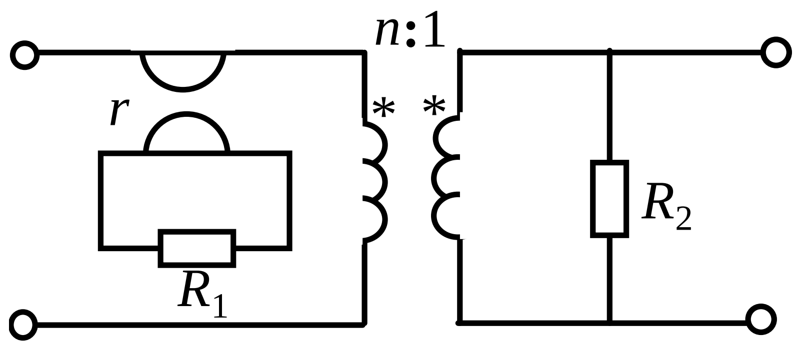
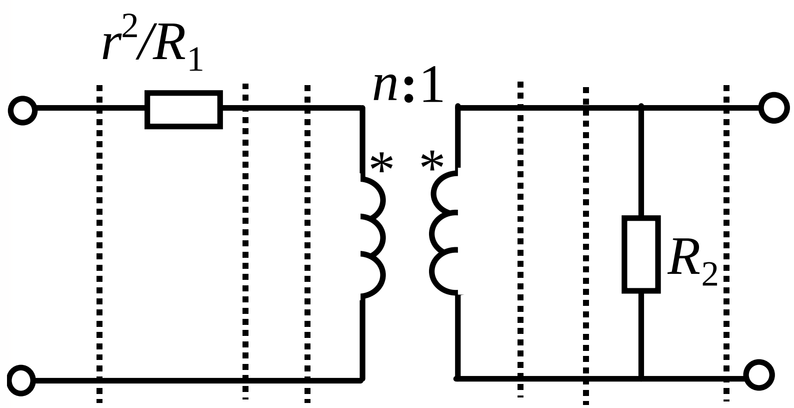
# 习 题 课

1．求如图所示双口网络的 T 参数矩阵。




$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & \dfrac{r^2}{R_1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

解




$$T_2 = \begin{bmatrix} n & 0 \\ 0 & \dfrac{1}{n} \end{bmatrix}$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{R_2} & 1 \end{bmatrix}$$

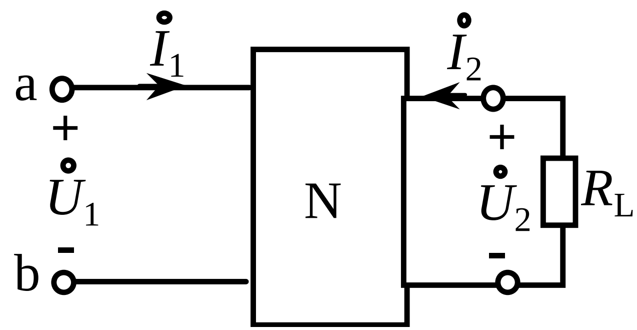
$$T = T_1 \times T_2 \times T_3 = \begin{bmatrix} 1 & \dfrac{r^2}{R_1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n & 0 \\ 0 & \dfrac{1}{n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{R_1} & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} n + \dfrac{r^2}{R_1 R_2} & \dfrac{r^2}{nR_1} \\ \dfrac{1}{nR_2} & \dfrac{1}{n} \end{bmatrix}$$

**2 .**如图所示双口网络N的传输参数矩阵为$T=\begin{bmatrix} 5\times10^{-4} & -10\Omega \\ -10^{-6}S & -10^{-2} \end{bmatrix}$

当$R_L$=40kΩ时，求$Z_{ab}$。

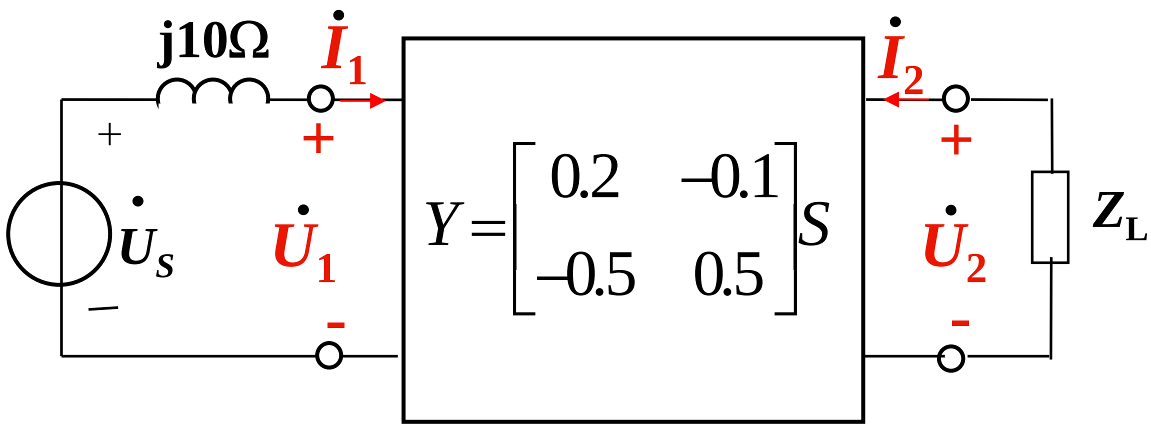
**解**




$$Z_{ab}=\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}=\frac{A\dot{U}_2+B(-\dot{I}_2)}{C\dot{U}_2+D(-\dot{I}_2)}=\frac{A(-R_L\dot{I}_2)+B(-\dot{I}_2)}{C(-R_L\dot{I}_2)+D(-\dot{I}_2)}$$

$$=\frac{AR_L+B}{CR_L+D}=-200\Omega$$

3.图示电路中Y为无源双口网络的Y参数矩阵，已知电压源 $\dot{U}_S=10\angle 0^\circ\,\mathrm{V}$，问负载$Z_L$为何值时获得最大功率？求最大功率$P_{max}$。（共轭匹配）




解：由已知的Y参数矩阵，有

$$\begin{cases}\dot{I}_1=0.2\dot{U}_1-0.1\dot{U}_2\\ \dot{I}_2=-0.5\dot{U}_1+0.5\dot{U}_2\end{cases}$$

