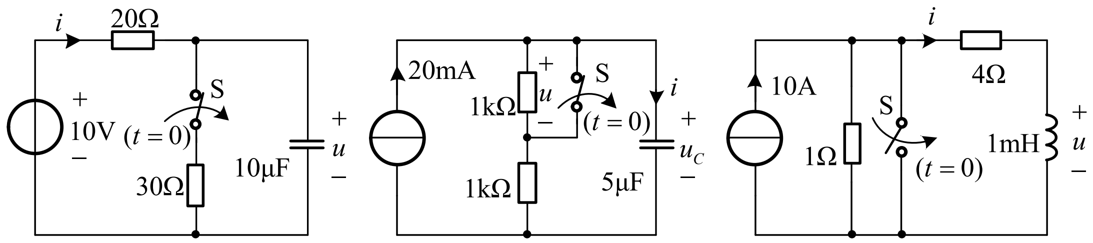
3.1　题图 3.1 所示各电路在换路前已处于稳定状态，试求换路后各电路中的初始值 $u(0_+)$ 和 $i(0_+)$。



(a)　(b)　(c)

题图 3.1

解（a）$t<0$ 时，$u(0_-)=\dfrac{30}{20+30}\times 10\text{V}=6\text{V}$，$i(0_-)=\dfrac{10\text{V}}{20\Omega+30\Omega}=0.2\text{A}$；

$t=0$ 时，S 打开，根据换路定律有

$$u(0_+)=u(0_-)=6\text{V}；\ i(0_+)=i(0_-)=0.2\text{A}$$

（b）$t<0$ 时，$u_C(0_-)=1\text{k}\Omega\times 20\text{mA}=20\text{V}$；

$t=0$ 时，S 打开，则

$$u(0_+)=u_C(0_-)=20\text{V}；\ i(0_+)=\frac{u_C(0_+)}{2\text{k}\Omega}=\frac{20\text{V}}{2\text{k}\Omega}=10\text{mA}$$

（c）$t<0$ 时，$i(0_-)=\dfrac{1}{1+4}\times 10\text{A}=2\text{A}$；

$t=0$ 时，S 打开，则

$$i(0_+)=i(0_-)=0.2\text{A}；\ u(0_+)=i(0_+)\bullet\qquad\bullet$$

3.2　电路如题图 3.2 所示，换路前电路已达稳定。试求 $i_L(0_+)$、$u_C(0_+)$、$\left.\dfrac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}\right|_{0_+}$、$\left.\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right|_{0_+}$。

解（a）$t<0$ 时，$i_L(0_-)=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{10\text{V}}{100\Omega}=0.05\text{A}$，$u_C(0_-)=0\text{V}$；$t=0$ 时，S 打开，根据换路定律有

$$u_C(0_+)=u_C(0_-)=0\text{V}；\ i_L(0_+)=i_L(0_-)=0.05\text{A}$$

$t\geq 0$时，由$i_C=C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$，$u_L=L\dfrac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}$得：

$$\left.\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right|_{0_+}=\frac{i_C(0_+)}{C}=\frac{i_L(0_+)}{C}=5\times10^4\,\mathrm{V/s}$$

$$\left.\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}\right|_{0_+}=\frac{u_L(0_+)}{L}=\frac{i_L(0_+)\bullet}{}\qquad L\ \frac{40\Omega+20\Omega))}{}=-1\times10^3\,\mathrm{A/s}$$

(b) $t<0$时，$i_L(0\_)=5\mathrm{A}$，$u_C(0\_)=5\mathrm{A}\times4\Omega+(-\dfrac{1}{1+3}\times12\mathrm{V})=17\mathrm{V}$；$t=0$时，S 打开，根据换路定律有

$$u_C(0_+)=u_C(0\_)=17\mathrm{V}\text{；}\ i_L(0_+)=i_L(0\_)=5\mathrm{A}$$

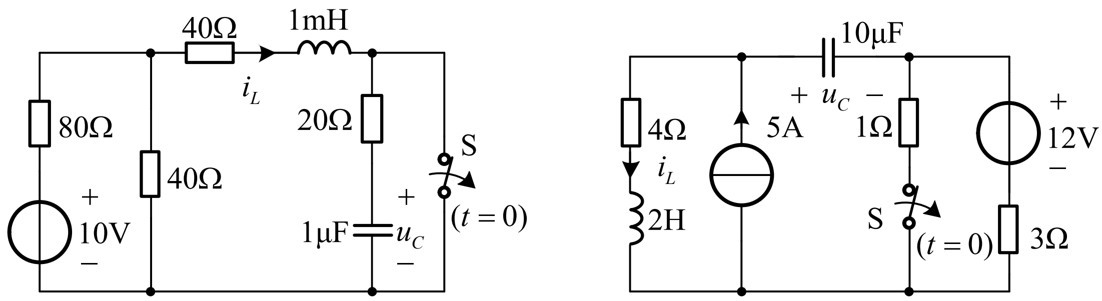
$t\geq0$时，由于$i_L(0_+)=i_L(0_)=5\mathrm{A}$，所以由 KCL 得：$i_C(0_+)=0\mathrm{A}$，那么

$$u_L(0_+)=u_C(0_+)+12\mathrm{V}-i_C(0_+)\bullet\qquad\bullet$$

由$i_C=C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$，$u_L=L\dfrac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}$得：

$$\left.\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}\right|_{0_+}=\frac{i_C(0_+)}{C}=0\mathrm{V/s}$$

$$\left.\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}\right|_{0_+}=\frac{u_L(0_+)}{L}=\frac{9\mathrm{V}}{2\mathrm{H}}=4.5\mathrm{A/s}$$



(a)　　　　　　　　　　(b)

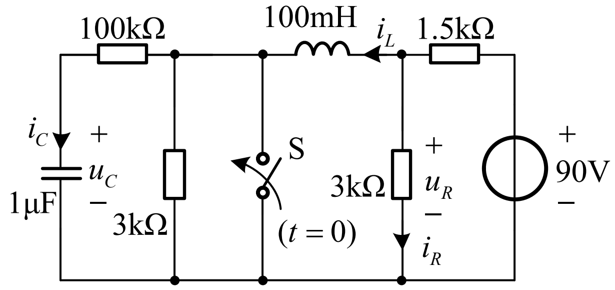
题图 3.2

3.3　电路如题图 3.3 所示，换路前电路处于稳定状态，$t=0$时开关闭合，回答下列问题：

(1) $u_C(0\_)$、$i_C(0_)$和$u_C(0_+)$、$i_C(0_+)$各是多少?

