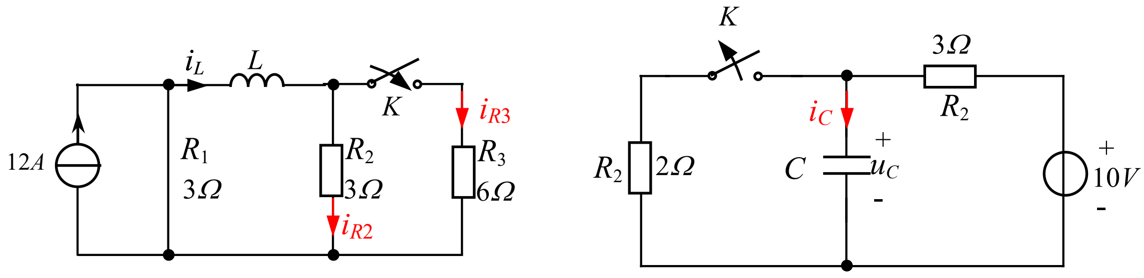
11-1　题 11-1 图示电路原已达到稳态，当 t=0 时开关 K 动作，求 t=0_+时各元件的电流和电压。



(a)　　　　(b)

题 11-1 图

解：(a) $i_L(0_-) = 6A$，$i_L(0_+) = i_L(0_-)= 6A$

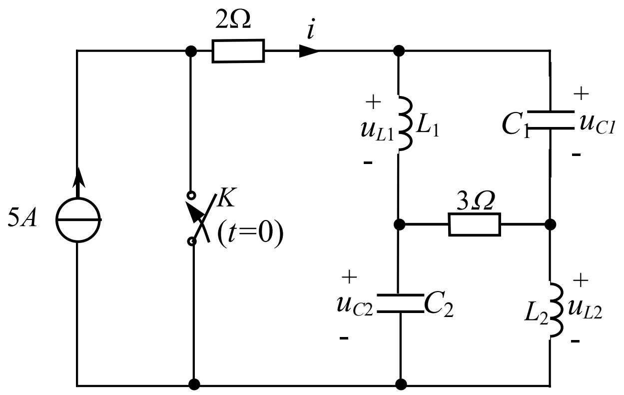
$$i_{R2}(0+) = \frac{6}{3+6}\times 6 = \frac{6}{9}\times 6 = 4A，\qquad i_{R3}(0_+) = 2A$$

$i_{R1}(0_+)$ =12　　$i_L(0_+)$= 6A

(b) $u_C(0-) = \frac{2}{5}\times 10 = 4V$，　$u_C(0_+) = 4V$

$$i_C(0_+) = \frac{10-4}{3} = 2A \quad (R_2 与 u_C 串联)$$

11-2　题 11-2 图示电路原处于稳态，t=0 时开关 K 闭合，求 $u_{C1}(0_+)$、$u_{C2}(0_+)$、$u_{L1}(0_+)$、$u_{L2}(0_+)$、$i(0_+)$。

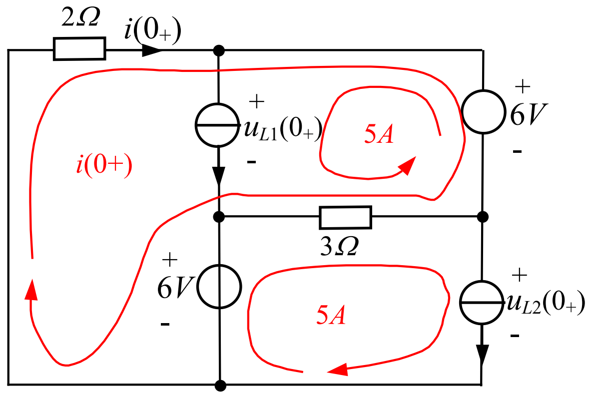


题 11-2 图

解：　$u_{C1}(0_-) = u_{C2}(0_-) = 2\times 3 = 6V$，　　　　　$i_{L1}(0_-) = i_{L2}(0_-)= 5A$

由换路定则，有 $u_{C1}(0_+) = u_{C1}(0_-)= 6V$，

$u_{C2}(0_+) = u_{C2}(0_-) = 6V$



0+网络

列网孔电流 $i(0+)$方程:

$2\,i\,(0_+) + 6 + 3（-5-5 + i\,(0_+)）+6 = 0$

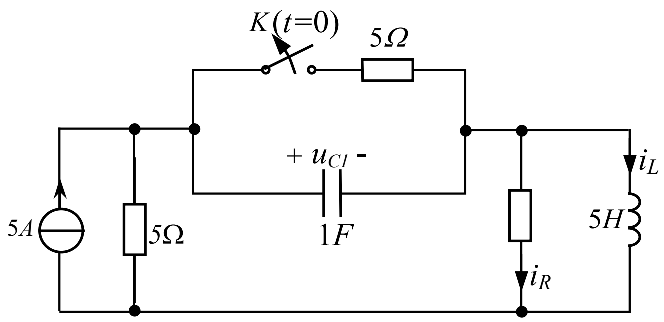
$5\,i\,(0_+) = 30 - 12 = 18$

$i\,(0_+) = \dfrac{18}{5} = 3.6A$

$$u_{L_1}(0_+) = -2i(0_+) - 6 = -7.2 - 6 = -13.2V$$

$$u_{L2}(0_+) = -2i(0_+) - 6 = -13.2V$$

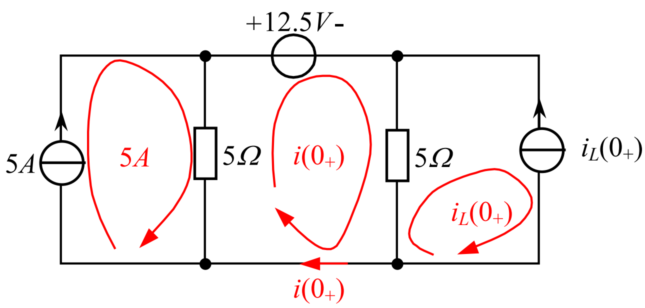
11-3　求题 11-3 图示电路的初始值 $u_C(0_+)$、$i_L(0_+)$、$i_R(0_+)$、$\left.\dfrac{di_L}{dt}\right|_{0_+}$。开关 K 打开前电路处于稳态。



题 11-3 图

解：$i_L(0\_) = 2.5A$，$u_C(0\_) = 5 \times 2.5 = 12.5V$

由换路定则，有 $i_L(0_+) = 2.5A$，$u_C(0_+) = 12.5V$



$$12.5 + 5(i(0_+) - 2.5) + 5(i(0_+) - 5) = 0$$

$$10i(0_+) = 25$$

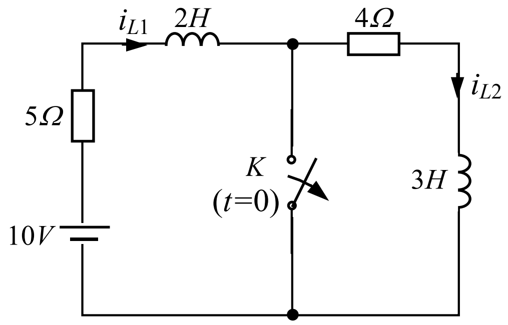
$$i(0_+) = 2.5A$$

$$\therefore i_R(0_+) = 0$$

$$\left.\frac{di_L}{dt}\right|_{0_+} = \frac{u_L(0_+)}{L} = 0$$

0＋网络

11-4　题 11-4 图示电路原处于稳态，求开关开打开后瞬间的 $i_{L1}(0_+)$、$i_{L2}(0_+)$。



题 11-4 图

解：$i_{L1}(0_-)=2A$，$i_{L2}(0_-)=0$

换路时满足磁链守恒

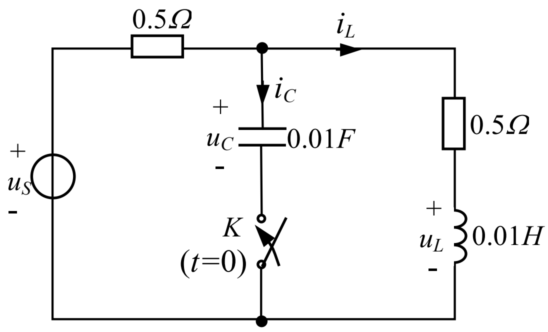
$$\begin{cases}2i_{L1}(0-)+3i_{L2}(0-)=2i_{L1}(0+)+3i_{L2}(0+)\\ i_{L1}(0_+)=i_{L2}(0_+)\end{cases}$$