由图可以看出，$j10\dot{I}_1+\dot{U}_1=\dot{U}_S$

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = 0.2\dot{U}_1 - 0.1\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = -0.5\dot{U}_1 + 0.5\dot{U}_2 \end{cases}$$

由图可以看出，$j10\dot{I}_1 + \dot{U}_1 = \dot{U}_S$

当 $\dot{I}_2 = 0$ 时， 求得 $\dot{U}_{OC} = 10\sqrt{2}\angle -45°V$

当 $\dot{U}_2 = 0$ 时， 求得 $\dot{I}_{SC} = \dfrac{10}{1+j2}A$

从而，有

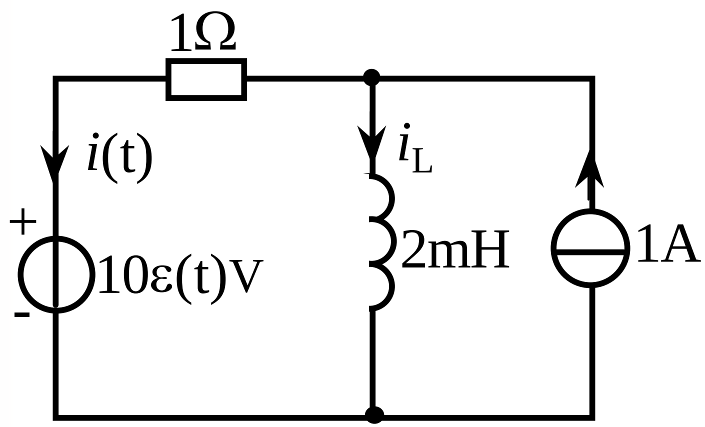
$$Z_{eq} = \frac{\dot{U}_{OC}}{\dot{I}_{SC}} = 3 + j\ \Omega$$

所以，当 $Z_L = Z_{eq}^{\ *} = 3 - j\ \Omega$ 时，$Z_L$获得最大功率

最大功率为

$$P_{\max} = \frac{U_{OC}^2}{4R} = \frac{(10\sqrt{2})^2}{4\times 3} = 16.67W$$

4. 如图所示电路，求$\boldsymbol{i(t)}$，$\mathbf{t\geq 0}$。




解

$i_L(0-)=i_L(0+)=1\text{A}$

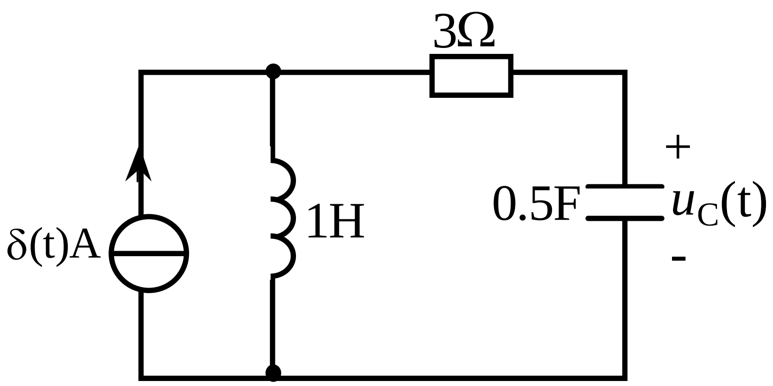
$i_L(\infty)=11\text{A}$

$\tau=L/R=2\text{ ms}$

$i_L(t)=11+(-10)e^{-500t}\text{ A}$ $\quad(\mathbf{t\geq 0})$

$i(t)=1-i_L(t)=-10(1-e^{-500t})\text{ A}$ $\quad(\mathbf{t\geq 0})$

**5.**问如图所示二阶电路中$u_C(t)$的动态过程属于什么性质？



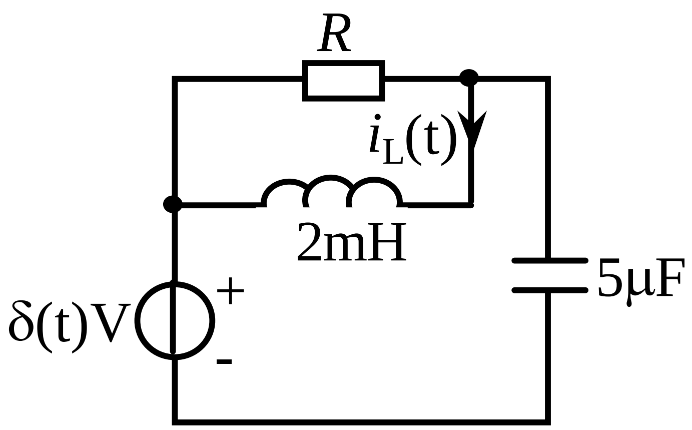

解

$$2\sqrt{\frac{L}{C}} = 2\sqrt{\frac{1}{0.5}} = 2\sqrt{2}$$

$$R = 3\Omega > 2\sqrt{2}$$

过阻尼非振荡放电过程

6．二阶电路如图所示，在t>0时，$R$=？值时$i_L$(t)的动态过程属于临界阻尼响应。

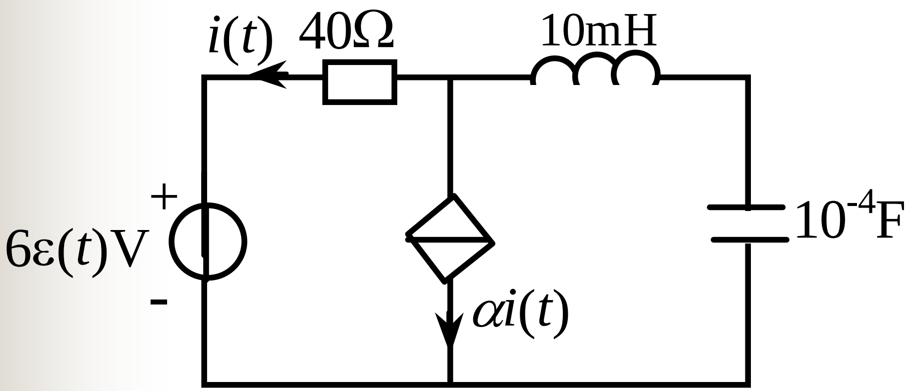



解

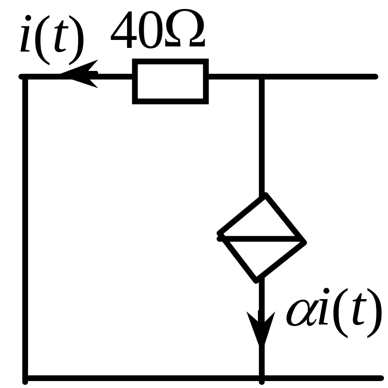
$$R=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{2\times10^{-3}}{5\times10^{-6}}}=10\ \Omega$$

