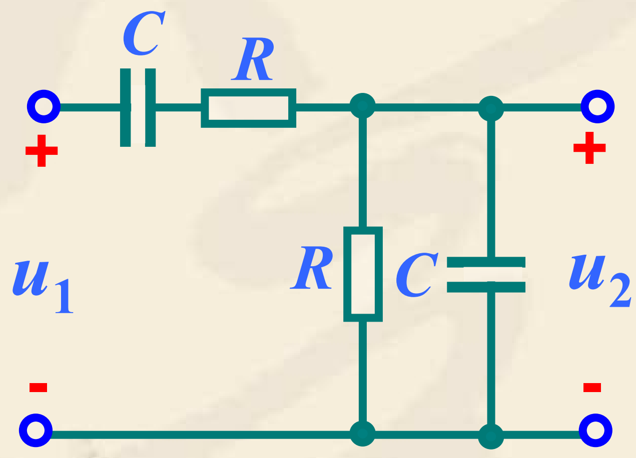
图示电路是（　　）滤波电路

A）低通

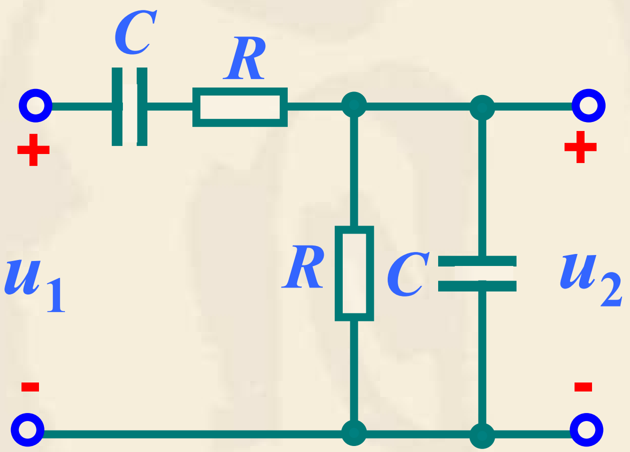
B）高通

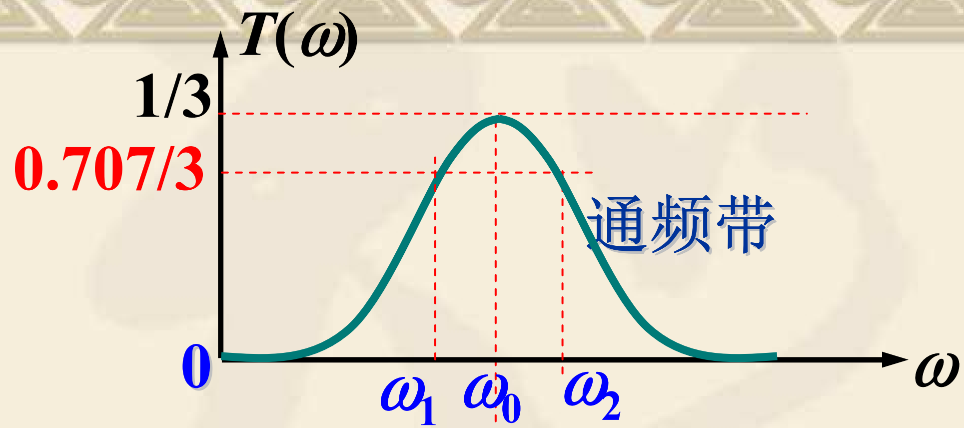
✓ C）带通

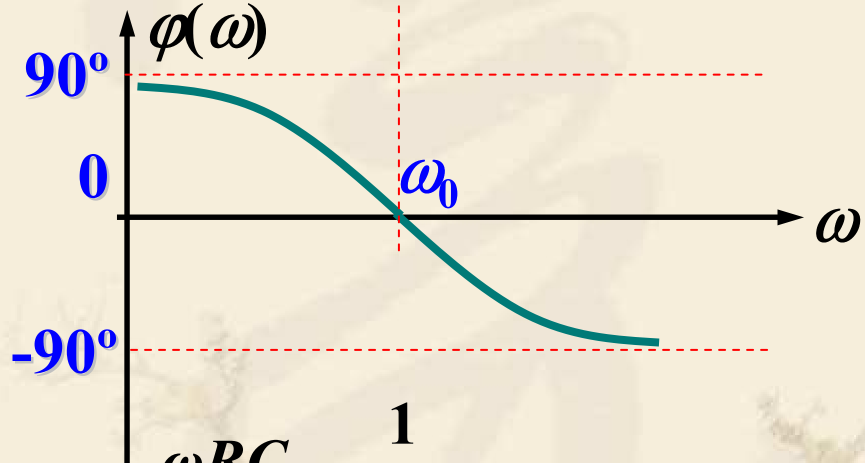
D）带阻



RC带通滤波电路







$$T(j\omega)=\frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$$

$$=\frac{1}{\sqrt{3^2+(\omega RC-\frac{1}{\omega RC})^2}}\angle -\arctan\frac{\omega RC-\frac{1}{\omega RC}}{3}$$

$$=T(\omega)\angle\varphi(\omega)$$

中心角频率: $\omega_0=\frac{1}{RC}$

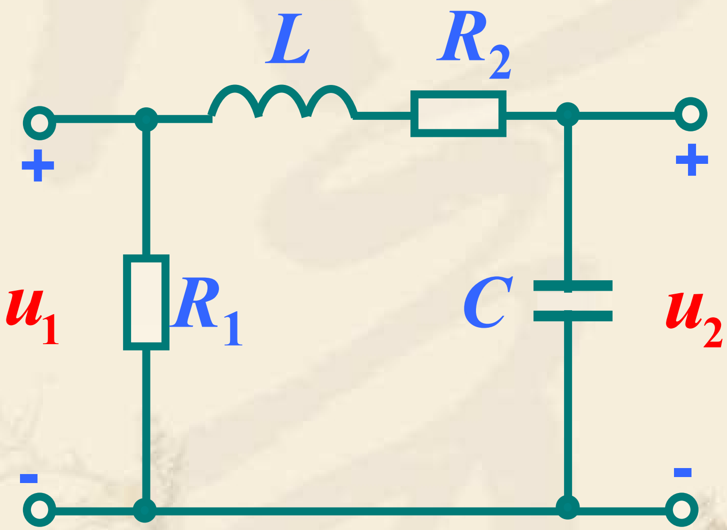
图示电路的频率特性表达式为（ **B** ）

A） $R_1 // (R_2 + j\omega L + \dfrac{1}{j\omega C})$

✓ B） $\dfrac{\dfrac{1}{j\omega C}}{R_2 + j\omega L + \dfrac{1}{j\omega C}}$

C） $\dfrac{C}{R_2 + L}$

D） $\dfrac{u_2}{u_1}$



频率特性：

$$T(\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$$

幅频特性：

$$F(\omega) = \left| \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} \right|$$

相频特性：

$$\varphi(\omega) = \frac{\angle \dot{U}_2}{\angle \dot{U}_1}$$

电路中的谐振

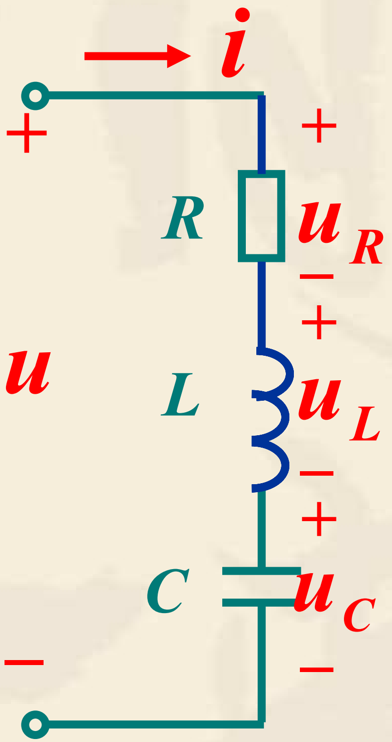
在同时含有*L* 和*C* 的交流电路中，如果**总电压和总电流同相，称电路处于谐振状态**。此时电路与电源之间不再有能量的交换，电路呈电阻性。

串联谐振：*L* 与 *C* 串联时 *u*、*i* 同相

并联谐振：*L* 与 *C* 并联时 *u*、*i* 同相

串联谐振

串联谐振电路



1. 谐振条件

由定义，谐振时：$\dot{U}$、$\dot{I}$同相

即 $\varphi = \arctan \dfrac{X_L - X_C}{R} = 0$

谐振条件： $X_L = X_C$

或： $\boxed{\omega_o L = \dfrac{1}{\omega_o C}}$

谐振时的角频率

2. 谐振频率

$$\boxed{f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$

*RLC*串联电路中，保持电源电压*U*=10V，当调节电源频率为1000*Hz*时，电流达到最大值I_{max}=60*mA*，已知电路的品质因数*Q*=4，电路的电感最接近（ B ）

谐振

（A）0.24H

（B）0.11H ✓

（C）6.28H

（D）9.74H

$$I_{max}=\frac{U}{R}\qquad R=\frac{U}{I_{max}}$$

$$Q=\frac{X_L}{R}=\frac{2\pi fL}{R}$$

$$L=\frac{RQ}{2\pi f}=\frac{\frac{U}{I_{max}}Q}{2\pi f}=\frac{\frac{10}{60\times10^{-3}}\times4}{2\pi\times1000}\approx0.11\mathrm{H}$$

*RLC*并联电路发生谐振时角频率ω$_0$与电路参数的关系是（**B**）

（A）　$\omega_0^2 = LC$

（B）　$\omega_0^2 = \dfrac{1}{LC}$ ✔

（C）　$\omega_0 = \dfrac{1}{LC}$

（D）　$\omega_0 = LC$

并联电路发生谐振条件依然是$X_L = X_C$(电阻R很小时)

4 当RLC串联电路发生谐振时，一定有：

(A) $L=C$

(B) $\omega L = \omega C$

(C) $\omega L = \dfrac{1}{\omega C}$

(D) $U_L+U_C=0$

07考题

8－11 对正弦稳态交流电路，以下说法正确的是（ ）

A） 当元件R、L、C串联时，端口总电压有效值一定大于每个元件电压的有效值。$U = I|Z|$ $U_L = IX_L$ $U_C = IX_C$

B）当元件R、L、C并联时，L和C支路电流实际反向。

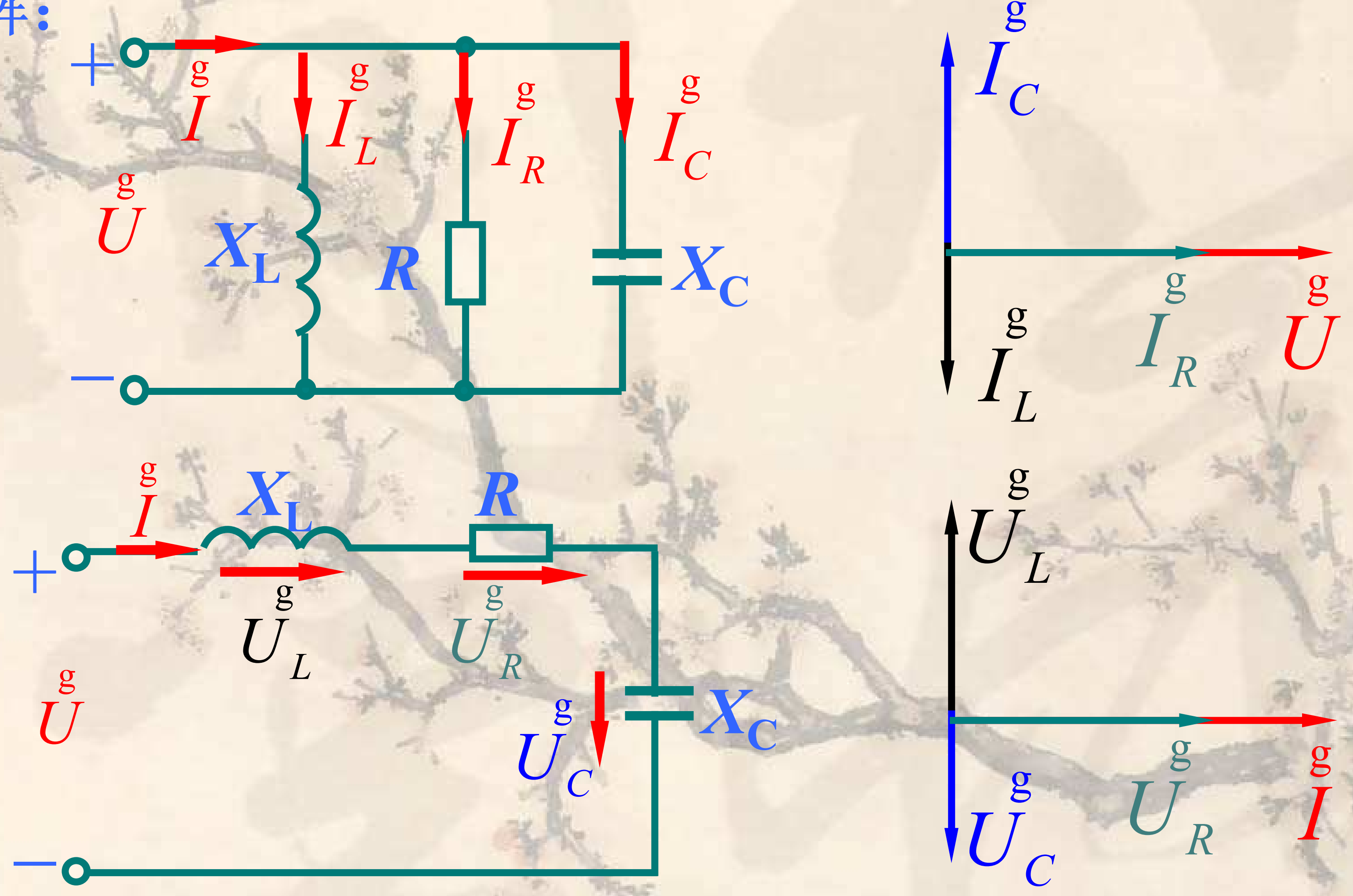
C） 对电感性电路，当电源频率增大时，|Z|将减小。

D） 当元件R、L、C串联谐振时，电路电流达到最小。

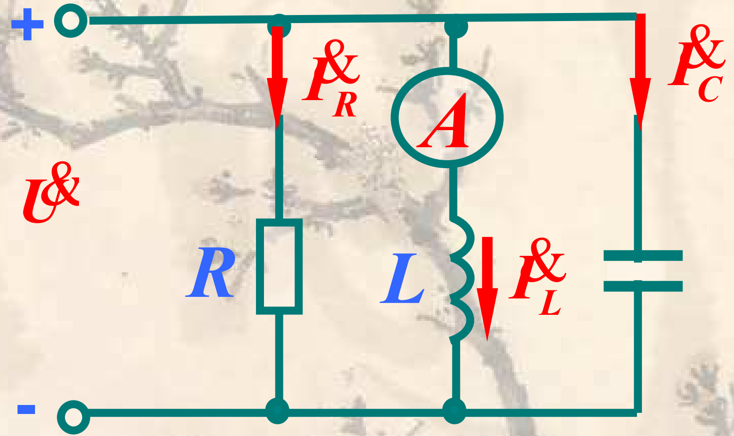
$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad I = \frac{U}{|Z|}$$

8－11

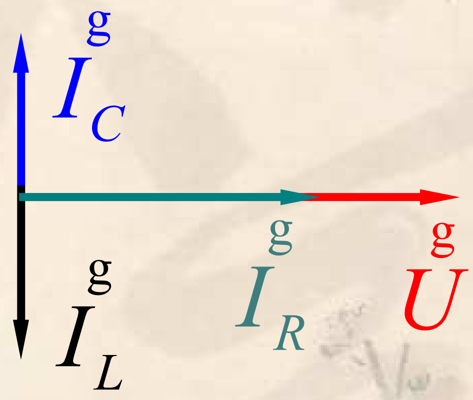
解:



8－15 已知R=1kΩ，C=2μF，电路对f=500Hz的信号发生谐振，谐振时端口电流为0.1A，求电流表读数。



解：



谐振，I_L=I_C，方向相反，
端口电流即I_R

I=I_R=0.1A

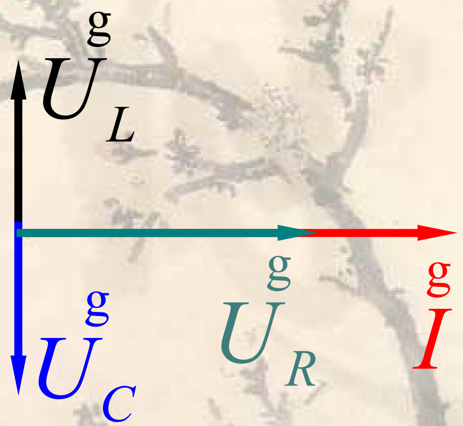
U=I_R×R=100V

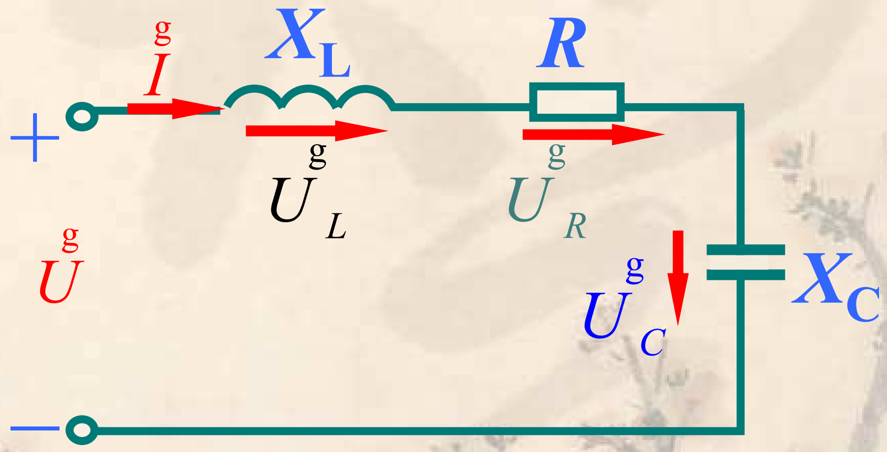
谐振时X_L=X_C

$$I_L = \frac{U}{X_L} = \frac{100}{159} = 0.63A \quad X_L = X_C = \frac{1}{2\pi fC} = 159\Omega$$

8－16 RLC串连电路中，电容C可调，已知电源频率f=1000Hz，L=5.07mH，R=50Ω，调电容使电流最大，求此时电容

解:





$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

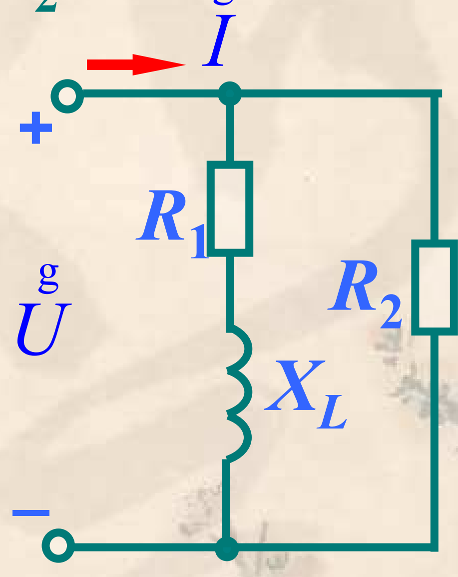
RLC串连谐振时阻抗模最小，电流最大

$$|Z|=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}=R$$

$$C=\frac{1}{(2\pi f)^2 L}=5\mu F$$

$$I=\frac{U}{|Z|}=\frac{U}{R}$$

电路如图，已知U=220V，R_1=10 Ω， R_2=20 Ω，X_L=10 √3 Ω，求该电路的功率因数

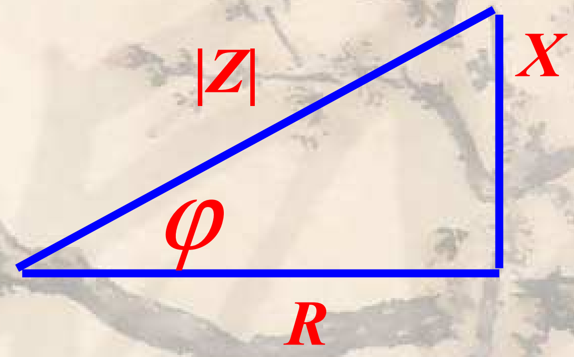


解:

$$Z=\frac{(R_1+jX_L)\cdot R_2}{R_1+jX_L+R_2}$$

$$=\frac{200+j200\sqrt{3}}{30+j10\sqrt{3}}$$

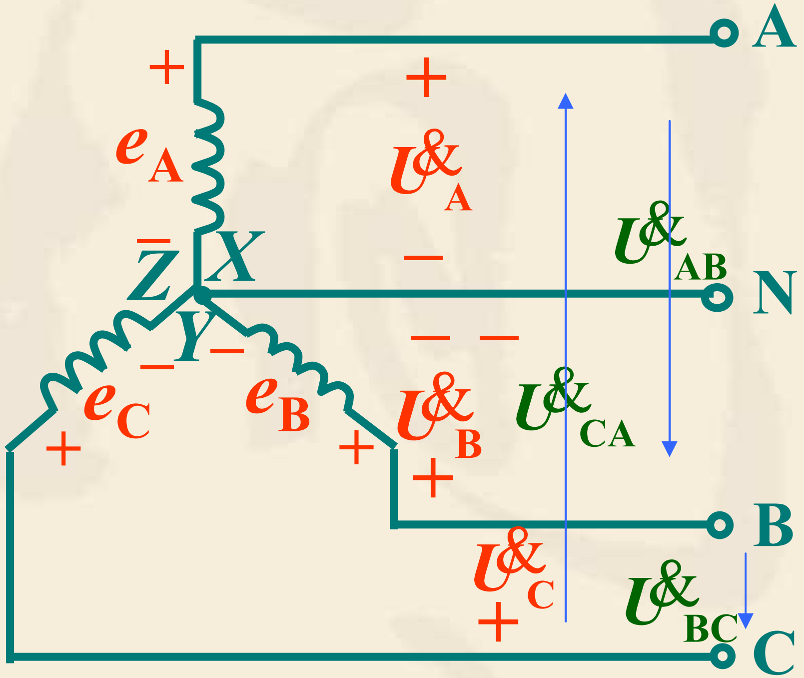
$$=\frac{400\angle 60^\circ}{20\sqrt{3}\angle 30^\circ}=\frac{20}{\sqrt{3}}\angle 30^\circ$$



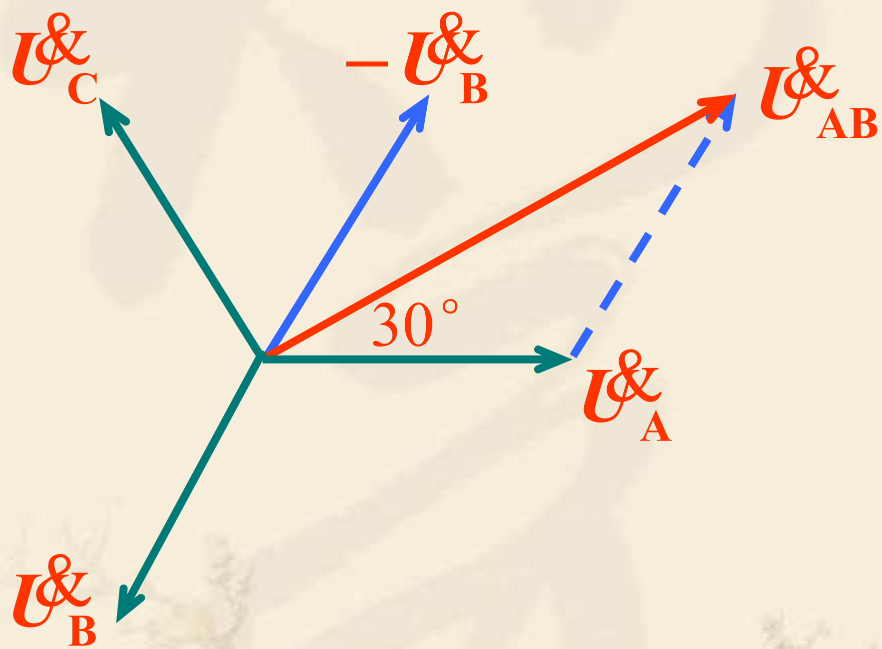
$$\cos\varphi=\cos 30^\circ=0.866$$

三相电路

(2) 线电压与相电压的关系



相量图



根据KVL定律

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A$$

由相量图可得

$$\dot{U}_{AB} = \sqrt{3}\dot{U}_A \underline{\angle 30^\circ} = \sqrt{3}U_P \underline{\angle 30^\circ}$$

$$= U_L \underline{\angle 30^\circ}$$

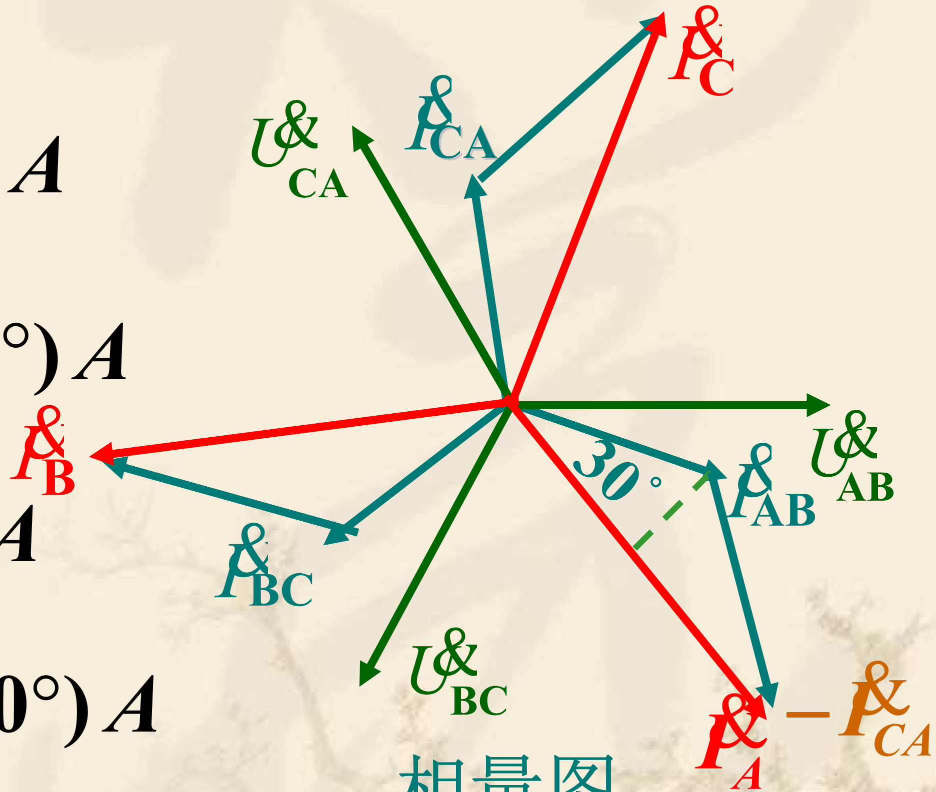
对称三相电源，相序A—B—C，对称三相负载△连接，已知线电流 $i_A = \sqrt{3}\sin\omega t\ A$，则相电流（ **C** ）

（A） $i_{AB} = \sin(\omega t + 30°)\ A$

（B） $i_{AB} = \sqrt{2}\sin(\omega t - 30°)\ A$

✔（C） $i_{AB} = \sin(\omega t - 30°)\ A$

（D） $i_{AB} = \sqrt{2}\sin(\omega t + 30°)\ A$



相量图

对称三相负载△连接，线电压=负载相电压，线电流=√3相电流，且滞后对应相电流30°

三相正弦交流电路中，三盏相同的白炽灯接成星形，另在*C*相接一盏**40*W***，功率因数**0.5**的日光灯，已知$I_A=I_B=0.27A$，日光灯支路电流为**0.36*A***,中线电流最接近（　A　）

（A）**0.36*A***

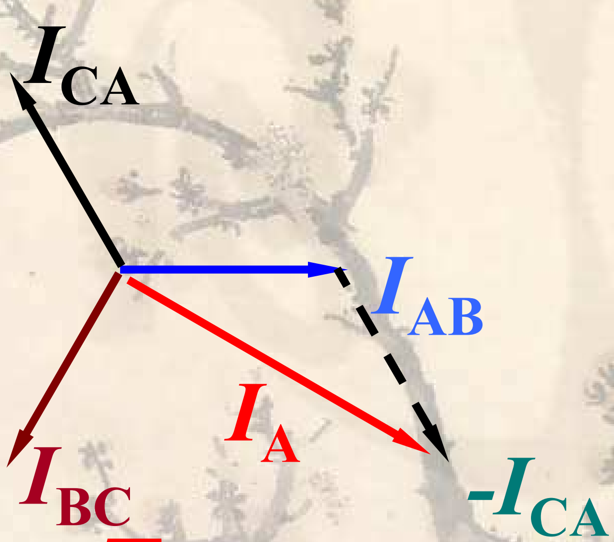
（B）**0.90*A***

（C）**1.17*A***

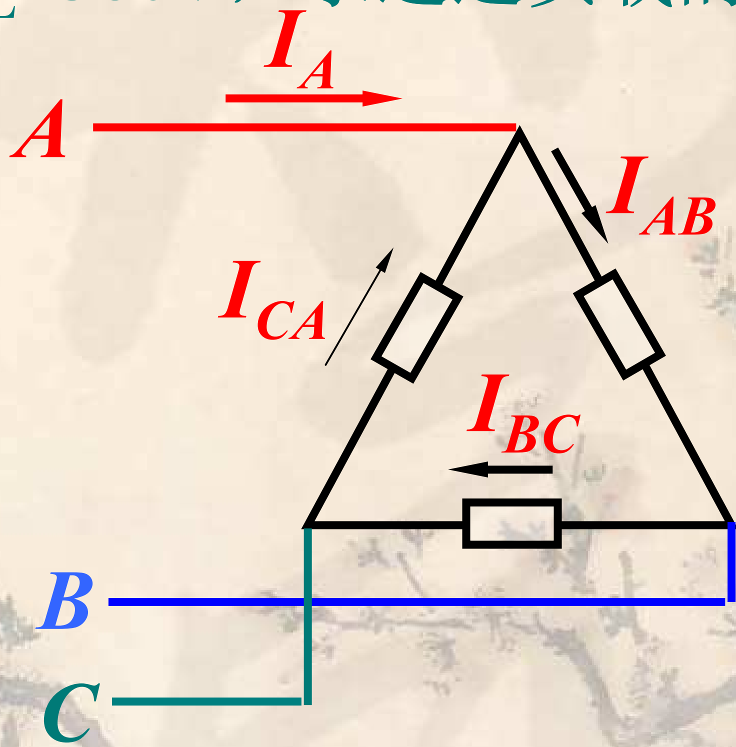
（D）**0.63*A***

白炽灯电流互相平衡

8－13 对称三相负载接成△，功率为**2.4kW**，功率因数为**0.6**，已知电源线电压U_L=380V，求通过负载的电流I_L



解：

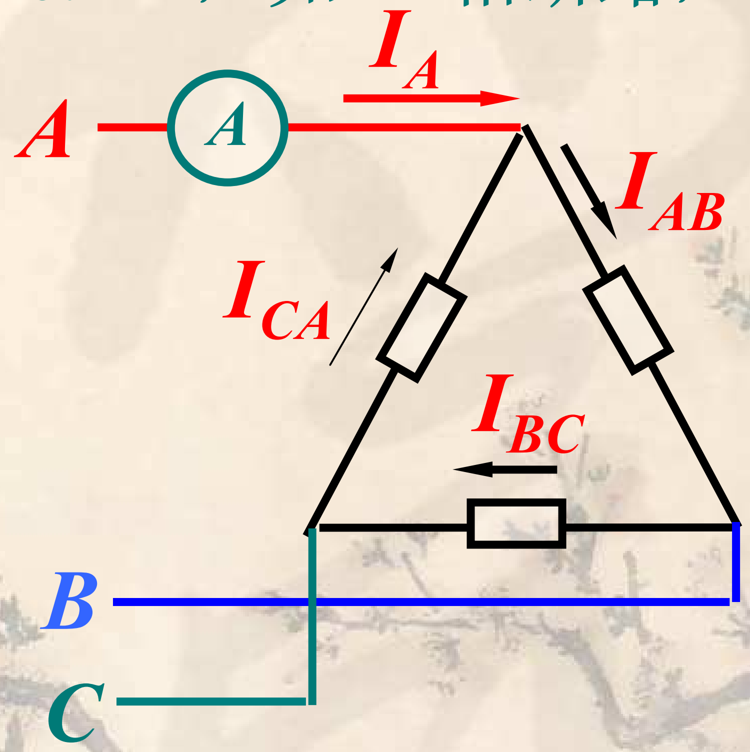


$$P=\sqrt{3}U_l I_l cos\varphi$$

$$I_l=\frac{P}{\sqrt{3}U_l\cos\varphi}=\frac{2400}{\sqrt{3}\times380\times0.6}=6.08A$$

$$I_p=\frac{1}{\sqrt{3}}I_l=3.51A$$

8－14 对称三相负载接成△，已知电源线电压 U_L=220V，每相阻抗Z=15+j16.1Ω，如AB相断路，求电流表读数



解:

Z_{AC}承受线电压

$$|Z| = \sqrt{15^2 + 16.1^2}$$

$$= \sqrt{484} = 22\Omega$$

$$I_A = \frac{U_l}{|Z|} = \frac{220}{22} = 10A$$

安全用电常识

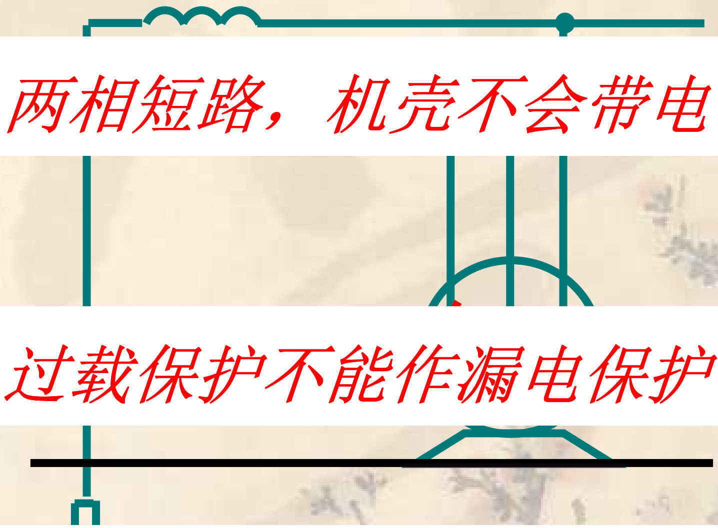
8－17 一台三相异步电动机运行于中性点接地电力系统中，操作员碰及外壳导致触电，触电原因：

A. 输入电机的两相电源线短路，导致机壳带电

B. 输入电机的某相电源线碰壳，而电机未采取过载保护

C. 电机的某相绝缘损坏碰壳，电机未采取接地保护

D. 电机的某相绝缘损坏碰壳，电机未采取接零保护



两相短路，机壳不会带电

过载保护不能作漏电保护

中性点接地系统，不得用保护接地

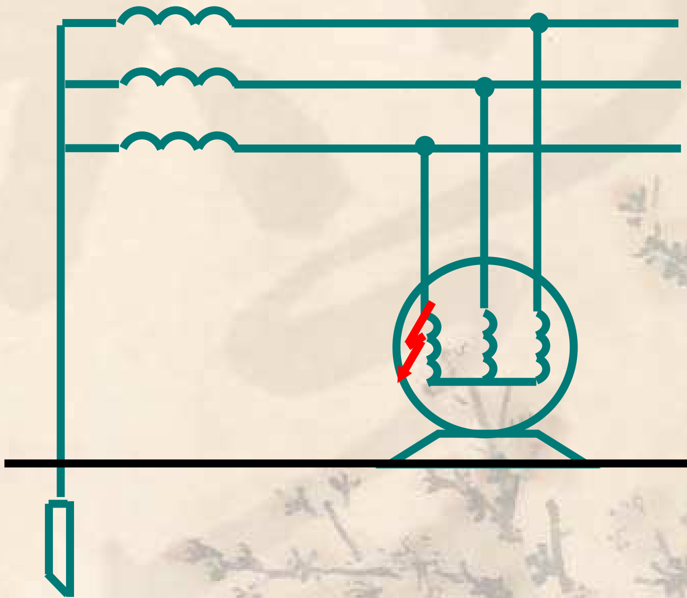
8－18 为提高保护接零的可靠性，以下不正确的是:

A. 保护零线不允许安装开关和熔断器

B. 保护零线不允许重复接地

C. 电气设备外壳要直接接零干线

D. 电气设备不得混用保护接地和保护接零



工作接地

在*中点接地*的三相四线制低压供电系统中，为了防止触电事故，对电气设备应采取的措施为（ **A** ）

（**A**）保护接零 ✓

（**B**）保护接地

（**C**）保护接中线或保护接地

（**D**）无法保护

变压器和电动机

变压器

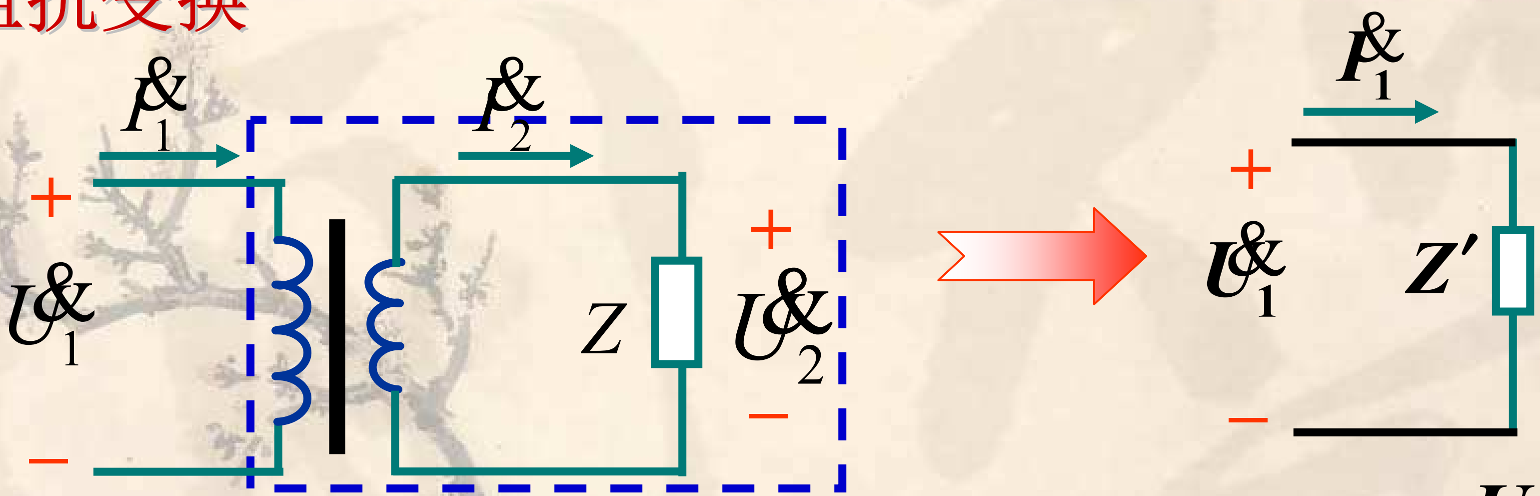
变压器的主要功能有：

变电压： $\dfrac{U_1}{U_{20}} = \dfrac{N_1}{N_2} = K$

变电流： $\dfrac{I_1}{I_2} \approx \dfrac{N_2}{N_1} = \dfrac{1}{K}$

变阻抗： $\dfrac{|Z_L^{'}|}{|Z_L|} = K^2$

阻抗变换



由图可知： $|Z| = \dfrac{U_2}{I_2}$ $|Z'| = \dfrac{U_1}{I_1}$

$$|Z'| = \frac{U_1}{I_1} = \frac{KU_2}{I_2/K} = K^2\frac{U_2}{I_2} = K^2|Z|$$

$$\boxed{|Z'| = K^2|Z|}$$

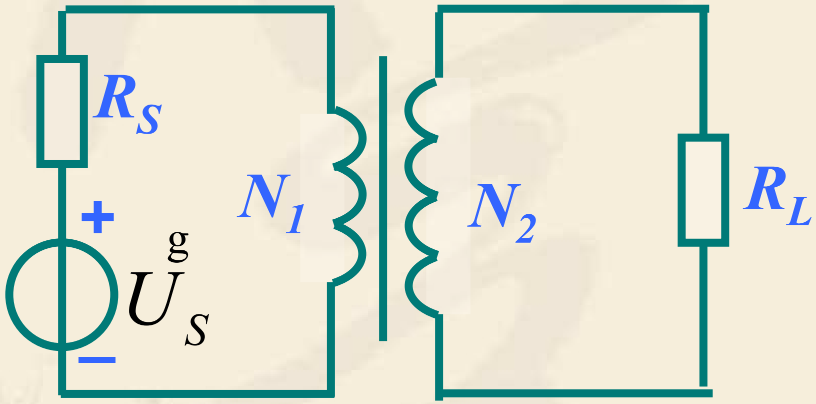
结论： 变压器一次侧的等效阻抗模，为二次侧所带负载的阻抗模的K^2倍。

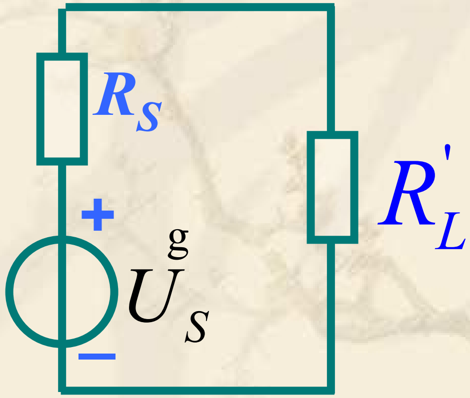
图示理想变压器，所接信号源电压U_S=20V，内阻R_S=144Ω，负载R_L=16Ω，若使电路阻抗匹配，求变压器的匝数比。

$$\frac{R_L'}{R_L}=k^2$$

阻抗匹配 $R_S = R_L'$

$$k=\sqrt{\frac{R_L'}{R_L}}=\sqrt{\frac{144}{16}}=3$$





设变压器次级抽头的连接能使从变压器初级看入的阻抗相等，则副边匝数N_2和N_3的关系是（　　　　）

（A）$N_3=2N_3$

（B）$N_3=4N_3$

（C）$N_3=N_3$

（D）$N_3=1.5N_3$

$$\frac{Z'}{Z}=k^2$$

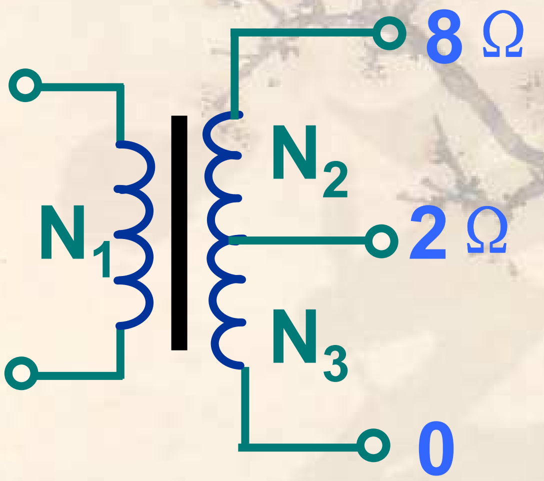
设原边阻抗为R'

$$\frac{R'}{8}=k_8^2 \quad \frac{R'}{2}=k_2^2$$

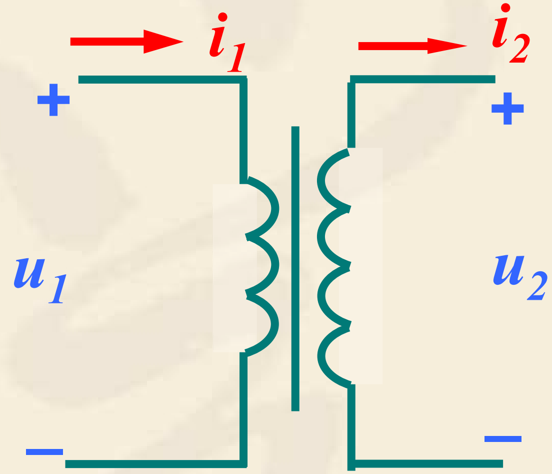
$$8k_8^2=2k_2^2$$

$$\frac{k_8}{k_2}=\frac{\frac{N_1}{N_2+N_3}}{\frac{N_1}{N_3}}=\frac{N_3}{N_2+N_3}=\frac{1}{2}$$

$$N_2=N_3$$



6 图示变压器，一次额定电压U_{1N}=220V，一次额定电流I_{1N}=11A，二次额定电压U_{2N}=600V，该变压器二次额定电流值I_{2N}约为多少？



(A) 1A

(B) 4A

(C) 7A

(D) 11A

$$\frac{U_{1N}}{U_{2N}}=\frac{N_1}{N_2}=\frac{I_{2N}}{I_{1N}}$$

$$\frac{220}{600}=\frac{I_{2N}}{11}$$

$$I_{2N}=11\times\frac{220}{600}=4A$$

05考题

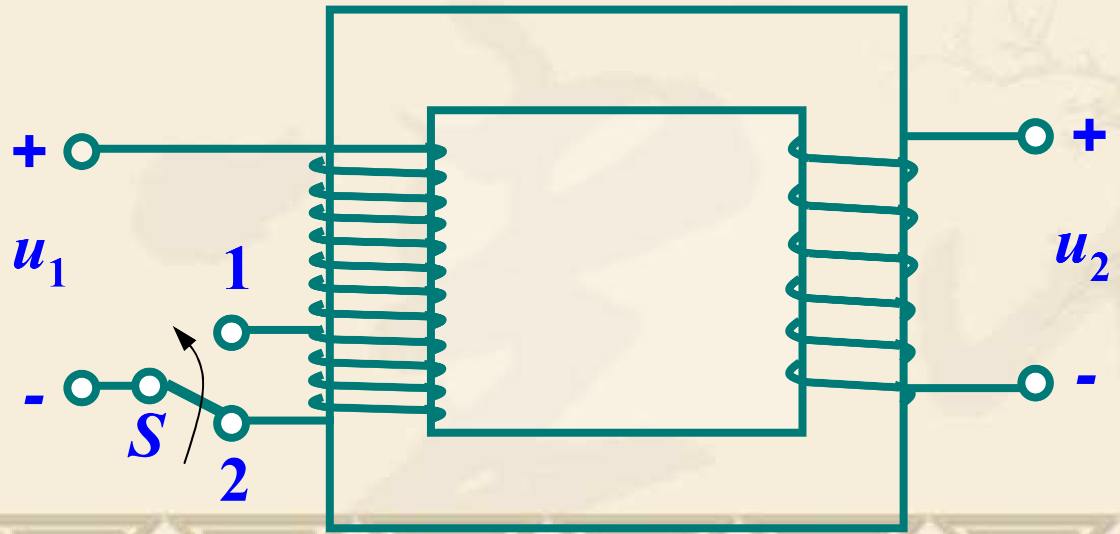
变压器如图所示，保持原边电压u_1、频率f不变，开关S自位置2合向位置1，则（ **D** ）

A． 主磁通Φ_m不变，副边开路（空载）电压N_{20}=变小

B． 主磁通Φ_m不变，副边开路（空载）电压N_{20}=变大

C． 主磁通Φ_m变小，副边开路（空载）电压N_{20}=变小

D． 主磁通Φ_m变大，副边开路（空载）电压N_{20}=变大



$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{N_1}{N_2}=K$$

105 一个R_L=8Ω的负载，经理想变压器接到信号源上，信号源的内阻R_o=800Ω，变压器原绕组匝数N_1=1000，若要通过阻抗匹配使负载得到最大功率，则变压器副绕组的匝数N_2为（　　　　　）

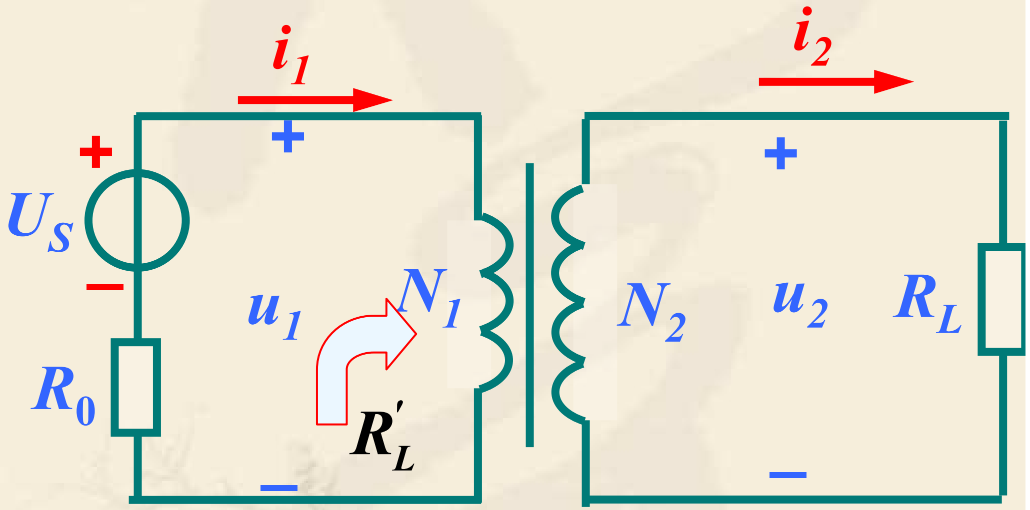
最大功率传输原理：负载与信号源内阻阻抗相等时可得到最大功率输出

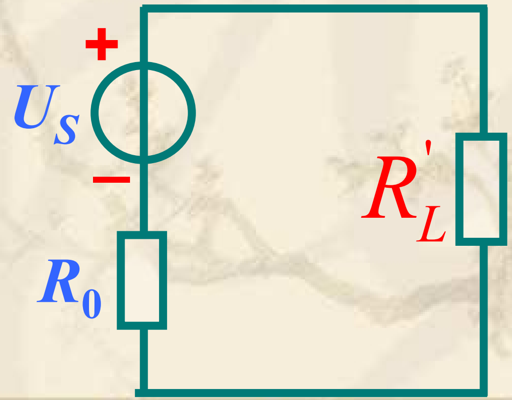
$$R_o = R_L'$$

阻抗变换公式

$$\frac{R_L'}{R_L} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$N_2 = 100$$





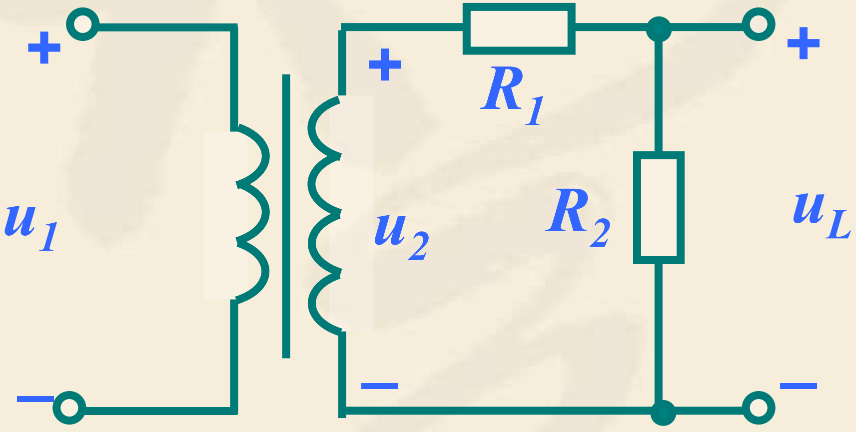
7 图示电路，$u_1=220\sqrt{2}\sin\omega t$，变压器为理想的，$N_1/N_2=2$， $R_1=R_2$，则输出电压与输入电压的有效值之比U_L/U_1为：

(A) 1/4

(B) 1

(C) 4

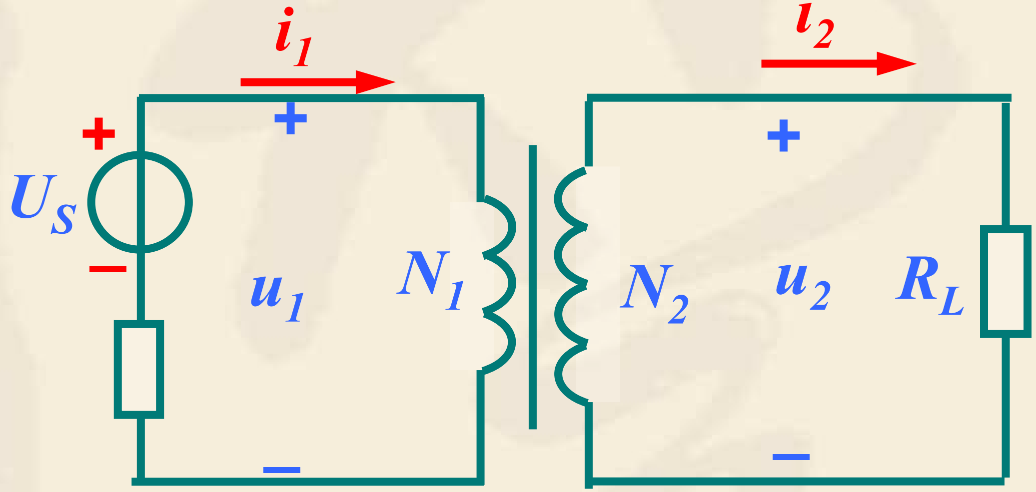
(D) 1/2



$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{U_1}{2U_L}=\frac{N_1}{N_2}=2$$

06考题

7 图示电路，变压器为理想的， 则当u_i=220√2sin ωt V时：



(A) $U_2 = \dfrac{N_1}{N_2} U_1$

(B) $I_2 = \dfrac{N_1}{N_2} I_1$

(C) $P_2 = \dfrac{N_1}{N_2} P_1$

(D) 以上A、B、C均不成立

07考题

一台容量为**20kVA**的单相变压器，电压为**3300/220V**，若变压器在满载运行，二次侧可接几盏**40W**、**220V**、**cosφ=0.44**的日光灯？

解：*变压器容量是指视在功率**S***

日光灯的视在功率为

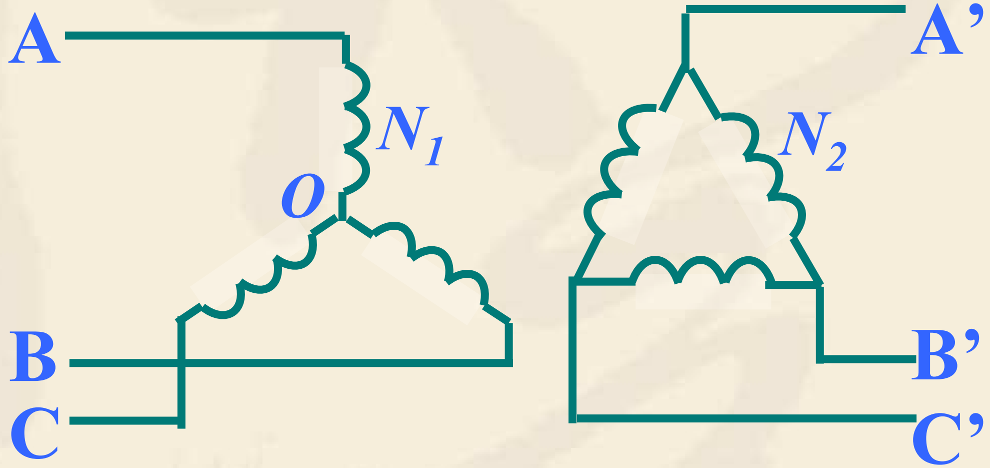
$$S_R = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{40}{0.44} VA$$

可接的日光灯盏数：

$$\frac{S}{S_R} = \frac{20000}{\frac{40}{0.44}} = 220$$

电压变比K=3，Y/△接法的三相变压器，其二次侧额定电压220V，一次侧额定电压是（**1143V**）

$$\frac{U_{1P}}{U_{2P}}=\frac{N_1}{N_2}=3$$



$U_{1p}=U_{2p}\times 3=660V$

$$U_{1l}=\sqrt{3}U_{1P}=1143V$$

Y/Y_0连接的三相变压器，变比K=25，原边线电压10KV，副边I_{2N}=130A，变压器容量为（　C　）KVA

A. 156

B. 52

C. 90

D. 78

$$\frac{I_1}{I_2}=\frac{N_2}{N_1}=\frac{1}{K}$$

$I_{1N}=I_{2N}/K=5.2A$

$$S=\sqrt{3}U_lI_l$$
$$=\sqrt{3}\times10\times5.2=90KVA$$

变压器容量是指视在功率S

电动机

三相异步电动机，额定转速n_N=1450*rpm*，空载时的转差率s等于（ A ）

$$s = \frac{n_0 - n_N}{n_0}$$

（A） ✓ $\frac{1500-1450}{1500} = 0.033$

（B） $\frac{1500-1450}{1450} = 0.035$

（C） $0.033 < s < 0.035$

（D） $s < 0.033$

$$n_0 = \frac{60 f_1}{p}$$

极对数	同步转速(f_1=50*Hz*)
$p=1$	3 000 （转 /分）
$p=2$	1 500 （转 /分）
$p=3$	1 000 （转 /分）
$p=4$	750 （转 /分）

06考题

一台2.2kW的三相异步电动机，定子绕组接成Y形，额定电压U_N=380V，功率因数$cos\Phi_N$=0.82，效率是η_N=81%，其额定电流等于（ C ）

（A）4A

（B）8.6A

（C）5A ✓

（D）7.4A

$$P = \sqrt{3}U_l I_l cos\varphi \times \eta$$

三相异步电动机，当拖动的机械负载转矩有所改变时，电机的功率因数*cosφ*是否会变化，如你认为会变化，功率因数*cosφ*与机械负载的大小关系为（　　）**D**

（**A**）*cos φ*与机械负载无关

（**B**）电机空载和满载时*cos φ*均最小，**0.5**满载时*cosφ*最大

（**C**）电机空载时*cosφ*大，接近满载时*cosφ*最小

（**D**）电机空载时*cosφ*小，接近满载时*cosφ*最大 ✓

三相异步电动机的起动

三相异步电动机的调速

三相异步电动机的制动

三相异步电动机的起动

起动性能

起动：$n = 0$，$s = 1$, 接通电源。

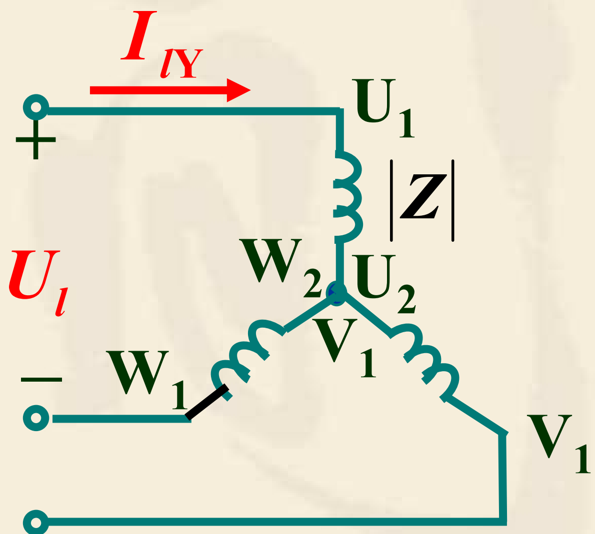
起动问题：起动电流大，起动转矩小。

一般中小型鼠笼式电机起动电流为额定电流的5 ~ 7 倍

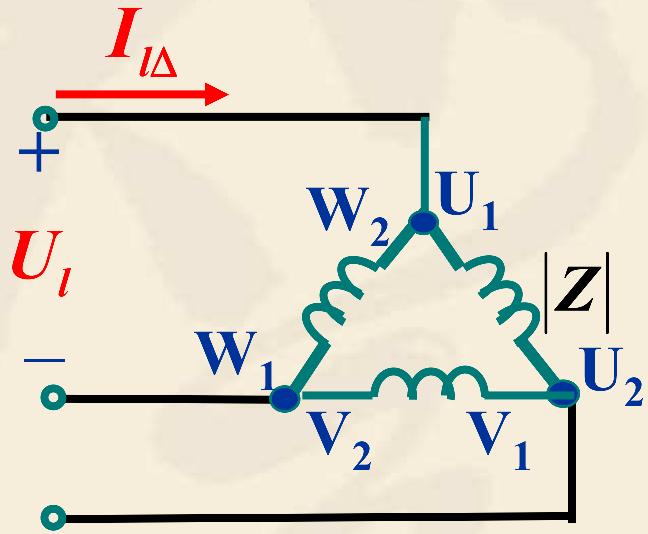
电动机的起动转矩为额定转矩的(1.0~2.2)倍。

1. 降压起动

(1) Y－Δ换接起动



起动



正常运行

设：电机每相阻抗为 $|Z|$

三角形联结时：$I_{l\Delta} = \sqrt{3}\dfrac{U_l}{|Z|}$

星形联结时：$I_{lY} = \dfrac{U_l}{\sqrt{3}\,|Z|}$

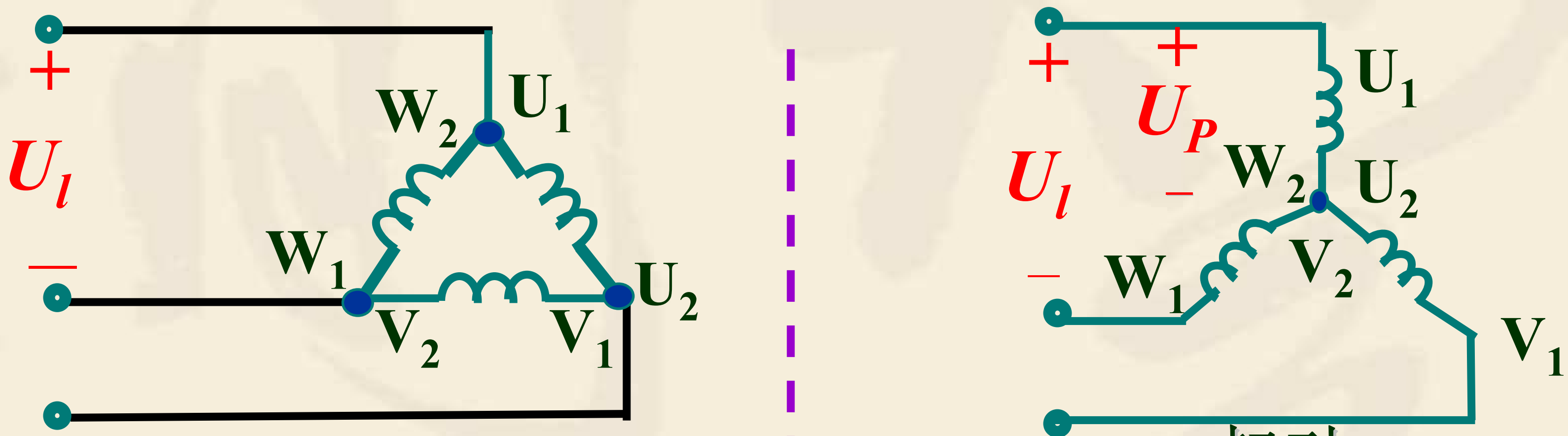
$$\frac{I_{lY}}{I_{l\Delta}} = \frac{1}{3}$$

∴降压起动时的电流为直接起动时的 $\dfrac{1}{3}$

PLC WORLD

Y- Δ换接起动应注意的问题

(a) 仅适用于正常运行为三角形联结的电机。



正常运行　　　　起动

(b) Y－Δ 起动 $I_{st}\downarrow \rightarrow T_{st}\downarrow \ (T_{st} \propto U^2)$

$$U_P = \frac{1}{\sqrt{3}} U_l \Longrightarrow T_{stY} = \frac{1}{3} T_{st\Delta}$$

Y－Δ 换接起动适合于空载或轻载起动的场合

8有一台6kW的三相异步电动机，其额定运行转速为1489*rpm*，额定电压为380V，全压启动转矩是额定转矩的1.2倍，现采用Y－△启动以降低其启动电流，此时的启动转矩为：

(A) 15.39*Nm*

(B) 26.82*Nm*

(C) 38.7*Nm*

(D) 46.44*Nm*

$$T_N = 9550\frac{P_N}{n_N}$$

$$= 9550\frac{6(kW)}{1489rpm} = 38.48\,\mathrm{N.m}$$

$$T_{\mathrm{NST}} = 1.2 \times 38.48 = 46.17\,\mathrm{N.m}$$

$$U_P = \frac{U_l}{\sqrt{3}}$$

$$(T_{\mathrm{st}} \propto U^2) \Longrightarrow T_{\mathrm{stY}} = \frac{1}{3} T_{\mathrm{st\Delta}}$$

07考题

针对三相异步电动机启动特点，采用Y－△启动可减小启动电流和启动转矩。下列说法正确的是（ C ）

A）Y连接的电机用Y－△启动，启动电流和启动转矩都是直接启动的1/3

B） Y连接的电机用Y－△启动，启动电流直接启动的1/3，启动转矩都是直接启动的1/√3

✓ C）△连接的电机用Y－△启动，启动电流和启动转矩都是直接启动的1/3

$$T \propto U^2$$

D）△连接的电机用Y－△启动，启动电流直接启动的1/ √3 ，启动转矩都是直接启动的1/3

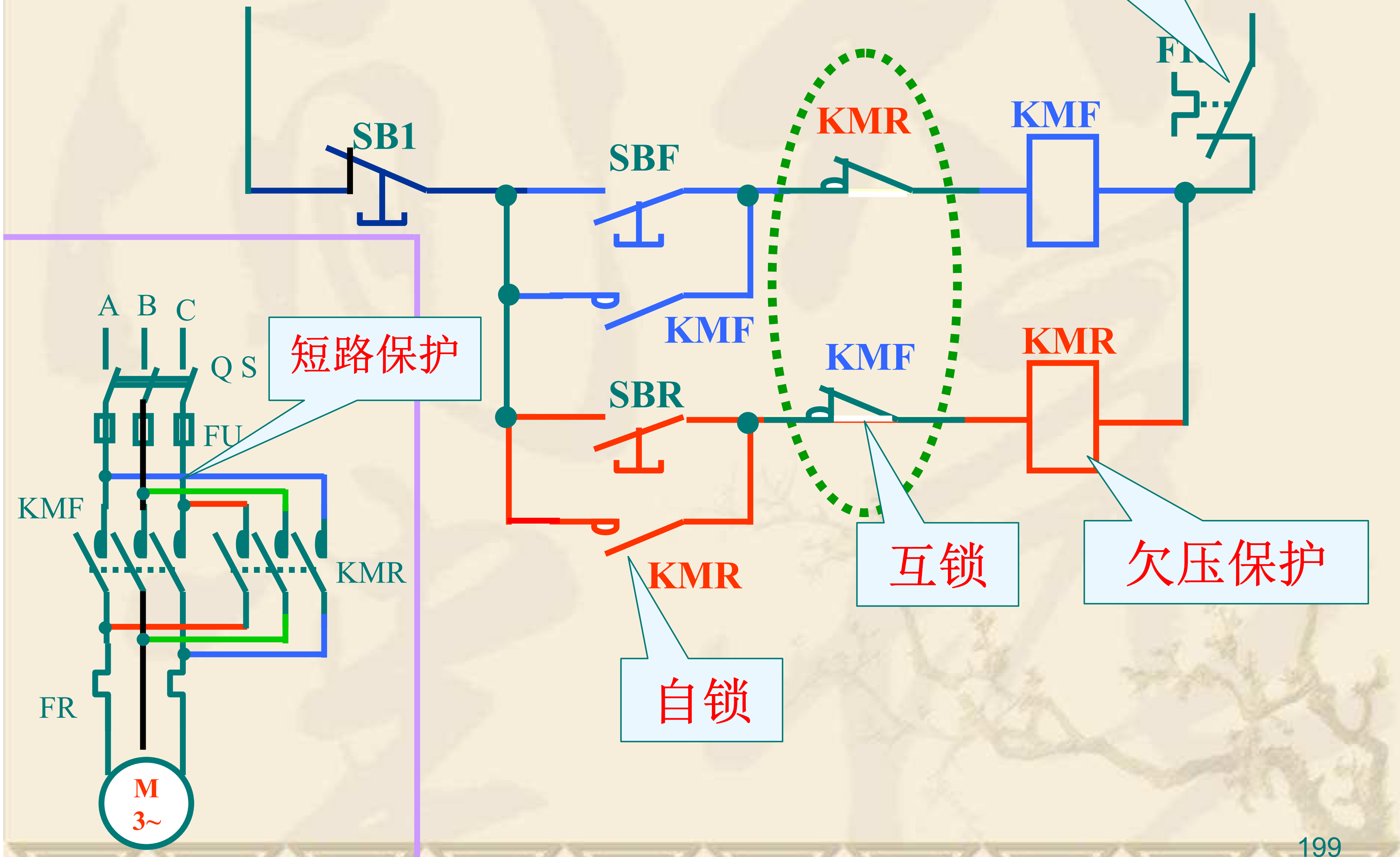
继电接触器控制系统

电动机的保护

电动机保护的类型：

- 失压保护：采用继电器、接触器控制
- 短路保护：加熔断器
- 过载保护：加热继电器

电机的正反转控制


过载保护
FR
SB1
SBF
KMR
KMF
KMF
SBR
KMF
KMR
KMR
互锁
欠压保护
自锁
A B C
Q S
短路保护
FU
KMF
KMR
FR
M
3~