(2) $i_L(0_-)$、$u_L(0_-)$ 和 $i_L(0_+)$、$u_L(0_+)$？

(3) 总结换路时哪些初值跃变，哪些不跃变？



题图 3.3

解 (1) $t<0$ 时，$u_C(0_-)=\dfrac{3//3}{3//3+1.5}\times 90\text{V}=45\text{V}$，$i_C(0_-)=0\text{V}$；$t>0$ 时，由换路定律有，

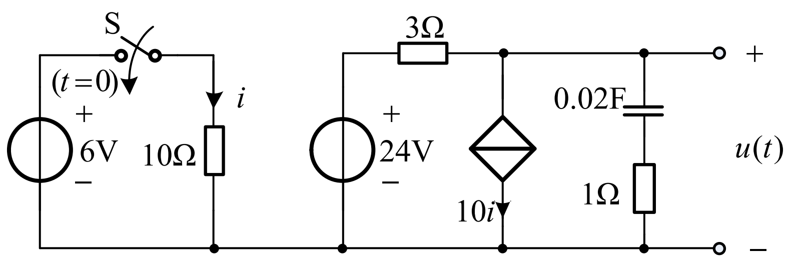
$u_C(0_+)=u_C(0_-)=45\text{V}$，$i_C(0_+)=\dfrac{u_C(0_+)}{100\text{k}\Omega}=0.45\text{mA}$

(2) $t<0$ 时，$i_L(0_-)=\dfrac{1}{2}\times\dfrac{90\text{V}}{(1.5+3//3)\text{k}\Omega}=15\text{mA}$，$u_L(0_-)=0\text{V}$；$t>0$ 时，由换路定律有，

$i_L(0_+)=i_L(0_-)=15\text{mA}$，$u_L(0_+)=u_R(0_+)=u_R(0_-)=45\text{V}$

(3) 由(1)、(2)知，换路时 i_L、u_C 不会越变；i_C、u_L 会越变。

3.4　题图 3.4 所示电路，当 $t<0$ 时，电路处于稳态，当 $t=0$ 时，闭合开关 S。求电压 $u(t)$ 的初始值和稳态值。



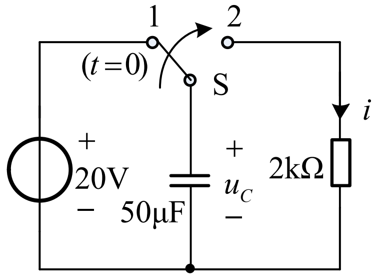
题图 3.4

解 $t<0$ 时，由于 $i=0$，所以，$u(t)\big|_{0_-}=24\text{V}$；$t>0$ 时，由换路定律有，

$u(t)\big|_{0_+}=u(t)\big|_{0_-}=24\text{V}$

$t>0$ 时， $i=0.6\text{A}$，所以 $t=\infty$， $u(t)=1\Omega\times 10i=6\text{V}$

3.5　题图 3.5 所示电路原已稳定，求开关 S 置于 2 后 200ms 时的电容电压和放电电流。



题图 3.5

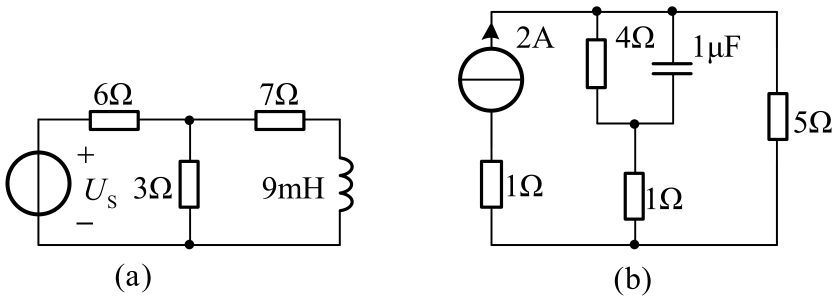
解　当开关 S 置于 1 时，$u_C=U_0=20\text{V}$；置于 2 后，由零输入响应得：

时间常数 $\tau=RC=0.1\text{s}$，所以

$$u_C=U_0\mathrm{e}^{-\frac{t}{RC}}=20\mathrm{e}^{-10t}$$

$t=200\text{ms}$ 时，$u_C=2.710\text{V}$，$i_C=\dfrac{u_C}{R}=1.35\text{mA}$

3.6　求题图 3.6 所示各电路的时间常数。



题图 3.6

解 (a)对图(a)进行等效，如图 3.6(1)，则 $\tau=\dfrac{L}{R}=1\text{ms}$

(b)对图(b)进行等效，如图 3.6(2)所示，则 $\tau=RC=2.4\mu\text{s}$

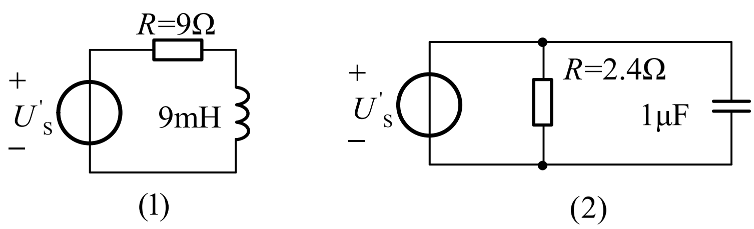
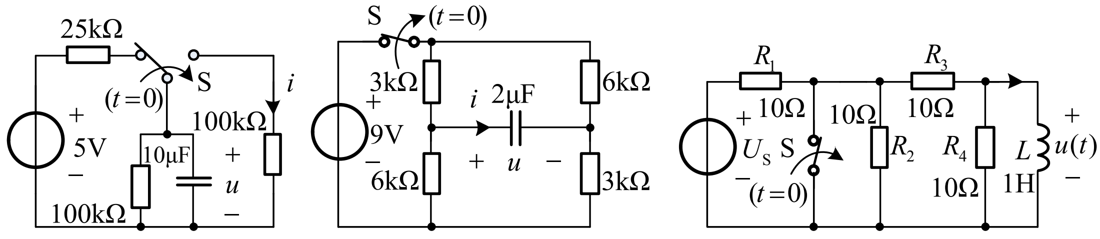


图 3.6

3.7　题图 3.7 所示各电路，原已达稳态，$t=0$ 时，将开关 S 换路，试求 $t\ge 0$ 时的 $u(t)$ 及 $i(t)$。



(a) (b) (c)