**7.**如图所示二阶动态电路，问图中α为何值时电路处于过阻尼状态?

解




**1.先求等效电阻**




$$R_{eq} = \frac{40}{1+\alpha}$$

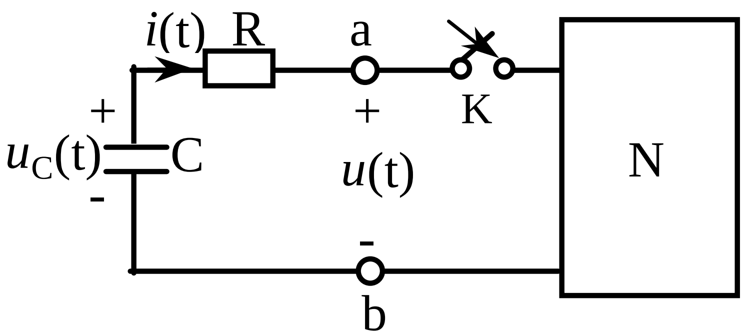
**2.处于过阻尼状态的条件**

$$R > 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 20$$

**3.解不等式**

**-1<α<1**

8．如图所示电路，N为含源线性电阻网络，当$t<0$时电路处于稳态，$t=0$时，开关K闭合，已知$R=1\Omega, C=0.25F$，$u_C(0-)=8$ V，$i(t)=2e^{-2t}$ A（$t\geq0$）求 a,b间电压$u(t)$, $t\geq0$。




**解法1　列KVL方程**

$$u(t) = -Ri(t) - \frac{1}{C}\int_0^t i(t)dt + u_C(0+)$$

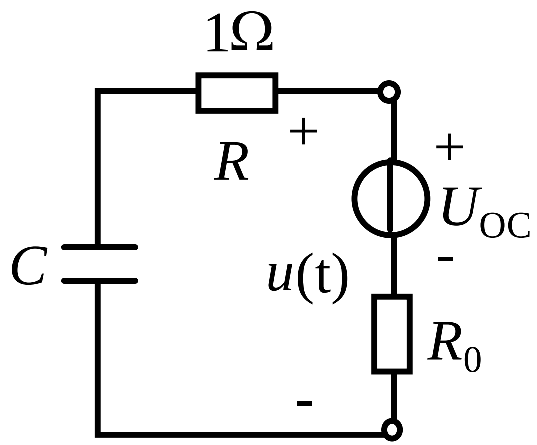
$$= -2e^{-2t} - \frac{1}{0.25}\int_0^t 2e^{-2\xi}d\xi + 8$$