电动机继电继电器接触器控制电路中，热继电器的正确连接方法应当是（　C　）

（A）热继电器的发热元件串接在主回路内，其常开触头与接触器控制线圈串接在控制回路中

（B）热继电器的发热元件串接在主回路内，其常闭触头与接触器控制线圈串接在控制回路中

（C）热继电器的常开触头串接在主回路内，其发热元件与接触器控制线圈串接在控制回路中

（D）热继电器的常闭触头串接在主回路内，其发热元件与接触器控制线圈串接在控制回路中

电动机继电-接触器控制电路中，只要交流接触器线圈得电，接触器动作，使得（ A ）

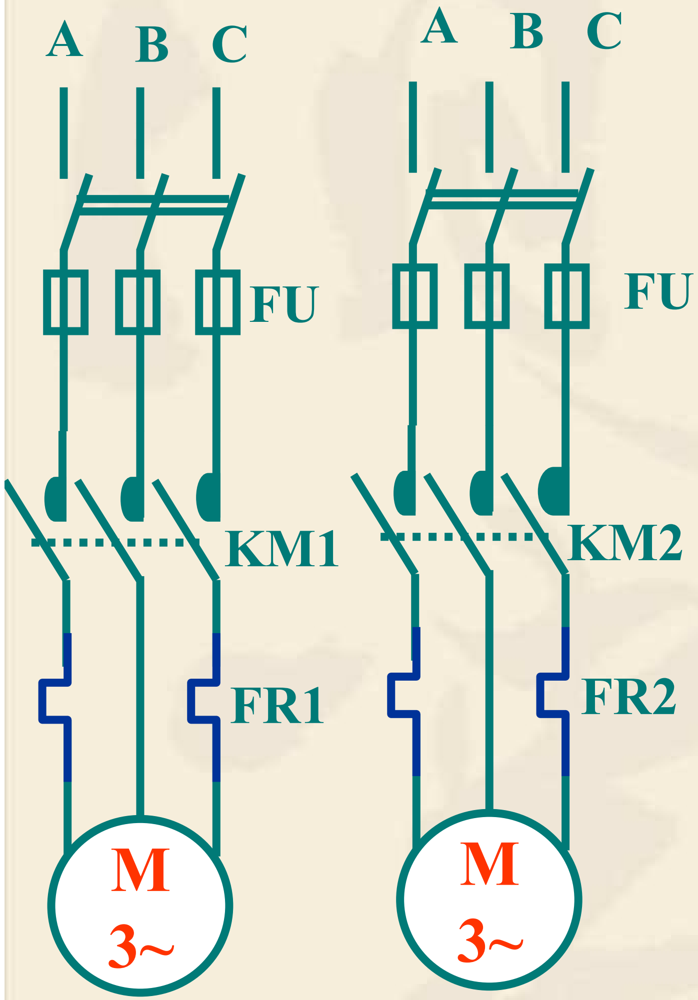
（A）主常开触头和辅助常开触头闭合，电机运转。✓

（B）主常开触头闭合，辅助常开触头断开，电机运转。

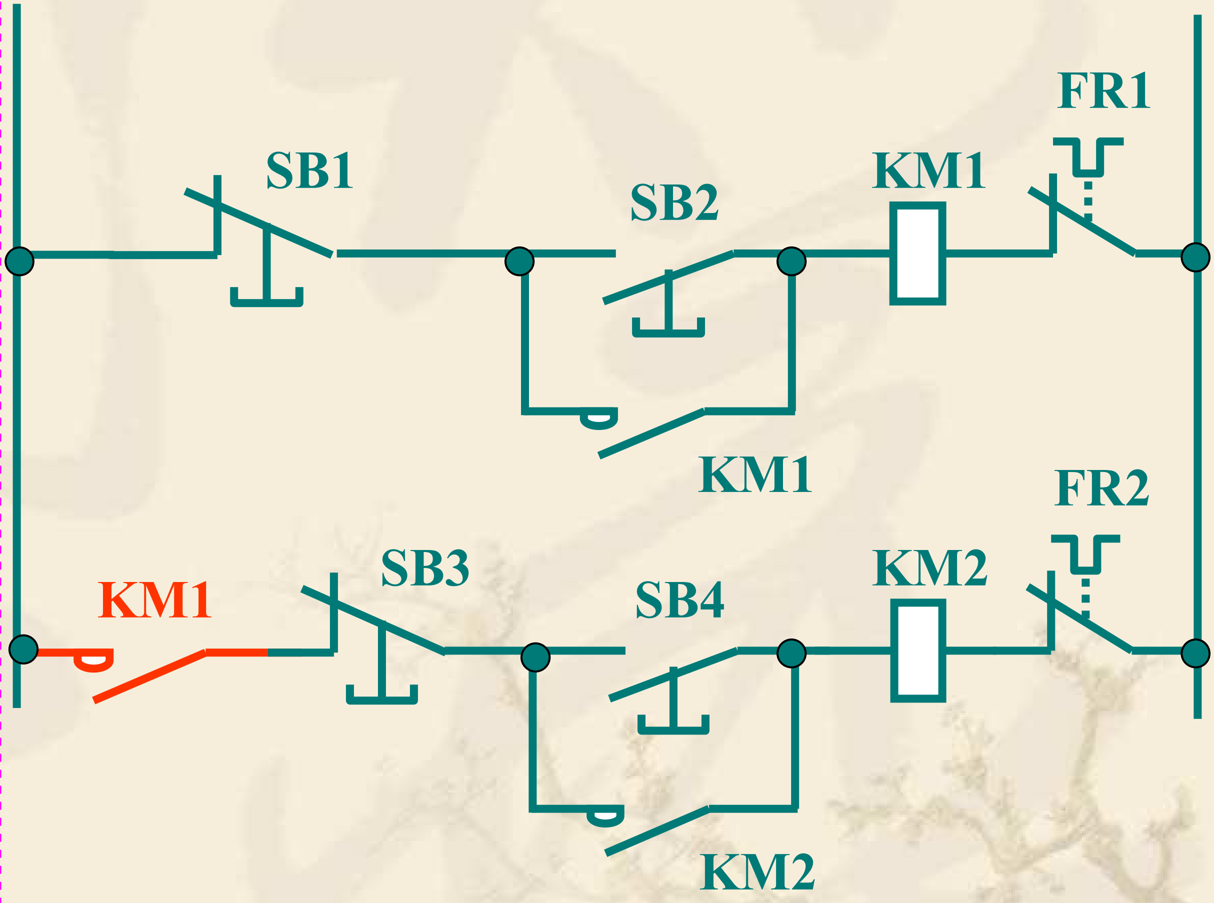
（C）主常开触头和辅助常闭触头闭合，电机运转。

（D）主常开触头和辅助常开触头断开，电机停转。

顺序控制电路：两电机只保证起动的先后顺序，没有延时要求。

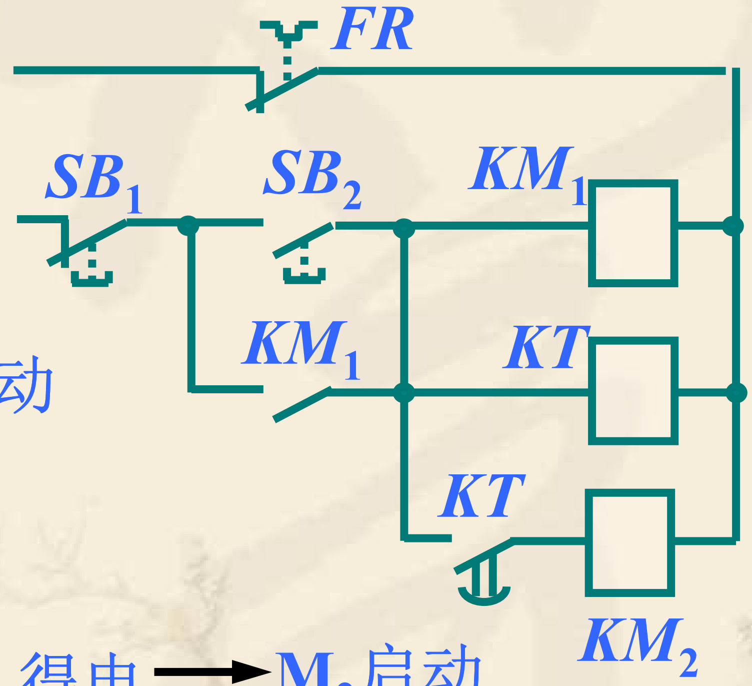


主电路



控制电路

图示控制电路中，KM_1、KM_2分别控制电机M_1、M_2。分析电路的工作情况。



SB_2 → KM_1得电 → M_1启动

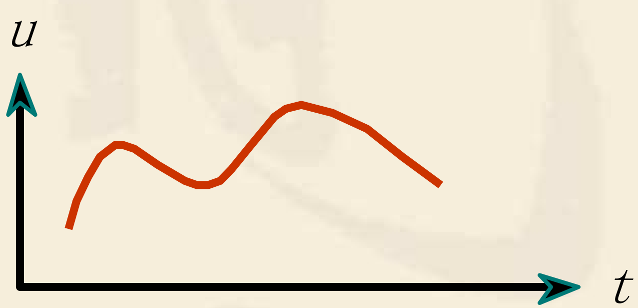
→ KT得电 → 延时 → KM_2得电 → M_2启动

SB_1 → KM_1、KT、KM_2同时失电 → M_1、M_2同时停车

信号与信息

模拟信号与数字信号

模拟信号： 在时间上和数值上连续的信号。



模拟信号波形

数字信号： 在时间上和数值上不连续的（即离散的）信号。

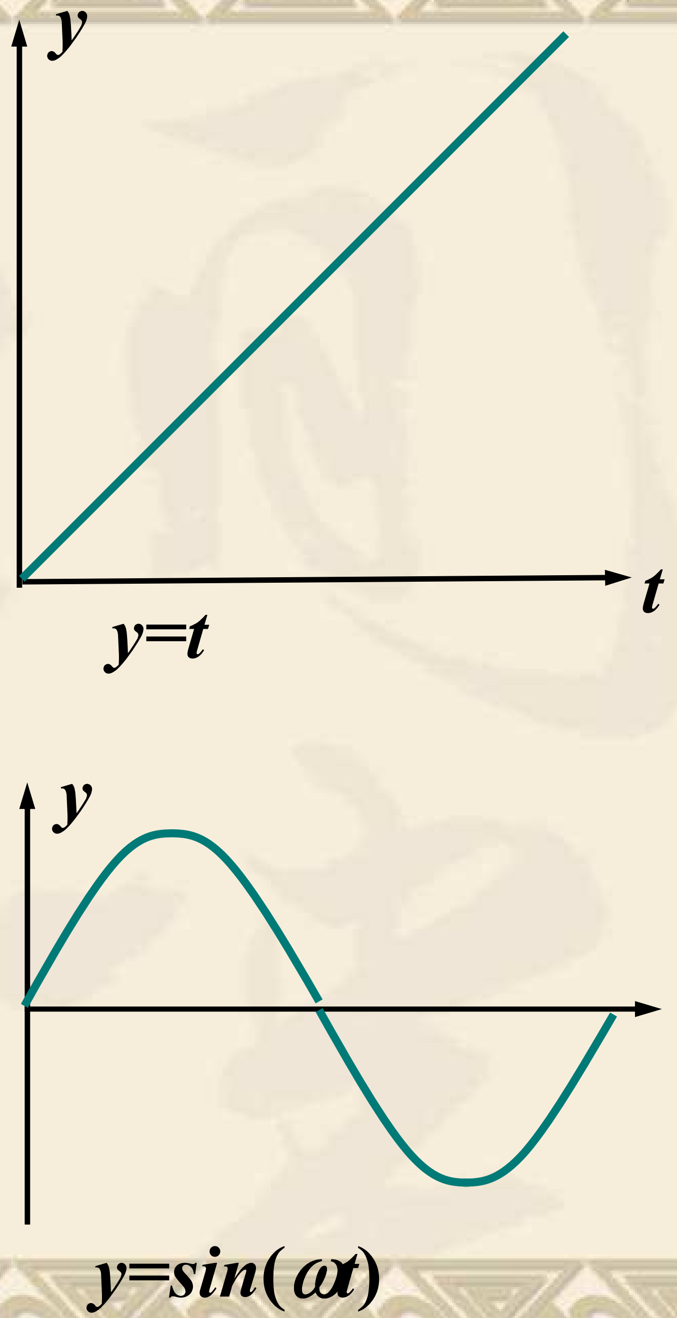
数字信号波形

对模拟信号进行传输、处理的电子线路称为<u>模拟电路</u>。

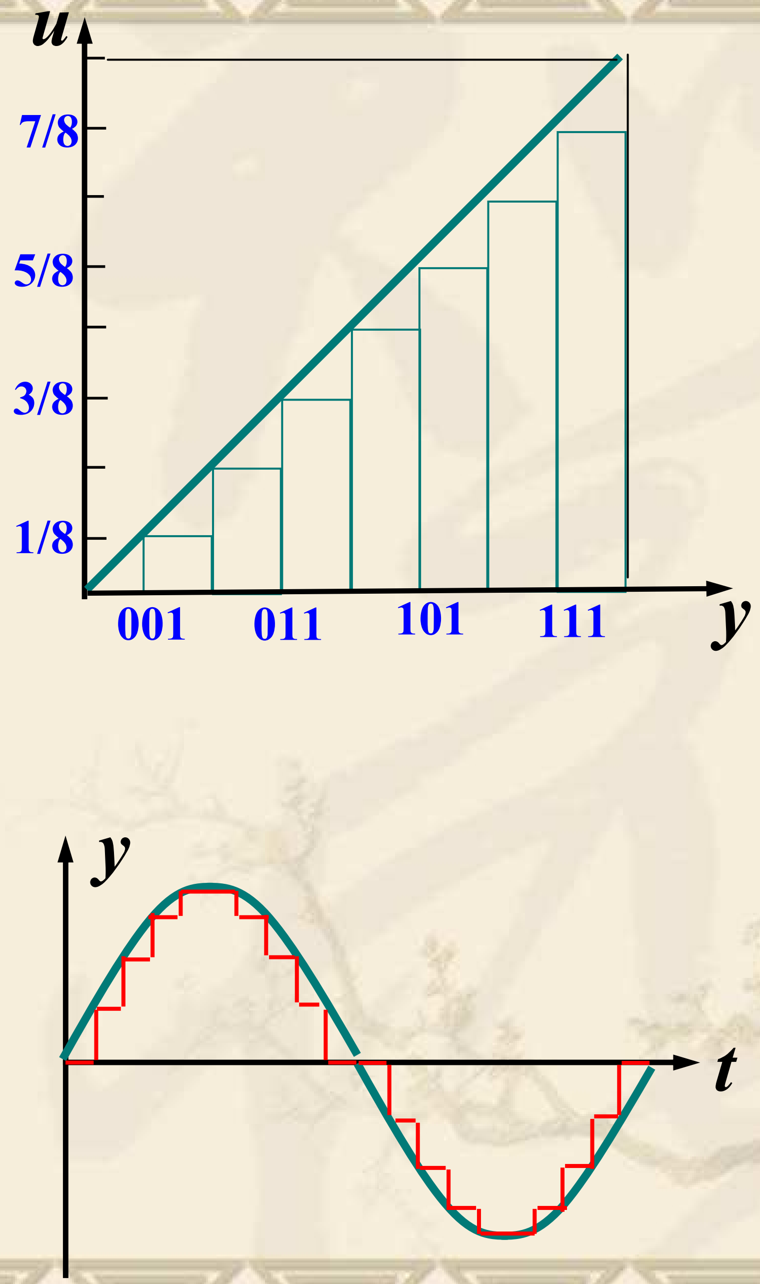
对数字信号进行传输、处理的电子线路称为<u>数字电路</u>。

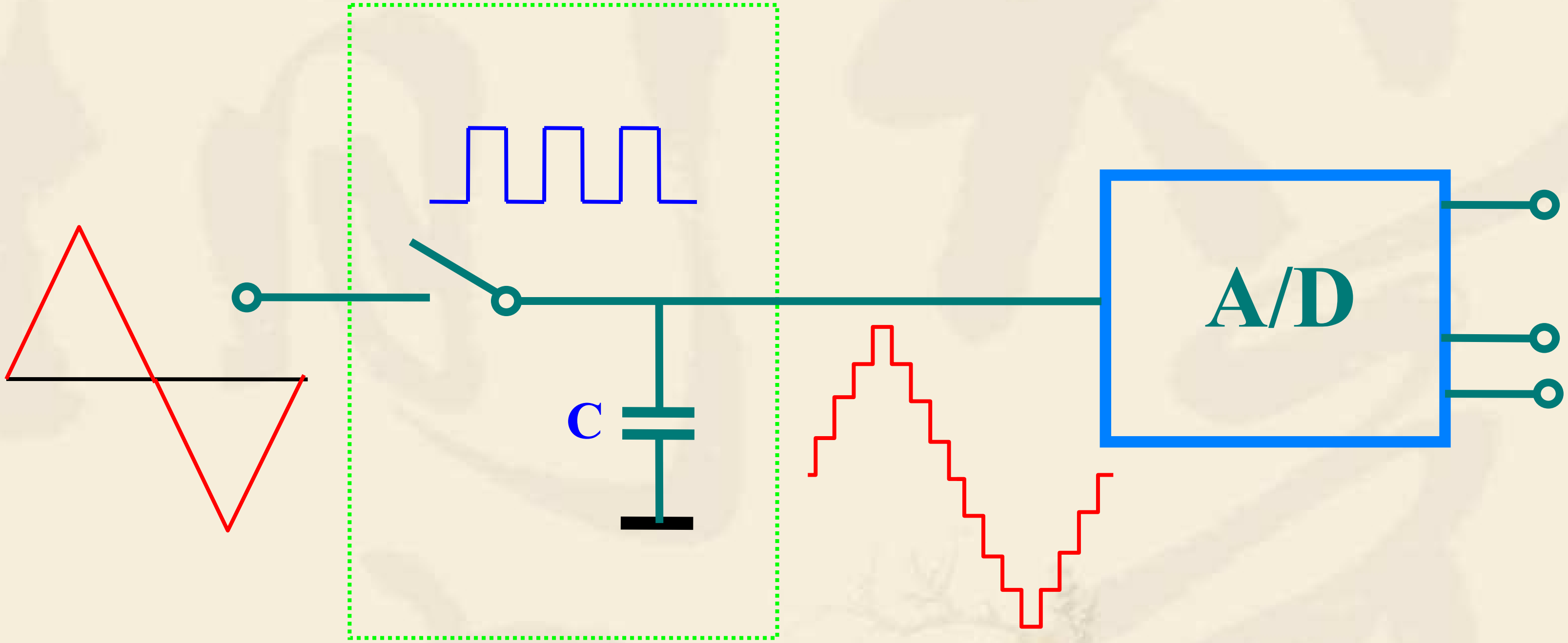
模拟信号可用连续函数 $f(t)$ 表示

模拟信号在时间和幅度上都连续变化



数字信号在时间和幅度上都断续变化



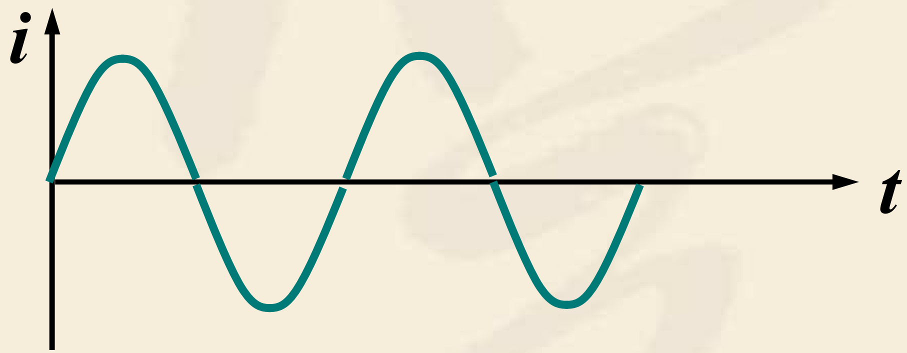


采样-保持
电路S/H

模拟信号的描述方法

模拟信号可用连续函数$f(t)$表示

$$i = sin(\omega t)\ A$$



阶跃信号

$$1(t-t_0)\begin{cases} 0 & t < t_0 \\ 1 & t > t_0 \end{cases}$$

模拟信号的描述方法

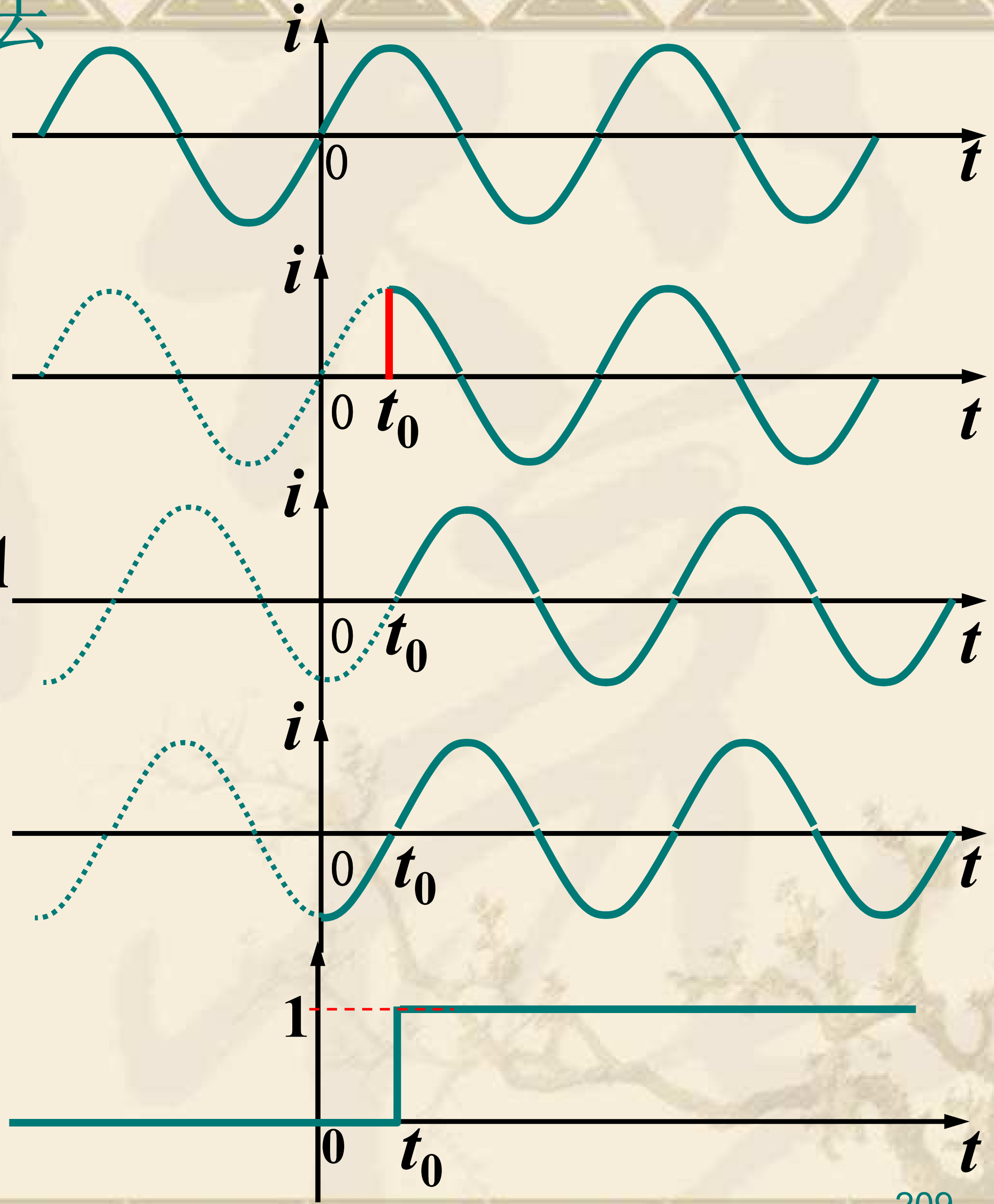
$$i = \sin(\omega t)\,A$$

$$i = \sin(\omega t)\cdot 1(t - t_0)\,A$$

$$i = \sin\omega(t - t_0)\cdot 1(t - t_0)\,A$$

$$i = \sin\omega(t - t_0)\cdot 1(t)\,A$$

$$1(t-t_0)\begin{cases} 0 & t<t_0 \\ 1 & t>t_0 \end{cases}$$



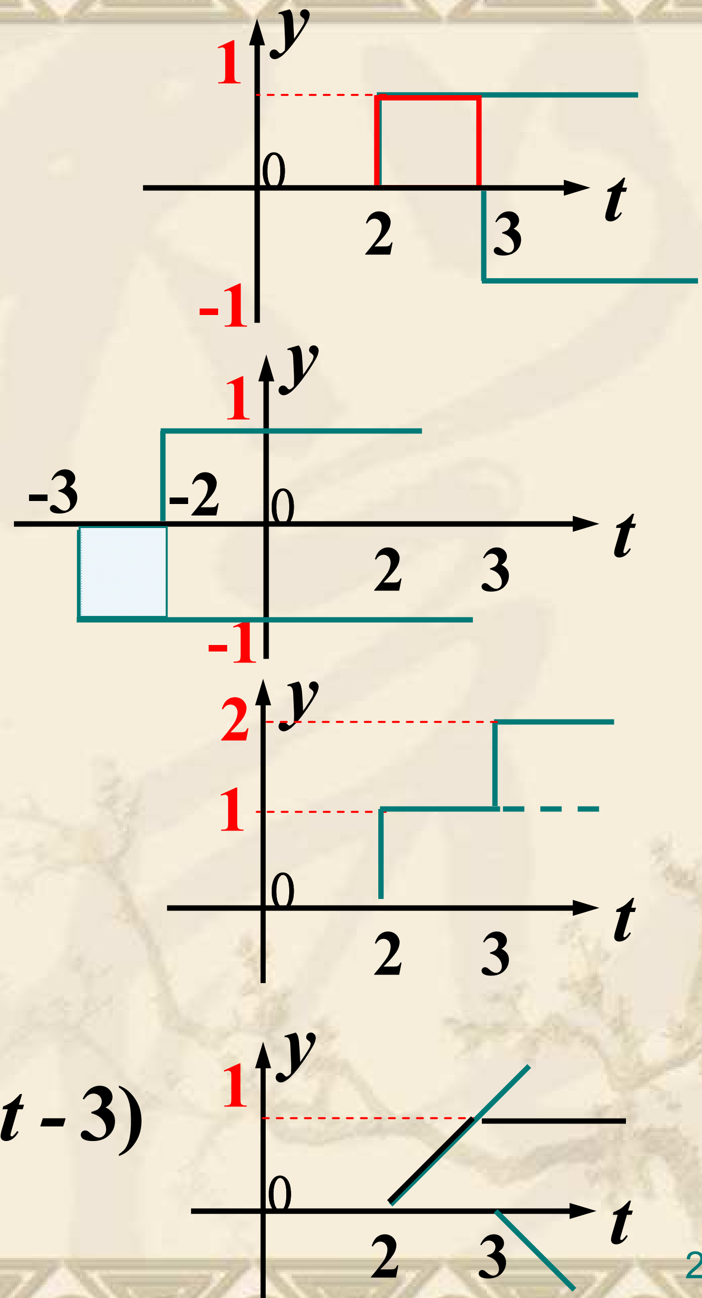
图示信号的解析式是（ A ）

A） $y = 1(t-2) - 1(t-3)$

B） $y = 1(t+2) - 1(t+3)$

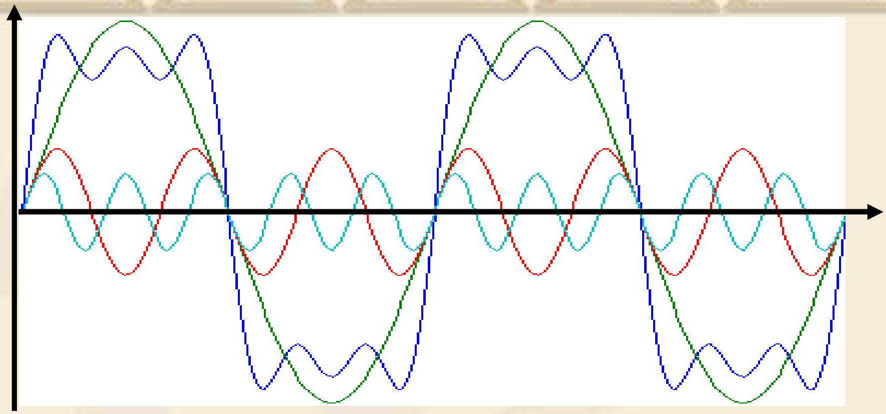
C） $y = 1(t-2) + 1(t-3)$

D） $y = (t-2)\cdot 1(t-2) - (t-3)\cdot 1(t-3)$

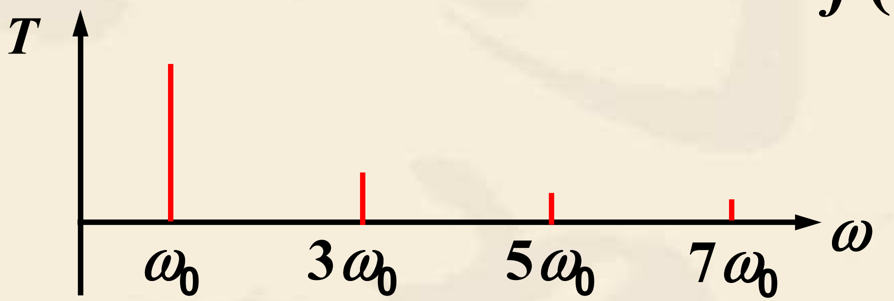


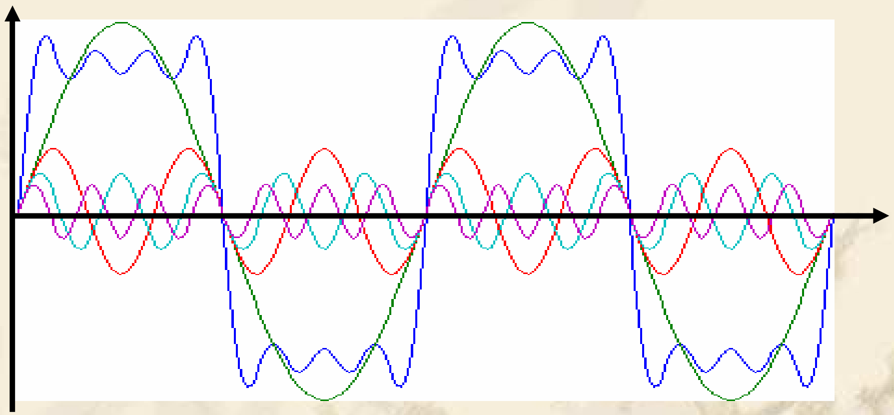
模拟信号的频谱

频谱就是频率的分布曲线。任何模拟信号都可展开为傅立叶级数，这些振荡频率的幅值按频率排列的的图形叫做频谱。



$$f(t) = sin(t) + \frac{1}{3}sin(3t) + \frac{1}{5}sin(5t)$$





周期信号的频谱是离散的。

非周期信号的频谱是连续的。

$$f(t) = sin(t) + \frac{1}{3}sin(3t) + \frac{1}{5}sin(5t) + \frac{1}{7}sin(7t)$$

非周期信号的频谱是（ **B** ）的。

A）离散

✓ B）连续

C）不能确定

周期信号的频谱是（ **A** ）的。

✓ A）离散

B）连续

C）不能确定

BCD码

二-十进制代码：用4位二进制数$b_3b_2b_1b_0$来表示十进制数中的 0～9 十个数码。简称BCD码。

8421BCD码

用四位自然二进制码中的前十个码字来表示十进制数码，因各位的权值依次为8、4、2、1，故称8421 BCD码。

$$(395)_{10}=(\underbrace{0011}_{3}\ \underbrace{1001}_{9}\ \underbrace{0101}_{5})_{8421BCD}$$

3＝1×2＋1×1

9＝1×8＋1×1

5＝1×4＋1×1

BCD码是用二进制的形式表示十进制数。

一位十进制数用四位二进制数表示

其他尚有原码、反码、补码、格雷码、余3BCD码等

将$(138)_{10}$转换为对应的8421BCD码。

解：　1　　3　　8

　　0001　0011　1000

即　$(138)_{10} = (000100111000)_{8421BCD}$

将$(100100000011.10000101)_{8421BCD}$码转换为对应的十进制数。

解：　1001　0000　0011 . 1000　0101

　　9　　0　　3　.　8　　5

即 $(100100000011.10000101)_{8421BCD} = (903.85)_{10}$

与十进制数12对应的8位二进制补码是（ **B** ）

A）00010010　　BCD码

✓ B）00001100　　+12原码、补码、反码

C）11110011　　-12反码

D）11110100　　-12补码

一、算术运算

二进制加法：

0+0 = 0； 1+0 = 0+1 = 1；

1+1 = 10 ； （向邻近高位有进位）

两个二进制数X=1011B，Y=1101B，试求X+Y。

解：X+Y可写成如下竖式：

被加数	X	1011B
加数	Y	1110B
和	X+Y	11001B

∴ X + Y = 1011B + 1110B = 11001B

两个二进制数相加时要注意低位的进位，两个 4位二进位数的和最大不会超过 5 位。

2、减法运算

二进制减法：

0 –0 = 0； 1–1 = 0；

1– 0 = 1； 0–1 = 1 ； （向邻近高位借1当作2）

例：两个二进制数X= 10010111B，Y= 11011001B，试求X–Y。

解：由于Y >X，故有X–Y = –（Y – X），相应竖式为：

被减数	Y	1101B
减数	X	1001B
差数	Y–X	0010B

∴ X–Y = –0010B

3、乘法运算

二进制乘法：

1×0 = 0×1 = 0； 1×1 = 1；

两个4位二进制数X = 1101B和Y = 1011B，试用手工算法求出X × Y之值。

```
被乘数          1 1 0 1 B
  乘数       ×  1 0 1 1 B
             -------------
                1 1 0 1
              1 1 0 1
            0 0 0 0
      +   1 1 0 1
      --------------------
乘积      1 0 0 0 1 1 1 1 B
```

对二进制数，

乘以2相当于左移一位；

∴ X·Y=1101B × 1011B = 10001111B

4、除法运算

除法是乘法的逆运算。

设X＝10101011B，Y＝110B，

试求X÷Y之值。

解：X ÷ Y的竖式是：

$$
\begin{array}{r}
11100 \\
110\overline{)10101011} \\
\underline{110} \\
1001 \\
\underline{110} \\
110 \\
\underline{110} \\
11
\end{array}
$$

∴ X÷Y

＝10101011B÷110B

＝11100B ………余11B

除以2则相当于右移1位

二进制数的运算　**二、逻辑运算**

1、逻辑乘运算（逻辑与）

逻辑乘运算：

$0 \wedge 0 = 0$；　$1 \wedge 0 = 0 \wedge 1 = 0$；　$1 \wedge 1 = 1$

已知X＝0101B，Y＝1100B，试求X∧Y的值。

解：X∧Y的运算竖式为：

$$
\begin{array}{r}
0101B \\
\wedge\ 1100B \\
\hline
0100B
\end{array}
$$

∴　$X \wedge Y = 0100B$

2、逻辑加运算（逻辑或）

逻辑加：

$0 \vee 0 = 0$； $1 \vee 0 = 0 \vee 1 = 1$； $1 \vee 1 = 1$

已知X＝0101B，Y＝1100B，试求$X \vee Y$的值。

解：$X \vee Y$的运算竖式为：

$$\begin{array}{r} 0101B \\ \vee\ 1100B \\ \hline 1101B \end{array}$$

3、逻辑非运算

逻辑非（逻辑取反）： $\overline{0} = 1$； $\overline{1} = 0$

已知X＝11000011B，试求$\overline{X}$的值。

解：∵X＝11000011B，∴$\overline{X}$＝00111100B

4、逻辑异或运算

逻辑异或:

$0 \oplus 0 = 1 \oplus 1 = 0$;　　$1 \oplus 0 = 0 \oplus 1 = 1$

已知X = 0101B，Y = 1100B，试求X ⊕Y的值。

解：X ⊕ Y的运算竖式为:

$$\begin{array}{r} 0101B \\ \oplus\ 1100B \\ \hline 0001B \end{array}$$

$\therefore X \oplus Y = 0101B \oplus 1100B = 0001B$

相同为0，不同为1

-4的补码是（ C ）

A）0100

B）0110

✓ C）1100

D）1011

正数的补码=原码

负数的补码=原码取反加1

或

$0-(+4)_{10}=(-4)_{10}$

0000-0100→1100

$(+4)_{10}=(0100)_2$

0100→1011

1011+1 →1100

$(-4)_{10}=(1100)_{补}$

+4+(-4)=(0100)+(1100)=1(0000)

7-4的二进制数运算是（　　　）

✓A）0111+1100

✘ B）1001+1100

✘ C）1001+1100

✘ D）0111+0100

7-4=7+(-4)

1. 逻辑代数运算法则

1）常量与变量的关系

自等律 $A+0=A \quad A\cdot 1=A$

0-1律 $A+1=1 \quad A\cdot 0=0$

重叠律 $A+A=A \quad A\cdot A=A$

还原律 $\overline{\overline{A}}=A$

互补律 $A+\overline{A}=1 \quad A\cdot\overline{A}=0$

2）逻辑代数的基本运算法则

交换律 $A+B=B+A \quad A\cdot B=B\cdot A$

2）逻辑代数的基本运算法则

结合律 $(A+B)+C=A+(B+C)$

$$(A\cdot B)\cdot C=A\cdot(B\cdot C)$$

分配律 $A\cdot(B+C)=A\cdot B+A\cdot C$

$$A+(B\cdot C)=(A+B)\cdot(A+C)$$

普通代数不适用！

证：$(A+B)\cdot(A+C)$

$=A\cdot A+A\cdot C+B\cdot A+B\cdot C$　　$A\cdot A=A$

$=A+A(C+B)+BC$　　$A+1=1$

$=A(1+C+B)+BC$

$=A+BC$

反演律 $\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$　$\overline{A\cdot B}=\overline{A}+\overline{B}$

吸收律
$$\left.\begin{array}{l}(1)\ \ A+AB=A\\(2)\ \ A(A+B)=A\end{array}\right\}\text{对偶式}$$

补吸收律 $A+\overline{A}B=A+B$

利用分配律 $(A+B)(A+C)=A+BC$ 证明补吸收律

$$(A+\overline{A})(A+B)=A+\overline{A}B=A+B$$

$$AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C$$

证明

$$AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C + (A + \bar{A})BC$$
$$= AB + ABC + \bar{A}C + \bar{A}BC = AB + \bar{A}C$$

代数化简的基本方法

① 合并项法：利用合并律　$AB+A\bar{B}=A$

$$F=A\overline{B\bar{C}}D+AB\bar{C}D=AD$$

② 吸收法：利用吸收律　$A+AB=A$

$$F=A\bar{C}+AB\bar{C}(E+G)=A\bar{C}$$

③ 消除法：利用补吸收律　$A+\bar{A}B=A+B$

去除多余因子

$$F=A\bar{C}+\bar{A}D+CD=A\bar{C}+(\bar{A}+C)D$$

$$=A\bar{C}+\overline{A\bar{C}}D=A\bar{C}+D$$

代数化简的基本方法

④ 配项法：利用添加项规则

$$AB+\overline{A}C=AB+\overline{A}C+BC$$

增加一些配项再化简

$$F=\overline{A}B\overline{C}+\overline{B}E+CE+\overline{A}DE$$

$$=\overline{A}B\overline{C}+\left(\overline{B}+C\right)E+\overline{A}DE \qquad \text{分配律}$$

$$=\overline{A}B\overline{C}+\overline{B\overline{C}}E+\overline{A}DE \qquad \text{摩根定律}$$

$$=\overline{A}B\overline{C}+\overline{B\overline{C}}E \qquad \text{补吸收律的推广}$$

逻辑表达式$A+BC$=(　　　)

A)　AB

B)　A+C

C)　(A+C)(A+B)

D)　B+C

逻辑表达式 $\overline{A \cdot B \cdot C} = (\quad)$

A) $A + B + C$

B) $\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$

C) $\overline{A + B + C}$

D) $\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$

摩根定理

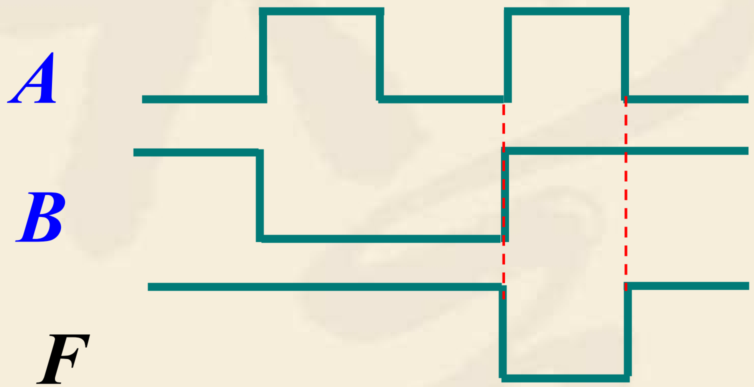
如图所示的波形图表示的逻辑关系是（　　　　）

A) $F = AB$

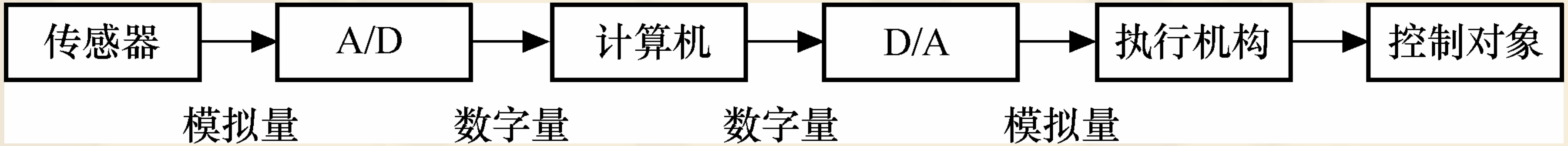
B) $F = A + B$

C) $F = \overline{AB}$

D) $F = \overline{A + B}$



模-数与数-模转换



数模转换器的主要技术指标

分辨率

分辨率用输入二进制数的有效位数表示。在分辨率为n位的D/A转换器中，输出电压能区分2^n个不同的输入二进制代码状态，能给出2^n个不同等级的输出模拟电压。

例如当n=3、参考电压为10V时，D/A转换器输入二进制数和转换后的输出模拟电压量见表所示。

输入	000	001	010	011	100	101	110	111
u_O/V	0	1.25	2.5	3.75	5	6.25	7.5	8.75

分辨率也可以用D/A转换器的最小输出电压与最大输出电压的比值来表示。3位D/A转换器的分辨率为:

$$\frac{1}{2^3-1}=\frac{1}{7}\approx 0.14$$

A/D转换的精度取决于（　　　）

A)分辨率

B) 转换速度

C) 分辨率和转换速度

某DAC要求10位二进制数能代表0～50V，此二进制数的最低位代表（　）V

A) 0.5V

B) 0.05V

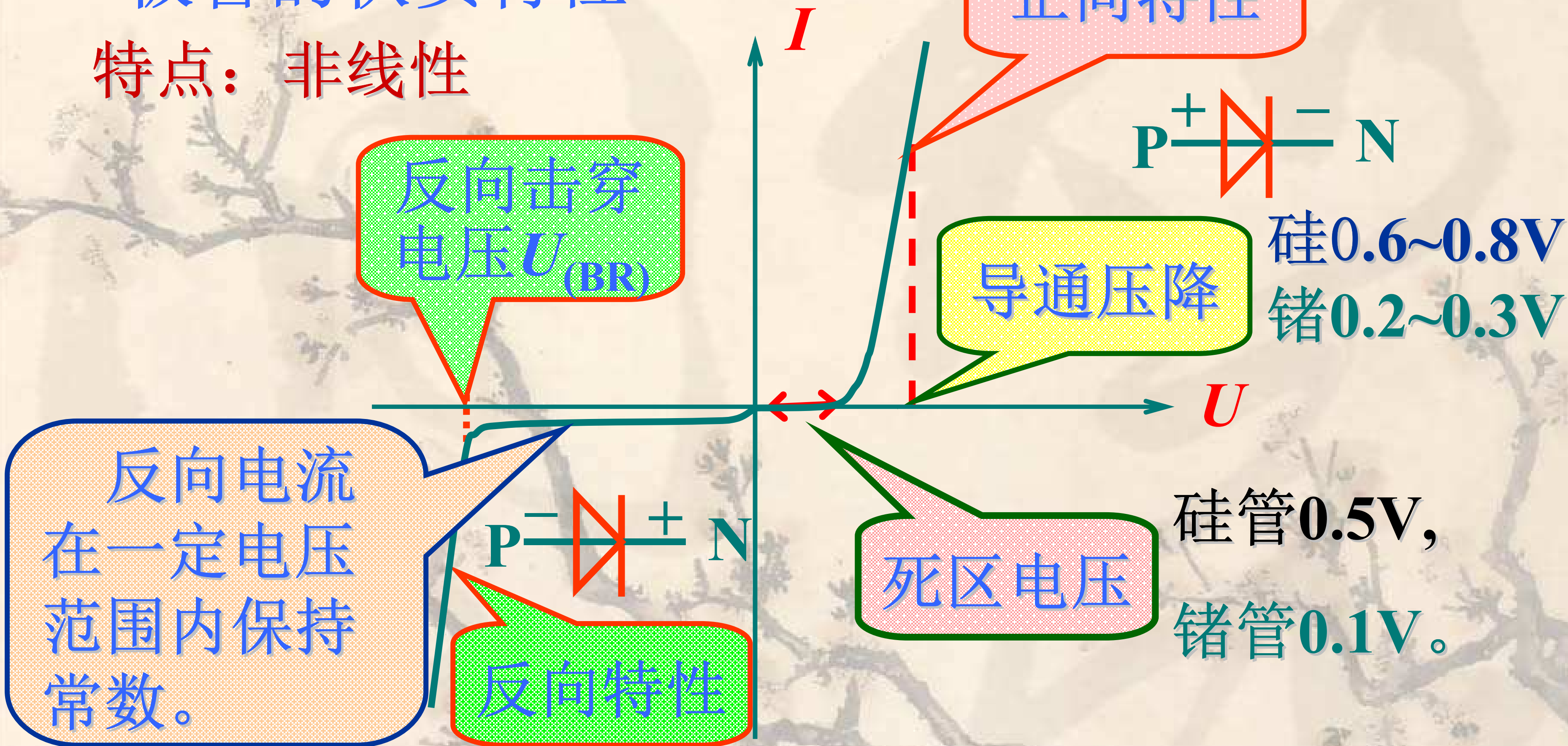
C) 0.005V

D) 0.0005V

半导体二极管和三极管

二极管的伏安特性

特点：非线性



外加电压大于反向击穿电压二极管被击穿，失去单向导电性。

外加电压大于死区电压二极管才能导通。

二极管电路分析举例

定性分析：判断二极管的工作状态 $\begin{cases}\text{导通}\\\text{截止}\end{cases}$

若二极管是理想的，正向导通时正向管压降为零，反向截止时二极管相当于断开。

否则，正向管压降 $\begin{cases}\text{硅}0.6\sim0.7\text{V}\\\text{锗}0.2\sim0.3\text{V}\end{cases}$

分析方法：将二极管断开，分析二极管两端电位的高低或所加电压U_D的正负。

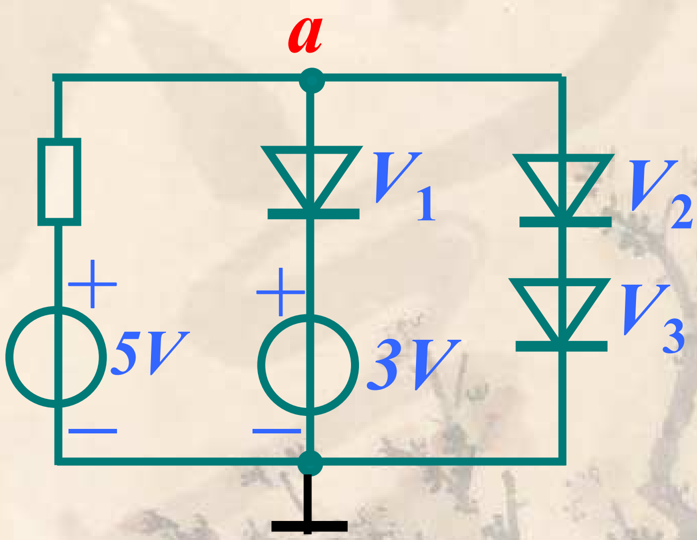
若 $V_{阳} > V_{阴}$或 U_D为正(正向偏置)，二极管导通

若 $V_{阳} < V_{阴}$或 U_D为负(反向偏置)，二极管截止

8－23 设二极管正向压降均为0.7V，试判断各管工作状态

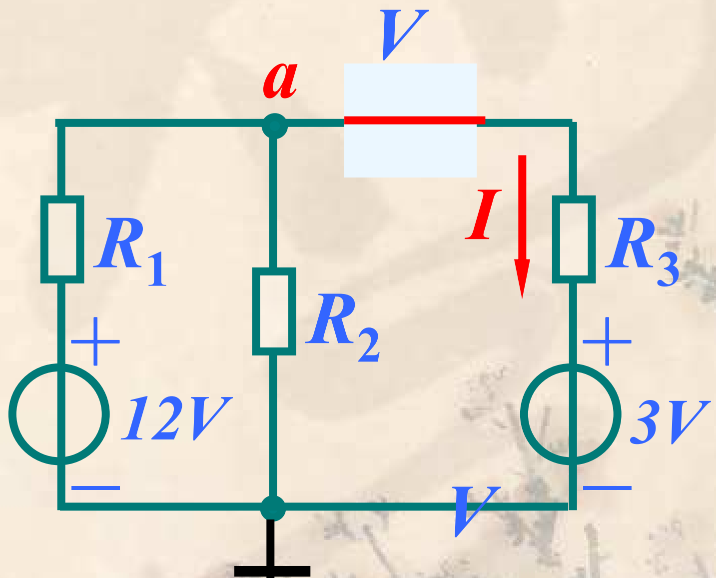
解：

共阳极接法，阴极电位低的二极管通



V_2、V_3导通后，a点电位为1.4V，V_1截止

8－24 已知$R_1=R_2=2k\Omega$，$R_3=3k\Omega$， V为理想二极管，求电流I



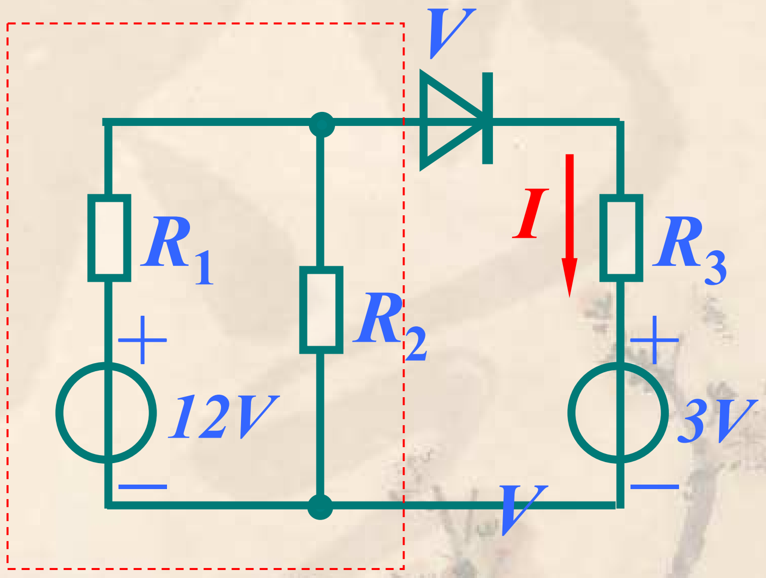
解：*先假设V不导通，a点电位$V_a=6V$。则V可导通。*

$$V_a=\frac{\frac{12}{2}+\frac{3}{3}}{\frac{1}{3}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}=\frac{21}{4}=5.25V$$

$$I=\frac{V_a-3}{R_3}=\frac{5.25-3}{3\times10^3}=0.75mA$$

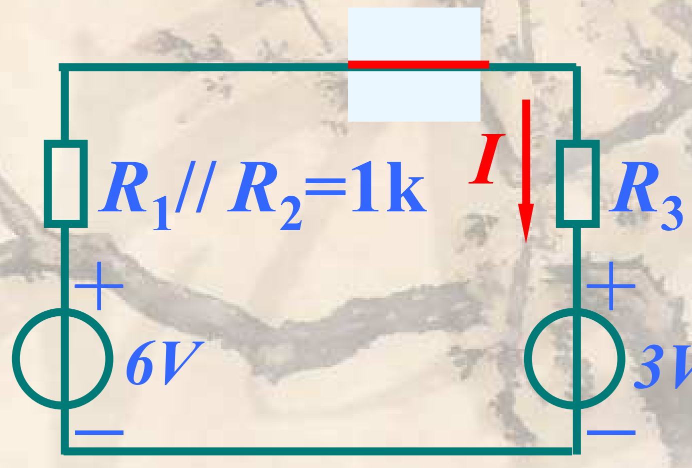
8－24 已知$R_1=R_2=2k\Omega$, $R_3=3k\Omega$， V为理想二极管，求电流I

解:

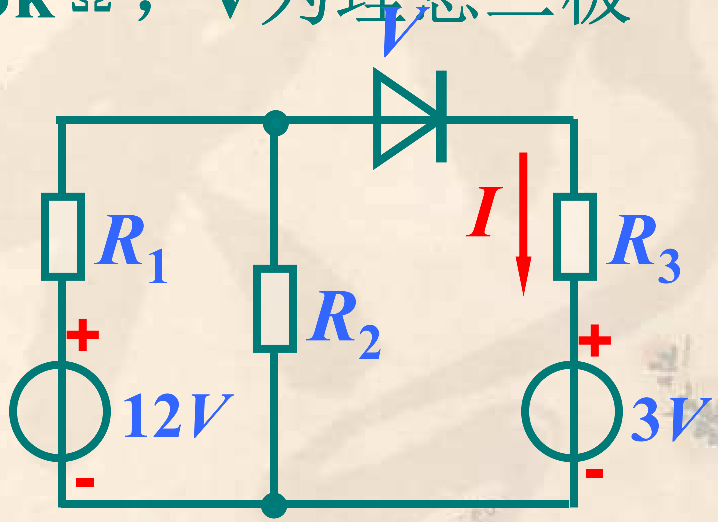


戴维南定理

$$I=\frac{6-3}{1+3}=0.75mA$$

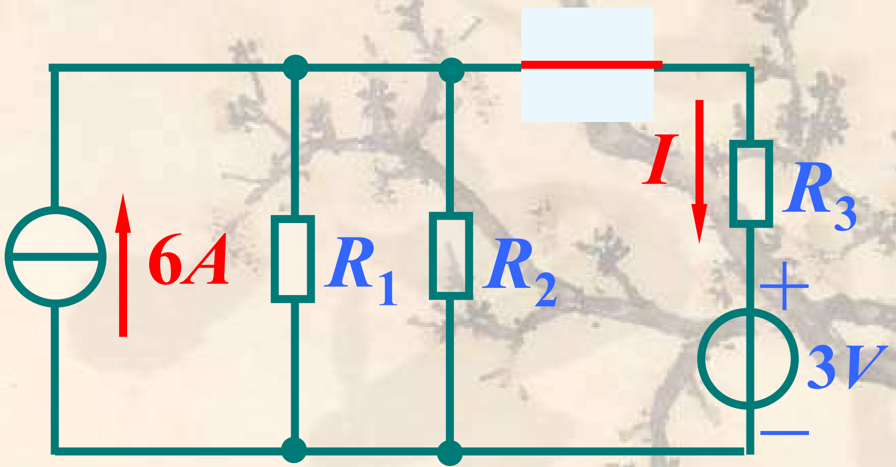


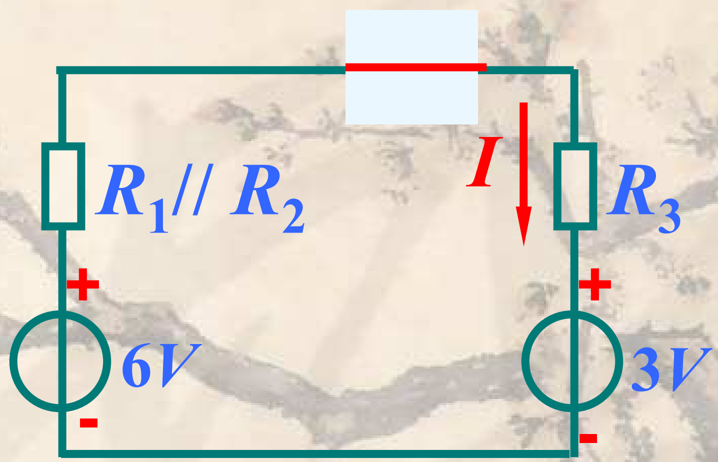
8－24 已知$R_1=R_2=2k\Omega$, $R_3=3k\Omega$， V为理想二极管，求电流*I*



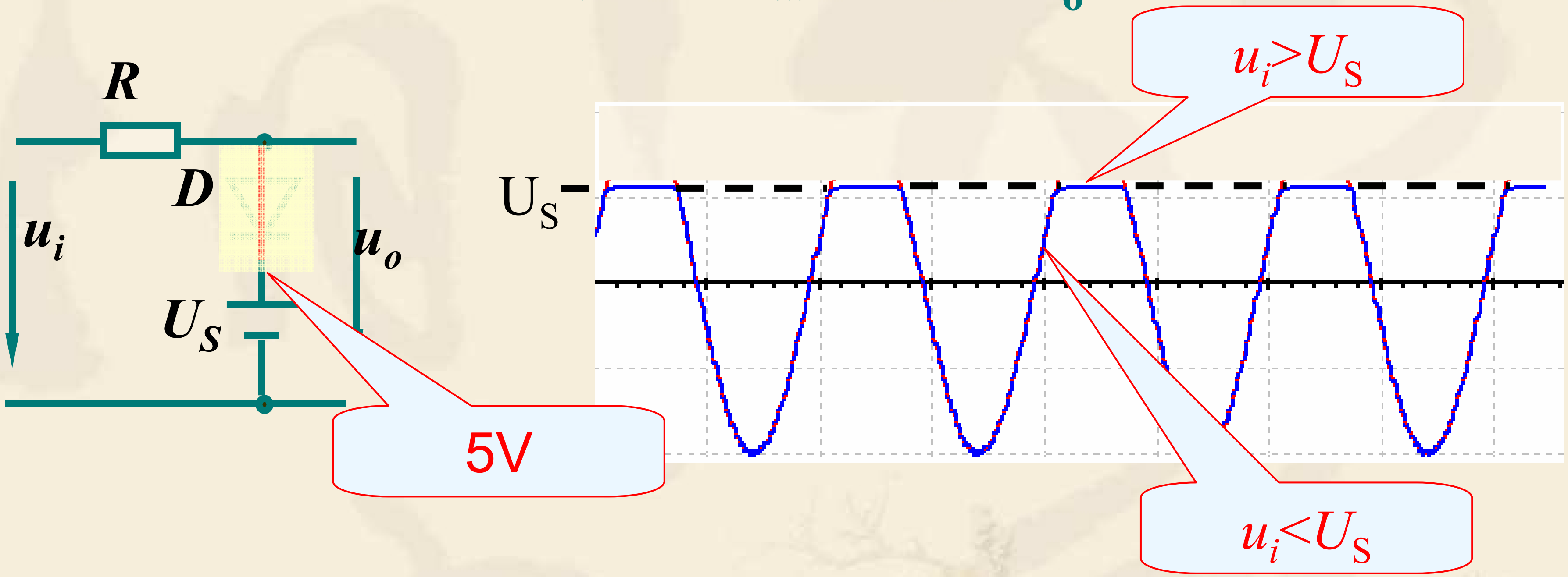
解：

电压源与电流源转换。





例：图示电路中，已知U_S=5V，u_i=10sin ωt V，D为理想二极管，求输出电压u_o的波形。

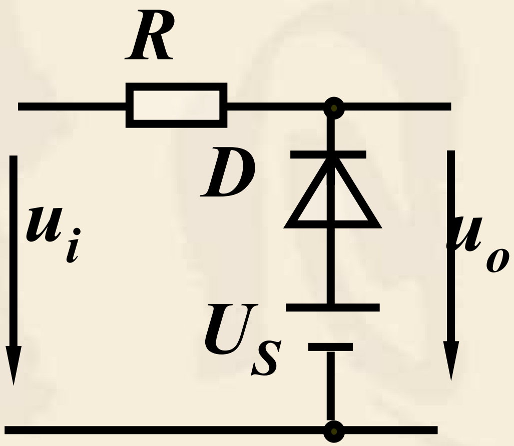


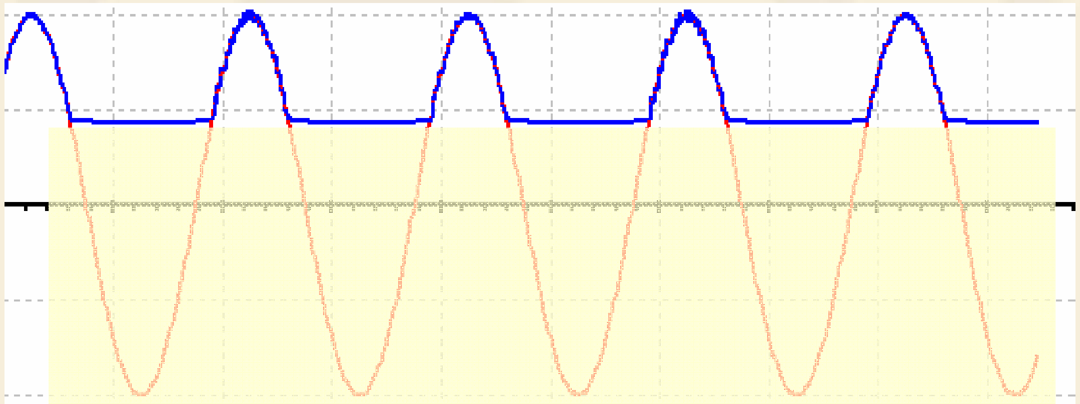
先假设二极管不导通，判断二极管阳极和阴极电位。

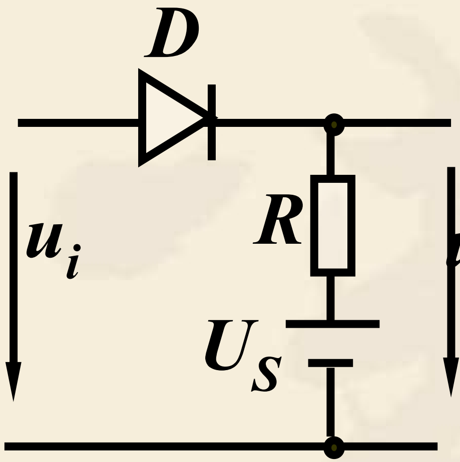
正偏情况：$u_i>U_S$，二极管短路:$u_o=U_S$

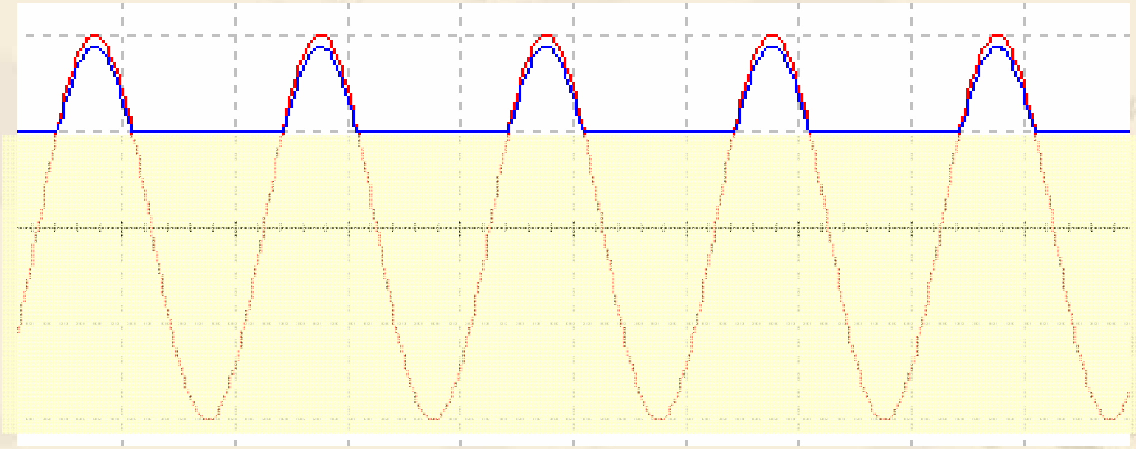
负偏情况：$u_i<U_S$，二极管开路: $u_o=u_i$

例：图示电路中，已知U_s=5V，u_i=10sin ωt V，D为理想二极管，求输出电压u_o的波形。









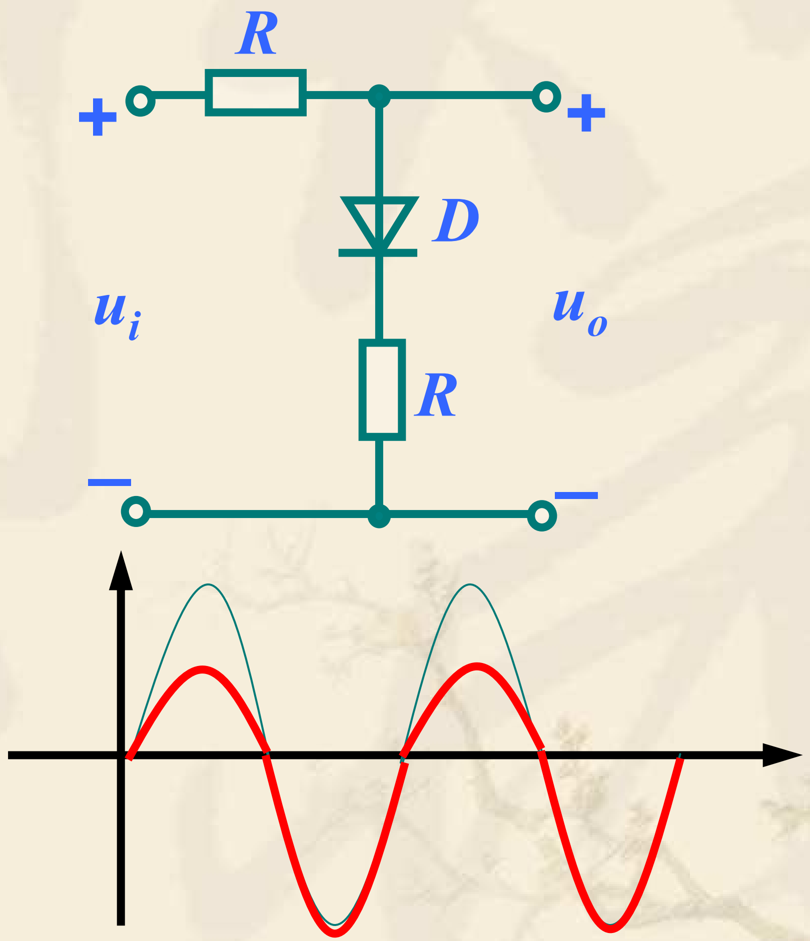
8 图示电路中，设D为理想半导体二极管，输入电压u_i按正弦规律变化，则在输入电压的负半周，输出电压：：

（A） $u_o=u_i$

（B） $u_o=0$

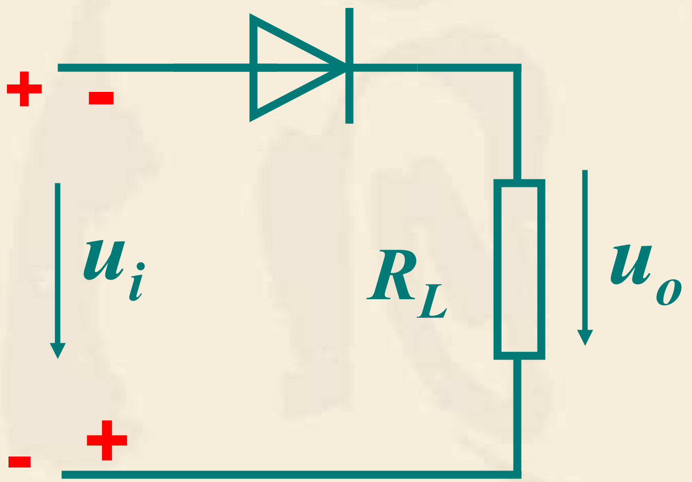
（C） $u_o=-u_i$

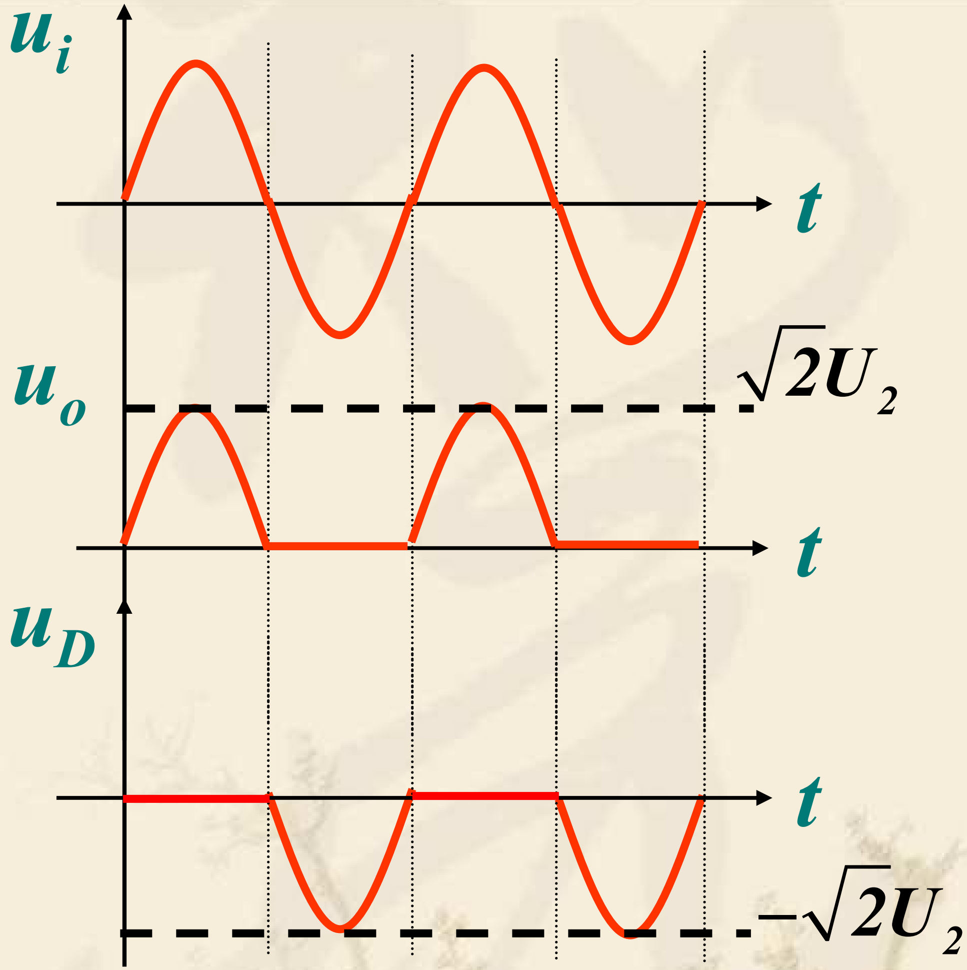
（D） $u_o=u_i/2$



06年考题

二极管半波整流



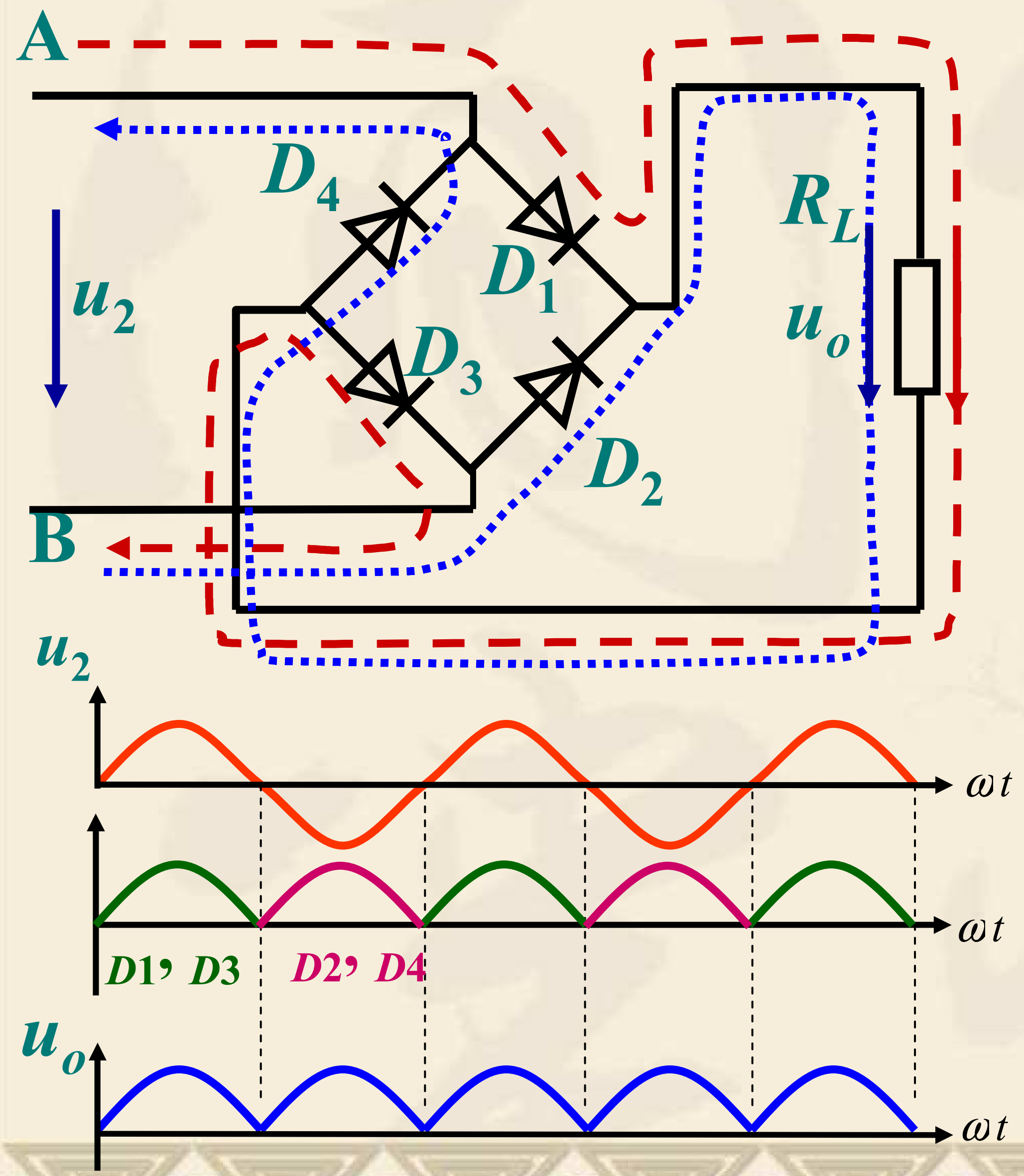


$$U_o = 0.45U_2$$

$$I_o = I_D = U_o/R_L$$

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2$$

桥式整流电路输出波形及二极管上电压波形



u_2>0 时	u_2<0 时
D_1,D_3导通 D_2,D_4截止 电流通路: A → D_1→ R_L→D_3→B	D_2,D_4导通 D_1,D_3截止 电流通路: B → D_2→ R_L→D_4→A
输出是脉动的直流电压！	

负载上电流方向不变

参数计算

(1) 整流电压平均值 U_o

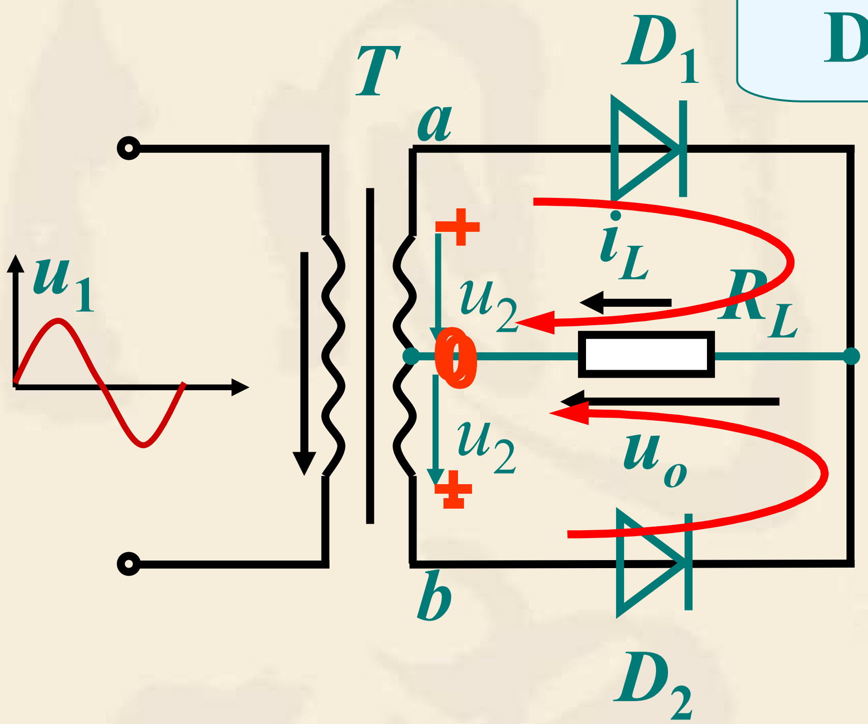
$$U_o = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\sqrt{2}U\sin\omega t\,d(\omega t) = 0.9U$$

(2) 整流电流平均值 I_o $I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.9\frac{U}{R_L}$

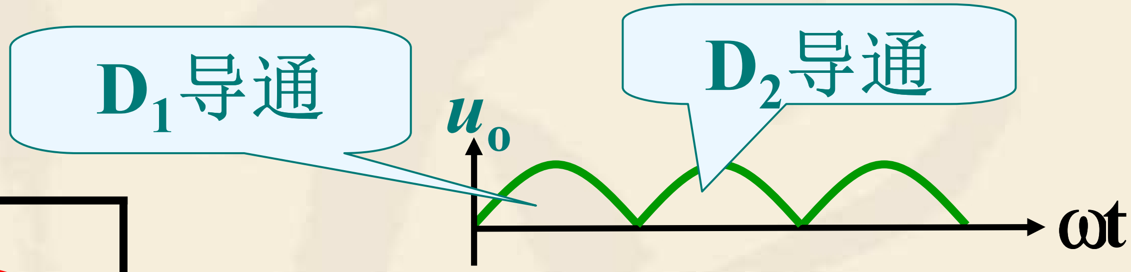
(3) 流过每管电流平均值 I_D $I_D = \frac{1}{2}I_o$

(4) 每管承受的最高反向电压 U_{DRM} $U_{DRM} = \sqrt{2}U$

单相全波整流电路的工作原理



(1) 输出电压波形：



(2) 二极管上承受的最高电压：

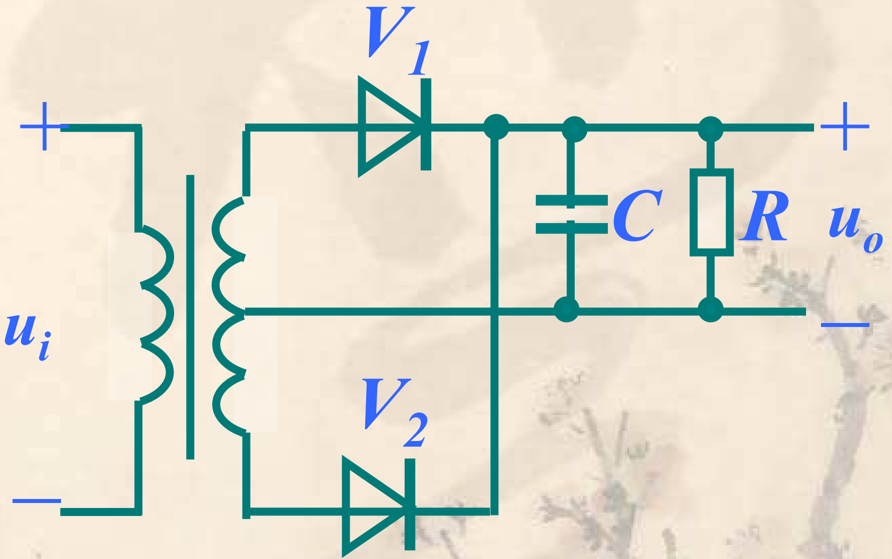
$$U_{RM}=2\sqrt{2}U_2$$

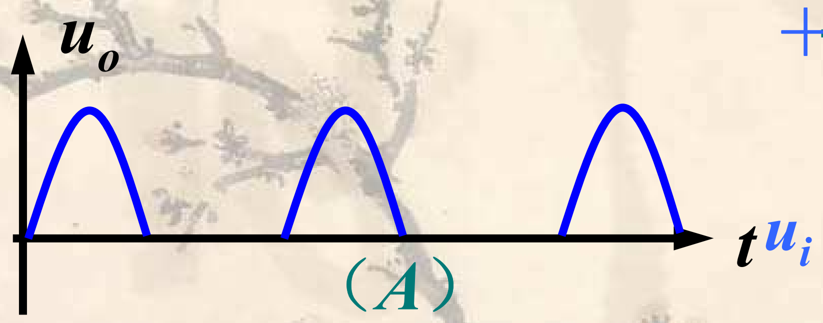
(3) 二极管上的平均电流：
$$I_D=\frac{1}{2}I_L$$

(4) u_o平均值U_o：　U_o=0.9U_2

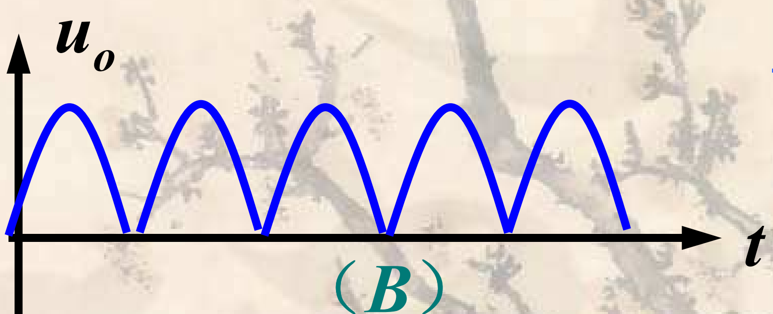
8－25 图示全波整流电路中，设时常数*RC*>1.5T，*T*为输入电压周期，输出电压的波形是（ ***D*** ）

解：

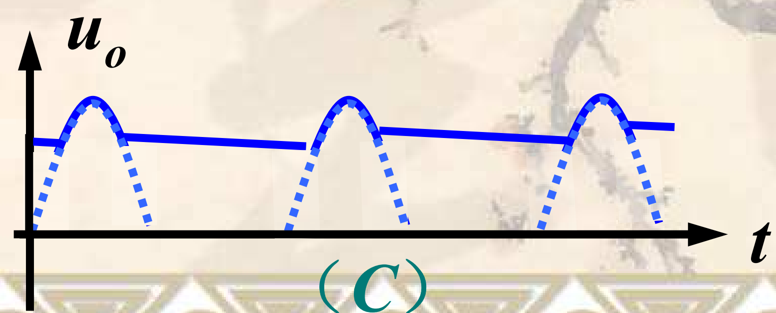




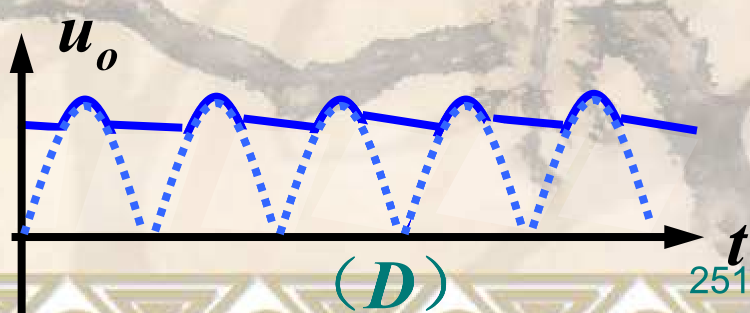
（*A*）



（*B*）



（*C*）

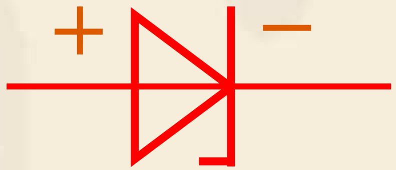


（*D*）

稳压管

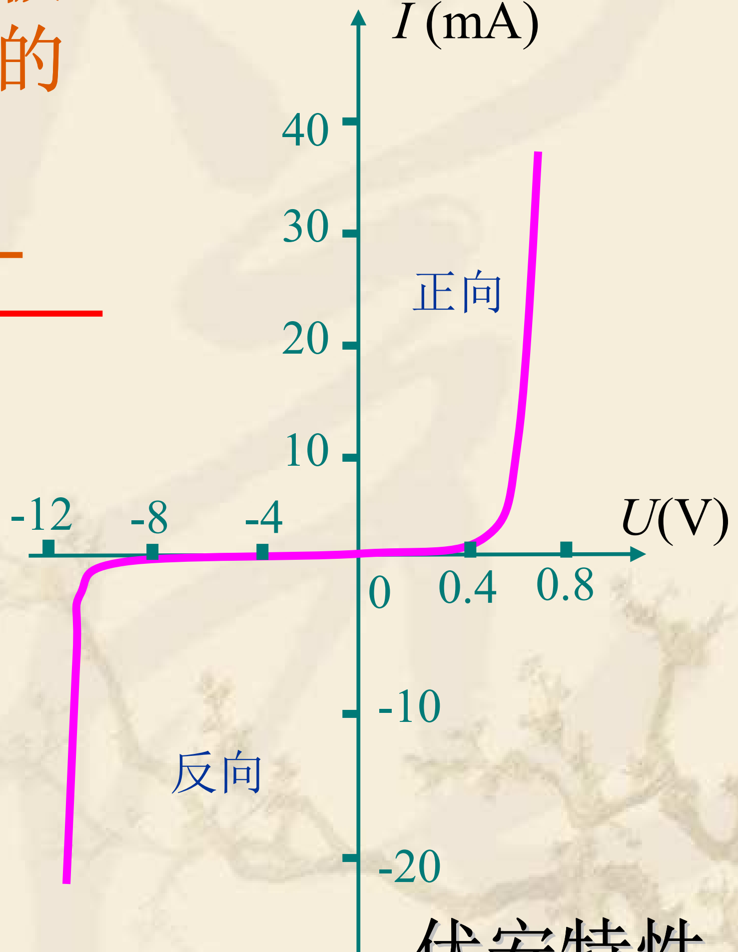
稳压管是一种特殊的面接触型二极管。它在电路中常用作稳定电压的作用，故称为稳压管。

一、稳压管的图形符号：



二、稳压管的伏安特性：

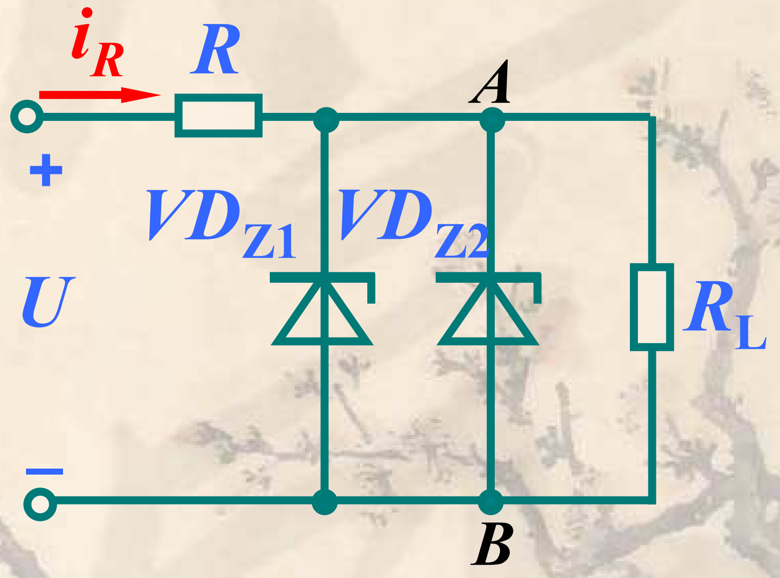
稳压管的伏安特性曲线与普通二极管类似，只是反向曲线更陡一些。



伏安特性

电路如图，已知R=3kΩ，R_L=8kΩ，U=24V，稳压管VD_{Z1}、VD_{Z2}的稳压值分别为12V、9V，求通过限流电阻R的电流I_R

解:

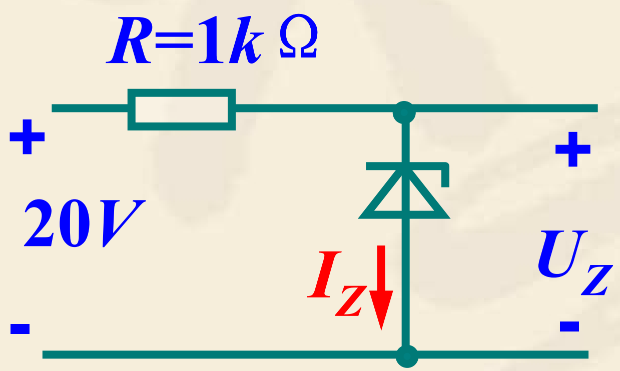


U_{AB}=9V。VD_{Z1}截止

$$i_R=\frac{U-U_{AB}}{R}=5mA$$

稳压管并联，稳压值低者导通，稳压值高者截止

稳压电路如图，，已知稳压管的参数值U_Z=12V，$I_{Z(max)}$=18*mA*，*R*是限流电阻，通过稳压管的电流I_Z等于（ *A* ）



（A）8*mA* ✓

（B）12*mA*

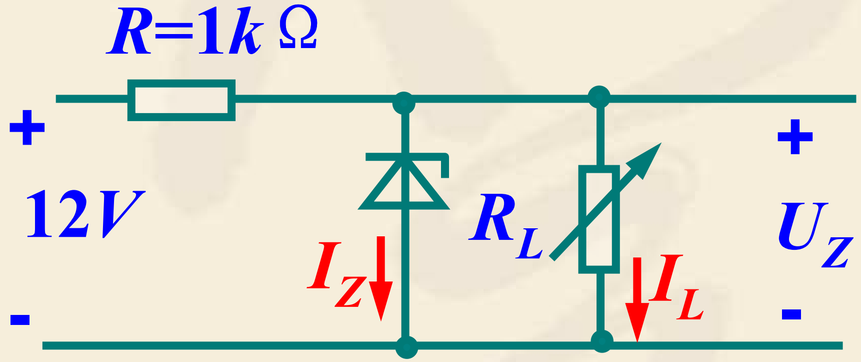
（C）18*mA*

（D）20*mA*

空载时通过稳压管电流最大

$I_R=(20-U_Z)/R=8mA$

稳压电路如图，，已知稳压管的参数值U_Z=6V，稳定电流I_Z=5mA。*稳压条件下I_Z 的数值最大不应超过*（ **C** ）



（A）55*mA*

（B）-55*mA*

（C）1*mA*

（D）-1*mA*

$I_R=(12-6)/R=6mA$

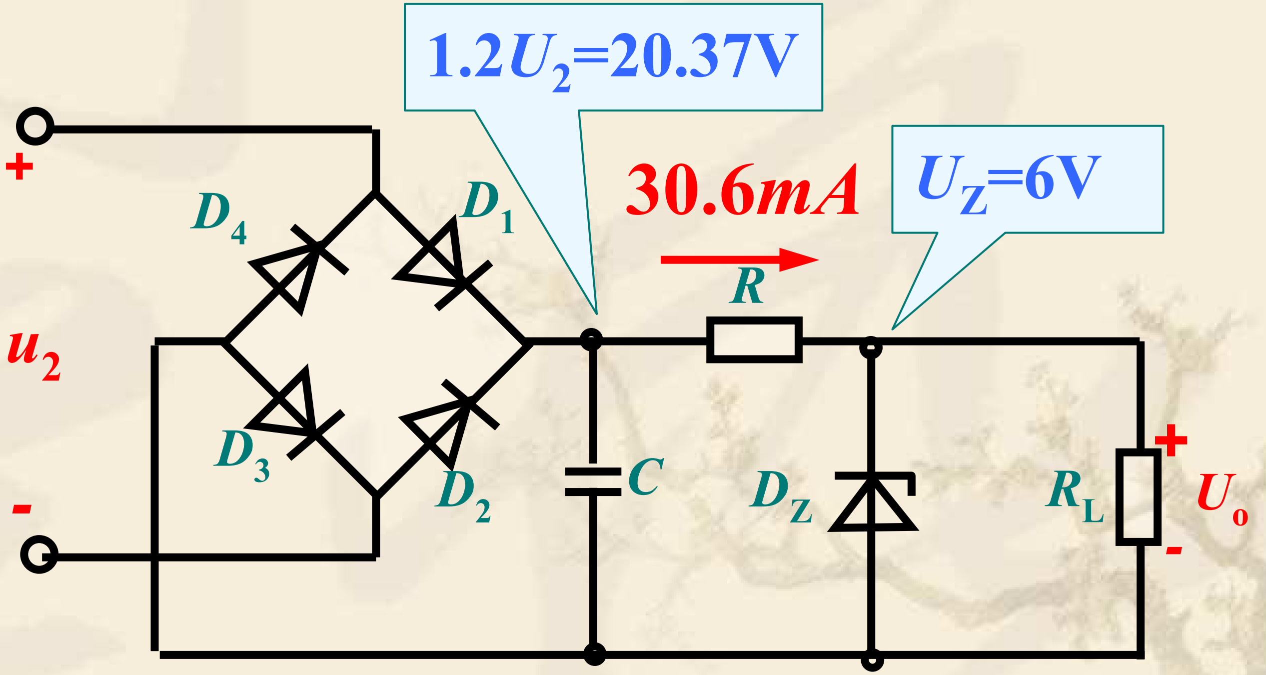
由稳压管组成的直流稳压电路如图所示，已知 u_2=24sin ωt，R=470Ω，稳压管D_Z的稳定电压 U_Z=6V，最小工作电流为3mA，电路能向外输出的最大电流I_{om}是（ B ）

A、61.3mA

B、27.6mA ✓

C、20.4mA

D、39.5mA



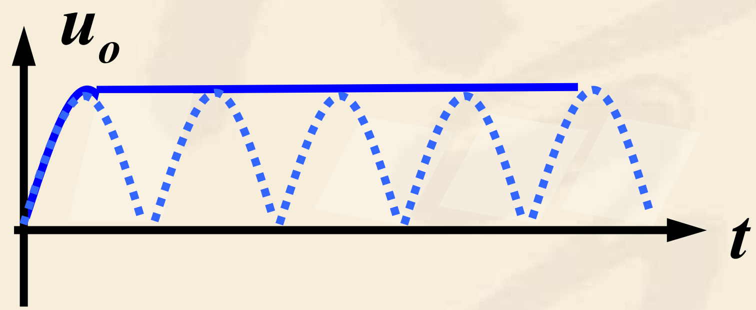
9 全波整流、滤波电路如图所示，如果输入信号 $u_i=10\sin(\omega t+30°)$V，则开关闭合前，输出电压u_o为：