即 $2i_{L1}(0_+)+3i_{L1}(0_+)=4$

$$i_{L1}(0_+)=\frac{4}{5}=0.8A$$

$$i_{L2}(0_+)=0.8A$$

11-5 题 11-5 图示电路原处于稳态且 $u_C(0_-)=5V$、$u_S=10sin(100t+30^\circ)V$， t=0 时开关 K 闭合，求开关 K 闭合后的 $i_L(0_+)$、$u_L(0_+)$和 $i_C(0_+)$。



题 11-5 图

解：K 闭合前，电路处于正弦稳态，用相量法求电感电流

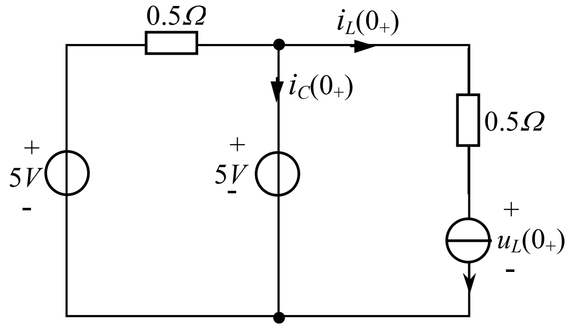
$$\dot{I}_{LM}=\frac{10\angle 30^\circ}{0.5+0.5+j}=\frac{10\angle 30^\circ}{1+j}=\frac{10}{\sqrt{2}}\angle -15^\circ=2.5\sqrt{2}\angle -15^\circ$$

t<0 时，$i_L(t)=2.5\sqrt{2}\sin(100t-15^\circ)$

$$\therefore i_L(0_-)=2.5\sqrt{2}\sin(-15^\circ)=-1.83A$$

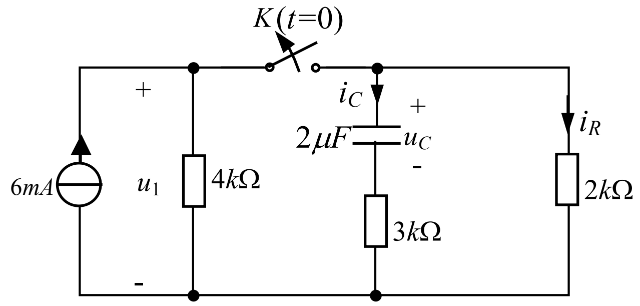
由换路定则，有 $i_L(0+)=i_L(0-)=-1.83\text{A}$

0_+等效电路：



$$u_L(0_+) = -0.5 i_L(0_+) + 5$$
$$= -0.5 \times (-0.183) + 5$$
$$= 5.915V$$
$$i_C(0_+) = -i_L(0_+) = 1.83A$$

11-6　题 11-6 图示电路，开关 K 在 t=0 时打开，开关打开前电路为稳态。求 $t \geq 0$ 时的 u_C、i_C、i_R 和 u_1。



题 11-6 图

解:　属于零输入响应

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = \frac{2 \times 4}{2+4} \times 6 = 4V$$

$$\tau = RC = 5 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-6} = 10^{-2} s$$

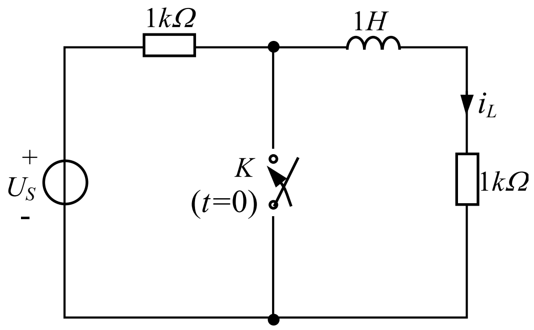
$$u_C(t) = u_C(0+)e^{-\frac{t}{\tau}} = 4e^{-100t}V \quad t \geq 0\,.$$

$$i_R(t) = \frac{1}{5 \times 10^3} 4e^{-100t} = 0.8 \times 10^{-3} e^{-100t} A = 0.8e^{-100t} mA \quad t \geq 0\,.$$

$$i_C(t) = -i_R(t) = -0.8e^{-100t} mA \quad t \geq 0\,.$$

$$u_1(t) = 6mA \times 4K\Omega = 24V \quad t \geq 0\,.$$

11-7　题 11-7 图示电路。t<0 时电路已处于稳态，t＝0 时开关 K 闭合。求使 $i_L(0.003)$=0.001A 的电源电压 U_S 的值。



题 11-7 图

解：属于零输入响应

$$i_L(0_-)=\frac{U_S}{2\times10^3}$$

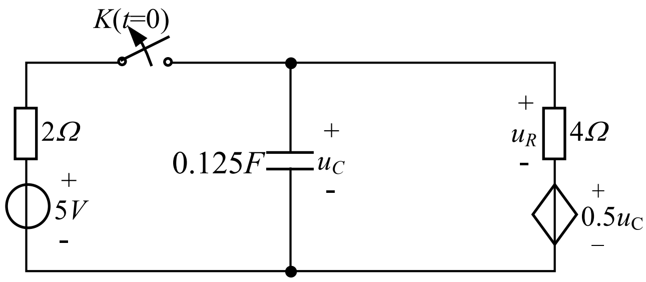
$$i_L(0_+)=i_L(0_-)=0.5\times10^{-3}U_S \qquad \tau=\frac{L}{R}=10^{-3}s$$

$$i_L(t)=0.5\times10^{-3}U_S e^{-10^3t}$$

$$0.5\times10^{-3}U_S e^{-10^3\times0.003}=0.001$$

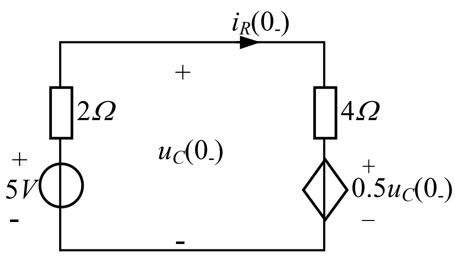
解得：$U_S=40.17V.$

11-8　题 11-8 图示电路，开关 K 闭合已很久，t＝0 时开关 K 打开，求 $t\geq0$ 时的 $u_C(t)$和 $U_R(t)$。



题 11-8 图

解：求 $u_C(0_-)$

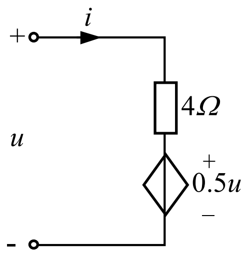


$$\begin{cases}6i_R(0_-)+0.5u_C(0_-)=5\\u_C(0_-)=4i_R(0_-)+0.5u_C(0_-)\end{cases}$$

$$i_R(0_-)=\frac{0.5u_C(0_-)}{4}=\frac{1}{8}u_C(0_-)$$

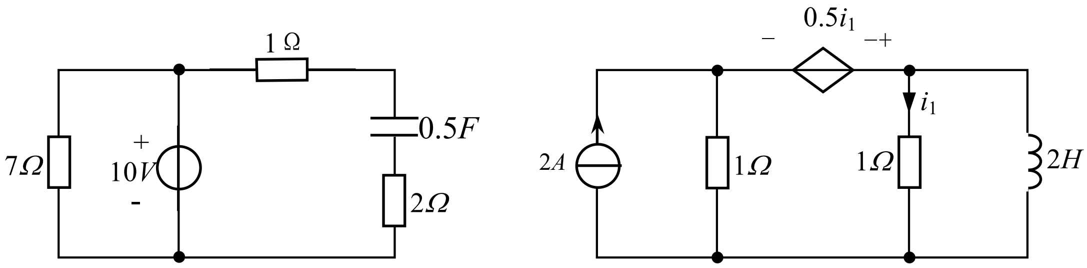
$$\frac{6}{8}u_C(0_-)+0.5u_C(0_-)=5$$

$$u_C(0_-) = \frac{5}{0.75+0.5} = \frac{5}{1.25} = 4V$$
$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 4V$$



$$u = 4i + 0.5u$$
$$0.5u = 4i \qquad \therefore R_0 = 8\Omega$$
$$\tau = RC = 1.25 \times 8 = 1s$$
$$\therefore u_C(t) = 4e^{-t}V \qquad t \ge 0.$$
$$u_R(t) = 0.5u_C(t) - u_C(t) = -0.5u_C(t) = -2e^{-t}V \qquad t \ge 0.$$