题图 3.7

解 (a) $t<0$时，有$u_C=U_0=\dfrac{100}{100+25}\times 5\text{V}=4\text{V}$； $t\geq 0$时，电路等效为图3.7(1)所示，由零输入响应有：时间常数 $\tau=RC=0.5\mu\text{s}$

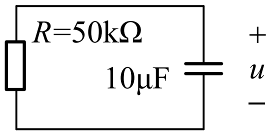


图 3.7(1)

$$u(t)=U_0\mathrm{e}^{-\frac{t}{RC}}=4\mathrm{e}^{-2t}\text{V}，\quad i(t)=\frac{1}{2}\times\frac{u(t)}{R}=0.04\mathrm{e}^{-2t}\text{mA}$$

(b) $t<0$时，有$u_C=U_0=(\dfrac{3}{3+6}-\dfrac{6}{3+6})\times 9\text{V}=-3\text{V}$； $t\geq 0$时，电路等效为图3.7(2)所示，由零输入响应有：时间常数 $\tau=RC=9\text{ms}$

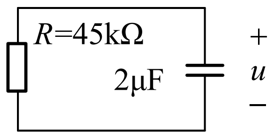


图 3.7(2)

$$u(t)=U_0\mathrm{e}^{-\frac{t}{RC}}=-3\mathrm{e}^{-111t}\text{V}，\quad i(t)=\frac{u(t)}{R}=-\frac{2}{3}\mathrm{e}^{-111t}\text{mA}$$

(c)由零状态响应有，电路图等效为图3.7(3)所示，则

时间常数$\tau=\dfrac{L}{R}=\dfrac{1}{6}\text{s}$

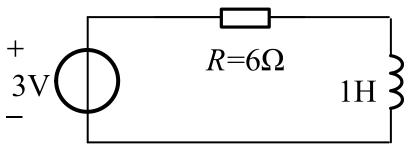
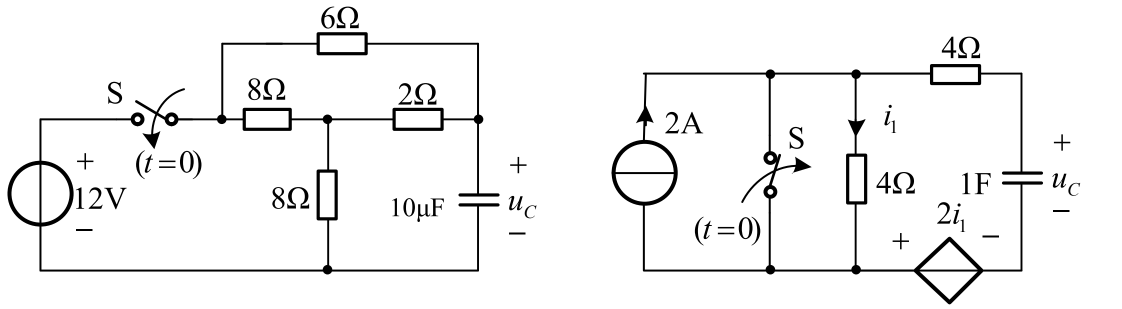


图 3.7(3)

$$i(t)=\frac{U_\text{S}}{R}(1-\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}})=0.5(1-\mathrm{e}^{-6t})\text{A}，$$

$$u(t)=U_\text{S}\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}=3\mathrm{e}^{-6t}\text{V}$$

3.8 试求题图3.8所示各电路的零状态响应$u_C(t)$、$t\geq 0$。



题图 3.8

解 (a) $t \geq 0$时，等效电路如图3.8(1)，故时间常数

$$\tau = RC = 30\times10^{-6}\text{s}$$

所以

$$u_C(t) = U_S(1-\text{e}^{-\frac{t}{\tau}}) = 9(1-\text{e}^{-3.3\times10^4 t})\text{V}$$

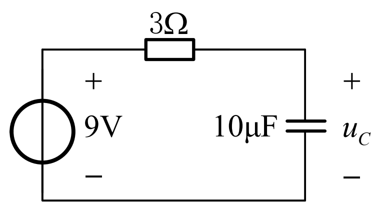


图 3.8(1)

（b）$t \geq 0$时，等效电路如图3.8(2)，故时间常数

$$\tau = RC = 10\text{s}$$

所以

$$u_C(t) = U_S(1-\text{e}^{-\frac{t}{\tau}}) = 12(1-\text{e}^{-\frac{t}{10}})\text{V}$$

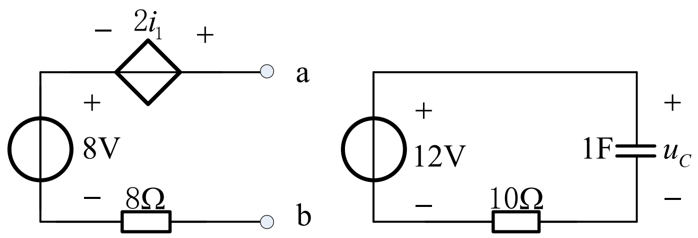


图 3.8(2)

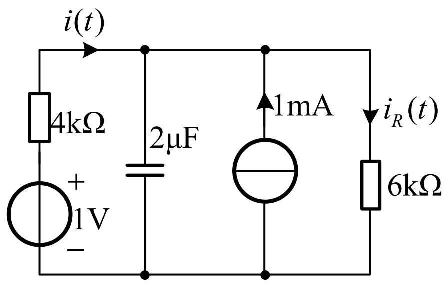
3.9　题图3.9所示电路中，各电源均在$t=0$时开始作用于电路，求$i(t)$并绘出其变化曲线。已知电容电压初始值为零。

解 当$t>0$时，等效电路如图3.9(1)所示，此时时间常数

$$\tau = RC = 4.8\text{ms}$$

故:

$$i_C(t) = \text{e}^{-208t}\text{mA}$$



题图 3.9

$$u_C(t) = 3(1 - \mathrm{e}^{-208t})\mathrm{V}$$

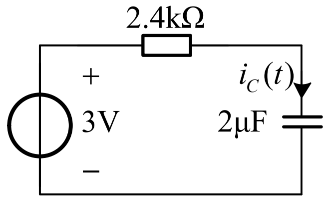


图 3.9(1)

$$i_R(t) = 0.5(1 - \mathrm{e}^{-208t})\mathrm{mA}$$

又

$$i(t) + 1 = i_C(t) + i_R(t)$$

所以

$$i(t) = -0.5 + 0.75\mathrm{e}^{-208t}\mathrm{mA}$$

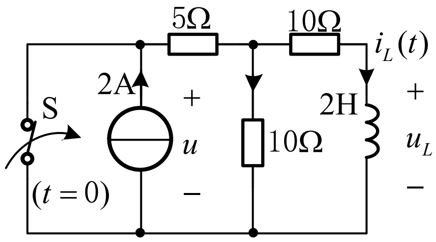
3.10　电路如题图 3.10 所示，开关 S 原是闭合的，电路已达稳定，$t=0$ 时将开关断开，求 $t \geq 0$ 时的 i_L 、u_L 及 u 。