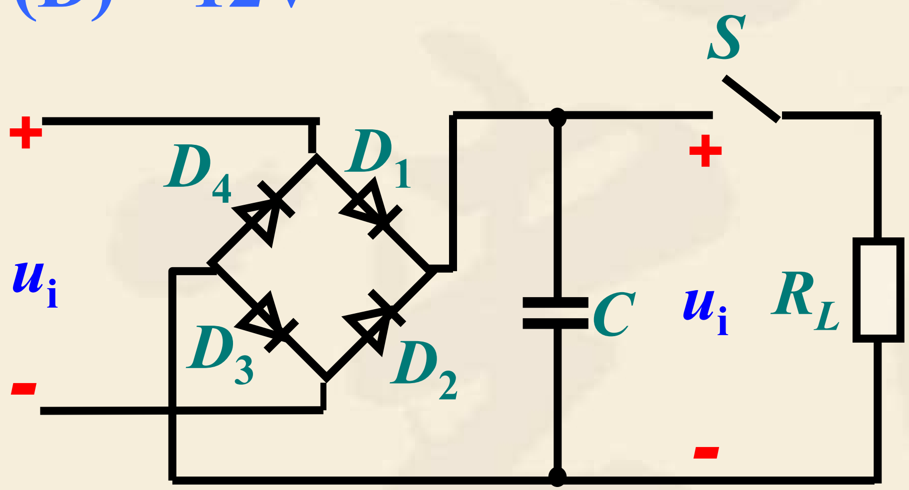
(A) 0V

(B) 7.64V

(C) 10V

(D) 12V

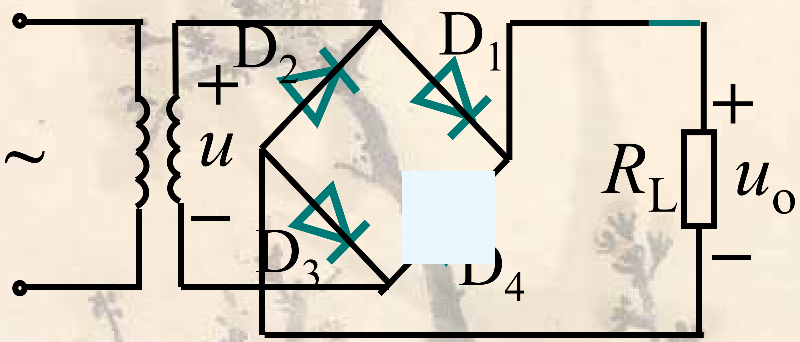


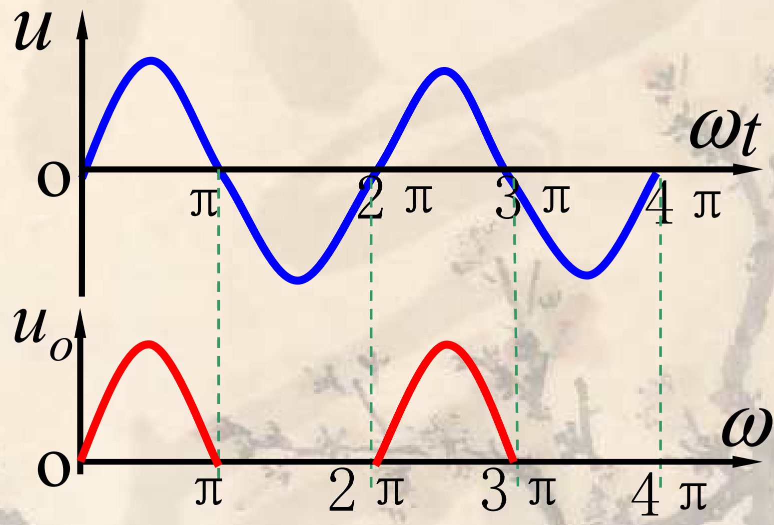


07考题

u_{o2}

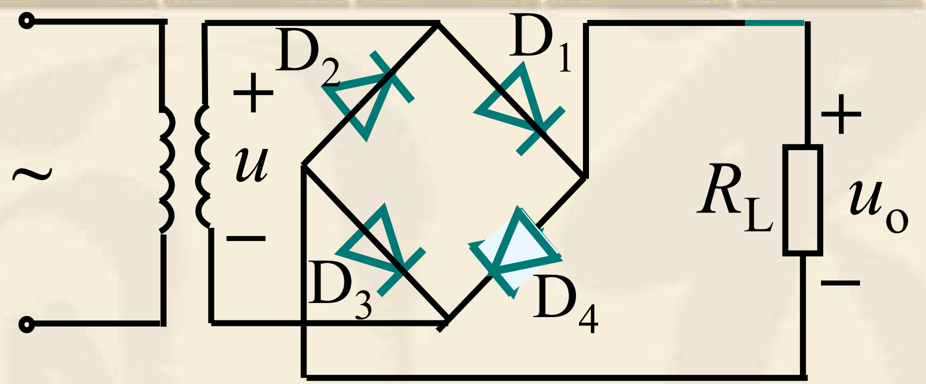
例： 试分析图示桥式整流电路中的二极管D_2或D_4断开时负载电压的波形。如果D_2或D_4接反，后果如何？如果D_2或D_4因击穿或烧坏而短路，后果又如何？





解：当D_2或D_4断开后

电路为单相半波整流电路。正半周时，D_1和D_3导通，负载中有电流过，负载电压$u_o=u$；负半周时，D_1和D_3截止，负载中无电流通过，负载两端无电压，$u_o=0$。



如果D_2或D_4接反

则正半周时，二极管D_1、D_4或D_2、D_3导通，电流经D_1、D_4或D_2、D_3而造成电源短路，电流很大，因此变压器及D_1、D_4或D_2、D_3将被烧坏。

如果D_2或D_4因击穿烧坏而短路

则正半周时，情况与D_2或D_4接反类似，电源及D_1或D_3也将因电流过大而烧坏。

三极管和单管放大电路

1. 三极管放大的外部条件

发射结正偏、集电结反偏

从电位的角度看：

NPN

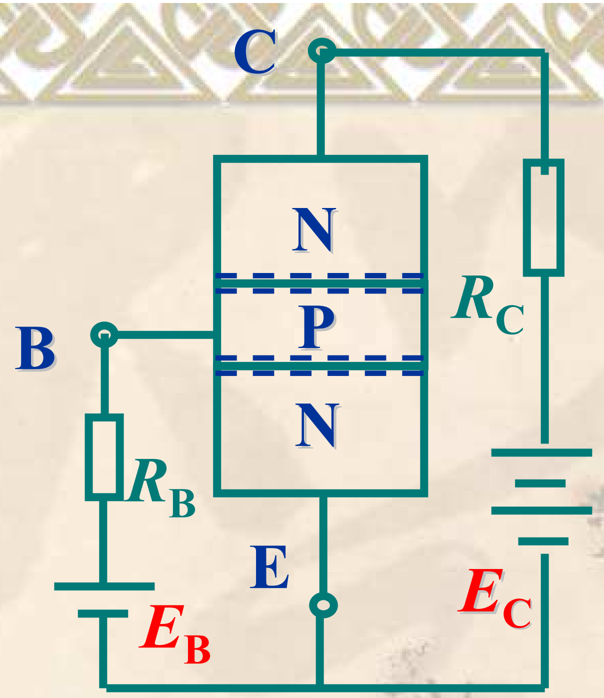
发射结正偏　　$V_B>V_E$

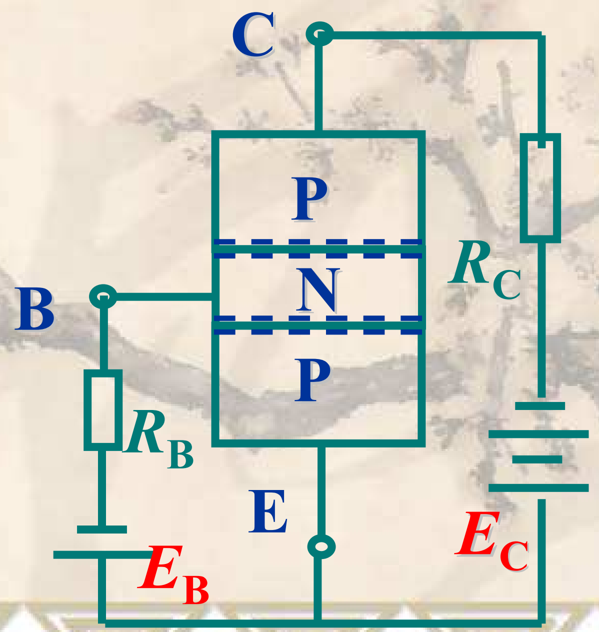
集电结反偏　　$V_C>V_B$

PNP

发射结正偏　　$V_B<V_E$

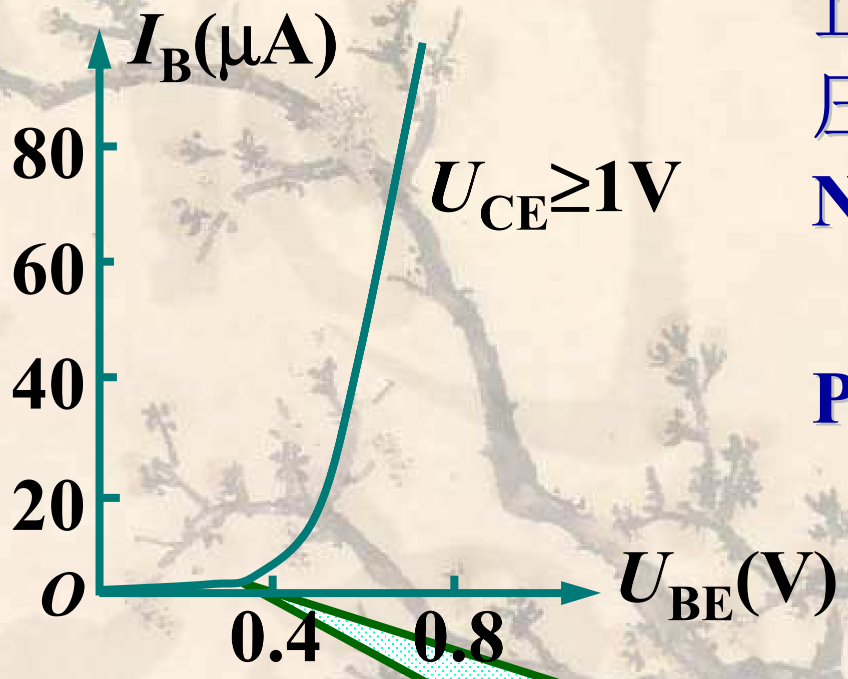
集电结反偏　　$V_C<V_B$





1. 输入特性 $I_B = f(U_{BE})\big|_{U_{CE}=\text{常数}}$

特点:非线性



死区电压：硅管0.5V，锗管0.1V。

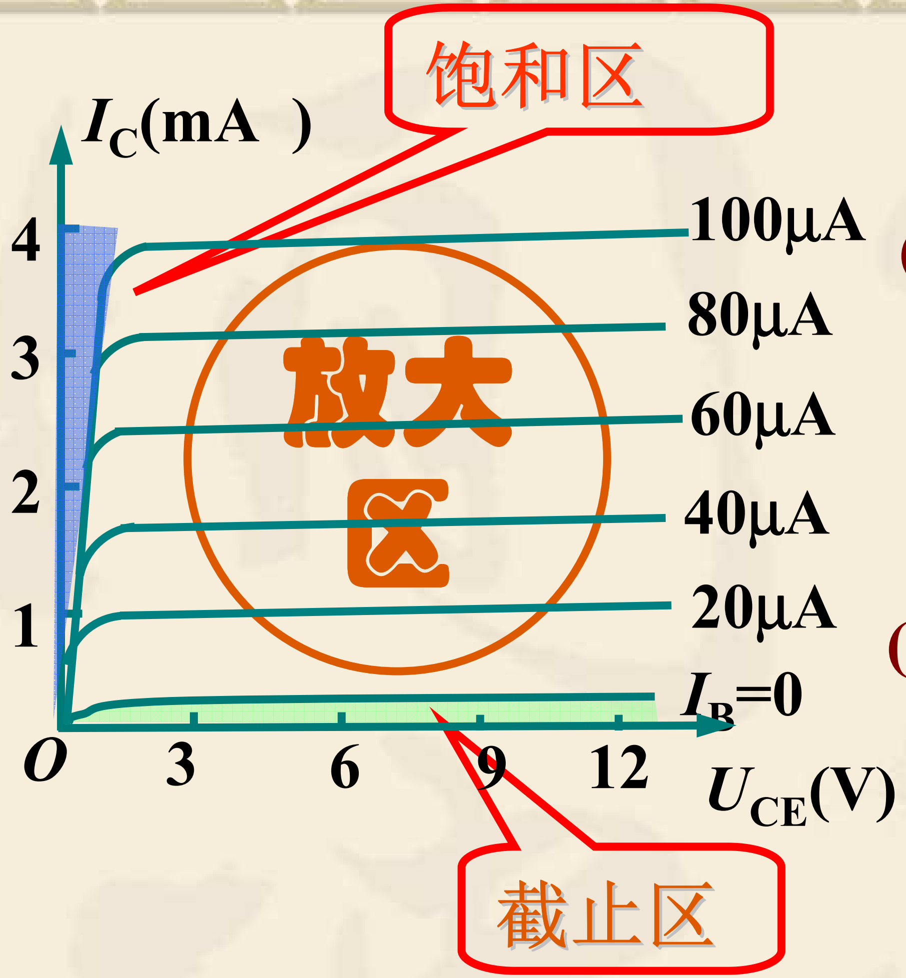
正常工作时发射结电压：

NPN型硅管

$U_{BE} \approx 0.6 \sim 0.7V$

PNP型锗管

$U_{BE} \approx -0.2 \sim -0.3V$



输出特性三个区域的特点：

(1) 放大区：

发射结正偏，集电结反偏。

$I_C=\beta I_B$

(2) 饱和区：

发射结正偏，集电结正偏。

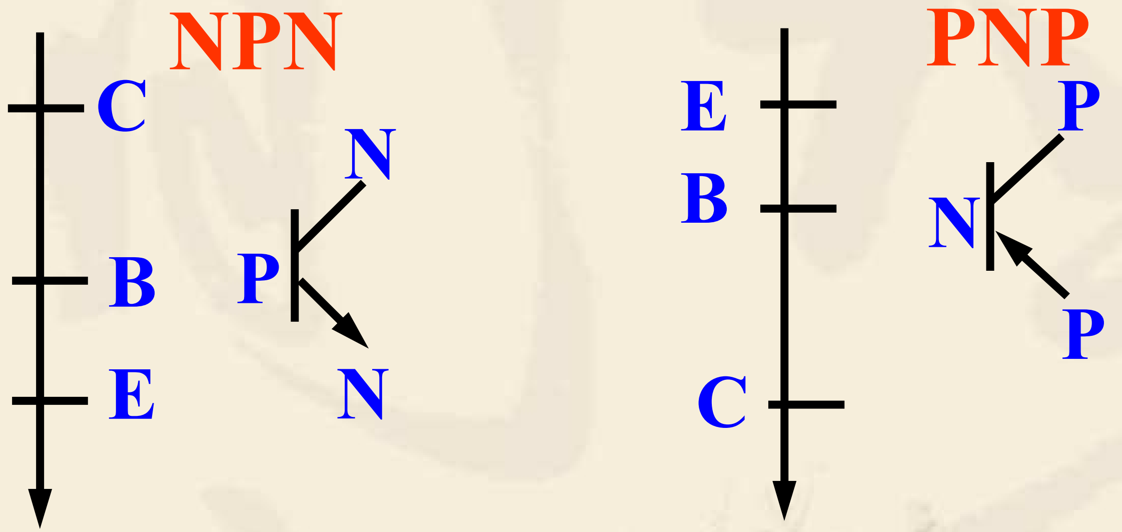
$U_{CE}<U_{BE}$， $\beta I_B>I_C$， $U_{CE}\approx 0.3V$

(3) 截止区： $U_{BE}<$ 死区电压， $I_B=0$ ， $I_C=I_{CEO}\approx 0$

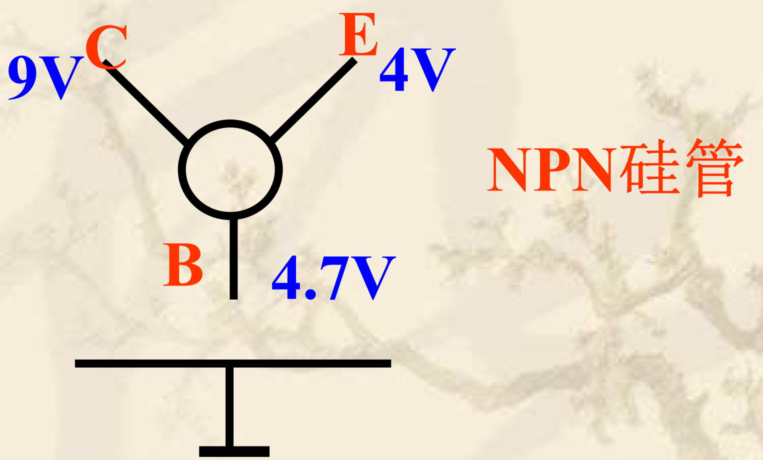
三极管工作于放大状态的条件

发射结正偏——基极电流

集电极反偏——吸收载流子



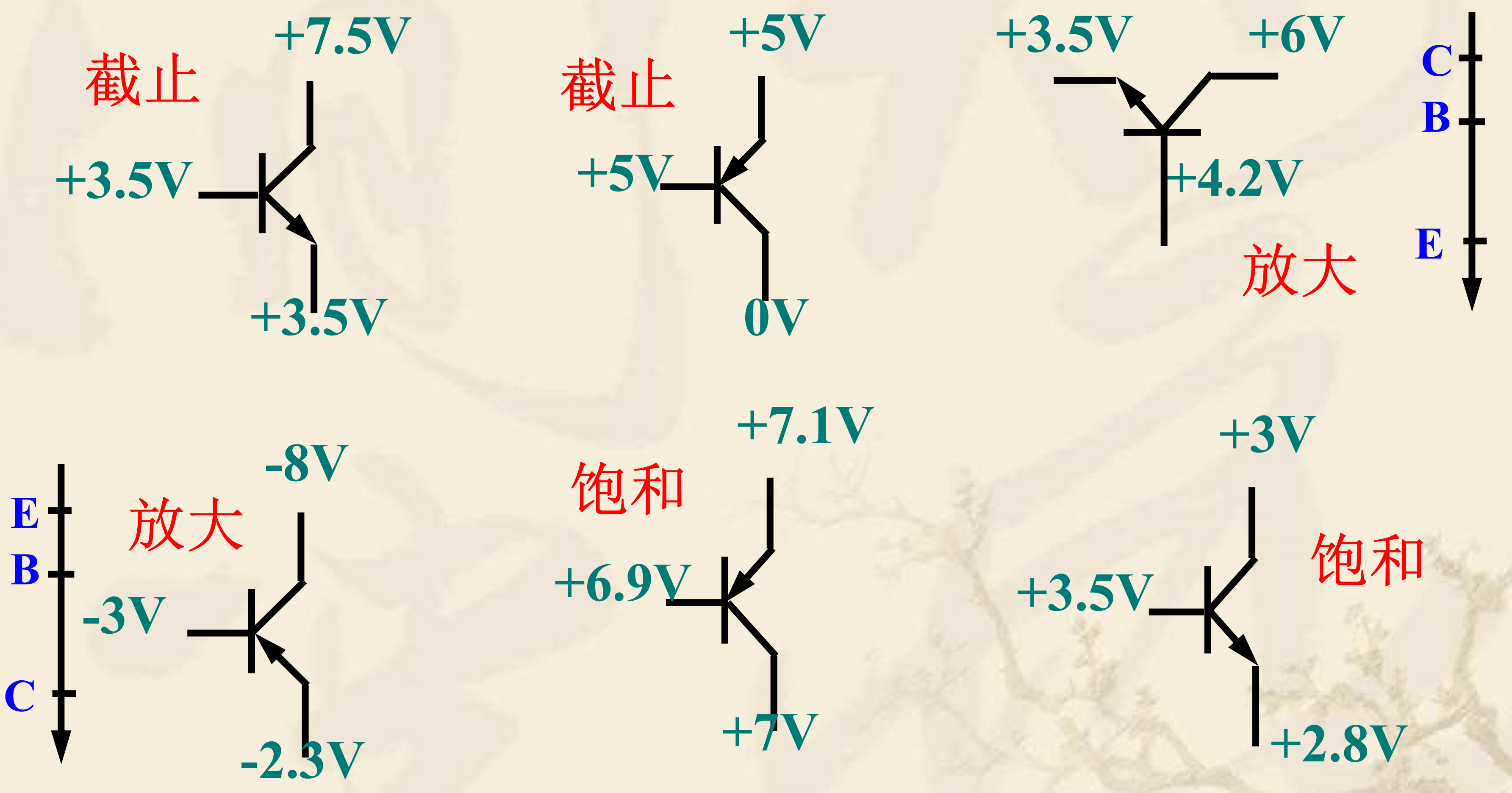
例　三极管工作于放大状态，试判断管脚



放大状态，BE正偏，U_{BE}为0.7（硅管)或0.3(锗管)

由正反偏条件，基极电位居中

电路如图所示，各电压为对地电压，试判断各管的工作状态。



图示电路，已知U_{CC}=15V， U_B=-9V， R_B=20kΩ，R_C=3kΩ，β=40， U_i=5V时，要使晶体管饱和，R_X应小于（　　　）kΩ，（设U_{BE}=0.7V，饱和压降U_{CES}=0.3V）。

✓（A）7

（B）3

（C）13

（D）17

$$I_B > I_{BS} = \frac{1}{\beta} I_{CS}$$

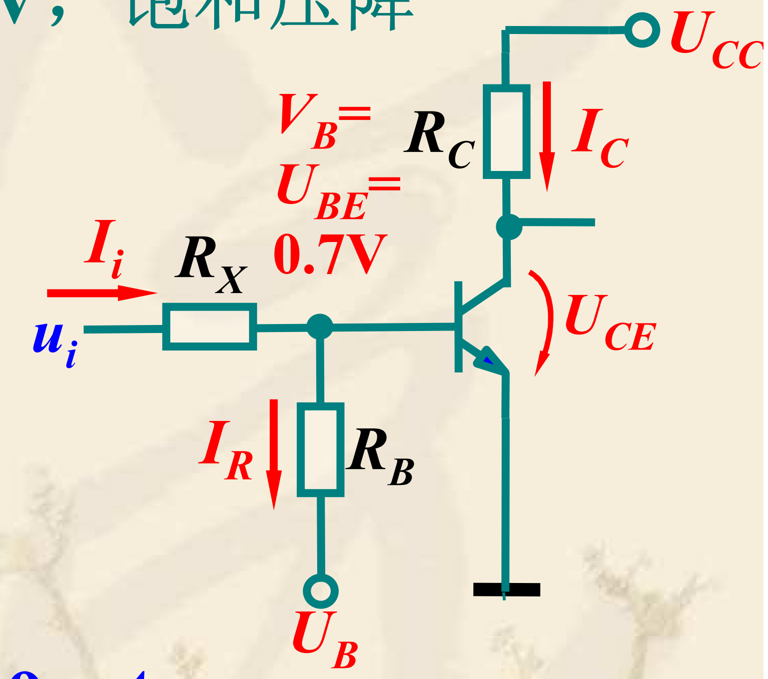
$$= \frac{1}{\beta} \times \frac{U_{CC} - U_{CES}}{R_C}$$

$I_{BS}=0.12mA$

$I_R=(V_B-U_B)/R_B=0.49mA$

$I_i>I_B+I_{RS}=0.61mA$

$R_X<(u_i-V_B)/I_i=7\ k\Omega$



$I_C=(U_{CC}-U_{CE})/R_C$

分析三极管放大电路注意两个问题

1）直流通路和交流通路

因电容对交、直流的作用不同。在放大电路中如果电容的容量足够大，可以认为它对交流分量不起作用，即对交流短路。而对直流可以看成开路。这样，交直流所走的通路是不同的。

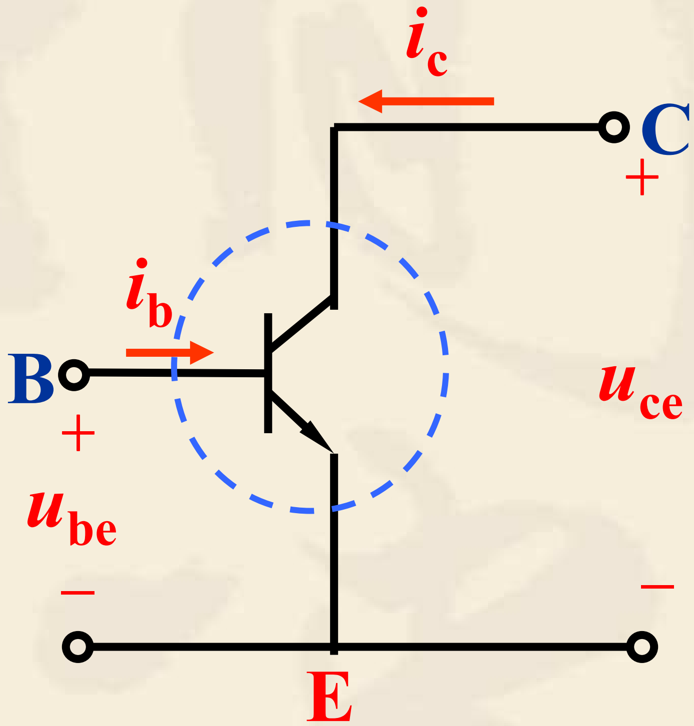
直流通路（电容开路）：无信号时电流（直流电流）的通路，用来计算静态工作点。

交流通路（电容短路，直流电源短路）：有信号时交流分量（变化量）的通路，用来计算电压放大倍数、输入电阻、输出电阻等动态参数。

$$r_{be} \approx 300(\Omega) + (1+\beta)\frac{26(\mathrm{mV})}{I_E(\mathrm{mA})}$$

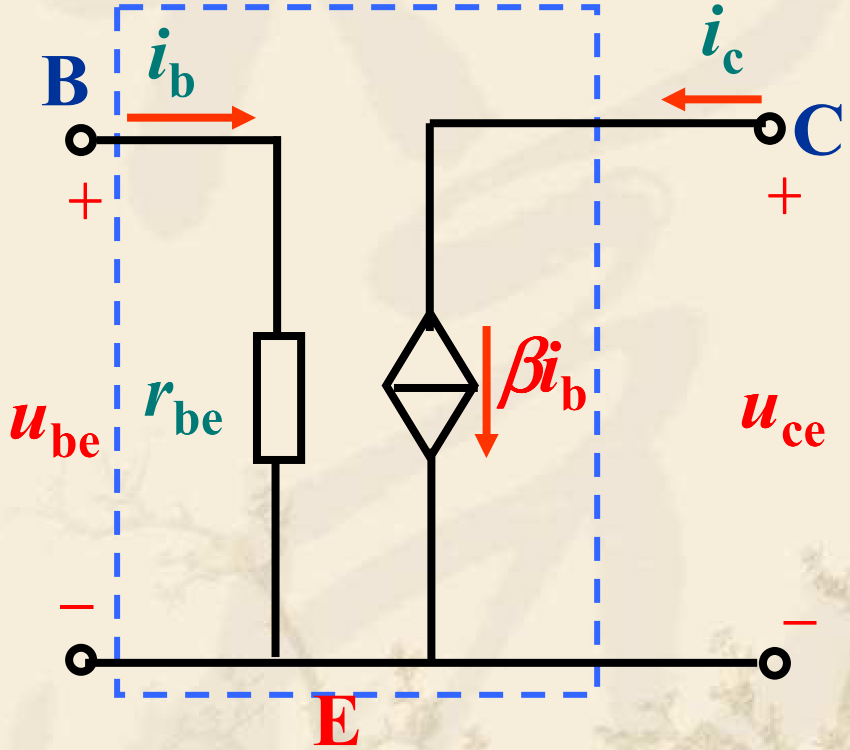
2） 晶体管的微变等效电路

晶体三极管



晶体管的B、E之间可用r_{be}等效代替。

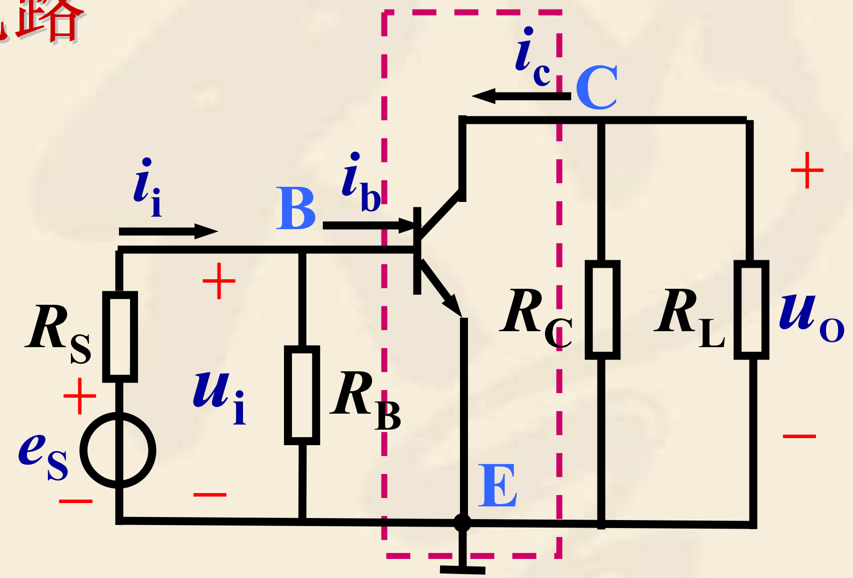
微变等效电路



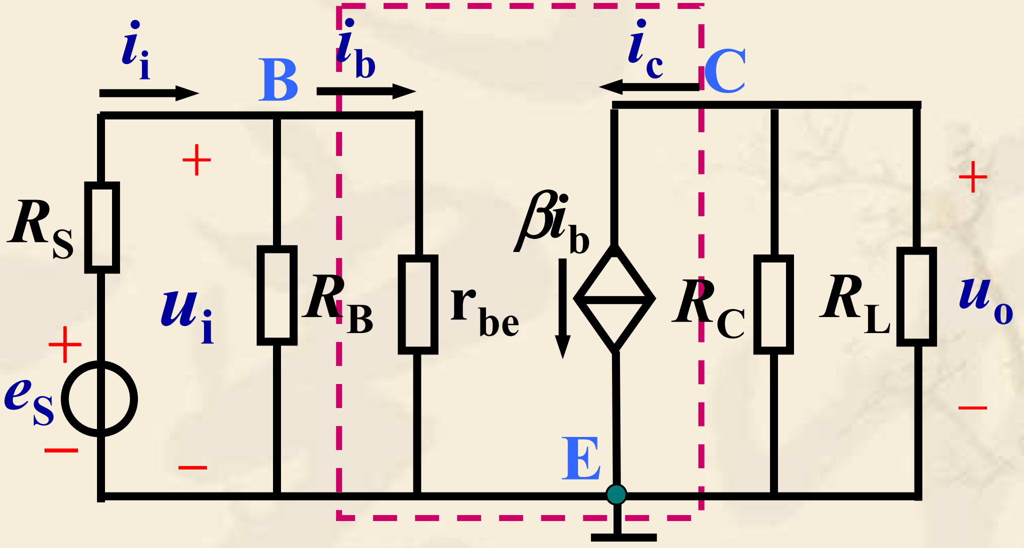
晶体管的C、E之间可用一受控电流源$i_c = \beta i_b$等效代替。

（2）放大电路的微变等效电路

将交流通路中的晶体管用晶体管微变等效电路代替即可得放大电路的微变等效电路。



交流通路



微变等效电路

实现放大的条件

(1) 晶体管必须工作在放大区。发射结正偏，集电结反偏。

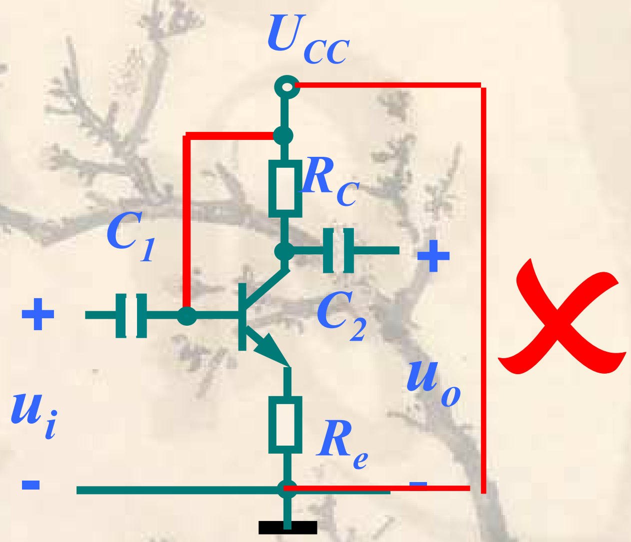
(2) 正确设置静态工作点，使晶体管工作于放大区。

(3) 输入回路将变化的电压转化成变化的基极电流。

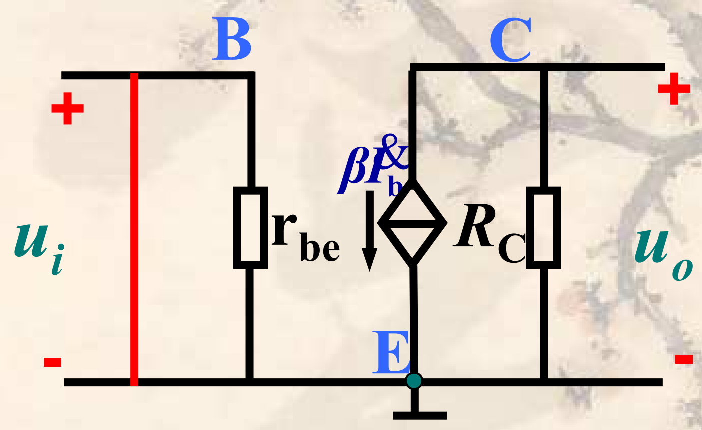
(4) 输出回路将变化的集电极电流转化成变化的集电极电压，经电容耦合只输出交流信号。

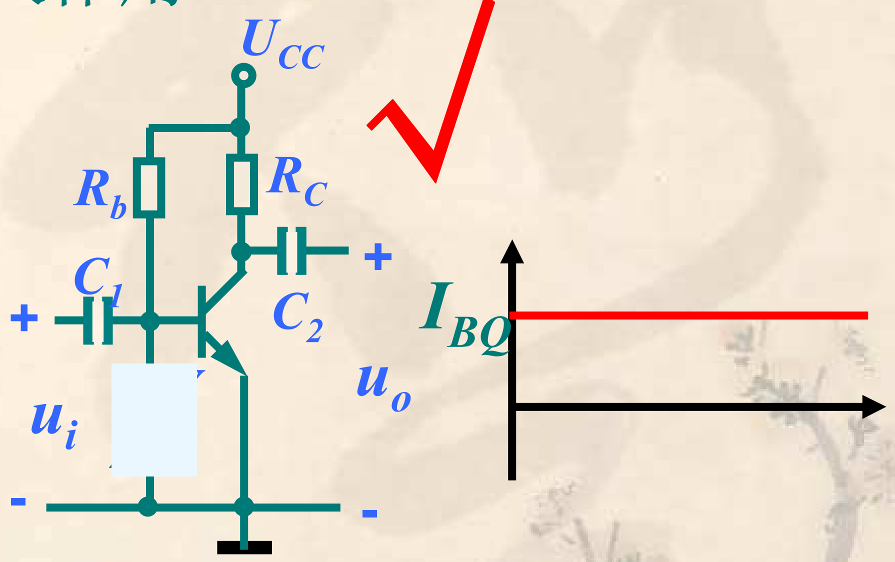
8-26 下列电路是否能起放大作用？

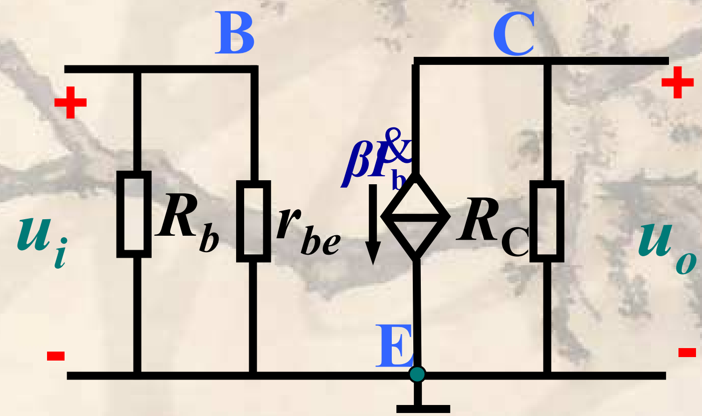
解：



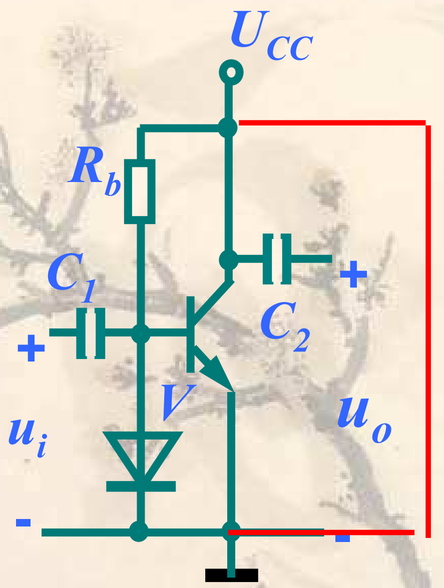
输入信号被短路

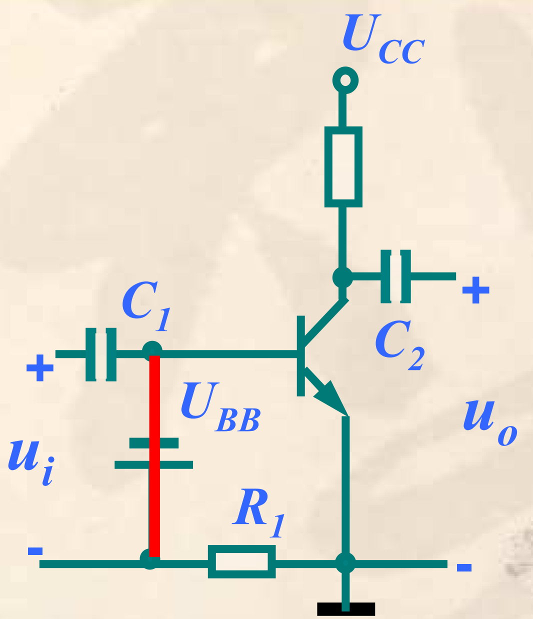






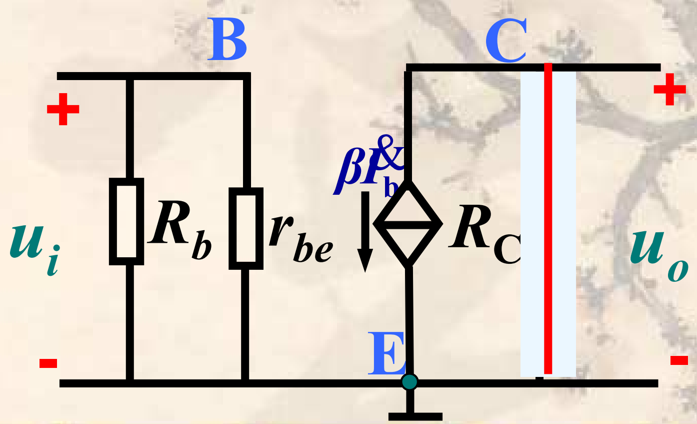
解：

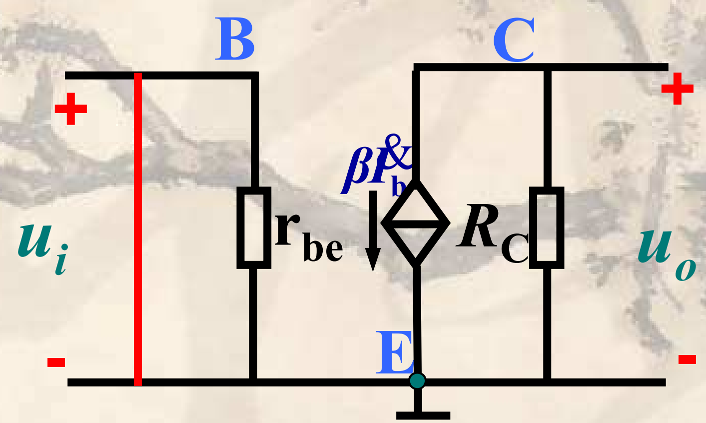




输出信号被短路

输入信号被短路

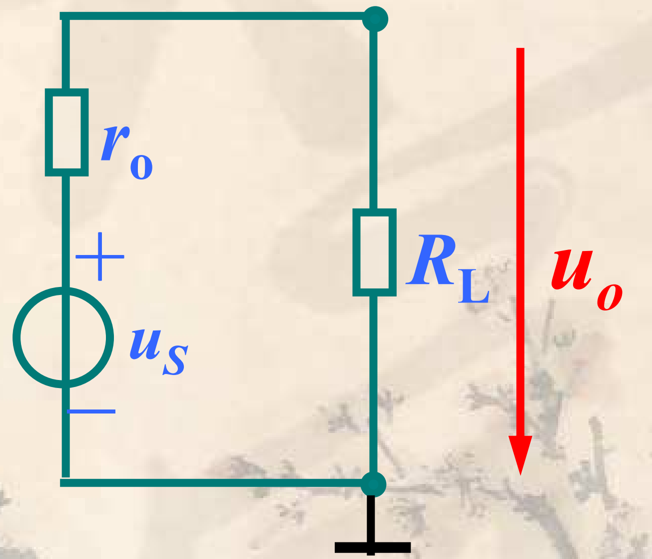




8－27 某放大电路负载开路时的输出电压为**6V**，接入**2k**Ω的负载后,输出电压为**4V**。求放大器的输出电阻。

解:

$$u_S = 6V$$

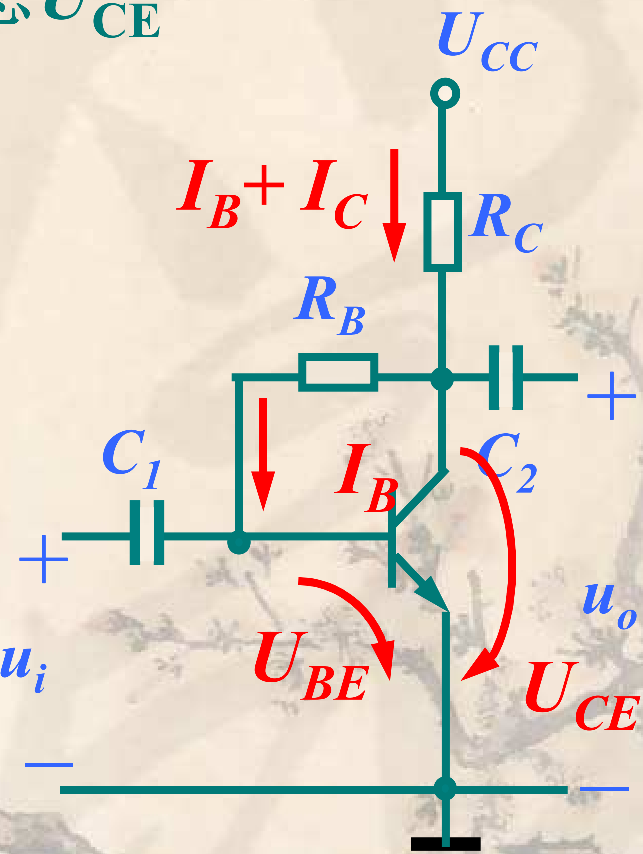


$$u_o = u_S - i \times r_o$$

$$= u_S - \frac{u_o}{R_L} \times r_o$$

$$r_o = (u_S - u_o) \times \frac{R_L}{u_o} = 1k\Omega$$

8－28 已知R_C=10kΩ， R_B=330kΩ， U_{CC}=20V，三极管β=50，U_{BE}=0.6V，求静态U_{CE}



解:

$$(\beta+1)I_BR_C+I_BR_B+U_{BE}=U_{CC}$$

$$I_B=\frac{20-0.6}{51\times10+330}=0.023mA$$

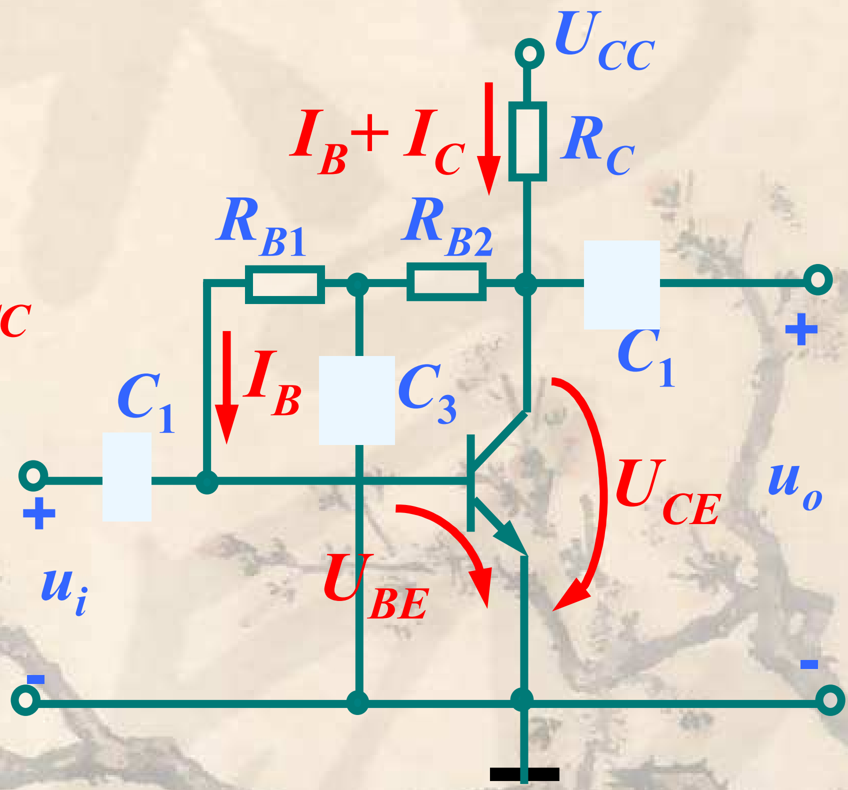
$$(\beta+1)I_BR_C+U_{CE}=U_{CC}$$

$$U_{CE}=20-51\times0.023\times10=8.3V$$

图示单管放大电路中，求放大电路静态工作点、电压增益、输出阻抗和输出阻抗

静态工作点

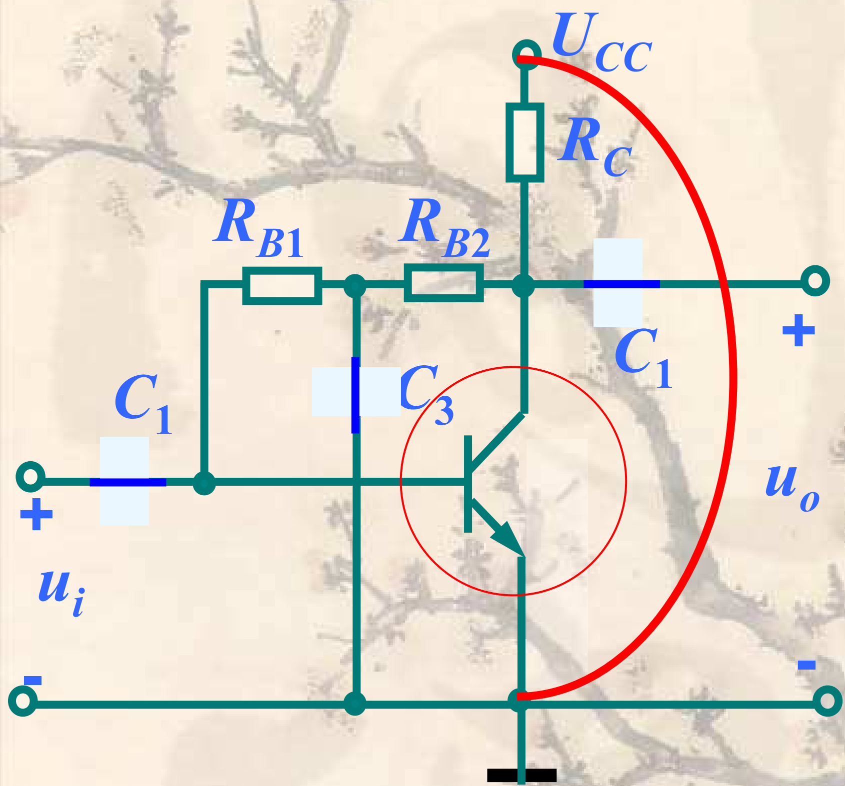
$$(\beta+1)I_B R_C + I_B R_B + U_{BE} = U_{CC}$$

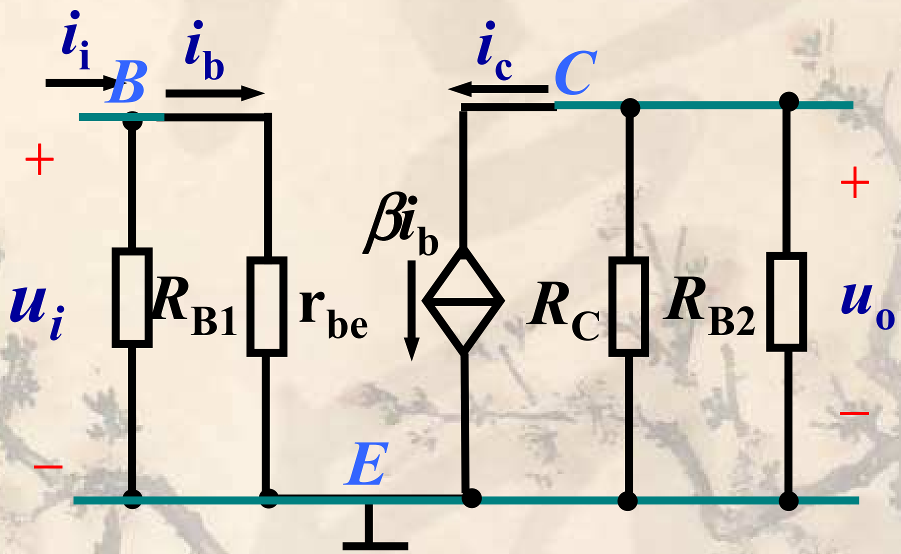


$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{(\beta+1)R_C + R_B} \approx \frac{U_{CC}}{(\beta+1)R_C + R_B}$$

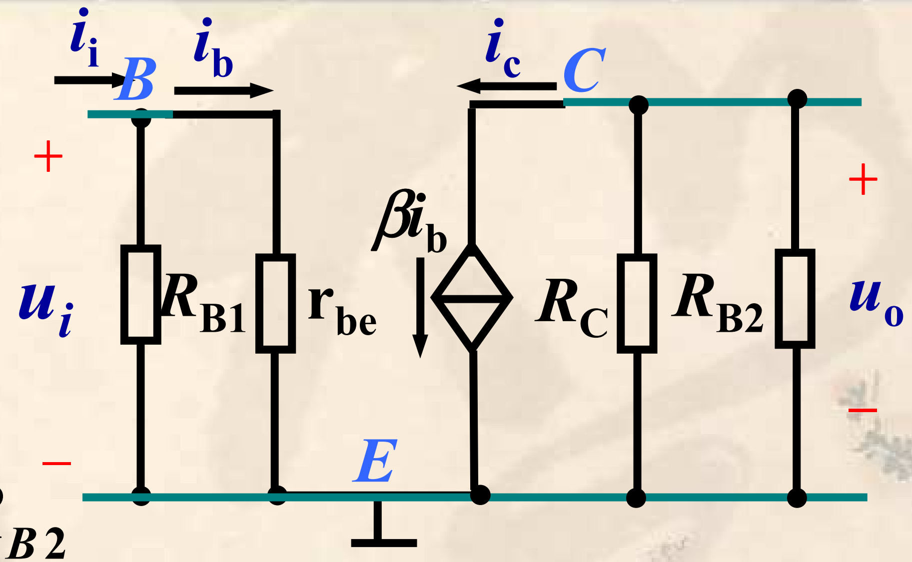
$$U_{CE} = U_{CC} - (\beta+1)I_B R_C$$

动态特性





动态特性



电压增益A_u

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta R_L'}{r_{be}} = -\frac{\beta R_C // R_{B2}}{r_{be}}$$

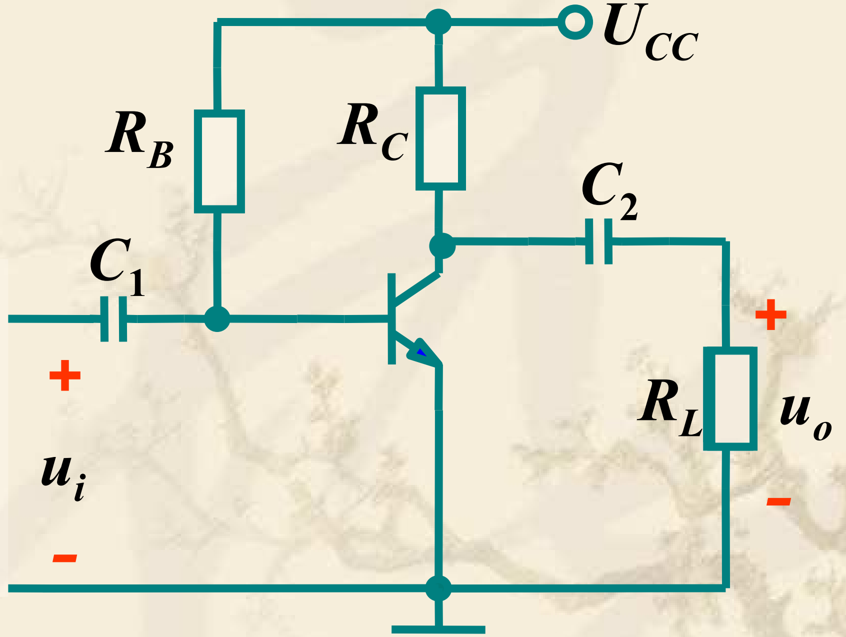
输入电阻r_i　　$r_i = R_{B1} // r_{be}$

输出电阻r_o　　$r_o = R_C // R_{B2}$

图示电路，已知U_{CC}=12V，R_B=300kΩ, R_C=3kΩ, R_L=3kΩ，β=50。

（1）R_L接入和断开两种情况下电路的电压放大倍数$\dot{A}u$

（2）输入电阻r_i和输出电阻r_o



求静态工作点

$$I_{BQ}=\frac{U_{CC}-U_{BEQ}}{R_B}\approx\frac{U_{CC}}{R_B}=\frac{12}{300}A=40A$$

$$I_{CQ}=\beta I_{CQ}=50\times0.04=2mA$$

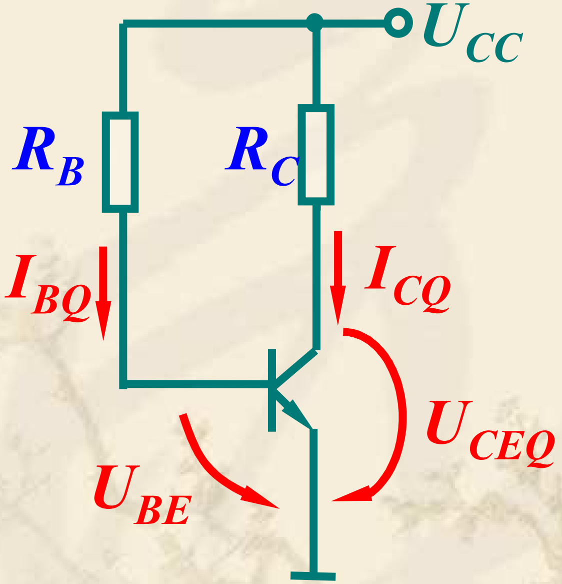
$$U_{CEQ}=U_{CC}-I_{CQ}R_C=12-2\times3=6V$$

求三极管动态输入电阻r_{be}

$$r_{be}=300+(1+\beta)\frac{26(mV)}{I_{EQ}(mA)}$$

$$=300+(1+50)\frac{26(mV)}{2(mA)}$$

$$=963\Omega$$



R_L接入时的电压放大倍数

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta R_L'}{r_{be}} = -\frac{50 \times \dfrac{3 \times 3}{3+3}}{0.963} = -78$$

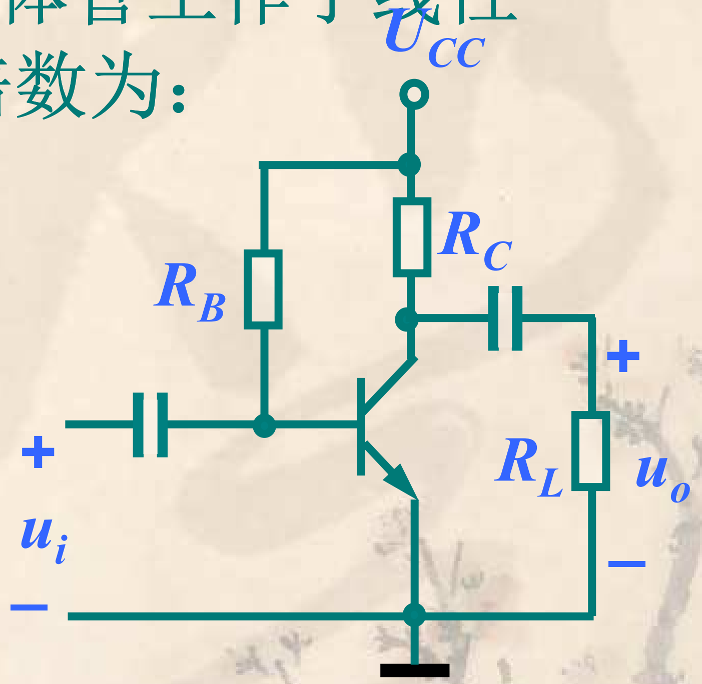
R_L断开时的电压放大倍数

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta R_C}{r_{be}} = -\frac{50 \times 3}{0.963} = -156$$

输入电阻r_i $\quad r_i = R_B // r_{be} = 300//0.963 \approx 0.96k\Omega$

输出电阻r_o $\quad r_o = R_C = 3k\Omega$

11 图示单管放大电路中，设晶体管工作于线性区，此时，该电路的电压放大倍数为：

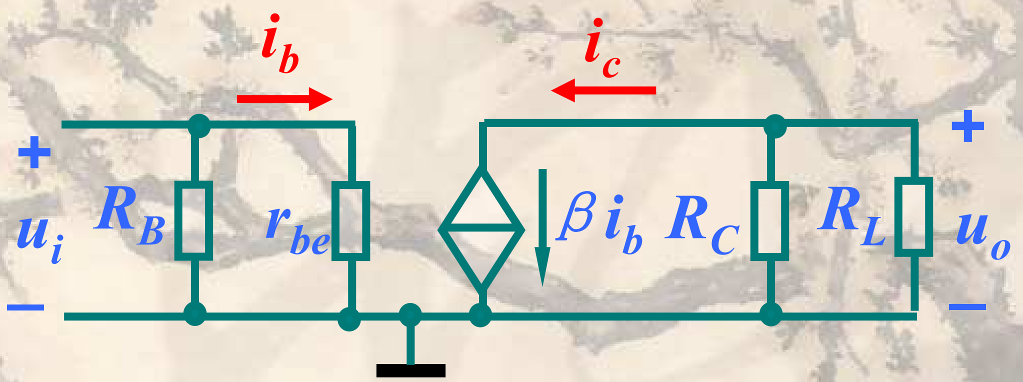


$$(A)\quad A_u = -\frac{\beta R_C}{r_{be}}$$

$$(B)\quad A_u = -\frac{\beta R_C}{r_{be} \,//\, R_B}$$

$$(C)\quad A_u = -\frac{\beta (R_C \,//\, R_L)}{r_{be}}$$

$$(D)\quad A_u = -\frac{\beta (R_C \,//\, R_L)}{r_{be} \,//\, R_B}$$



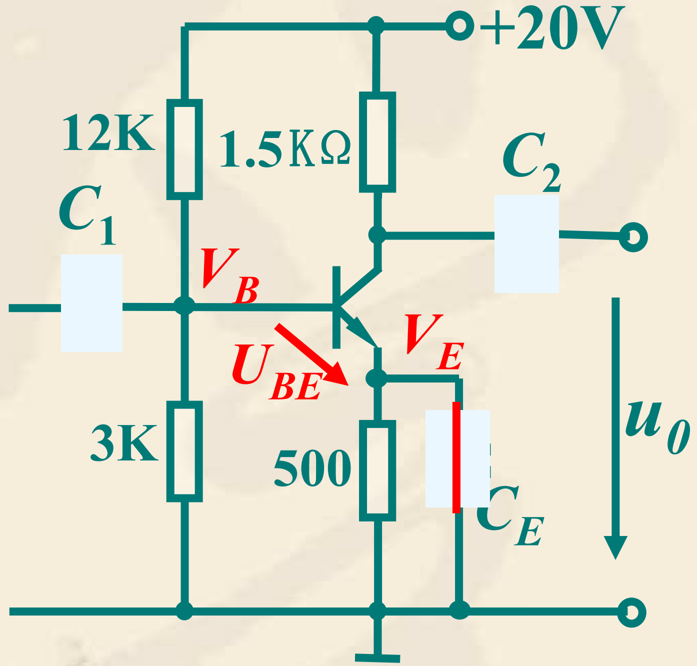
06考题

图示电路，β=30。

1）求静态值

2）求电压放大倍数A_u

3）求r_i和r_o



解： 1）$U_B = \dfrac{3}{12+3} \times 20 = 4\text{V}$

静态值

$$I_E = \frac{4-0.7}{0.5} = 6.39mA$$

$$I_C \approx I_E = 6.39mA$$

$$I_B = \frac{I_E}{1+\beta} = \frac{6.39}{31} = 213\mu A$$

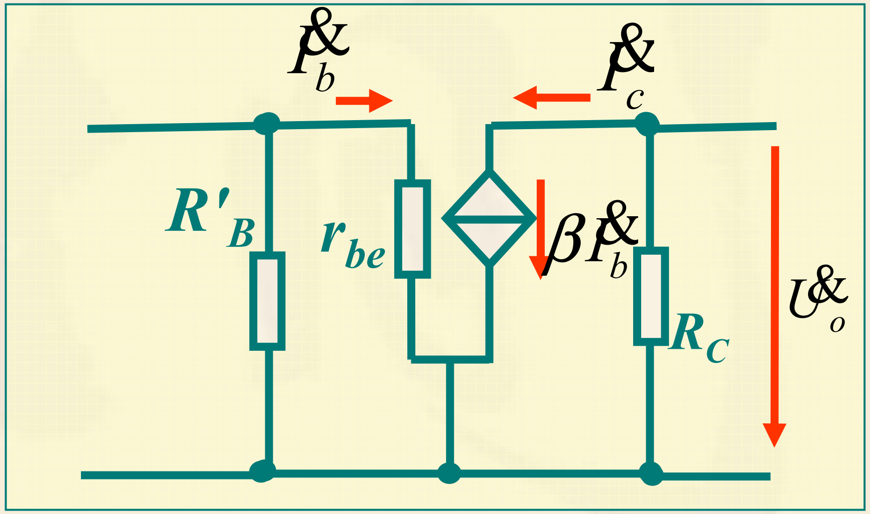
$$U_{CE} = 20 - 6.39(1.5+0.5) = 7.12V$$

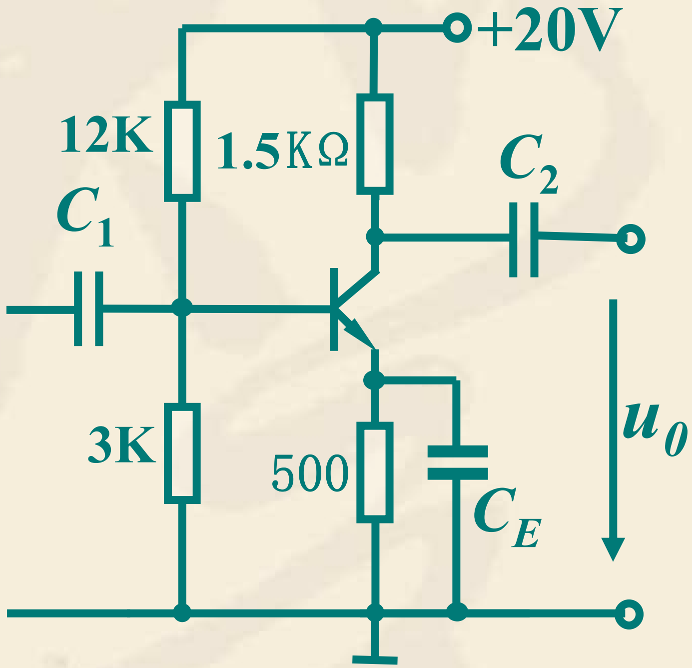
$$r_{be} = 300 + 31 \times \frac{26}{6.39} \approx 426\Omega$$

如CE短路，三极管将饱和。

2）求电压放大倍数A_u 3）求r_i和r_0

解 2）先画微变等效电路：

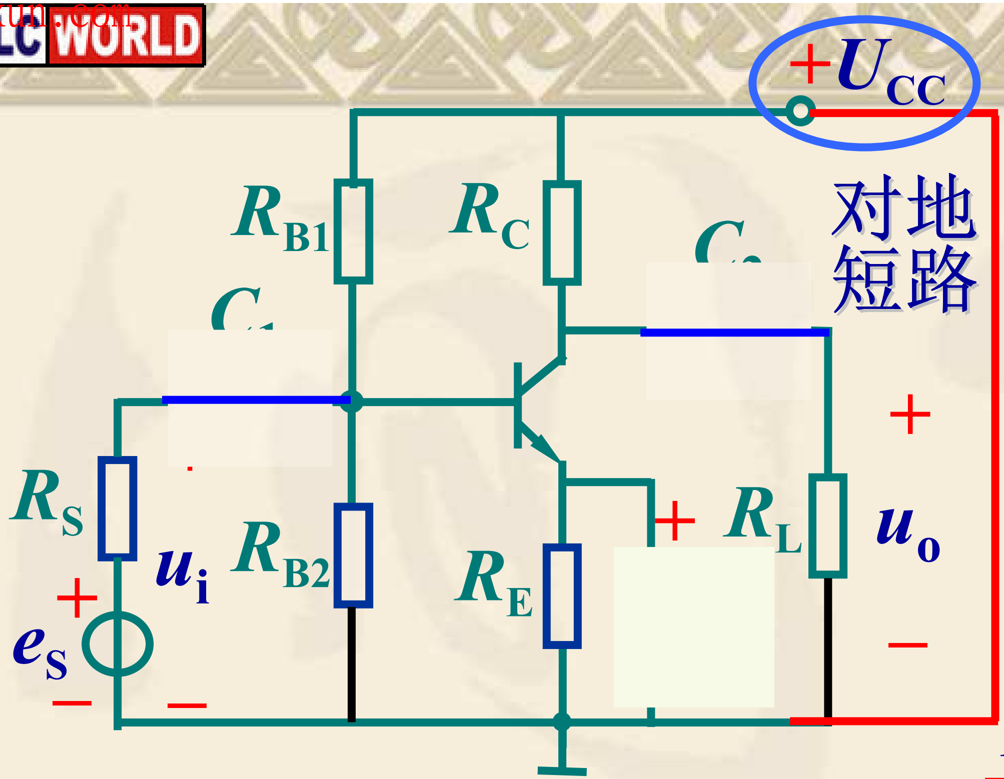




$$\dot{A}_u = -\beta \frac{R_C}{r_{be}} = \frac{-30 \times 1.5}{0.422} = -106.6$$

3） $$r_i = 12 // 3 // 0.426 = 360\Omega$$

$$r_0 \approx R_C = 1.5k\Omega$$



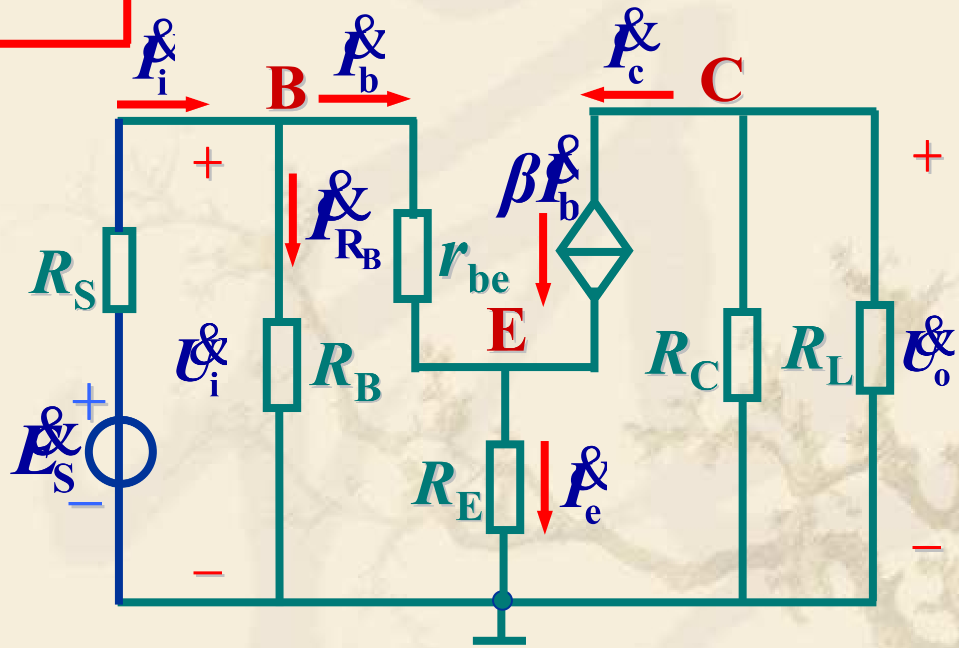
如果去掉C_E，

A_u，r_i，r_o ？

去掉C_E后的

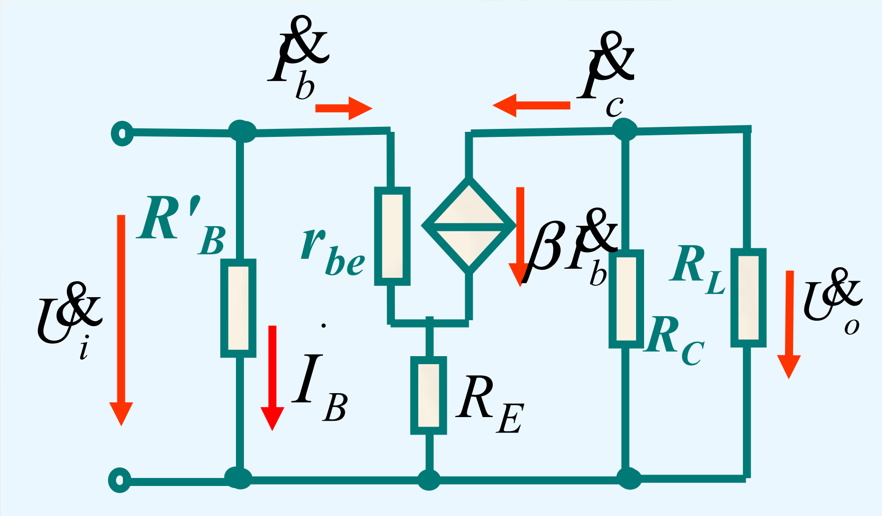
微变等效电路

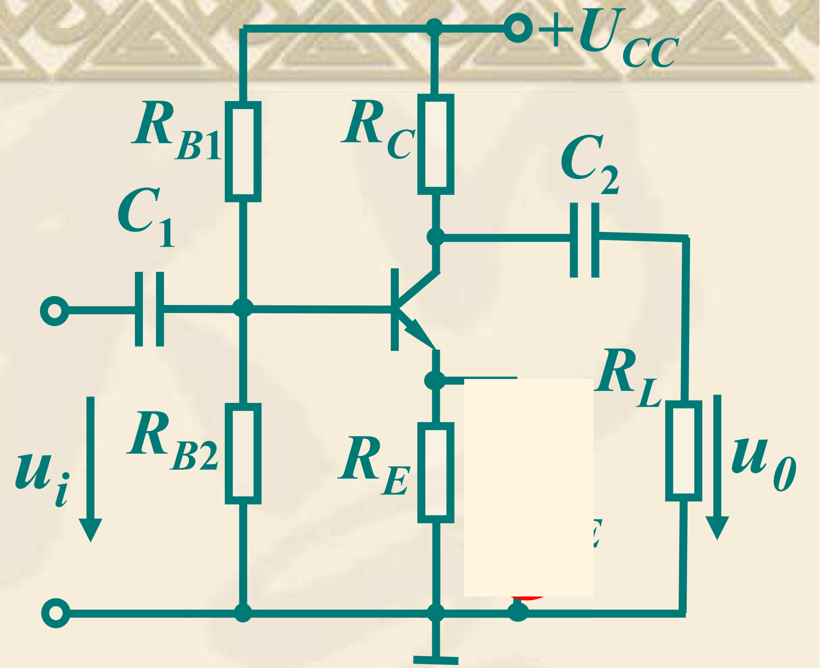
$$R_B = R_{B1} \,//\, R_{B2}$$



静态分析不受影响

动态分析





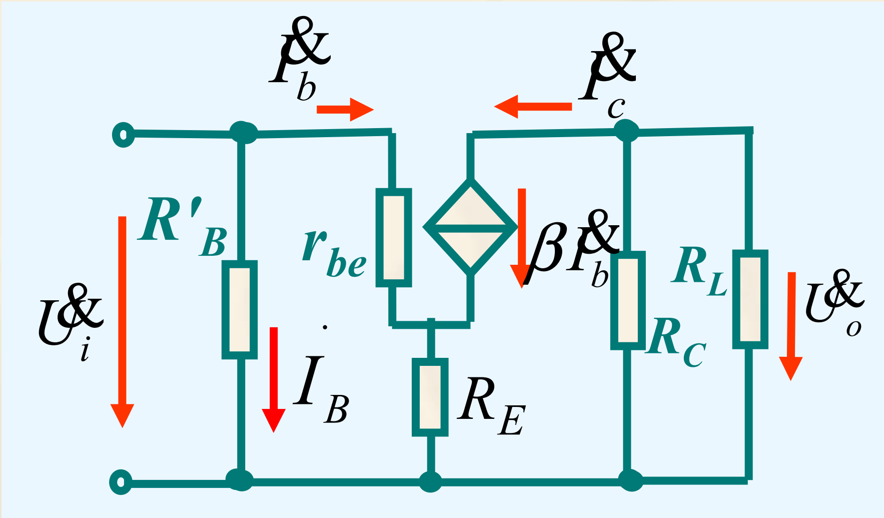
$$\dot{A}_u = \frac{u_o}{u_i}$$

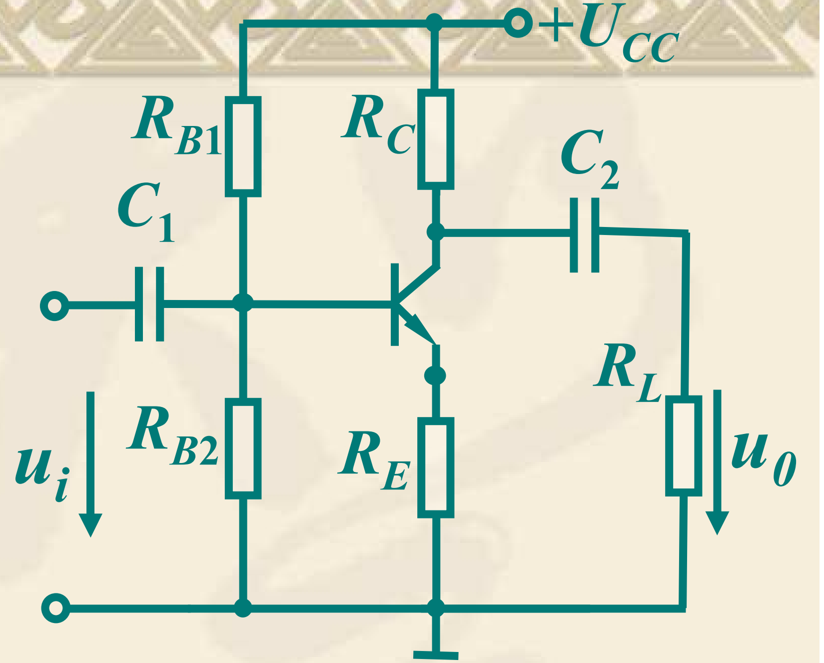
$$u_o = -\beta i_b R_L' \qquad u_i = i_b r_{be} + (\beta + 1) i_b R_E$$

$$\dot{A}_u = \frac{-\beta R_C \,//\, R_L}{r_{be} + (1+\beta) R_E}$$

$$r_0 \approx R_C$$

动态分析

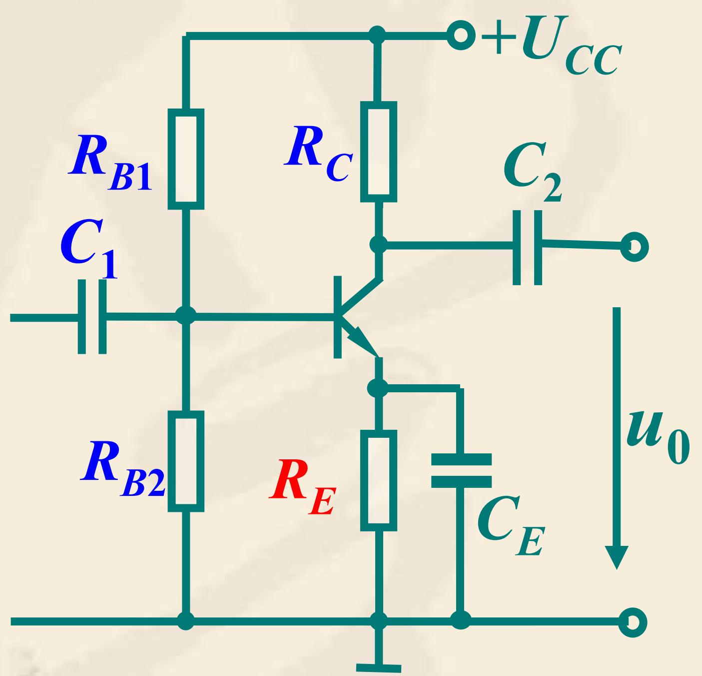




$$r_i = \frac{u_i}{i_i} = \frac{u_i}{\dfrac{u_i}{R_{B1}//R_{B2}} + \dfrac{u_i}{r_{be} + (1+\beta)\ R_E}}$$

