第十三章　　一阶电路时域分析

13-1　图题 13-1 所示电路，t<0 时 K 一直在 0 点。今从 t=0 时刻开始。每隔 T 秒，依次将 K 向左扳动，扳道 4 点是长期停住。试画出 u(t)的波形，并用阶 跃函数将 u(t)表示出来。

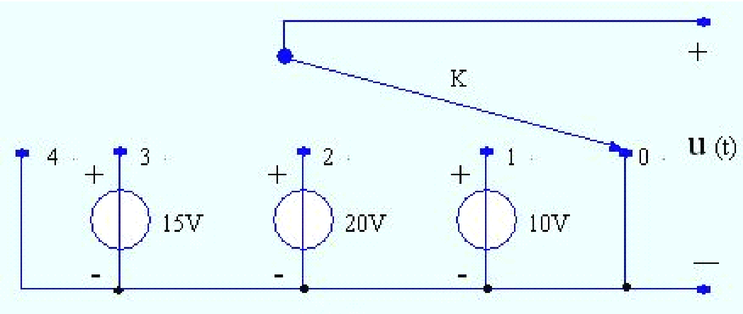


图 题 13－1

答案

解：　u(t)的波形如图 13-1（a）所示。

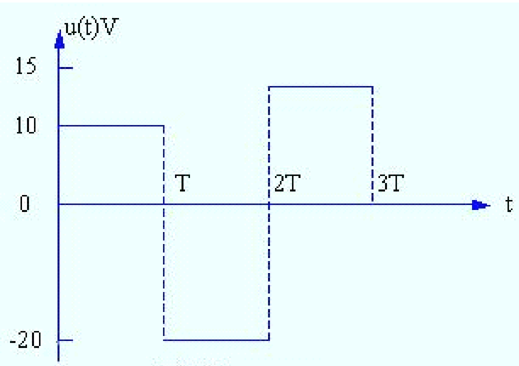


图 题 13－1(a)

13-2　粗略画出下列时间函数的波形。

（1）tU(t)；　(2)tU(t+1)；

(3) (t-1)U(t-1)；　　(4) -tU(t)；　　(5) tU(t-1)

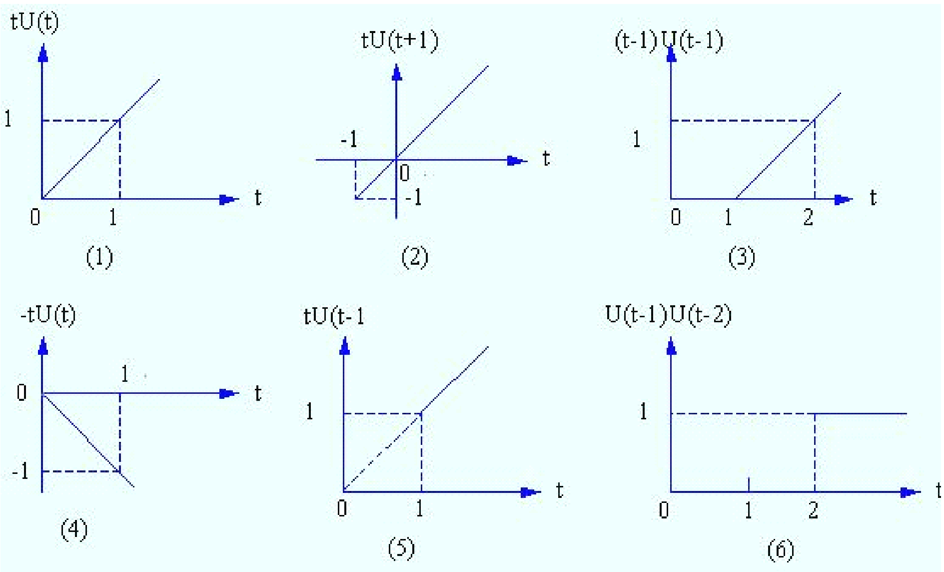
(6) U(t-1)U(t-2)；

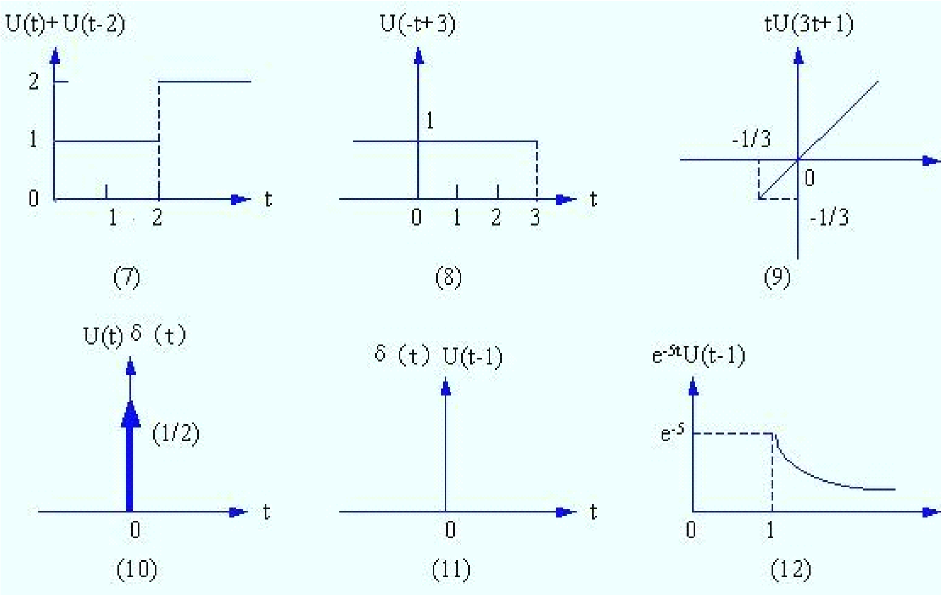
(7) U(t)+U(t-2)；　　(8) U(-t+3)；　　(9) tU(3t+1)；　　(10) $\delta(t)U(t)$