解　$\mathrm{t} \geq 0$ 时，等效电路如图 3.10(1)所示，故时间常数

$$\tau = \frac{L}{R} = 0.1\mathrm{s}$$

此时有

$$u_L(t) = U_\mathrm{S}\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}} = 20\mathrm{e}^{-10t}\mathrm{V}$$



题图 3.10

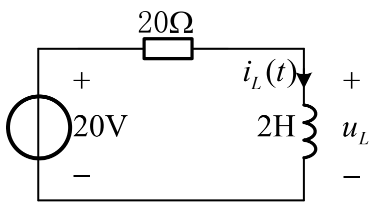


图 3.10(1)

由 KVL 有：

$$-20 + 20i_L(t) + u_L(t) = 0$$

故

$$i_L(t) = 1 - \mathrm{e}^{-10t}\mathrm{A}$$

如题图，

$$2 = i_L(t) + i_1(t)$$

$$-10i_1(t) + 10i_L(t) + u_L(t) = 0$$

所以

$$i_1(t)1+\mathrm{e}^{-10t}\mathrm{A}$$

$t=0$时，$i_1=2\mathrm{A}$，$i_L=0\mathrm{A}$

$\mathrm{t}>0$时，$-u(t)+10+10i_1=0$

故

$$u=30\mathrm{V}，\ u(t)=10(2+\mathrm{e}^{-10t})\mathrm{V}$$

3.11 题图 3.11 所示电路，开关闭合前$i=0$。在$t=0$时，合上开关，求：

(1) 电路电流$i(t)$；

(2) $t=3\mathrm{ms}$时的电流值。

解 (1) $t\geq 0$时，等效电路如图 3.11(1)所示，故时间常数

$$\tau=\frac{L}{R}=2\mathrm{ms}$$

此时有

$$u_L(t)=U_{\mathrm{S}}e^{-\frac{t}{\tau}}=100\mathrm{e}^{-500t}\mathrm{V}$$

对回路有：

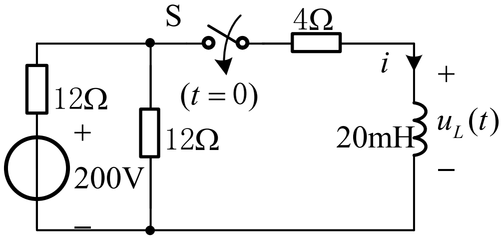
$$-100+10i(t)+u_L(t)=0$$

所以

$$i(t)=10(1-\mathrm{e}^{-500t})\mathrm{A}$$

(2) $\mathrm{t}=3\mathrm{ms}$时，

$$i(t)=10(1-\mathrm{e}^{-1.5})\mathrm{A}=7.75\mathrm{A}$$



题图 3.11

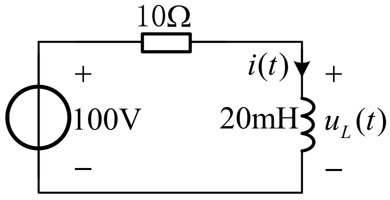
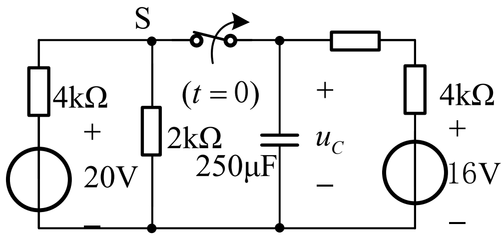


图 3.11(1)

3.12 电路如题图 3.12 所示，开关断开前电路处于稳态，当$t=0$时，开关断开，求$u_C(t)$的响应，并画出$u_C(t)$的变化曲线。



题图 3.12

解 依题意，时间常数

$$\tau = RC = 1\text{s}$$

$t<0$时，等效电路如图 3.12(1)，$u_C(0_-) = 9\text{V}$

$t=0$时，换路：$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 9\text{V}$

$\text{t}>0$时，由全响应公式

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

求得：$f(\infty)$即，$u_C(\infty) = 16\text{V}$

故

$$u_C(t) = 16 - 7\text{e}^{-t}\text{V}$$

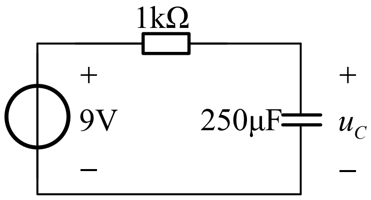


图 3.12(1)

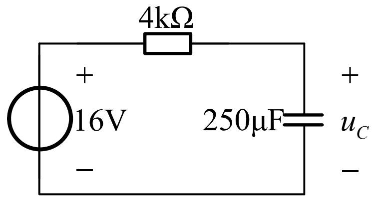
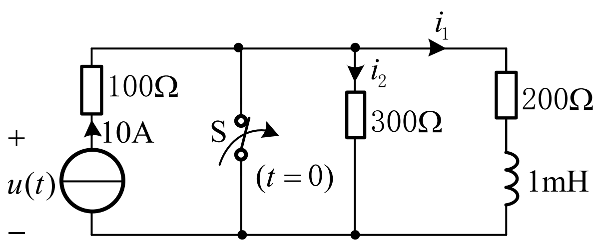


图 3.12(2)

3.13　电路如让人 3.13 所示，开关 S 断开前电路已处于稳态，$t=0$时，开关 S 断开。用三要素法求电流源的电压$u(t)$。



题图 3.13

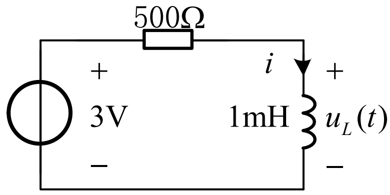


图 3.13(1)