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

图示电路，发射极电阻R_E的作用是（　　）



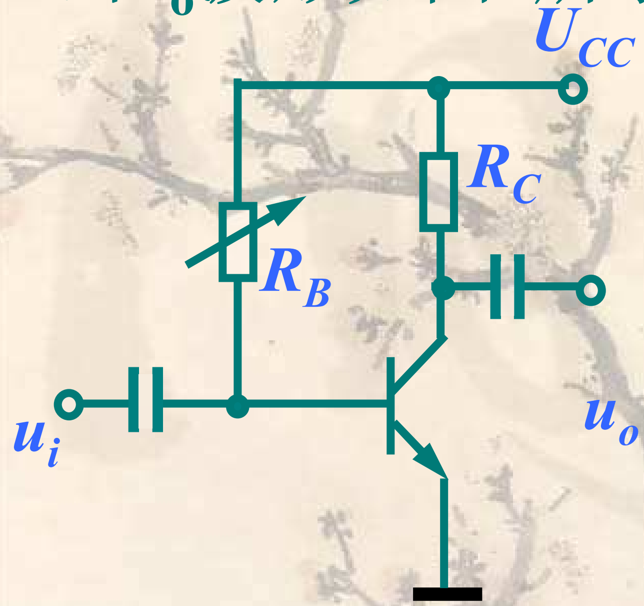
1）增大电压放大倍数

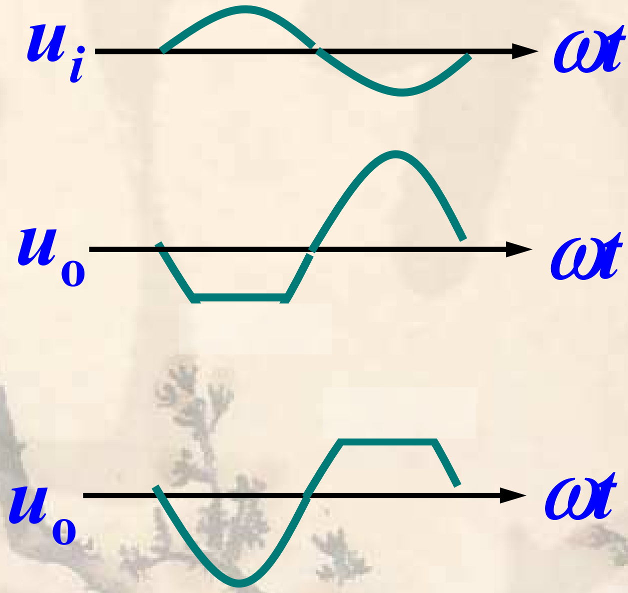
2）减小输入电阻

3）自动稳定信号电流

4）自动稳定静态工作点✓

8－28 晶体管单管放大电路如图所示，当输入 u_i，输出u_o波形如图b所示时，输出波形（ A ）





静态基极电流过大，饱和失真

静态基极电流过小，截止失真

✓A）出现饱和失真，应调大R_B

B）出现饱和失真，应调小R_B

C）出现截止失真，应调大R_B

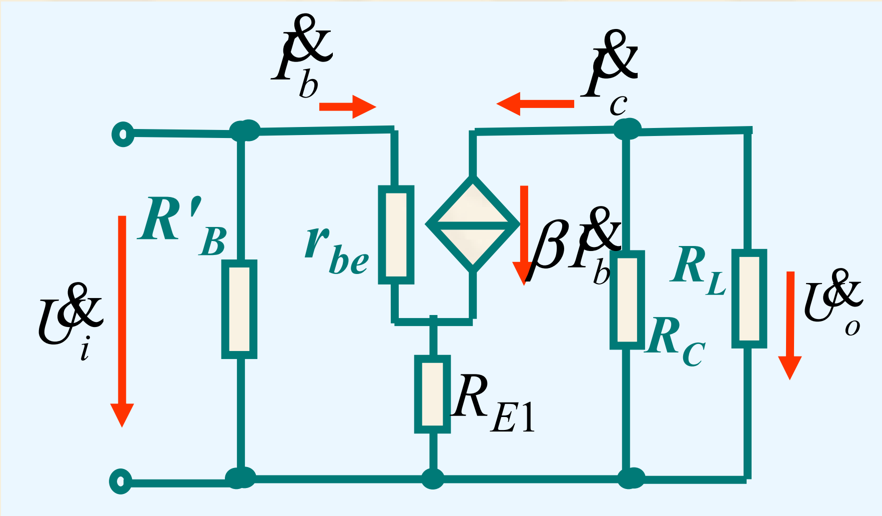
D）出现截止失真，应调小R_B

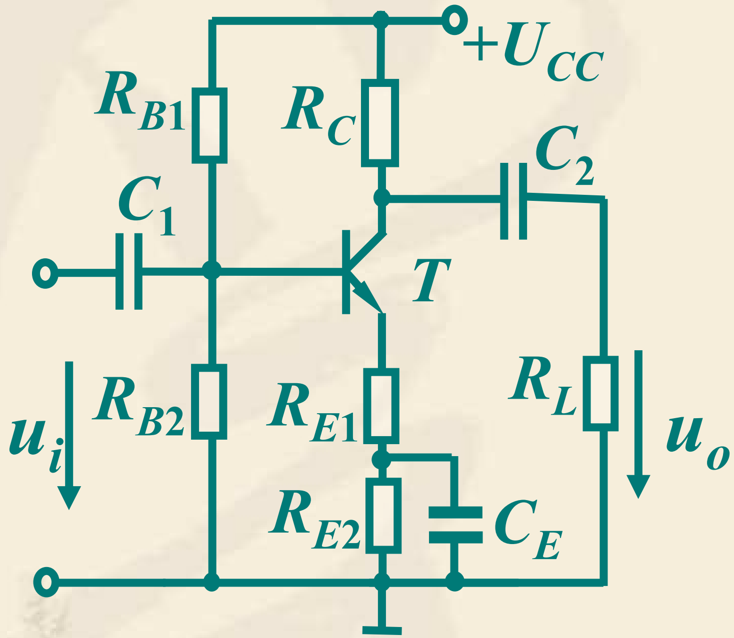
2007考题

静态分析不受影响　仅R_E变为$R_{E1}+R_{E2}$

动态分析

微变等效电路：



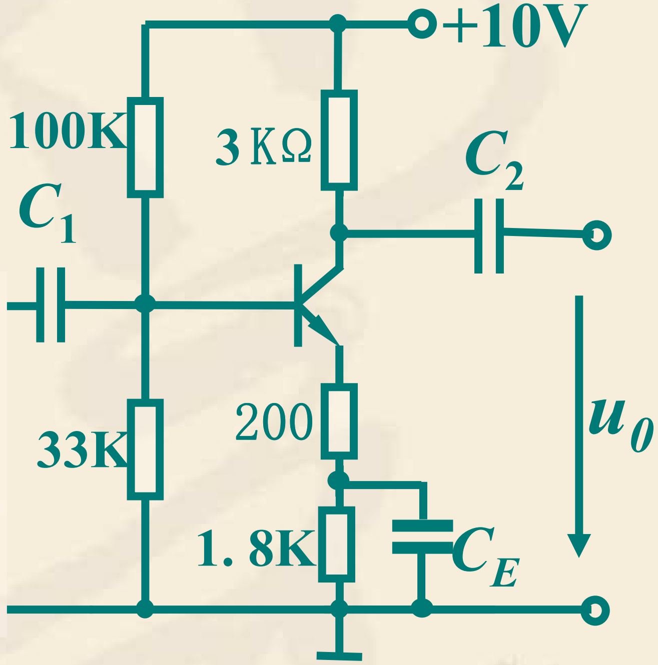


$$\dot{A}_u=\frac{-\beta R_C\,//\,R_L}{r_{be}+(1+\beta)R_{E1}}$$

$$r_0\approx R_C$$

$$r_i=R_{B1}\,//\,R_{B2}\,//[r_{be}+(1+\beta)\;R_{E1}]$$

1）求静态值 2）画微变等效电路 3)求电压放大倍数$\dot{A}_u$ 4）求$\dot{r}_i$和r_0



解：1）$U_B=\dfrac{33}{133}\times 10=2.48\text{V}$

$$I_E=\frac{2.48-0.7}{0.2+1.8}=0.94mA$$

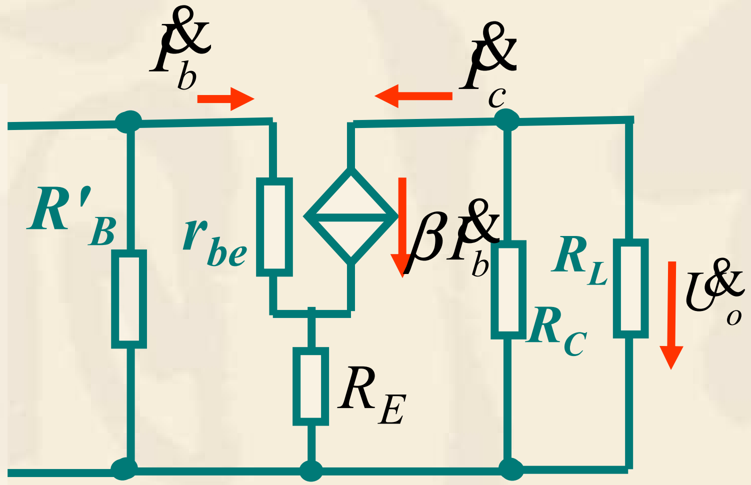
静态值

$$\begin{cases} I_C \approx I_E = 0.94mA \\ I_B=\dfrac{I_E}{1+\beta}=\dfrac{0.94}{101}=9.4\mu A \\ U_{CE}=10-0.94(3+2)=5.3V \end{cases}$$

$$r_{be}=100+101\frac{26}{0.94}\approx 2.9K\Omega$$

2）画微变等效电路：

解 2）



3）求 $\dot{A}_u = \dot{U}_0 / \dot{U}_i$

$$\dot{A}_u = -\beta \frac{R_C // R_L}{r_{be} + (1+\beta)\ R_E} = \frac{-100\times1.5}{2.9+101\times0.2} = -6.5$$

4）求输入电阻和输出电阻

$$r_i = 100 // 33 // (2.9 + 101\times0.2) = 12K\Omega$$

$$r_0 \approx R_C = 3k\Omega$$

分压式偏置电路

有旁路电容C_E	无旁路电容C_E
$A_u = -\beta \frac{R'_L}{r_{be}}$	$A_u = -\frac{\beta R'_L}{r_{be} + (1+\beta) R_E}$
	A_u减小
$r_i = R_B // r_{be}$	$r_i = R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1+\beta) R_E]$
	r_i提高
$r_o = R_C$	$r_o = R_C$
	r_o不变

图示放大电路，已知：r_{be}=3.6kΩ，β=50，R_{B1}=10kΩ，R_{B2}=6.2kΩ，$R_C=R_E$=3kΩ，U_{CC}=6V，当输入中频信号u_i=12sin ωt (mV)时，输出电压（ C ）。

共射放大电路输入和输出相位相反

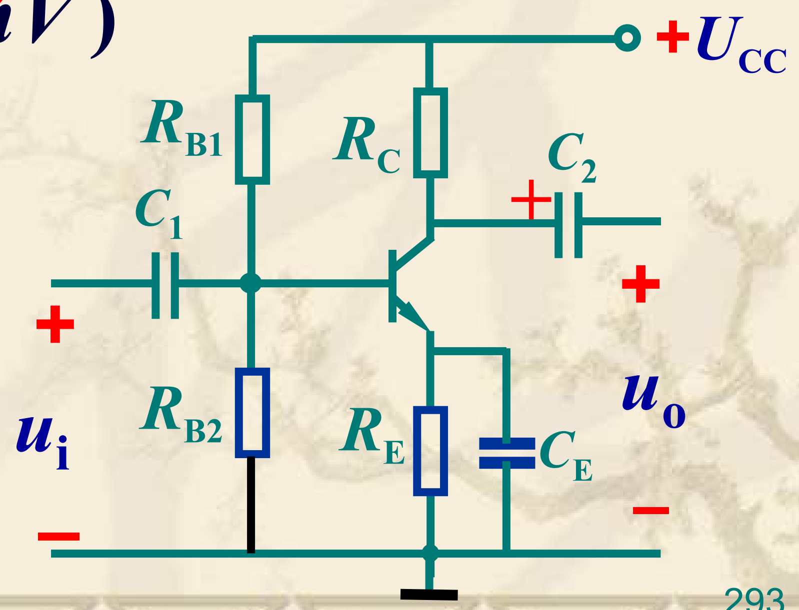
（A） $u_o = -333\sin\omega t\,(mV)$

（B） $u_o = 204\sin(\omega t - 90°)\,(mV)$

（C） $u_o = 500\cos(\omega t + 90°)\,(mV)$

（D） $u_o = -500\cos\omega t\,(mV)$

$$A = -\frac{\beta R_L'}{r_{be}} = -\frac{50\times 3}{3.6} = -41.6$$



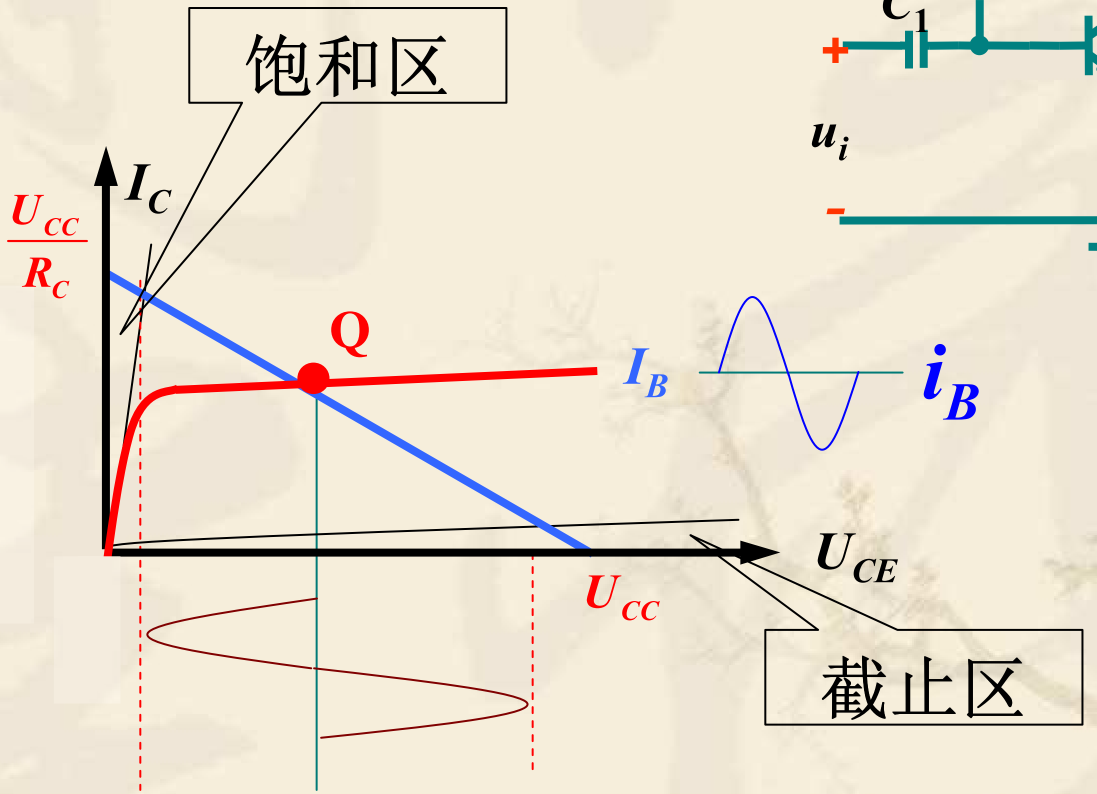
图示电路，已知U_{CC}=12V，欲使输出电压u_o的幅度尽可能大而不产生非线性失真，则U_{CE}的静态值应为（ **A** ）

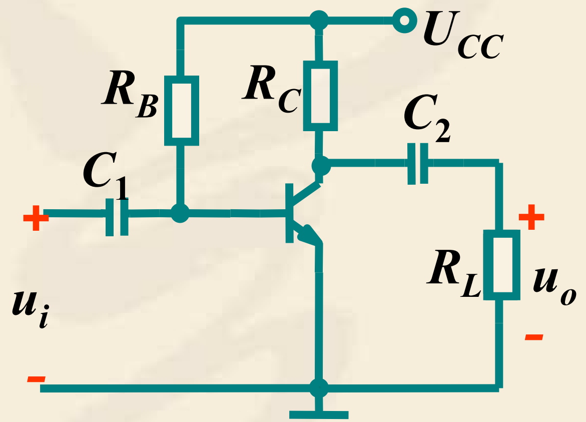
（A）6V ✓

（B）0V

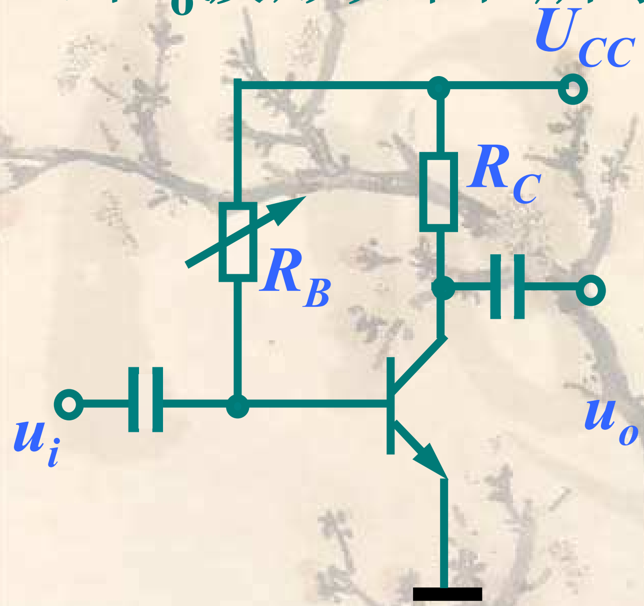
（C）12V

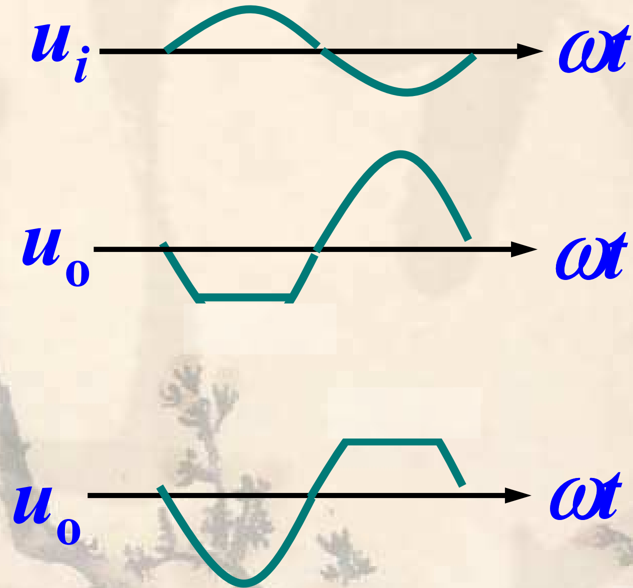
（D）3V





8－28 晶体管单管放大电路如图所示，当输入 u_i，输出u_o波形如图b所示时，输出波形（ A ）





静态基极电流过大，饱和失真

静态基极电流过小，截止失真

✓A）出现饱和失真，应调大R_B

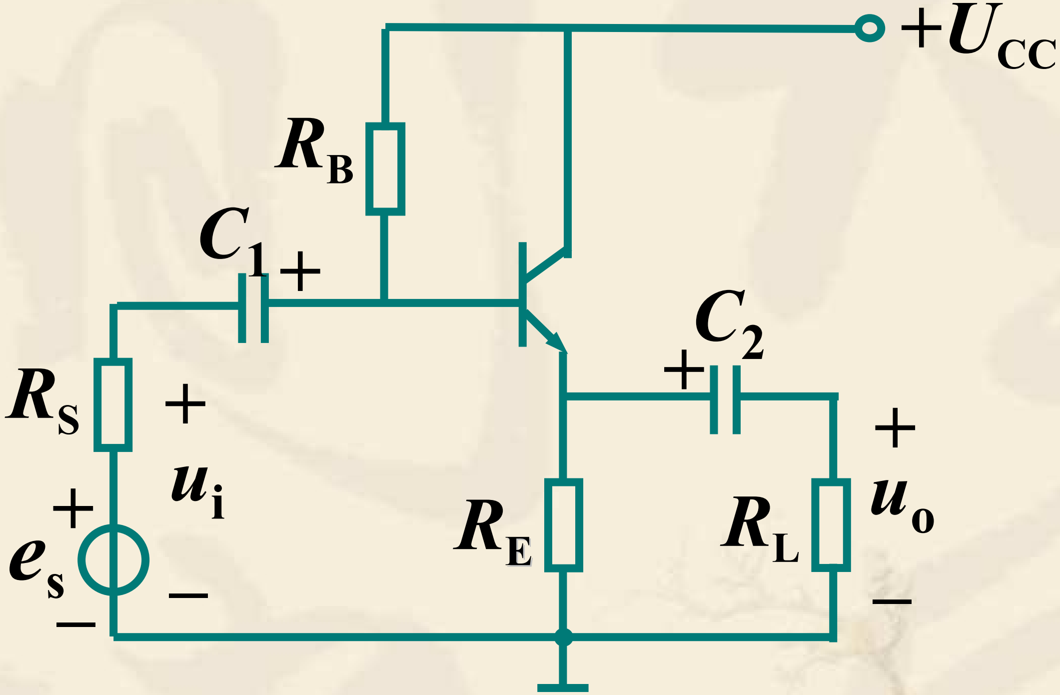
B）出现饱和失真，应调小R_B

C）出现截止失真，应调大R_B

D）出现截止失真，应调小R_B

2007考题

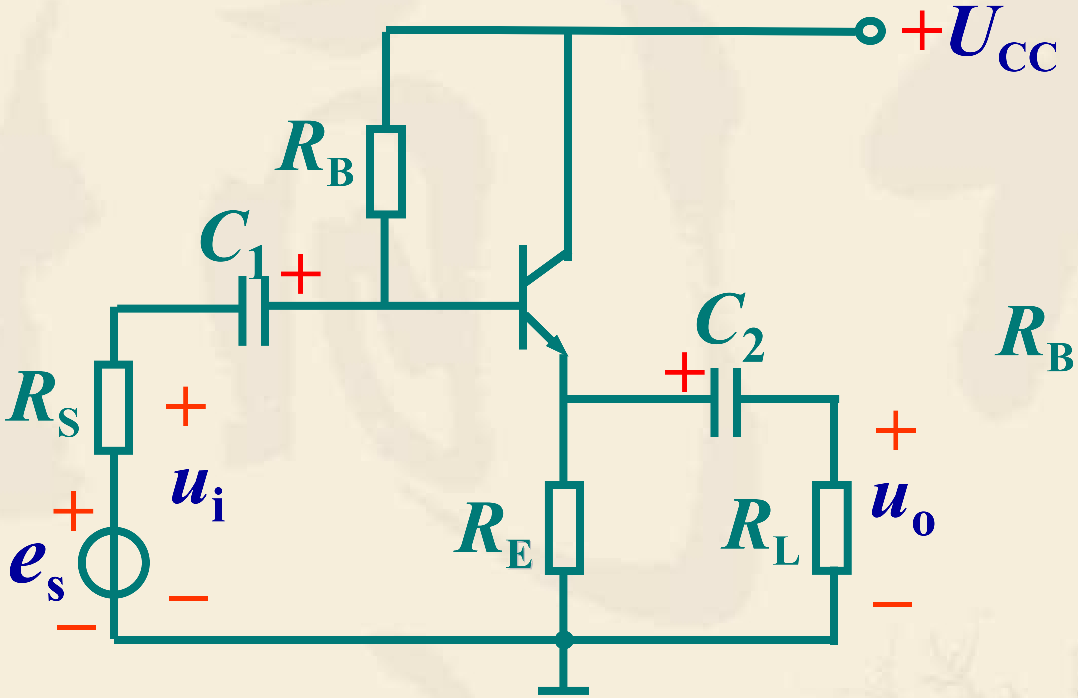
射极输出器



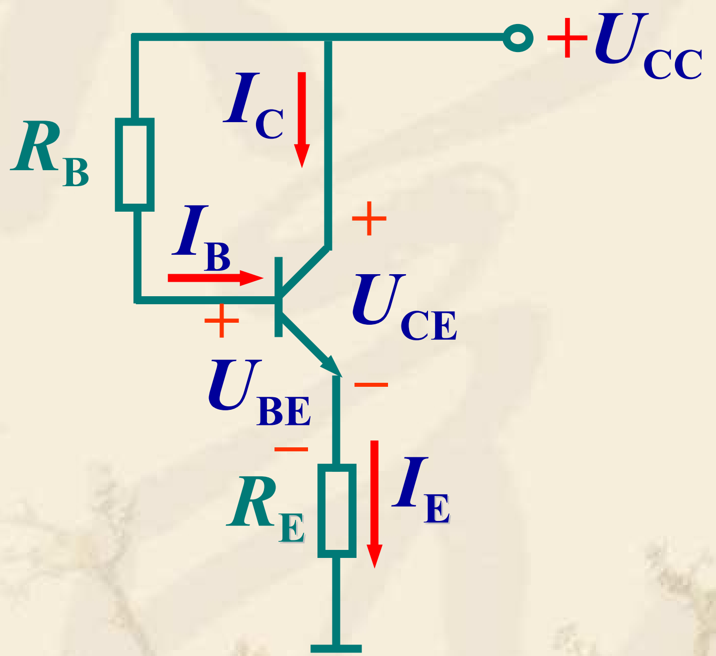
因对交流信号而言，集电极是输入与输出回路的公共端，所以是共集电极放大电路。

因从发射极输出，所以称射极输出器。

静态分析



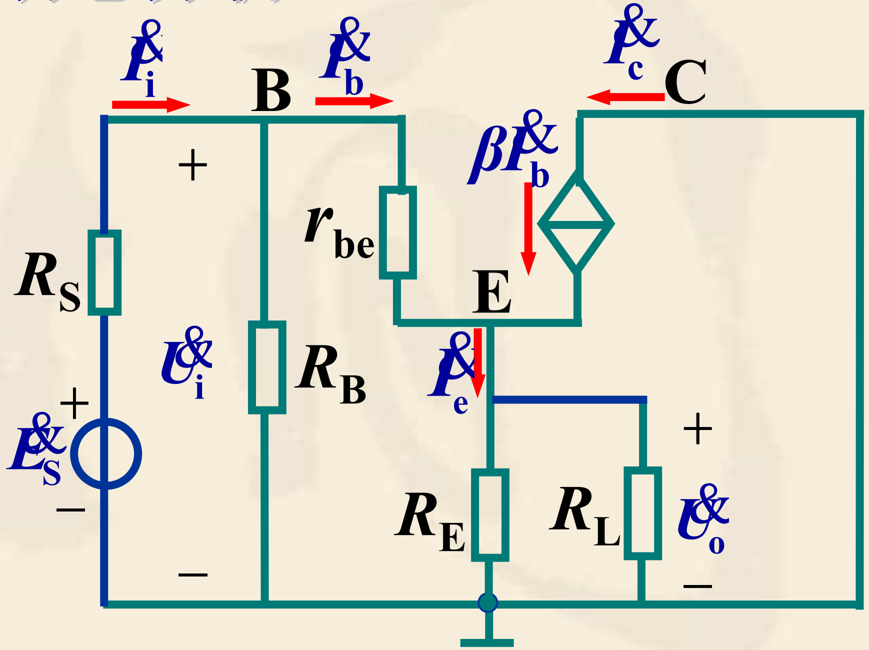
直流通路



求*Q*点：
$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{R_B + (1+\beta)R_E}$$

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

动态分析



微变等效电路

1. 电压放大倍数

$$R'_L = R_E \,//\, R_L$$

$$\dot{U}_o = \dot{I}_e R'_L = (1+\beta)\,\dot{I}_b R'_L$$

$$\dot{U}_i = \dot{I}_b r_{be} + \dot{I}_e R'_L = \dot{I}_b r_{be} + (1+\beta)\dot{I}_b R'_L$$

$$A_u = \frac{(1+\beta)\dot{I}_b R'_L}{\dot{I}_b r_{be} + (1+\beta)\dot{I}_b R'_L} = \frac{(1+\beta)\,R'_L}{r_{be} + (1+\beta)R'_L}$$

电压放大倍数$A_u \approx 1$且输入输出同相，输出电压跟随输入电压，故称电压跟随器。

共集电极放大电路(射极输出器)的特点：

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

$$r_i = R_B // \left[r_{be} + (1+\beta)R_L' \right]$$

$$r_o \approx \frac{r_{be}+R_s'}{1+\beta}$$

1. 电压放大倍数小于1，约等于1;
2. 输入电阻高;
3. 输出电阻低;
4. 输出与输入同相。

8-30 射极输出器的主要特点是（　　）

A）输出电压与输入电压反相，无电压放大，有电流放大作用。

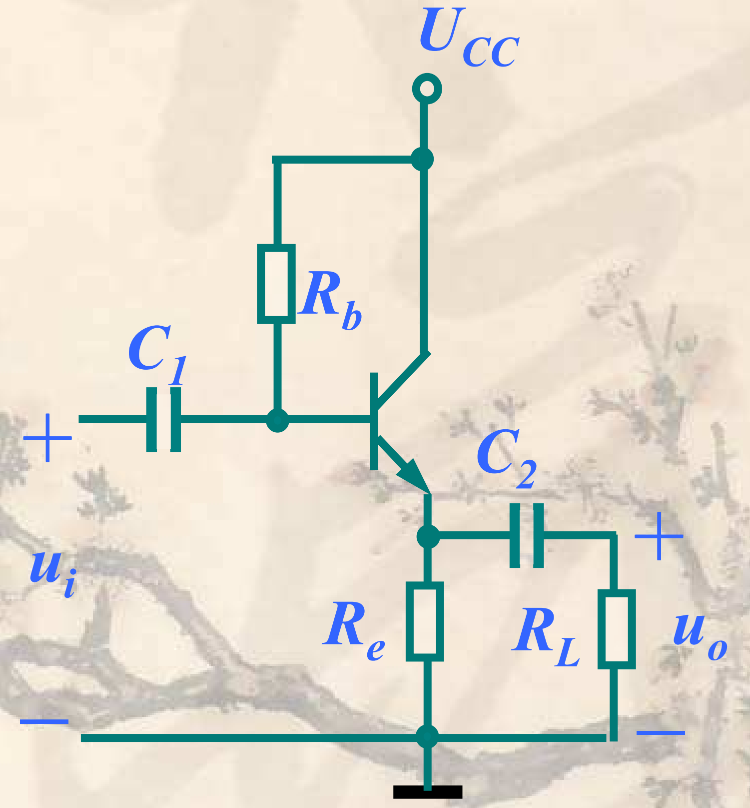
B）输出电压与输入电压同相，有电压放大，无电流放大作用。

✓C）电路的输入电阻高，输出电阻低，无电压放大，有电流放大作用。

D）电路的输入电阻低，输出电阻高，既有电压放大，也有电流放大作用。

8－31 共集电极电路，β=50，U_{BE}=0.7V，如输入正弦电压有效值为U_i=7.5mV，则输出电压接近输入电压 $U_o \approx$7.5mV

解:



运算放大器

集成运算放大器理想模型推出的重要结论：

理想运放的条件　　　　运放工作在线性区的特点

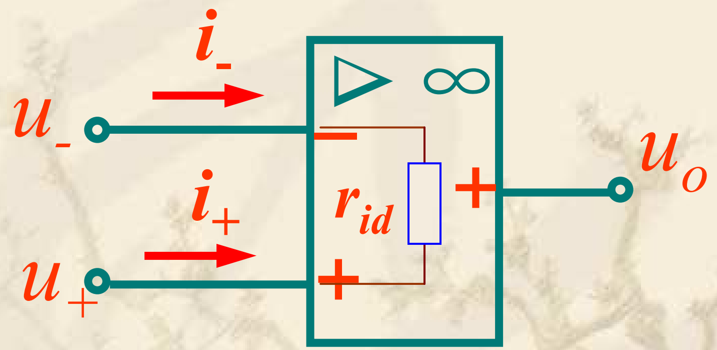
$A_{d0} = \infty$ → $u_i = u_+ - u_- \to 0$，即 $u_+ = u_-$，　虚短

运放正负输入端电位相等

$r_{id} = \infty$ → $i_+ = i_- = 0$，虚断

运放正负输入端不从外部信号源取用电流

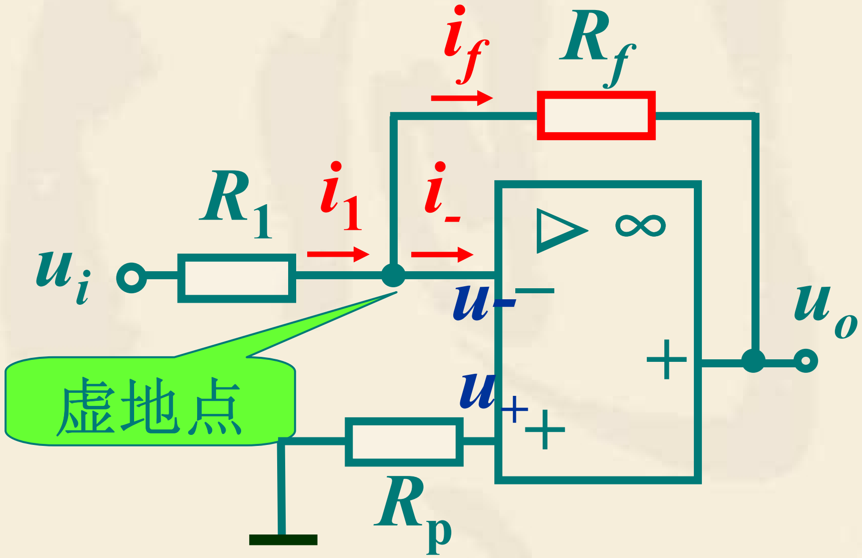
$r_o = 0$



理想运放可当作理想电压源，输出电压恒定，放大倍数与负载变化无关。带负载能力极强。

集成运算放大器的应用

(1) 反相比例运算



利用虚短和虚断

$u_+=0$　　$u_-=u_+=0$（虚地）

$i_1=i_f$（虚断）

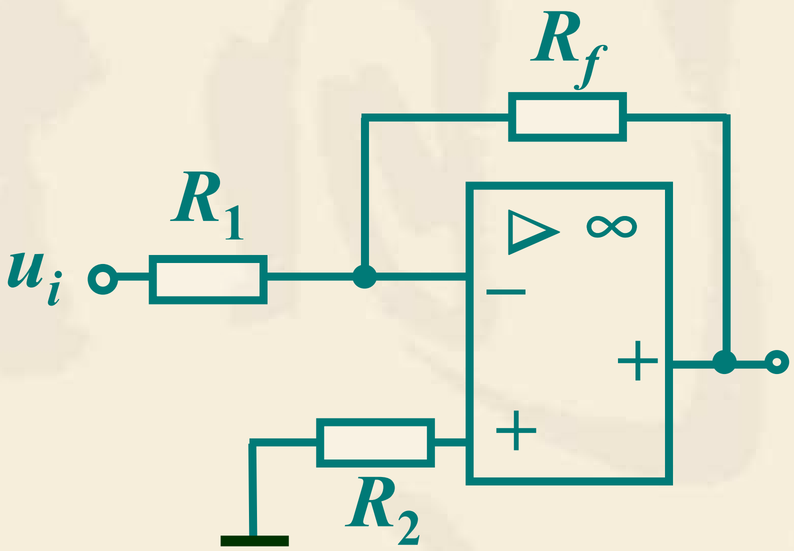
$$\frac{u_i}{R_1}=\frac{u_--u_o}{R_f}=-\frac{u_o}{R_f}$$

电压放大倍数:

$$A_u=\frac{u_o}{u_i}=-\frac{R_f}{R_1}$$

R_2为平衡电阻(使输入端对地的静态电阻相等):$R_2=R_1//R_f$

例题. R_1=10kΩ，R_f=20kΩ，u_i=−1V。求：u_o、r_i。说明R_2的作用，R_2应为多大？

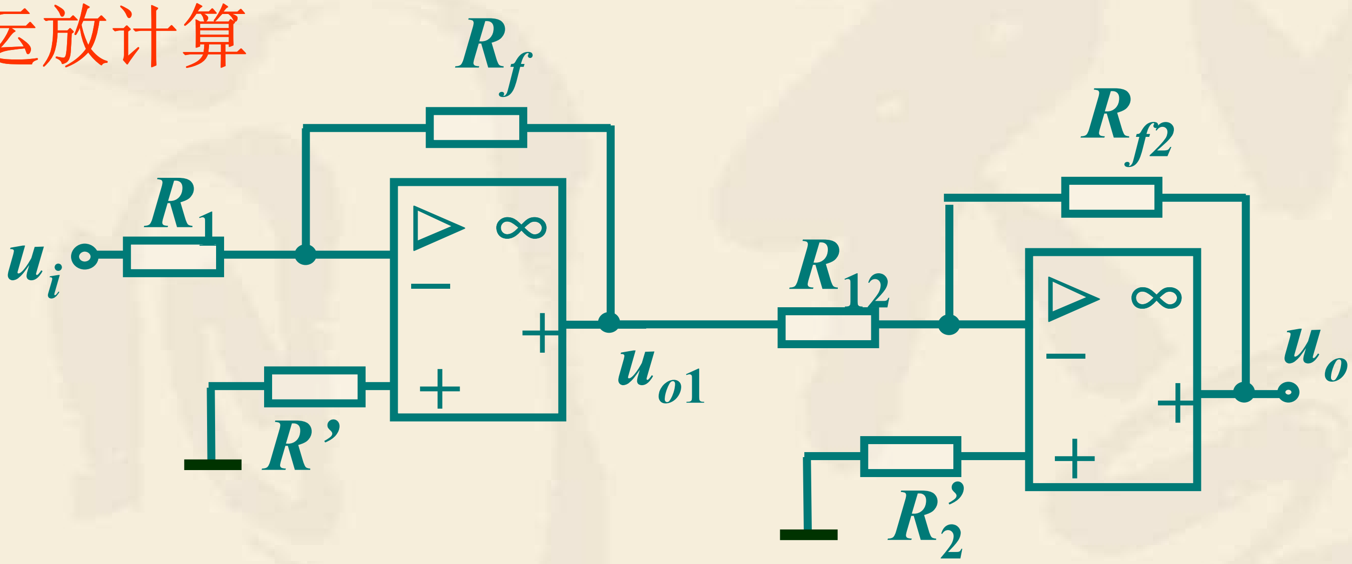


$$A_u = -\frac{R_f}{R_1} = -\frac{20}{10} = -2$$

$$u_o = A_u u_i = (-2)(-1) = 2\text{V}$$

R_2为平衡电阻(使输入端对地的静态电阻相等)：$R_2=R_1//R_f$

多级运放计算

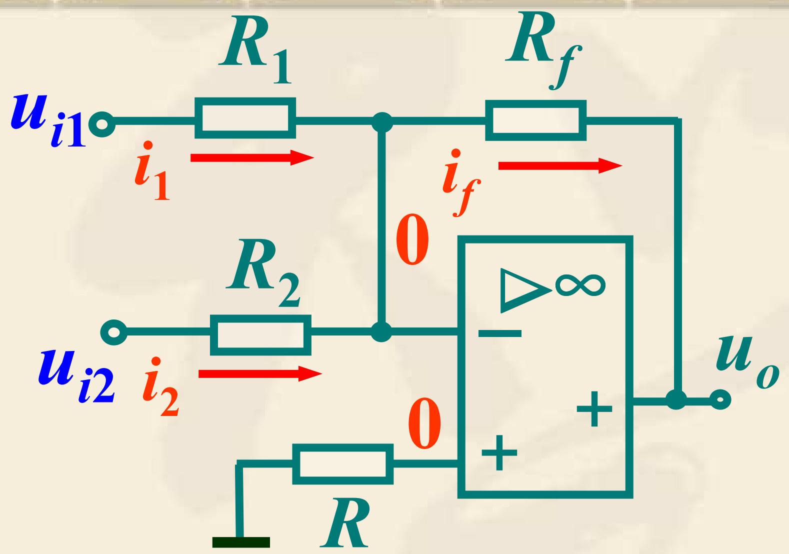


理想运放输出电阻r_o=0，可当作理想电压源，输出电压与负载无关，u_{o1}的计算可单独进行

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

$$u_o = -\frac{R_{f2}}{R_{12}} u_{o1} = \frac{R_{f2}}{R_{12}} \times \frac{R_f}{R_1} u_i$$

2、反相加法放大电路



$$i_1 = \frac{u_{i1}}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{u_{i2}}{R_2}$$

$$i_f = -\frac{u_o}{R_f} \qquad i_f = i_1 + i_2$$

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

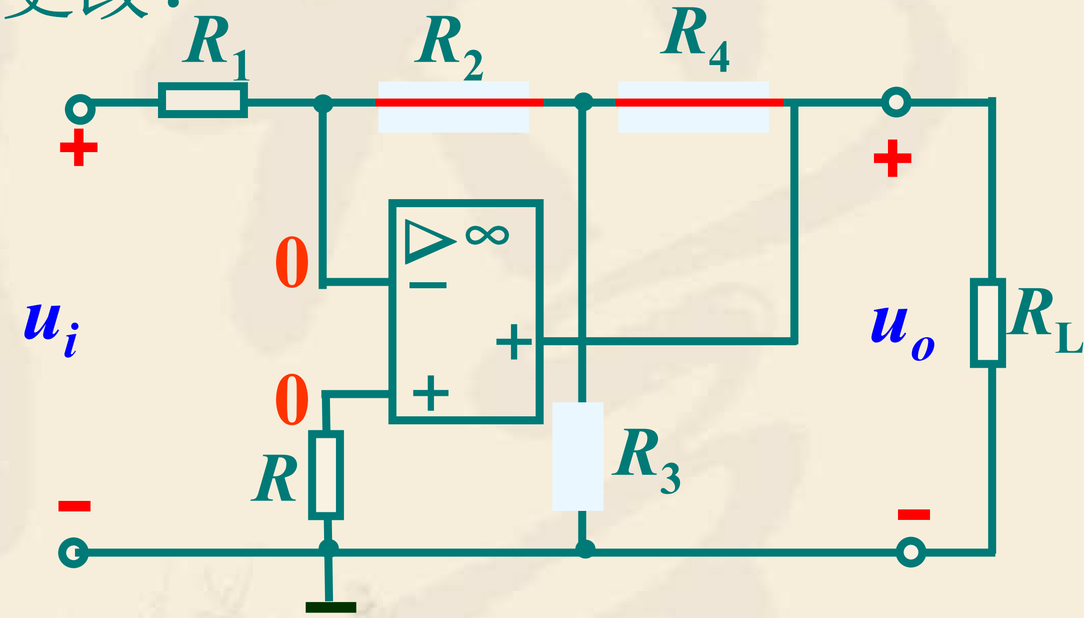
$$u_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}u_{i1} + \frac{R_f}{R_2}u_{i2}\right)$$

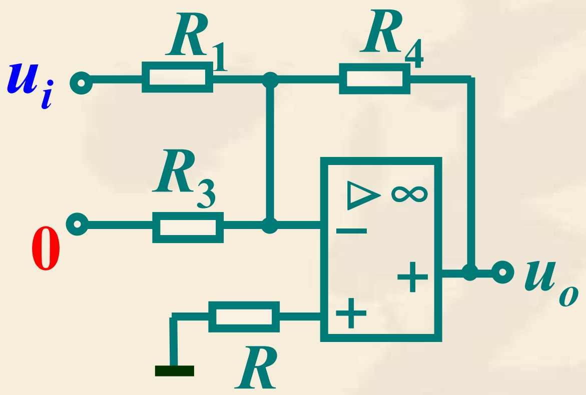
例8－10图示电路，设运放为理想集成运放，若使电路有如下功能应如何更改？

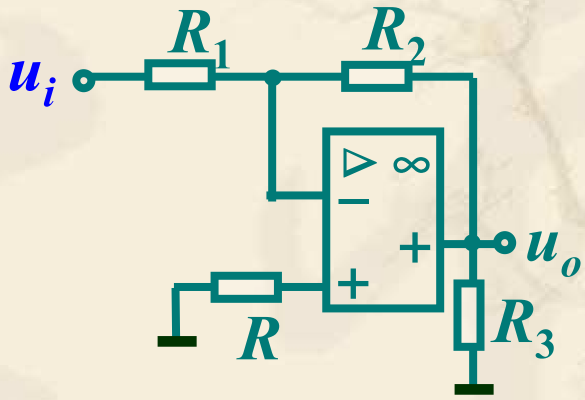
1） $A_{uuf}=-R_4/R_1$

2) $A_{uuf}=-R_2/R_1$

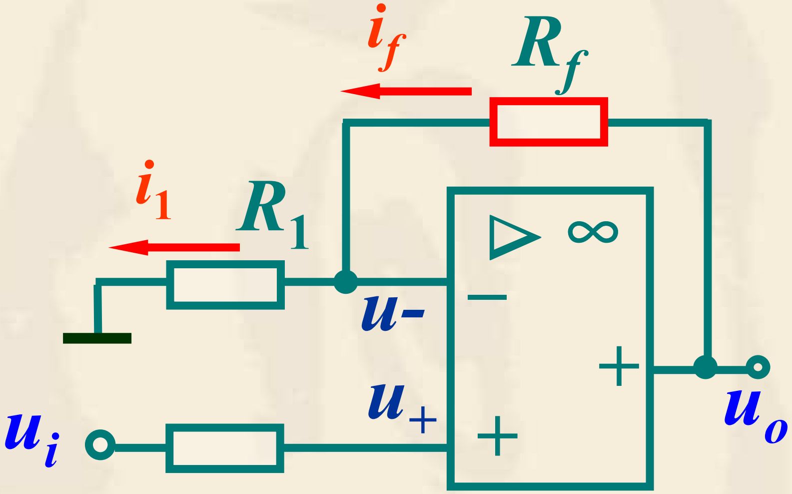
3) $A_{uuf}=-(R_2+R_4)/R_1$







(2) 同相比例运算电路



虚短

$$u_- = u_+ = u_i$$

虚断

$$\frac{u_o - u_i}{R_f} = \frac{u_i}{R_1}$$

$$u_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) u_i$$

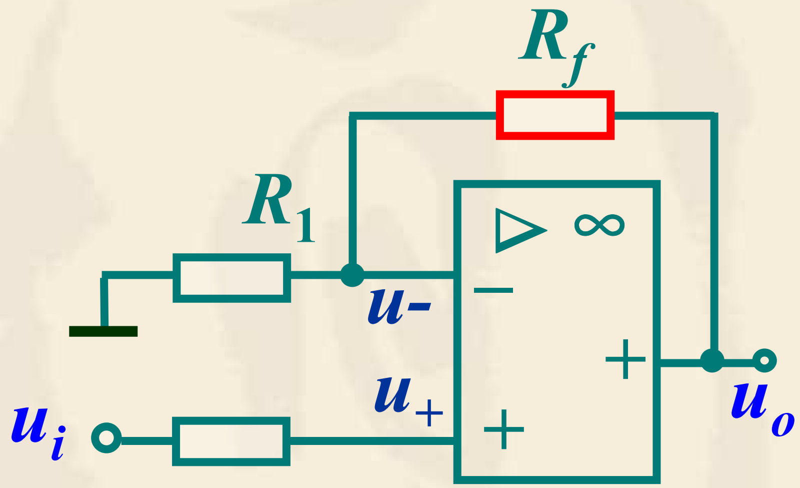
$$A_u = \frac{u_o}{u_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

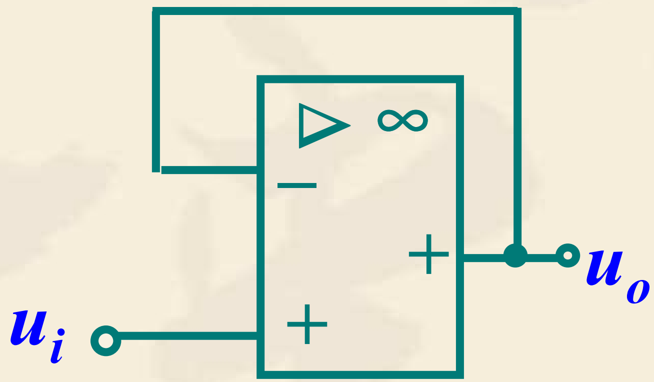
结构特点：

信号从同相端输入。

输入与输出同相，放大倍数大于等于 1。

电压跟随器





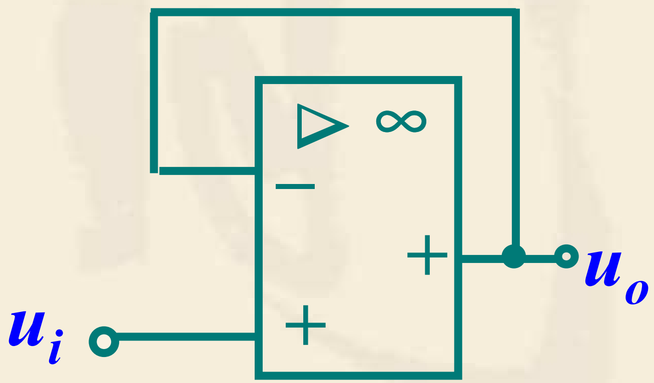
$$u_o = (1 + \frac{R_f}{R_1})u_i$$

$$R_1 = \infty, \quad R_f = 0$$

$$u_o = u_i$$

$$u_o = u_- = u_+ = u_i$$

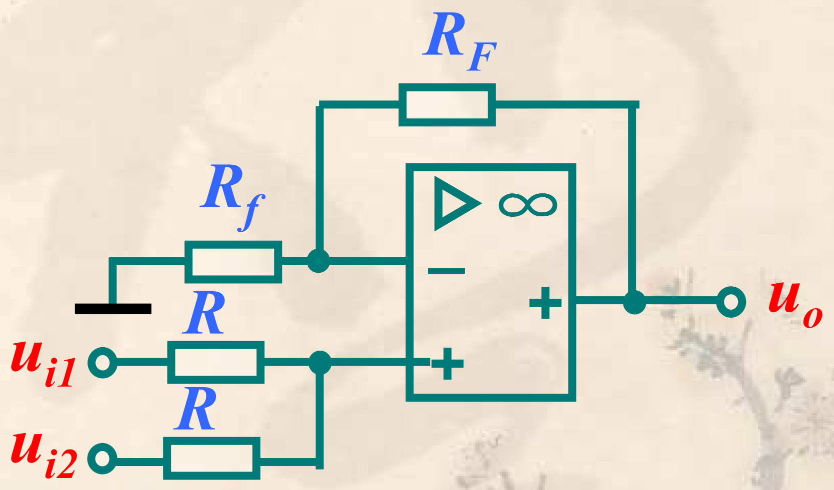
108 运算放大器如题图所示，输入电压u_i=2V，则输出电压u_o为（　　　）



跟随器电路

$$u_o = u_- = u_+ = u_i = 2V$$

11 图示电路，求输出电压与输入电压的运算关系



$(A)\quad \dfrac{R_F}{R_f}(u_{i1}+u_{i2})$

$(B)\quad (1+\dfrac{R_F}{R_f})(u_{i1}+u_{i2})$

$(C)\quad \dfrac{R_F}{2R_f}(u_{i1}+u_{i2})$

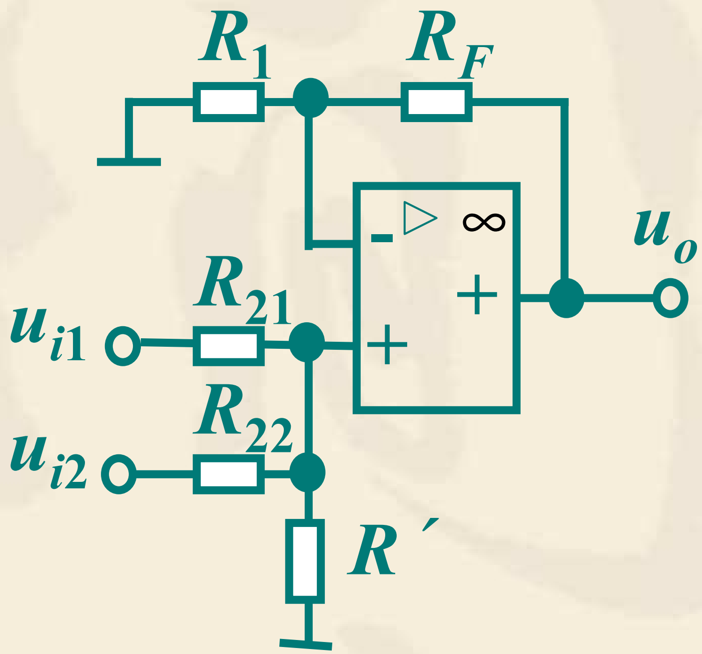
$(D)\quad \dfrac{1}{2}(1+\dfrac{R_F}{R_f})(u_{i1}+u_{i2})$

解： 由弥尔曼公式

$$u_+=\frac{\dfrac{u_{i1}}{R}+\dfrac{u_{i2}}{R}}{\dfrac{1}{R}+\dfrac{1}{R}}=\frac{1}{2}(u_{i1}+u_{i2})$$

$$u_o=(1+\frac{R_F}{R_f})u_+=\frac{1}{2}(1+\frac{R_F}{R_f})(u_{i1}+u_{i2})$$

05考题



左图也是同相求和运算电路，<u>如何求同相输入端的电位？</u>

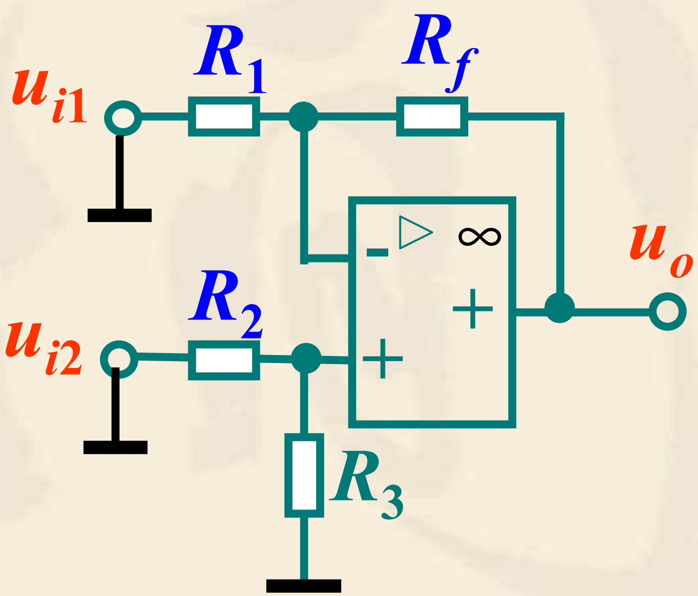
<u>提示：</u>

1. 虚断：流入同相端的电流为0。

2. 节点电位法求u_+。

$$u_+ = \frac{\dfrac{u_{i1}}{R_{21}} + \dfrac{u_{i2}}{R_{22}}}{\dfrac{1}{R_{21}} + \dfrac{1}{R_{22}} + \dfrac{1}{R'}}$$

(3) 减法运算



由叠加原理：

u_{i1}单独作用

$$u_o' = -\frac{R_f}{R_1}u_{i1}$$

u_{i2}单独作用

$$u_o'' = (1+\frac{R_f}{R_1})u_+ = (1+\frac{R_f}{R_1})\frac{R_3}{R_2+R_3}u_{i2}$$

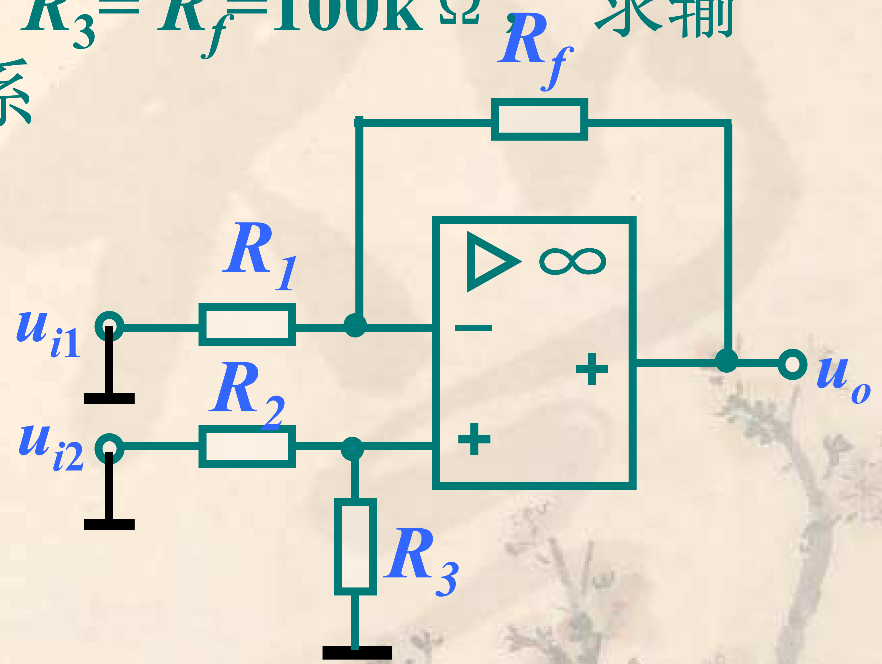
u_{i1}、u_{i2}共同作用

$$u_o = (1+\frac{R_f}{R_1})\frac{R_3}{R_2+R_3}u_{i2} - \frac{R_f}{R_1}u_{i1}$$

$R_1 = R_2$、$R_f = R_3$

$$u_o = \frac{R_f}{R_1}(u_{i2} - u_{i1})$$

8－33 已知$R_1= R_2= 10\text{k}\Omega$，$R_3= R_f=100\text{k}\Omega$ 求输出电压u_o与输入电压u_i的关系

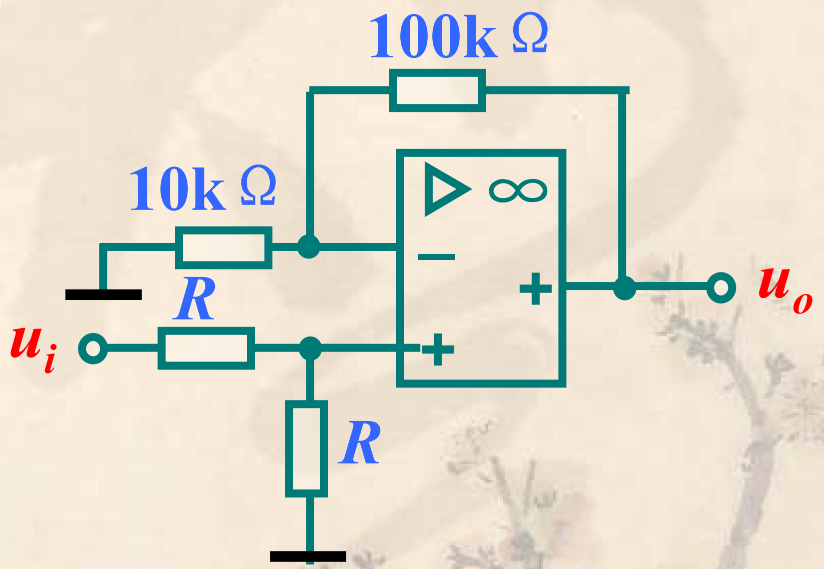


解： 这是差动放大电路

$$u_o = -\frac{R_f}{R_1}u_{i1} + \left(1+\frac{R_f}{R_1}\right)\times\frac{R_3}{R_2+R_3}u_{i2}$$

$$= -10u_{i1} + 11\times\frac{100}{110}u_{i2} = 10(u_{i2}-u_{i1})$$

12 图示电路，求输出电压与输入电压的运算关系



(A) u_o=-10u_i

(B) u_o=10u_i

(C) u_o=11u_i

(D) u_o=5.5u_i

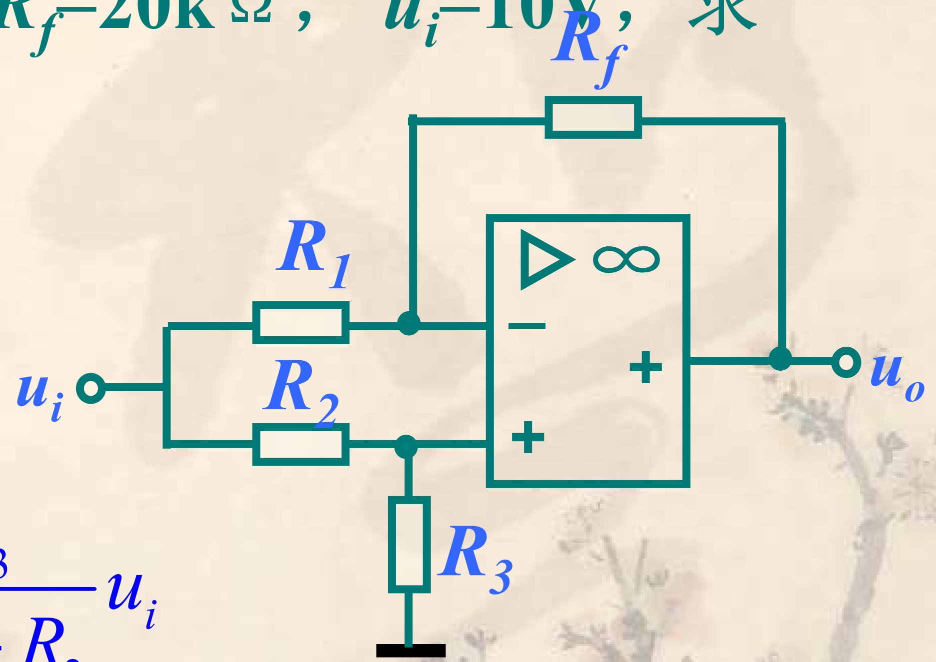
解：

$$u_+ = \frac{1}{2} u_i$$

$$u_o = (1 + \frac{R_F}{R_f}) u_+ = (1 + \frac{100}{10}) \frac{u_i}{2}$$

06考题

已知R_1= R_2= R_3=10kΩ， R_f=20kΩ， u_i=10V，求输出电压



解： 这是差动放大电路

$$u_o = -\frac{R_f}{R_1}u_i + \left(1+\frac{R_f}{R_1}\right)\times\frac{R_3}{R_2+R_3}u_i$$

$$= -2u_i + 3\times\frac{1}{2}u_i = -5V$$

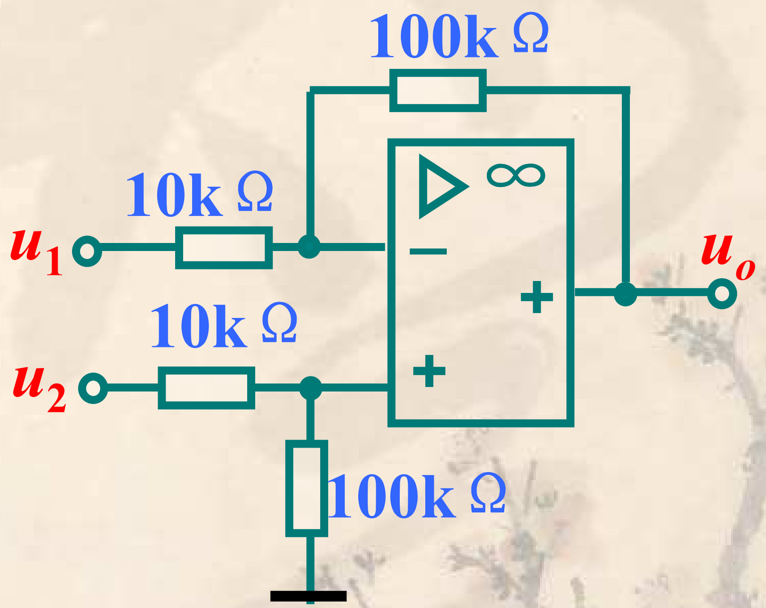
11 图示电路，求输出电压与输入电压的运算关系

(A) $u_o=10(u_1-u_2)$

(B) $u_o=10(u_2-u_1)$

(C) $u_o=-10u_1+11u_2$

(D) $u_o=10u_1-11u_2$



解：$u_+=\dfrac{100}{110}u_2$

$$u_o''=(1+\frac{100}{10})u_+=11\times\frac{100}{110}u_2=10u_2$$

$$u_o'=-\frac{100}{10}u_1=-10u_1$$

$R_1=R_2$、 $R_f=R_3$

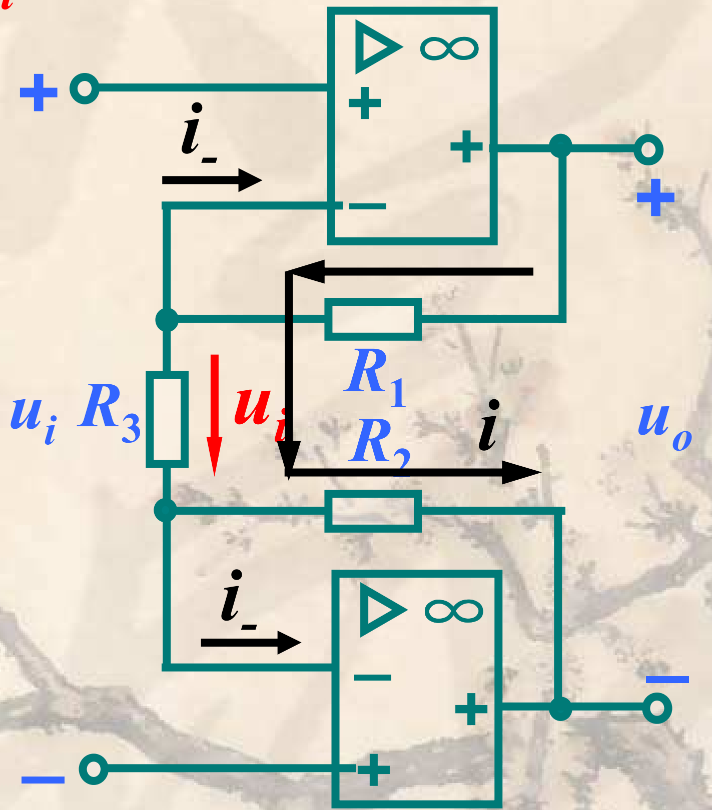
$$u_o=\frac{R_f}{R_1}(u_{i2}-u_{i1})$$

07考题

8－34 求输出电压与输入电压的运算关系

解：$u_+ = u_-$，电阻 R_3 上的电压为 u_i

$i_+ = i_- = 0$，电阻 R_1、R_2、R_3 的电流相同



$$i = \frac{u_{R_3}}{R_3} = \frac{u_i}{R_3}$$

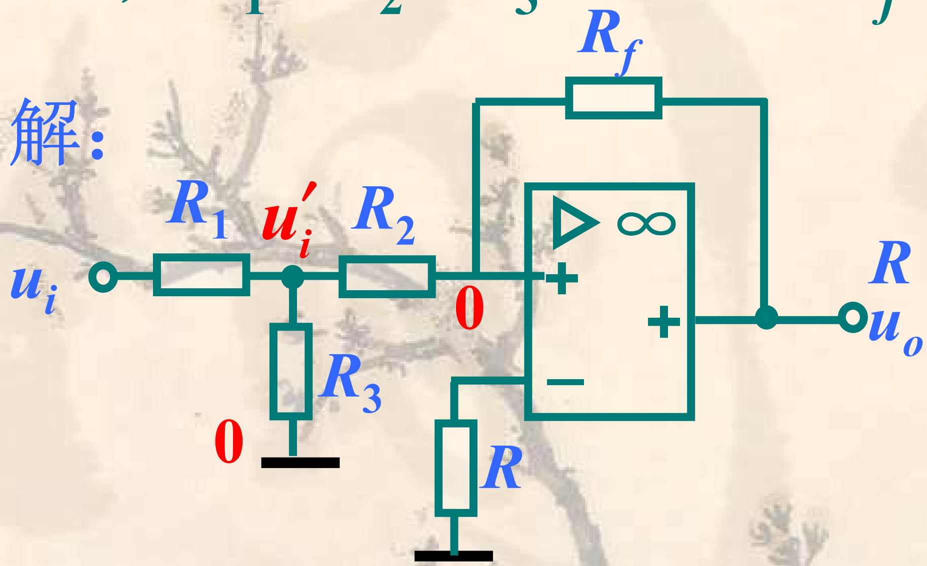
$$u_o = u_{R_1} + u_{R_2} + u_{R_3}$$

$$= i \times (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$= \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} u_i$$

已知$R_1 = R_2 = R_3 = 1\text{k}\Omega$， $R_f = 9\text{k}\Omega$，求电路的电压增益

解:



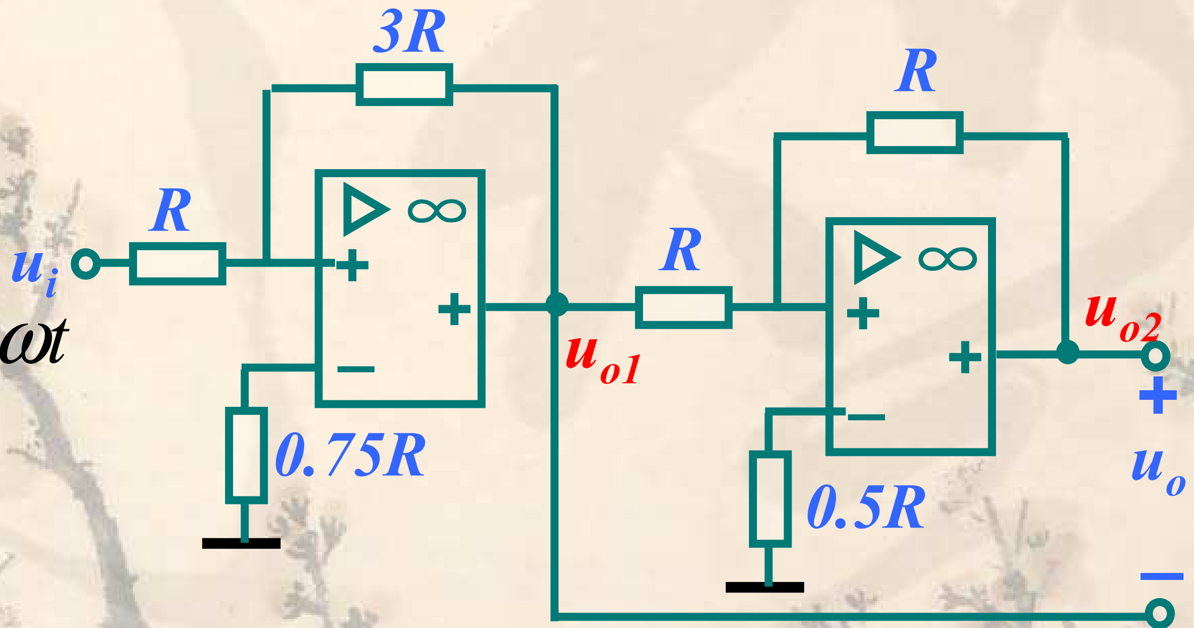
$$u_i' = \frac{u_i}{3}$$

$$u_o = -\frac{R_f}{R_2} u_i' = -\frac{R_f}{R_2} \times \frac{u_i}{3} = -3u_i$$

8－35 求输出电压与输入电压的运算关系

解：

$$u_i = 12\sqrt{2}\sin\omega t$$

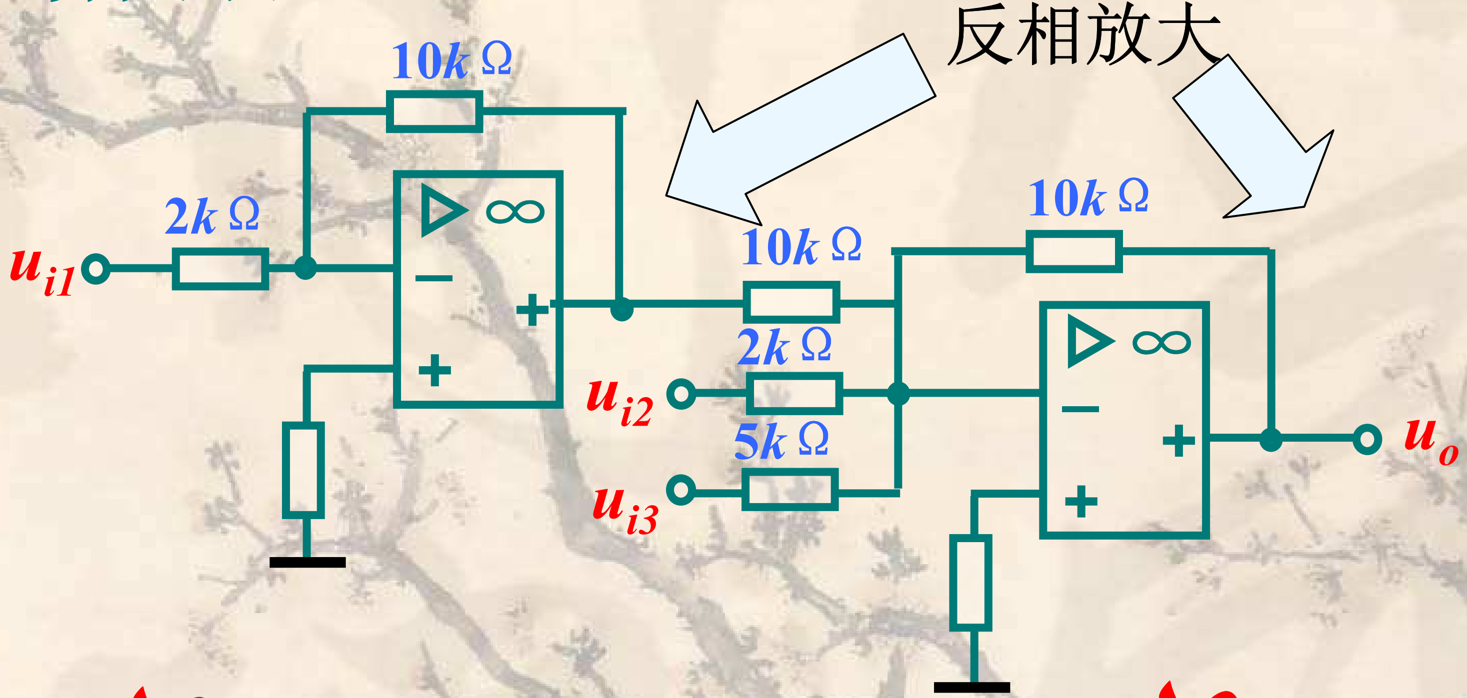


理想运放为理想电压源，各运放输出可独立计算；

$$u_{o1} = -3u_i \qquad u_{o2} = -u_{o1} = 3u_i$$

$$u_o = u_{o2} - u_{o1} = 6u_i = 72\sqrt{2}\sin\omega t$$

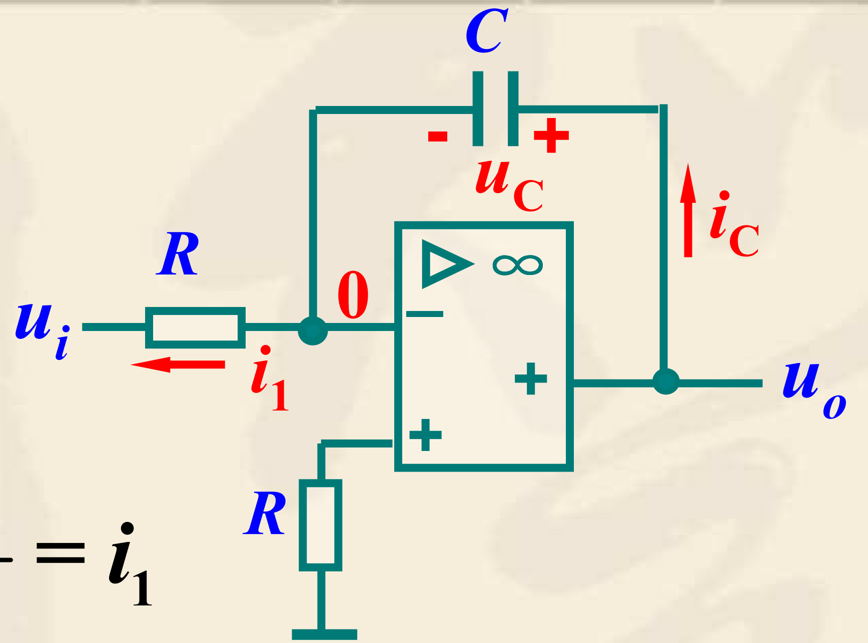
图示电路，输出电压与输入电压u_{i1}、u_{i2}、u_{i3}之间的运算关系是（ C ）



(A) $u_o = -(u_{i1} + u_{i2} + u_{i3})$　(B) $u_o = 5(u_{i1} + u_{i2} + u_{i3})$

(C) $u_o = 5u_{i1} - 5u_{i2} - 2u_{i3}$　(D) $u_o = -2(5u_{i1} + u_{i2} + 2.5u_{i3})$

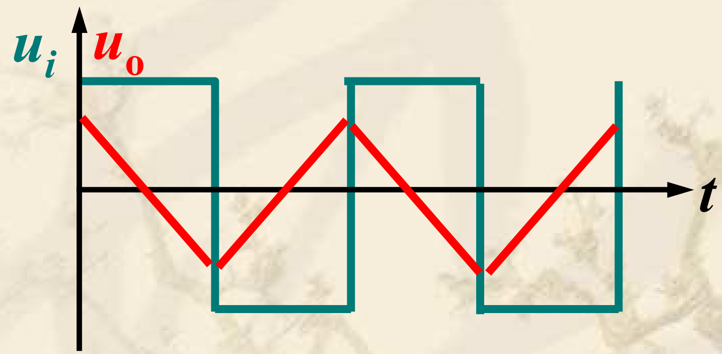
反相积分电路



$$i_1 = -\frac{u_i}{R_1}$$

$$i_C = C\frac{du_C}{dt} = C\frac{du_o}{dt} = i_1$$

$$u_o = \frac{1}{C}\int i_1 dt = -\frac{1}{RC}\int u_i dt$$



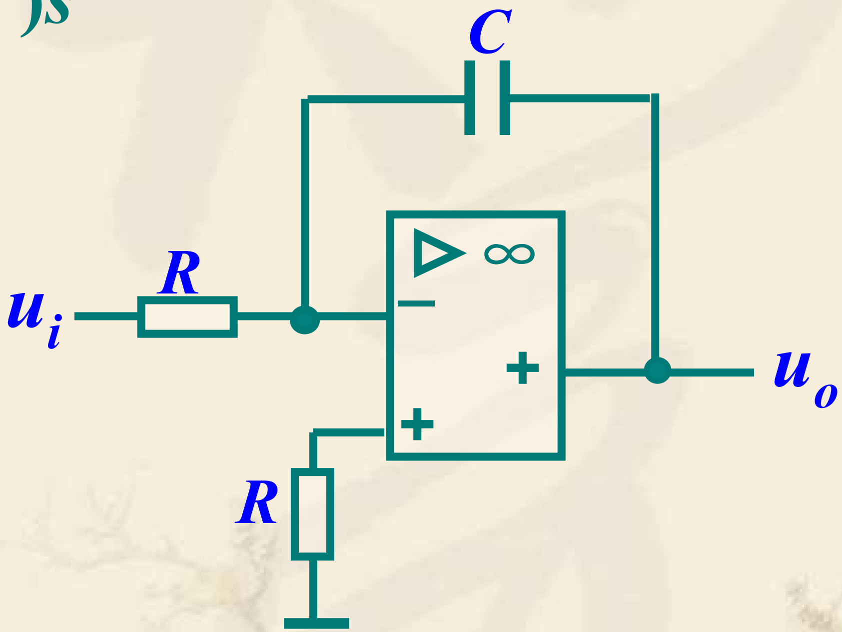
图示电路，R=10KΩ，C=10μF，在t=0时，输入u_i=1V的直流电压，求u_o下降到-5V时的时间t=(　　)s

A）0.5s ✓

B）1s

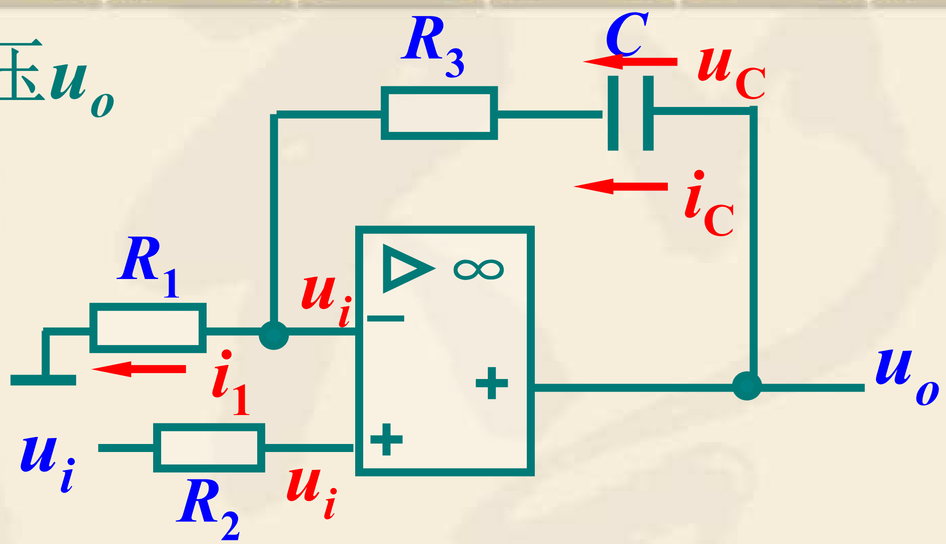
C）5s

D）10s



$$u_o = -\frac{1}{RC}\int u_i dt = -\frac{u_i \times t}{10\times10^3\times10\times10^{-6}} = -5V$$