(11) $\delta(t)U(t-1)$；　　(12) $e^{-5t}U(t-1)$；　　(13) U(t-1)-U(t-4)。

答案

解：各波形相应如图题 13-2 所示。





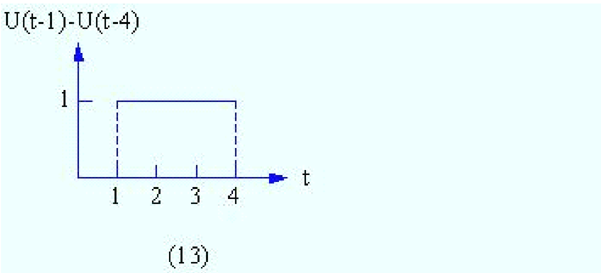


图 题 13—2

13-3　求下列导数：

(1)　$\frac{d}{dt}[u(t)-U(t-1)]$；　　（2）$\frac{d}{dt}[u(t)\bullet U(t-1)]$；

(3)　$\frac{d}{dt}[e^{-\alpha t}U(t)]$　；　　(4)　$\frac{d}{dt}[e^{-5t}U(t-4)]$　；

(5)　$\frac{d^2}{dt^2}[tU(t)]$

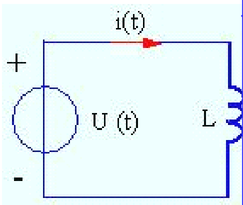
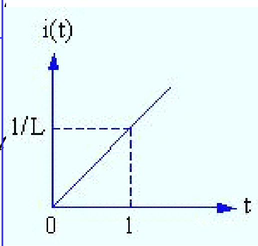
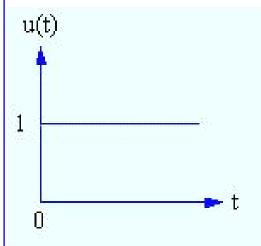
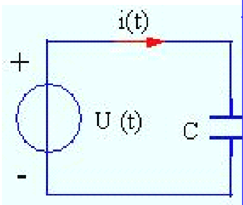
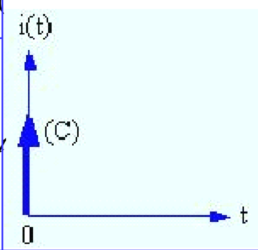
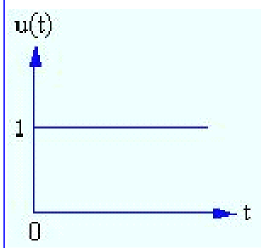
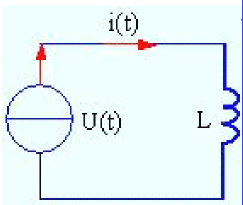
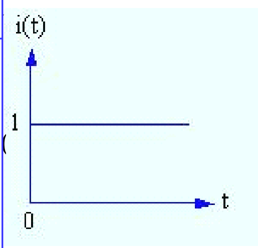
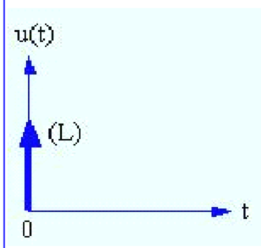
答案

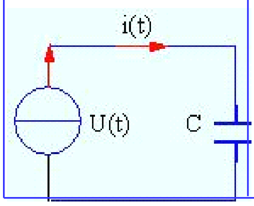
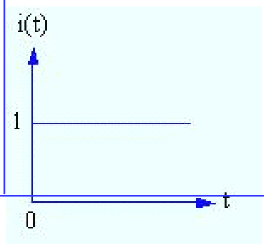
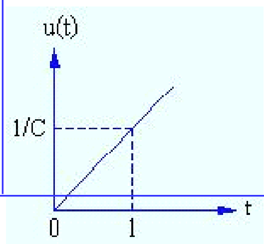
解：（1） $\delta(t)-\delta(t-1)$ ； （2） $\delta(t-1)$ ；

（3） $\delta(t)-\alpha e^{-\alpha t}U(t)$ ； （4） $e^{-5t}\delta(t-4)-5e^{-5t}U(t-4)$ ；

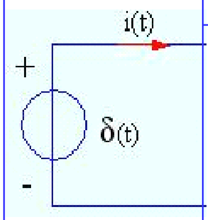
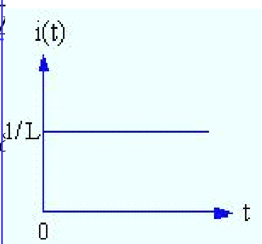
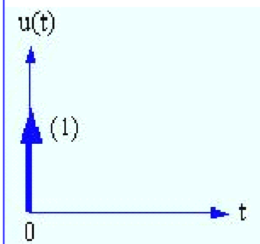
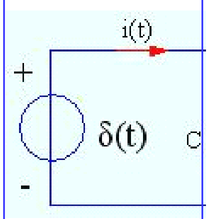
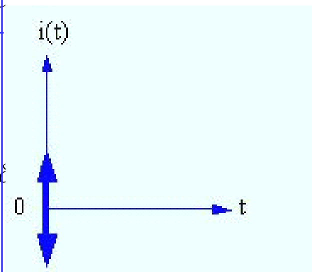
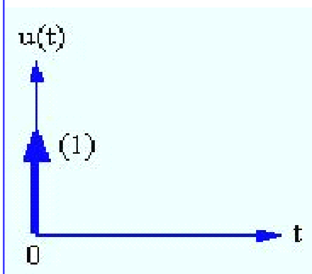
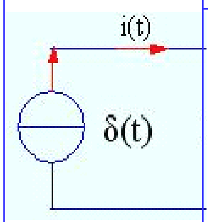
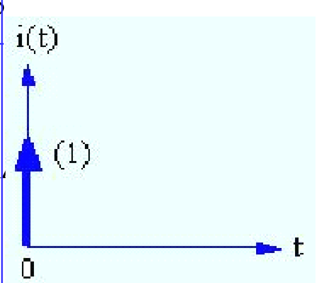
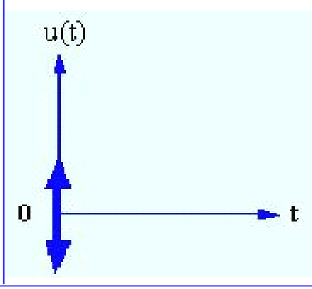
（5） $\delta(t)$ 。