11-9　求题 11-9 图示电路的时间常数τ。



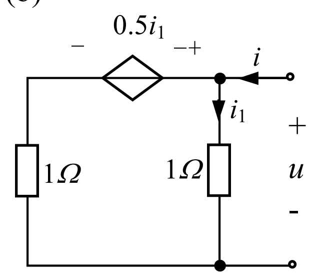
(a)　　　　　　　　　　(b)

题 11-9 图

解：(a) $R = 1 + 2 = 3(\Omega), C = 0.5(F)$

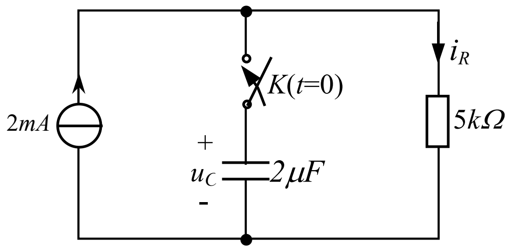
$$\therefore \tau = RC = 3 \times 0.5 = 1.5s.$$

(b)



$$\begin{cases} u = 0.5i_1 + 1 \times (i - i_1) \\ u = 1 \times i_1 \end{cases}$$
$$u = 0.5u + i - u = -0.5u + i$$
$$R_0 = \frac{u}{i} = \frac{1}{1.5} = \frac{2}{3}\Omega$$
$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{2}{2/3} = 3s$$

11-10　题 11-10 图示电路。t<0 时电容上无电荷，求开关闭合后的 u_C、i_R。



题 11-10 图

解：属于零状态响应

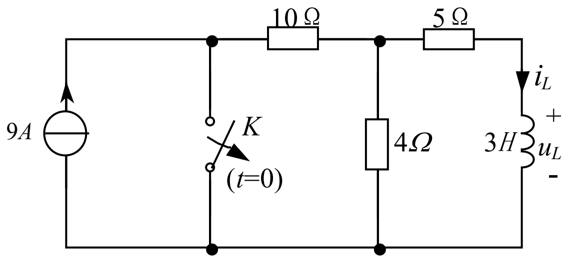
$$u_C(\infty)=5\times2=10V$$

$$\tau=RC==5\times10^3\times2\times10^{-6}=10^{-2}s$$

$$u_C(t)=u_C(\infty)(1-e^{-\frac{t}{\tau}})=10(1-e^{-100t})V,t\geq0.$$

$$i_R(t)=\frac{u_C(t)}{5K}=2(1-e^{-100t})mA,t\geq0.$$

11-11　题 11-11 图示电路原处于稳态，求 $t\geq0$ 时的 i_C 和 u_L。



题 11-11 图

解：属于零状态响应

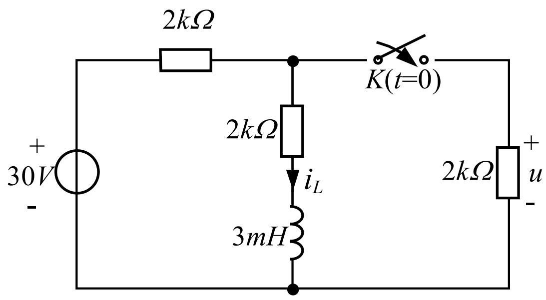
$$i_L(\infty)=\frac{4}{4+5}\times9=4A$$

$$\tau=\frac{L}{R}=\frac{3}{9}=\frac{1}{3}s$$

$$i_L(t)=i_L(\infty)(1-e^{-\frac{t}{\tau}})=4(1-e^{-3t})A,t\geq0.$$

$$u_L(t)=L\frac{di_L}{dt}=36e^{-3t}V,t\geq0.$$

11-12　题 11-12 图示电路原为稳态，t=0 时 K 闭合，求 $t\geq0$ 时的 $i_L(t)$和 $u(t)$。



题 11-12 图

解：t<0-时　$i_L(0\_)=\frac{30}{4}=7.5mA$

求初值　$i_L(0_+)=i_L(0\_)=7.5mA$

求稳态值

$$i_L(\infty)=\frac{1}{2}\times\frac{30}{3\times10^3}=5\times10^{-3}A=5mA$$

求时间常数

$$R_0 = 2k\Omega + 2k\Omega // 2k\Omega = 3k\Omega$$

$$\tau = \frac{L}{R_0} = \frac{3\times10^{-3}}{3\times10^{3}} = 10^{-6}s$$

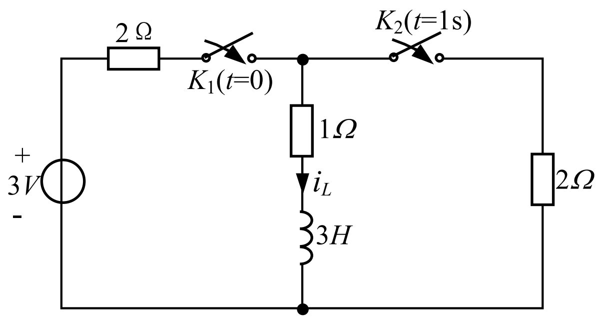
结果 $i_L(t) = 5 + (7.5-5)e^{-10^{-6}t} = 5 + 2.5e^{-10^{-6}t} mA, t \ge 0.$

$$u(t) = 2\times10^3 i_L + 3\times10^{-3}\frac{di_L}{dt}$$

$$= 10 + 5\times10^3 e^{-10^{-6}t} + 3\times10^{-3}[2.5\times(-10^6)e^{-10^{-6}t}\times10^{-3}]$$

$$u(t) = 10 - 2.5e^{-10^{-6}t}V, t \ge 0$$

11-13　题 11-13 图示电路，t=0 时开关 K_1 闭合，t=1s 时开关 K_2 闭合，求 t≥0 时的电感电流 i_L，并给出 i_L 的曲线。



题 11-13 图

解：1、t<0 时　i_L(0-)＝0

2、0≤t<1s 时

初值　i_L(0+)= i_L(0-)=0

稳态值　i_L(∞)＝1A

时间常数　$\tau_1 = \frac{L}{R_1} = \frac{3}{3} = 1s$

结果　$i_L(t) = 1 - e^{-t}A$

3、t>1s 时

初值　$i_L(1_+) = i_L(1_-) = 1 - e^{-1} = 0.632A$

稳态值　$i_L(\infty) = \frac{3}{2+2/3}\times\frac{2}{1+2} = \frac{9}{8}\times\frac{2}{3} = \frac{3}{4} = 0.75A$

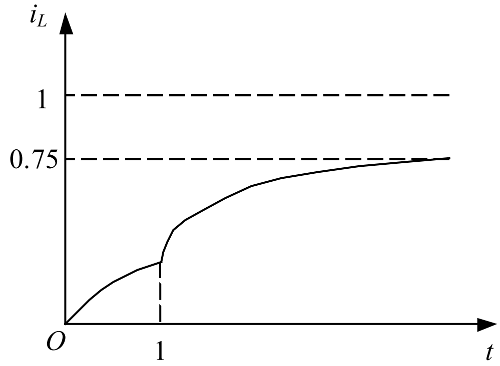
时间常数 $\tau_2 = \frac{L}{R_2} = \frac{3}{2}s$

结果　$i_L(t) = 0.75 + [0.632 - 0.75]e^{-\frac{2}{3}(t-1)} = 0.75 - 0.118e^{-\frac{2}{3}(t-1)}$