$$= -2e^{-2t} + 4(e^{-2t} - 1) + 8 = 4 + 2e^{-2t} \text{ V}$$

## 解法2 三要素法

$$u_C(0-)=u_C(0+)=8\text{V}$$

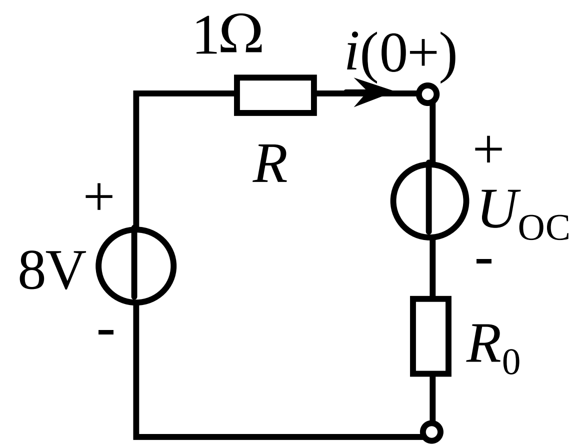
设戴维南等效电路如图所示




$$\tau=(R+R_0)\cdot C=(R_0+1)\times 0.25=\frac{1}{2}$$

所以，有 $R_0=1\Omega$

由戴维南等效电路画出0＋电路图如图所示




由0＋电路图求等效电路的$U_{OC}$

$i(0+)=2e^{-2\times 0}=2$ A

所以，有

$u_{OC}=-2i(0+)+8=4$ V

$u_C(\infty)=u_{oC}=4$V

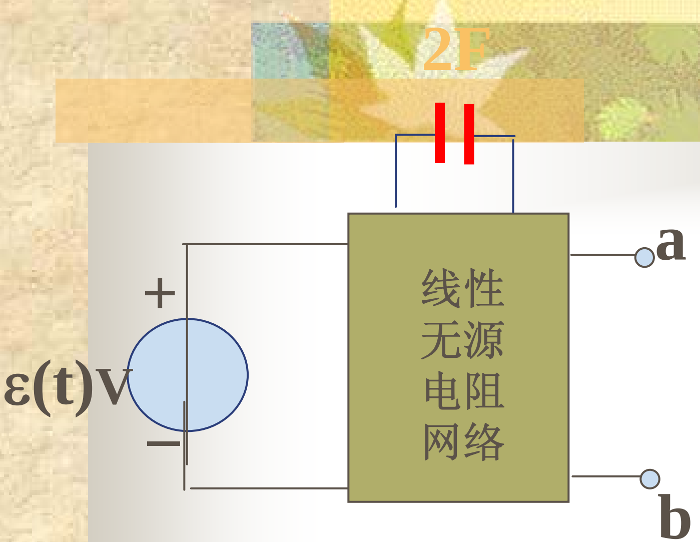
由三要素法，得

$u_C(t)=4+(8-4)\,e^{-2t}$ V（t≥0）

从而，有

$u(t)=-Ri(t)+u_C(t)=4+2\,e^{-2t}$ V（t≥0）

**9.** 如图所示电路中，已知




$$U_C(0_-)=0V,\ u_{ab}(t)=\frac{1}{2}+\frac{1}{8}e^{-0.25t}V,\ t\geq 0$$

**若C的位置接的是2H电感时$i_L(0-)=0A$，求$u_{ab}(t)$.**

| 状态 | C | L |
|---|---|---|
| 0+时刻 | 短路 | 开路 |
| 稳态(∞时刻) | 开路 | 短路 |

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

**解：（1）求$u_{abL}$的单位阶跃响应：**

$\tau_1=RC=4$ s

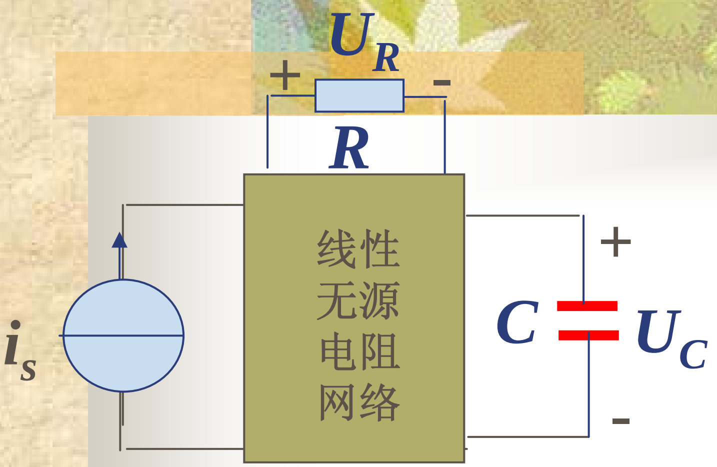
$R=4/C=2\ \Omega$

$\tau_2=L/R=1$ s

$$u_{abL}(0+)=u_{abC}(\infty)=\frac{1}{2}+\frac{1}{8}e^{-0.25\times\infty}=\frac{1}{2}V$$

$$u_{abL}(\infty)=u_{abC}(0+)=\frac{1}{2}+\frac{1}{8}e^{-0.25\times 0}=\frac{5}{8}V$$

根据三要素法：$u_{abL}=\frac{5}{8}+(\frac{1}{2}-\frac{5}{8})e^{-t}=\frac{5}{8}-\frac{1}{8}e^{-t}V,\ t\geq 0$




**10.** 如图所示电路中，已知N为线性无源电阻网络, $U_C(0\text{-})=0V$, $i_s$为单位阶跃激励时，

$$U_C(t)=(1-e^{-t})V,\ u_R(t)=(1-\frac{1}{4}e^{-t})V$$

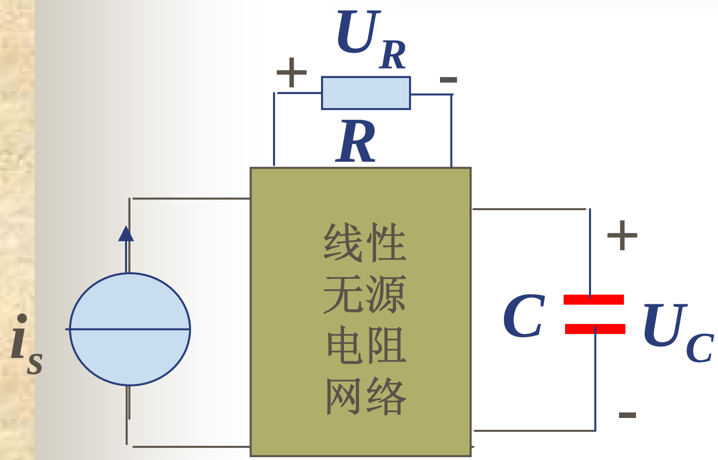
若 $i_s(t)=2\times 1(t)A$，而且 $u_C(0_-)=3V$

求此时的$u_R(t)$.

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

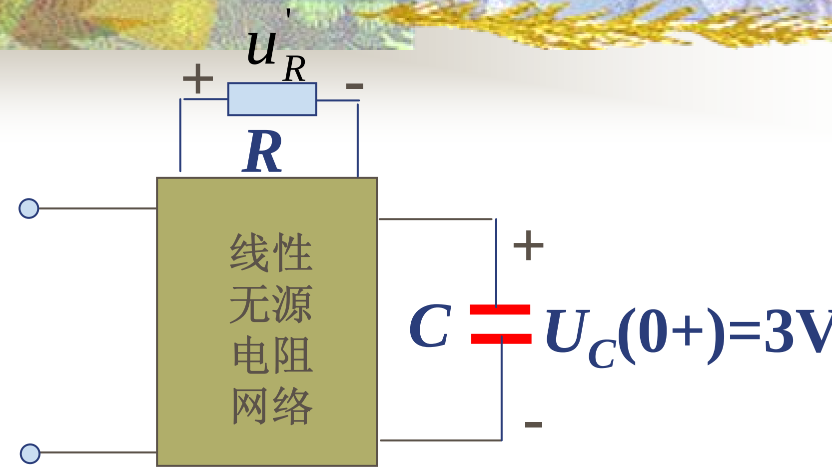
$$f(t)=f(\infty)(1-e^{-\frac{t}{\tau}})+f(0_+)e^{-\frac{t}{\tau}}\qquad t\geq 0$$