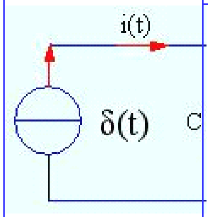
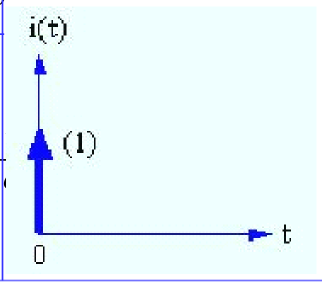
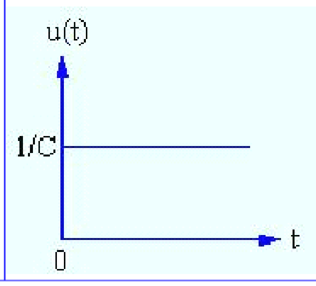
13-4 写出下表格单一元件电路的单位阶跃响应 i(t)、u(t)的表达式。画出波形。

电　　路	响应的表达式	波　　形	
	$i(t)=\frac{1}{L}*$ $u(t)=U($		
	$i(t)=C\delta($ $u(t)=U($		
	$i(t)=U($ $u(t)=L\delta($		
	$i(t)=U($ $u(t)=\frac{1}{C}*$		

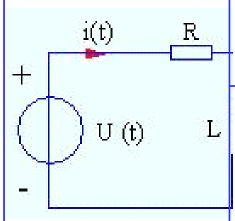
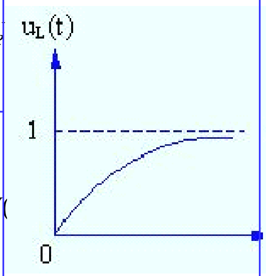
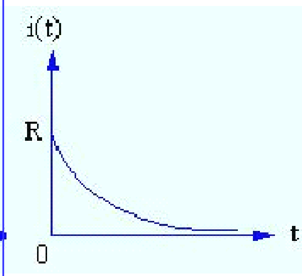
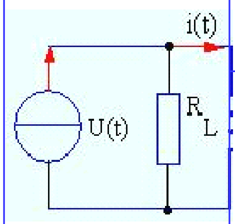
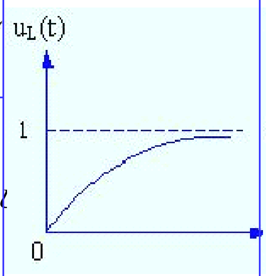
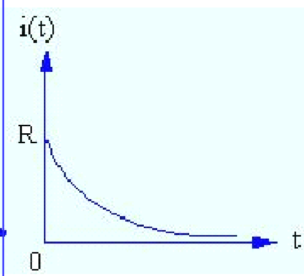
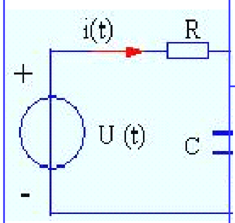
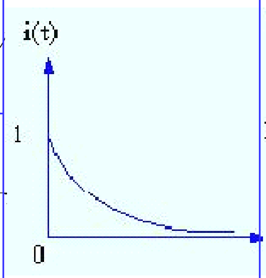
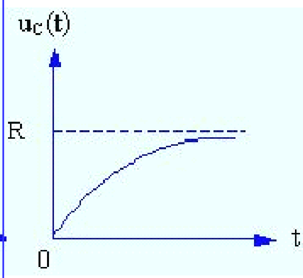
<table>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</table>

13-5 写出下表中个单一元件电路的单位冲激响应 i(t)、u(t)的表达式，画出波形。

<table>
<tr><th>电　　　路</th><th>响 应
的 表
达 式</th><th colspan="2">波　　　形</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>$i(t)=\frac{1}{L}$
$u(t)=$</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>$i(t)=C$
$u(t)=$</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>$i(t)=\delta$
$u(t)=$</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</table>

	$i(t)=\delta$ $u(t)=$		

13-6 写出下表中各一阶电路单位阶跃响应 i(t)、u(t)的表达式，画出波形。

电　　　路	响应的表达式	波　　　形	
	$i(t)=\frac{1}{R}(1-e$ $u_L(t)=e^{-\frac{1}{\tau}t}U($		
	$i(t)=(1-e^{-\frac{1}{\tau}t}$ $u_L(t)=Re^{-\frac{1}{\tau}t}($		
	$i(t)=\frac{1}{R}e^{-\frac{1}{\tau}t}U$ $u_C(t)=(1-e$		
	$i(t)=e^{-\frac{1}{\tau}t}U(t$		