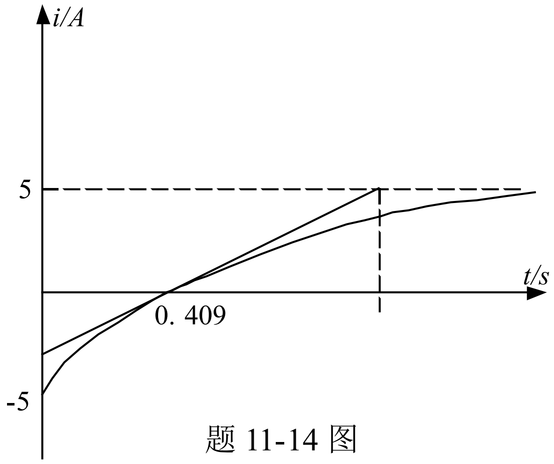
4、结果

$$i_L(t)=\begin{cases}1-e^{-t}A & 0\le t<1s\\ 0.75-0.118e^{-\frac{2}{3}(t-1)}A & t\ge 1s\end{cases}$$

i_L 的波形如下:



11-14　某一阶电路的电流响应 $i(t)$题 11-14 图所示，写出它的数学表达式。



题 11-14 图

解：由 $i(t)$的波形可知，$i(t)$的初值 $i(0+)$= -5A，稳态值 $i(\infty)$＝5A

由三要素公式可知，$i(t)$的表达式是 $i(t)=i(\infty)+[i(0_+)-i(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$

代入初始值和稳态值有 $i(t)=5+[-5-5]e^{-\frac{t}{\tau}}=5-10e^{-\frac{t}{\tau}}$　　(1)

点(0.409，0)在 $i(t)$的曲线上，代入(1)式得:

$$0=5-10e^{-\frac{0.409}{\tau}}$$

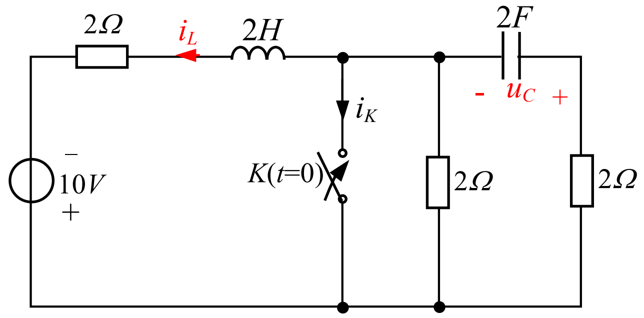
$$e^{-\frac{0.409}{\tau}}=0.5$$

$$-\frac{0.409}{\tau}=\ln 0.5=-0.69$$

$$\tau=-\frac{0.409}{\ln 0.5}=0.59$$

所以 $i(t)$的表达式为：$i(t)=5-10e^{-\frac{t}{0.59}}A \qquad t>0$

11-15　题 11-15 图示电路。t<0 时电路已处于稳态，t=0 时开关 K 闭合，求 t≥0 时的 i_K。



题 11-15 图

解：t<0-时　$i_L(0_-)=\dfrac{10}{4}=2.5A \qquad u_C(0_-)=2i_L(0_-)=5V$

求初值　$i_L(0_+)=i_L(0_-)=2.5A \qquad u_C(0_+)=u_C(0_-)=5V$

求稳态值　$i_L(\infty)=\dfrac{10}{2}=5A \qquad u_C(\infty)=0$

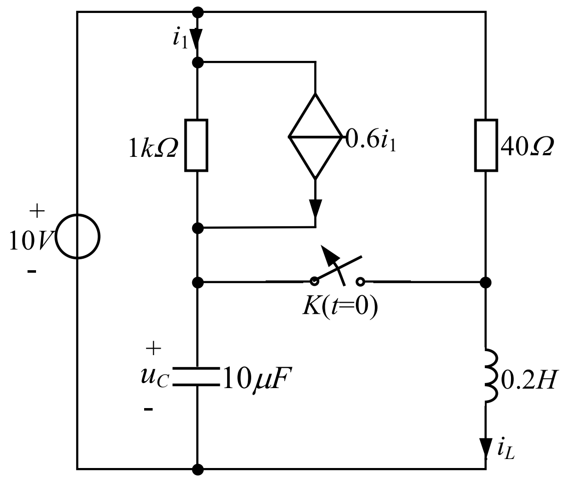
求时间常数　$\tau=\dfrac{L}{R_0}=\dfrac{2}{2}=1s$

结果　$i_L(t)=5+(2.5-5)e^{-t}=5-2.5e^{-t}A \qquad t\geq 0$

$u_C(t)=5e^{-\frac{t}{4}}V \qquad t\geq 0$

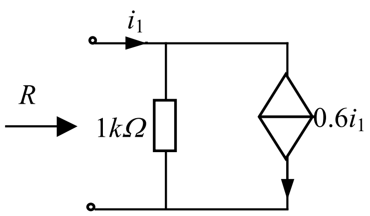
$i_K(t)=-i_L(t)-\dfrac{u_C}{2}=-5+2.5e^{-t}-2.5e^{\frac{t}{4}}A \qquad t\geq 0$

11-16　题 11-16 图示电路原处于稳态，t=0 时开关 K 打开，用时域法求图中标出的 u_C、$i_L(t\geq 0)$。



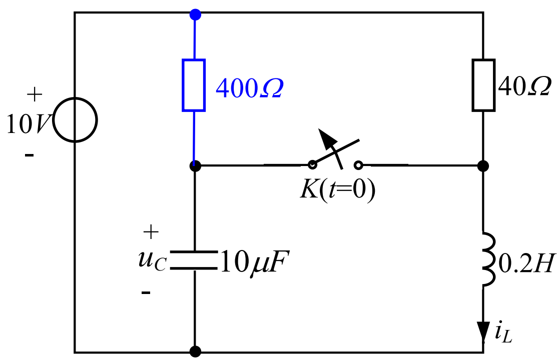
题 11-16 图

解：求下图的输入电阻 R



$$R=\frac{1k\times(i_1-0.6i_1)}{i_1}=\frac{0.4k}{1}=0.4K=400\Omega$$

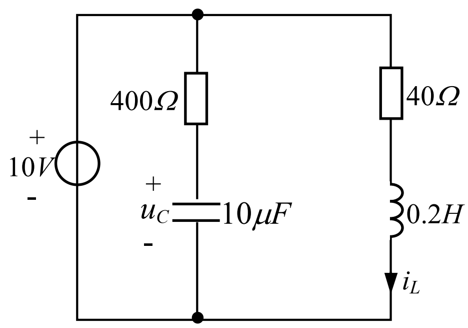
原电路等效为:

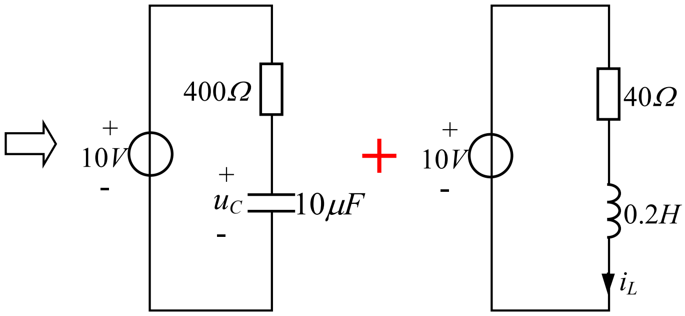


题 11-16 图等效电路

t<0-时　$u_C(0\text{-})=0$　　$i_L(0_-)=\dfrac{10}{400//40}=\dfrac{10\times 440}{400\times 40}=0.275A$