零状态响应 + 零输入响应



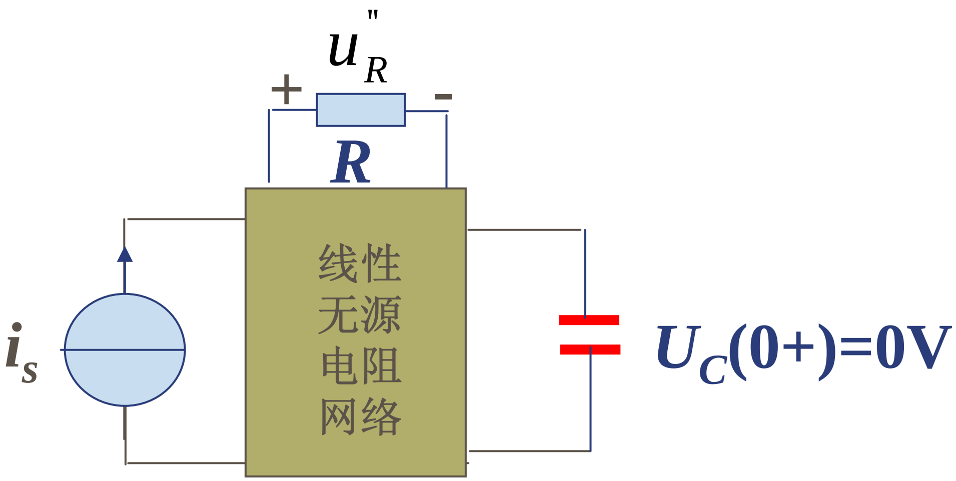

=

零输入响应




+

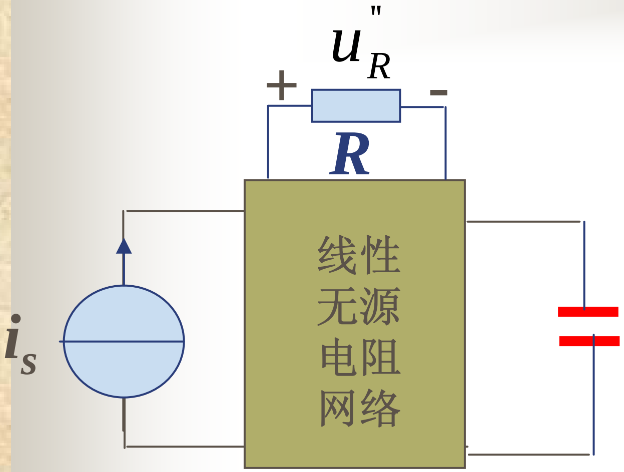
零状态响应




$$u_R = u'_R + u''_R$$

## 零状态响应

求解零状态响应。




在激励 $i_s(t) = 2\times 1(t)A$ 单独作用下，根据题意可知：

$$u''_R(t) = 2(1-\frac{1}{4}e^{-t})V$$

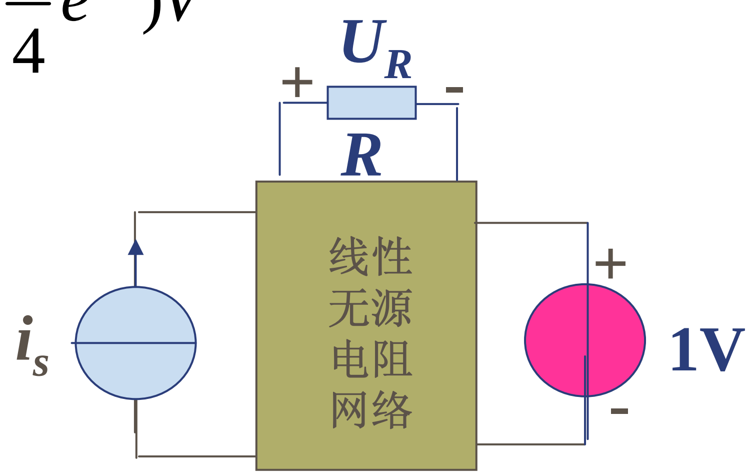
另外，根据题意可知，$i_s$为单位阶跃激励时

$$U_C(t) = (1-e^{-t})V,\ u_R(t) = (1-\frac{1}{4}e^{-t})V$$

当t=0+时，$u_C(0+)=0$, $u_R(0+)=3/4V$

当t=∞时，$u_C(\infty)=1V$, $u_R(\infty)=1V$

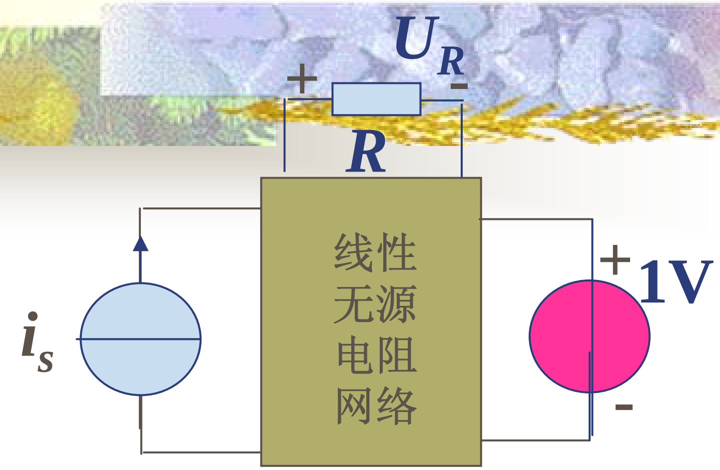
那么t=∞时, 系统的等效电路为



当t=0+时，$u_C(0+)=0, u_R(0+)=3/4V$

当t=∞时，$u_C(\infty)=1V, u_R(\infty)=1V$

那么t=∞时, 系统的等效电路为右图

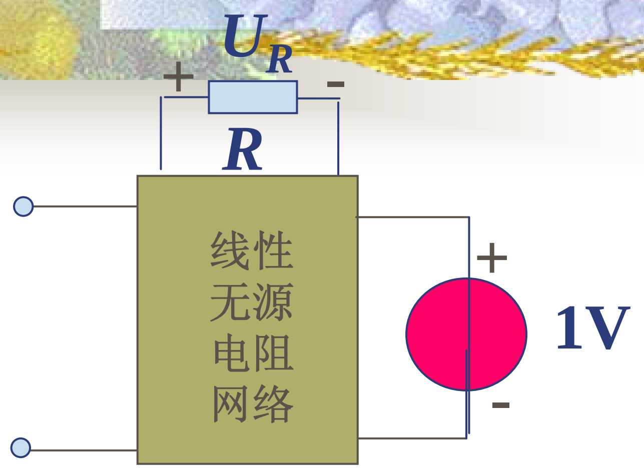



根据叠加定理，这是电阻R两端的电压1V, 应为电流源$i_s$单独作用下的R两端电压$u_{R1}$, 加上1V电压源单独作用下的R两端电压$u_{R2}$的和。

电流源单独作用下的R两端电压为：$u_{R1}=3/4V$

1V电压源单独作用下的R两端电压为：$u_{R2}=1-u_{R1}=1-3/4=1/4V.$

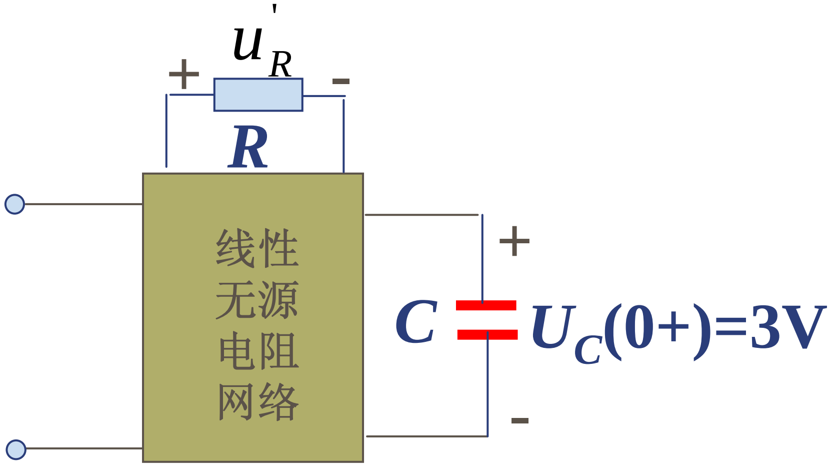
## 1V电压源单独作用下的等效电路




$u_{R2}$=1-3/4=1/4V.