	$u_C(t) = R(1-$		

13-7　图题 13-7 电路，激励 $i_s(t)$ 的波形如图所示，$i(0^-)=0$。求响应 u(t)。

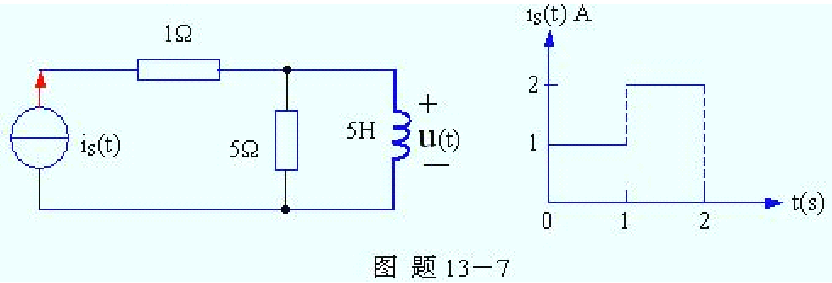


图 题 13—7

答案

解：$i_s(t)=U(t)+U(t-2)A$。激励 U(t)产生的响应 $u_1(t)$ 按图题 13-7(a)用三要素法求，即

$u_1(0^-)=5V$，$u_1(\infty)=0,$ $\tau=\frac{5}{5}=1S$

故　$u_1(t)=5e^{-t}U(t)V$。

故 $i_s(t)$ 产生的响应 u(t)为

u(t)= $5e^{-t}U(t)+5e^{-(t-1)}U(t-1)-10e^{-(t-2)}U(t-2)V$。

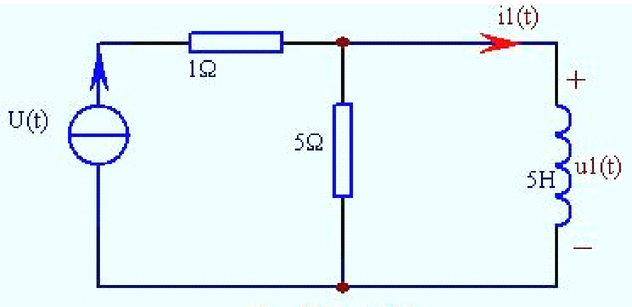


图　题13—7(a)

13-8　已知一阶线性定常电路，在相同的初始条件下，当激励为 f(t)时，[t<0 时，f(t)=0]，其全响应为

$$y_1(t)=2e^{-t}+\cos 2t;\quad t\geq 0$$

当激励为 2f(t)时，其全响应为

$$y_2(t)=e^{-t}+2\cos 2t;\quad t\geq 0$$

求激励为 4f(t)时的全响应 y(t)。

答案

解：设零输入响应为 $y_x(t)$，激励 f(t)的零状态响应为 $y_1(t)$。则激励为 2f(t)产生的零状态响应为 2$y_1(t)$。故有

$$y_x(t)+y_1(t)=2e^{-t}+\cos 2t$$

$$y_x(t)+2y_1(t)=e^{-t}+2\cos 2t$$

联解得 $y_x(t)=3e^{-t}U(t)$，$y_1(t)=-e^{-t}+\cos 2t$

激励为 4f(t)时，全响应为

$$y(t)=y_x(t)+4y_1(t)=3e^{-t}+4(-e^{-t}+\cos 2t)$$

$$=(-e^{-t}+4\cos 2t)U(t)$$。

13-9　图题 13-9 电路，t<0 时,K 闭合,电路已达稳定状态.今于 t=0 时断开开关 K,求 t>0 时的全响应 $u_c(t)$ 及 $u_c(t)$ 经过零值得时刻 t_o。

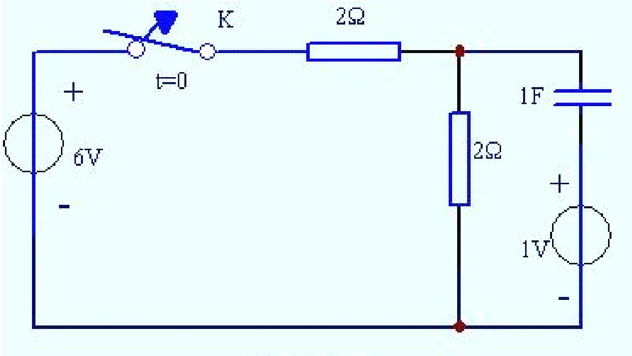


图 题13－9

答案

解:t<0 时,K 闭合,电路已达稳定状态,故有 $u_c(0^-)=3V$。t>0 时 K 打开,故有 $u_c(0^+)=u_c(0^-)=3V$，$u_c(\infty)=-1V$ $\tau=RC=2S$。故得

$$u_c(t)=(-1+3e^{-0.5t})U(t)V$$

又 $$u_c(t_o)=0=-1+3e^{-0.5t_o}$$

解得 $t_o=2.2S$。

$u_c(t)$ 的波形如图题 13-9-(a)所示。

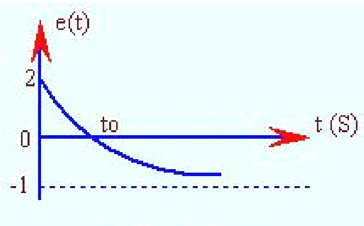


图 题13－9(a)