开关闭合后的等效电路：





求初值　$u_C(0+)= u_C(0-)=0$　　$i_L(0+)= i_L(0-)=0.275A$

求稳态值

$u_C(\infty)=10V$　　$i_L(\infty)=0.25A$

求时间常数

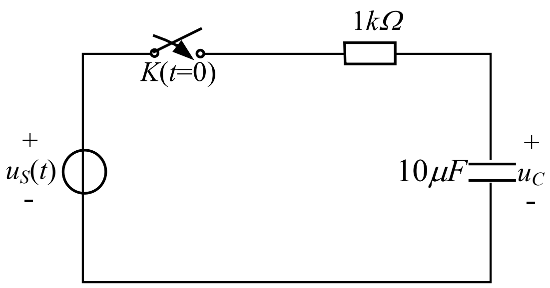
$$\tau_C = 400\times 10\times 10^{-6} = 4\times 10^{-3}s$$

$$\tau_L = \frac{0.2}{40} = \frac{1}{200}s$$

结果 $i_L(t) = 0.25 + [0.275 - 0.25]e^{-200t} = 0.25 + 0.025e^{-200t}A, t \ge 0$

$$u_C(t) = 10 - 10e^{-250t}V, t \ge 0$$

11-17　题 11-17 图示电路，已知 $u_C(0_-)=0$，$u_S=10sin(100t+\varphi)V$，当φ取何值时电路立即进入稳态？



题 11-17 图

解：t<0-时　$u_C(0-)=0$

求初值　$u_C(0+)= u_C(0-)=0$

求时间常数　$\tau = RC = 1k\times 10\times 10^{-6} = 10^{-2}s$

求稳态值（用相量法）

$$\dot{U}_{cpm} = \frac{-j\times 10^3}{10^3 + \dfrac{1}{j\times 10^{-3}}}\times 10\angle\varphi = \frac{-j}{1-j}\times 10\angle\varphi = \frac{10}{\sqrt{2}}\angle -45^\circ + \varphi$$

即：$u_{cp}(t) = \dfrac{10}{\sqrt{2}}\sin(10^3 t + \varphi - 45^\circ)$

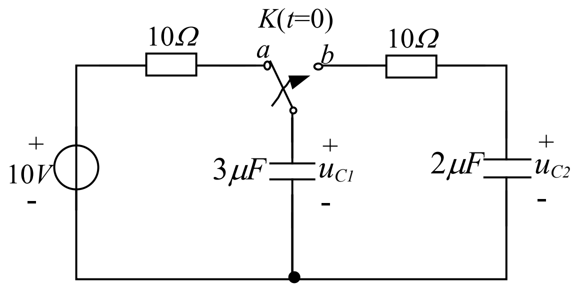
$$u_{cp}(0_+) = \frac{10}{\sqrt{2}}\sin(\varphi - 45^\circ)$$

结果 $u_C(t) = u_{cp}(t) + [u_C(0_+) - u_{cp}(0_+)]e^{-100t}$

当 $u_C(0_+) - u_{cp}(0_+) = 0$，即 $0 = \frac{10}{\sqrt{2}}\sin(\varphi - 45^\circ)$

$\varphi = 45^\circ$ 电路可直接进入稳态。

11-18　题 11-18 图示电路，t<0 时电路为稳态，$u_{C2}(0_-)=0$，t=0 时开关 K 由 a 投到 b，求 t≥0 时的 $u_{C1}(t)$和 $u_{C2}(t)$。



题 11-18 图

解：1、求初值

$$u_{C1}(0_-) = 10V, u_{C2}(0_-) = 0$$

由换路定则有，$u_{C1}(0+)= u_{C1}(0-)$=10V，$u_{C2}(0+)= u_{C2}(0-)$=0V

2、求稳态值

t→∞时，u_{C1}(t)= u_{C2}(t)，即 $u_{C1}(\infty)= u_{C2}(\infty)$

根据电荷守恒，有: $C_1u_{C1}(\infty) + C_2u_{C2}(\infty) = C_1u_{C1}(0+) + C_2u_{C2}(0+)$

即：$3u_{C1}(\infty) + 2u_{C1}(\infty) = 3\times10 + 2\times0$

$u_{C1}(\infty)=u_{C2}(\infty)$=6V

3、求时间常数

总电容 $C = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = 1.2\mu F$

$$\tau = RC = 10\times1.2\times10^{-6} = 12\times10^{-6}s$$

4、结果

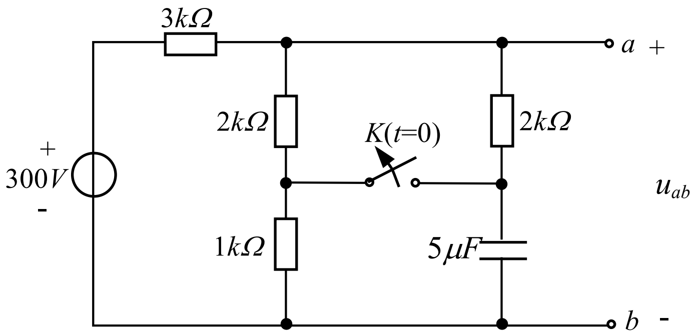
由三要素公式有：

$$u_{C1}(t) = 6 + 4e^{-\frac{10^6}{12}t}V \qquad t>0$$

$$u_{C2}(t) == 6 - 6e^{-\frac{10^6}{12}t}V \qquad t>0$$

11-19　题 11-19 图示电路原处于稳态，t=0 时开关 K 打开，

用三要素法求 $t\geq 0$ 时的 u_{ab}。

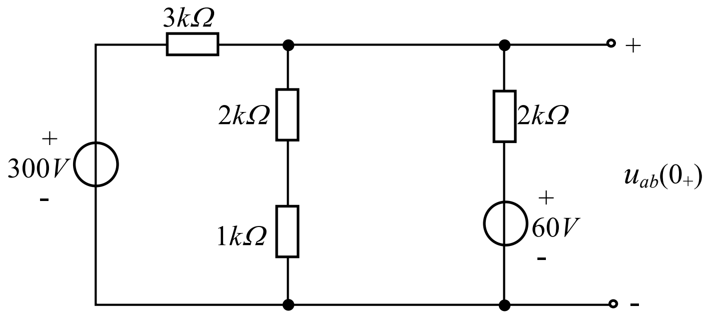


题 11-19 图

解：t<0-时 $u_C(0_-)=\dfrac{300}{5}=60V$

求初值 $u_C(0+)=u_C(0-)=60V$

画 0+网络



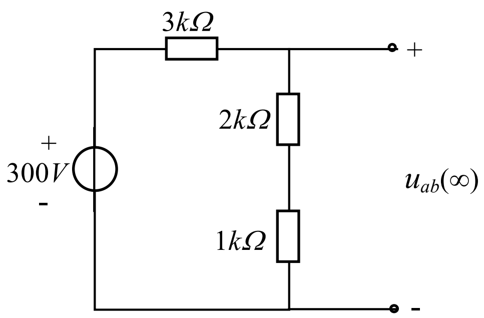
$$\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{2}\right)u_{ab}(0_+)=\frac{300}{3}+\frac{60}{2}$$

$$\frac{4+3}{6}u_{ab}(0_+)=130$$

$$u_{ab}(0_+)=\frac{6}{7}\times 130=111.43V$$

求稳态值

t→∞时的电路为



$u_{ab}(\infty)$=150V

求时间常数

$$\tau=5\times 10^{-6}\times 3.5\times 10^{3}=17.5\times 10^{-3}s=\frac{1}{57.14}s$$

结果 $u_{ab}(t)=u_{ab}(\infty)+(u_{ab}(0+)-u_{ab}(\infty))e^{-\frac{t}{\tau}}=150-38.57e^{-57.14t}V,t\geq 0$

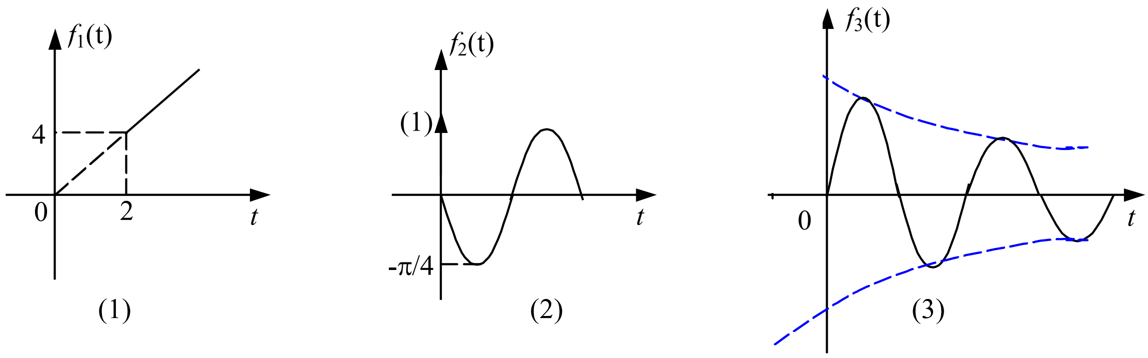
11-20 画出下列函数所表示的波形:

$(1)f_1(t)=2t\cdot\varepsilon(t-2);$

$(2)f_2(t)=\dfrac{d}{dt}[\cos\dfrac{\pi}{4}t\cdot\varepsilon(t)];$

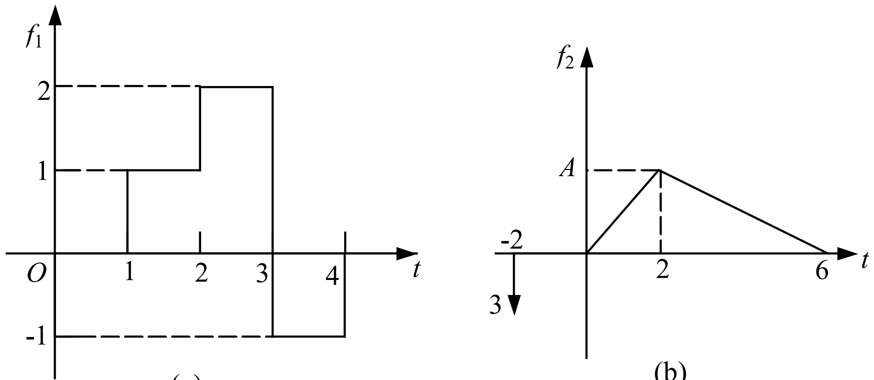
$(3)f_3(t)=e^{-2t}\sin 4t\cdot\varepsilon(t)$。

解：



(1) (2) (3)

11-21 用奇异函数描述题 11-21 图示各波形。



(a) (b)

题 11-21 图

解：(a) $\varepsilon(t-1)+\varepsilon(t-2)-3\varepsilon(t-3)+\varepsilon(t-4)$

(b) $-3\delta(t+2)+\frac{A}{2}[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-2)]+(-\frac{A}{4}t+\frac{3}{2}A)[\varepsilon(t-2)-\varepsilon(t-6)]$

11-22 求解下列各式:

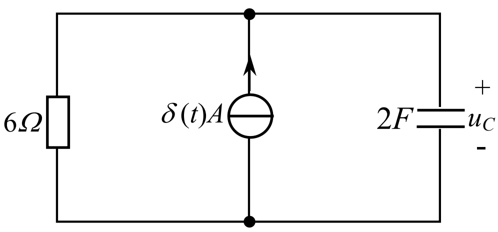
$(1)(t^2+5)\delta(t-1)=?$

$(2)\int_{-\infty}^{\infty}(t^2+5)\delta(t-1)dt=?$

解：(1) $(t^2+5)\delta(t-1)=t^2\delta(t-1)+5\delta(t-1)=6\delta(t-1)$

(2) $\int_{-\infty}^{\infty}(t^2+5)\delta(t-1)dt=\int_{-\infty}^{\infty}6\delta(t-1)dt=6$

11-23 题 11-23 图示电路中 $u_C(0_-)=2V$，求 $u_C(0_+)$。



题 11-23 图

解：列写以 $u_C(t)$为变量的一阶微分方程

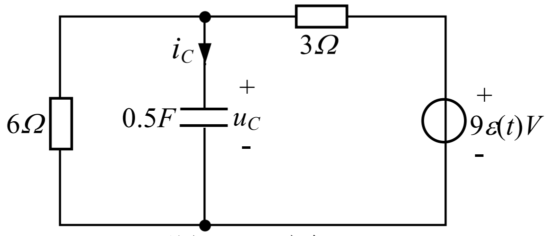
$$2\frac{du_C}{dt}+\frac{u_C}{6}=\delta(t).$$

对两边取[0-，0+]积分，有：$\int_{0-}^{0+}2\frac{du_C(\tau)}{dt}dt+\int_{0-}^{0+}\frac{u_C(t)}{6}dt=\int_{0-}^{0+}\delta(t)dt.$

$$2[u_C(0_+)-u_C(0_-)]=1$$

$$\therefore u_C(0_+)=\frac{1+2u_C(0_-)}{2}=\frac{1+4}{2}=2.5V$$

11-24　题 11-24 图示电路中 $u_C(0_-)=0$。求 t≥0 时的 $u_C(t)$ 和 $i_C(t)$。



题 11-24 图

解：三要素法求 $u_C(t)$

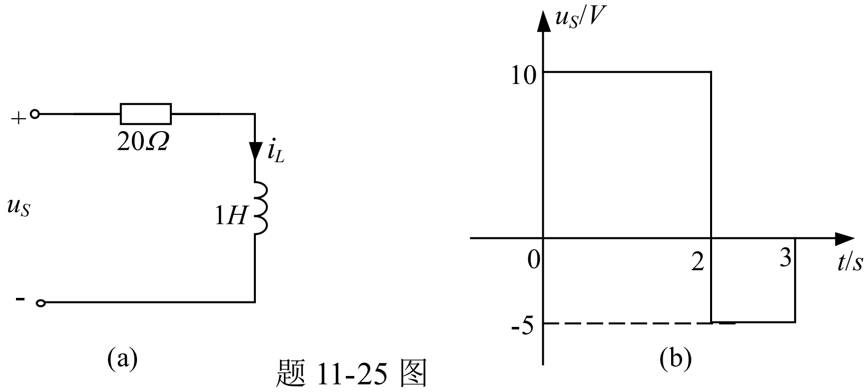
初值 $u_C(0+)=u_C(0-)=0$　　　　稳态值 $u_C(\infty)=6V$

时间常数　$\tau=0.5\times\frac{6\times3}{6+3}=1s$

所以　$u_C(t)=6-6e^{-t}V, t\geq0$　　或　$u_C(t)=6(1-e^{-t})\cdot\varepsilon(t)V$

$$i_C(t)=C\frac{du_C}{dt}=3e^{-t}\varepsilon(t)A$$

11-25　零状态电路如题 11-25 图(a)所示，图(b)是电源 u_S 的波形，求电感电流 i_L（分别用线段形式和一个表达式来描述）。



题 11-25 图

解：当 $u_S=\varepsilon(t)$时

电感电流 $s(t)=i_L(t)=\frac{1}{20}(1-e^{-20t})\varepsilon(t)A.$

图(b)中 u_s 的表达式为:

$$u_S = 10[\varepsilon(t)+\varepsilon(t-2)]-5[\varepsilon(t-2)-\varepsilon(t-3)]$$
$$= 10\varepsilon(t)-15\varepsilon(t-2)+5\varepsilon(t-3)$$

由线性电路的延时性，可知电感电流的表达式为:

$$i_L(t)=0.5(1-e^{-20t})\varepsilon(t)-0.75(1-e^{-20(t-2)})\varepsilon(t-2)+0.25(1-e^{-20(t-3)})\varepsilon(t-3)A$$

分段：$0\le t<2s$ 时

$$i_L = 0.5(1-e^{-20t})A \qquad i_L(2-)=0.5\text{A}$$

$2s\le t<3s$ 时　　$i_L(2+)=i_L(2-)=0.5\text{A}$　　$i_L(\infty)=-0.25\text{A}$

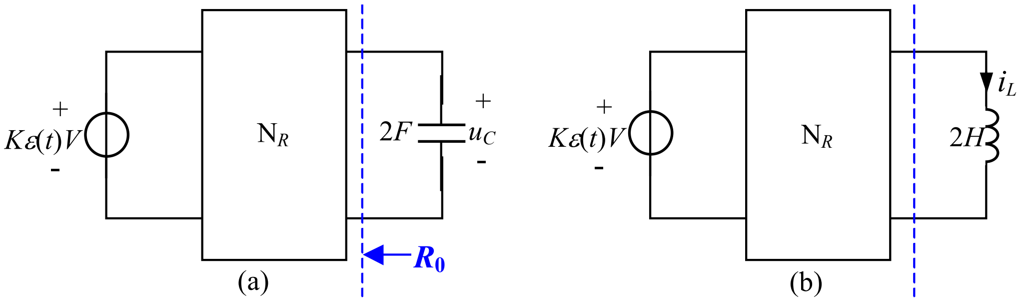
$$i_L(t)=-0.25+(0.5+0.25)e^{-20(t-2)}=-0.25+0.75e^{-20(t-2)}A$$