右下图为电容两端的电压等效为3V电压源单独作用下的零输入响应电路，这样

$$u_R^{'}(t) = 3 \times \frac{1}{4} = \frac{3}{4}V$$



$$f(t) = f(\infty)(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + f(0_+)e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad t \geq 0$$

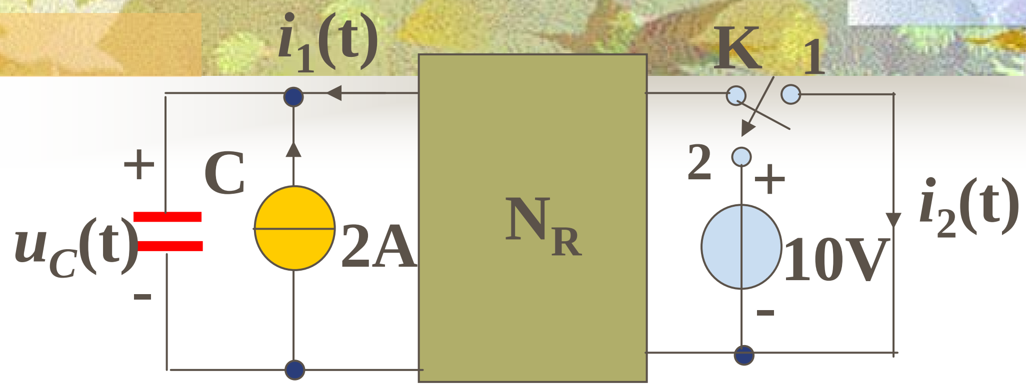
零状态响应 + 零输入响应

$$u_R = u_R' + u_R''$$

$$u_R''(t) = 2(1 - \frac{1}{4}e^{-t})V$$ 零状态响应

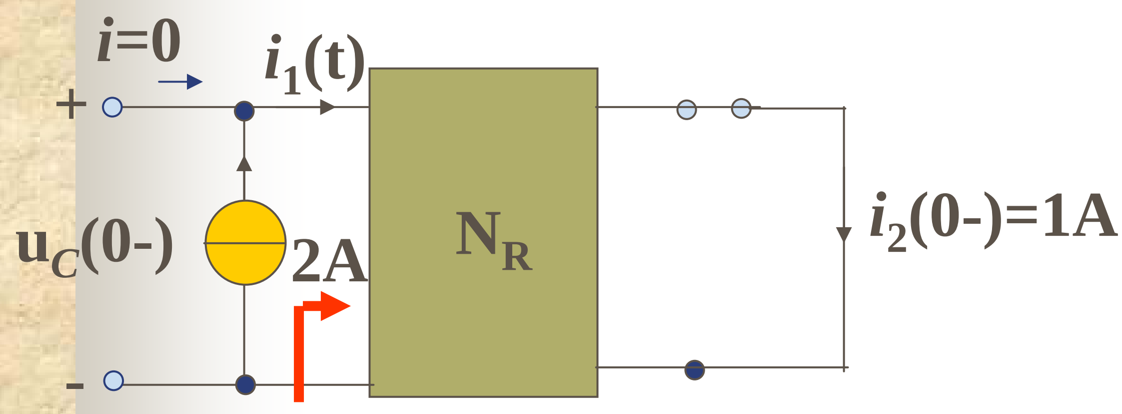
$$u_R'(t) = \frac{3}{4}e^{-t}V$$ 零输入响应

$$u_R = 2(1 - \frac{1}{4}e^{-t}) + \frac{3}{4}e^{-t} = 2 + \frac{1}{4}e^{-t}V, t \geq 0$$



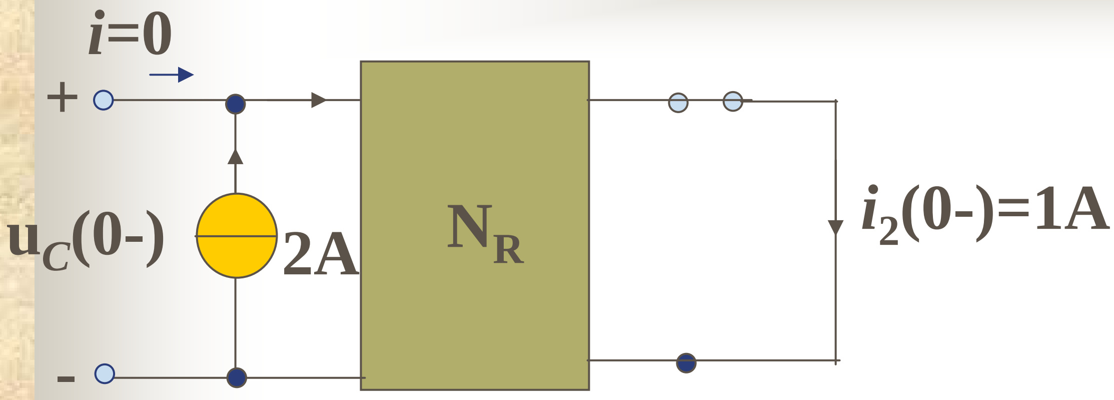

**11**. 如图所示电路，$N_R$为线性无源电阻网络（互易网络），换路前电路已处于稳态，t=0时开关K由1的位置打到2的位置，已知$C$=0.05F, $u_C(0\text{-})$=20V, $i_2(0\text{-})$=1A. 求换路后的电压$u_C(t)$和电流$i_1(t)$.