13-10 图题 13-10 电路,t<0 时 K 闭合,电路已达稳定状态。求 t>0 时的响应 $u_2(t)$，并画出波形。

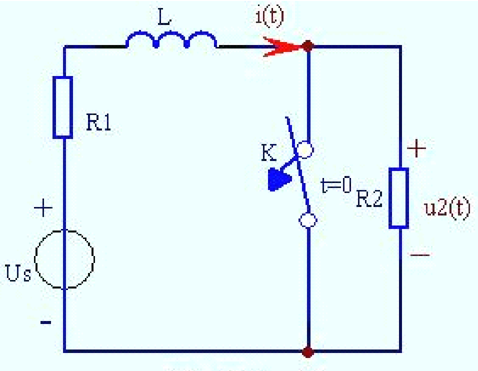


图　题13—10

答案

解：　t<0 时，K 闭合，电路已达稳定状态，故有

$$i(0^-)=\frac{U_s}{R_1}$$
。

t>0 时,K 打开,故有

$$i(0^+)=i(0^-)=\frac{U_s}{R_1}$$

$$u_2(0^+)=R_2 i(0^+)=\frac{R_2}{R_1}U_s$$

$$u_2(\infty)=\frac{R_2}{R_1+R_2}U_s$$

故

$$u_2(t)=\frac{R_2}{R_1+R_2}U_s(1-e^{-\frac{1}{\tau}t})U(t)+\frac{R_2}{R_1}U_s e^{-\frac{1}{\tau}t}U(t)V$$
。

13-11　　图题 13-11 电路，t<0 时 K 打开，电路已达稳定状态。今于 t=0 时闭合

K，求 t>0 时的响应$u_c(t)$、$i_L(t)$、$i(t)$，画出波形。

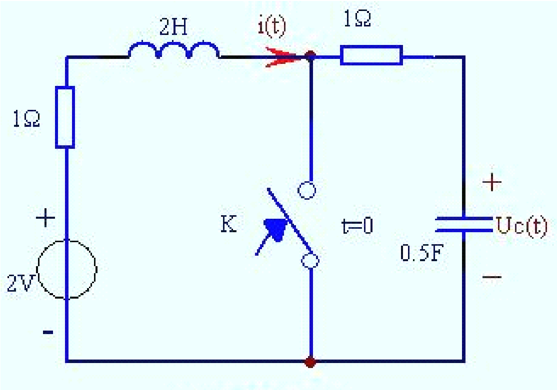


图 题13－11

答案

解：t<0 时，K 打开，电路已达稳定，故有

$$i_L(0^-)=0,\quad u_c(0^-)=2V。$$

t>0 时，K 闭合，此时有

$$i_L(0^+)=i_L(0^-)=0,\quad u_c(0^+)=u_c(0^-)=2V;$$

$$i_L(\infty)=\frac{2}{1}=2A,\quad u_c(\infty)=0;$$

$$\tau_1=\frac{2}{1}=2S \qquad \tau_2=1\times0.5=0.5S$$

故得 $$i_L(t)=(1-e^{-\frac{1}{\tau_1}t})U(t)A$$

$$u_c(t)=2e^{-\frac{1}{\tau_2}t})U(t)V$$

$$i_C(t)=C\frac{du_c(t)}{dt}=-2e^{-2t}A$$

$$i(t)=i_L(t)-i_C(t)=[2(1-2e^{-\frac{1}{\tau_1}t})+2e^{-2t})U(t)A$$

13-12　　图题 13-12 电路，t<0 时 K 打开，电路已达稳定状态，且设 $u_2(0^-)=0$。今于 t=0 时闭合 K，求 t>0 时的响应 $u_2(t)$，画出波形。

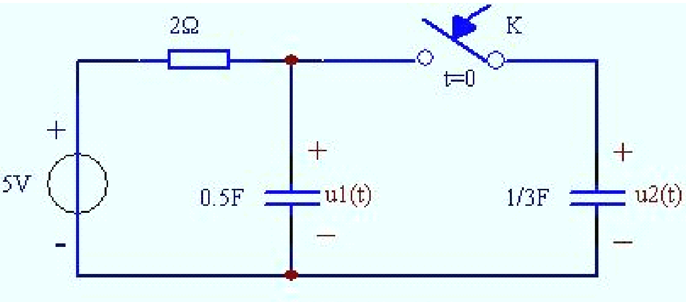


图　题13－12

答案

解：t<0 时 K 打开,电路已达稳定状态,故有

$u_1(0^-)=5V$；$u_2(0^-)=0$。

t>0 时 K 闭合,此时有

$u_1(0^+)=u_2(0^+)$,

$C_1u_1(0^+)+C_2u_2(0^+)=C_1u_1(0^-)+C_2u_2(0^-)$。

联解并代入数据得　$u_1(0^+)=u_2(0^+)=3V$。

又　　$u_1(\infty)=u_2(\infty)=5V$，$\tau=R(C_1+C_2)=\frac{5}{3}S$。

故得　$u_1(t)=u_2(t)=(5-2e^{-0.6t})U(t)V$。

其波形图如图题 13-12(a)所示。

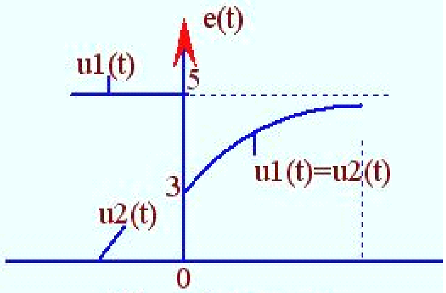


图 题13－12(a)

13-13　　图题 13-13 所示电路,已知 $i(0^-)=0$。求 $i(t)$,画出波形图。

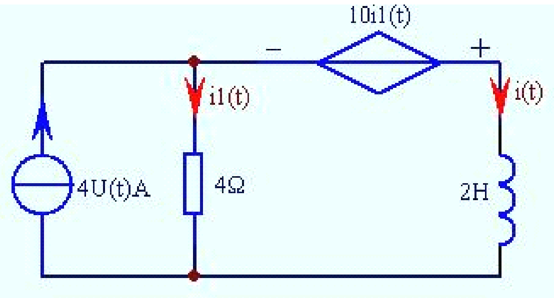


图 题13－13

[答案](#)