电路如图所示，输出电压u_o



$$i_1=\frac{u_i}{R_1}$$

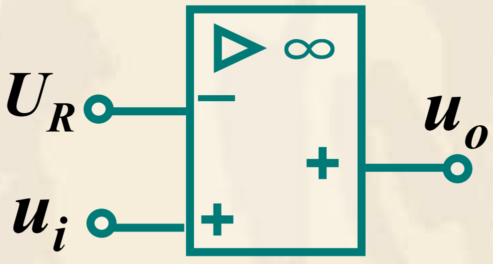
$$i_C=C\frac{du_C}{dt}=i_1$$

$$u_C=\frac{1}{C}\int i_1dt=\frac{1}{R_1C}\int u_idt$$

$$u_o=u_C+i_CR_3+u_i=\frac{1}{R_1C}\int u_idt+\frac{R_3}{R_1}u_i+u_i$$

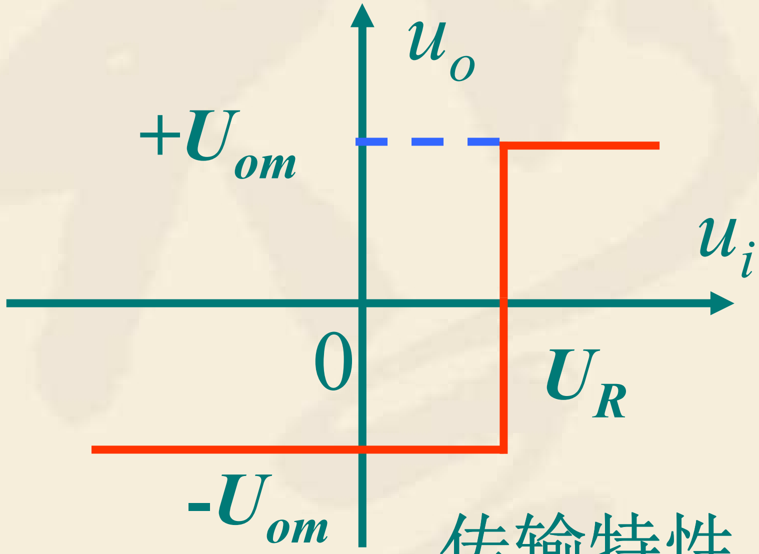
比较器

同相端输入



U_R： 参考电压

u_i： 被比较信号



传输特性

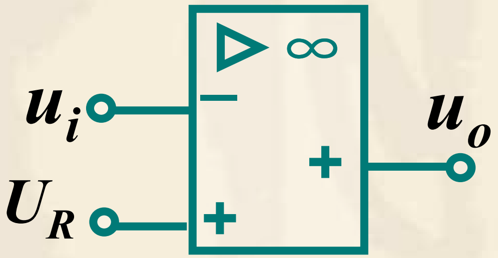
特点：运放处于开环状态。

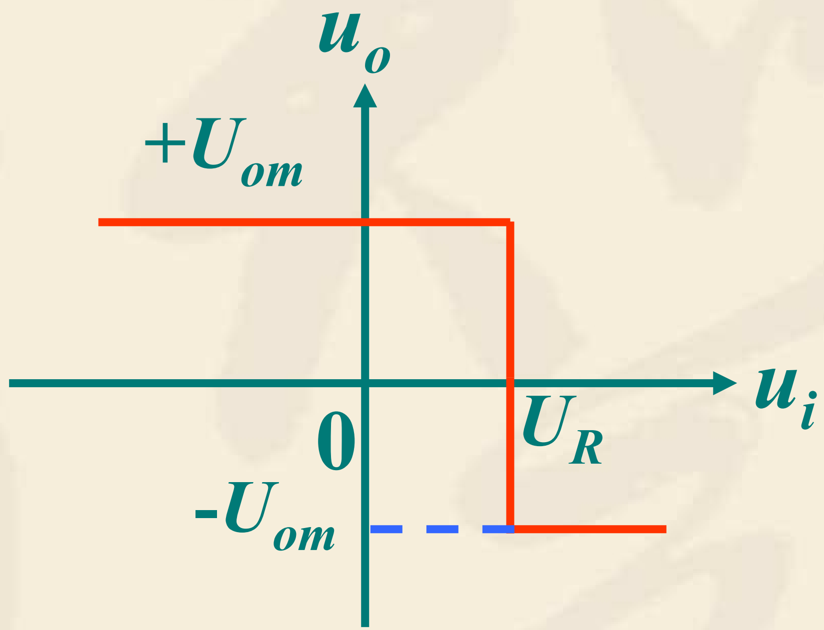
$$u_o = A(u_+ - u_-) = A(u_i - U_R)$$

当$u_i > U_R$时，$u_o = +U_{om}$

当$u_i < U_R$时，$u_o = -U_{om}$

反相输入



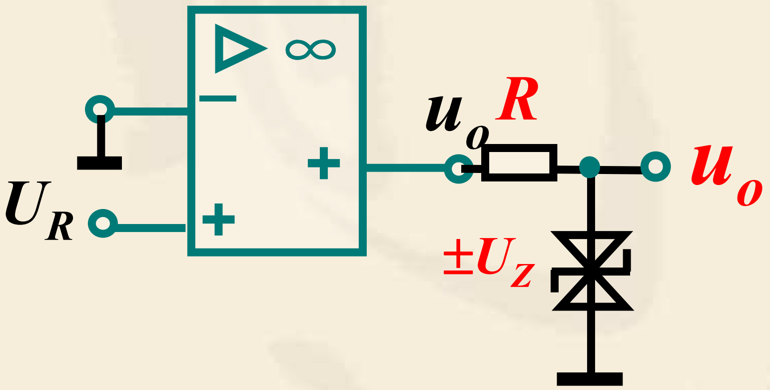


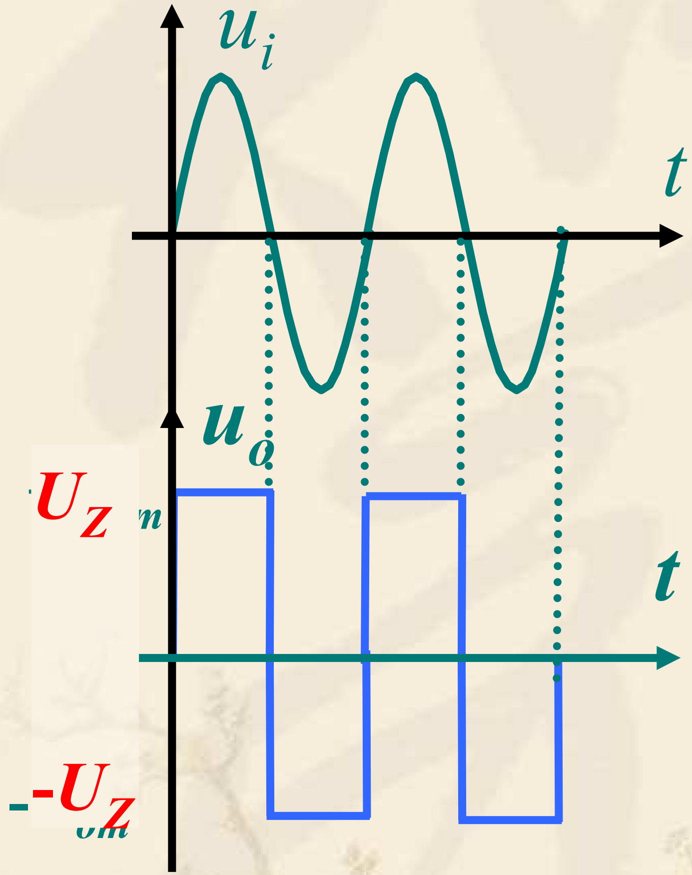
$$u_o = A(u_+ - u_-) = A(U_R - u_i)$$

当$u_i < U_R$时，$u_o = +U_{om}$

当$u_i > U_R$时，$u_o = -U_{om}$

利用电压比较器将正弦波变为方波。



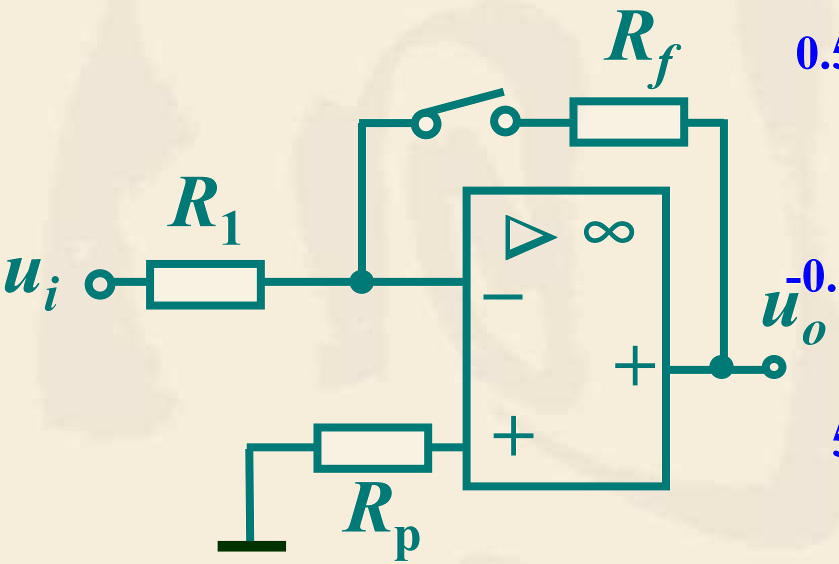


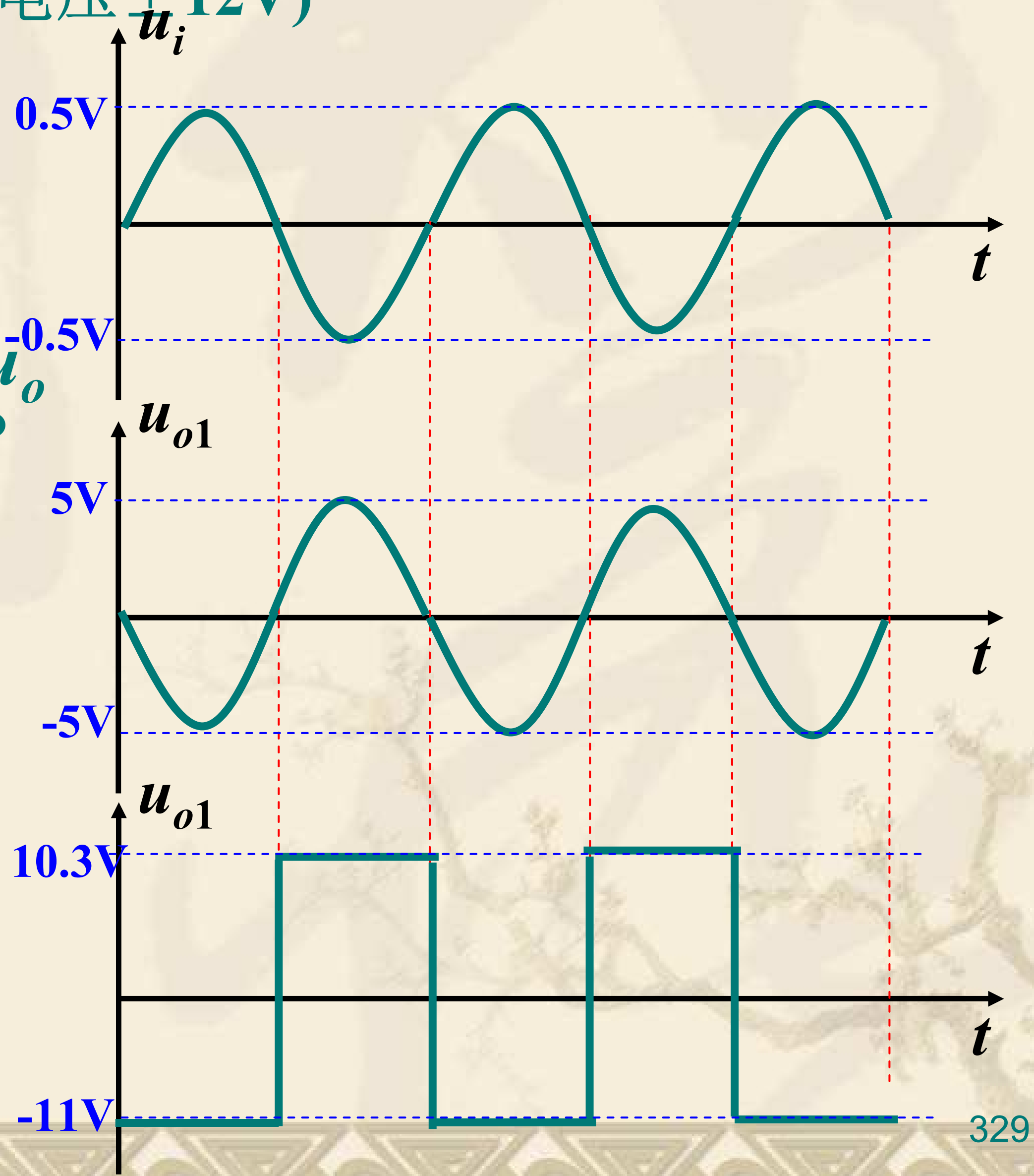
方波与正弦波同相。

可实现过零检测

问：若反相输入则如何？

设R_1=10k，R_2=100k，求开关闭合和断开时的波形和输出电压(输入电压0.5V，电源电压±12V)





PLC WORLD

门电路和触发器

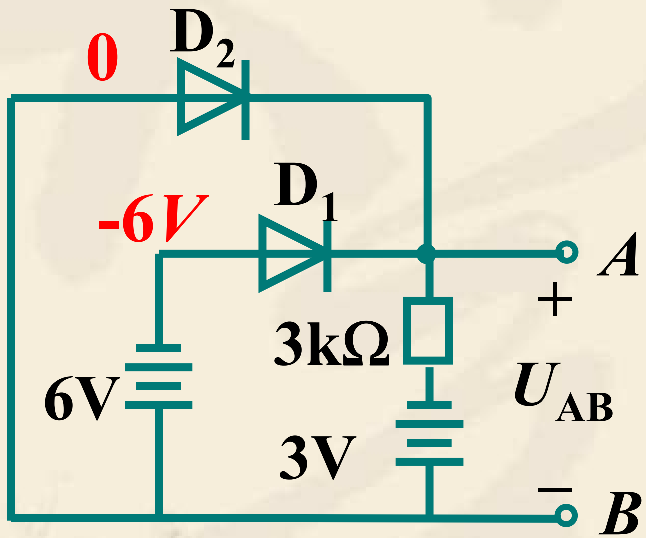
图示电路，D_1和D_2均为理想二极管，它们的工作状态是（ A ）

（*A*）✓D_1截止，D_2导通

（*B*） D_2截止，D_1导通

（*C*） D_1、 D_2均截止

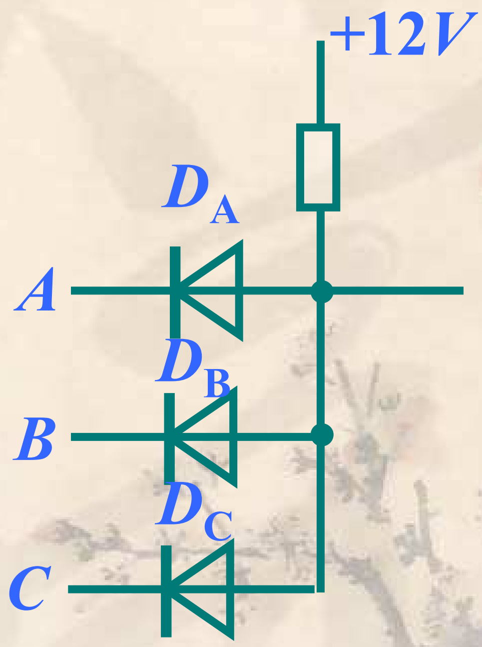
（*D*） D_1、 D_2均导通



二极管共阴极接法，阳极电位高的二极管导通，阳极电位低的二极管截止。

二极管共阳极接法，阴极电位低的二极管导通，阴极电位高的二极管截止。

图示二极管和电阻组成的基本逻辑门电路，输入二极管的高电平和低电平分别是3V和0V，电路的逻辑关系是（ *A* ）



（*A*）✓ $Y=ABC$

（*B*）$Y=A+B+C$

（*A*）$Y=AB+C$

（*A*）$Y=(A+B)C$

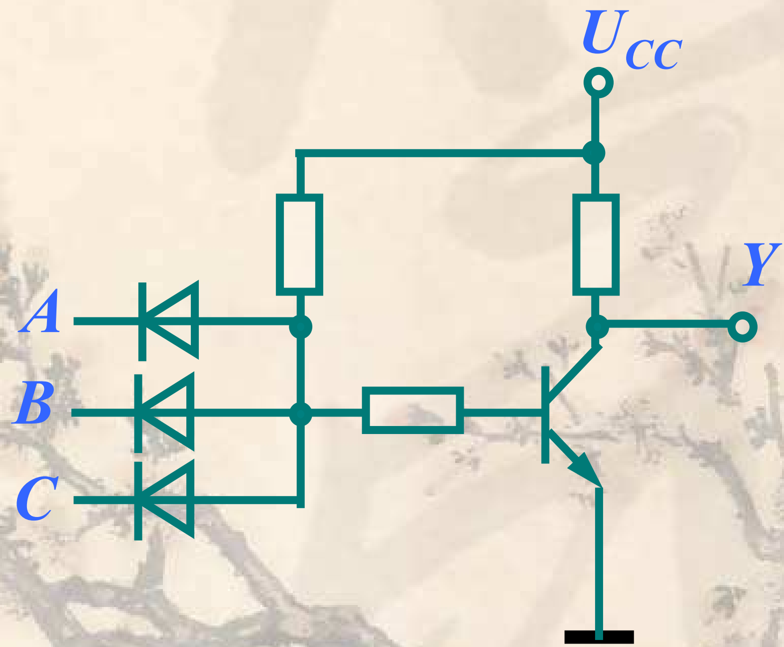
共阳极接法，阴极电位低的二极管通

8－36 当A、B、C端都输入高电平时，三极管饱和导通，当A、B、C中有一个输入低电平时，三极管截止，电路对应的是（ 与非门 ）。

解:

有0出1

全1得0



12 图示电路，三极管β=100，输入信号VA、VB的高电平是3.5V（逻辑1），低电平是0.3V(逻辑0)，若定义输出电压Vo高电平为逻辑1，图示电路是：

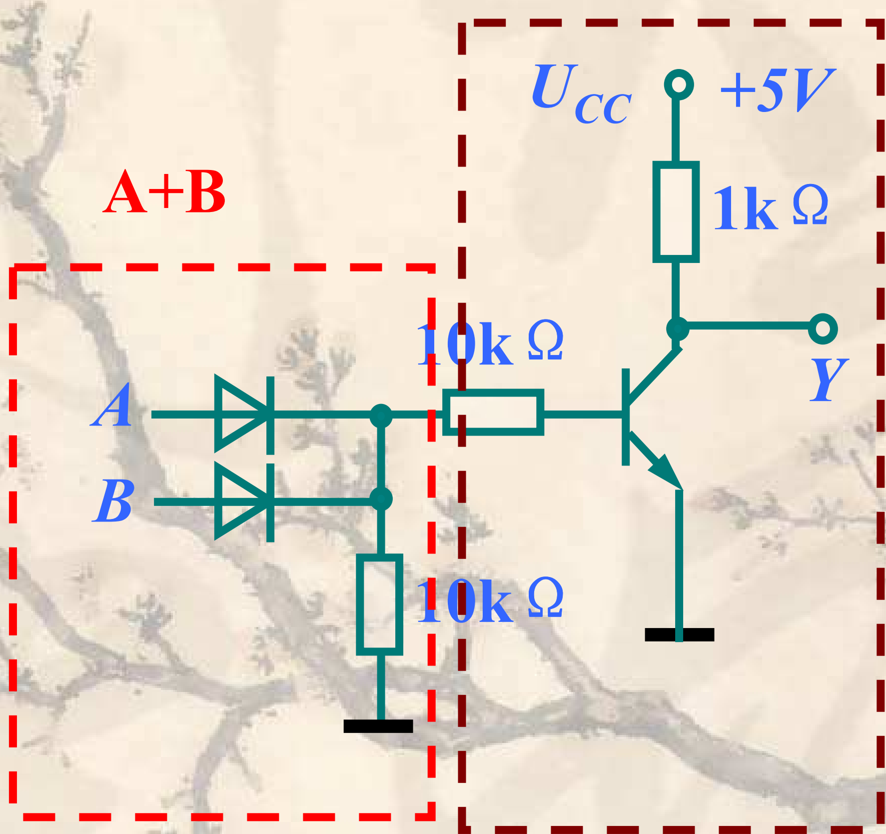
(A) 与门

(B) 与非门

(C) 或门

(D) 或非门

解：

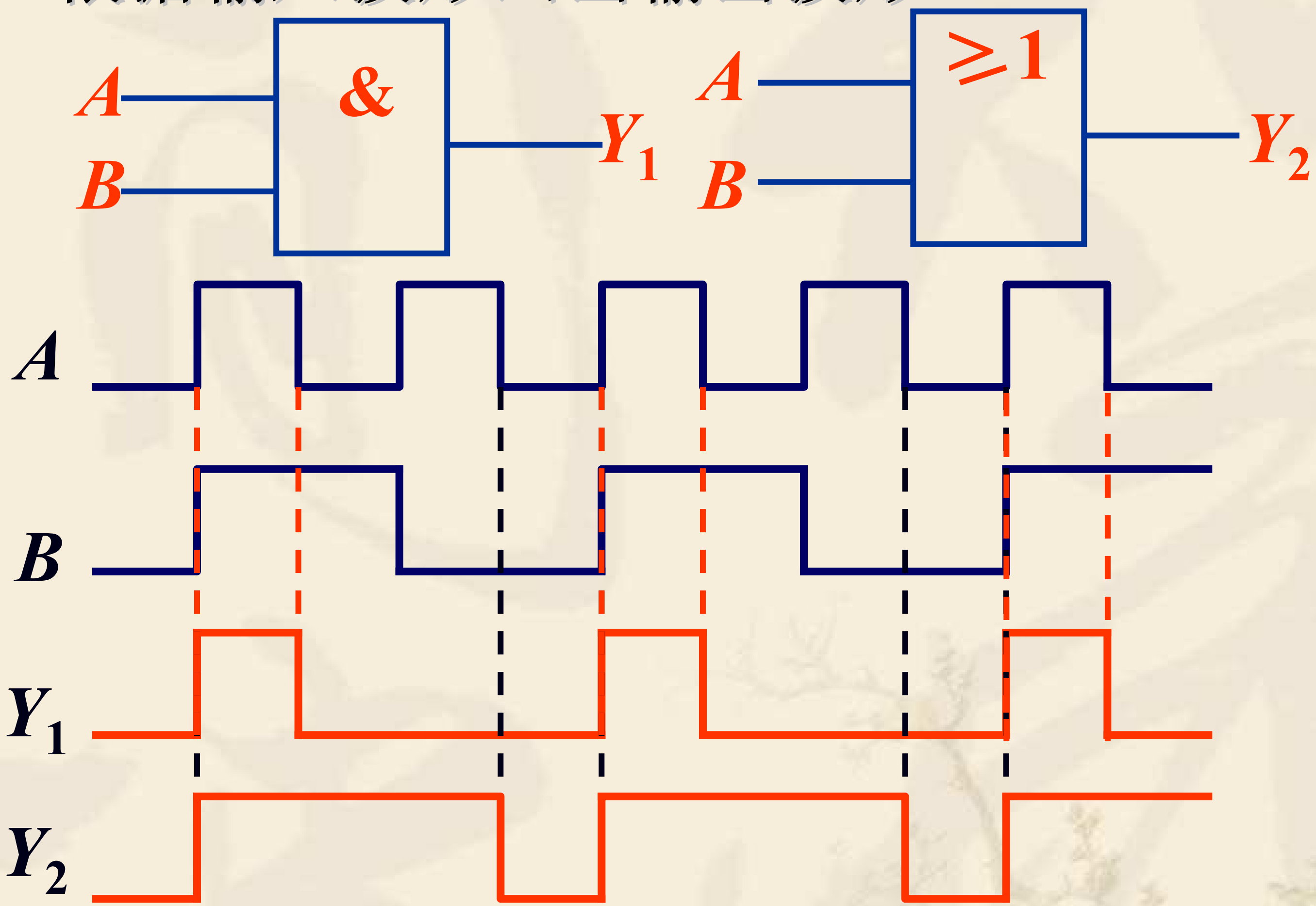


$$Y = \overline{A+B}$$

反相器

05考题

例：根据输入波形画出输出波形



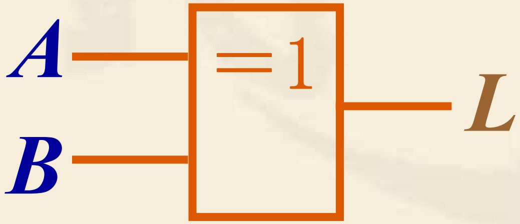
有"1"出"1"，全"0"出"0"

异或逻辑运算

$$F = A\overline{B} + \overline{A}B$$

简记为

$$F = A \oplus B$$



逻辑符号

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

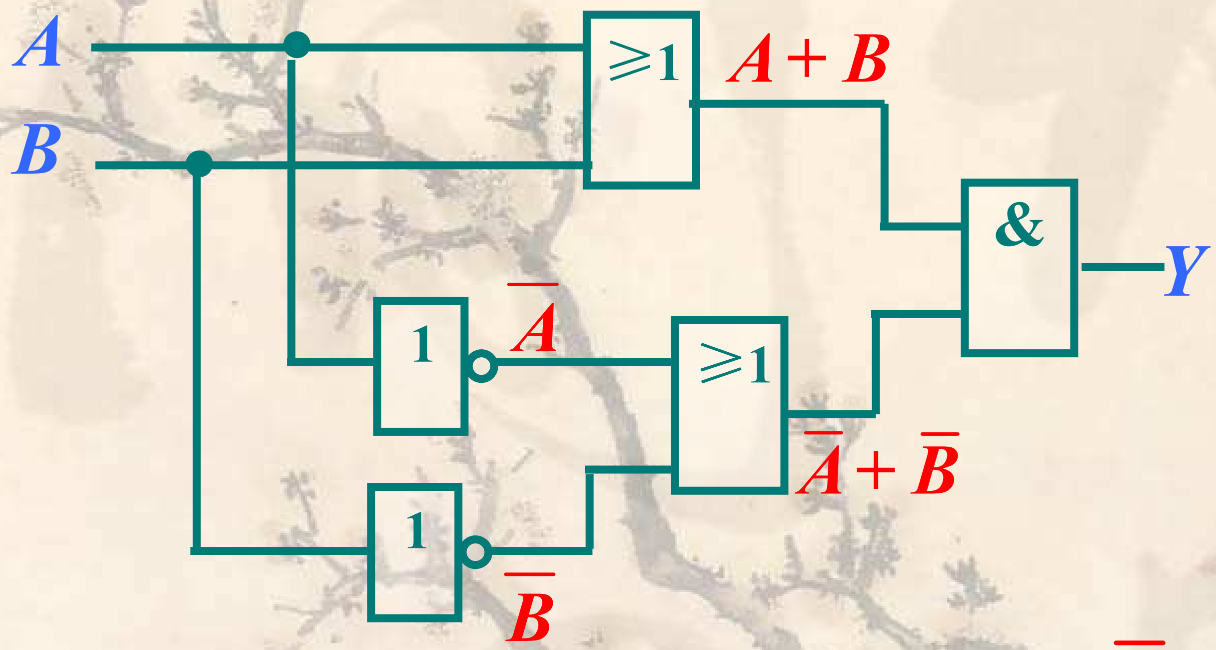
$$A \oplus 1 = A \cdot \overline{1} + \overline{A} \cdot 1 = \overline{A}$$

异或关系：

$$A \oplus 0 = A \cdot \overline{0} + \overline{A} \cdot 0 = A$$

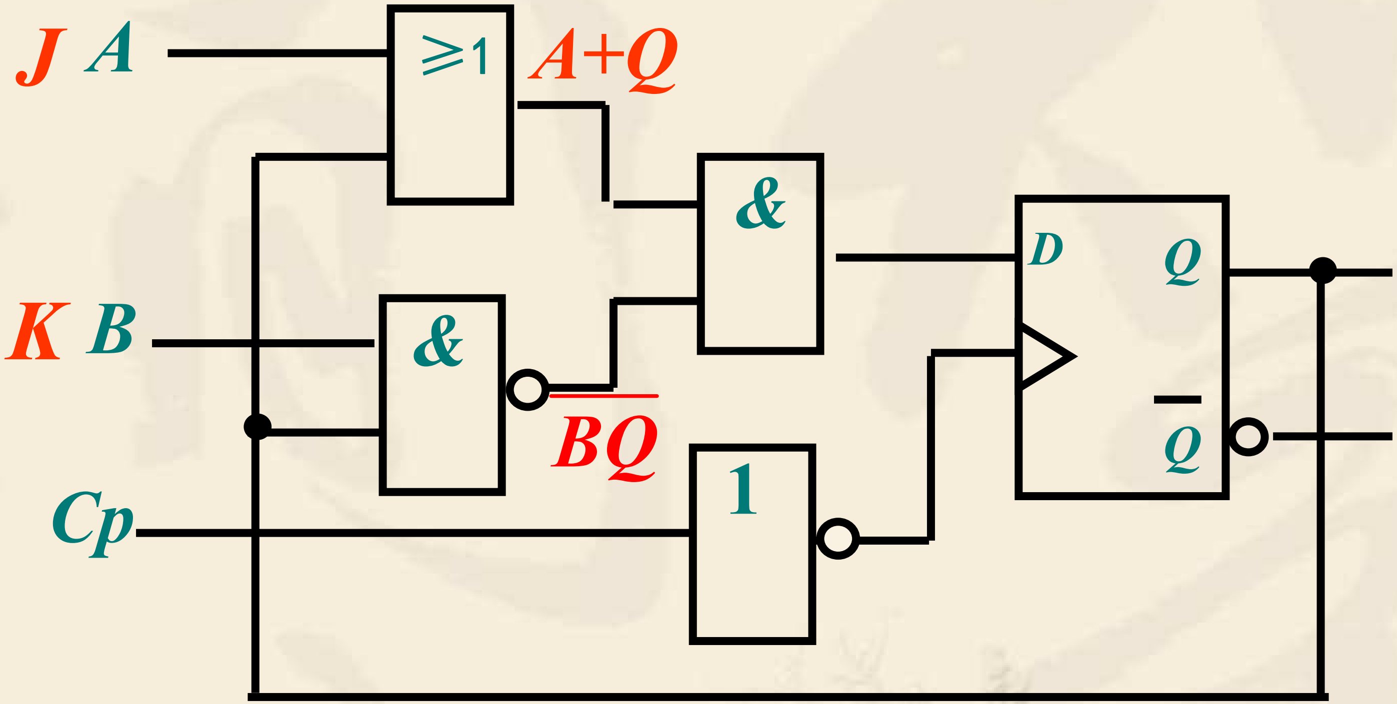
输入变量相同为“0”，相异为“1”

求输出Y的逻辑函数。



$$(A+B)(\overline{A}+\overline{B})$$
$$=A\overline{A}+\overline{A}B+A\overline{B}+B\overline{B}$$
$$=\overline{A}B+A\overline{B}$$

证明下图可实现JK触发器功能



$$D=\overline{BQ}\cdot(A+Q)=(\bar{B}+\bar{Q})(A+Q)=A\bar{B}+A\bar{Q}+\bar{B}Q$$

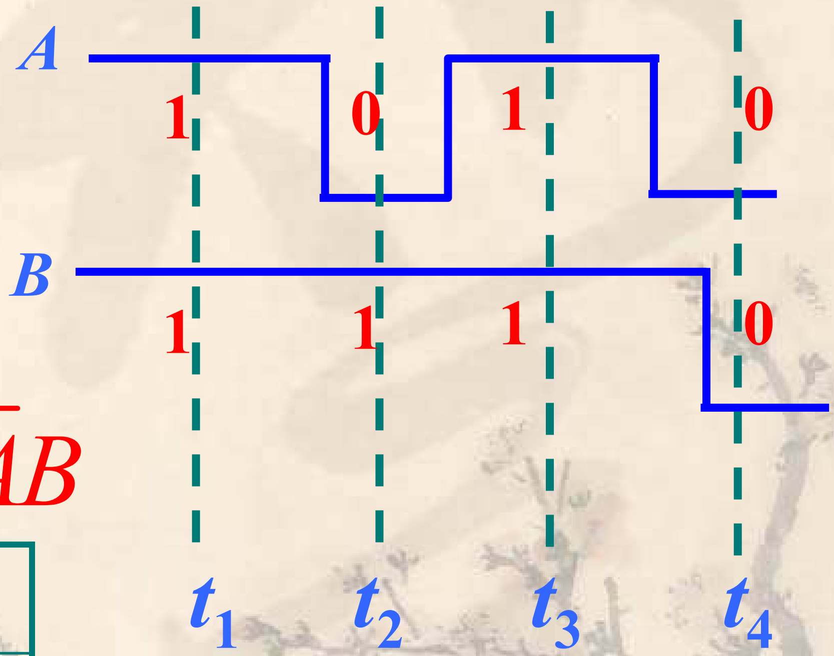
$$=A\bar{Q}+\bar{B}Q$$

$$AB+\bar{A}C+BC$$

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

下降沿翻转

13 逻辑图和输入A、B的波形如图所示，分析当输出F为“1”时刻应是：



(A) t_1

(B) t_2

(C) t_3

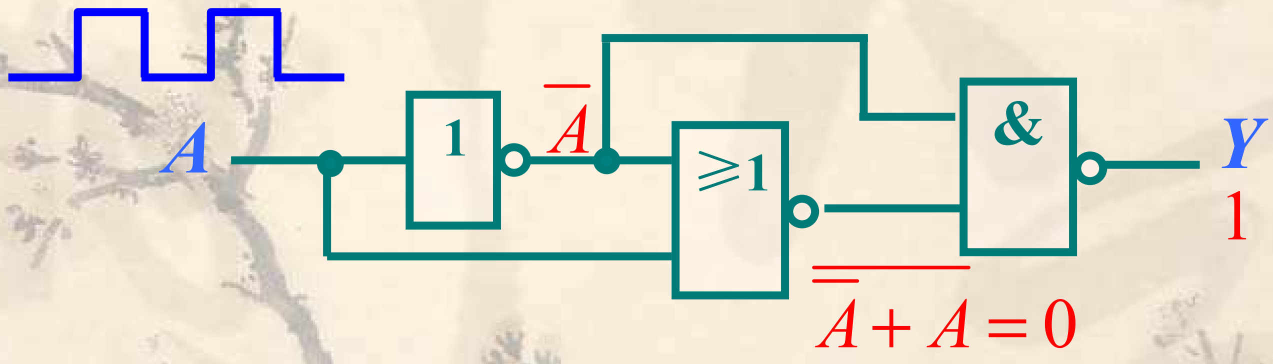
(D) t_4

$$F = A\overline{B} + \overline{A}B$$

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

06考题

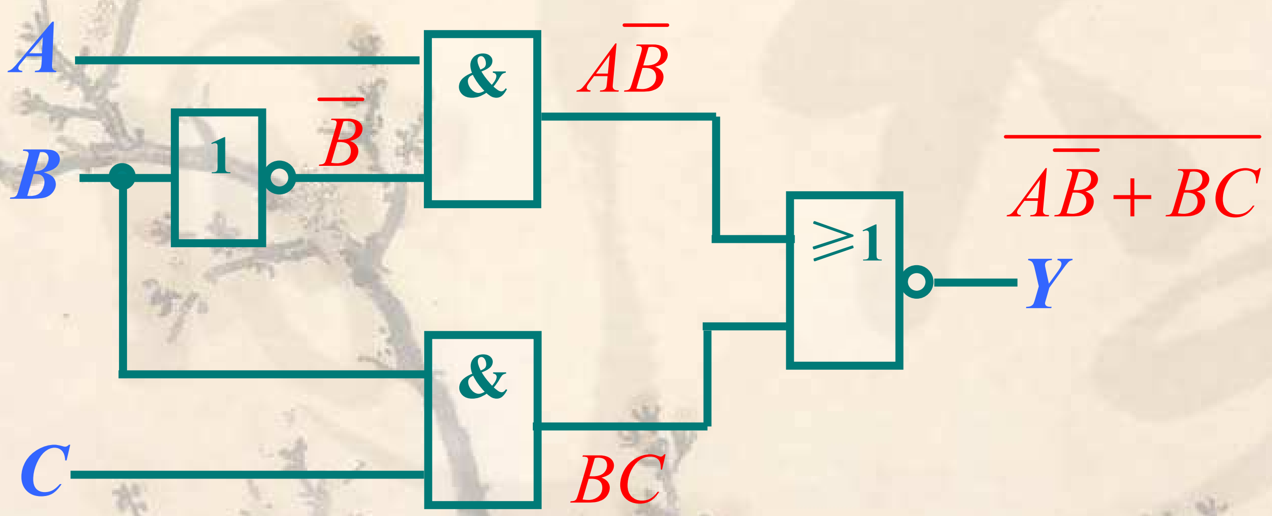
8—37 求输出Y。



组合逻辑电路的分析：

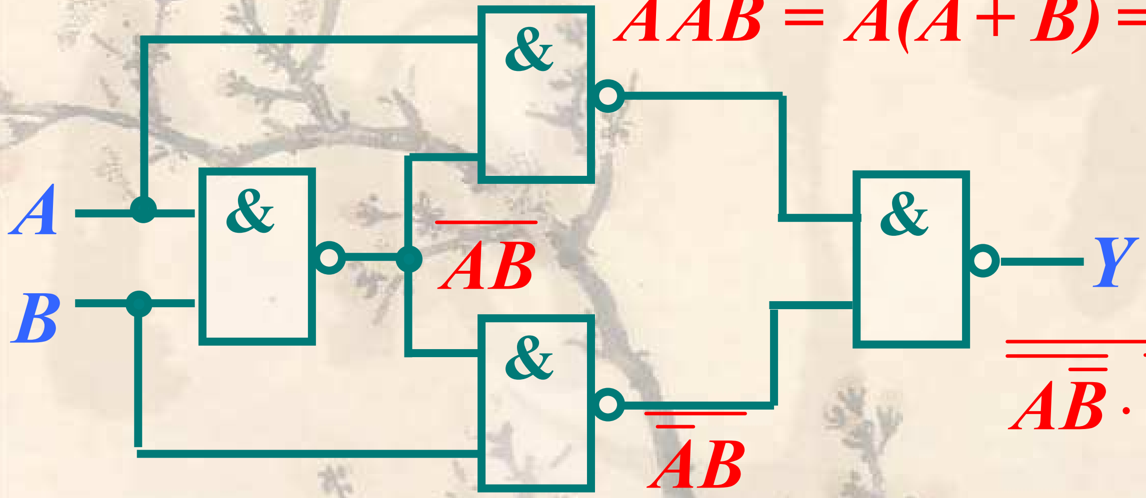
逐级推导，化简

8－38 求输出Y的逻辑函数。



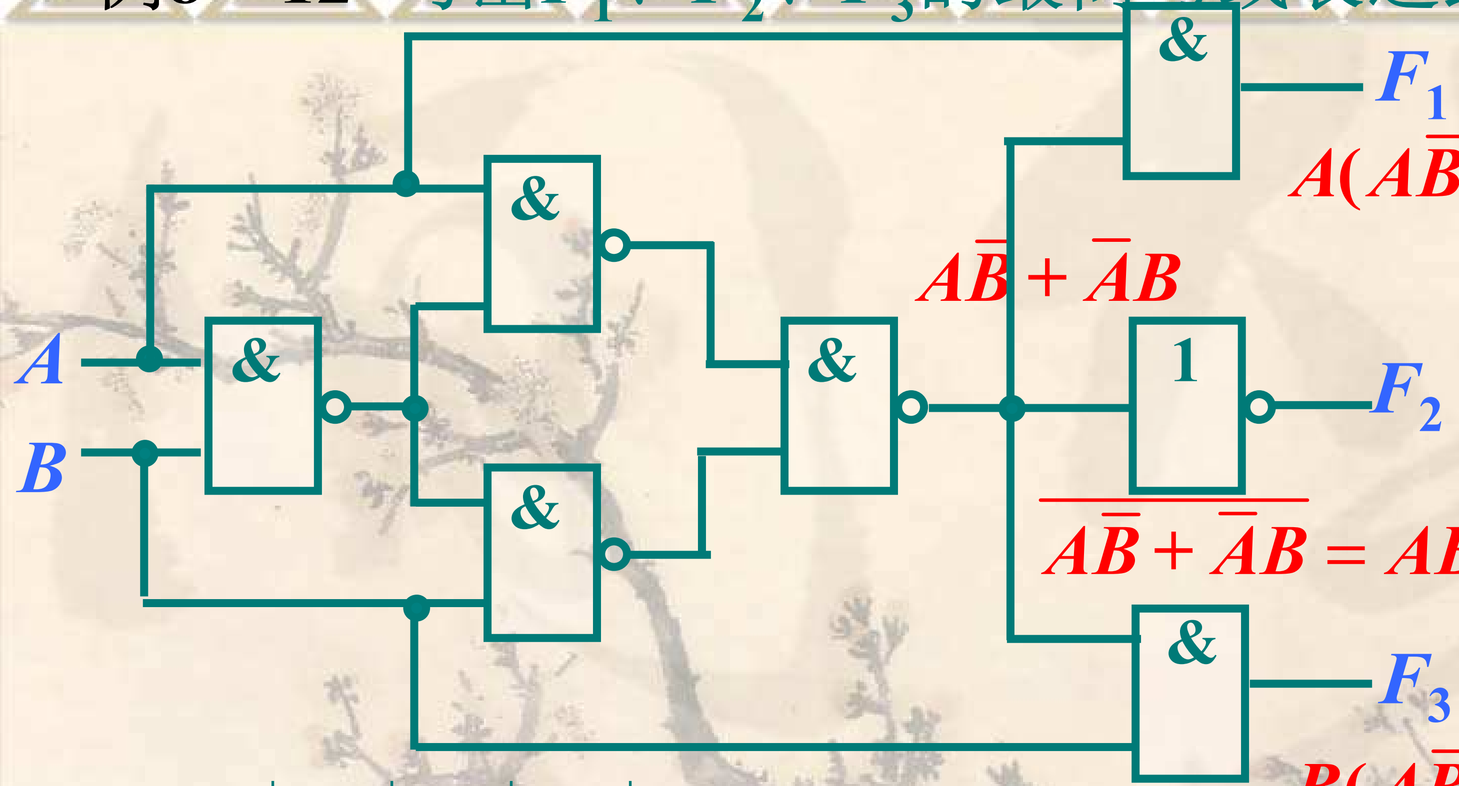
求输出Y的逻辑函数。

$$\overline{A\,\overline{AB}} = \overline{A(\overline{A}+\overline{B})} = \overline{A\overline{B}}$$



$$\overline{\overline{A\overline{B}}\cdot\overline{\overline{A}B}} = A\overline{B}+\overline{A}B = A\oplus B$$

例8—12 写出F_1、F_2、F_3的最简与或表达式



$A\overline{B}+\overline{A}B$

F_1: $A(A\overline{B}+\overline{A}B) = A\overline{B}$

F_2: $\overline{A\overline{B}+\overline{A}B} = AB+\overline{A}\,\overline{B} = A \odot B$

F_3: $B(A\overline{B}+\overline{A}B) = \overline{A}B$

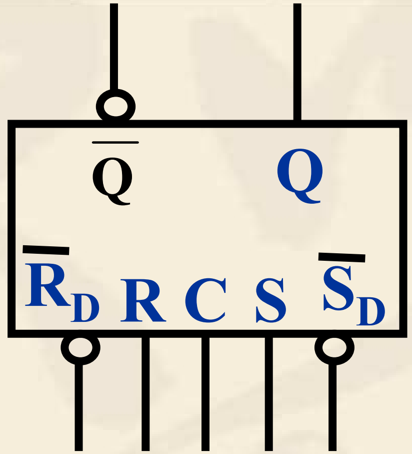
A	B	F_1	F_2	F_3
0	0	0	1	0
0	1	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	1	0

触发器

简化的功能表

R	S	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	1
1	0	0
1	1	不确定

逻辑符号



对照基本**RS**触发器功能表

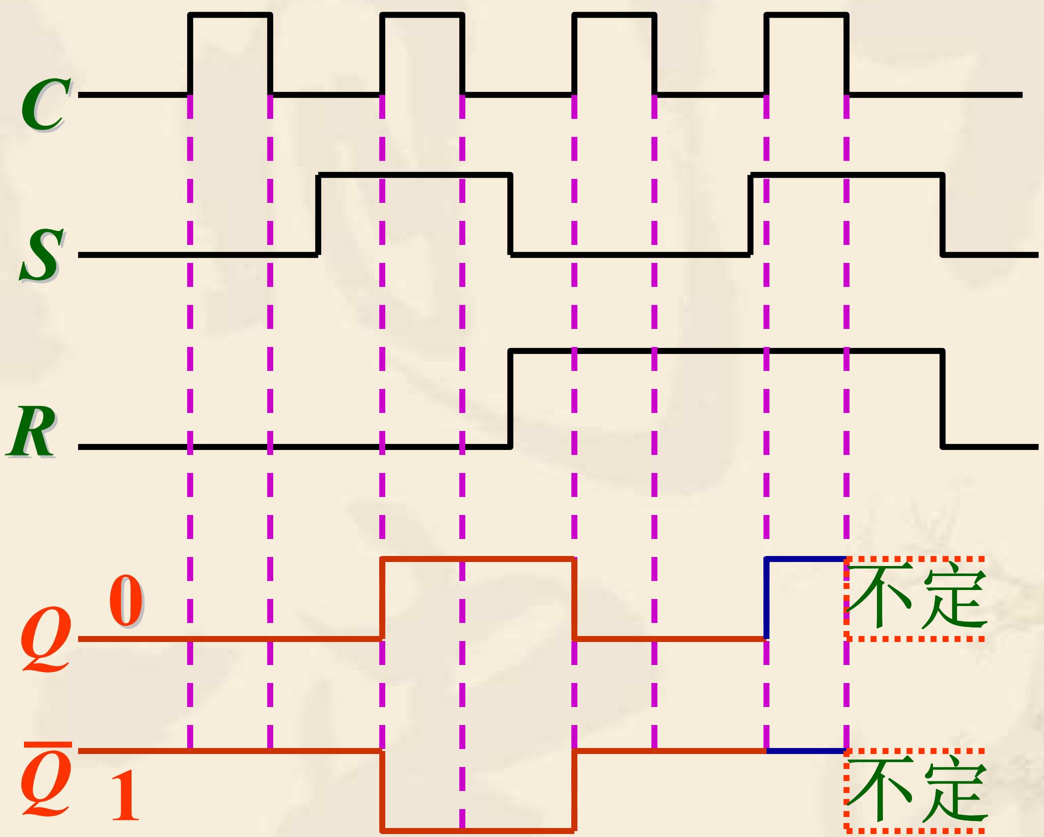
基本触发器的功能表

$\overline{R}_D$	$\overline{S}_D$	Q	$\overline{Q}$
1	1	保持原状态	
0	1	0	1
1	0	1	0
0	0	不定状态	

同步**RS**触发器触发信号高电平有效

基本**RS**触发器触发信号低电平有效

例：画出可控 $R-S$ 触发器的输出波形



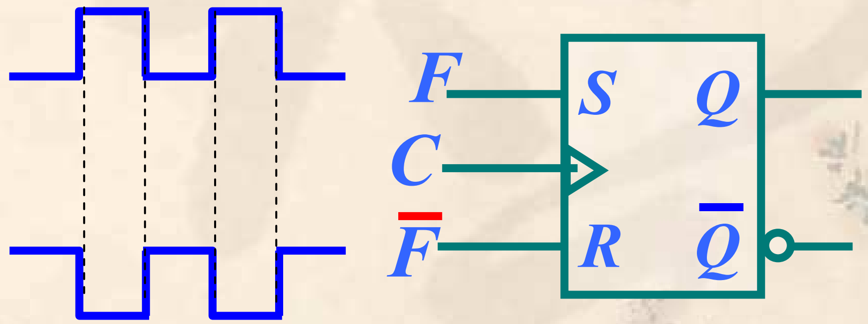
可控 $R-S$状态表

S	R	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	不定

C高电平时触发器状态由R、S确定

8－39 求输出Q（初态为1）

S	R	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	不定



该触发器在时钟上跳沿翻转，现无时钟信号，状态保持不变，Q=1

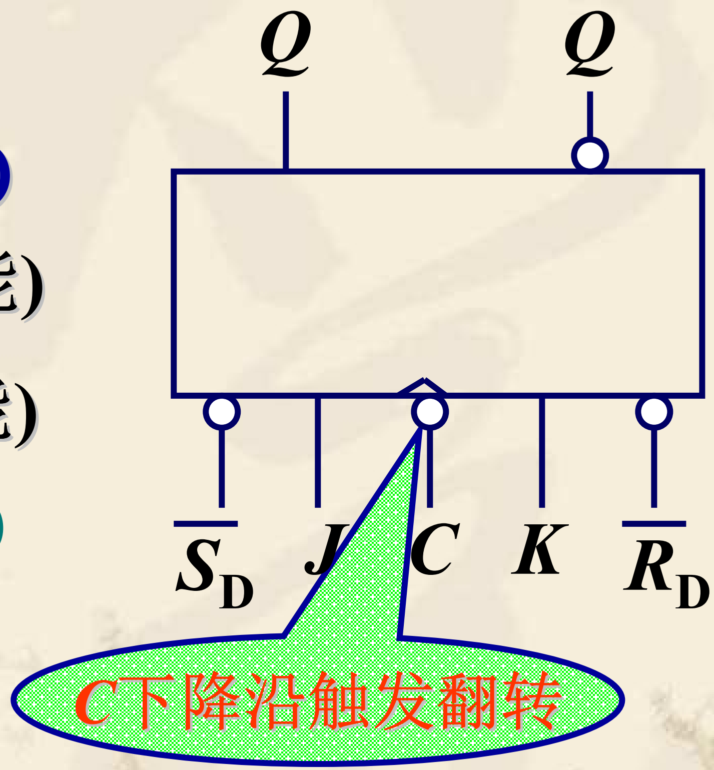
*JK*触发器状态表

J	K	Q_{n+1}	
0	0	Q_n	(保持功能)
0	1	0	(置“0”功能)
1	0	1	(置“1”功能)
1	1	$\overline{Q_n}$	(计数功能)

00保持，11翻转

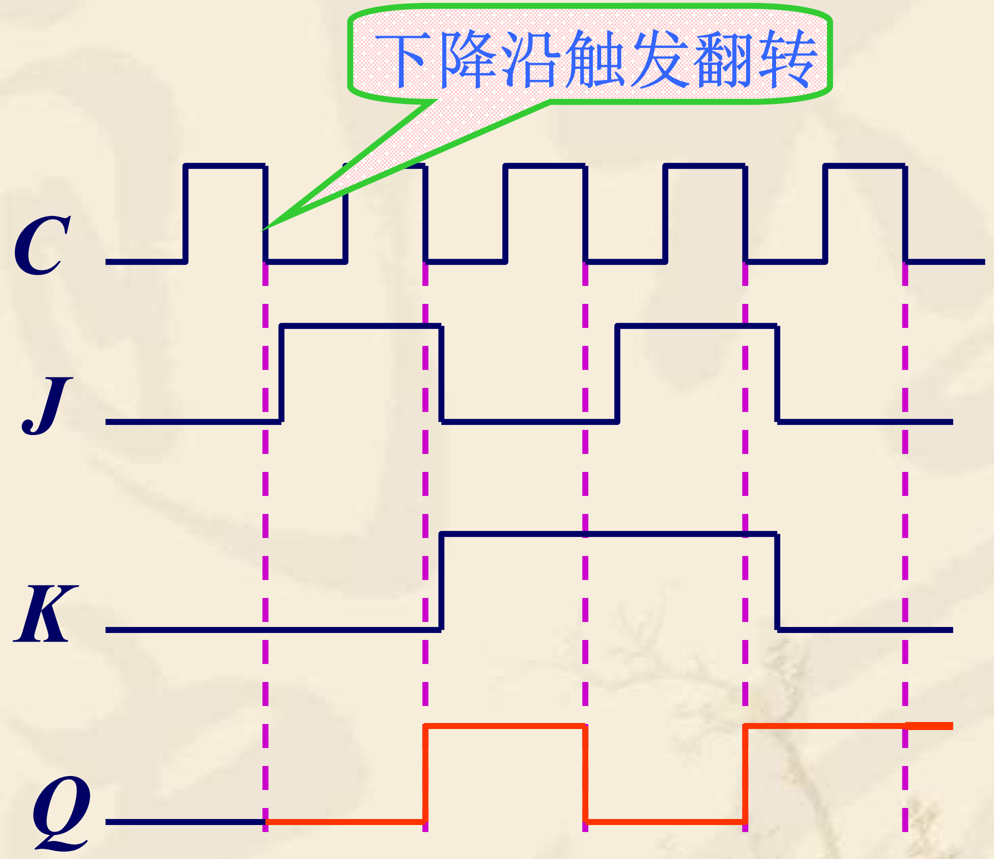
Jk不等，Q=J

逻辑符号



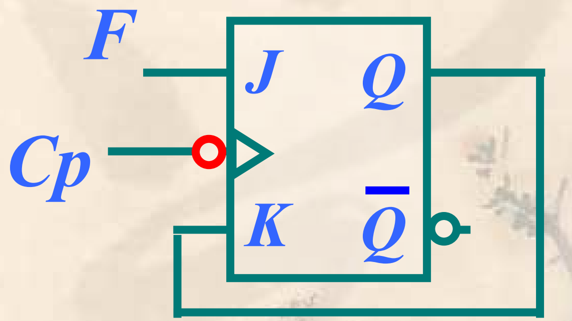
$\overline{S}_D$ 、 $\overline{R}_D$为直接置 1、置 0 端，不受时钟控制，低电平有效，触发器工作时$\overline{S}_D$ 、$\overline{R}_D$应接高电平。

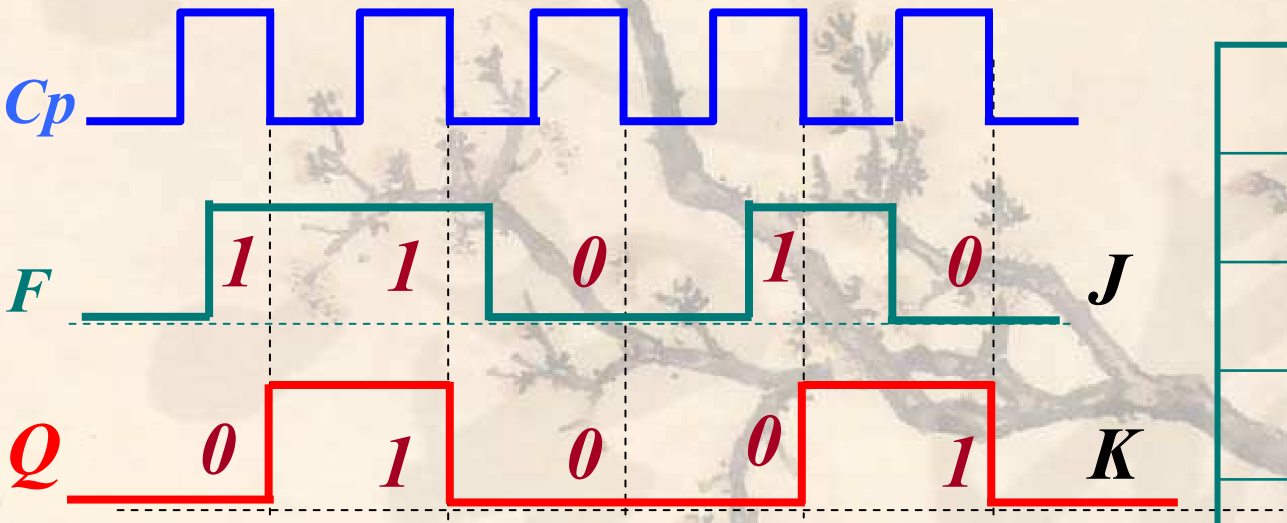
例：*JK* 触发器工作波形



图示逻辑电路中，*JK*触发器初态为“0”， 已知输入信号F和脉冲信号*Cp*的波形， 画出输出端*Q*的波形

$$Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n$$



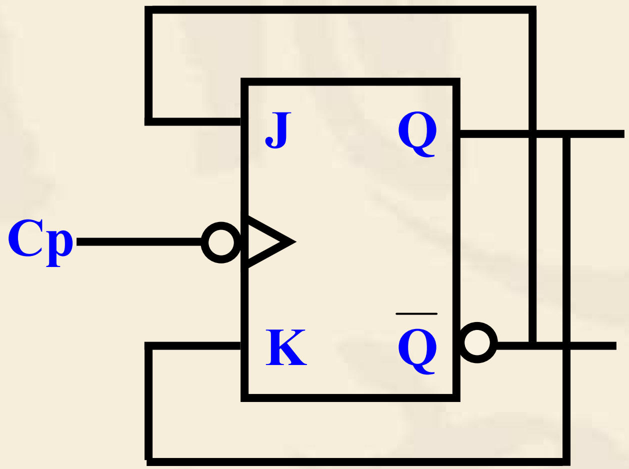


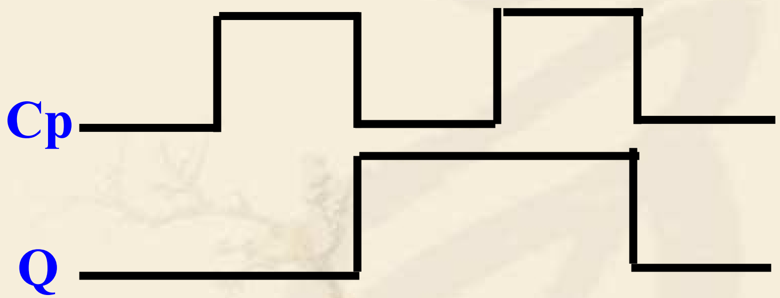
J	*K*	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}^n$

（2）*JK*触发器的计数形式

令*JK*触发器的$J=\overline{Q}$，　K $=Q$，也可以构成T' 触发器。

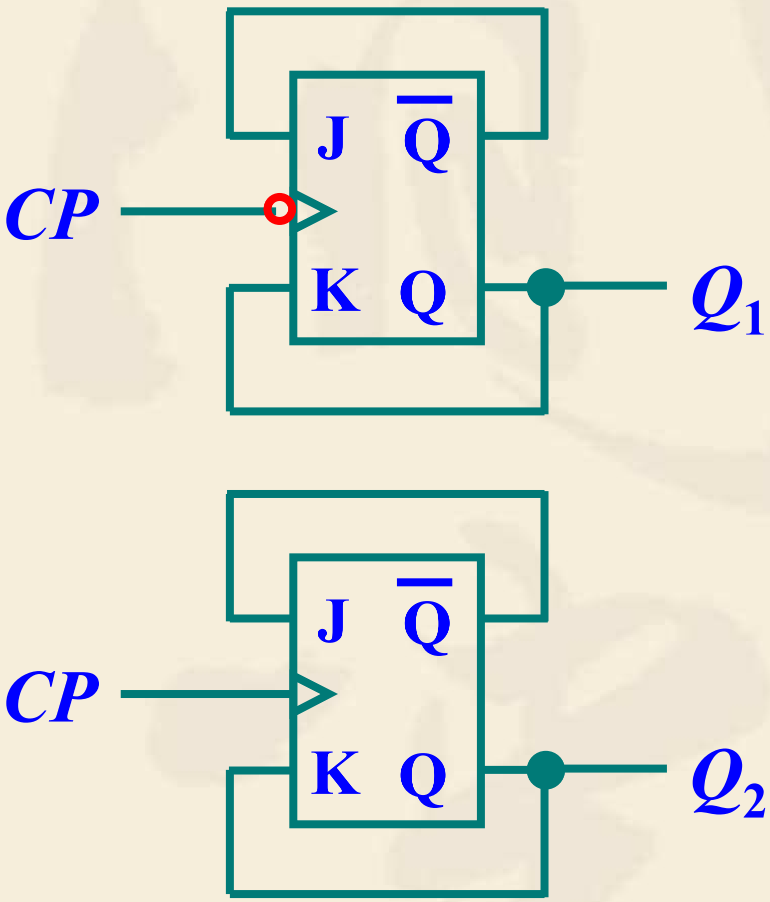
Jk不等，$Q^{n+1}=J=Q^{n+1}$

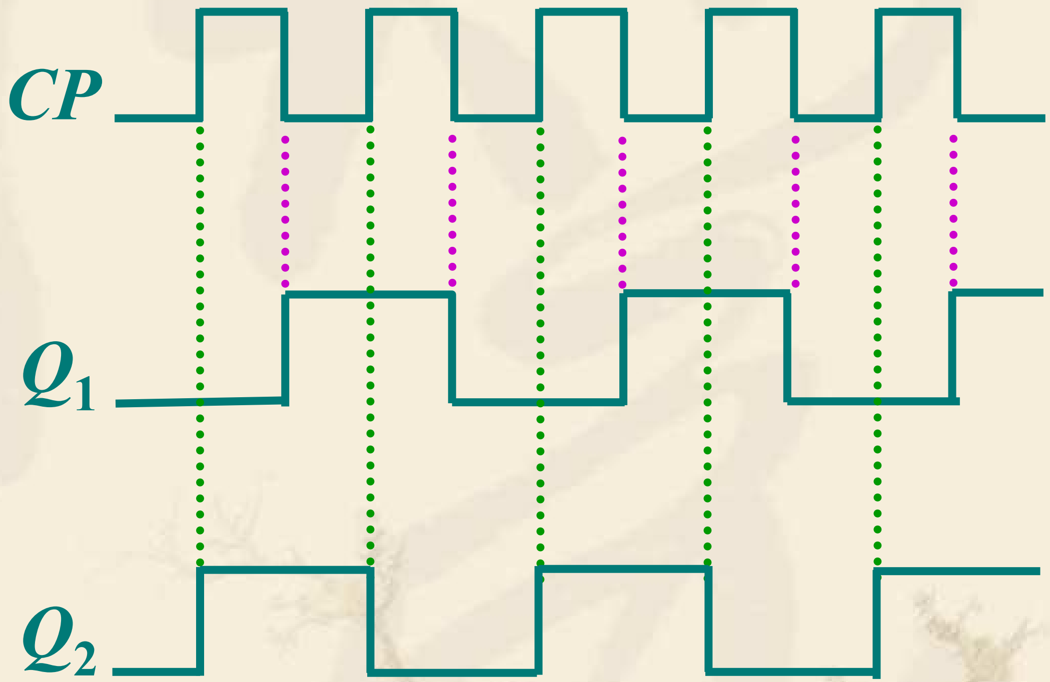




*JK*触发器的计数形式
（a）电路　　　（b）工作波形

例 假设初始状态 $Q_n = 0$，画出Q_1和Q_2的波形图





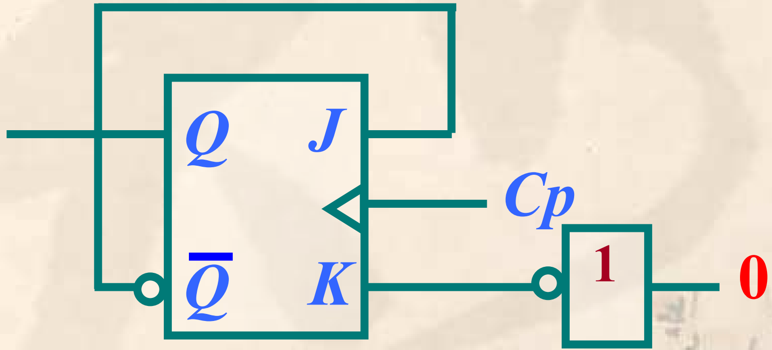
- 看懂逻辑符号；
- 熟练使用功能表。

8－39 图示电路具有（　　　　）功能

$$Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n$$

$$J = \overline{Q}^n \quad K = 0$$

$$Q^{n+1} = \overline{Q}^n\overline{Q}^n + \overline{1}Q^n = \overline{Q}^n$$



A）保持功能

B）置“0”功能

C）置“1”功能

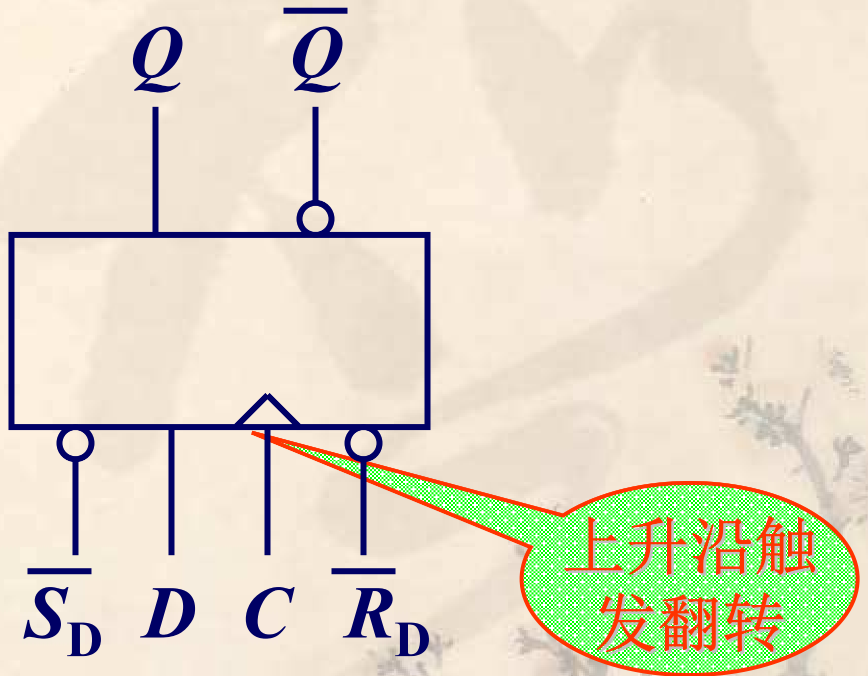
✓D）计数功能

JK触发器状态表

	J	K	Q^{n+1}
	0	0	Q^n
Q=1	0	1	0
	1	0	1
Q=0	1	1	$\overline{Q^n}$

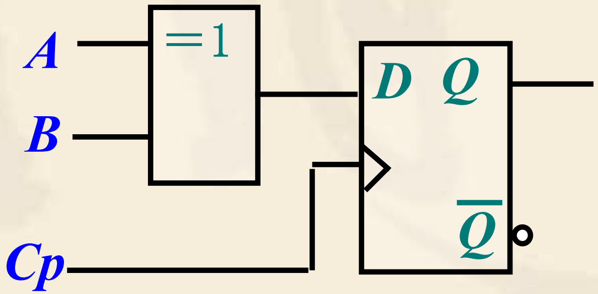
D触发器状态表

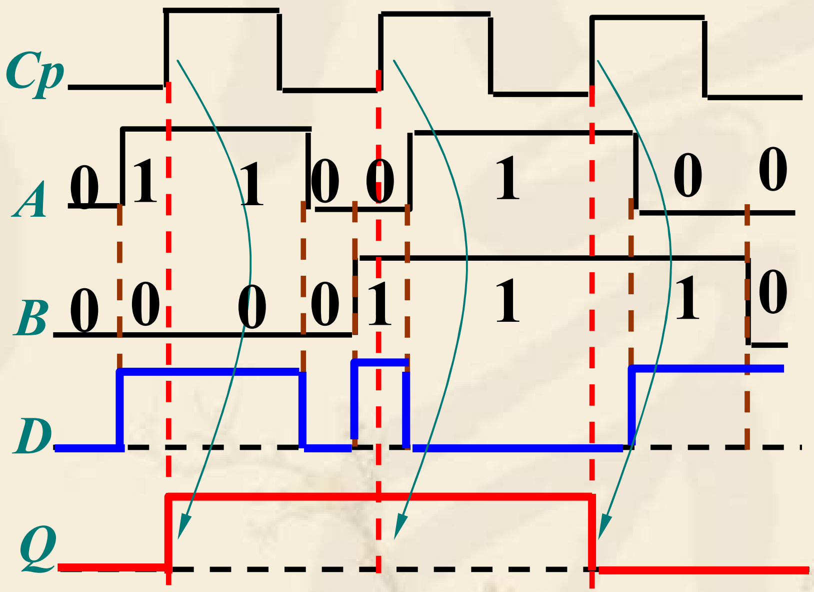
D	Q_{n+1}
0	0
1	1



逻辑符号

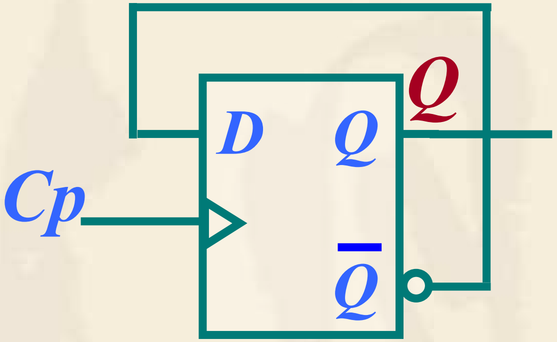
已知图示电路输入信号A、B和Cp波形，试画出在Cp作用下Q端的波形。设触发器的初态为“0”





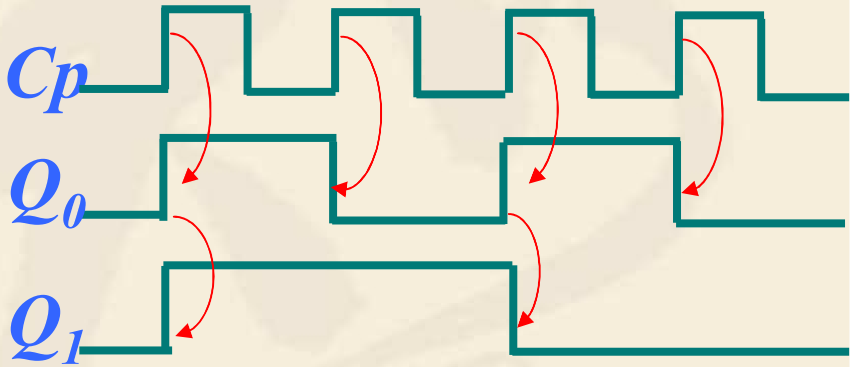
分频电路

1. 电路

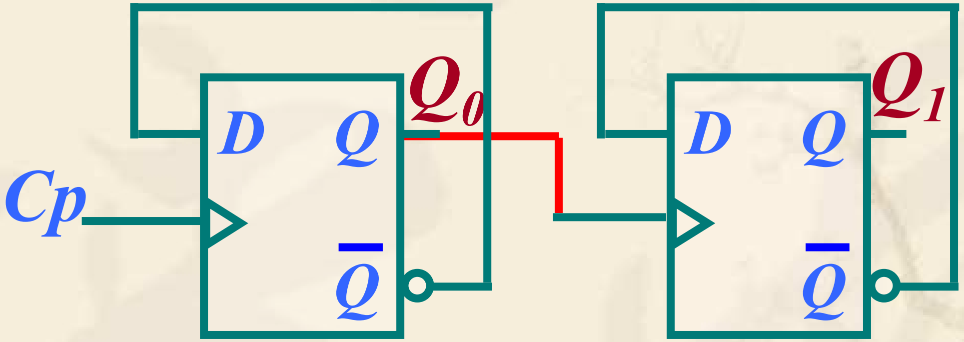


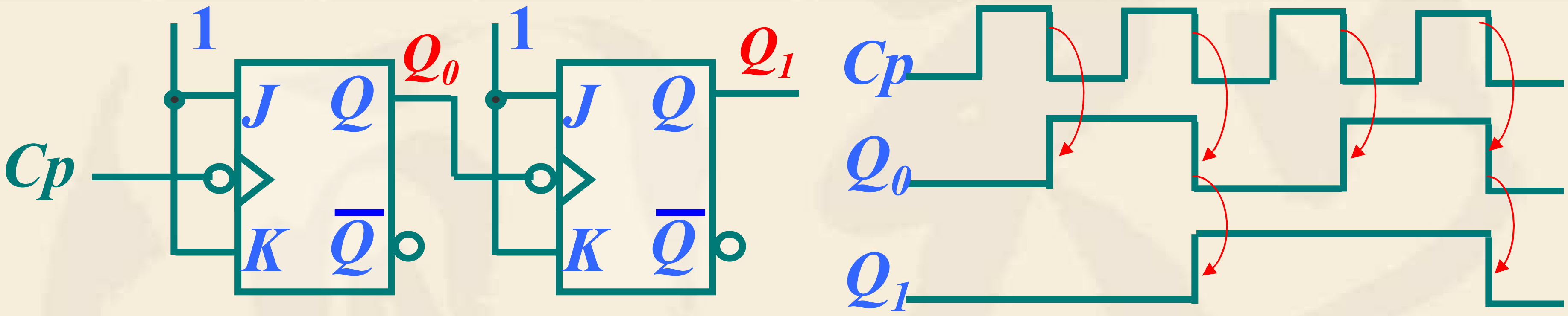
$$Q^{n+1} = D = \overline{Q^n}$$

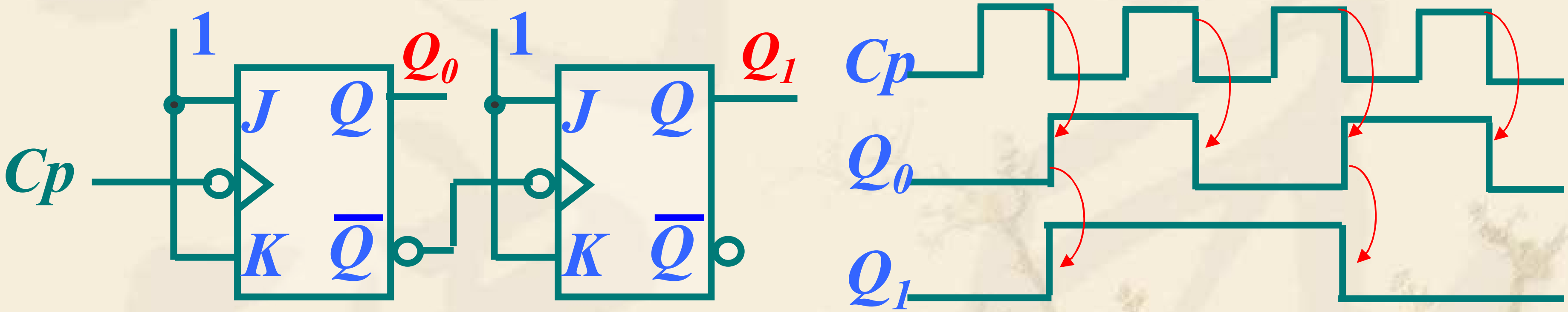
实现二分频

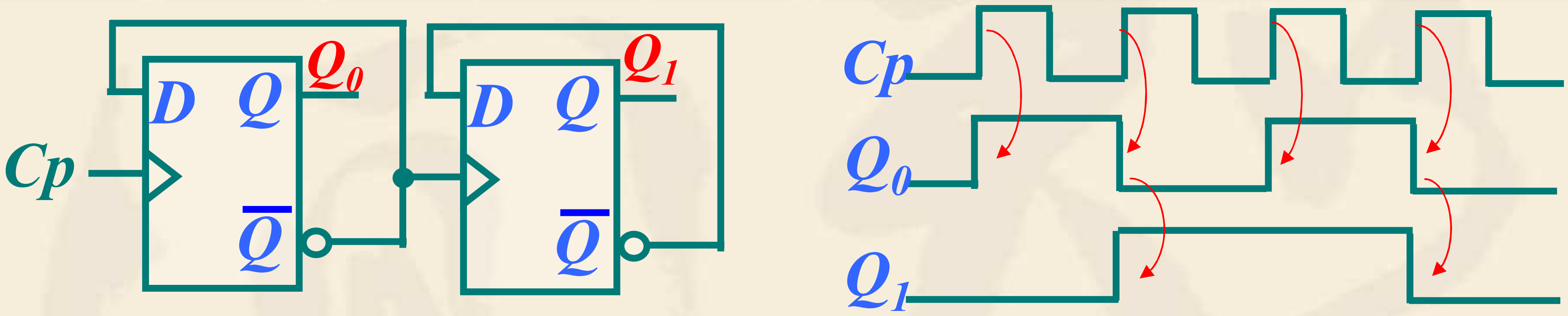


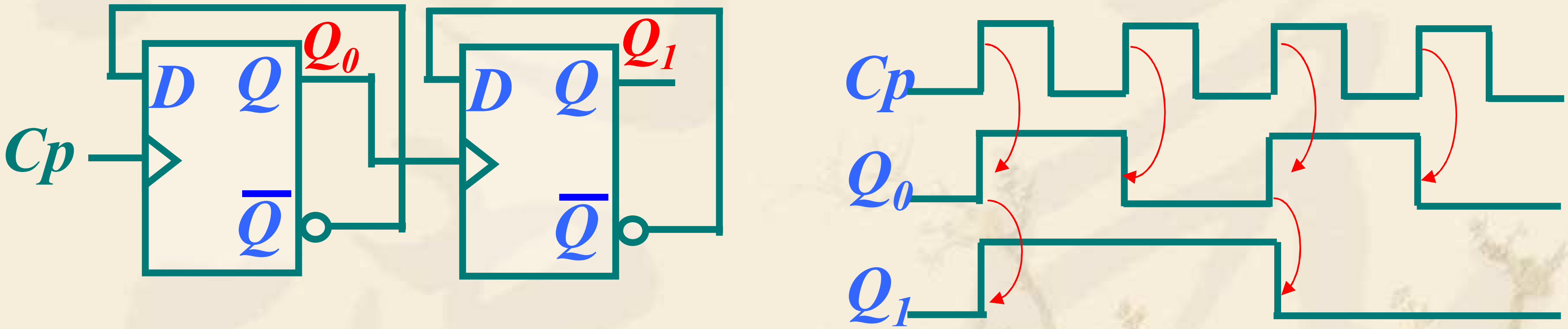
四分频



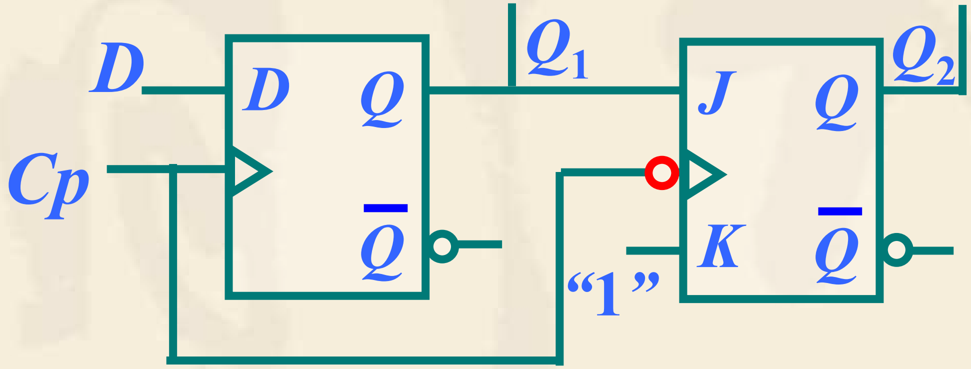

1
1
Q_0
Q_1
Cp
J
Q
K
$\overline{Q}$
J
Q
K
$\overline{Q}$
Cp
Q_0
Q_1

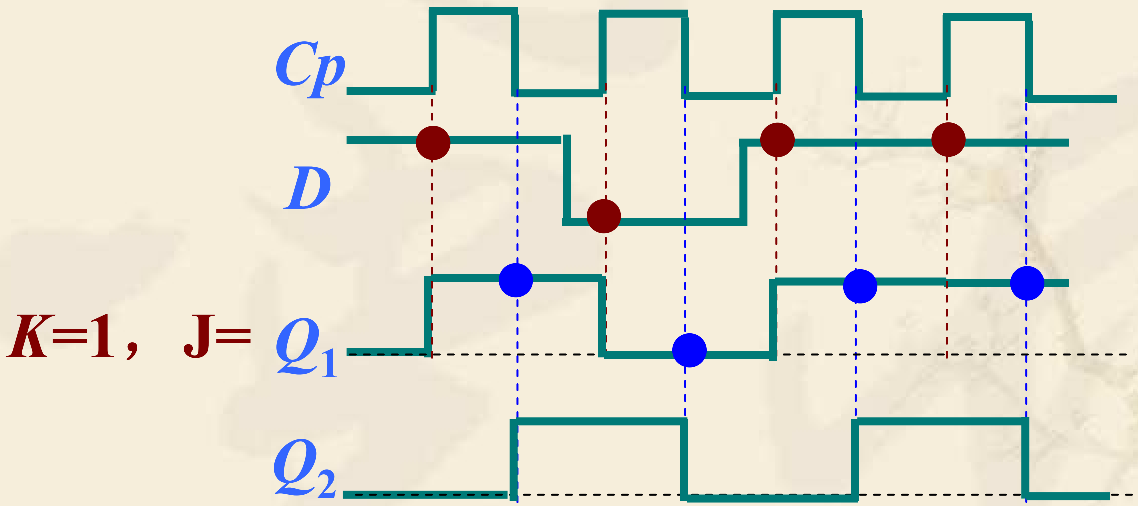

1
1
Q_0
Q_1
Cp
J
Q
K
$\overline{Q}$
J
Q
K
$\overline{Q}$
Cp
Q_0
Q_1


Cp
D
Q
Q_0
$\overline{Q}$
D
Q
Q_1
$\overline{Q}$
Cp
Q_0
Q_1


Cp
D
Q
Q_0
$\overline{Q}$
D
Q
Q_1
$\overline{Q}$
Cp
Q_0
Q_1

时序逻辑电路如图，画出Q_1和Q_2的波形（触发器初态为00）

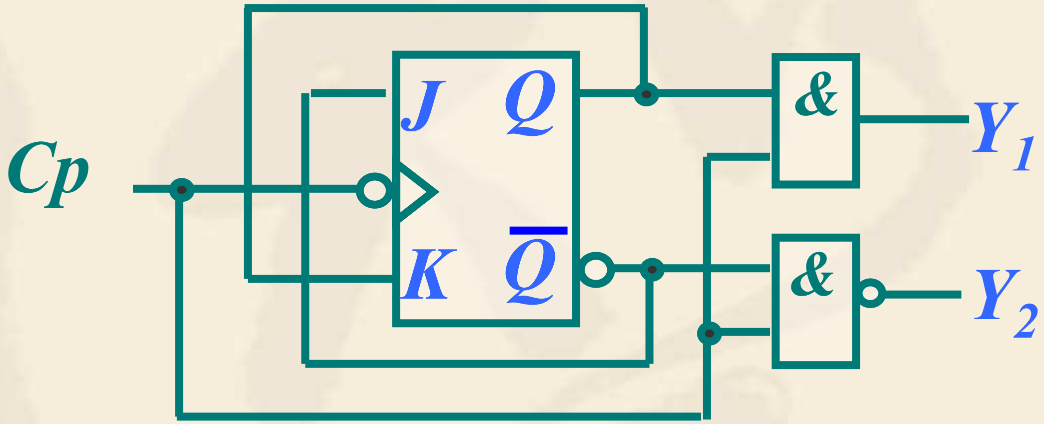


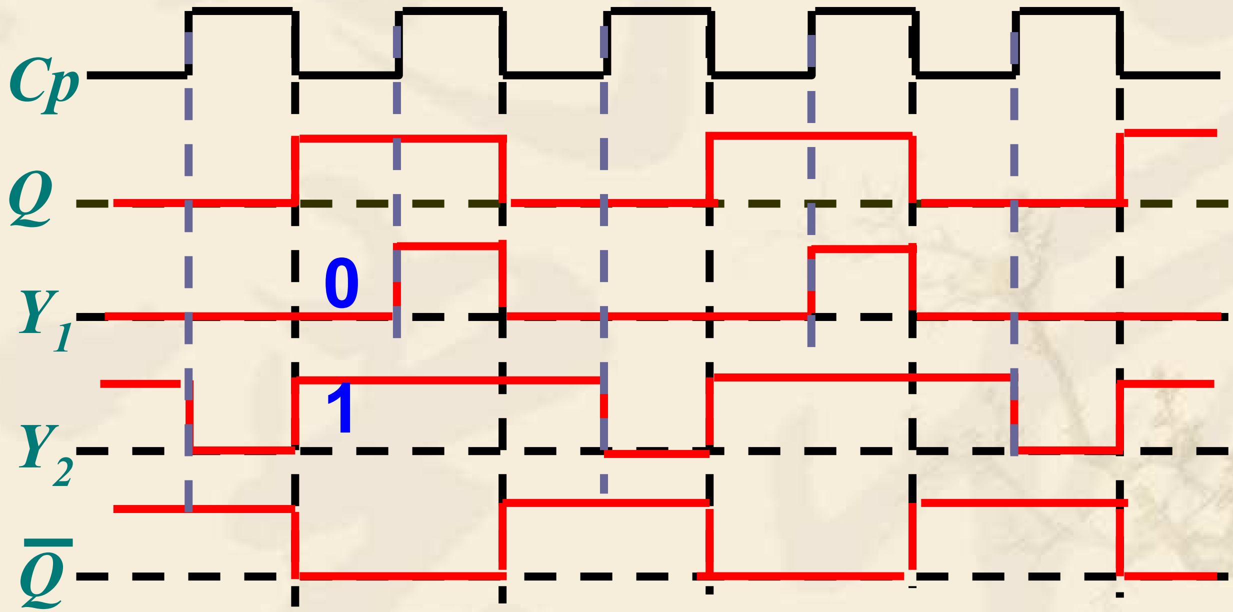


例8-10 触发器初始状态为零，画出$Y_1Y_2Y_3$的波形

第一个Cp脉冲作用后，输出

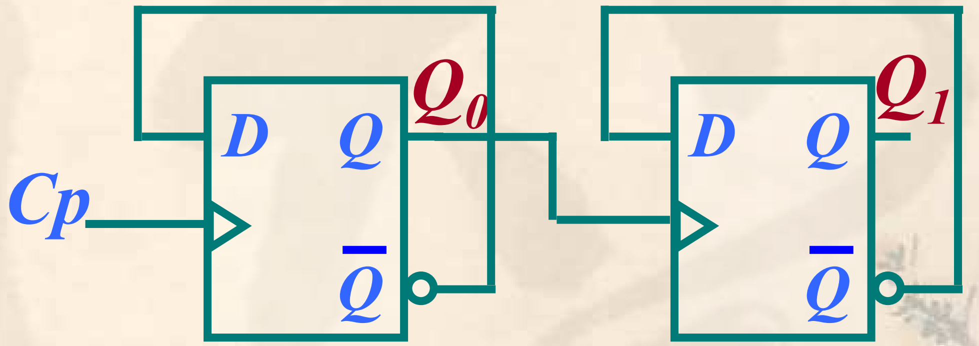
$Y_1Y_2=$ 01

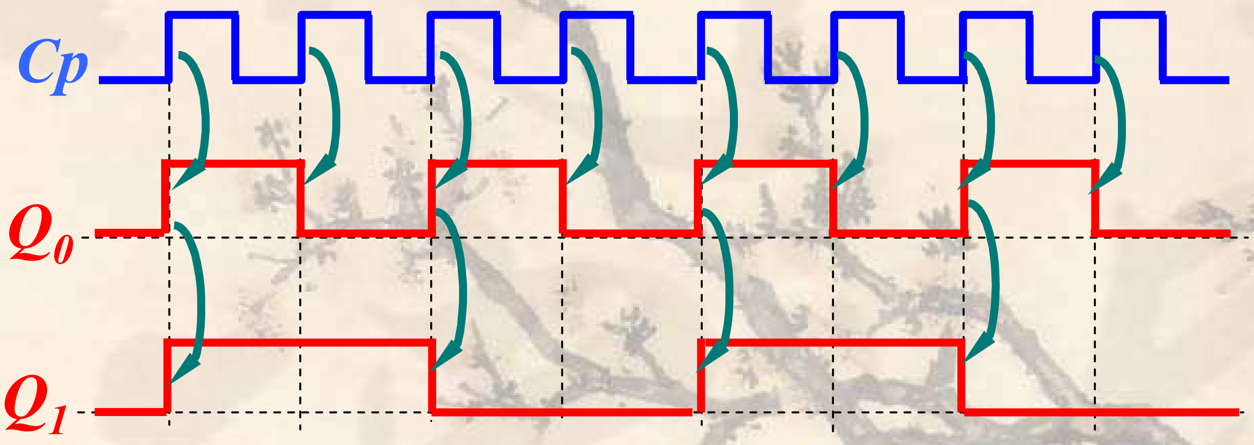




8－40 画出Q_0、Q_1波形（初态为0）

$$Q^{n+1}=D=\overline{Q}^{n}$$



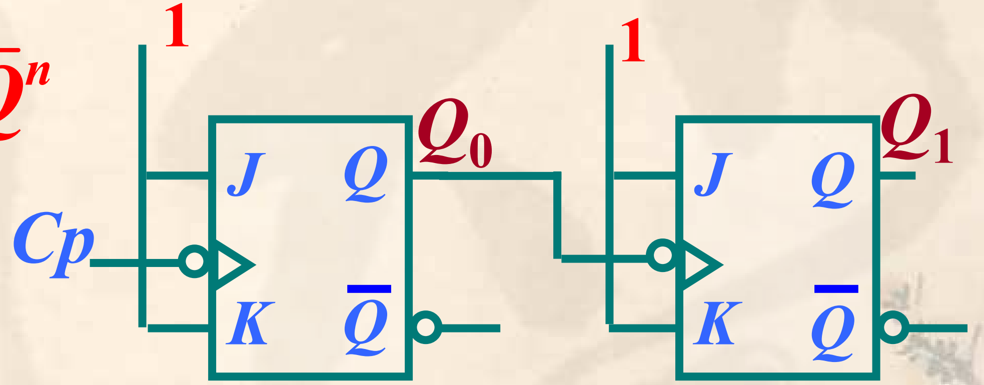


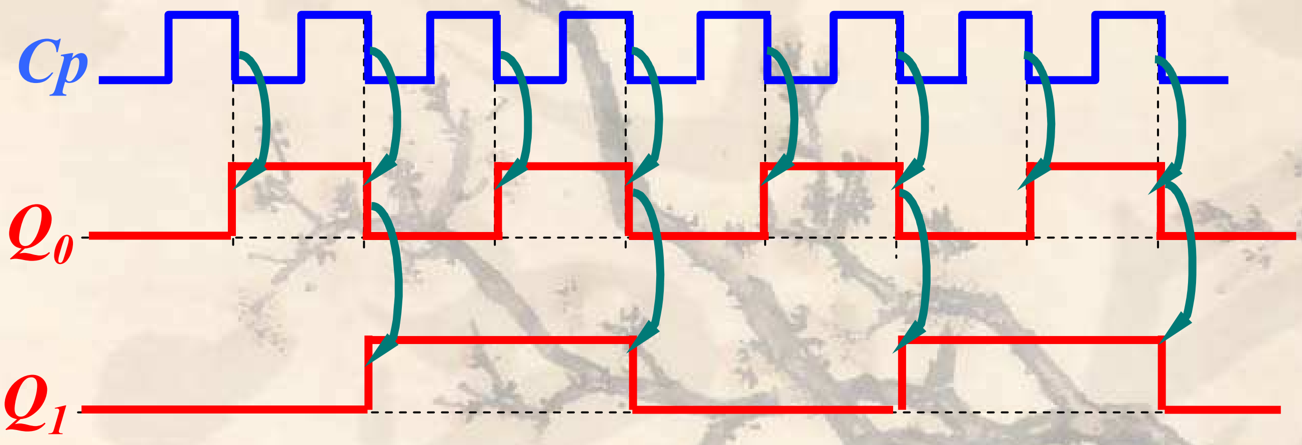
D触发器接成计数器形式，每级二分频，如Cp频率为2000，输出Q_1波形频率为100