$t\ge 3s$ 时

$i_L(3+)=i_L(3-)=-0.25\text{A}$　　$i_L(t)=-0.25e^{-20(t-3)}A$

$$\therefore i_L(t)=\begin{cases}0.5(1-e^{-20t})A & 0\le t<2s\\ -0.25+0.75e^{-20(t-2)}A & 2s\le t<3s\\ -0.25e^{-20(t-3)}A & t\ge 3s\end{cases}$$

11-26　题 11-26 图(a)电路中 N_R 纯电阻网络，其零状态响应 $u_C=(4-4e^{-0.25t})V$。如用 L=2H 的电感代替电容，如图(b)所示，求零状态响应 i_L。



题 11-26 图

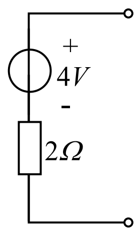
解：图(a)电路中 N_R 纯电阻网络，其零状态响应 $u_C=(4-4e^{-0.25t})V$

由以上条件可知：

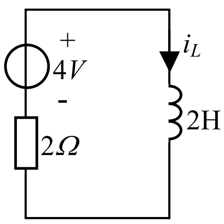
电容处的开路电压为 $4V$，时间常数 $\tau=\dfrac{1}{0.25}=4s$

从电容向左看的等效电阻 $R_0=\dfrac{\tau}{C}=\dfrac{4}{2}=2\Omega$

因此虚线以左的戴维南等效电路是：



图(b)的电路等效为图示

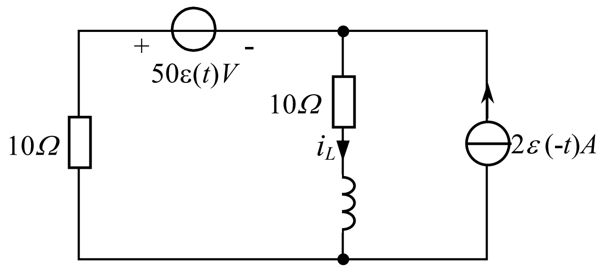


于是 $\tau_L = \dfrac{L}{R_0} = 1s$

$i_L(\infty)$=2A

$\therefore i_L(t) = 2 - 2e^{-t}A, t \geq 0.$

11-27　求题 11-27 图示电路的电感电流 i_L。



题 11-27 图

解：t<0 时，i_L=1A.

所以　i_L(0+)= i_L(0-)=1A

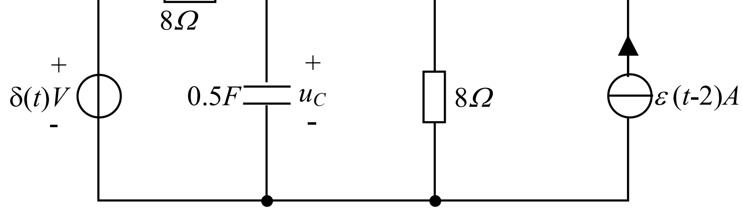
$$i_L(\infty) = -\frac{50}{20} = -2.5A$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0.2}{20} = \frac{1}{100}s$$

$$\therefore i_L(t) = -2.5 + (1+2.5)e^{-100t} = -2.5 + 3.5e^{-100t}A \qquad t > 0$$

$$故\ i_L(t) = \varepsilon(-t) + (-2.5 + 3.5e^{-100t})\varepsilon(t)A$$

11-28　题 11-28 图示电路，已知 $u_C(0_+) = 0$，求 $u_C(t)$。



题 11-28 图

解：用叠加定理求

1、电压源δ(t)单独作用时，电容电压为 $u'_C(t)$，

列写以 $u'_C(t)$为变量的一阶微分方程

$$0.5\frac{du'_C}{dt}+\frac{u'_C}{8}+\frac{u'_C-\delta(t)}{8}=0$$

$$0.5\frac{du'_C}{dt}+\frac{u'_C}{4}=\frac{\delta(t)}{8}$$

方程两边取 $0_+\sim 0_-$ 积分，有：

$$\int_{0-}^{0+}0.5\frac{du'_C(\tau)}{dt}dt+\int_{0-}^{0+}\frac{u'_C}{4}dt=\int_{0-}^{0+}\frac{\delta(t)}{8}dt$$

$$0.5u'_C(0_+)=\frac{1}{8}$$

$$\therefore u'_C(0_+)=\frac{1}{4}e^{-\frac{t}{2}}\varepsilon(t)V$$

2、电流源单独作用时，电容电压为 u''_C

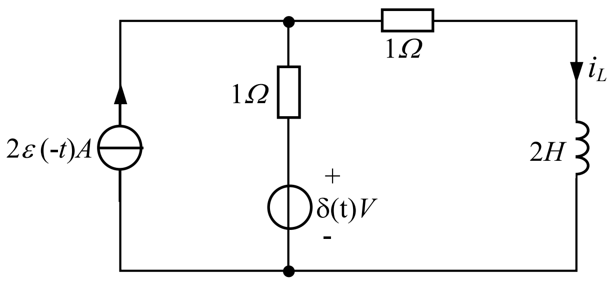
$$u''_C(t)=4(1-e^{-\frac{(t-2)}{2}})\qquad t\geq 2s$$

$$=4(1-e^{-\frac{(t-2)}{2}})\varepsilon(t-2)V$$

3、结果

$$u_C(t)=u'_C(t)+u''_C(t)=0.25e^{-0.5t}\varepsilon(t)+4(1-e^{-0.5(t-2)})\varepsilon(t-2)V.$$

11-29 求题 11-29 图示电路的电感电流 $i_L(t)$ 和电阻电压 $u_R(t)$。



题 11-29 图

解：$i_L(0-)=1A$

$t\geq 0$ 时，列写以 $i_L(t)$为变量的一阶微分方程

$$2\frac{di_L}{dt}+2i_L=\delta(t).$$

方程两边取 $0_+\sim 0_-$ 积分，有：

$$\int_{0-}^{0+}2\frac{di_L(\tau)}{dt}dt+\int_{0-}^{0+}2i_Ldt=\int_{0-}^{0+}\delta(t)dt.$$

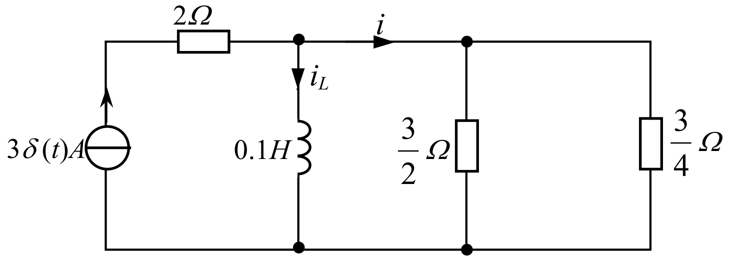
$$2[i_L(0_+)-i_L(0_-)]=1$$

$$i_L(0_+)=\frac{1+2}{2}=1.5A.$$

所以 $i_L(t)=1.5e^{-t}A..$

结果：$i_L(t)=\varepsilon(-t)+1.5e^{-t}\varepsilon(t)A.$　　$u_R(t)==-1\times i_L(t)=\varepsilon(-t)-1.5e^{-t}\varepsilon(t)V.$

11-30　求题 11-30 图示电路的零状态响应 $i_L(t)$和 $i(t)$。



题 11-30 图

解：1、当电流源为$\varepsilon(t)$时，求解对应量的响应分别为 $s_1(t)$、$s_2(t)$

$$R_0=\frac{1}{2/3+4/3}=\frac{1}{6/3}=\frac{1}{2}\Omega.$$

$$\tau=\frac{L}{R_0}=\frac{0.1}{0.5}=\frac{1}{5}s$$

初值　$s_1(0+)=0$，$s_2(0-)=1$A

稳态值 $s_1(\infty)=1$A，$s_2(\infty)=0$

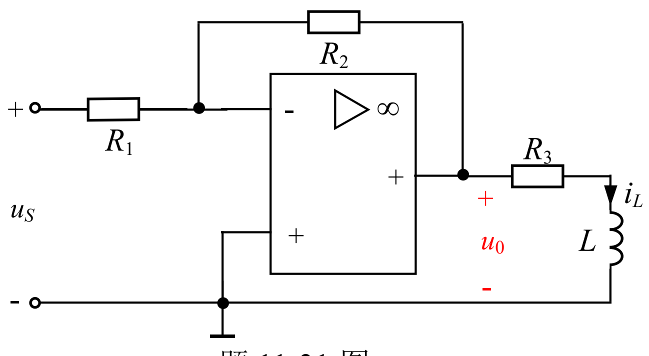
$\therefore s_1(t)=(1-\mathrm{e}^{-5t})\varepsilon(t)A$　　$s_2(t)=\mathrm{e}^{-5t}\varepsilon(t)A.$