解：求 i(t)的等效电路电压源电路如图题 13-13(a)所示。其中

$$u_{oc}(t)=56U(t)\ R_0=14\Omega$$。

于是用三要素法可求得 $i(t)=4(1-e^{-7t})U(t)A$。

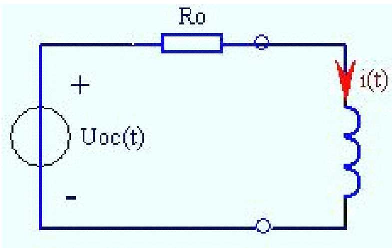


图 题13－13(a)

13-14　图题 13-14 所示电路，已知 $i(0^-)=2A$。求 u(t)和 $i_1(t)$,画出波形图。

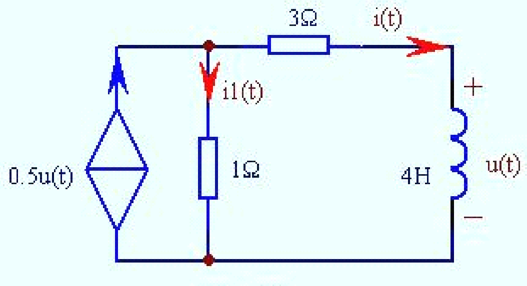


图　题13—14

答案

解：$i(0^+)=i(0^-)=2\ A$ $i(\infty)=0$;由图题 13-14(a)有：

$$U_s=3I_s+(0.5U_s+I_s)\times 1$$

故得 $R_0=\dfrac{U_s}{I_s}=8\Omega$， $\tau=\dfrac{L}{R_0}=0.5S$。

故得 $i(t)=2e^{-2t}U(t)A$

$$u(t)=L\frac{di(t)}{dt}=-16e^{-2t}U(t)V$$

$$i_1(t)=0.5u(t)-i(t)=-10e^{-2t}U(t)A$$

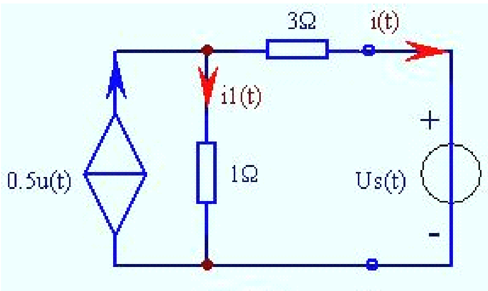


图　题13—14(a)

13-15　　图题 13-15 所示电路，已知 $u(0^{-})=0$，求 u(t)。

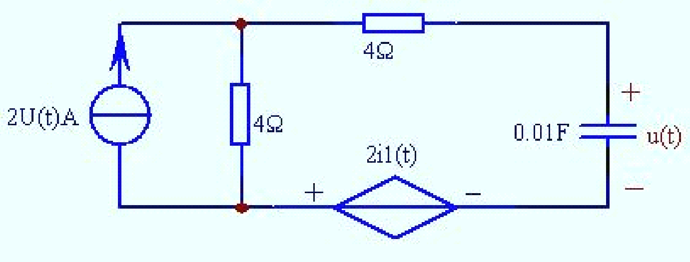


图　题13－15

答案

解：求 u(t)的等效电压源电路如图题 13-15(a)所示。其中 $u_{oc}(t)=12U(t)V$，$R_0=10\Omega$。于是用三要素法可求得

$$u(t)=12(1-e^{-10t})U(t)\text{V}。$$

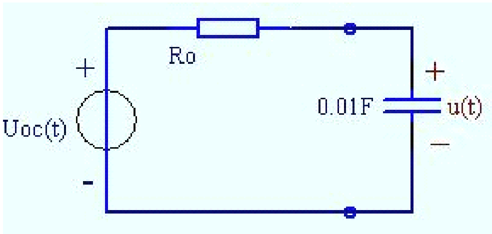


图　题13－15(a)

13-16　　图题 13-16 所示电路，N 内部只含有点源与电阻，零状态响应 $u_o(t)=(\frac{1}{2}+\frac{1}{8}e^{-0.25t})U(t)$ 伏。今把 2F 得电容换成 2H 电感,问响应 $u_o'(t)=?$

提示:接电感时的初始值与接电容式的稳态值相等。

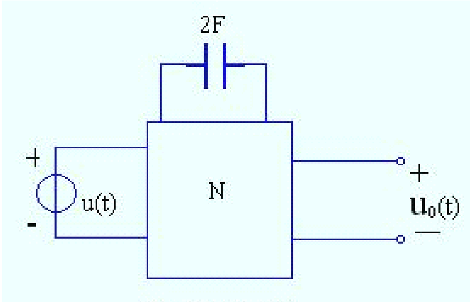


图 题 13－16

答案

解：因有 $u_o'(0^+)=u_o(\infty)=\frac{1}{2}V$

$$u_o'(\infty)=u_o(0^+)=\frac{1}{2}+\frac{1}{8}=\frac{5}{8}V$$

又因有 $\tau=RC=\frac{1}{0.25}$

故得 $R=\frac{1}{0.25C}=2\Omega$

故又得 $\tau'=\frac{L}{R}=\frac{2}{2}=1S$

故

得 $u_o'(t)=u_o'(\infty)-[u_o'(\infty)-u_o'(0^+)]e^{-\frac{1}{\tau'}t}=(\frac{5}{8}-\frac{1}{8}e^{-t})U(t)V$