教材模拟试卷（二）110

画出Q_0、Q_1波形（初态为0）

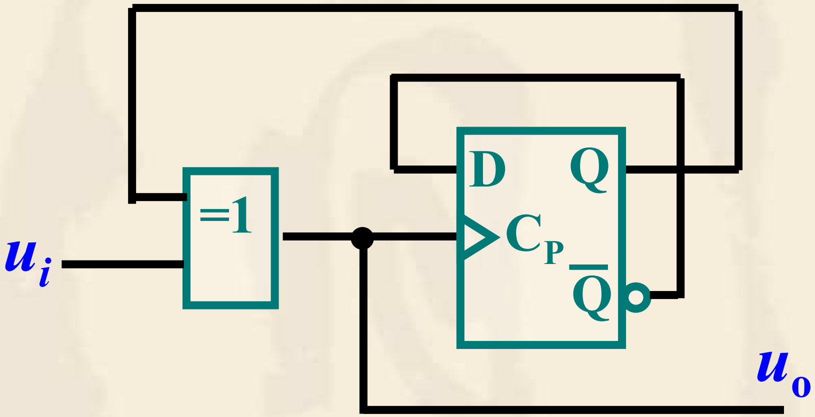
$$Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n = \overline{Q}^n$$

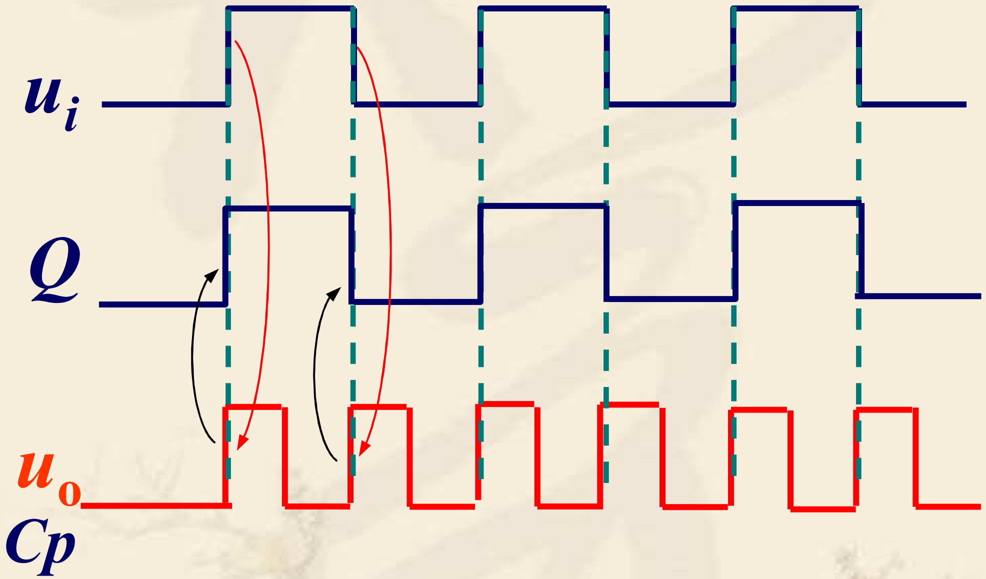




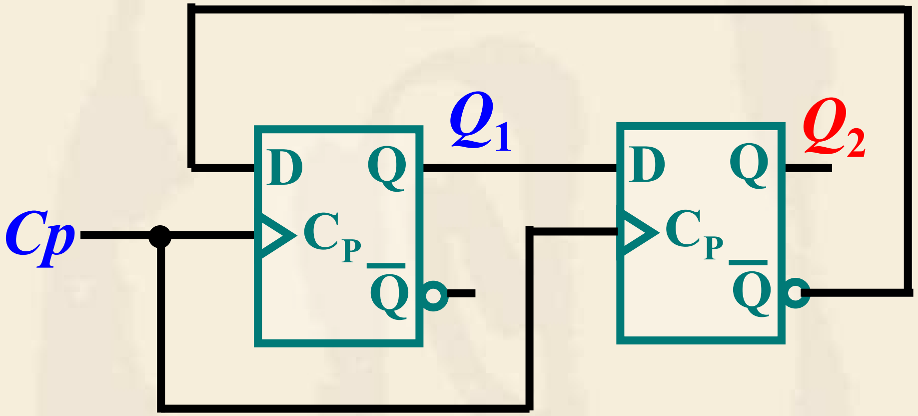
*JK*触发器接成计数器形式，每级二分频，如*Cp*频率为2000，输出Q_1波形频率为100

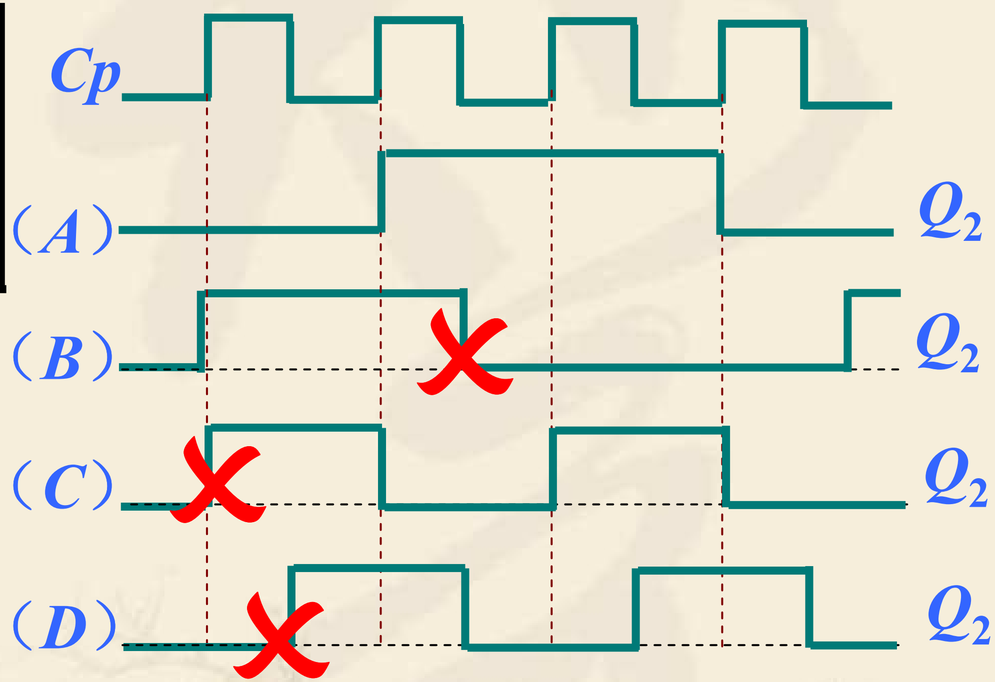
倍频电路





设Q_1Q_2的初态是00，Q_2的波形是（ A ）





状态转换表

Q_2^n	Q_1^n	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}
0	0	0	1
0	1	1	1
1	1	1	0
1	0	0	0

上跳沿翻转

接受的是有效时钟沿前瞬间信号

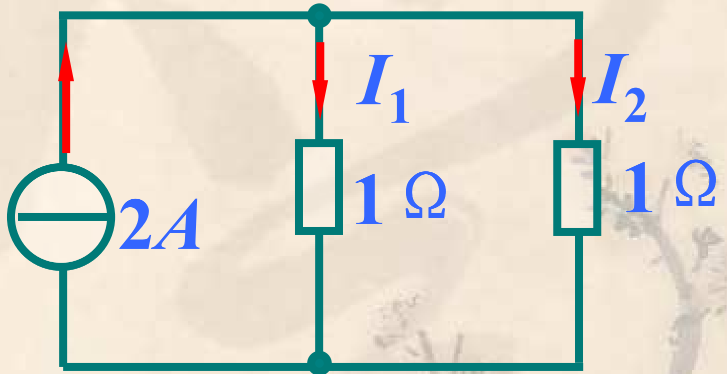
模拟试卷（三）

99 将题图99(a)图所示的电路改为题99(b)图的电路，其负载电流I_1和 I_2将

U_2

解： (a)图

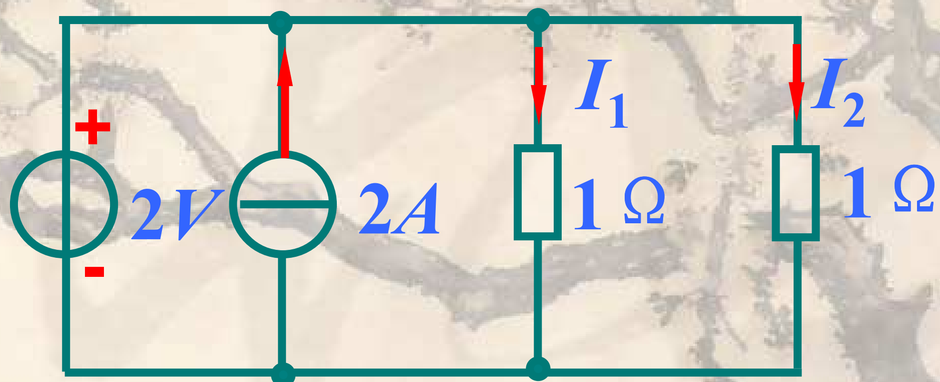
$I_1=I_2=2A/2=1A$



(a)

(b)图

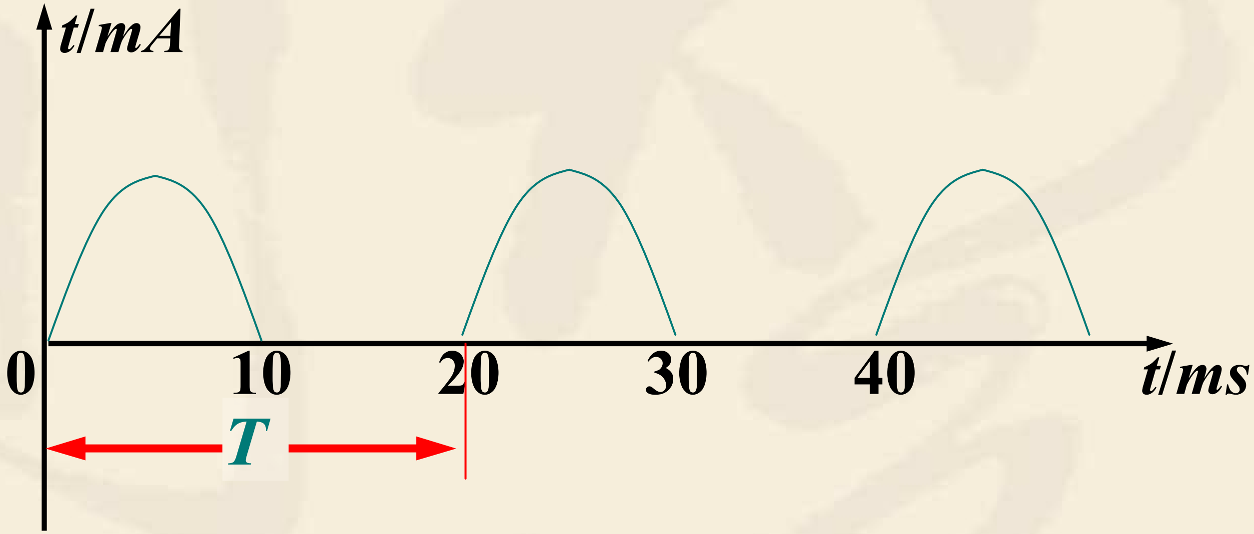
理想电压源与理想电流源并联， *等效电压源。*
理想电压源与理想电流源串联， *等效电流源。*



(b)

(b)图$I_1=I_2=2V/1\Omega=2A$

100 图中非正弦周期电流的频率为（ **0.05** ）kHz



$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20ms} = 50Hz$$

101 在*RLC*串联电路中，总电压 $u=100\sqrt{2}\sin(\omega t+\frac{\pi}{6})V$ 电流 $i=10\sqrt{2}\sin(\omega t+\frac{\pi}{6})A$ ，ω=1000*rad/s*，*L*=1*H*，则*R*、*C*分别为（　　　　）

电流与电压同相位，电路谐振，*I*=*U*/*R*

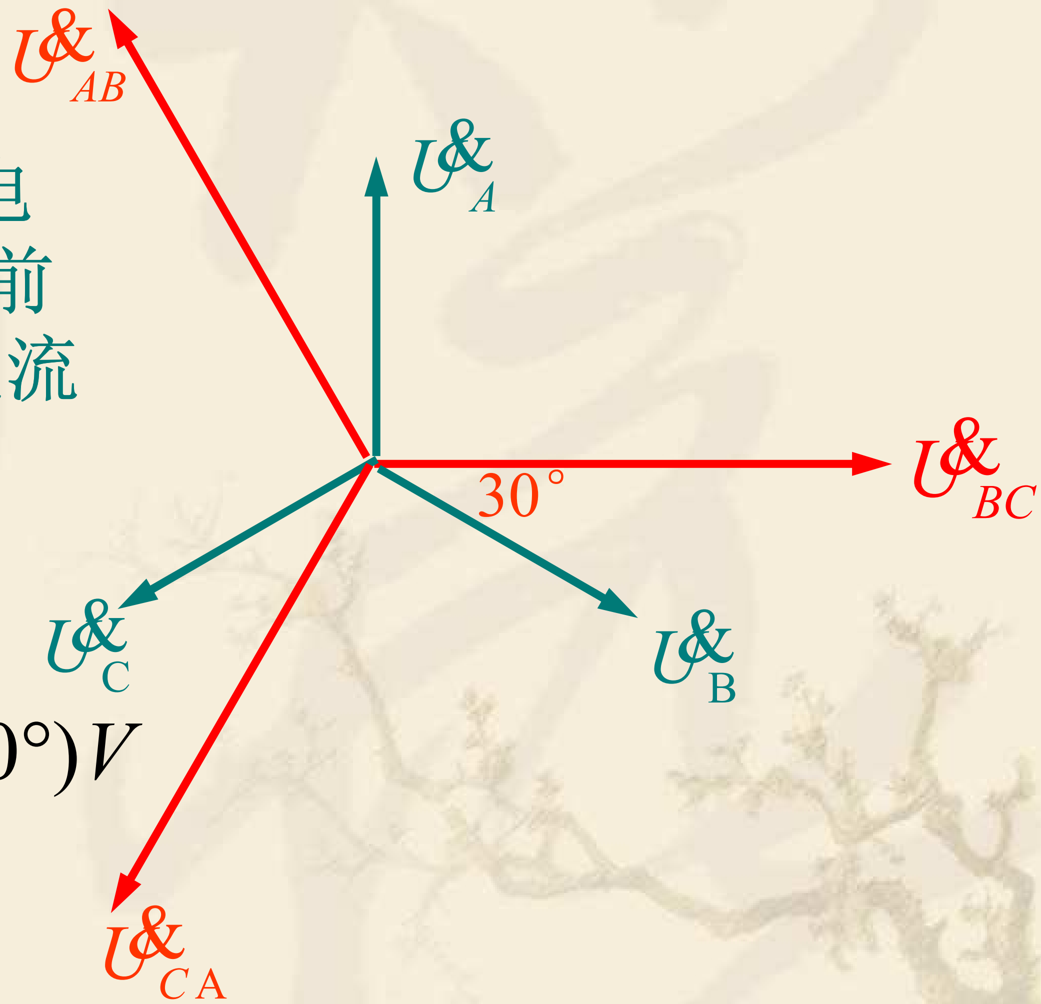
R=10Ω

$X_L = X_C = \omega L = 1000\Omega$

$$X_C=\frac{1}{\omega C} \qquad C=\frac{1}{\omega X_C}=\frac{1}{1000\times1000}=1\mu F$$

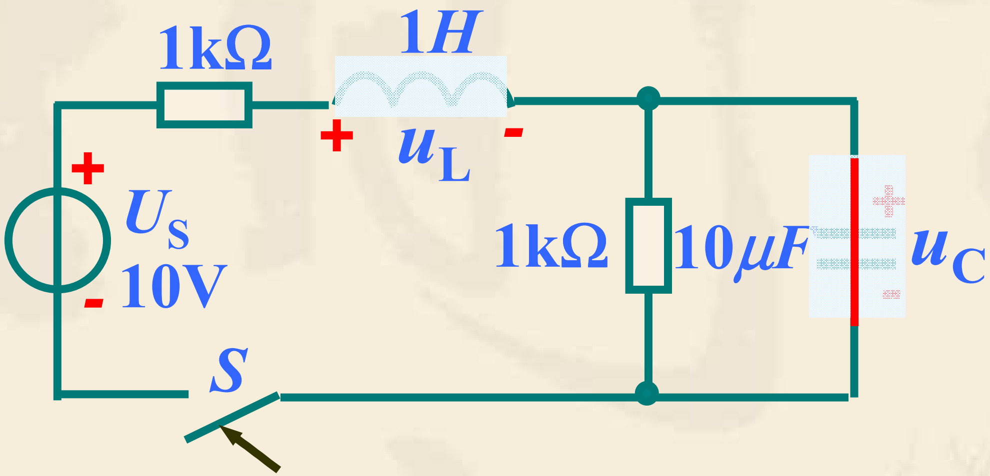
102 当三相交流发电机的三个绕组接成星形时，若线电压 $u_{BC}=380\sqrt{2}\sin\omega t\,V$，则相电压$u_C$=(　　　　)

Y形接法：线电压是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍，线电压超前对应的相电压30º，线电流等于相电流



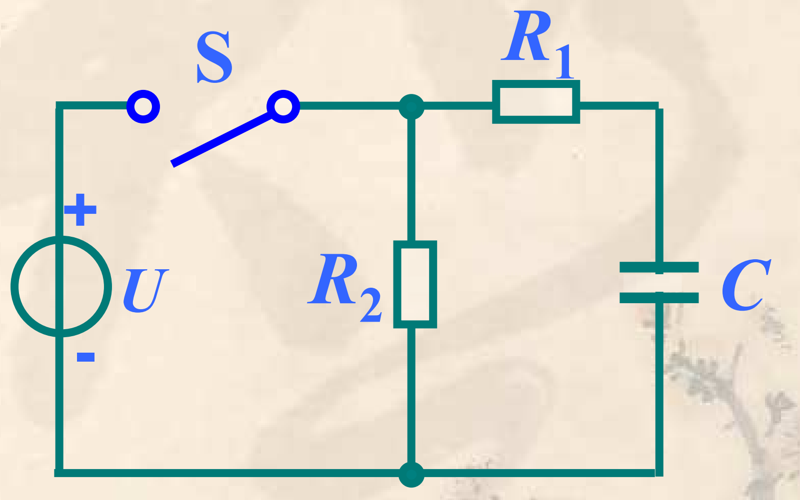
$$u_C=220\sqrt{2}\sin(\omega t-150°)V$$

103 题图电路，开关S在t=0瞬间闭合，若$u_c(0-)=0V$，则$u_L(0+)=(\qquad\qquad)V$



由换路定理：$u_c(0-)=u_c(0+)=0V$，开关闭合瞬间，电容视为短路。$i_L(0-)=i_L(0+)=0A$，电感视为开路路，$u_L(0+)=10V$。注意电感的电压是可以跳变的（同样，电容电流可跳变）

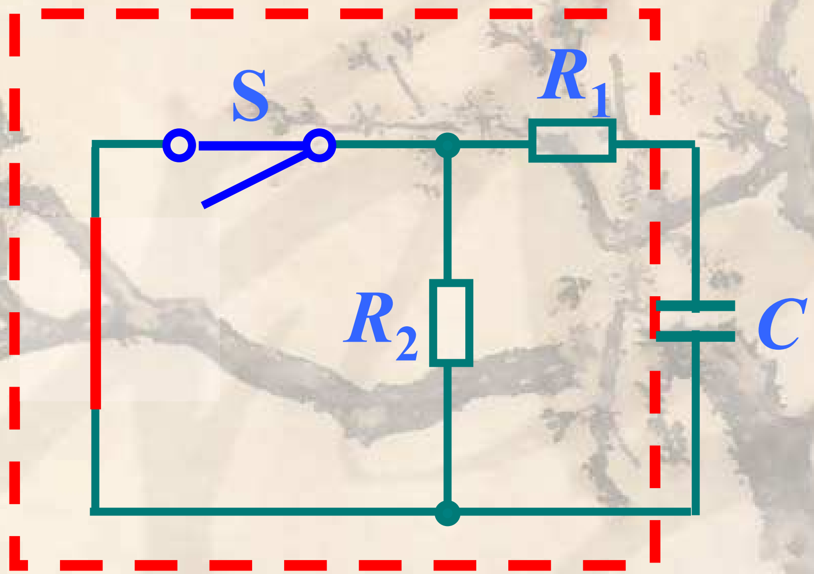
104 题图所示电路开关S闭合后的时常数τ值为（　　）



解：

与C两端连接的有源二端网络除源后的电阻

$$\tau = R_1 C$$



105 一个R_L=8Ω的负载，经理想变压器接到信号源上，信号源的内阻R_o=800Ω，变压器原绕组匝数N_1=1000，若要通过阻抗匹配使负载得到最大功率，则变压器副绕组的匝数N_2为（　　　　　）

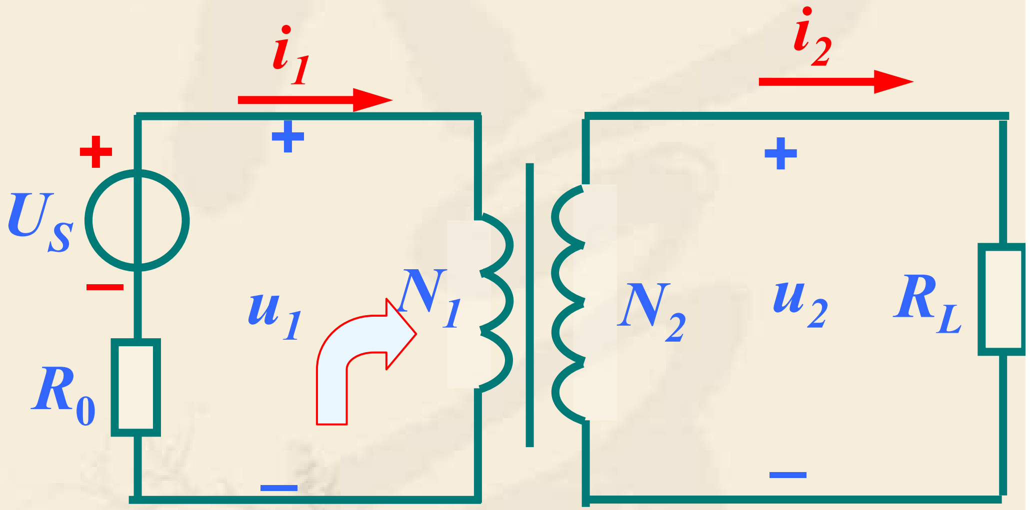
最大功率传输原理：负载与信号源内阻阻抗相等时可得到最大功率输出

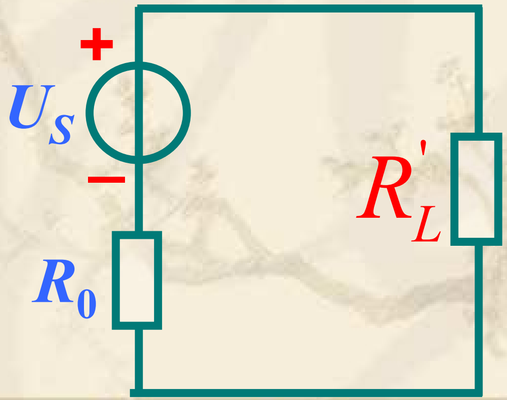
$$R_o = R_L'$$

阻抗变换公式

$$\frac{R_L'}{R_L} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$N_2 = 100$$



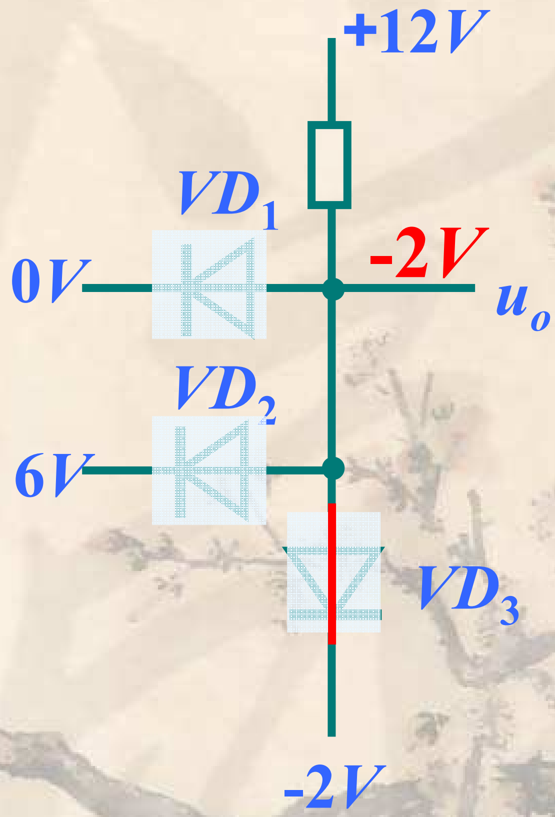


106 三相异步电动机的旋转方向决定于

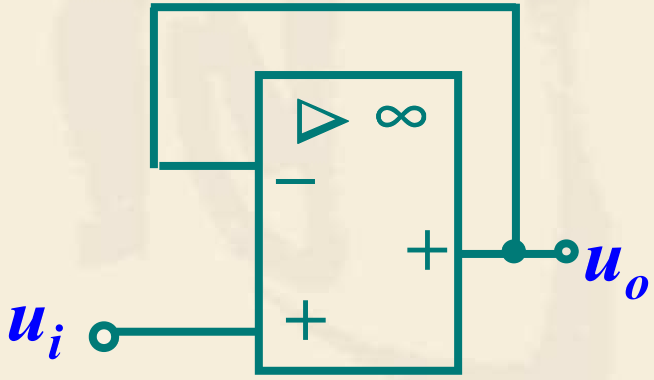
（　　定子电流的相序　）

107 电路如题图示，设二极管VD1、VD2、VD3的正向压降忽略不计，则输出电压u_o=(　　)V。

共阳极接法，阴极电位低的二极管通



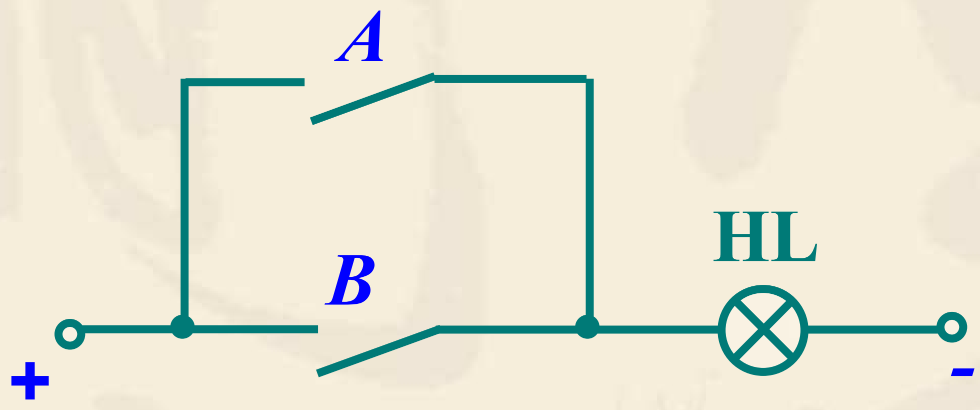
108 运算放大器如题图所示，输入电压u_i=2V，则输出电压u_o为（　　　）



跟随器电路

$$u_o = u_- = u_+ = u_i = 2V$$

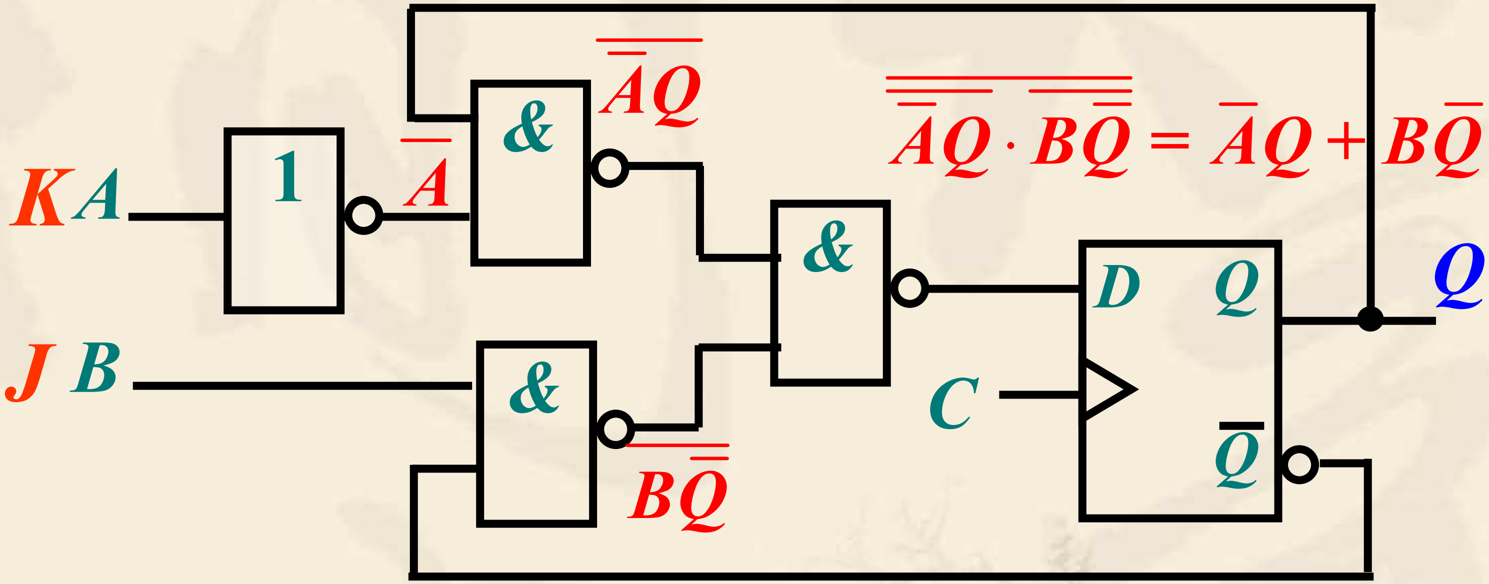
109 由开关组成的逻辑电路如题图所示，设开关接通为“1”，断开为“0”，电灯亮为“1”，电灯暗为“0”，则该电路（　或门　）



A或B接通（=1），电灯都亮（=1）

$F=A+B$

110 逻辑电路如题图所示，输入A、B，同他功能相同的是（JK触发器）



$$D = B\overline{Q} + \overline{A}Q \quad = J\overline{Q} + \overline{K}Q$$

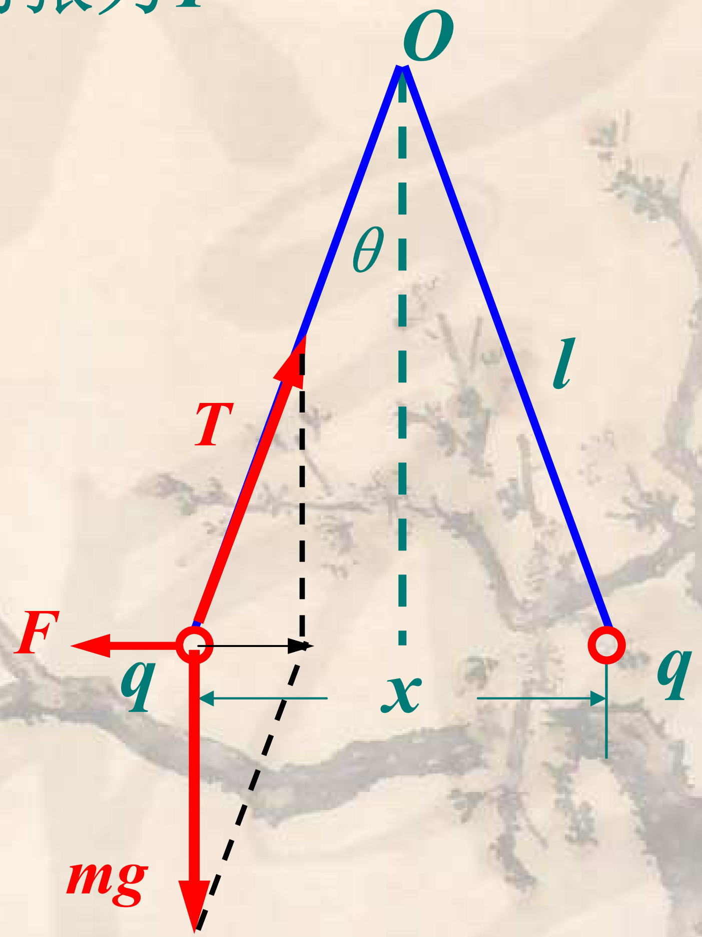
上升沿翻转

复习资料题

8－1 质量为**m**的两小球带等量 电荷q，现用长为**l**的细线悬挂与空中**O**点，当小球平衡时，测得它们之间的水平距离为x，求绳子的张力T

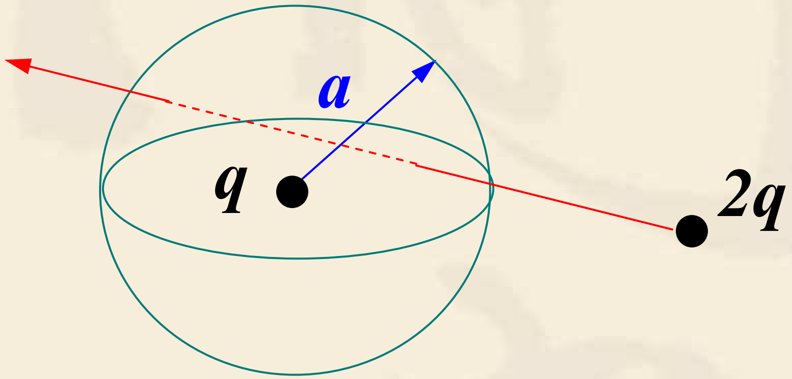
$$\frac{\frac{x}{2}}{l}=\frac{\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 x^2}}{T}$$

$$T=\frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 x^3}$$



8-2 设真空中点电荷$+q_1$和点电荷$+q_2$，且$q_2=2q_1$，以$+q_1$为中心，a为半径形成封闭球面，则通过该球面的电通量为:

(A) $3q_1/\varepsilon_0$ (B) $2q_1/\varepsilon_0$ (C) q_1/ε_0 (D) 0



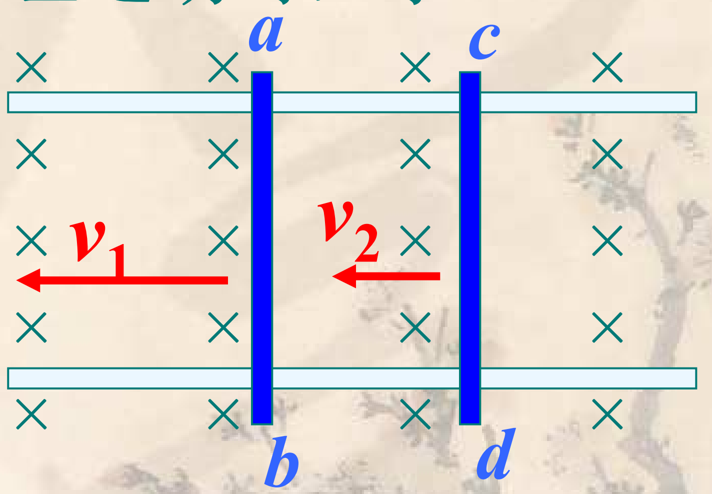
穿过球面的电通量仅与被球面包围的点电荷有关，且与半径r无关，与球外电荷也无关

$$\Phi_e = \oint\!\!\oint_S E\,dS = \iint_S \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} dS = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \oint\!\!\oint_S dS$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}(4\pi r^2) = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

07考题

8－3 金属导轨上放置ab和cd两根金属棒，各长1m，电阻*r*均为4Ω，均匀磁场B=2T，当*ab*以v_1=4m/s，cd以v_2=2m/s的速度向左运动时，求*a*、*b*两点间的电压U_{ab}。



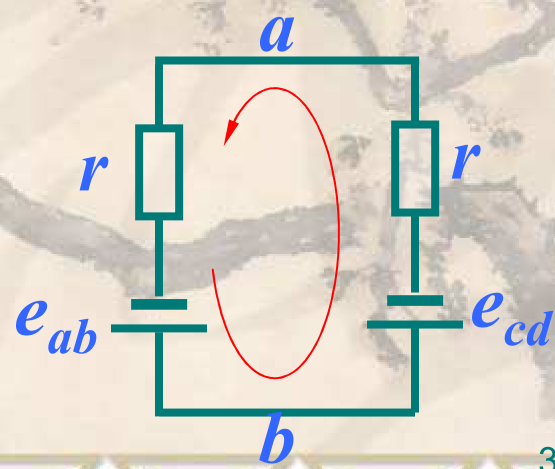
解:

$$e_{ab} = Blv_1 = 2\times1\times4 = 8V$$

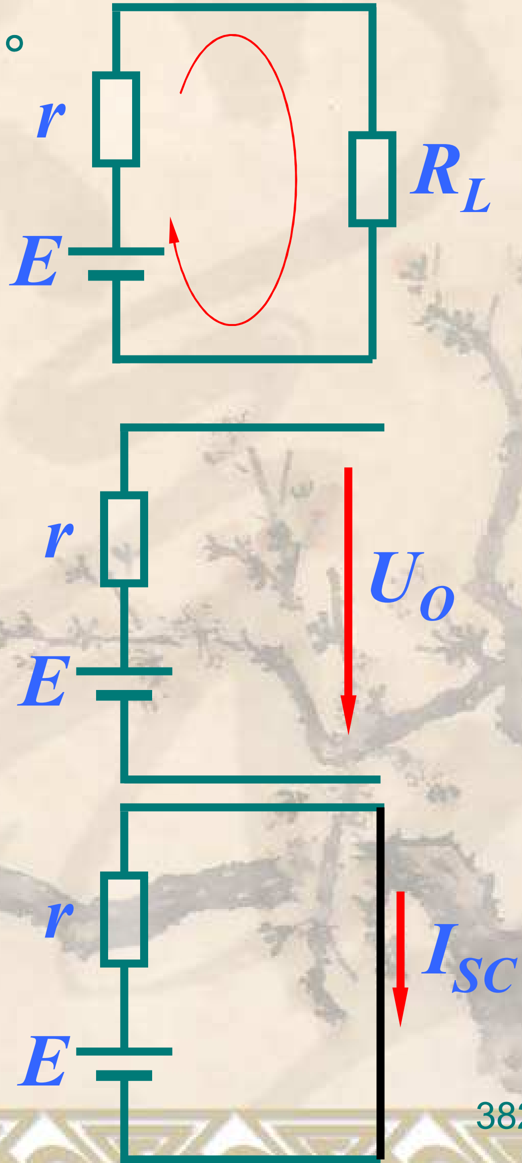
$$e_{cd} = Blv_2 = 2\times1\times2 = 4V$$

$$U_{ab} = \frac{e_{ab}-e_{cd}}{2r}\times r - e_{ab}$$

$$= \frac{8-4}{2\times4}\times4-8 = -6V$$



8－4 有一实际电源的开路电压为**30V**，短路电流为**10A**，如外接**12Ω**电阻，求输出电流。

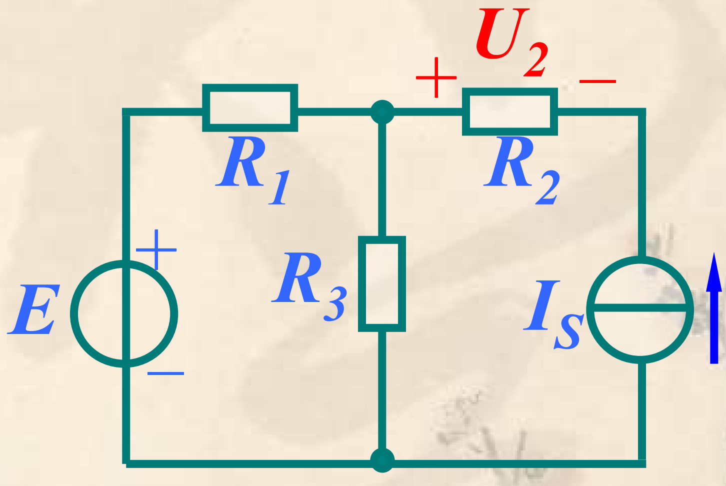


解： 开路电压$U_O=E=30V$。

$$r=\frac{U_O}{I_{SC}}=\frac{30}{10}=3\Omega$$

$$I=\frac{E}{r+R_L}=\frac{30}{3+12}=2A$$

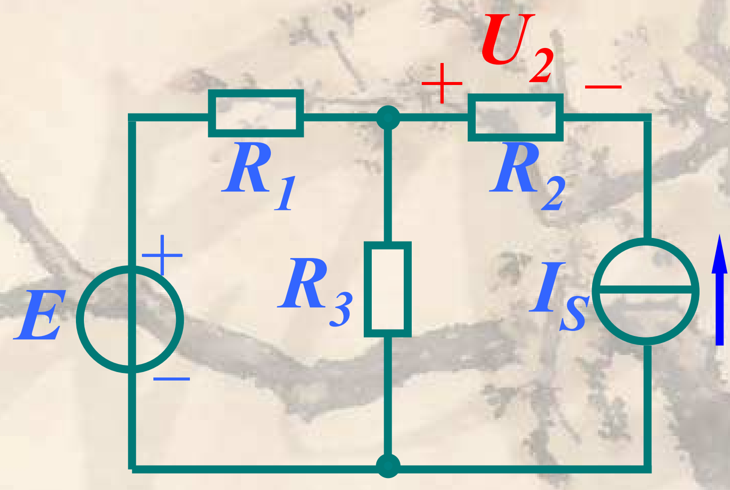
8－5 两电源共同作用时，U_2=5V，I_S单独作用时，U_2将______



解：*E*单独作用

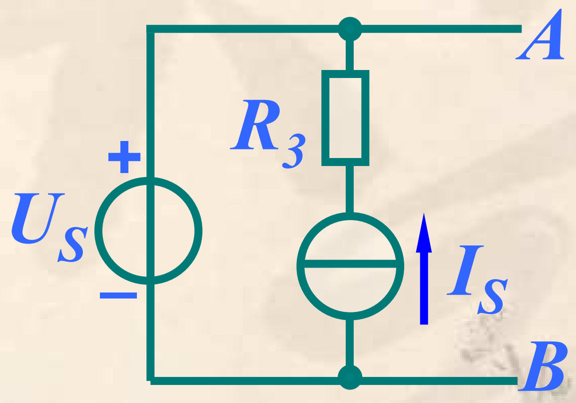
$$U_2 = 0$$

I_S单独作用，U_2不变

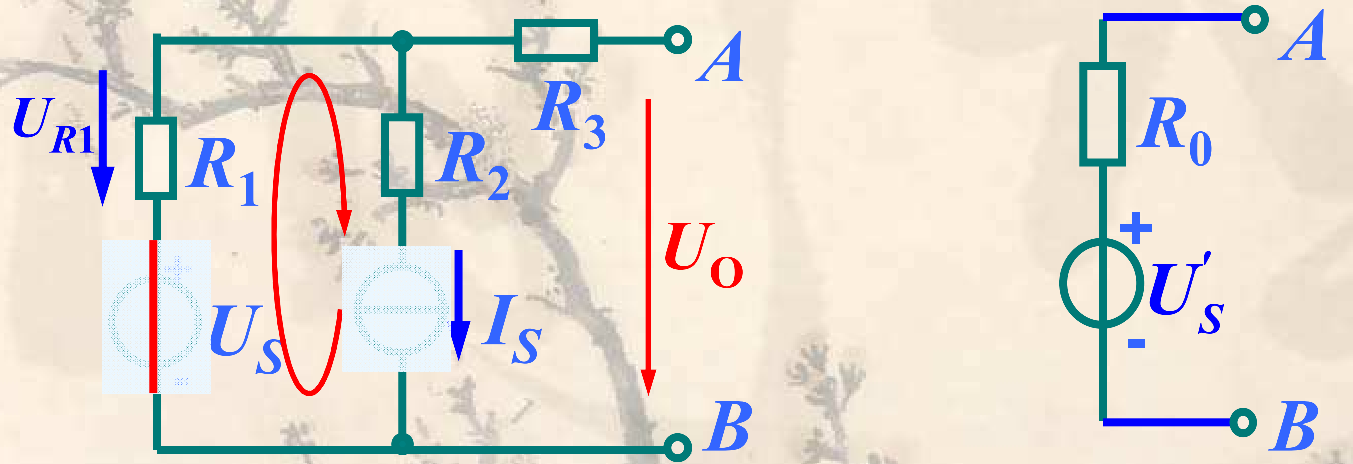


A、B两点看进去的电路是：

解： *理想电压源* U_S



8—6 如图所示两电路等效，则计算U_S和R_0的正确公式是（ C ）



A）$U_S' = U_S + I_S R_1 \quad R_0 = R_1 // R_2 + R_3$ ✗

B）$U_S' = U_S - I_S R_1 \quad R_0 = R_1 // R_2 + R_3$ ✗

C）$U_S' = U_S - I_S R_1 \quad R_0 = R_1 + R_3$ ✓

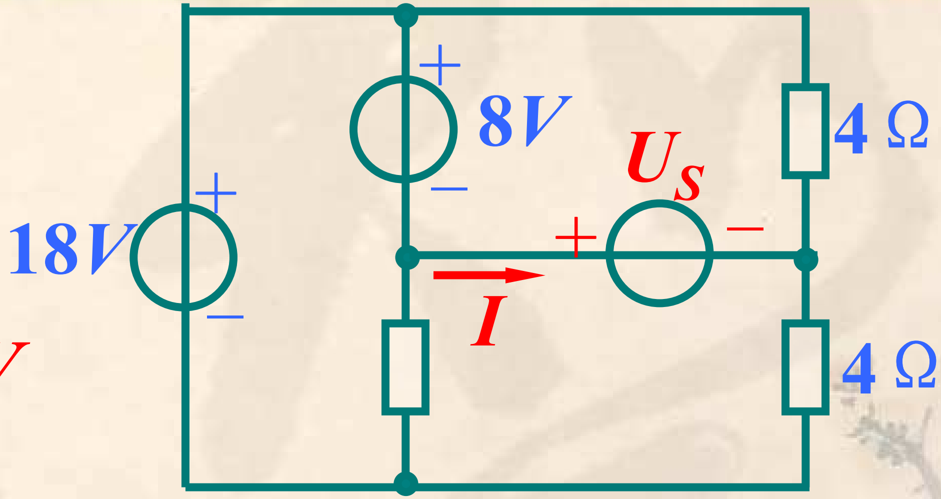
D）$U_S' = U_S + I_S R_1 \quad R_0 = R_1 + R_3$ ✗

$U_o = U_{R1} + U_S$

$U_{R1} = - I_S R_1$

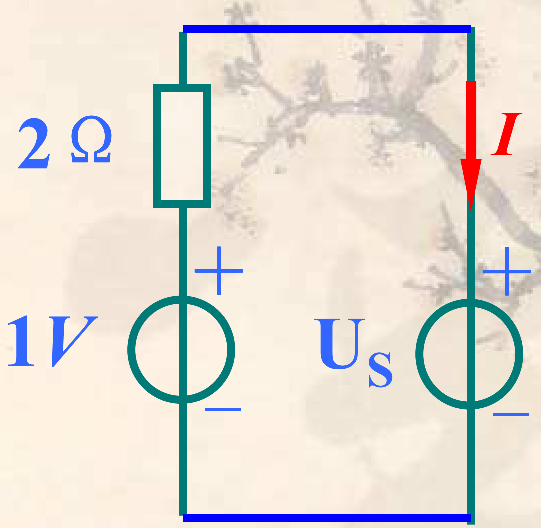
07考题

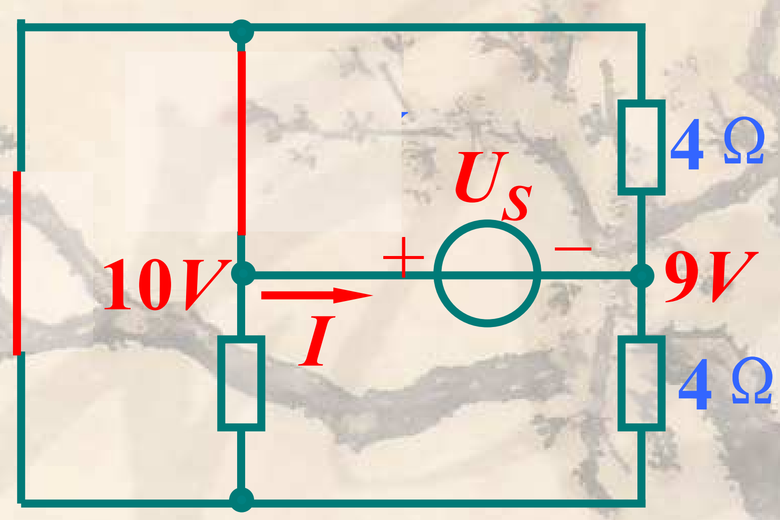
8－6 已知I=1A，求U_S



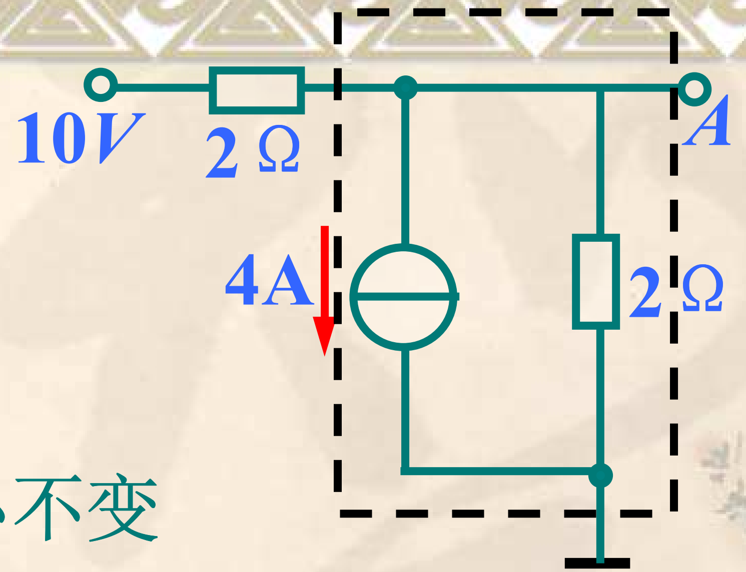
解： 戴维南定理

$$\frac{1-U_S}{2}=1 \qquad U_S=-1V$$





8－6 求A点电位

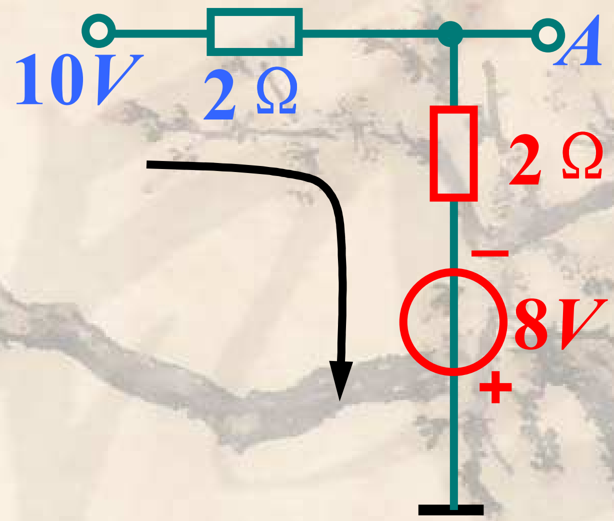


解：电源等效变换

内阻并联改串连，大小不变

$U_S = I_S \times R_S$

注意电源变换的方向!

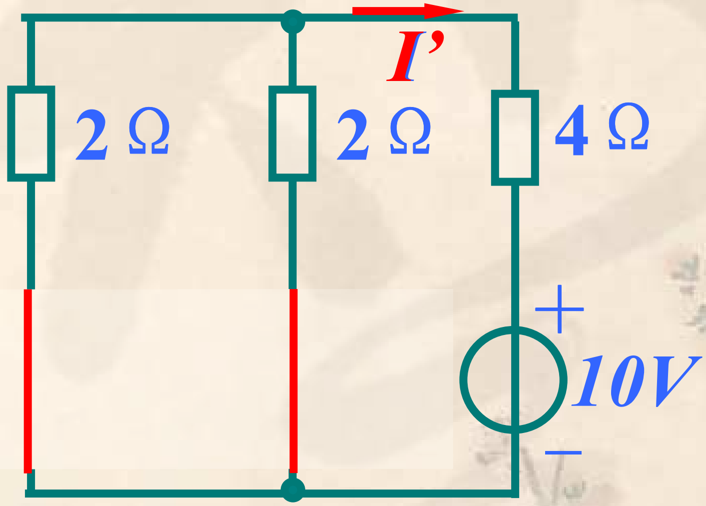


$$I = \frac{10-(-8)}{2+2} = 4.5A$$

$$V_A = 2 \times I + (-8) = 1V$$

8－7 未接10V电压源时，I=5A，求接入后的I大小S

解：叠加原理



10V电压源单独作用

$$I' = -\frac{10}{4+1} = -2A$$

$$I = 5 + I' = 3A$$

8－8 电源电动势$e(t)$=220cos(314t+45°),求其有效值相量。

解：$$e(t) = 220\cos(314t + 45°)$$

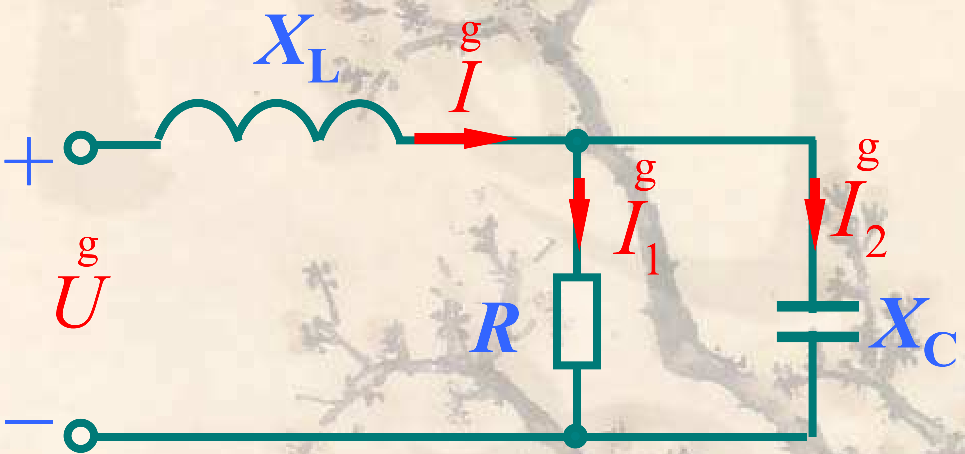
$$= 220\sin(314t + 90° + 45°)$$

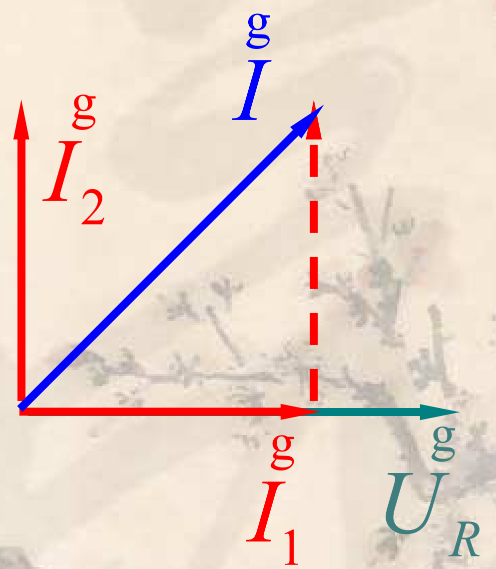
$$\dot{E} = \frac{220}{\sqrt{2}}\angle 135° = 110\sqrt{2}\angle 135° V$$

8－9 已知$I_1=I_2=1A$，求总电流I

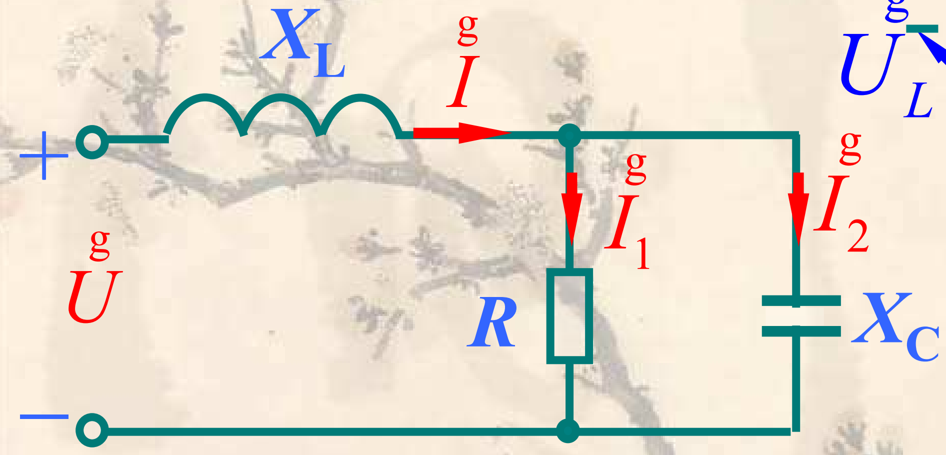
解:

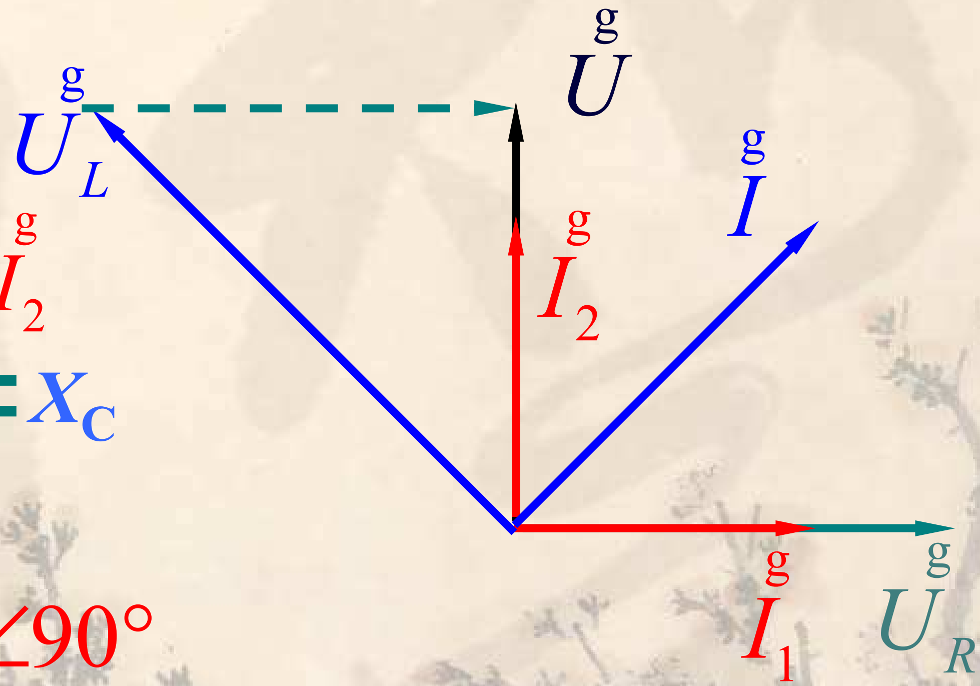
$$I=\sqrt{2}A$$





8－10　已知$I_1=I_2=1A$，$X_L=R=10\,\Omega$，以$\dot{I}_1$为参考相量，求电压U





解：$\dot{I}_1=1\angle 0°,\ \dot{I}_2=1\angle 90°$

$$\dot{I}=\sqrt{2}\angle 45° \qquad \dot{U}_L=jX_L\dot{I}=10\sqrt{2}\angle 135°$$

$$\dot{U}_R=\dot{I}_1R=10\angle 0°$$

$$\dot{U}=\dot{U}_L+\dot{U}_R=10\sqrt{2}\left(-\frac{\sqrt{2}}{2}+j\frac{\sqrt{2}}{2}\right)+10=j10=10\angle 90°$$

8－11 对正弦稳态交流电路，以下说法正确的是（　）

A）当元件R、L、C串联时，端口总电压有效值一定大于每个元件电压的有效值。

B）当元件R、L、C并联时，L和C支路电流实际反向。

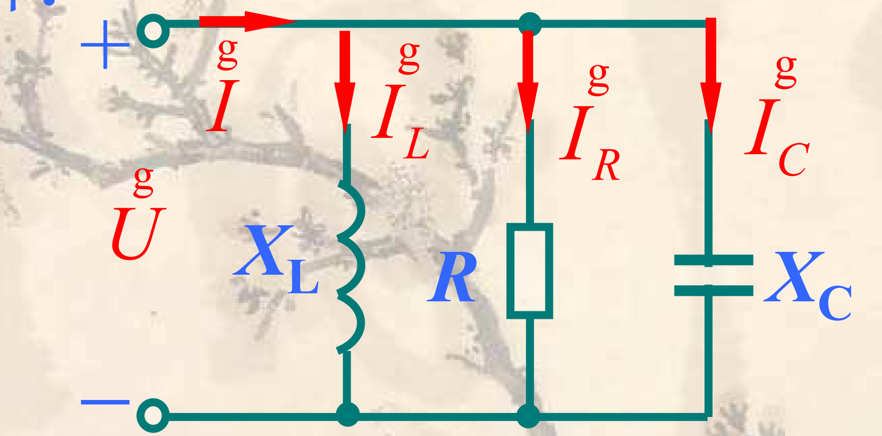
C）对电感性电路，当电源频率增大时，|Z|将减小。

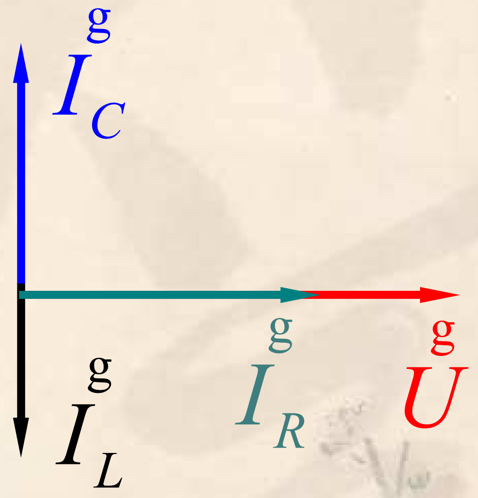
D）当元件R、L、C串联谐振时，电路电流达到最小。

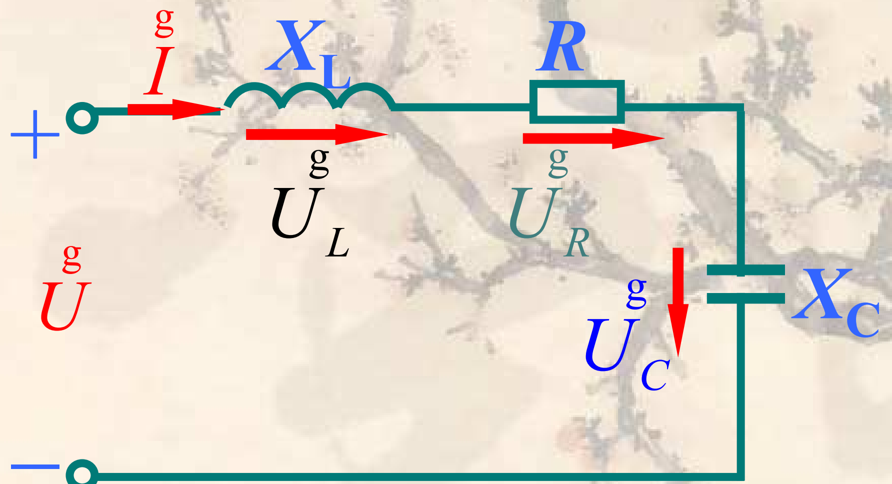
$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad I = \frac{U}{|Z|}$$

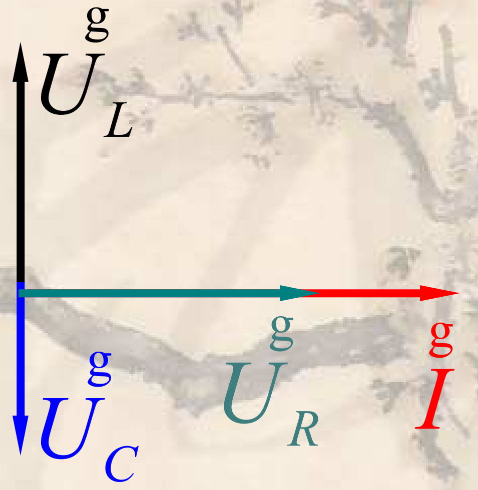
8－11

解：

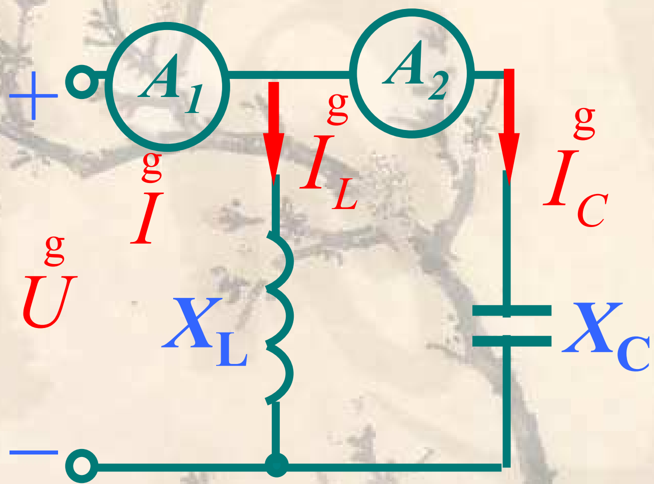




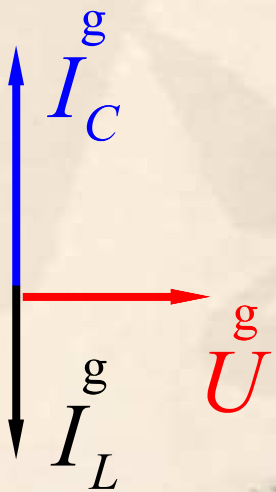




8－12 已知电流表A_1和A_2的读数分别为5A和3A，求通过电感的电流I_L

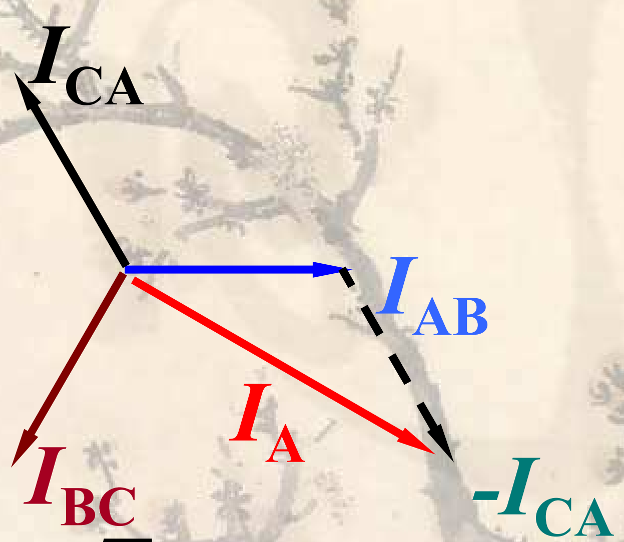


解：

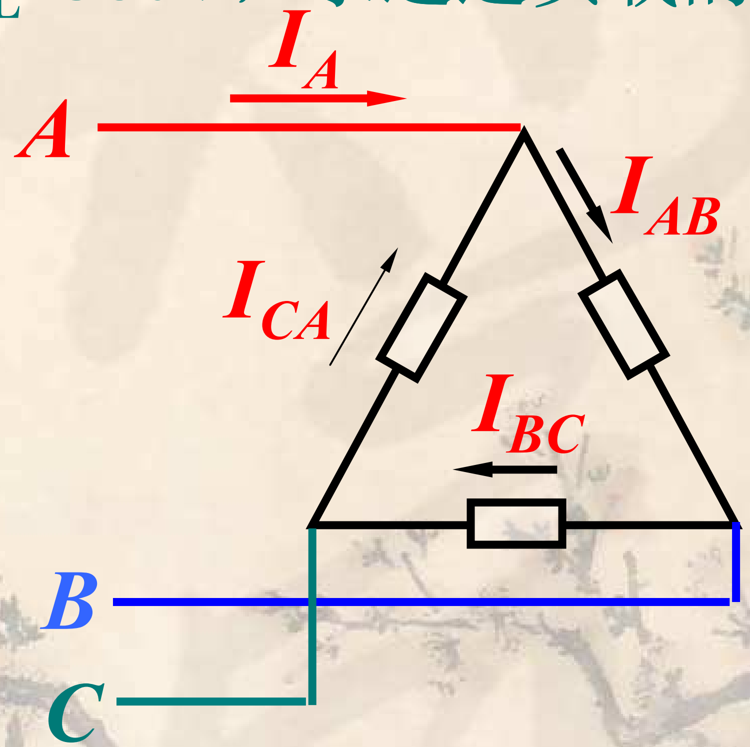


$I=I_L-I_C$，$I_L=5+3=8A$

8−13 对称三相负载接成△，功率为**2.4kW**，功率因数为**0.6**，已知电源线电压**U_L=380V**，求通过负载的电流I_L



解:

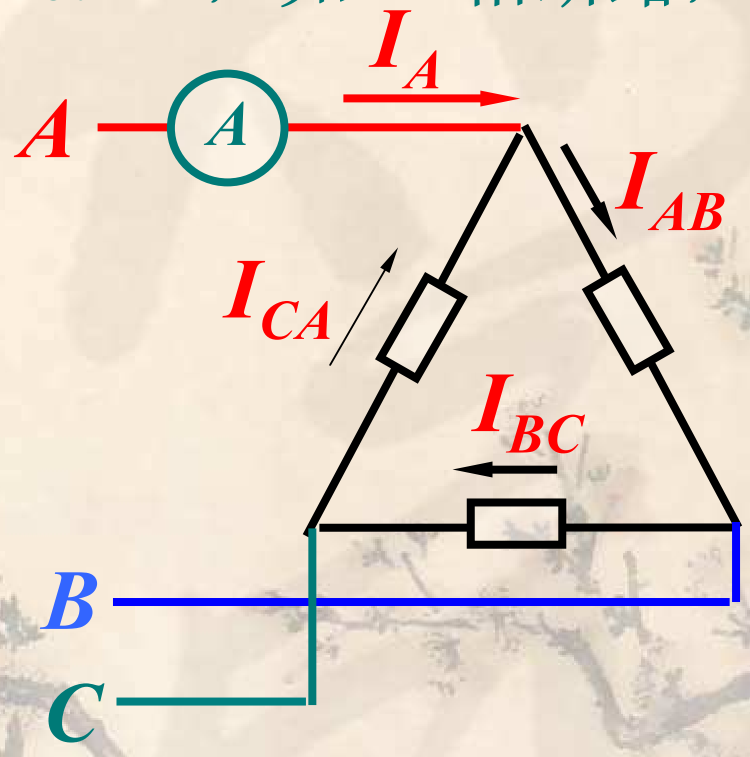


$$P=\sqrt{3}U_l I_l \cos\varphi$$

$$I_l=\frac{P}{\sqrt{3}U_l\cos\varphi}=\frac{2400}{\sqrt{3}\times380\times0.6}=6.08A$$

$$I_p=\frac{1}{\sqrt{3}}I_l=3.51A$$

8－14 对称三相负载接成△，已知电源线电压U_L=220V，每相阻抗Z=15+j16.1Ω，如AB相断路，求电流表读数



解：

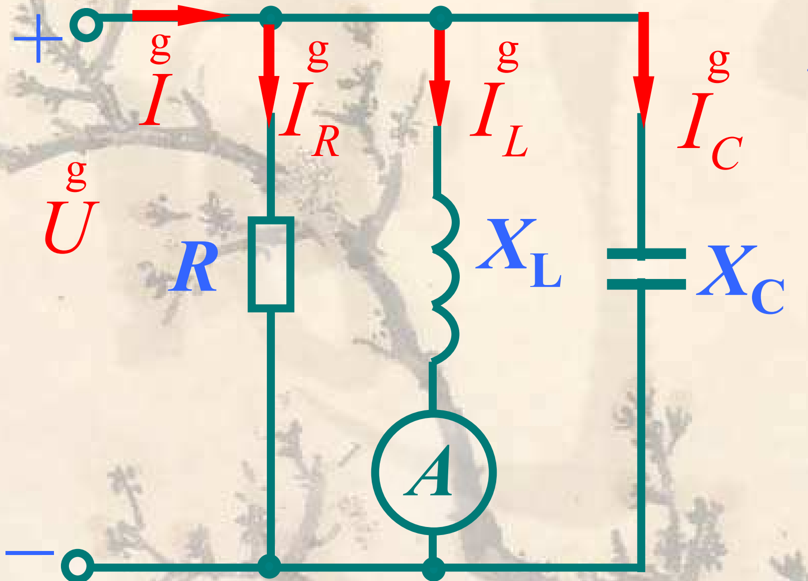
Z_{AC}承受线电压

$$|Z| = \sqrt{15^2 + 16.1^2}$$

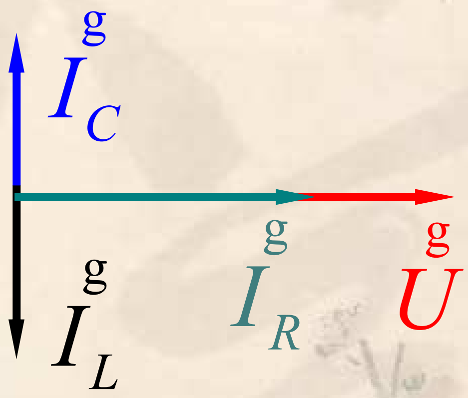
$$= \sqrt{484}$$

$$I_A = \frac{U_l}{|Z|} = \frac{220}{22} = 10A$$

8－15　已知R=1kΩ，C=2μ*F*，电路对f=500Hz的信号发生谐振，谐振时端口电流为0.1A，求电流表读数。



解：



$I=I_R=0.1A$

$U=I_R\times R=100V$

谐振时$X_L=X_C$

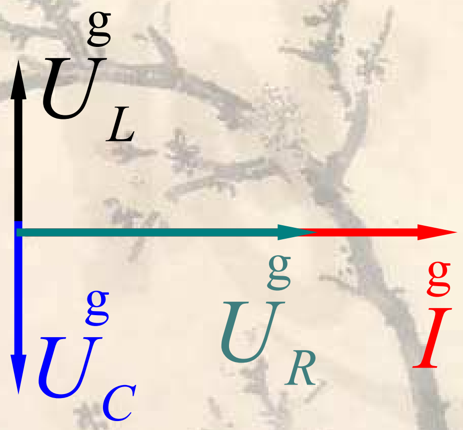
$$X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{2\pi fC}$$

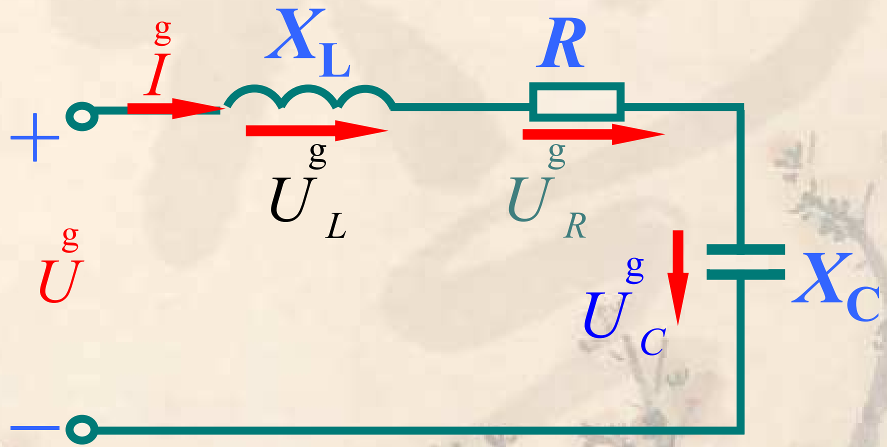
$$I_L=\frac{U}{X_L}=U\times 2\pi fC$$

$$=100\times 2\pi\times 500\times 2\times 10^{-6}=0.63V$$

8－16 RLC串连电路中，电容C可调，已知电源频率*f*=1000Hz，*L*=5.07mH，*R*=50Ω，调电容使电流最大，求此时电容

解：

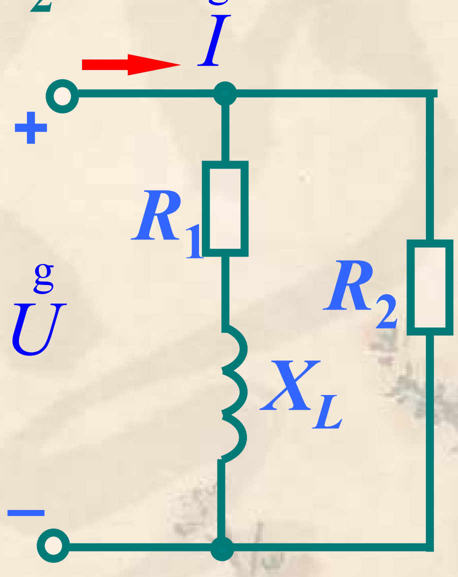




$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$C = \frac{1}{(2\pi f)^2 L} = 5\mu F$$

电路如图，已知U=220V，R_1=10Ω，R_2=20Ω，X_L=10√3 Ω，求该电路的功率因数

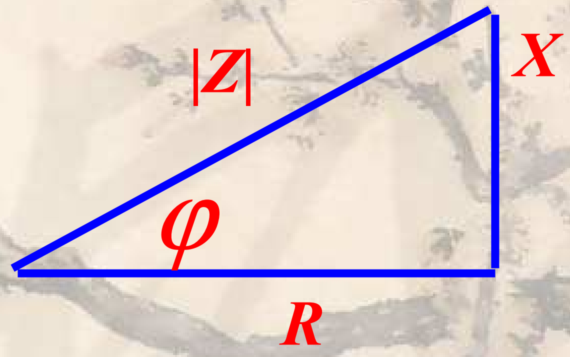


解：

$$Z=\frac{(R_1+jX_L)\cdot R_2}{R_1+jX_L+R_2}$$

$$=\frac{200+j200\sqrt{3}}{30+j10\sqrt{3}}$$

$$=\frac{400\angle 60^\circ}{20\sqrt{3}\angle 30^\circ}=\frac{20}{\sqrt{3}}\angle 30^\circ$$



$$\cos\varphi=\cos 30^\circ=0.866$$

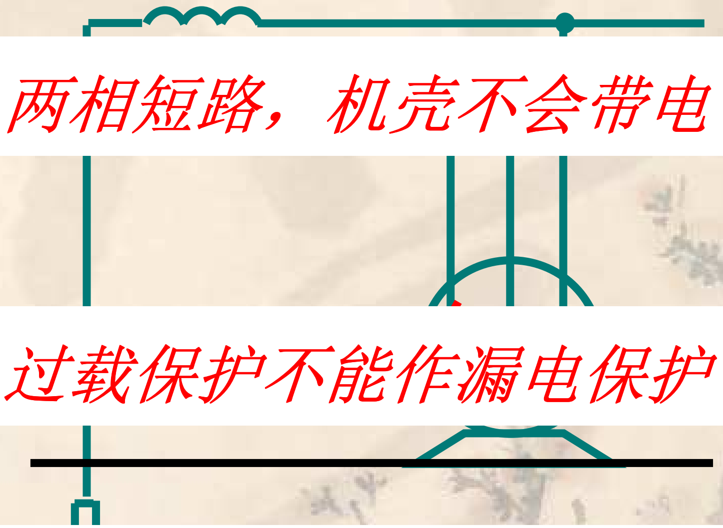
8－17 一台三相异步电动机运行于中性点接地电力系统中，操作员碰及外壳导致触电，触电原因：