**解：t=0-时刻的电路为**




$$R_{in}=\frac{u_C(0_-)}{2}=\frac{20}{2}=10\Omega$$

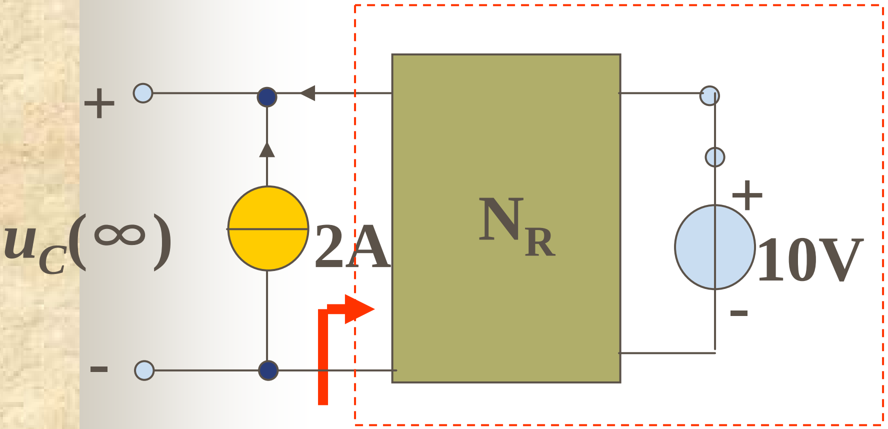
解：t=0-时刻的电路为



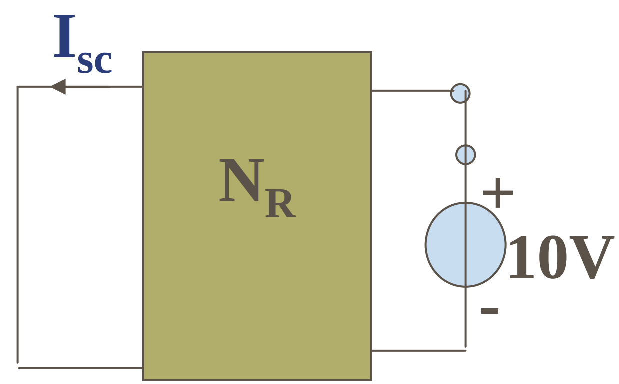

$$R_{in}=\frac{u_C(0\_)}{2}=\frac{20}{2}=10\Omega$$

互易

t=∞时刻的电路为

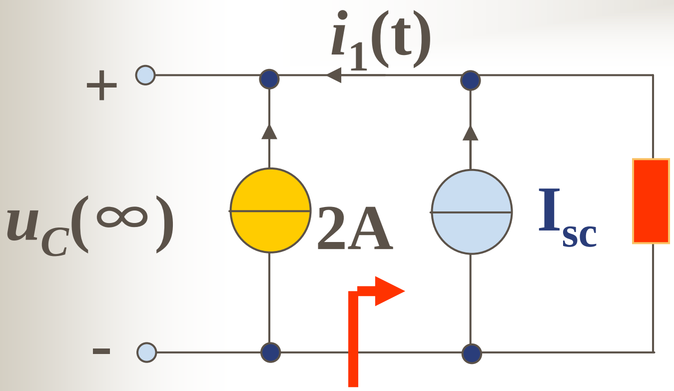



虚框内戴维南等效，求短路电流




$$\therefore I_{SC}=1\times\frac{10}{20}=0.5A$$

经过戴维南等效之后：




$$\therefore U_C(\infty)=(2+0.5)\times 10=25V$$

由三要素法得：$U_C(0_+)=U_C(0_-)=20V \quad U_C(\infty)=25V$

$$\tau=R_{in}C=10\times 0.05=0.5s$$

$$U_C(t)=25+(20-25)e^{-2t}=25-5e^{-2t}V, t\geq 0$$

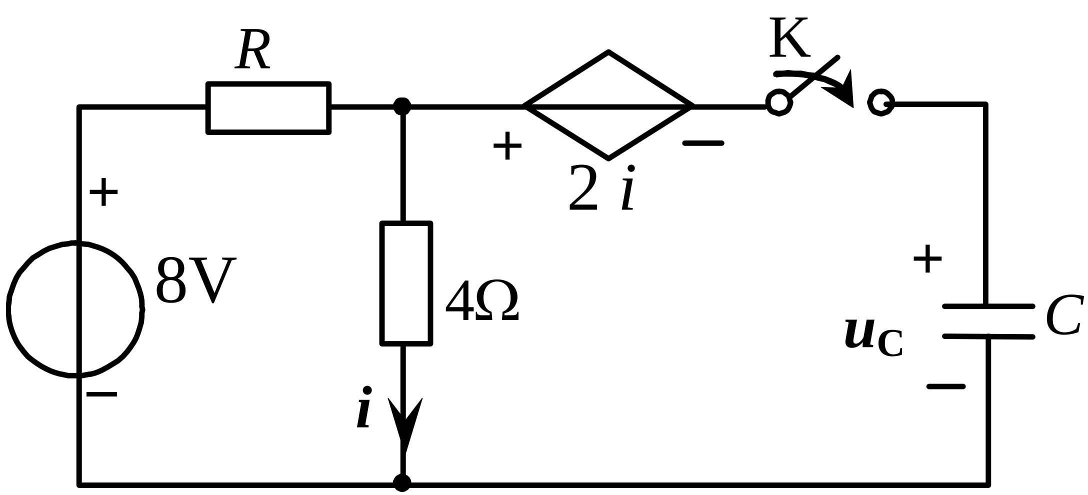
$$i_C(t)=C\frac{dU_C}{dt}=0.5e^{-2t}A, t\geq 0$$