解（法一）：

$t<0$时，

$$-u_C(0_-)+10\text{m}\times 100=0$$

故$u_C(0_-)=1\text{V}$

$t>0$时，时间常数

$$\tau=\frac{L}{R}=2\mu\text{s}$$

此时的等效电路如图 3.13(1)，故

$$i_1(t)=6(1-\mathrm{e}^{-5\times 10^5 t})\text{mA}$$

$$i_2(t)=10-i_1(t)=4+6\mathrm{e}^{-5\times 10^5 t}\text{mA}$$

在回路中：

$$-u(t)+100\text{m}\times 100+300 i_2(t)=0$$

所以

$$u(t)=1+0.6(2+3\mathrm{e}^{-5\times 10^5 t})=2.2+1.8\mathrm{e}^{-5\times 10^5 t}\text{V}$$

(法二(三要素法))：

$t=0$时， $i_1=0, i_2=10\text{mA}$

故

$$u(0_+)=10\text{m}\times\left(100+300\right)=4\text{V}$$

$t=\infty$时， $i_1=6\text{mA}$， $i_2=4\text{mA}$， 此时时间常数

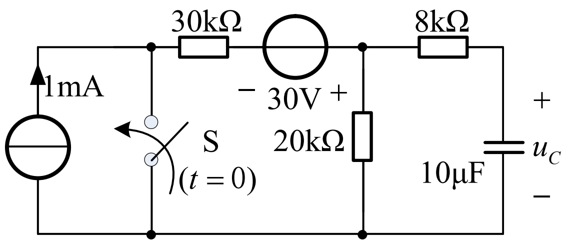
$$\tau=\frac{L}{R}=2\mu\text{s}$$

$u(\infty)=10\text{m}\times 100+4\text{m}\times 300=2.2\text{V}$

故

$$u(t)=u(\infty)+[u(0_+)-u(\infty)]\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}=2.2+1.8\mathrm{e}^{-5\times 10^5 t}\text{V}$$

3.14 题图 3.14 所示电路在换路前已处于稳态，试求换路后$u_C(t)$的全响应表达式。



题图 3.14

解 $t<0$时，等效电路如图 3.14(1)，$u_C(0_-)=20\text{V}$

$t=0$时，换路，$u_C(0_+)=u_C(0_-)=20\text{V}$

$t>0$时，等效电路如图 3.14(2)，$u_C(\infty)=12\text{V}$

电路中，时间常数

$$\tau = RC = 0.2\text{s}$$

故

$$u_C(t)=u_C(\infty)+[u_C(0_+)-u_C(\infty)]\text{e}^{-\frac{t}{\tau}}=12+8\text{e}^{-5t}\text{V}$$

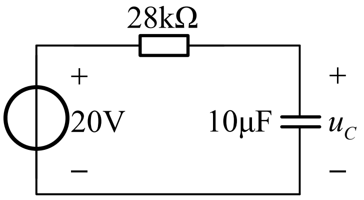


图 3.14(1)

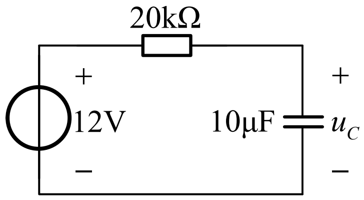
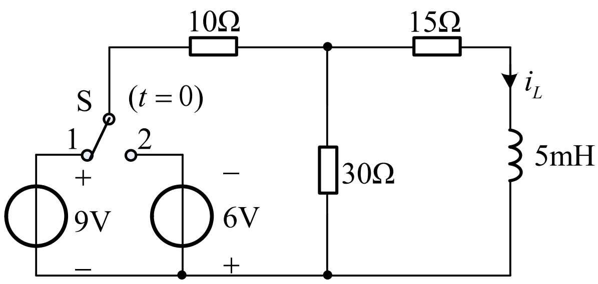


图 3.14(2)

3.15 题图 3.15 所示电路在换路前一处于稳态，$t=0$时，开关 S 由位置 1 倒向位置 2，用三要素法求$i_L(t)$，并画出其波形。



题图 3.15

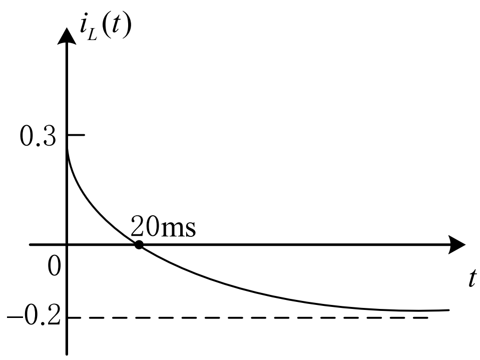


图 3.15(1)

解 除去电压源，容易求得时间常数：

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{5\text{mH}}{(10//30+15)\Omega} = \frac{2}{9}\text{ms}$$

由换路定律得：

$$i_L(0_+) = i_L(0_-) = \frac{9\text{V}}{(10+15//30)\Omega} \times \frac{30}{30+15} = 0.3\text{A}$$

换路后的稳态电路中，

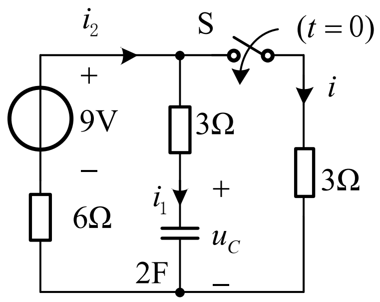
$$i_L(\infty) = -\frac{6\text{V}}{(10+15//30)\Omega} \times \frac{30}{30+15} = -0.2\text{A}$$

利用三要素法求：

$$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0_+) - i_L(\infty)]\text{e}^{-\frac{t}{\tau}} = -0.2 + 0.5\text{e}^{-4500t}\text{A}$$

波形如图 3.15(1)所示。

3.16　题图 3.16 所示电路原已处于稳态，$t=0$ 时开关 S 闭合。求：（1）$t \geq 0$ 时的 $u_C(t)$；（2）$t>0$ 时的 $i(t)$，并画出其波形。



题图 3.16

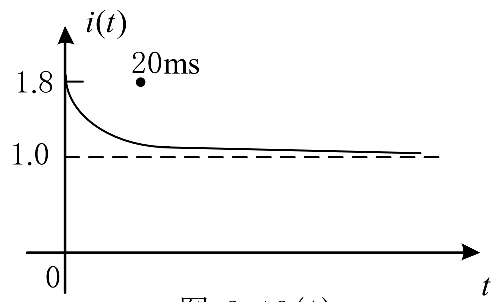


图 3.16(1)