A. 输入电机的两相电源线短路，导致机壳带电

B. 输入电机的某相电源线碰壳，而电机未采取过载保护

C. 电机的某相绝缘损坏碰壳，电机未采取接地保护

D. 电机的某相绝缘损坏碰壳，电机未采取接零保护

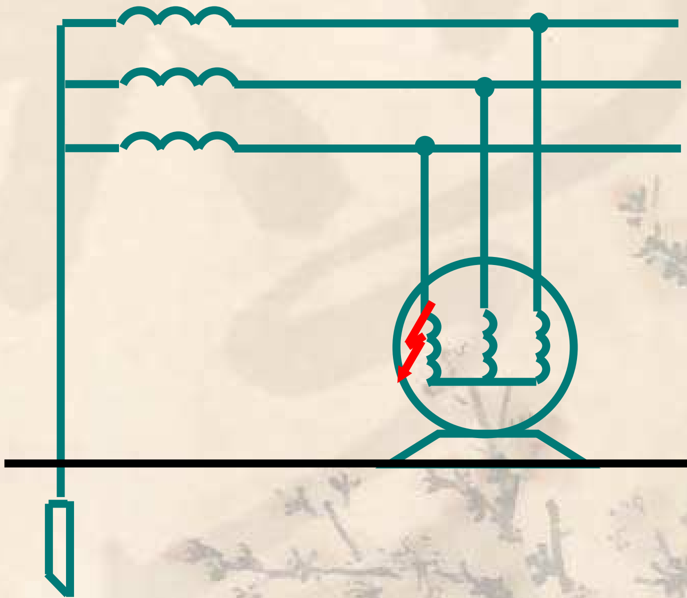


两相短路，机壳不会带电

过载保护不能作漏电保护

中性点接地系统，不得用保护接地

8－18 为提高保护接零的可靠性，以下不正确的是:



A. 保护零线不允许安装开关和熔断器

B. 保护零线不允许重复接地

C. 电气设备外壳要直接接零干线

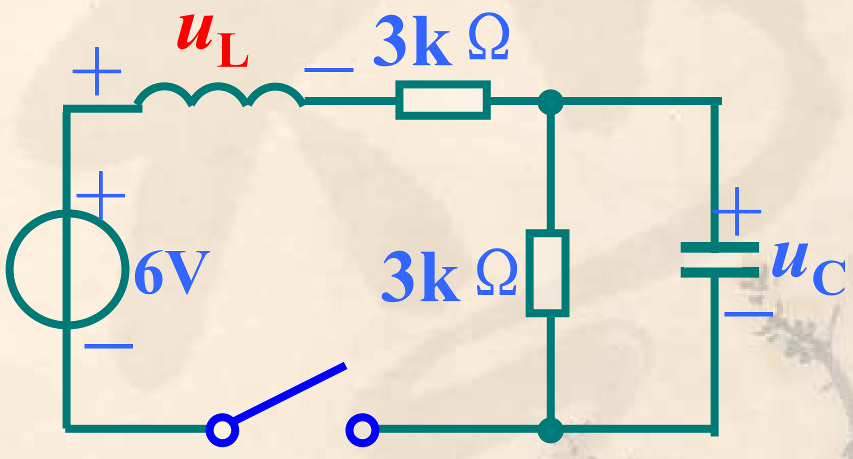
D. 电气设备不得混用保护接地和保护接零

8－19　开关S闭合前，*L*和*C*均未储能，求S闭合后瞬间$u_L(0+)$

解:

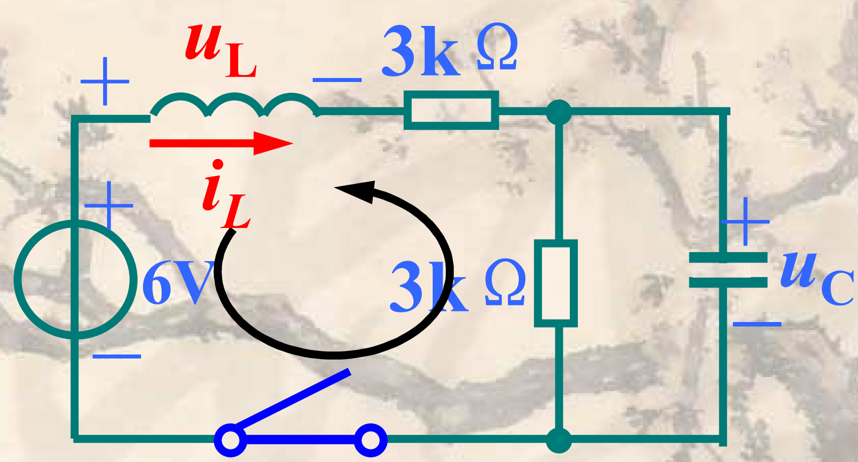
开关闭合前电感电流为0

$$i_L(0^-)=0$$



换路时电感电流不变

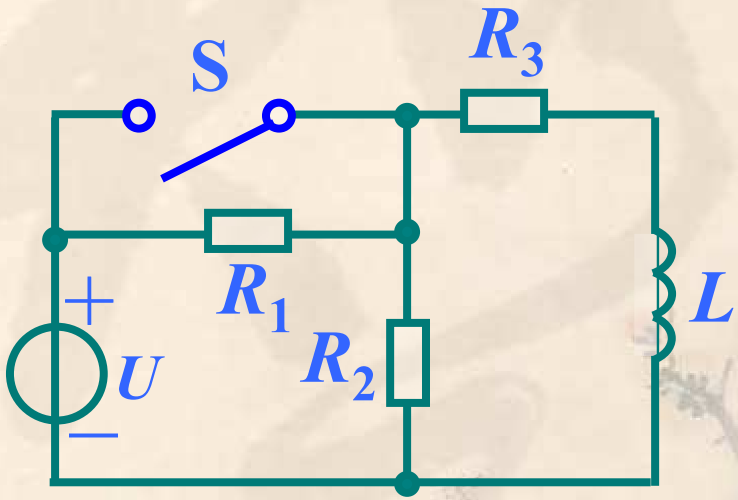
$$i_L(0^+)=i_L(0^-)=0$$



电感视为开路

$$u_L(0^+)=6V$$

8－20　开关S闭合前电路已稳定，t=0时S闭合，求电路的时常数

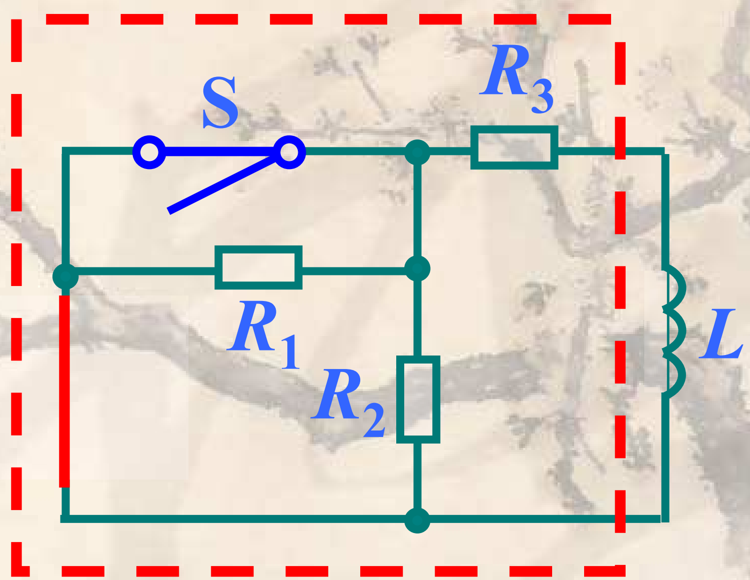


解：

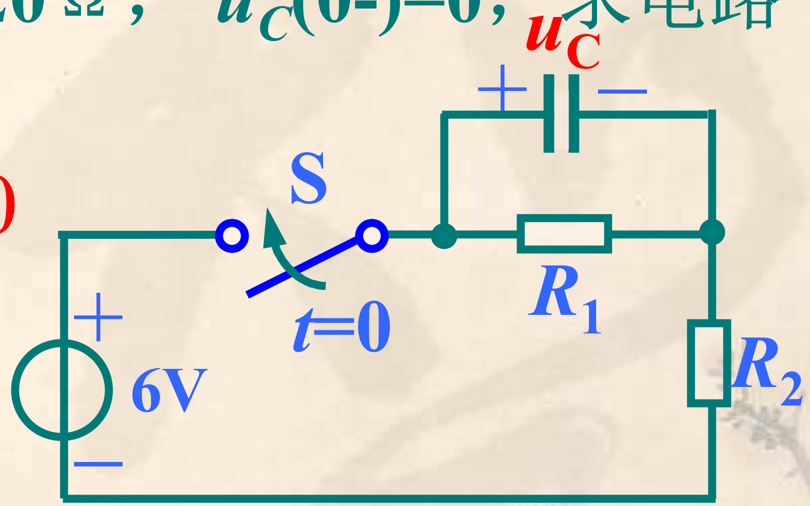
以L两端连接的有源二端网络除源后的电阻

$$R = R_3$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{L}{R_3}$$



8－21　已知R_1=10Ω，R_2=20Ω，$u_C(0\text{-})=0$，求电路开关S闭合后的$u_C(t)$

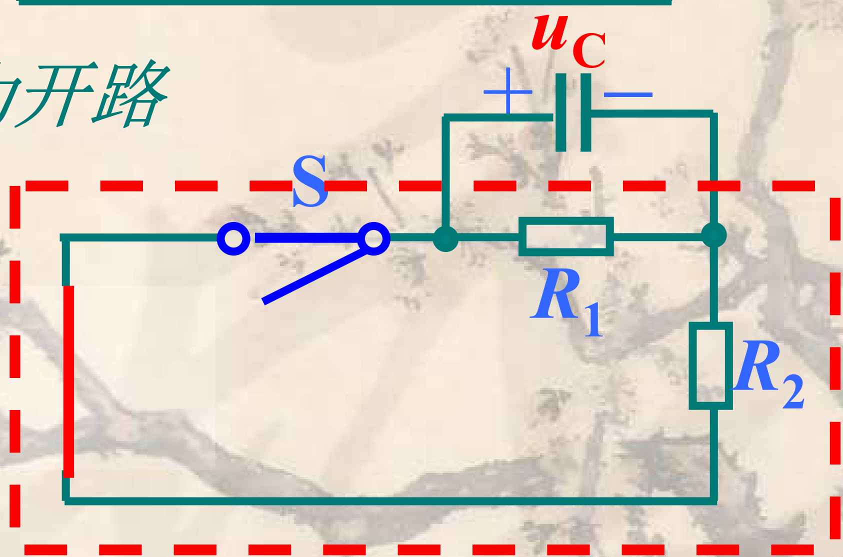


解：开关闭合前 $u_C(0^-) = 0$

换路时电容电压不变

$$u_C(0^+) = u_C(0^-) = 0$$

$t\to\infty$ 电容电流为0，电容视为开路

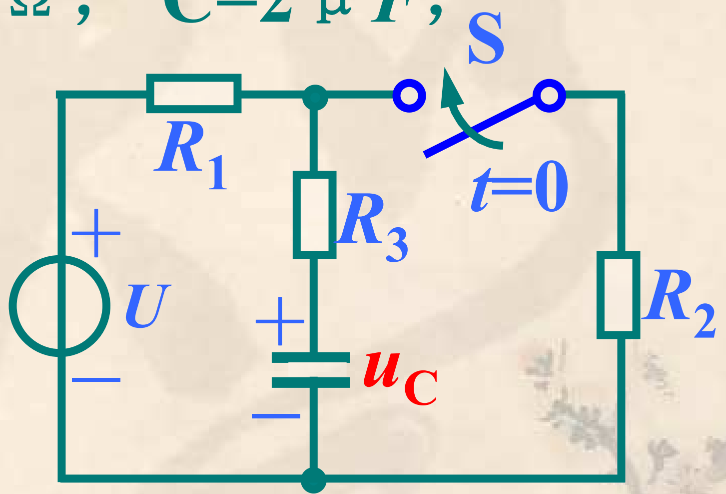


$$u_C(\infty) = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times 6 = 2V$$

$$\tau = (R_1 \,//\, R_2)C$$

$$u_C(t) = u_C(\infty) + [u_C(0^+) - u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} = 2(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

8－22 已知$R_1=R_3=4\text{k}\Omega$， $R_2=2\text{k}\Omega$， $C=2\mu F$，$U=20\text{V}$，求换路后电容电流$i_C(t)$

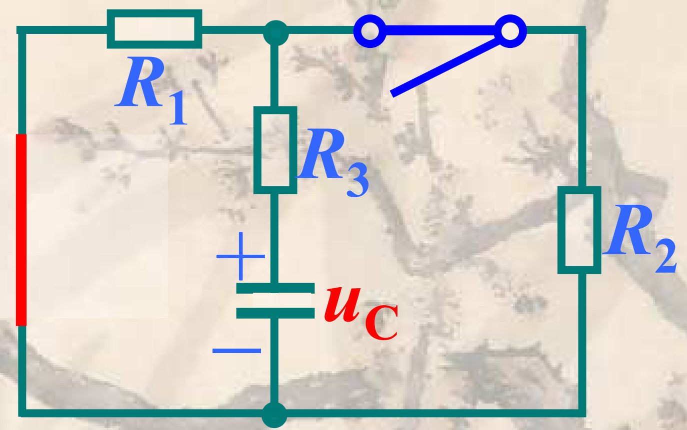


解：*开关闭合前* $u_C(0^-)=U$

换路时电容电压不变

$$u_C(0^+)=u_C(0^-)=U=20V$$

$t\to\infty$ 电容电流为0，电容视为开路

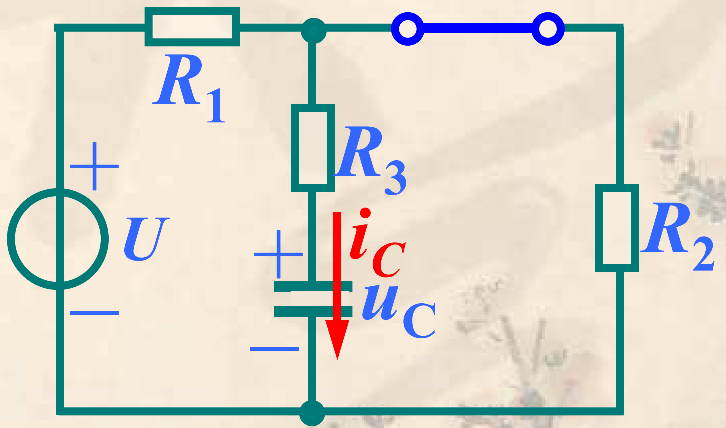


$$u_C(\infty)=\frac{R_2}{R_1+R_2}U=\frac{20}{3}V$$

$$\tau=(R_3+R_1//R_2)C=\frac{16}{3}\times2\times10^{-3}(S)$$

$$u_C(t)=u_C(\infty)+[u_C(0^+)-u_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}=\frac{20}{3}+\frac{40}{3}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

8－22 已知$R_1=R_3=4k\Omega$， $R_2=2k\Omega$， $C=2\mu F$，$U=20V$，求换路后电容电流$i_C(t)$



$$u_C(t)=\frac{20}{3}+\frac{40}{3}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

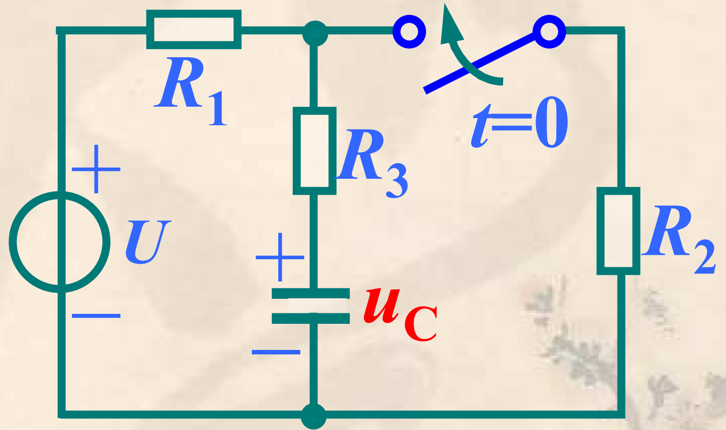
$$\tau=\frac{16}{3}\times2\times10^{-3}(S)$$

$$\frac{1}{\tau}=\frac{3}{32}\times10^{3}$$

$$i_C(t)=C\frac{du_C}{dt}=2\times10^{-6}\times(-\frac{40}{3}\times\frac{3}{32}\times10^{3})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

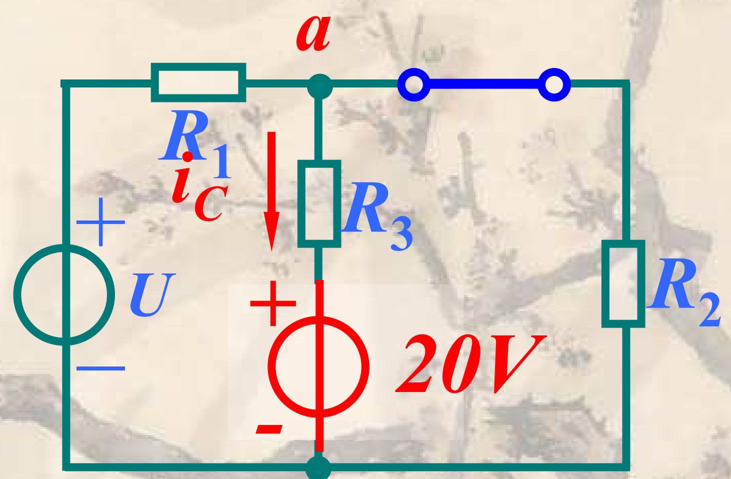
$$=-2.5e^{-\frac{t}{\tau}}mA$$

8－22 已知$R_1=R_3=4k\Omega$， $R_2=2k\Omega$， $C=2\mu F$，$U=20V$，求换路后电容电流$i_C(t)$



解：$u_C(0^+)=u_C(0^-)=U=20V$

换路时电容视为电压源



$$V_a(0^+)=\frac{\frac{20}{4}+\frac{20}{4}}{\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+\frac{1}{2}}=10V$$

$$i_C(0^+)=\frac{V_a-u_C(0^+)}{R_3}=-\frac{10}{4}mA$$

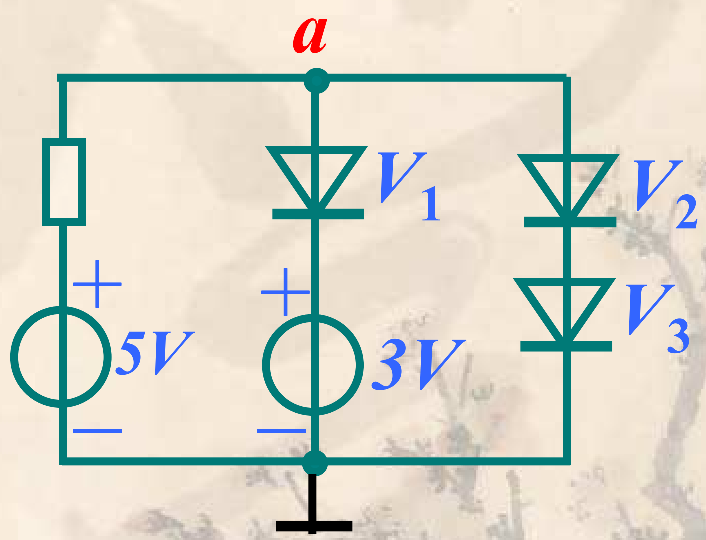
$$i_C(\infty)=0$$

$$i_C(t)=i_C(\infty)+[i_C(0^+)-i_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}=-2.5e^{-\frac{t}{\tau}}mA$$

8－23 设二极管正向压降均为0.7V，试判断各管工作状态

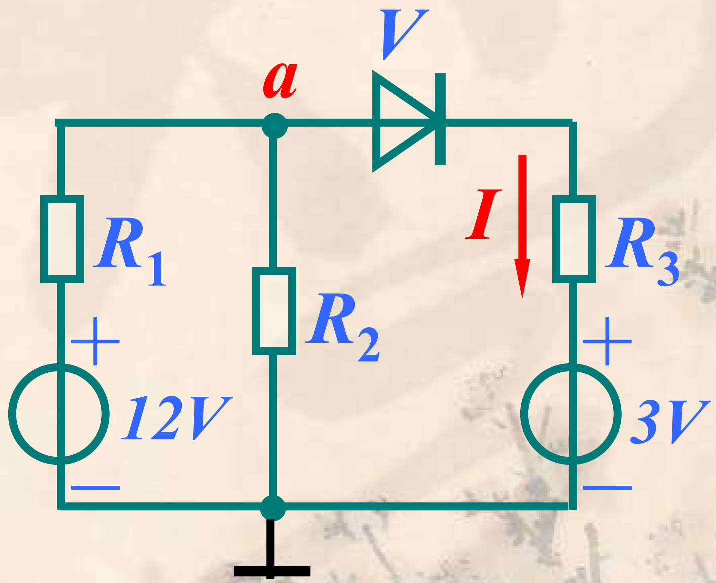
解：

共阳极接法，阴极电位低的二极管通



V_2、V_3导通后，a点电位为1.4V，V_1截止

8－24 已知$R_1=R_2=2k\Omega$, $R_3=3k\Omega$，V为理想二极管，求电流*I*

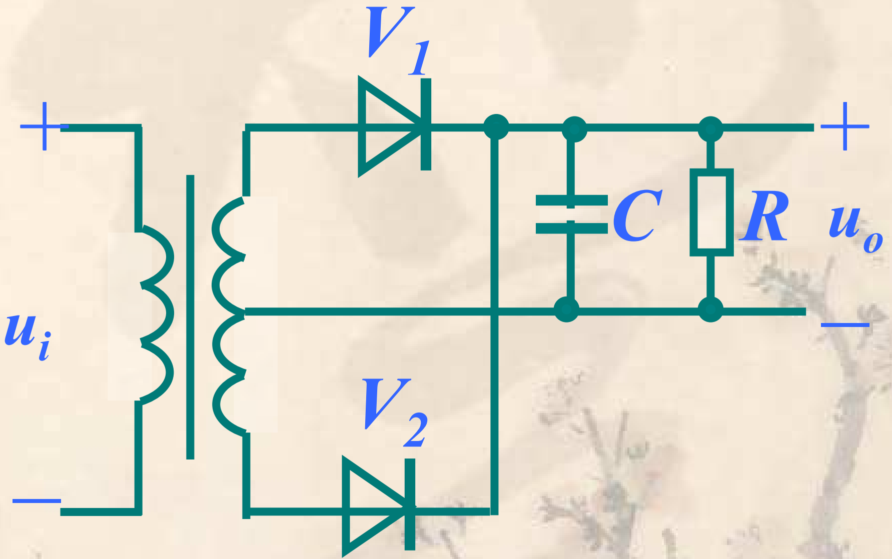


解：*先假设V不导通，a点电位$V_a=6V$。则V可导通。*

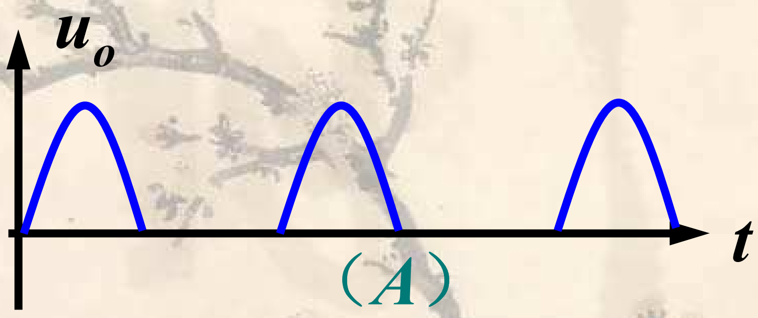
$$V_a=\frac{\frac{12}{2}+\frac{3}{3}}{\frac{1}{3}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}=\frac{21}{4}=5.25V$$

$$I=\frac{V_a-3}{R_3}=\frac{5.25-3}{3\times10^3}=0.75mA$$

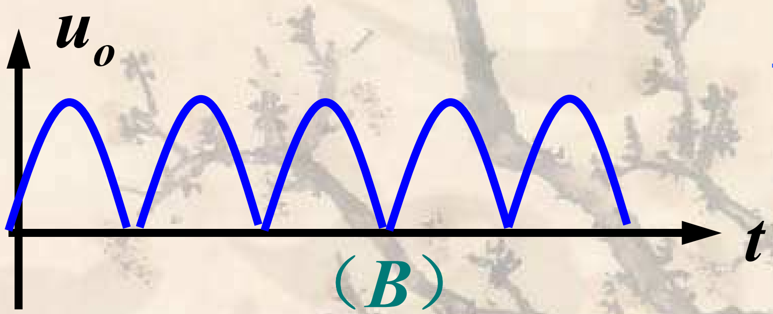
8－25 图示全波整流电路中，设时常数*RC*>1.5T，*T*为输入电压周期，输出电压的波形是（ **D** ）



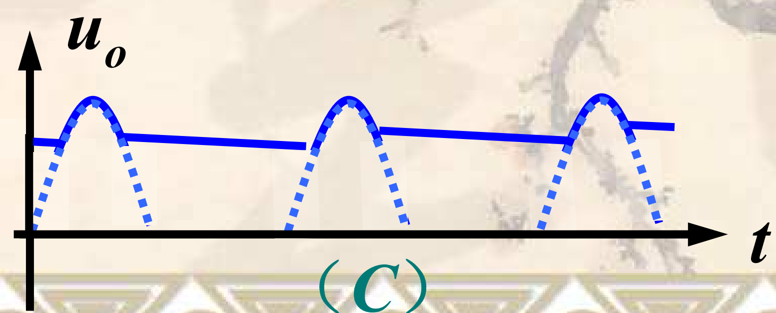
解：



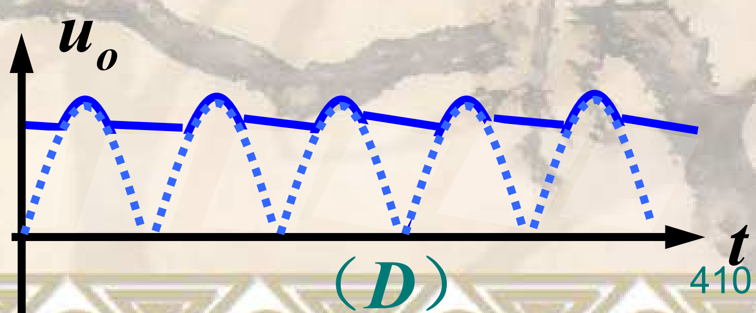
（A）



（B）



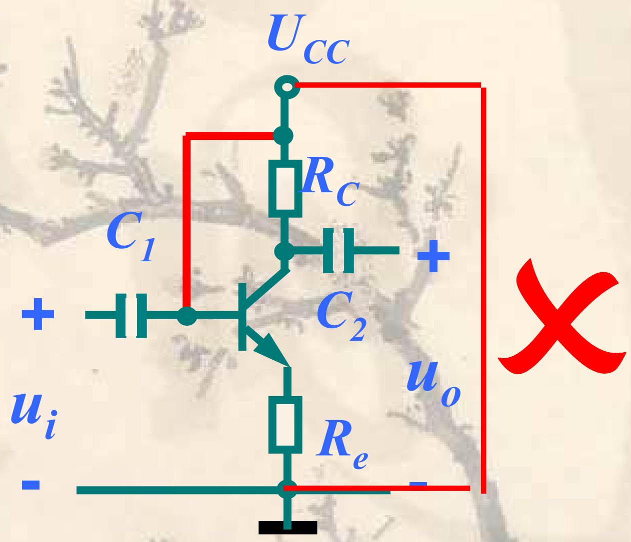
（C）



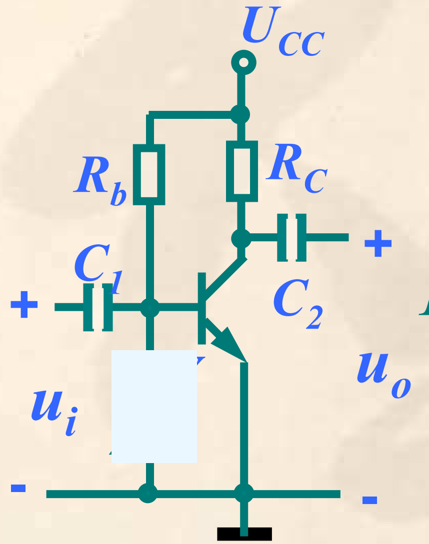
（D）

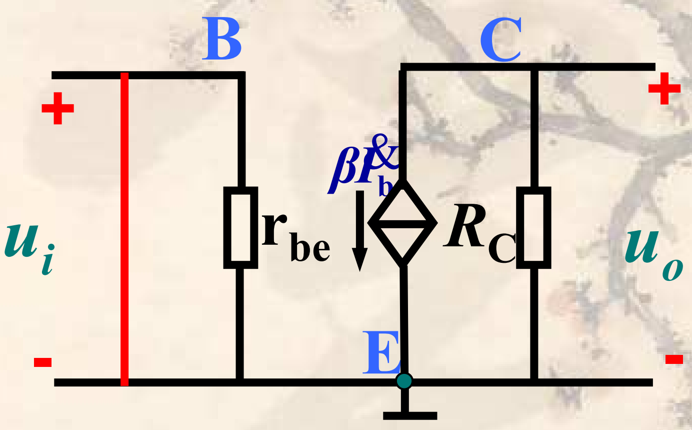
8-26 下列电路是否能起放大作用？

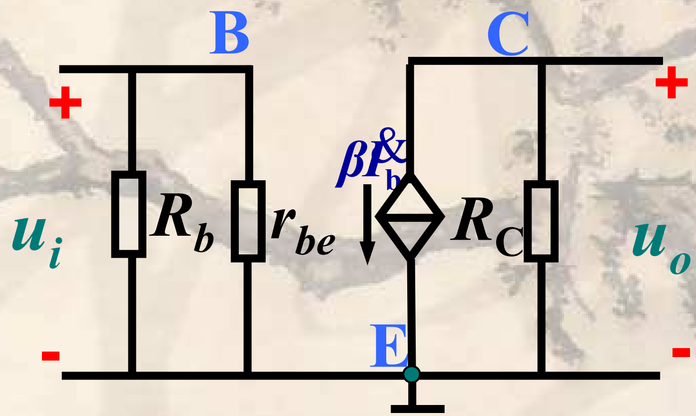
解：



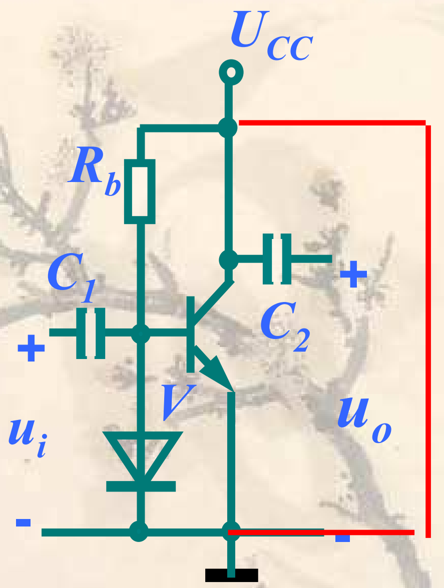
输入信号被短路

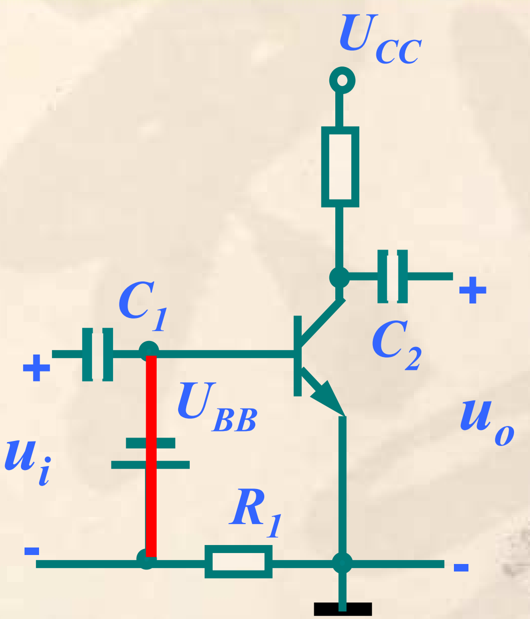




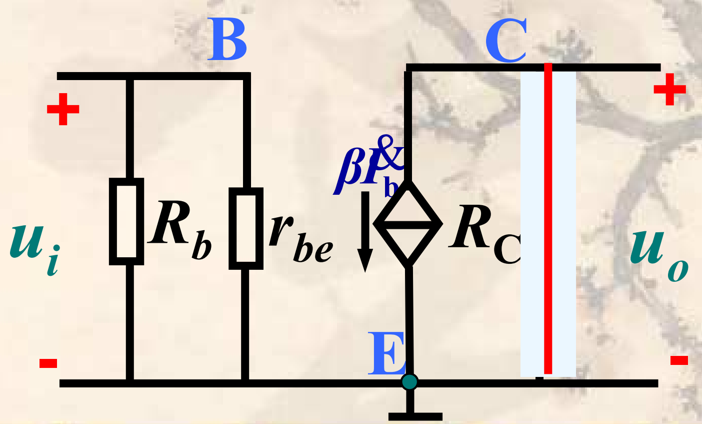


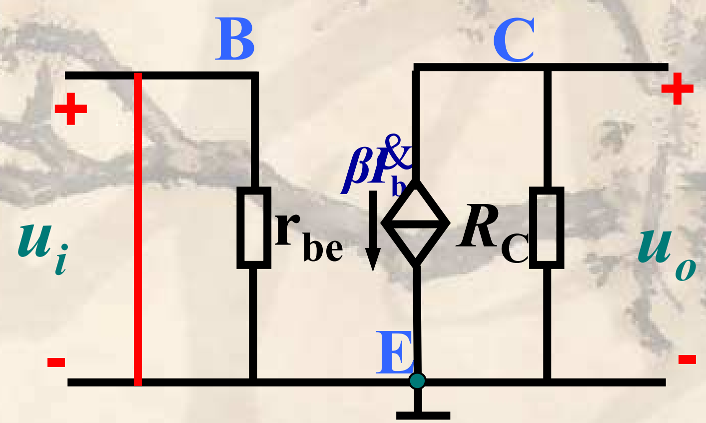
解：





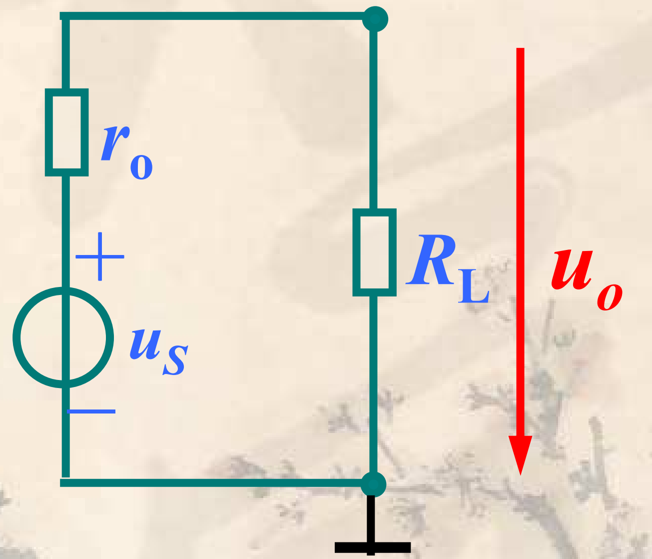
输出信号被短路　　　　输入信号被短路





8－27 某放大电路负载开路时的输出电压为6V，接入2kΩ的负载后,输出电压为4V。求放大器的输出电阻。

解: $u_S = 6V$

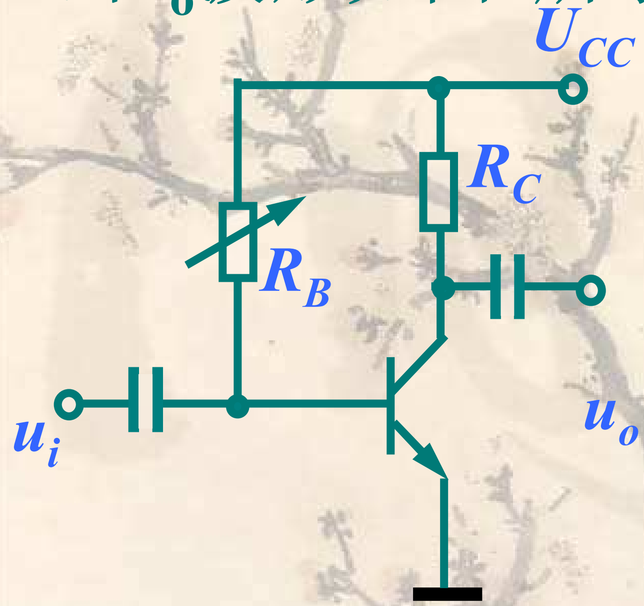


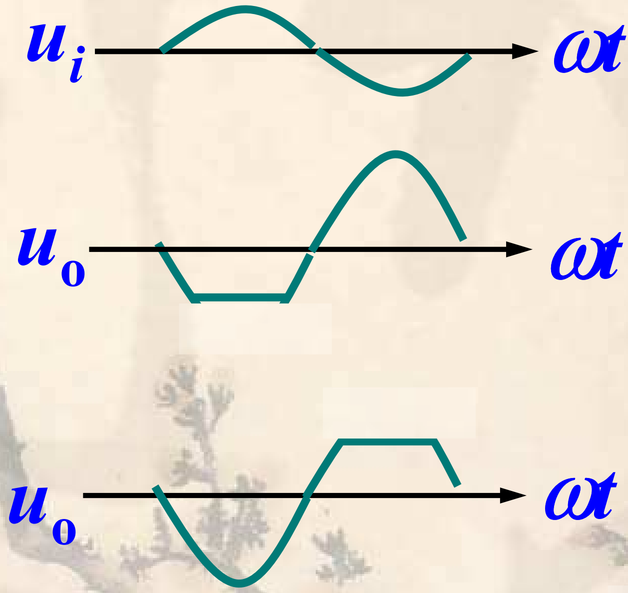
$$u_o = u_S - i \times r_o$$

$$= u_S - \frac{u_o}{R_L} \times r_o$$

$$r_o = (u_S - u_o) \times \frac{R_L}{u_o} = 1k\Omega$$

8－28 晶体管单管放大电路如图所示，当输入 u_i，输出u_o波形如图b所示时，输出波形（ A ）





静态基极电流过大，饱和失真

静态基极电流过小，截止失真

✓A）出现饱和失真，应调大R_B

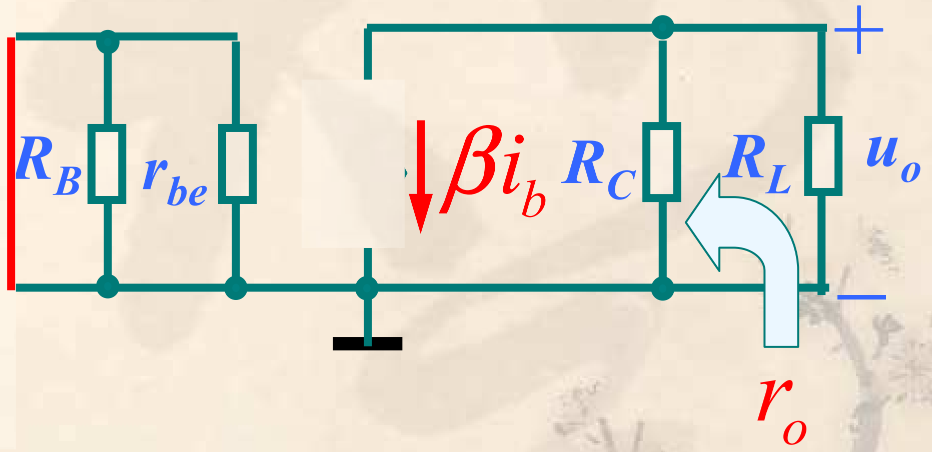
B）出现饱和失真，应调小R_B

C）出现截止失真，应调大R_B

D）出现截止失真，应调小R_B

8－29 已知R_C=5.6kΩ， R_B=82kΩ， r_{be}=4.2kΩ， R_L=22kΩ， 求 r_i和 r_o

解:



$$r_i = R_B \,//\, r_{be} = 82 \,//\, 4.2 \approx 4k\Omega$$

求输出电阻不含负载电阻

$$i_b = 0$$

$$i_o = R_C = 5.6k\Omega$$

8-30 射极输出器的主要特点是（ ）

A）输出电压与输入电压反相，无电压放大，有电流放大作用。

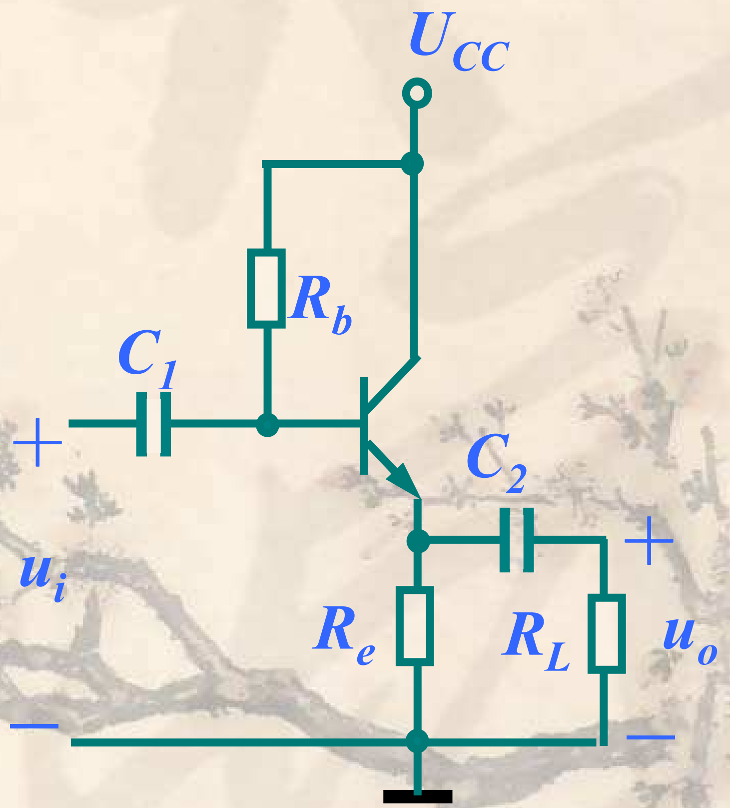
B）输出电压与输入电压同相，有电压放大，无电流放大作用。

✓C）电路的输入电阻高，输出电阻低，无电压放大，有电流放大作用。

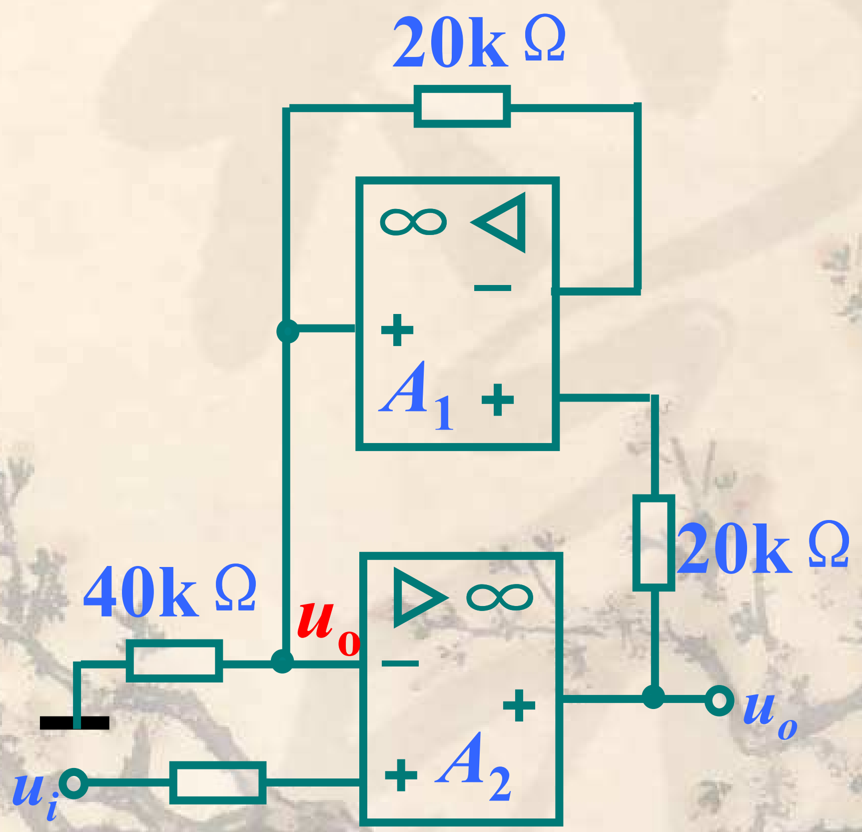
D）电路的输入电阻低，输出电阻高，既有电压放大，也有电流放大作用。

8－31 共集电极电路，β=50，U_{BE}=0.7V，如输入正弦电压有效值为U_i=7.5mV，则输出电压接近输入电压 $U_o \approx 7.5$mV

解:



8－32 已知U_i=2V，求输出电压



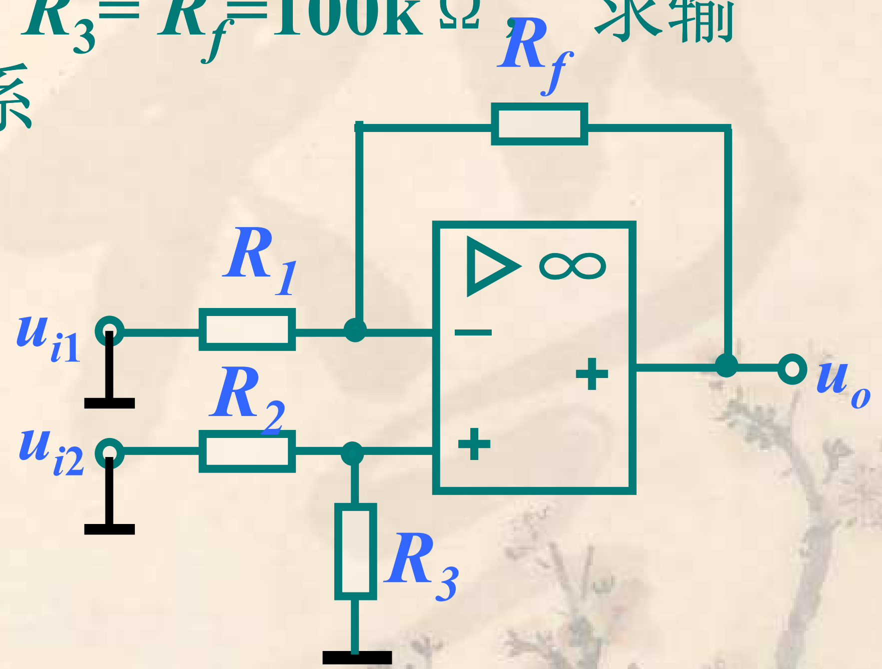
解： A_1是跟随器

$$u_o = u_+ = u_-$$

对A_2

$$u_o = u_i = 2V$$

8－33 已知$R_1 = R_2 = 10\text{k}\Omega$，$R_3 = R_f = 100\text{k}\Omega$ 求输出电压u_o与输入电压u_i的关系

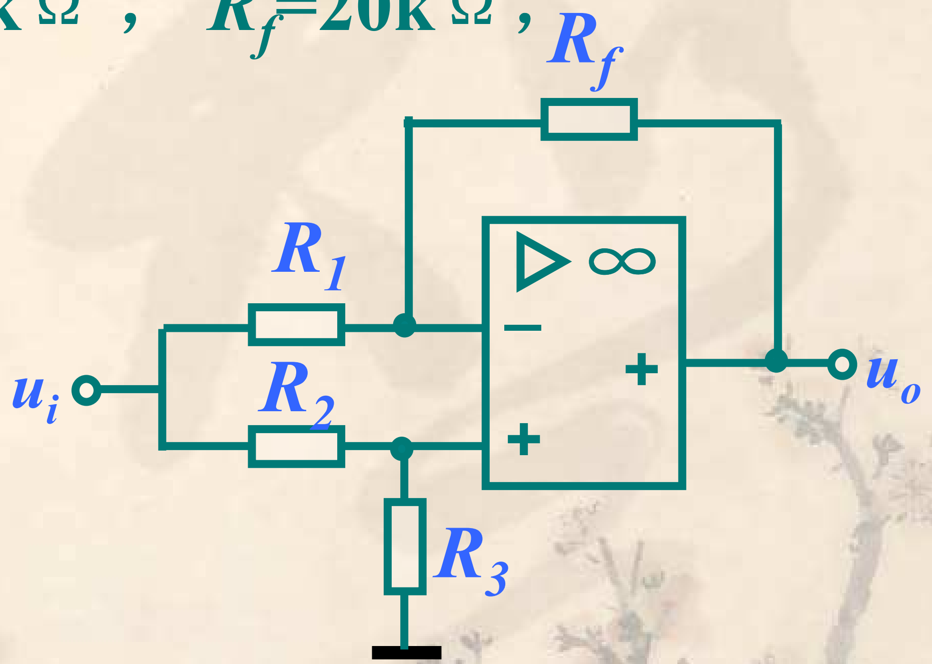


解： 这是差动放大电路

$$u_o = -\frac{R_f}{R_1}u_{i1} + (1+\frac{R_f}{R_1}) \times \frac{R_3}{R_2+R_3}u_{i2}$$

$$= -10u_{i1} + 11 \times \frac{100}{110}u_{i2} = 10(u_{i2} - u_{i1})$$

8－33 已知$R_1 = R_2 = R_3 = 10\text{k}\Omega$， $R_f = 20\text{k}\Omega$，$u_i = 10\text{V}$，求输出电压



解： 这是差动放大电路

$$u_o = -\frac{R_f}{R_1}u_i + \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \times \frac{R_3}{R_2 + R_3}u_i$$

$$= -2u_i + 3 \times \frac{1}{2}u_i = -5V$$

8－34 求输出电压与输入电压的运算关系

解：$u_+=u_-$，电阻R_3上的电压为u_i

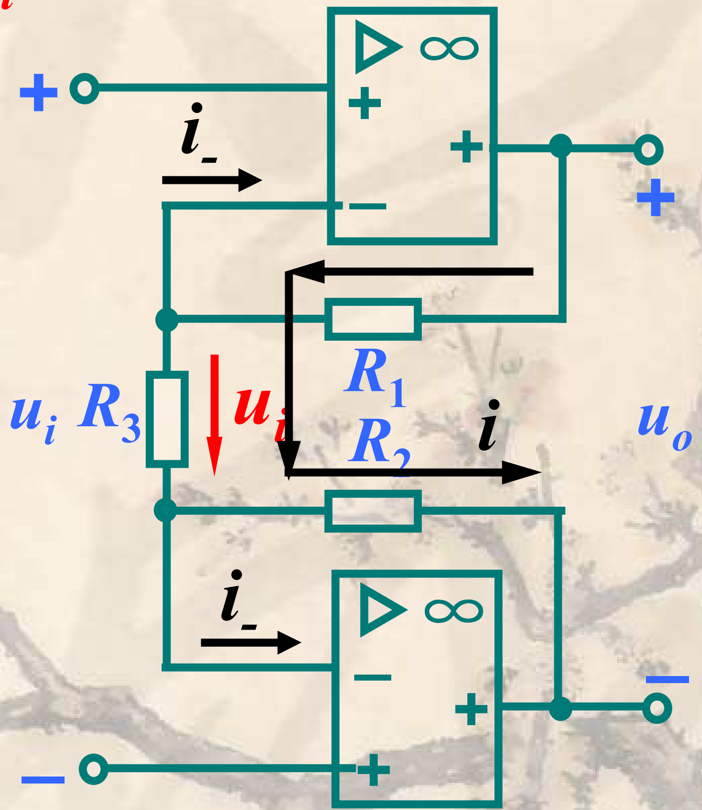
$i_+=i_-=0$，电阻R_1、R_2、R_3的电流相同

$$i=\frac{u_{R_3}}{R_3}=\frac{u_i}{R_3}$$

$$u_o=u_{R_1}+u_{R_2}+u_{R_3}$$

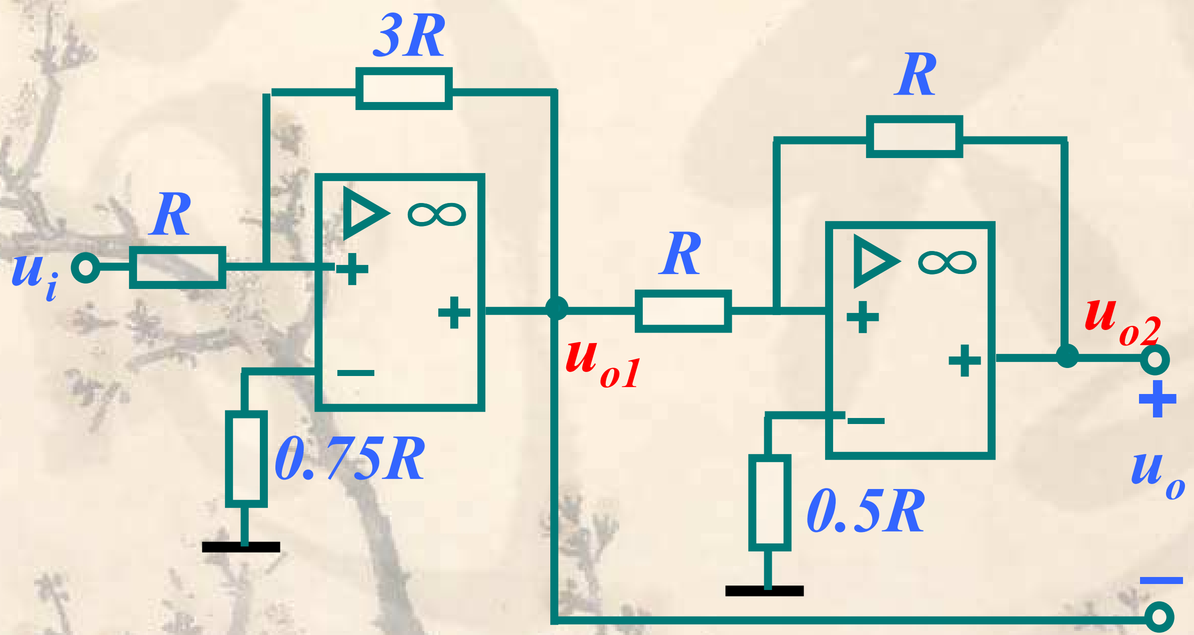
$$=i\times(R_1+R_2+R_3)$$

$$=\frac{R_1+R_2+R_3}{R_3}u_i$$



8－35 求输出电压与输入电压的运算关系

解:



理想运放为理想电压源，各运放输出可独立计算;

$$u_{o1} = -3u_i \qquad u_{o2} = -u_{o1} = 3u_i$$

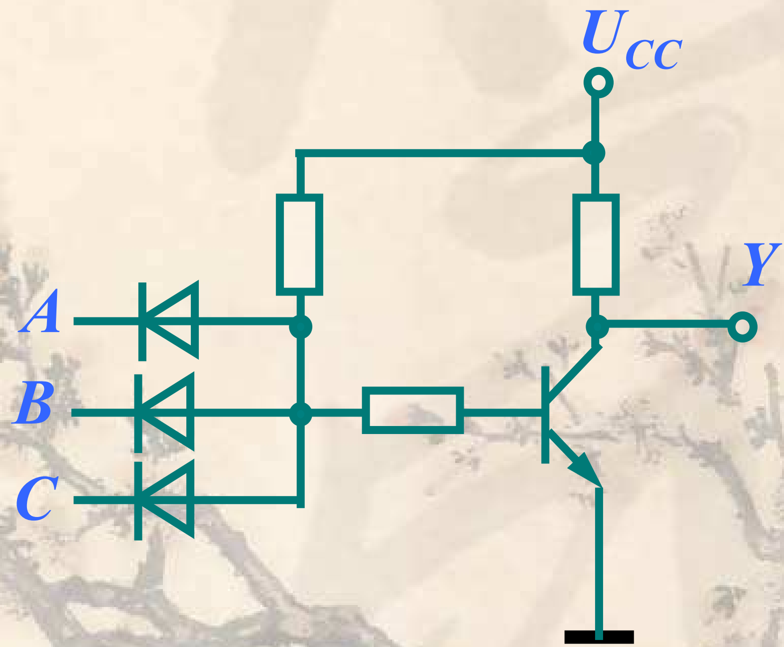
$$u_o = u_{o2} - u_{o1} = 6u_i$$

8－36 当A、B、C端都输入高电平时，三极管饱和导通，当A、B、C中有一个输入低电平时，三极管截止，电路对应的是与非门。

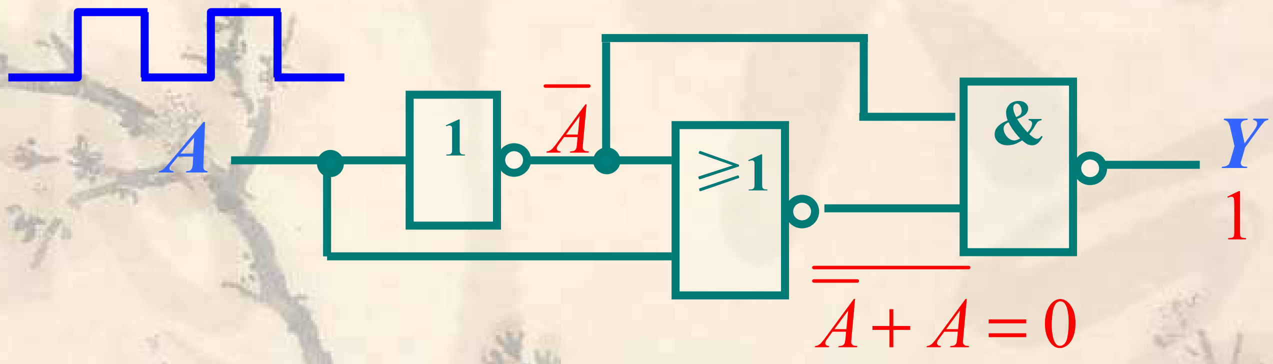
解:

有0出1

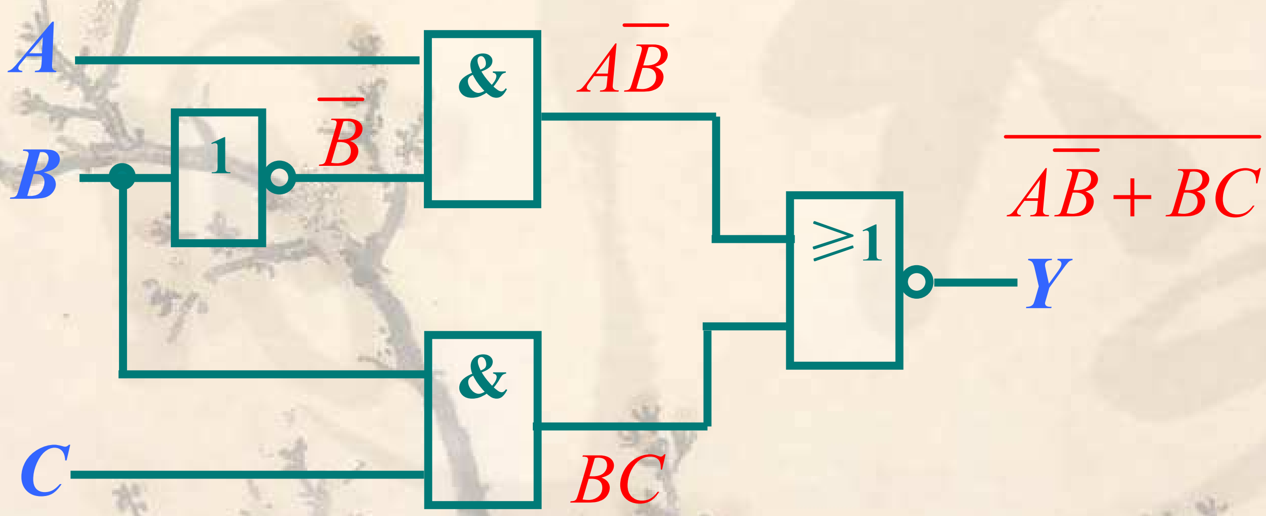
全1得0



8－37 求输出Y。

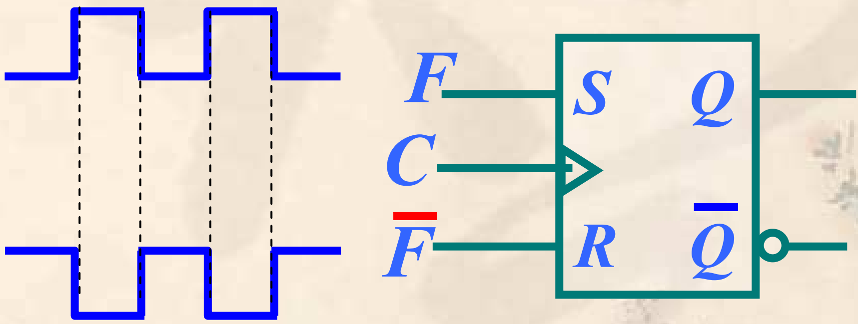


8－38 求输出Y的逻辑函数。



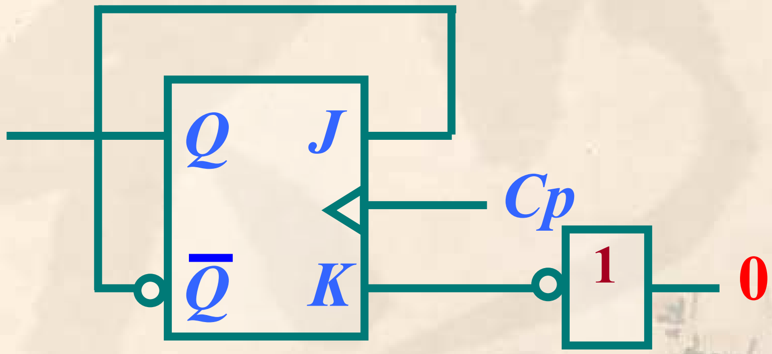
8－39 求输出Q（初态为1）

S	R	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	不定



该触发器在时钟上跳沿翻转，现无时钟信号，状态保持不变，Q=1

8－39 图示电路具有（　　　　）功能



$$Q^{n+1}=J\bar{Q}^n+\bar{K}Q^n$$

$$J=\bar{Q}^n \quad K=0$$

$$Q^{n+1}=\bar{Q}^n\bar{Q}^n+\bar{1}Q^n=\bar{Q}^n$$

A）保持功能

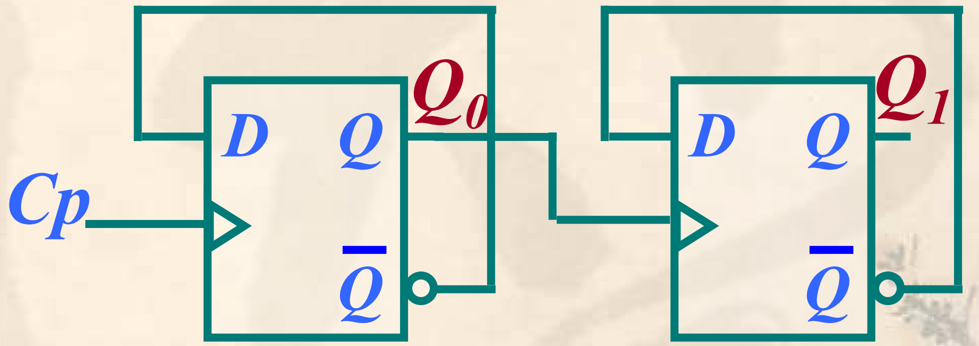
B）置“0”功能

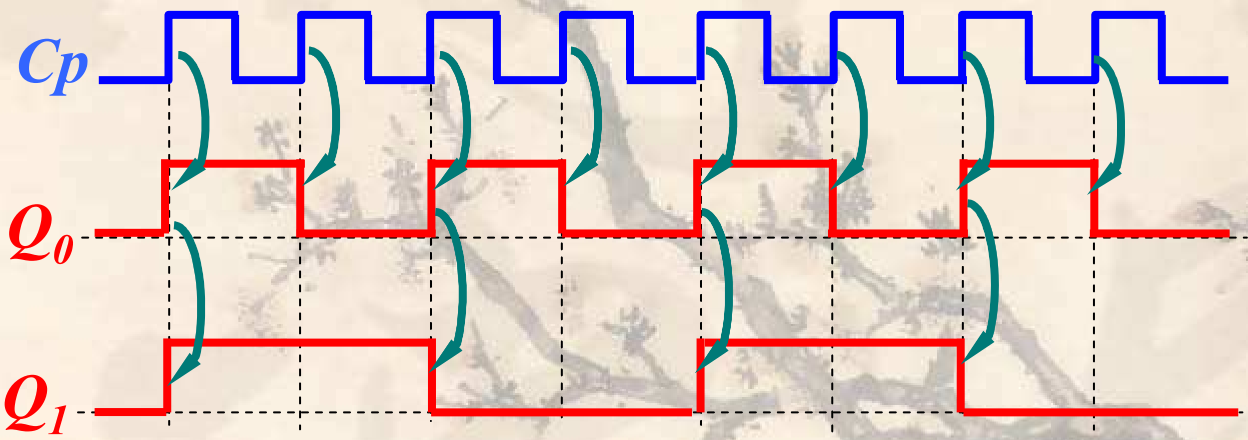
C）置“1”功能

✓D）计数功能

8－40 画出Q_0、Q_1波形（初态为0）

$$Q^{n+1} = D = \overline{Q^n}$$





D触发器接成计数器形式，每级二分频，如*Cp*频率为2000，输出Q_1波形频率为100

2005年度注册工程师资格考试

基础考试

（电工）

1 以点电荷q所在点为球心，距点电荷q的距离为r处的电场强度E等于

$(A)\ \dfrac{q\varepsilon_0}{4\pi r^2}$ $(B)\ \dfrac{q}{4\pi r^2\varepsilon_0}$

$(C)\ \dfrac{4\pi r^2\varepsilon_0}{q}$ $(D)\ \dfrac{4\pi q\varepsilon_0}{r^2}$

2 图示电路，U=12V， U_E=12V， R=0.4kΩ，则电流I等于

(A) 0.055A

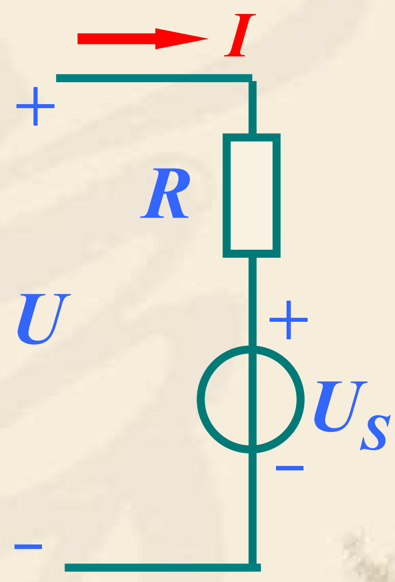
(B) 0.03A

(C) 0.025A

(D) 0.005A

$$U=IR+U_S$$

$$I=\frac{U-U_S}{R}=\frac{12-10}{400}=0.005A$$



3 叠加原理只适用于分析下列哪项的电压、电流问题？

(A) 无源电路

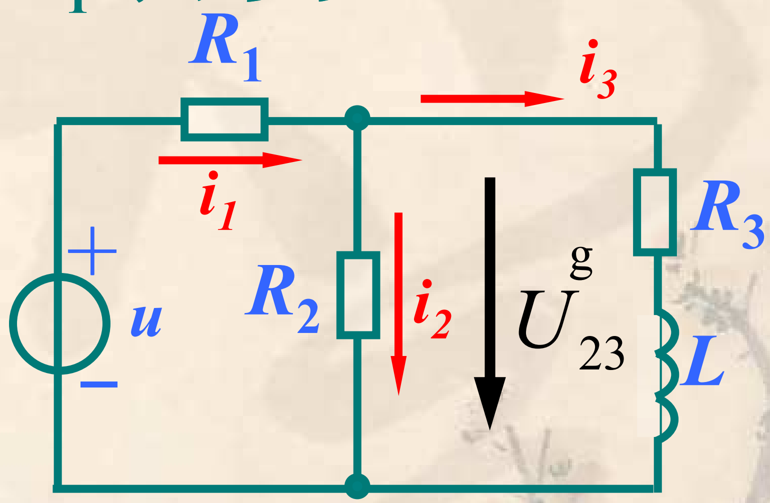
(B) 线性电路

(C) 非线性电路

(D) 不含电感、电容元件的电路

3 图示电路，正弦电流i_2的有效值I_2=1A， i_3的有效值I_3=2A，因此电流i_1的有效值I_1等于多少？

解：

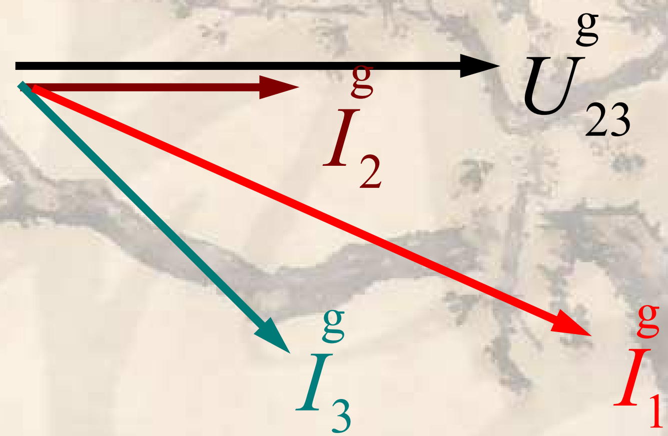


$(A)\ \sqrt{1+2^2} \approx 2.24A$

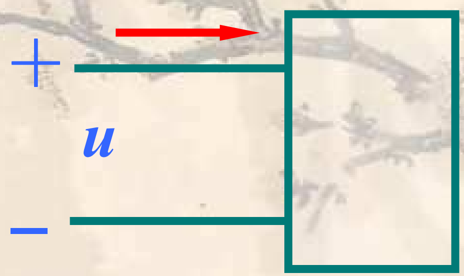
$(B)\ 1+2=3A$

$(C)\ 2-1=1A$

（***D***）不能确定



4 图示电路，***u*=141*sin*(314*t*-30°)V，*i*=14.1*sin*(314*t*-60°)A**，这个电路的有功功率***P***等于多少？



$$\cos\varphi = \cos(\varphi_u - \varphi_i)$$

$$= \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866$$

$$U = 100V$$

$$I = 10A$$

$$P = UI\cos\varphi = 866W$$

(A) 500W

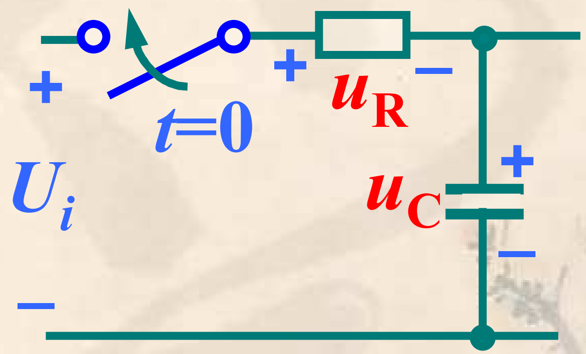
(B) 866W

(C) 1000W

(D) 1988W

功率因数角Φ是电压和电流的相位差

5 图示电路，换路前$U_C(0-)=0.2U_i$， $U_R(0-)=0$，电路换路后的 $U_C(0+)$和$U_R(0+)$分别为：



(A) $U_C(0+)=0.2U_i$， $U_R(0+)=0$

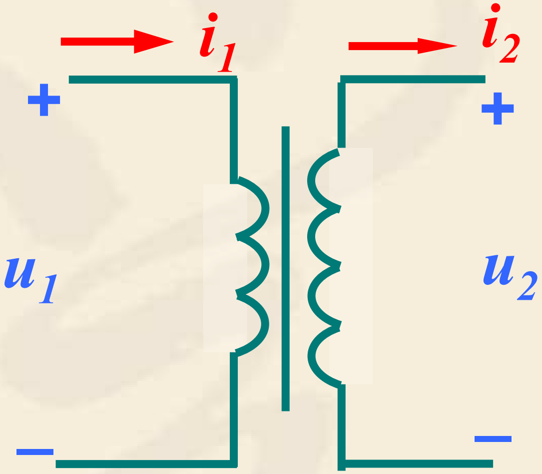
(B) $U_C(0+)=0.2U_i$， $U_R(0+)= 0.2U_i$

(C) $U_C(0+)=0.2U_i$， $U_R(0+)= 0.8U_i$

(D) $U_C(0+)=0.2U_i$， $U_R(0+)=U_i$

$$U_R(0+)= U_i - u_C(0+)$$

6 图示变压器，一次额定电压U_{1N}=220V，一次额定电流I_{1N}=11A，二次额定电压U_{2N}=600V，该变压器二次额定电流值I_{2N}约为多少？



(A) 1A

(B) 4A

(C) 7A

(D) 11A

$$\frac{U_{1N}}{U_{2N}} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_{2N}}{I_{1N}}$$

$$\frac{220}{600} = \frac{I_{2N}}{11}$$

$$I_{2N} = 11 \times \frac{220}{600} = 4A$$

7 三相交流异步电动机可带负载启动，也可空载启动。比较两种情况下，电动机启动电流的大小。

(A) 有载>空载

(B) 有载<空载

(C) 两种情况下启动电流值相同

(D) 不好确定

$$I_2 = \frac{sE_{20}}{\sqrt{R_2^2 + (sX_{20})^2}}$$

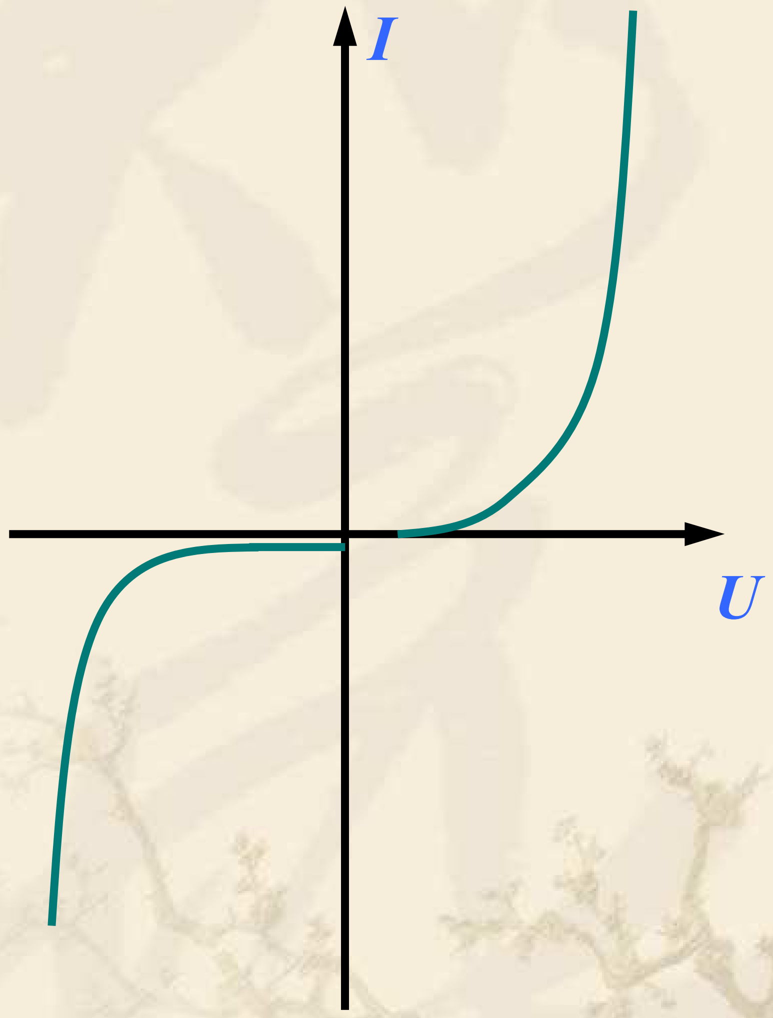
8 半导体二极管的正向伏－安(V－A)特性是一条：

（A） 过坐标轴原点的直线

（B） 过坐标轴原点，I随U按指数规律变化的曲线

（C） 正向电压超过某一数值后才有电流的直线

（D） 正向电压超过某一数值后 I随U按指数规律变化的曲线



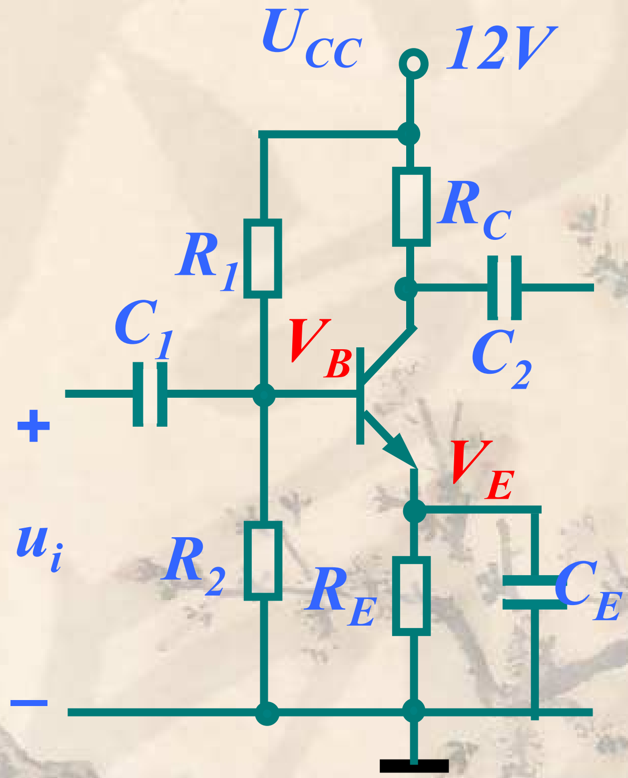
10 图示电路，R_1=50k，R_2=10k，R_E=1k，β=60，U_{BE}=0.7V，静态基极电流I_B等于多少：

(A) 0.0152mA

(B) 0.0213mA

(C) 0.0286mA

(D) 0.0328mA



解：
$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{CC} = 2V$$

$$V_E = V_B - U_{BE} = 1.3V$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = 1.3mA \qquad I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = 0.0213mA$$