2、当电流源为 $3\delta(t)$A 时

$$i_L(t)=3\frac{\mathrm{d}s_1}{\mathrm{d}t}=15\mathrm{e}^{-5t}\varepsilon(t)A$$

$$i(t)=3\frac{\mathrm{d}s_2}{\mathrm{d}t}=-15\mathrm{e}^{-5t}\varepsilon(t)+3\delta(t)A$$

11-31　题 11-31 图示电路。求零状态响应 $i_L(t)$。已知输入 $u_S=\varepsilon(t)V$ 。



题 11-31 图

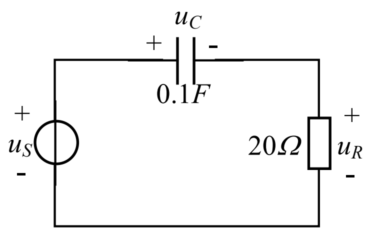
解： $u_O=-\frac{R_2}{R_1}u_S$

$$i_L(t)=[-\frac{R_2}{R_1R_3}+\frac{R_2}{R_1R_3}e^{-(R_3/L)t}]\varepsilon(t)A$$

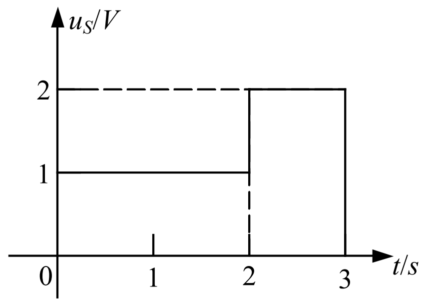
11-32　电路如题 11-32 图(a)所示，求：

(1) 电阻电压的单位冲击响应 $h(t)$；

(2) 如果 u_S 的波形如图(b)所示，用卷积积分法求零状态响应 $u_R(t)$。



(a)



(b)

题 11-32 图

解：(1) 列写以 $u_C(t)$为变量的一阶微分方程

$$u_C+20\times0.1\times\frac{du_C}{dt}=\delta(t)$$

$$2\frac{du_C}{dt}+u_C=\delta(t)$$

由方程的系数可知：$u_C(0+)=\frac{1}{2}$

而 $\tau=20\times0.1=2s$

$$\therefore u_C(t)=\frac{1}{2}e^{-\frac{1}{2}t}\varepsilon(t)V$$

$u_C(t)+h(t)=\delta(t)$，$\therefore h(t)=\delta(t)-\frac{1}{2}e^{-\frac{1}{2}t}\varepsilon(t)$

(2) $u_S=\varepsilon(t)+\varepsilon(t-2)-2\varepsilon(t-3)=f(t)$

$$h(t)=\delta(t)-\frac{1}{2}e^{-\frac{1}{2}t}\varepsilon(t)$$

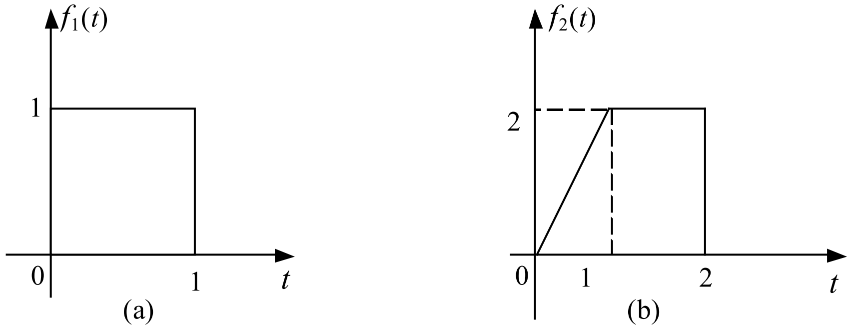
$$\therefore u_R(t)=f(t)*h(t)$$

而 $h(t)*\varepsilon(t)=\int_{0_-}^{t}(\delta(t)-\frac{1}{2}e^{-\frac{\tau}{2}})d\tau\times\varepsilon(t)=[1+(1-e^{-\frac{t}{2}})]\varepsilon(t)=(2-e^{-\frac{t}{2}})\varepsilon(t)$

由卷积延时性质可得：

$$u_R(t)=h(t)*f(t)=(2-e^{-\frac{t}{2}})\varepsilon(t)+(2-e^{-\frac{t-2}{2}})\varepsilon(t-2)-2(2-e^{-\frac{t-3}{2}})\varepsilon(t-3)V$$

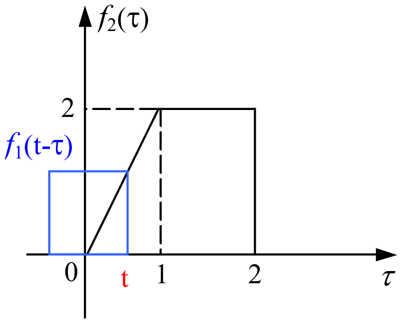
11-33　$f_1(t)$、$f_2(t)$的波形如题 11-33 图所示，用图解法求 $f_1(t)*f_2(t)$。



题 11-33 图

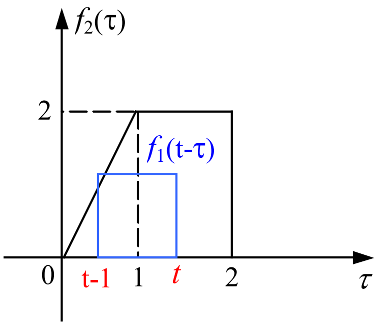
解：$f_1(t)*f_2(t)=\int_{-\infty}^{+\infty}f_1(t-\tau)f_2(\tau)d\tau$

0≤ t <1s 时



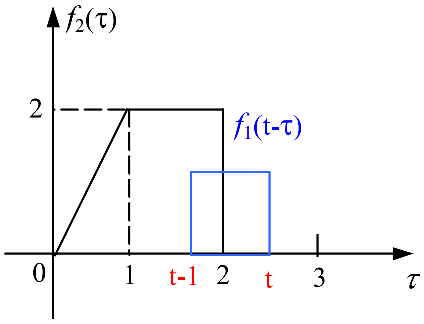
$$f_1(t)*f_2(t)=\int_0^t 2\tau d\tau=\tau^2\,|_0^t=t^2$$

1s≤ t <2s 时



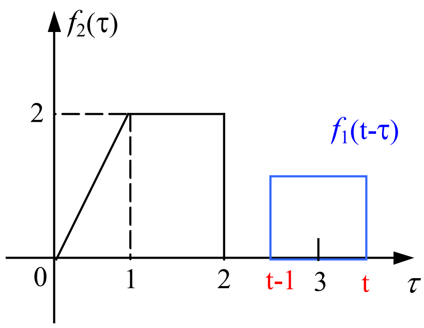
$$f_1(t)*f_2(t)=\int_{t-1}^{1}2\tau d\tau+\int_1^t 2d\tau=\tau^2\,|_{t-1}^{1}+\tau\,|_1^t=1-(t-1)^2+2t-2=-t^2+4t-2$$

2s≤ t <3s 时



$$f_1(t)*f_2(t)=\int_{t-1}^{2}2d\tau=2\tau\,|_{t-1}^{2}=4-2(t-1)=-2t+6$$

$t\geq 3s$ 时



波形没有重合部分，所以 $f_1(t)*f_2(t)=0$

结果：

$$f_1(t)*f_2(t)=\begin{cases}0 & t<0\\ t^2 & 0\leq t<1s\\ -t^2+4t-2, & 1s\leq t<2s\\ -2t+6 & 2s\leq t<3s\\ 0 & t\geq 3s\end{cases}$$