$$\therefore i_1(t)=i_C(t)-2=-2+0.5e^{-2t}A, t\geq 0$$

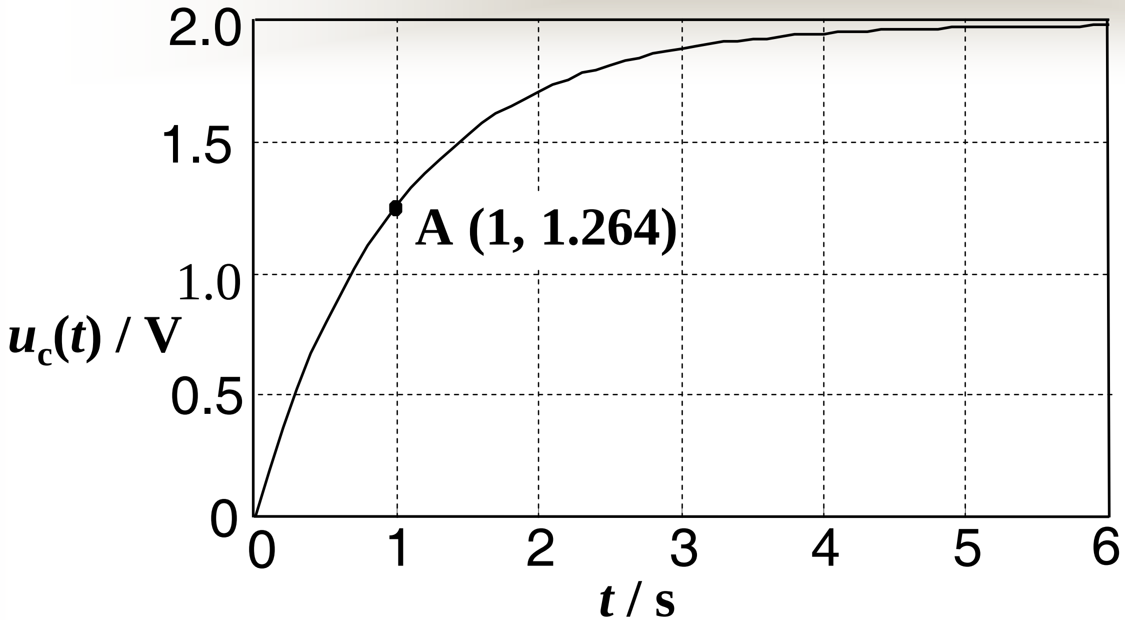
**12.**图(a)所示电路中，开关K在$t$＝0时闭合，$t \geq 0$后电容两端电压$u_c(t)$的波形如图(b)所示，波形上A点的坐标为$t$＝1s、$u_c$＝1.264V。

（1）由图(b)写出$u_c(t)$的初始电压$u_c(0+)$和稳态电压$u_c(\infty)$；

（2）求K闭合后电路的时间常数τ；（3）求图(a)中电阻$R$和电容$C$的值。




(a)



(b)

**解：由图(b)可以看出**

（1）$u_c(0+)=0$； $u_c(\infty)=2.0V$ 且有 $u_c(t)=2(1-e^{-\frac{t}{\tau}})V$

当$t$=1s时，$u_c$=1.264V， 即 $1.264=2(1-e^{-\frac{1}{\tau}})$

求得　τ=1s

（3）由图（a），有

$t=\infty$时，有　$$u_c(\infty) = -2i + 4i = 2i$$

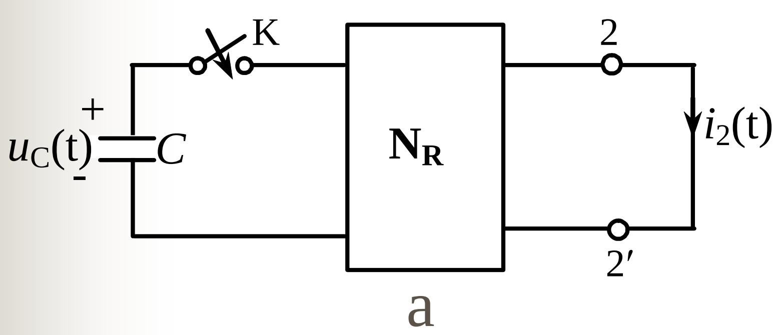
又　$$i = \frac{8}{R+4}$$

所以，有　$$u_c(\infty) = \frac{16}{R+4} = 2$$

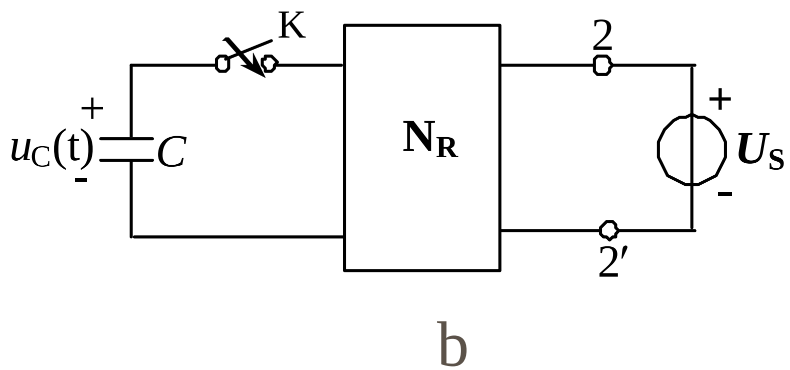
求得　$R$=4Ω

由　τ=1s 求得　$$C = \frac{\tau}{R} = 0.25F$$

13.如图所示电路，$N_R$为线性无源电阻网络，换路前电路已处于稳态，$t$=0时开关K闭合，已知$C$=1F，$u_c(0\text{-})$=5V，$t$>0以后 $i_2(t)=2e^{-0.5t}$ A （图a）；若2-2′接$U_S$=5V(图b)，$C$=1F，$u_c(0\text{-})$=5V不变，求$t\geq 0$后电压$u_C(t)$。



a



b

解：由换路定则 $u_c(0+)= u_c(0\text{-})=$ 5V

由已知条件可以看出，τ=2s,又$C$=1F，从而 $R$=2Ω。电阻$R$为从电容C看进去的等效电阻。

针对$t$=0+和$t$=∞两状态利用特勒根定理。

$t$=0+时， $u_c(0+)$= 5V ， $i_c(0+)$= 5/2=2.5A ; $i_2(0+)$= 2A

$t$=∞时，电容视为开路，设电压为$u_c(\infty)$

利用特勒根定理，有

$$u_C(0+)\cdot i_c(\infty)+\sum u_k(0+)i_k(\infty)+u_{i_2}(0+)I_{U_S}$$
$$=-i_C(0+)\cdot u_c(\infty)+\sum i_k(0+)u_k(\infty)+i_2(0+)U_S$$

即

$$5\times 0+\sum u_k(0+)i_k(\infty)+0\times I_{U_S}$$
$$=-2.5\cdot u_c(\infty)+\sum i_k(0+)u_k(\infty)+2\times 5$$

由于网络$N_R$的结构与参数不会变化，因此

$$\sum u_k(0+)i_k(\infty)=\sum i_k(0+)u_k(\infty)$$

所以，有 $5\times 0+0\times I_{U_S}=-2.5\cdot u_c(\infty)+2\times 5$

求得 $u_c(\infty)=4$ V

由三要素表达式，得

$$u_c(t)=4+e^{-0.5t}\ V$$