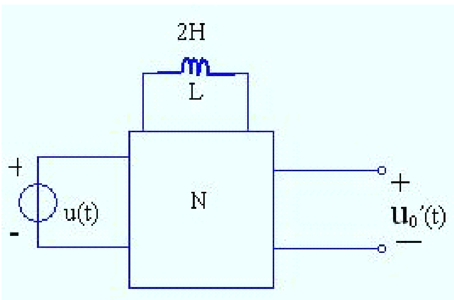


图 题 13－16(a)

13-17　图题 13-17 所示电路,求响应 i(t)。

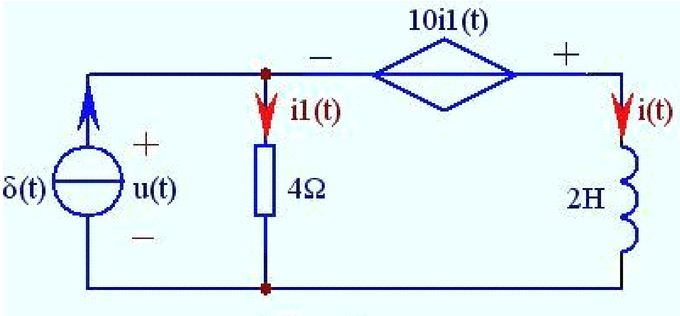


图　题13－17

答案

解：求 i(t)的等效电压源电路如图题 14-17(a)所示,其中 $u_{oc}(t)=14\delta(t)V$,

$R_0=14\Omega$ 故得

$$i(t)=i(0^+)e^{-\frac{1}{\tau}t}=14\times\frac{1}{L}e^{-7t}U(t)A$$ 。其中 $\tau=\frac{L}{R_0}=\frac{1}{7S}$

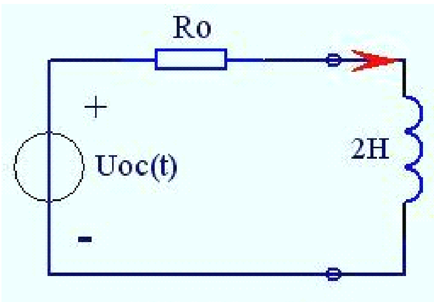


图　题13－17 (a)

13-18　图题 13-18 所示电路, $u_c(0^-)=2$,求全响应 $i_1(t)$、$i_C(t)$、$u_C(t)$。

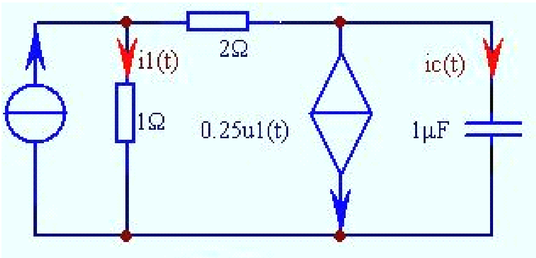


图 题13—18

答案

解：按图题 13-18(a)和(b)分别求等效电压源的电压 $u_{oc}(t)$ 和 R_0 ,即

$u_{oc}(t)=4U(t)$, $R_0=\dfrac{U_s}{I_s}=2.4\Omega$ 。其等效电压源电路如图题 13-18(c)所示。于是用三要素法可求得

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

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

其中 $\tau=R_0C=2.4\times1\times10^{-6}=2.4\times10^{-6}S$

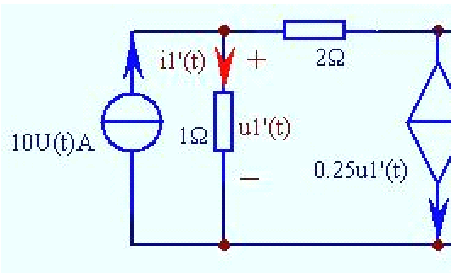


图 题13—18(a)

又

$$i_C(t)=C\frac{du_c(t)}{dt}=0.8333e^{-\frac{1}{\tau}t}U(t)A$$

$$i_1(t)=12-i_C(t)-0.25u_1(t)$$

$$=10-i_C(t)-0.25i_1(t)$$

故得 $i_1(t)=(8-0.667e^{-\frac{1}{\tau}t})U(t)A$ 。

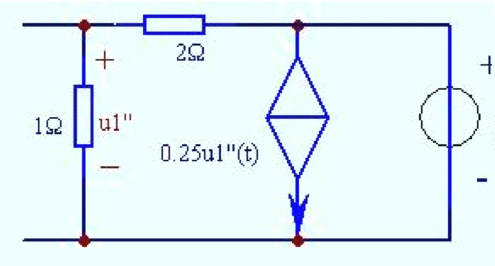


图　题13－18(b)

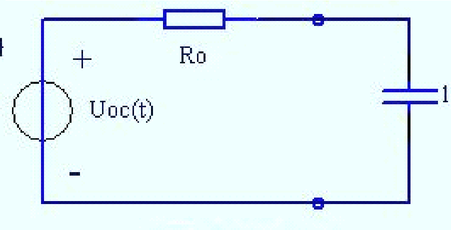


图　题13－18(c)

13-19　　图题 13-19 所示电路,t<0 时 K 在 a 点,电路已达稳定.今于 t=0 时将 K 扳道 b 点，求 t>0 时的全响应 $u_0(t)$。

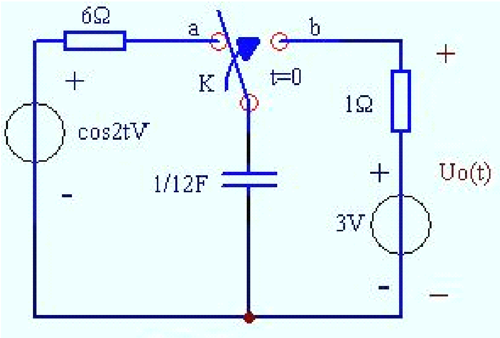


图　题13－19

答案

解　t<0 时, K 在 a 点, 电路已达稳定.