解 (1)换路前，电路已处于稳态，则

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 9\text{V}$$

由换路后的稳态电路有：

$$u_C(\infty) = \frac{3}{6+3} \times 9\text{V=3V}$$

除去电压源，容易求得时间常数

$$\tau = RC = (6//3+3)\Omega \times 2\text{F=10ms}$$

利用三要素法求：

$$u_C(t)=u_C(\infty)+[u_C(0_+)-u_C(\infty)]\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}=3+6\mathrm{e}^{-0.1t}\mathrm{V}$$

(2) 由换路后的稳态电路有：

$$i(\infty)=\frac{9\mathrm{V}}{(6+3)\Omega}=1\mathrm{A}$$

对于换路后的初始状态有，如题图 3.16 所示：

$i(0_+)\times 3\Omega-9\mathrm{V}+i_1(0_+)\times 3\Omega=0$

$i_1(0_+)\times 3\Omega-9\mathrm{V}+i_2(0_+)\times 6\Omega+9\mathrm{V}=0$

$i(0_+)+i_1(0_+)-i_2(0_+)=0$

解得

$$i(0_+)=1.8\mathrm{A}$$

除去电压源，求得时间参数

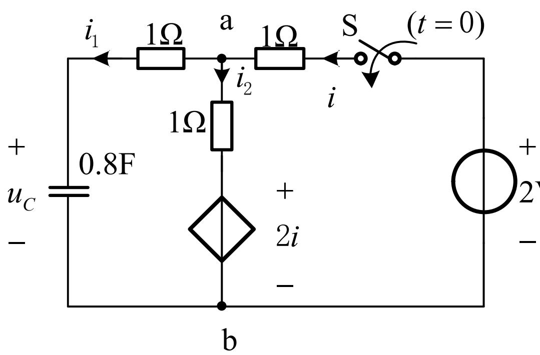
$$\tau=RC=10\mathrm{ms}$$

利用三要素法求：

$$i(t)=i(\infty)+[i(0_+)-i(\infty)]\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}=1+0.8\mathrm{e}^{-0.1t}\mathrm{A}$$

波形如图 3.16(1)所示。

3.17 题图 3.17 所示电路原已处于稳态，$t=0$时，闭合开关 S。求$t\geq 0$时的电流$i(t)$。



题图 3.17

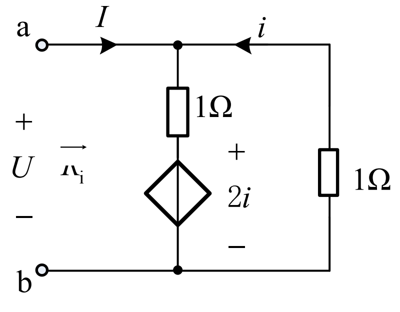


图 3.17(1)

解 闭合开关 S 后，求i的稳态值：

$i(\infty)\times(1\Omega+1\Omega)+2i(\infty)\mathrm{V}-2\mathrm{V}=0$

解得

$$i(\infty)=0.5\mathrm{A}$$

根据换路定律有：

$$u_C(0_+)=u_C(0_-)=0\mathrm{V}$$

如题图所示，求i的初始值：由 KCL、KVL 有，

$i(0_+)=i_1(0_+)+i_2(0_+)$

$i_1(0_+)+i_2(0_+)+2i(0_+)-2\mathrm{V}=0$

$2i(0_+)+i_1(0_+)-i_2(0_+)-u_C=0$

解得：

$$i(0_+)=0.8\mathrm{A}，\ i_1(0_+)=-0.4\mathrm{A}，\ i_2(0_+)=1.2\mathrm{A}$$

除去电压源，求电路时间参数：

用“外加电源法”求 ab 两端等效电阻，如图 3.17(1)所示，则

$U=-i$

$U=(I+i)\times 1+2i$

解得

$$R_{\mathrm{i}}=0.25\Omega$$

所以

$$\tau=RC=1\mathrm{s}$$

利用三要素法求得：

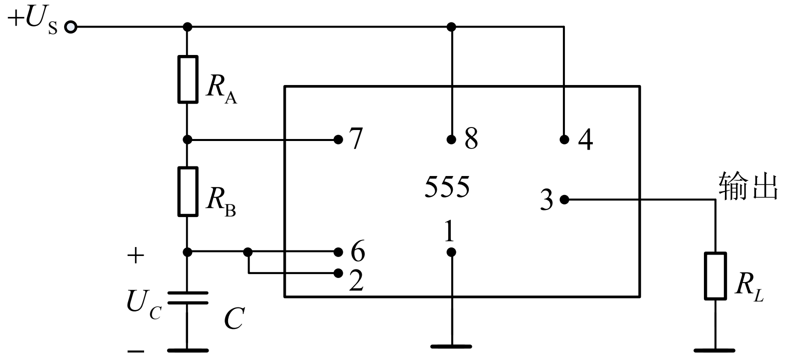
$$i(t)=i(\infty)+[i(0_+)-i(\infty)]\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}=0.5+0.3\mathrm{e}^{-t}\mathrm{A}$$

*3.18 555 型定时器是一个具有多种用途的集成电路，对外有 8 个端钮。在题图 3.18 中是将 555（方框部分）与R_{A}、R_{B}、C连接成一个自由间歇振荡器（不必追究其含义），在此情况下，555 的性能如同一个电压控制开关。当电压U_{S}加上后，电流由电源U_{S}经R_{A}和R_{B}使电容C充电，此时输出端与电源U_{S}相连，使输出电压等于U_{S}。当电容电压$u_C(t)$达到$\frac{2}{3}U_{\mathrm{S}}$时，按钮 7 接地，电容

经 R_B 放电，此时输出端也接地，其电压等于零。当电容电压下降到 $\frac{1}{3}U_S$ 时，按钮 7 断开，使电容再度经 R_A、R_B 由电源 U_S 充电，并使输出端又与电源 U_S 相连，输出电压为 U_S。当 $u_C(t)$ 达到 $\frac{2}{3}U_S$ 时，电容再次放电，依次重复。