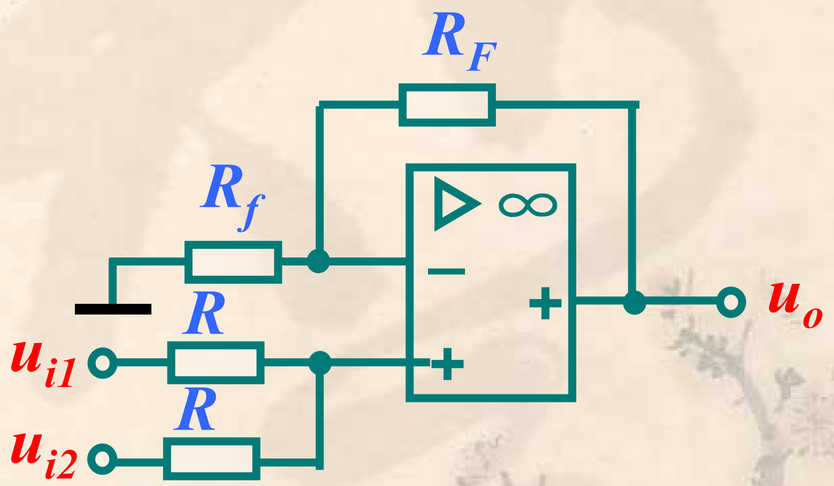
11 图示电路，求输出电压与输入电压的运算关系

$(A)\ \ \dfrac{R_F}{R_f}(u_{i1}+u_{i2})$

$(B)\ \ (1+\dfrac{R_F}{R_f})(u_{i1}+u_{i2})$

$(C)\ \ \dfrac{R_F}{2R_f}(u_{i1}+u_{i2})$

$(D)\ \ \dfrac{1}{2}(1+\dfrac{R_F}{R_f})(u_{i1}+u_{i2})$



解： 由节点电压法

$$u_+=\frac{\dfrac{u_{i1}}{R}+\dfrac{u_{i2}}{R}}{\dfrac{1}{R}+\dfrac{1}{R}}=\frac{1}{2}(u_{i1}+u_{i2})$$

$$u_o=(1+\frac{R_F}{R_f})u_+=\frac{1}{2}(1+\frac{R_F}{R_f})(u_{i1}+u_{i2})$$

12 图示电路，三极管β=100，输入信号VA、VB的高电平是3.5V（逻辑1），低电平是0.3V(逻辑0)，若定义输出电压Vo高电平为逻辑1，图示电路是：

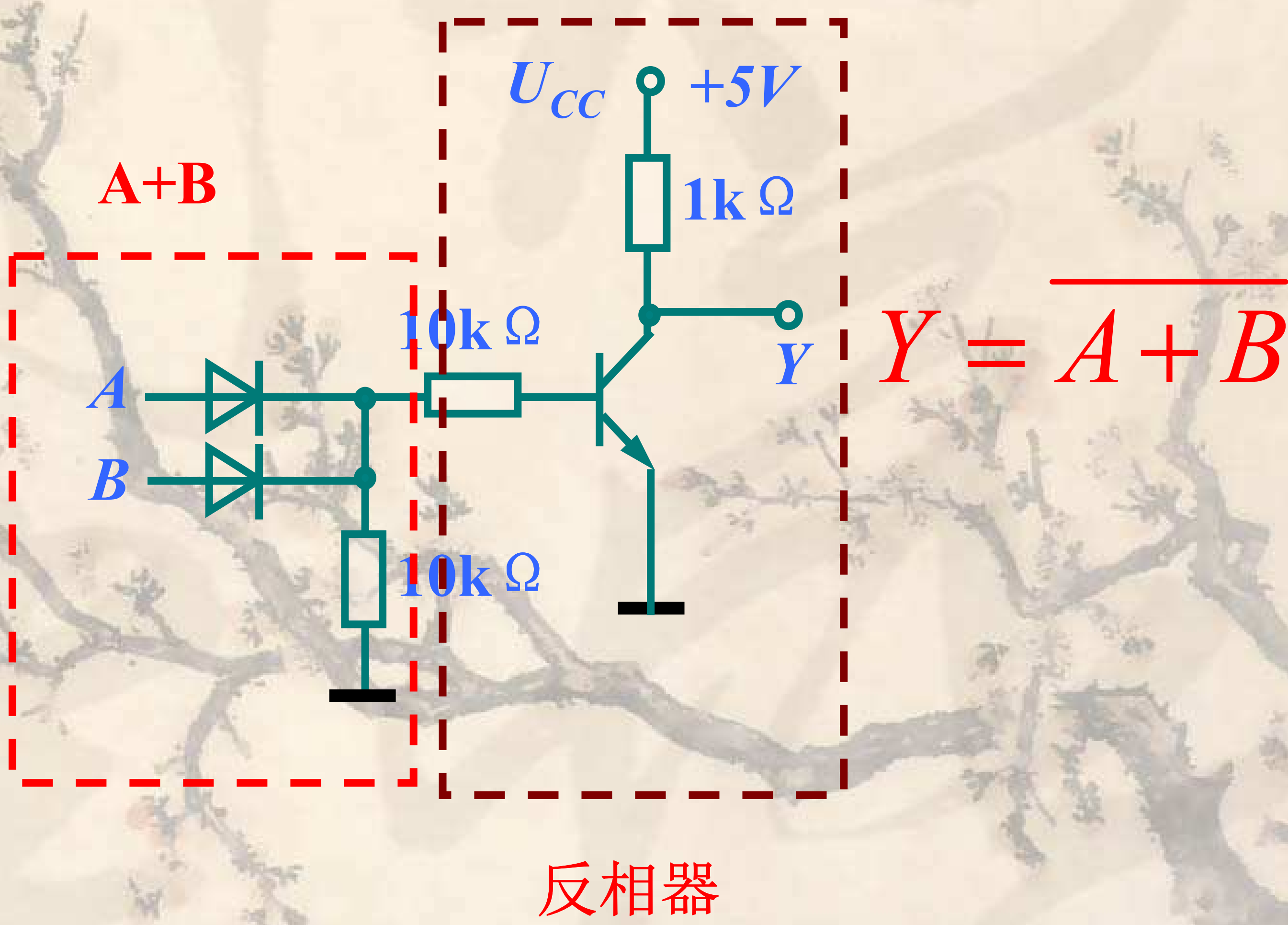
(A) 与门

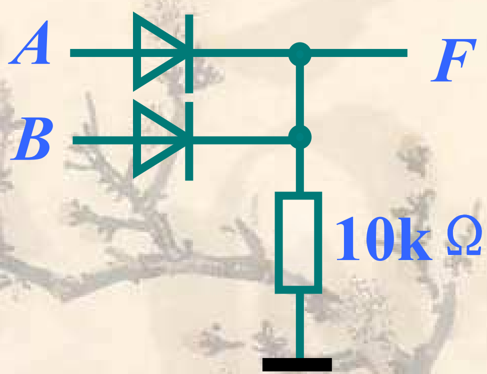
(B) 与非门

(C) 或门

(D) 或非门

解：





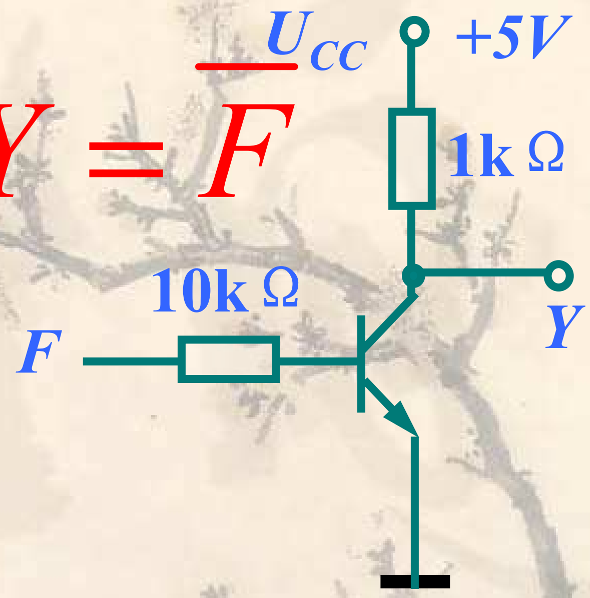
共阴极接法，阳极电位高的二极管导通

A	B	D_A	D_B	F
0.3	0.3	×	×	0
0.3	3.5	×	√	3.5
3.5	0.3	√	×	3.5
3.5	3.5	√	√	3.5

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

F=A+B

$$Y = \overline{F}$$



F＝3.5V

$$I_B = \frac{3.5-0.7}{10000} = 0.28\text{mA}$$

设三极管饱和压降U_{CES}=0.3V

最大集电极电流

$$I_{Cmax} = \frac{5-0.3}{1000} = 4.7\text{mA}$$

对应的基极电流

$$I_B = \frac{I_{Cmax}}{100} = 0.0047\text{mA} < 0.28\text{mA}$$

三极管饱和

Y=0.3V

F＝0.3V

三极管截止

Y=5V

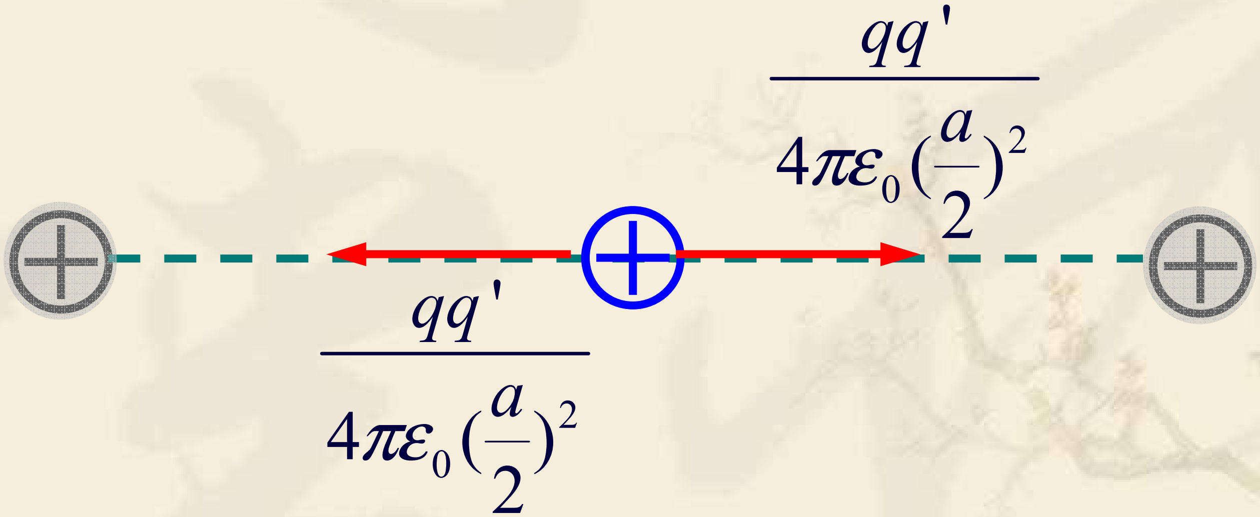
2006年度注册工程师资格考试

基础考试

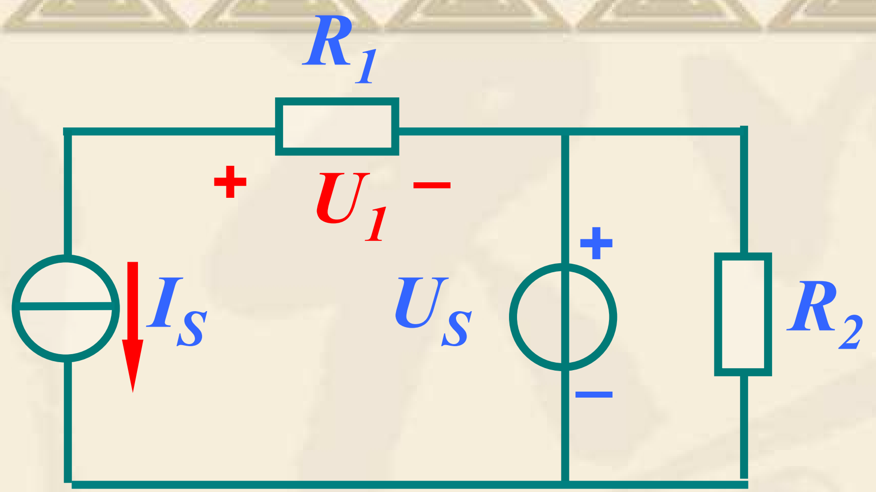
（电工）

1 两个电量都是＋**q**的点电荷，在真空中相距***a***，如果在这两个点电荷连线的中点放上另一个点电荷＋***q’***，则点电荷＋***q’***受力为：

$(A)\quad 0 \qquad (B)\ \dfrac{qq'}{4\pi\varepsilon_0 a^2} \qquad (C)\ \dfrac{qq'}{\pi\varepsilon_0 a^2} \qquad (D)\ \dfrac{2qq'}{\pi\varepsilon_0 a^2}$



2 图示直流电路中：



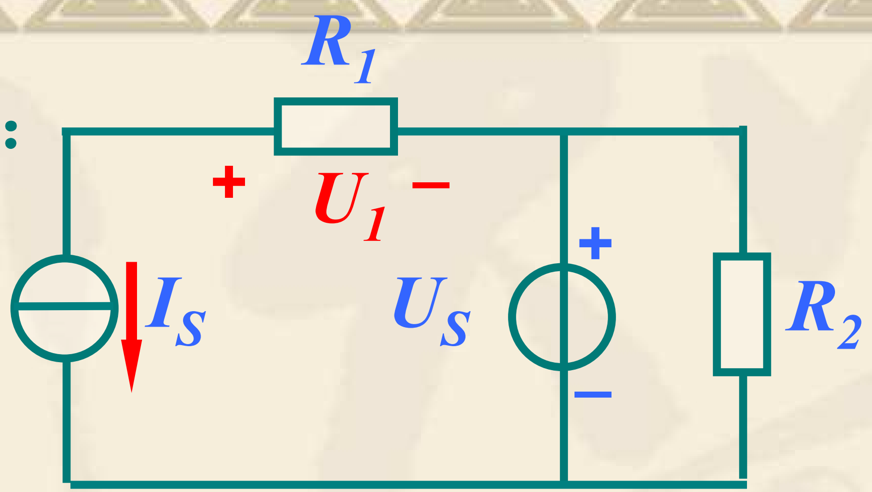
(A) I_S和R_1形成一个电流源模型， U_S和R_2形成一个电压源模型

(B) 理想电流源I_S的端电压为0

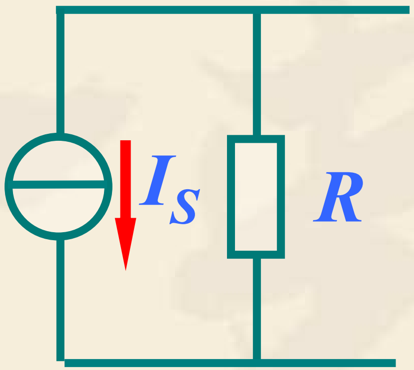
(C) 理想电流源I_S的端电压由U_S和U_1共同决定

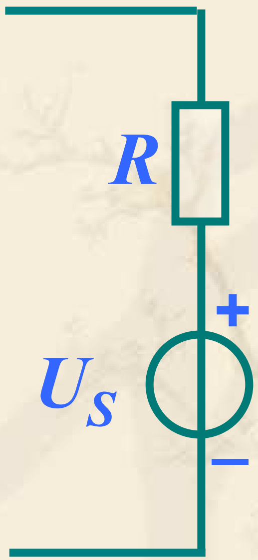
(D) 流过理想电压源的电流与I_S无关

2 图示直流电路中：

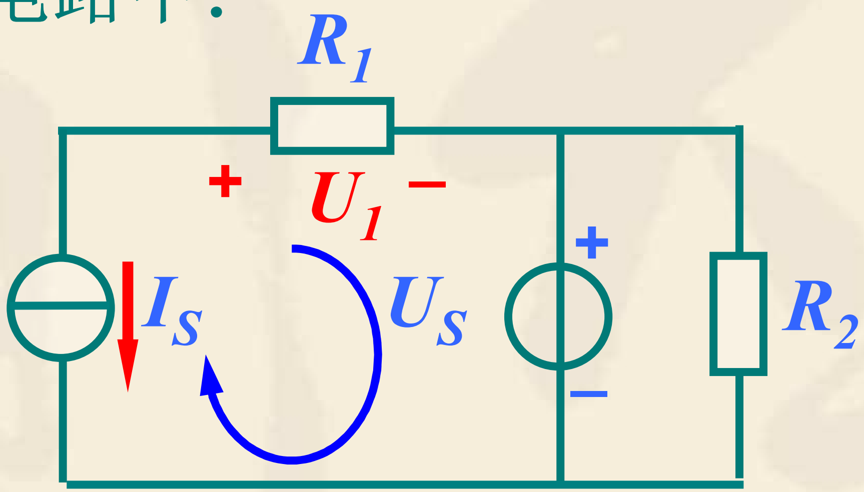


(A) I_S和R_1形成一个电流源模型，U_S和R_2形成一个电压源模型



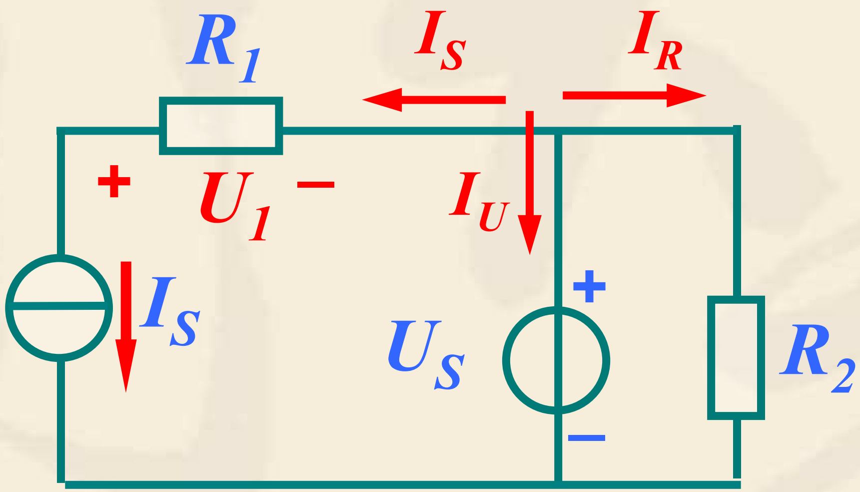


2 图示直流电路中：



(C) 理想电流源I_S的端电压由U_S和U_1共同决定

2 图示直流电路中：



(D) 流过理想电压源的电流与I_S无关

I_R与I_S无关， $I_U+I_S+I_R=0$

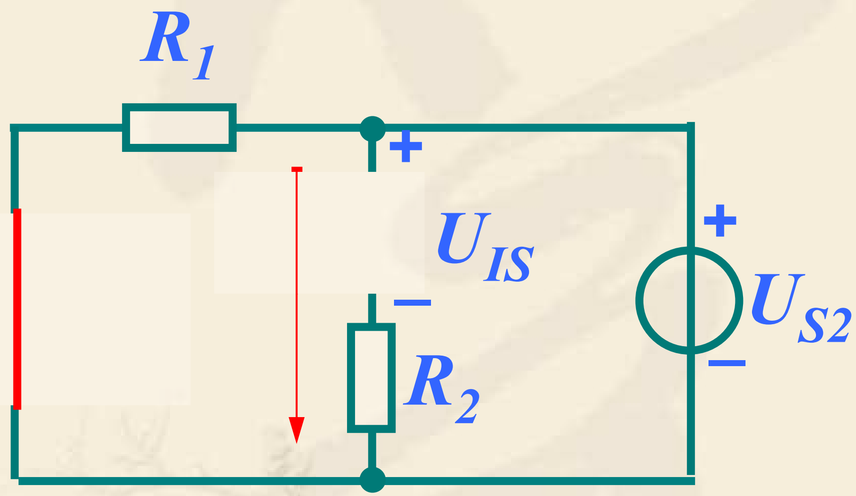
3 图示电路中，电压源U_{S2}单独作用时，电流源端电压分量U''_{IS}为：

(A) $U_{S2}-I_SR_2$

(B) U_{S2}

(C) 0

(D) I_SR_2



电压源短路　　电流源开路

$U_{S2}=U_{IS}+U_{R2}$　　R_2无电流，压降为0

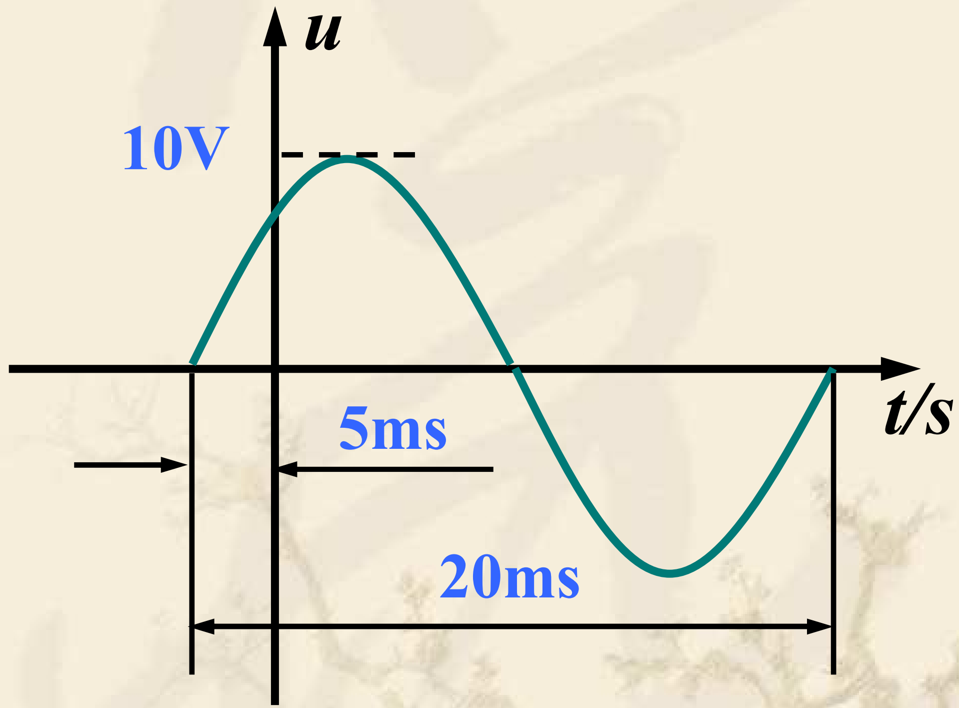
4 图中为某正弦电压的波形图，由图可知，该正弦量的:

(A) 有效值为10V

(B) 角频率为314rad/s

(C) 初相位为60°

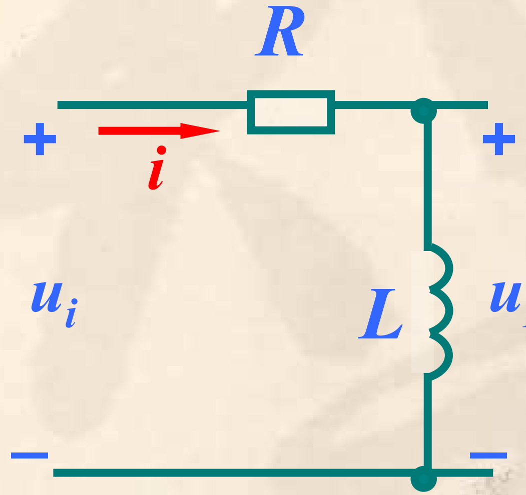
(D) 周期为(20-5)ms



$$f=\frac{1}{T}=50Hz$$

$$\omega=2\pi f=314rad/s$$

5 图示电路$u_i=\sqrt{2}U_i\sin(\omega t+\phi)$时，电感元件上的响应电压$u_L$的有效值$U_L$为：



$$(A)\ \frac{L}{R+L}U_i$$

$$(B)\ \frac{\omega L}{R+\omega L}U_i$$

$$(C)\ \frac{\omega L}{|R+j\omega L|}U_i$$

$$(D)\ \frac{j\omega L}{R+j\omega L}U_i$$

解：

$$\dot{I}=\frac{\dot{U}_i}{Z} \quad Z=R+j\omega L$$

$$I=\frac{U}{|Z|}$$

$$|Z|=\sqrt{R^2+(\omega L)^2}$$

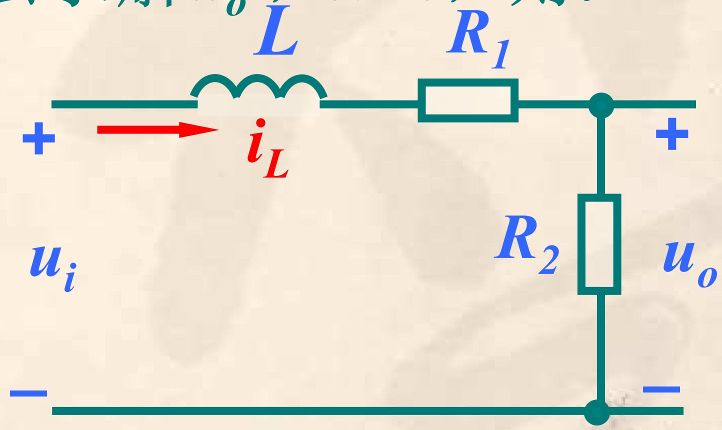
6 图a所示电路$R_1=R_2=500\,\Omega$，$L=1H$，电路激励u_i如图b所示，如用三要素法求解u_o，$t\geq 0$，则：

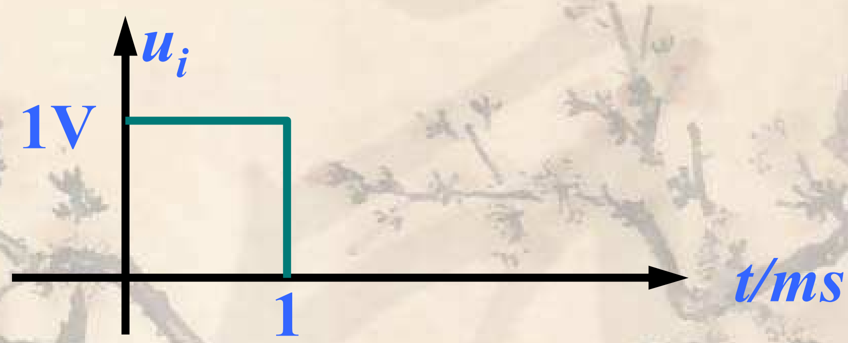
(A) $u_o(1_+)= u_o(1_-)$

(B) $u_o(1_+)=0.5V$

(C) $u_o(1_+)=0V$

(D) $u_o(1_+)= i_R(1_-)R_2$





解： $\tau=\dfrac{L}{2R}=1ms$

(A) *电阻上电压和电流可以跳变*

(B) $t=1ms$时电路状态尚未稳定，$u_o\neq 0.5V$

(D) $i_R(1_+)= i_L(1_+)= i_L(1_-)$

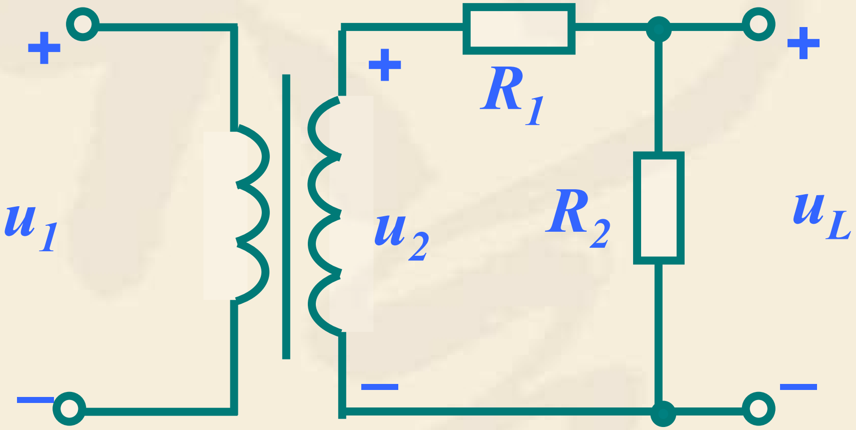
7 图示电路，$u_1=220\sqrt{2}\sin\omega t$，变压器为理想的，$N_1/N_2=2$，$R_1=R_2$，则输出电压与输入电压的有效值之比$U_L/U_1$为：

(A) 1/4

(B) 1

(C) 4

(D) 1/2



$$\frac{U_1}{U_2}=\frac{U_1}{2U_L}=\frac{N_1}{N_2}=2$$

8 额定转速为**1450*rpm***的三相交流异步电动机，空载运行时转差率：

$$(A)\ s=\frac{1500-1450}{1500}=0.033$$

$$(B)\ s=\frac{1500-1450}{1450}=0.035$$

$$(C)\ 0.033<s<0.035$$

$$(D)\ s<0.033$$

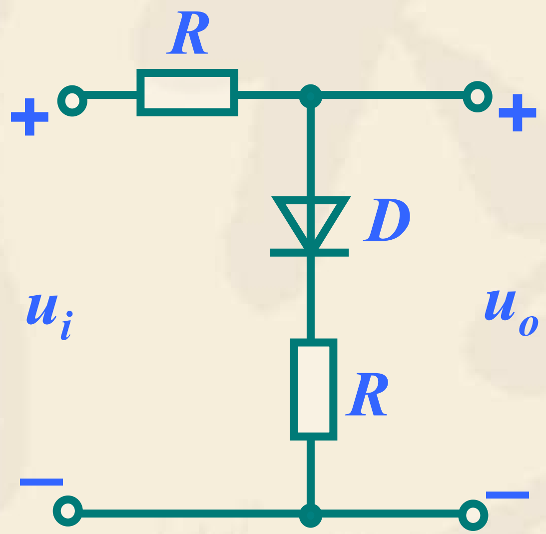
8 图示电路中，设D为理想半导体二极管，输入电压u_i按正弦规律变化，则在输入电压的负半周，输出电压：：

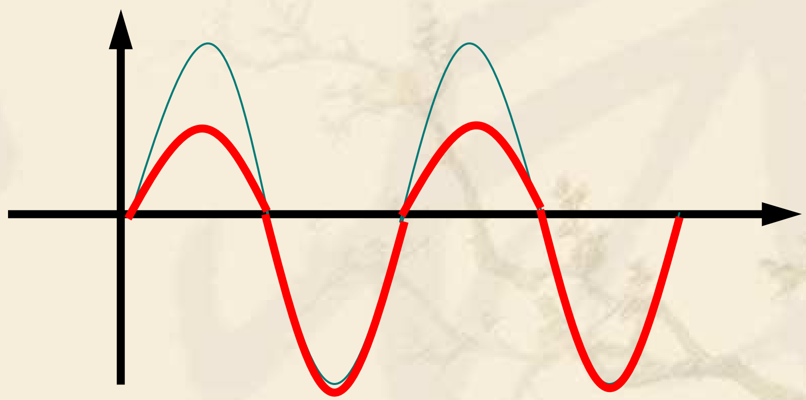
（A） $u_o=u_i$

（B） $u_o=0$

（C） $u_o=-u_i$

（D） $u_o=u_i/2$





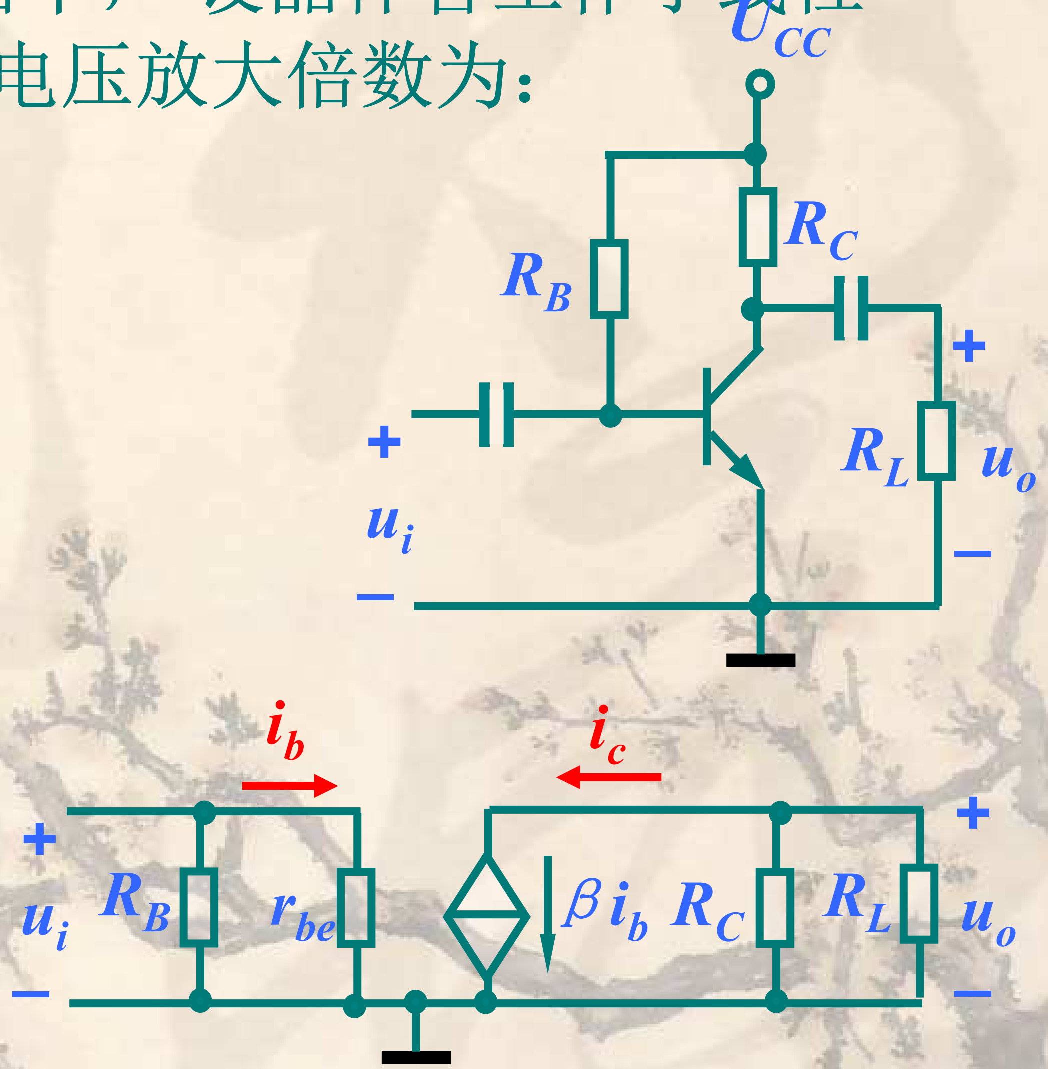
11 图示单管放大电路中，设晶体管工作于线性区，此时，该电路的电压放大倍数为：

(A) $A_u = -\dfrac{\beta R_C}{r_{be}}$

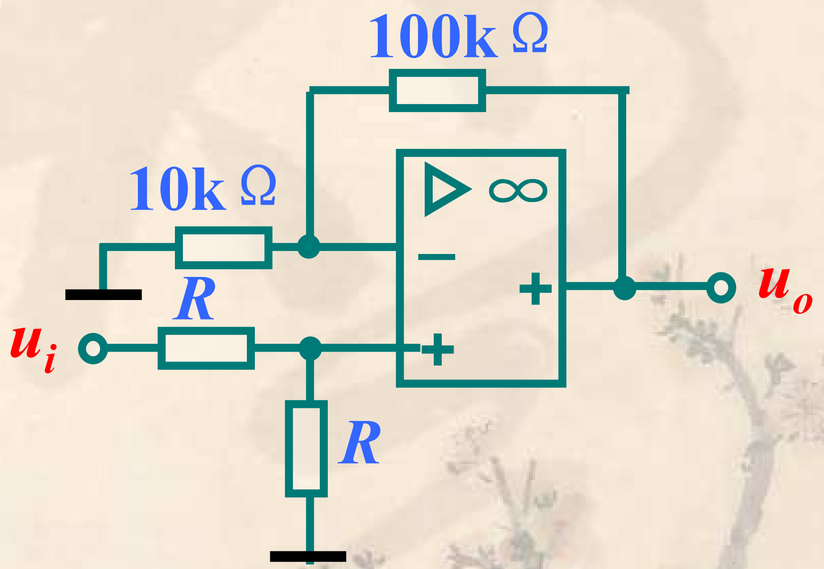
(B) $A_u = -\dfrac{\beta R_C}{r_{be} \,//\, R_B}$

(C) $A_u = -\dfrac{\beta (R_C \,//\, R_L)}{r_{be}}$

(D) $A_u = -\dfrac{\beta (R_C \,//\, R_L)}{r_{be} \,//\, R_B}$



12 图示电路，求输出电压与输入电压的运算关系



(A) $u_o=-10u_i$

(B) $u_o=10u_i$

(C) $u_o=11u_i$

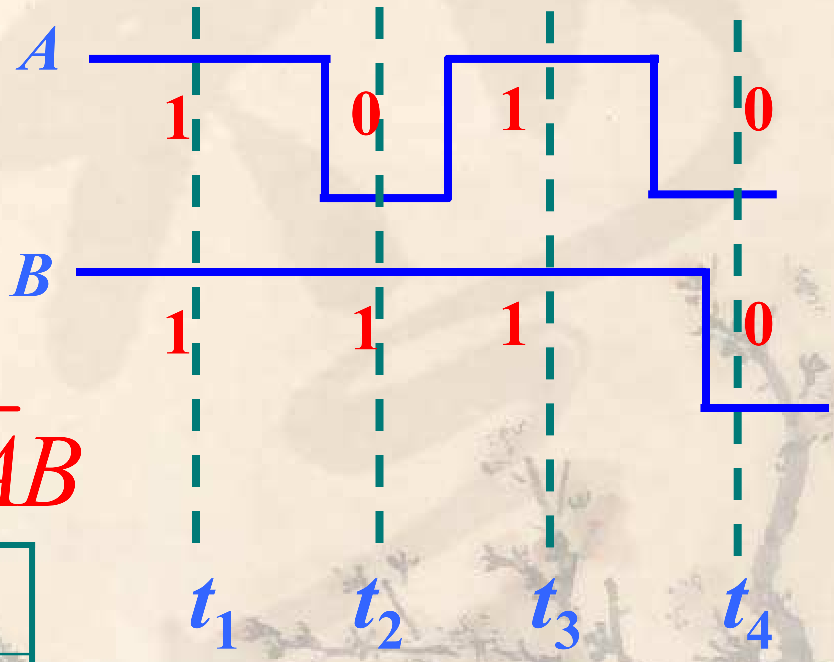
(D) $u_o=5.5u_i$

解：

$$u_+=\frac{1}{2}u_i$$

$$u_o=(1+\frac{R_F}{R_f})u_+=(1+\frac{100}{10})\frac{u_i}{2}$$

13 逻辑图和输入A、B的波形如图所示，分析当输出F为“1”时刻应是：



(A) t_1

(B) t_2

(C) t_3

(D) t_4

$$F = A\overline{B} + \overline{A}B$$

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

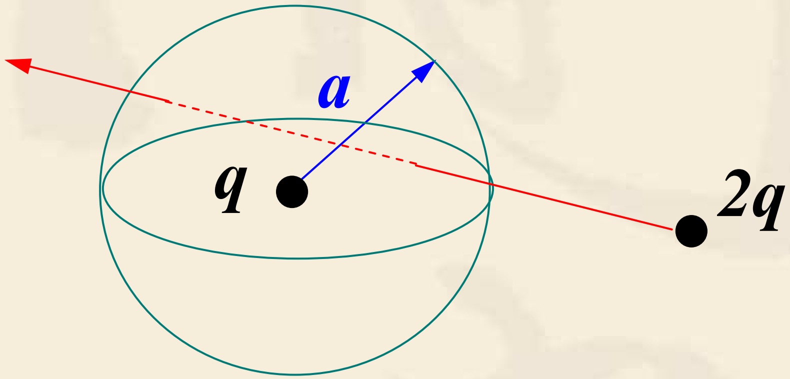
2007年度注册工程师资格考试

基础考试

（电工）

1 设真空中点电荷+q1和点电荷+q2，且q2=2q1，以+q1为中心，*a*为半径形成封闭球面，则通过该球面的电通量为:

(*A*) 3*q*1　　(*B*) 2*q*1　　(*C*) *q*1　　(*D*) 0



穿过球面的电通量仅与被球面包围的点电荷有关，且与半径r无关，与球外电荷也无关

$$\Phi_e = \oiint_S E dS = \iint_S \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} dS = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \oiint_S dS$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}(4\pi r^2) = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

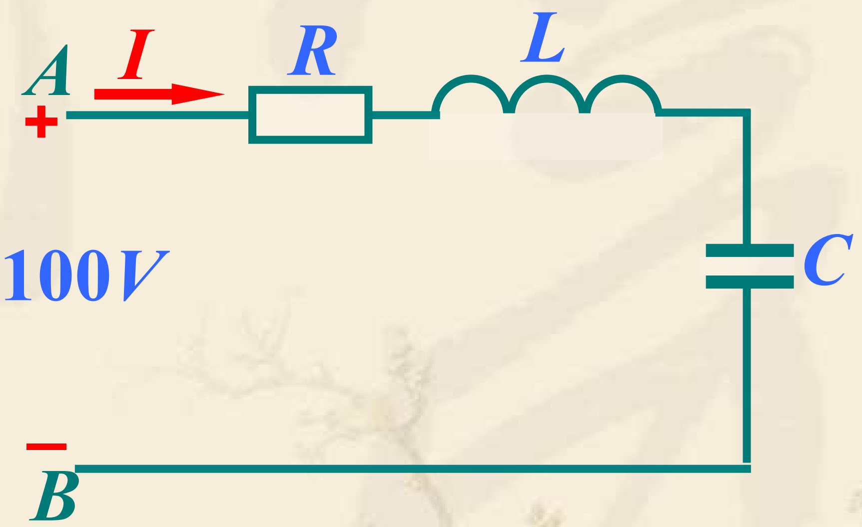
2 *RLC*串联电路如图，其中，R=1kΩ，L=1mH，C=1μF，如果用一个100V的直流电压加在该电路的A-B端口，则电路电流I为：

(A) 0A

(B) 0.1A

(C) -0.1A

(D) 100A



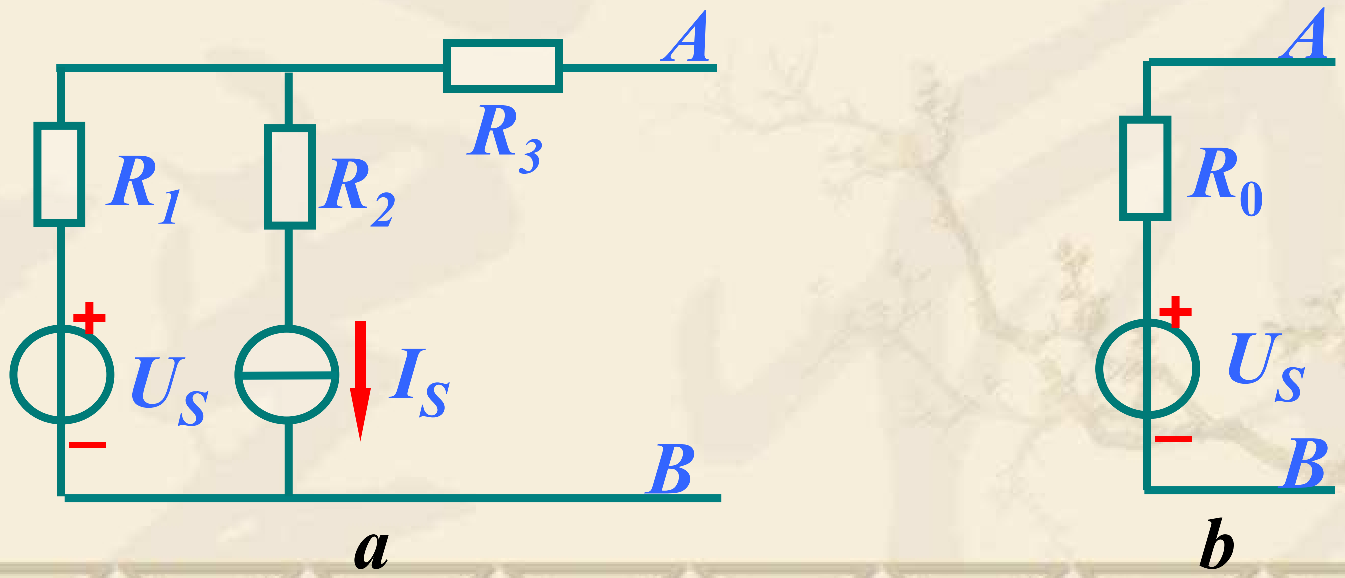
3 如果图*b*电压源与图*a*所示电路等效，则计算U_S和R_0的正确算式是：

$$(A)\ U_S' = U_S + I_S R_1,\ R_0 = R_1 // R_2 + R_3$$

$$(B)\ U_S' = U_S - I_S R_1,\ R_0 = R_1 // R_2 + R_3$$

$$(C)\ U_S' = U_S - I_S R_1,\ R_0 = R_1 + R_3$$

$$(D)\ U_S' = U_S + I_S R_1,\ R_0 = R_1 + R_3$$



4 当RLC串联电路发生谐振时，一定有：

(A) $L=C$

(B) $\omega L=\omega C$

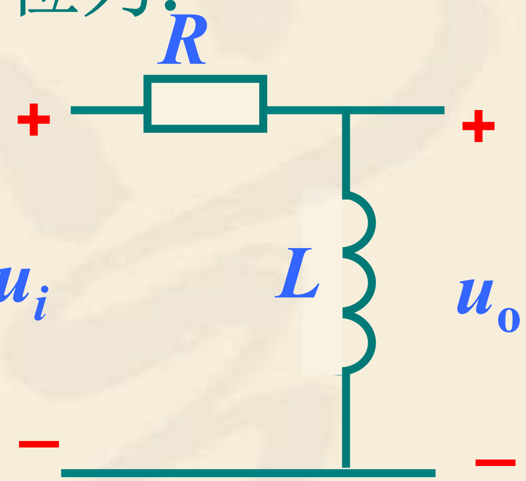
(C) $\omega L=\dfrac{1}{\omega C}$

(D) $U_L+U_C=0$

5 当图示电路的激励电压 $u_i = \sqrt{2}U_i \sin(\omega t + \varphi)$ 时，电感元件上的响应电压u_o的初相位为：

(A) $90° - tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R}$ (B) $90° - tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R} + \varphi$

(C) $tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R}$ (D) $\varphi - tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R}$



$$\dot{U}_i = U_i\angle\varphi$$

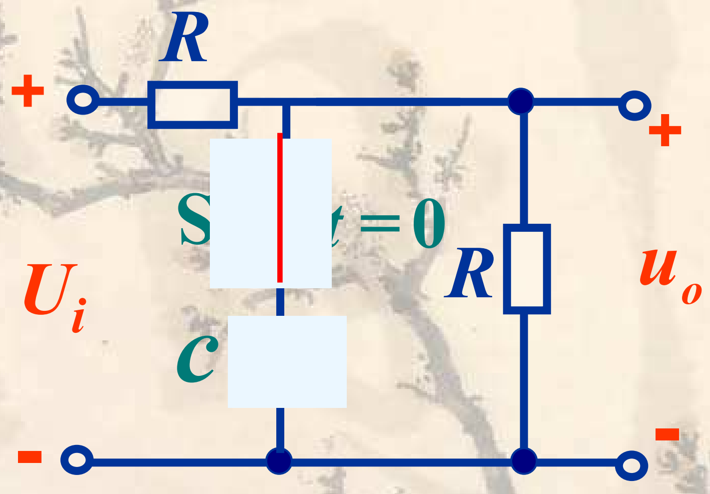
$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_i}{Z} = \frac{U_i\angle\varphi}{|Z|\angle tg^{-1}\dfrac{\omega L}{R}}$$

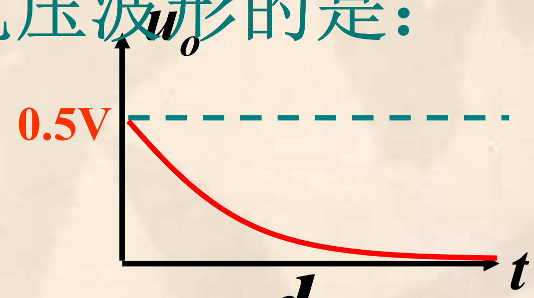
$$= I\angle(\varphi - tg^{-1}\frac{\omega L}{R})$$

$$\dot{U}_L = j\omega L\dot{I}$$

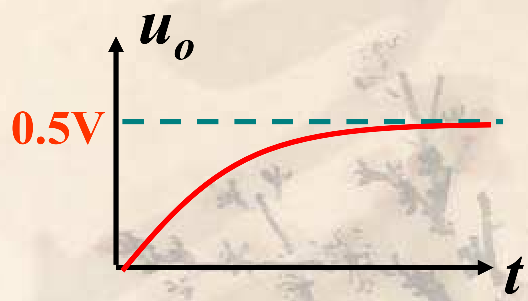
$$= \omega L I\angle(90° + \varphi - tg^{-1}\frac{\omega L}{R})$$

6 图示电路，R=1$k\Omega$，C=1μF，U_i=1V，如开关在t=0时刻闭合，则给出输出电压波形的是：



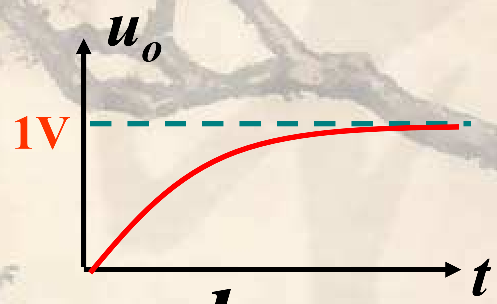


d



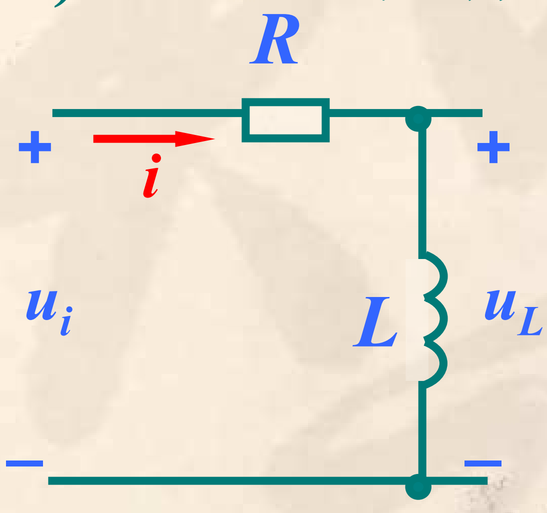
c

a



b

5 图示电路$u_i=\sqrt{2}U_i\sin(\omega t+\phi)$时，电感元件上的响应电压$u_L$的有效值$U_L$为:



(A) $\dfrac{L}{R+L}U_i$

(B) $\dfrac{\omega L}{R+\omega L}U_i$

(C) $\dfrac{\omega L}{|R+j\omega L|}U_i$

(D) $\dfrac{j\omega L}{R+j\omega L}U_i$

解:

$$U_L = IX_L$$

$$I=\frac{U_i}{|Z|}$$

$$|Z|=\sqrt{R^2+(\omega L)^2}$$

06考题

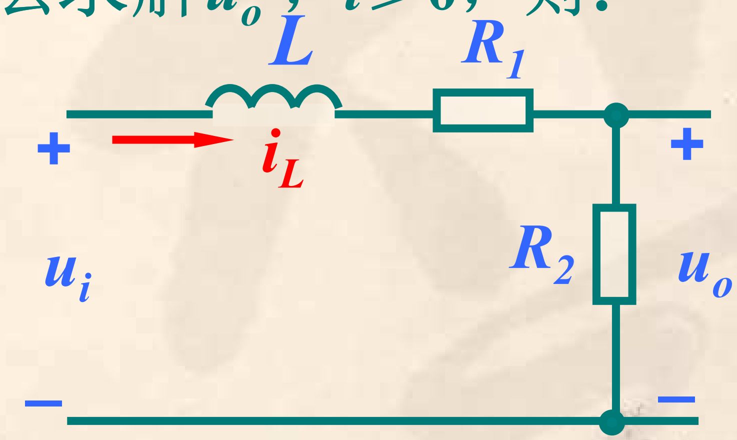
6　图a所示电路R_1=R_2=500Ω，L=1H，电路激励u_i如图b所示，如用三要素法求解u_o，t≥0，则：

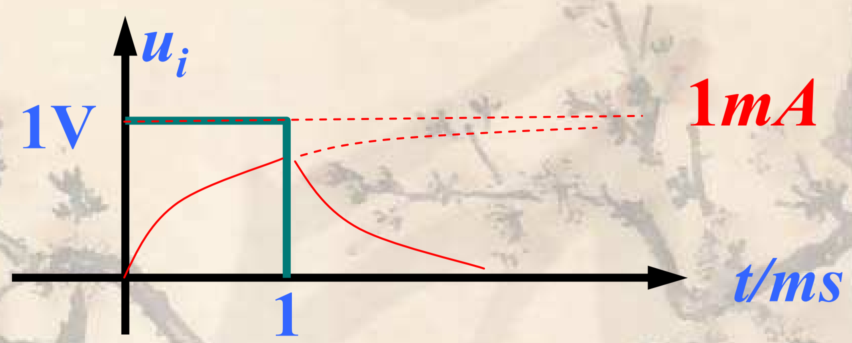
(A) $u_o(1_+)= u_o(1_-)$

(B) $u_o(1_+)$=0.5V

(C) $u_o(1_+)$=0V

(D) $u_o(1_+)= i_R(1_-)R_2$





解：$\tau = \dfrac{L}{2R} = 1ms$

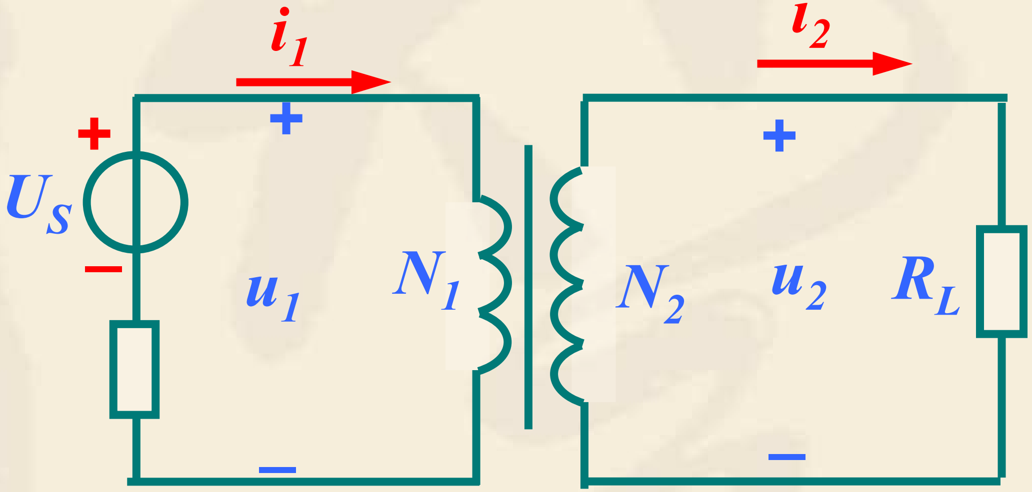
(A) *电阻上电压和电流可以跳变*

(B) t=1ms时电路状态尚未稳定，u_o≠0.5V

(D) $i_R(1_+)= i_L(1_+)= i_L(1_-)$

06考题

7 图示电路，变压器为理想的， 则当$u_i=220\sqrt{2}\sin\omega t$ V时：



(A) $U_2=\dfrac{N_1}{N_2}U_1$

(B) $I_2=\dfrac{N_1}{N_2}I_1$

(C) $P_2=\dfrac{N_1}{N_2}P_1$

(D) 以上A、B、C均不成立

8有一台6kW的三相异步电动机，其额定运行转速为1489*rpm*，额定电压为380V，全压启动转矩是额定转矩的1.2倍，现采用△-Y启动以降低其启动电流，此时的启动转矩为：

(A) 15.39*Nm*

(B) 26.82*Nm*

(C) 38.7*Nm*

(D) 46.44*Nm*

$$T_N = 9550\frac{P_N}{n_N}$$

$$= 9550\frac{6(kW)}{1489rpm} = 38.48\,\text{N.m}$$

$$T_{NST} = 1.2 \times 38.48 = 46.17\,\text{N.m}$$

$$U_P = \frac{U_l}{\sqrt{3}}$$

$$(T_{st} \propto U^2) \Rightarrow T_{stY} = \frac{1}{3}T_{st\Delta}$$

07考题

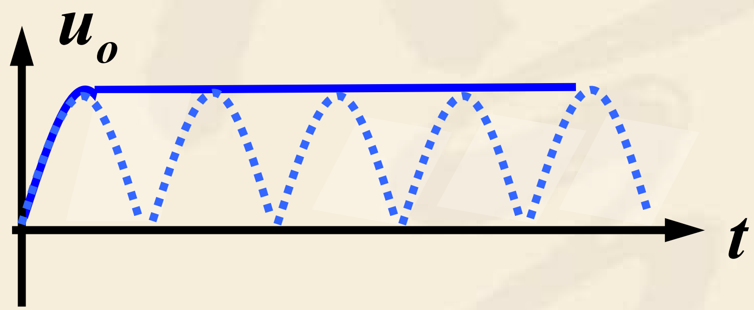
9 全波整流、滤波电路如图所示，如果输入信号 u_i=10sin(ωt+30°)V，则开关闭合前，输出电压u_o为：

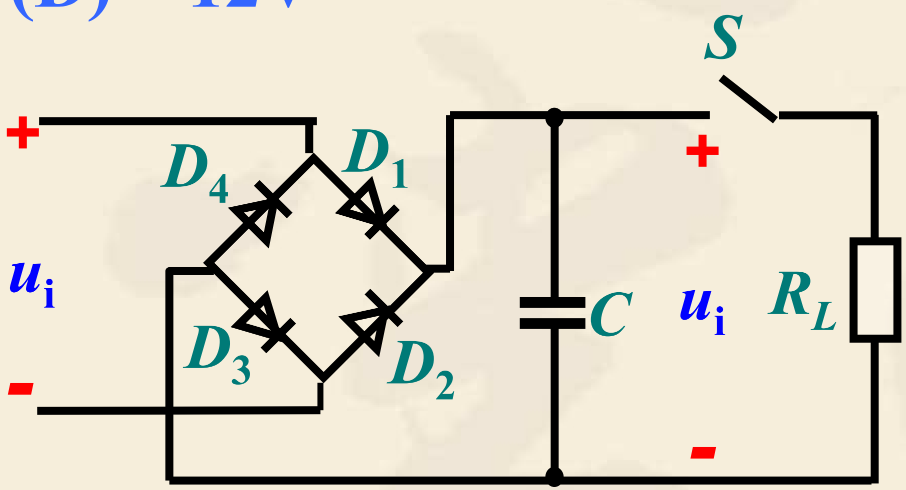
(A)　0V

(B)　7.64V

(C)　10V

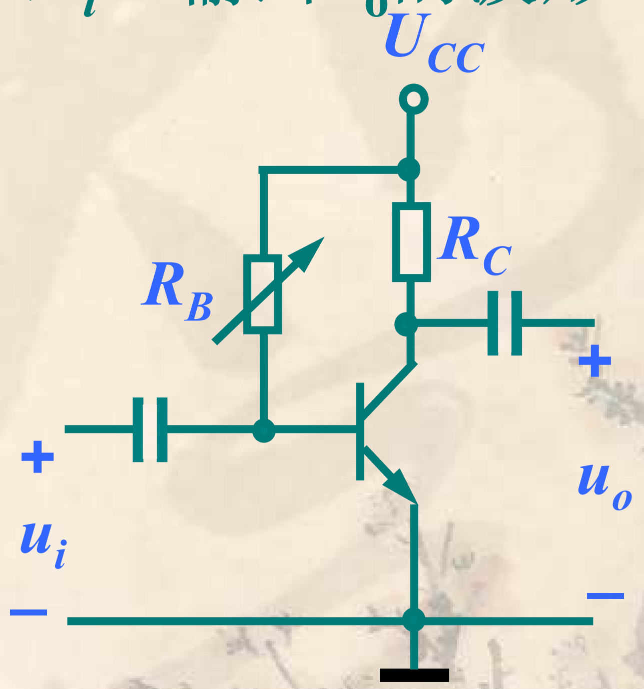
(D)　12V





u_{o2}

10 图示单管放大电路中，当输入u_i、输出u_o的波形如图所示时，输出波形：

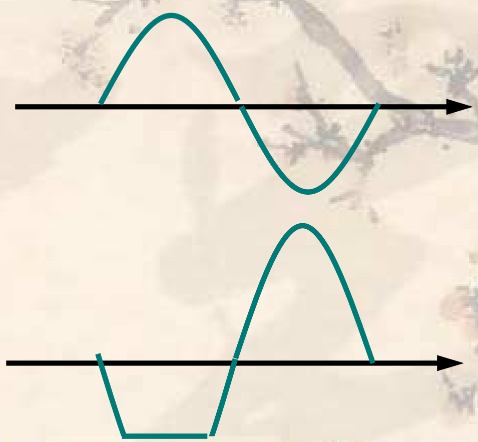


(A) 出现饱和失真，应调大R_B

(B) 出现饱和失真，应调小R_B

(C) 出现截止失真，应调大R_B

(D) 出现截止失真，应调小R_B



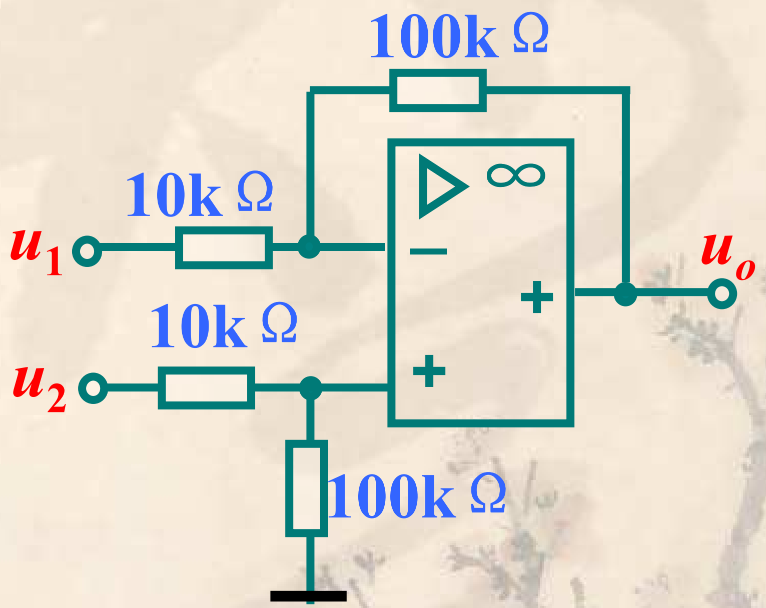
11 图示电路，求输出电压与输入电压的运算关系

(A) $u_o=10(u_1-u_2)$

(B) $u_o=10(u_2-u_1)$

(C) $u_o=-10u_1+11u_2$

(D) $u_o=10u_1-11u_2$



解：$u_+ = \dfrac{100}{110}u_2$

$$u_o'' = (1+\frac{100}{10})u_+ = 11\times\frac{100}{110}u_2 = 10u_2$$

$$u_o' = -\frac{100}{10}u_1 = -10u_1$$

12 图示电路具有

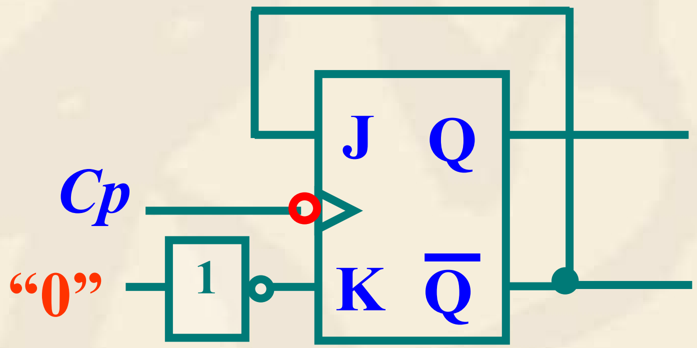
A) 保持功能

B）置“0”功能

C）置“1”功能

D）计数功能

$$Q^{n+1} = J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n$$
$$= \bar{Q}^n\bar{Q}^n + 0Q^n = \bar{Q}^n$$



JK触发器状态表

	J	K	Q^{n+1}
	0	0	Q^n
Q=1	0	1	0
	1	0	1
Q=0	1	1	$\bar{Q}^n$

2008年度注册工程师资格考试

基础考试

（电工）

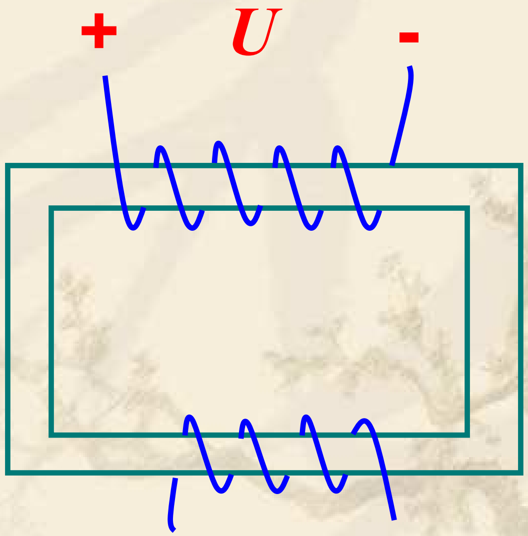
1 图示电路中，磁性材料上绕有两个导电线圈，若上方线圈加的是100V的直流电压，则：

（A）下方线圈两端不会产生磁感应电动势

（B）下方线圈两端产生磁感应电动势，方向为左"—"右"＋"

（C）下方线圈两端产生磁感应电动势，方向为左"＋"右"—"

（D）磁性材料内部的磁通取逆时针方向



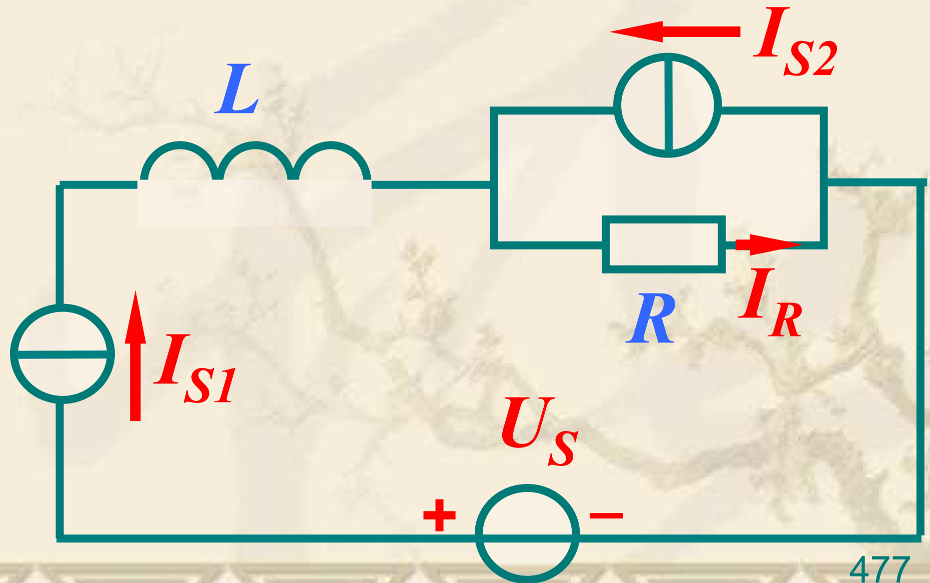
2 图示电路中，I_{S1}、I_{S2}、U_S均为已知的恒定直流量，设流过电阻上的电流I_R如图所示，则下列说法正确的是：

(A)按照基尔霍夫电流定律，可求得$I_R=I_{S1}+I_{S2}$

(B) 按照基尔霍夫电流定律，可求得$I_R=I_{S1}-I_{S2}$

(C) 因为电感元件的直流电路模型是短接线，所以$I_R=U_S/R$

(D) 因为电感元件的直流电路模型是断路，所以$I_R=I_{S2}$



C

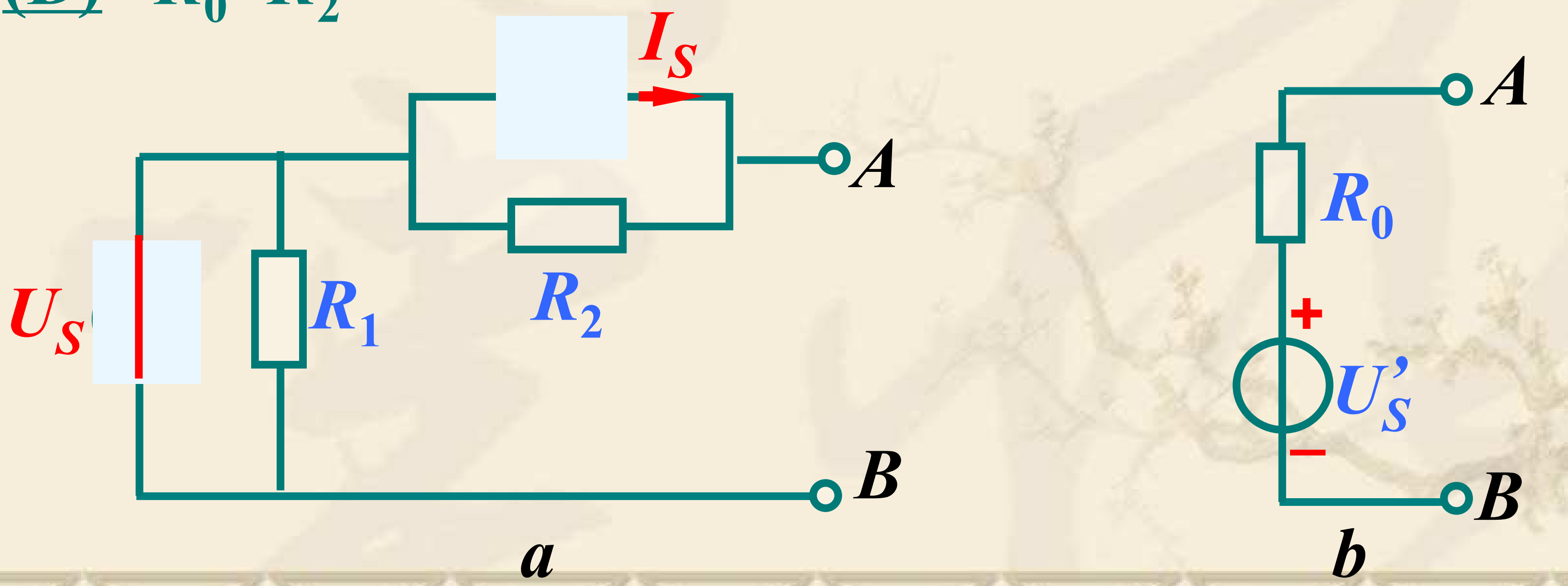
3 图*a*电路按戴维南定理等效成图*b*所示电压源时，计算R_0的正确算式是：

(A)$R_0=R_1//R_2$

(B) $R_0=R_1+R_2$

(C) $R_0=R_1$

(D) $R_0=R_2$



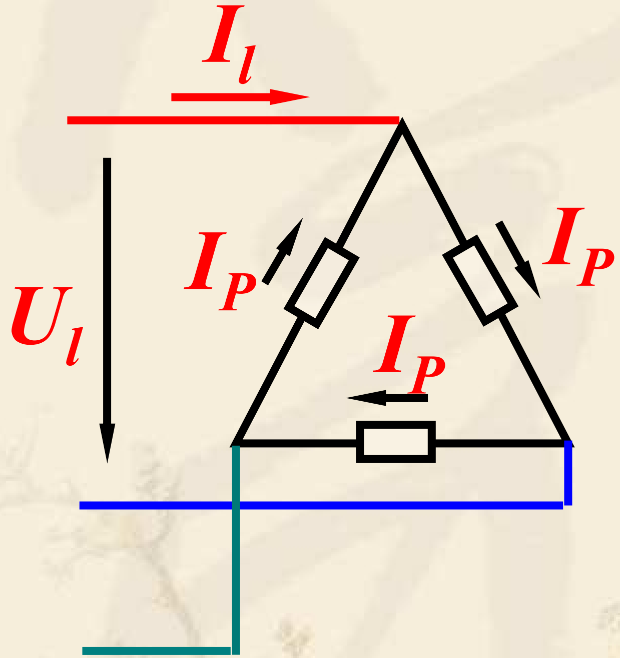
4 有三个100 Ω 的线性电阻接成△形三相对称负载，然后挂接在线电压为220V的三相对称电源上，这时供电线路上的电流应为：

(A)　6.6A

(B)　3.8A

(C)　2.2A

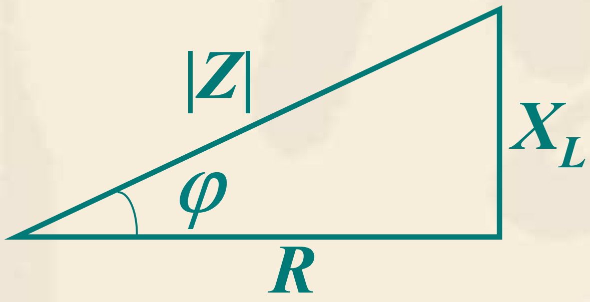
(D)　1.3A



$$I_P = \frac{U_P}{R} = \frac{U_l}{R} = 2.2A$$

$$I_l = \sqrt{3} I_P = 3.8A$$

5 某功率因数为0.4的感性负载，外加100V的直流电压时，消耗功率100W，则该感性负载的感抗为：



(A) 100 Ω

(B) 229 Ω

(C) 0.73 Ω

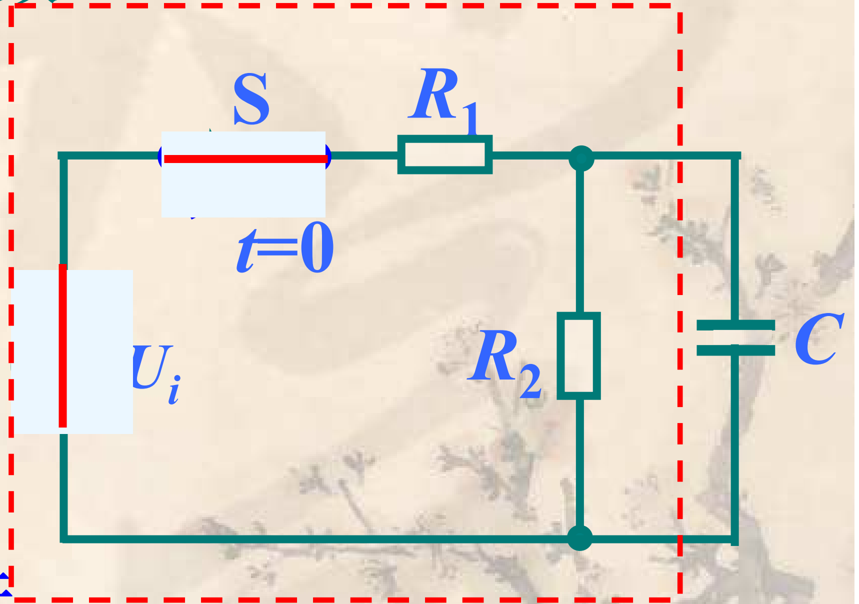
(D) 329 Ω

$$R=\frac{U^2}{P}=100\Omega$$

$$|Z|=\frac{R}{cos\varphi}=250\Omega$$

$$X_L=\sqrt{|Z|^2 - R^2}=229\Omega$$

6 图示电路中，电容的初始能量为0，设开关S在t=0时刻闭合，此后电路将发生过渡过程，那么，决定过渡过程进程的时间常数：



(A) $\tau=(R_1+R_2)C$

(B) $\tau=(R_1//R_2)C$

(C) $\tau=R_2C$

(D) 与电路的外加激励U_i有关

7 实际变压器工作时：

(A) 存在铁损，不存在铜损

(B) 存在铜损，不存在铁损

(C) 铁损、铜损均存在

(D) 铁损、铜损均不存在

8 在电动机的继电接触控制电路中，实现零压保护的电器是:

(A) 停止按钮

(B) 热继电器

(C) 时间继电器

(D) 交流接触器

9 图示电路中，若输入电压u_i=10sin(ωt+30°)V,则输出电压的平均值U_L为：

桥式整流U_o=0.9U_i

U_o是平均值，U_i是有效值

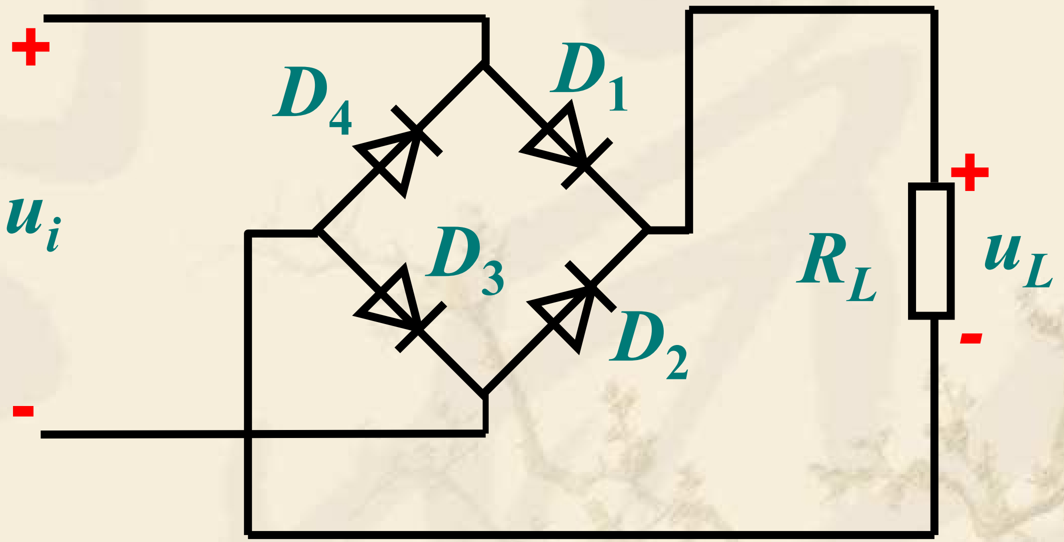
(A) 3.18V

(B) 5V

(C) 6.36V

(D) 10V

$$U_o = 0.9 \times \frac{10}{\sqrt{2}}$$



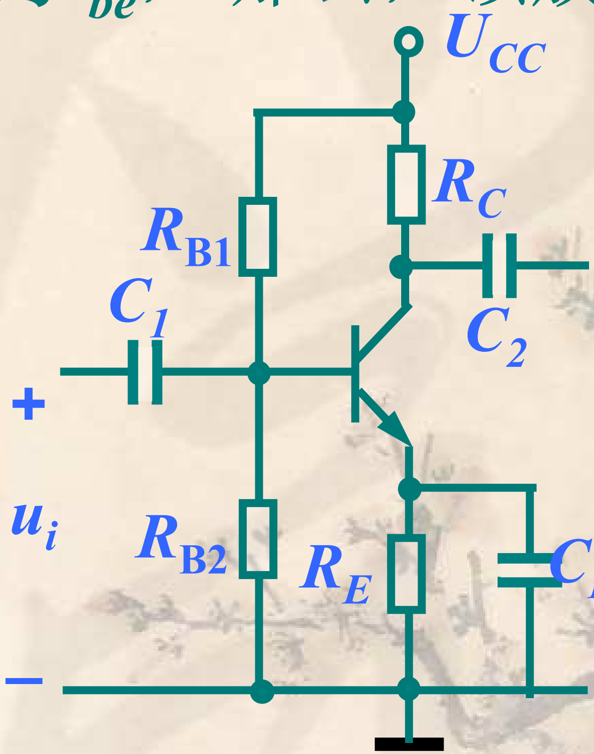
10 晶体管单管放大电路如图所示，当晶体管工作于线性区时，晶体管的输入电阻为r_{be}， 那么，该放大电路的输入电阻为：

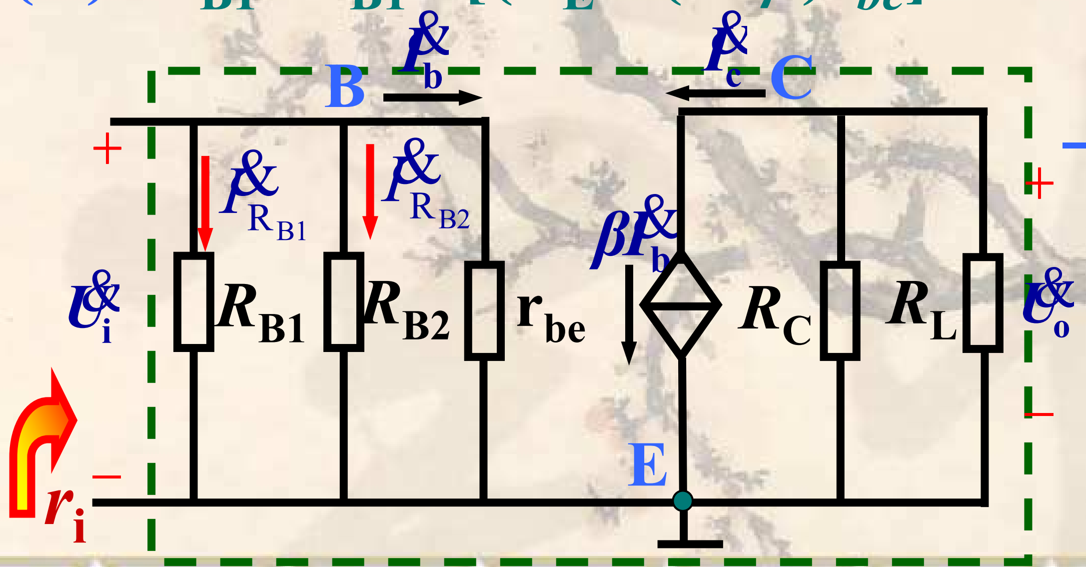
(A) r_{be}

(B) $R_{B1}//R_{B1}//r_{be}$

(C) $R_{B1}//R_{B1}//(R_{B1}+r_{be})$

(D) $R_{B1}//R_{B1}//[(R_E+(1+\beta)r_{be}]$





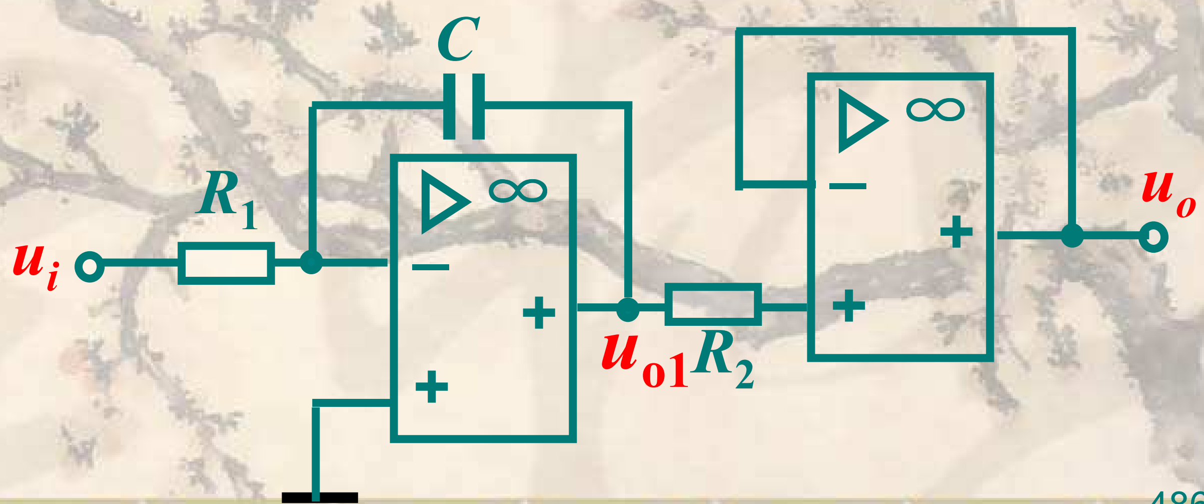
11 图示电路，求输出电压与输入电压的运算关系

(A) $u_o = -\dfrac{1}{R_1 C}\int u_i dt$

(B) $u_o = \dfrac{1}{R_1 C}\int u_i dt$

(C) $u_o = -\dfrac{1}{(R_1 + R_2)C}\int u_i dt$

(D) $u_o = \dfrac{1}{(R_1 + R_2)C}\int u_i dt$



12 图示电路Q_1、Q_0的原状态为“11”，当送入二个C脉冲后的新状态为：

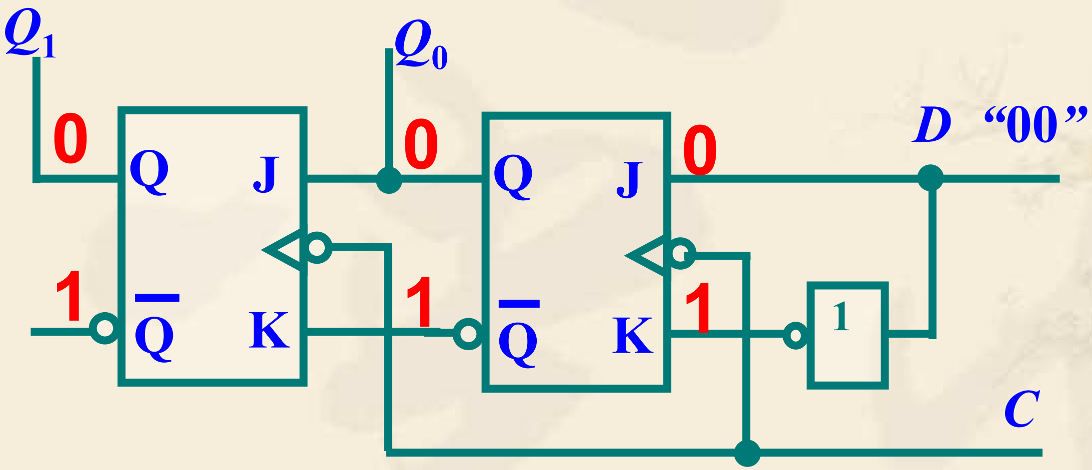
<u>A)</u> “0 0”

B）“0 1”

C）“1 1”

D）“1 0”

$$Q^{n+1} = J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n$$



JK触发器状态表

J	K	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\bar{Q}^n$