（1）假定加上电源 U_S 时，u_C 初始值为零，试画出电容电压 $u_C(t)$ 及输出电压波形图；

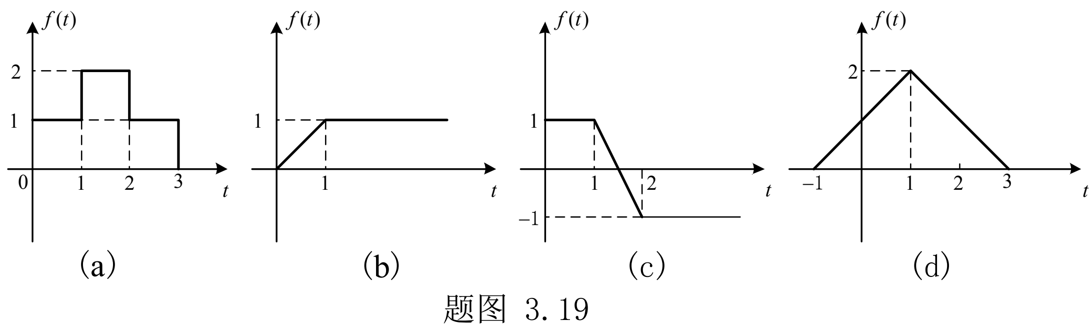
（2）试证明振荡器的周期为 $T = 0.693(R_A + 2R_B)C$。



题图 3.18

解 略。

3.19　写出题图 3.19 中各波形的函数表达式（要求借助阶跃函数写成封闭形式）。



题图 3.19

解 由各图可以容易写出各波形的函数表达式：

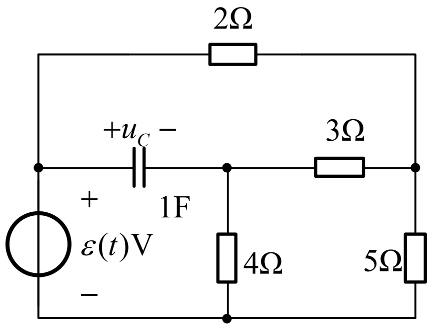
(a) $f(t) = \varepsilon(t) + \varepsilon(t-1) - \varepsilon(t-2) - \varepsilon(t-3)$；

(b) $f(t) = t\varepsilon(t) + (1-t)\varepsilon(t-1)$；

(c) $f(t) = \varepsilon(t) + (2-2t)\varepsilon(t-1) - (4-2t)\varepsilon(t-2)$；

(d) $f(t)=(1+t)[\varepsilon(t+t)-\varepsilon(t-1)]+(3-t)[\varepsilon(t-1)-\varepsilon(t-3)]$

3.20 试求题图 3.20 所示电路的阶跃响应 $u_C(t)$。



题图 3.20

解 因为 $u_s=\varepsilon(t)\mathrm{V}$ 是单位阶跃函数，所以 u_C 仅是一个阶跃响应组成。

当 $\varepsilon(t)$ 作用时，由电路结构可知

$u_C(0)=0$，$u_C(\infty)=\dfrac{39}{59}\approx 0.66\mathrm{V}$，$\tau=RC=[(2//5+3)//4]\times 1=\dfrac{124}{59}\mathrm{s}\approx 2.1\mathrm{s}$

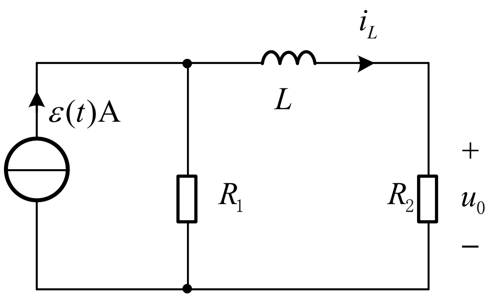
故阶跃响应为

$$u_C(t)=0.66(1-\mathrm{e}^{-0.48t})\varepsilon(t)\mathrm{V}$$

3.21 题图 3.21 所示电路，$R_1=3\Omega$，$R_2=6\Omega$，$L=1\mathrm{H}$。

(1) 求电路的阶跃响应 $u_0(t)$；

(2) 若激励为 $5\varepsilon(t-2)\mathrm{A}$，求电路响应 $u_0(t)$。



题图 3.21

解 (1) 因为 $i_s=\varepsilon(t)\mathrm{A}$ 是单位阶跃函数，所以 u_0 仅是一个阶跃响应组成。

当 $\varepsilon(t)$ 作用时，由电路结构可知

$u_0(0)=0$， $u_0(\infty)=\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2}\times i_{\rm s}$=2V， $\tau=\dfrac{L}{R_1+R_2}=\dfrac{1}{9}\,{\rm s}\approx 0.11{\rm s}$

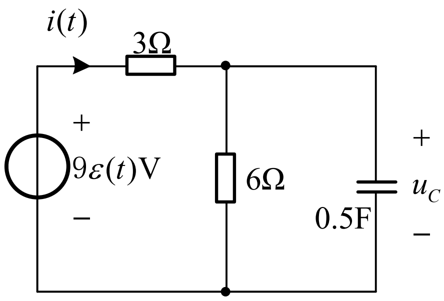
故阶跃响应为

$$u_0(t)=2(1-{\rm e}^{-9t})\varepsilon(t){\rm A}$$

(2) 当激励为 $5\varepsilon(t-2){\rm A}$ 时，此时 $u_0(\infty)=\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2}\times 5i_{\rm s}$=10V，由时不变性，其阶跃响应为

$$u_0(t)=10(1-{\rm e}^{-9(t-2)})\varepsilon(t-2){\rm A}$$

3.22　题图 3.22 电路，已知 $u_C(0\_)=7.5{\rm V}$，求 $i(t)$，　$t\geq 0$，并绘出 $i(t)$ 的波形。



题图 3.22

解 当 $9\varepsilon(t)$ 作用时，由电路结构可知

$$i(0)=\frac{9{\rm V}\text{-}7.5{\rm V}}{3\Omega}=0.5{\rm A}，\ i(\infty)=1{\rm A}，\ \tau=RC=(3//6)\times 0.5=1{\rm s}$$

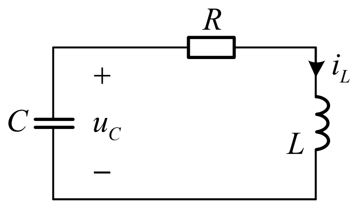
故

$$i(t)=(1-0.5{\rm e}^{-t})\varepsilon(t){\rm A}$$

波形图略。

3.23　电路如题图 3.23 所示，已知 $R=9\Omega$，$C=0.05{\rm F}$，$L=1{\rm H}$，$i_L(0_+)=2{\rm A}$，

$u_C(0_+)=20{\rm V}$，试求零输入响应 $u_C(t)$、$i_L(t)$。



题图 3.23

解 因为$(\frac{R}{2L})^2 > \frac{1}{LC}$，所以属于非振荡放电过程。特征根

$$p_1 = -\frac{R}{2L} + \sqrt{(\frac{R}{2L})^2 - \frac{1}{LC}} = -4$$

$$p_2 = -\frac{R}{2L} - \sqrt{(\frac{R}{2L})^2 - \frac{1}{LC}} = -5$$

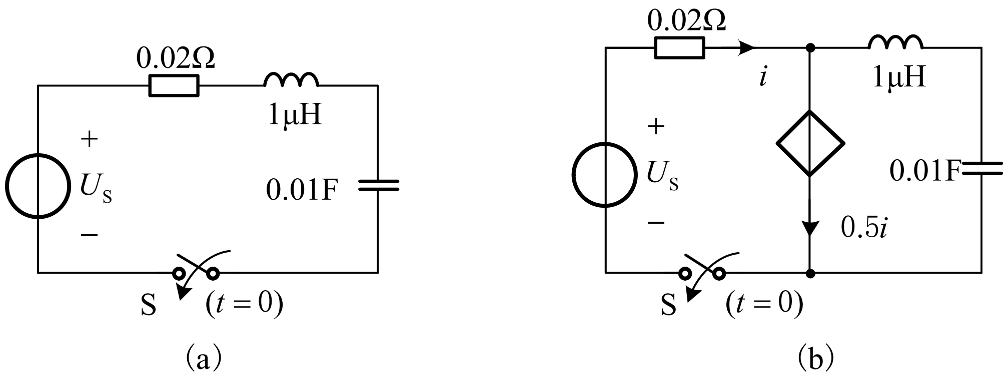
此时电容电压为

$$u_C(t) = \frac{U_0}{p_2 - p_1}(p_2 e^{p_1 t} - p_1 e^{p_2 t}) = 100e^{-4t} - 80e^{-5t}\text{V}$$

电路中的电流为

$$i_L(t) = -\frac{U_0}{L(p_2 - p_1)}(e^{p_1 t} - e^{p_2 t}) = 20(e^{-4t} - e^{-5t})\text{V}$$

3.24 试判断题图 3.24 所示两电路的过渡过程是欠阻尼还是过阻尼的？



题图 3.24

解 (a)由图易求得

$$R = 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 0.02\Omega$$

所以为临界阻尼情况。

(b) 可以用“外加电源法”求得等效电阻，除去电压源，如图 3.24(1)所示，则

$U=-i\times 0.02$

$I=-i+0.5i$

解得：$R_{\mathrm{i}}=\frac{U}{I}=0.04\Omega$

由图易求得

$$R_{\mathrm{i}}=0.04\Omega>2\sqrt{\frac{L}{C}}=0.02\Omega$$

所以为过阻尼情况。

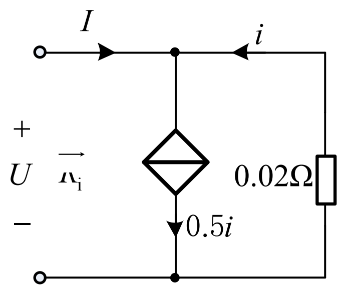
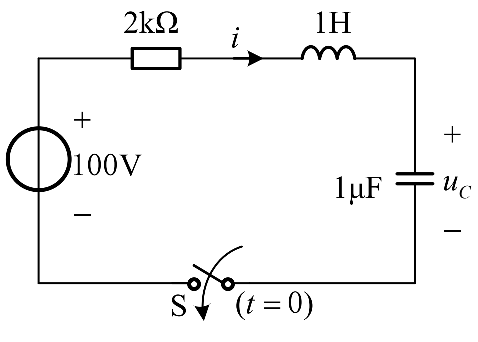


图 3.24(1)

3.25 电路如题图 3.25 所示，$t=0$时开关 S 闭合，设$u_C(0_)=0$，$i(0\_)=0$，

求换路后电路中的电流i和电压u_C。



题图 3.25

解 有题图 3.25 知为二阶零状态响应，由于$(\frac{R}{2L})^2=\frac{1}{LC}$，所以属于临界情况。

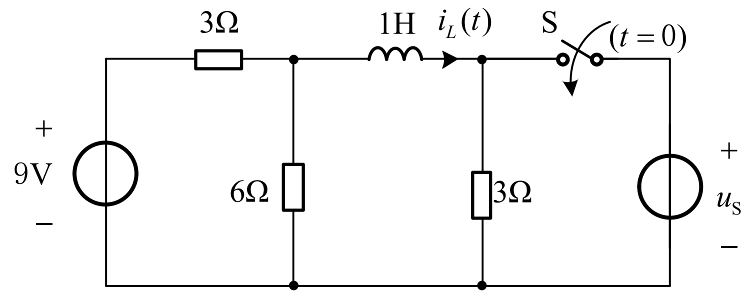
又由于$p_1=p_2=-\frac{R}{2L}=-\delta$，故由零输入响应有

$u_C = U_s e^{-\delta t}(1+\delta t) + U_s = 100(1+1000t)\mathrm{e}^{-1000t} + 100\mathrm{V}$，　$i = U_s e^{-\delta t} t = 100t\mathrm{e}^{-1000t}$

3.26　题图 3.26 所示电路原已达到稳态，$t=0$ 时将开关合上，已知 $u_S(t) = 2\cos 2t\mathrm{V}$。试求：

（1）电感电流 $i_L(t)$，$t \geq 0$；

（2）分别写出 $i_L(t)$ 的零输入响应和零状态响应。（2007 南京航空航天大学硕士研究生入学试题）



题图 3.26

解　由题意及题图知

$$i_L(0) = \frac{9\mathrm{V}}{(3+6//3)\Omega} \times \frac{6}{3+6} = 1.2\mathrm{A}, \quad \tau = \frac{L}{R} = 0.5\mathrm{s}$$

由零输入响应有

$$i_L(t)_{\mathrm{I}} = i_L(0)\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}} = 1.2e^{-2t}\mathrm{A}$$

由零状态响应有

$$i_L(t)_{\mathrm{O}} = i_L(1-\mathrm{e}^{-\frac{t}{\tau}}) = 3 + \frac{\sqrt{2}}{2}\cos(2t+135^\circ, \quad .5\mathrm{e}^{-2t}\mathrm{A}$$

（1）$i_L(t) = 3 + \frac{\sqrt{2}}{2}\cos(2t+135^\circ, \quad .3\mathrm{e}^{-2t}\mathrm{A}$

(2) 零输入响应：$1.2\mathrm{e}^{-2t}\mathrm{A}$；零状态响应：$3 + \frac{\sqrt{2}}{2}\cos(2t+135^\circ, \quad .5\mathrm{e}^{-2t}\mathrm{A}$

3.27　略。

3.28　略。