$$\dot{U}_s = \frac{1}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ V$$

$$Z = R + \frac{1}{j\omega C} == 6 - j6$$

$$= 6\sqrt{2} \angle -45^\circ \Omega$$

$$\dot{U}_C=\frac{\dot{U}_s}{Z}\times\frac{1}{j\omega C}=0.5\angle-45^\circ V$$

故 $u_c(t)=0.5\sqrt{2}\cos(2t-45^\circ)V$

故 $u_c(0^-)=0.5\sqrt{2}\cos(-45^\circ)=0.5V$

t>0时,K扳到b点.用三要素法可求得:

$$u_0(0^+)=u_c(0^+)=u_c(0^-)=0.5V$$

$$u_0(\infty)=u_c(\infty)=3V,$$

$\tau=RC=\frac{1}{12}S$
故

得 $u_0(t)=3-(3-0.5)=(3-2.5e^{-12t})U(t)V$

13-20　图题13-20所示电路,求u(t)。

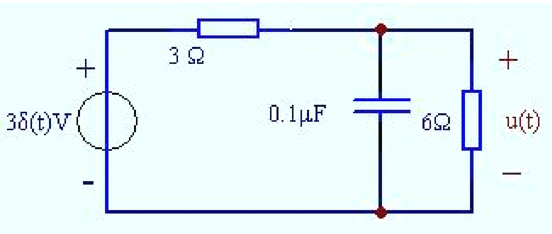


图　题13—20

答案

解: 求u(t)的等效电路如图题13-10(a)所示。

故 $u(0^+)=\frac{1}{C}=10V$, $u(\infty)=0$, $\tau=\frac{3\times6}{3+6}\times0.1=0.2S$。

故得 $u(t)=u(0^+)e^{-\frac{1}{\tau}t}=10e^{-5t}U(t)V$。

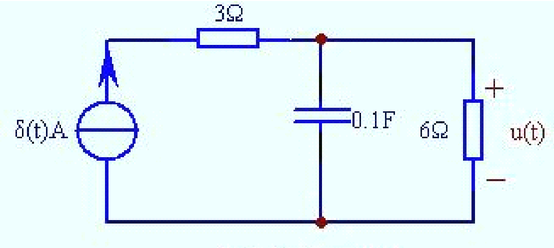


图　题13－20(a)

13-21　图题 13-21 所示电路。求 u(t)。

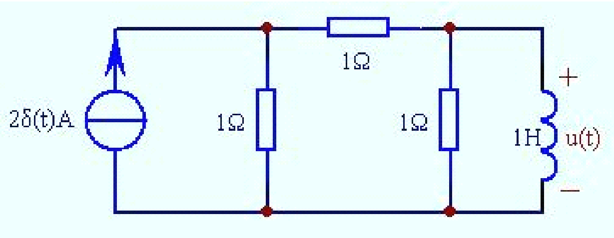


图　题13－21

答案

解：求 u(t)、i(t)的等效电压源电路如图题 13-21(a)所示。其中 $u_{oc}(t)=\delta(t)V$，$R_0=1\Omega$。故有

$i(0^+)=\frac{1}{L}=1A$，$i(\infty)=0$，$\tau=\frac{L}{R_0}=1S$。故得

$$i(t)=i(0^+)e^{-\frac{1}{\tau}t}=1e^{-t}U(t)A$$

故 $$u(t)=\frac{di(t)}{dt}=\delta(t)-e^{-t}U(t)V$$

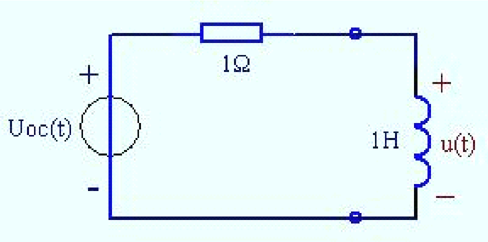


图 题13—21(a)

13-22　　图题 13-22 所示电路，求 u(t) 。

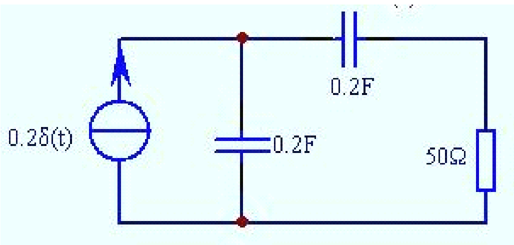


图 题13—22

答案

解：t>0 时的等效电路如图题 13-22(a) 所示。

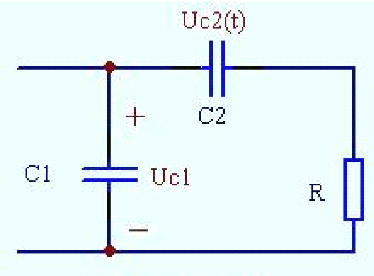


图 题13—22(a)

$$u_{C1}(0^+)=0.2\frac{1}{C_1}=1V$$，

$$u_{C2}(0^+)=u_{C2}(0^-)=0$$

$$u(0^+)=u_{C1}(0^+)-u_{C2}(0^+)=1V$$

$$u(\infty)=0,\quad \tau=R\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=6S$$

故 $u(t)=1e^{-\frac{1}{6}t}U(t)V$。

13-23　　图题 13-23 所示电路，t<0 时，K 接在＂ 1 ＂，电路已达稳定。今于 t=0 时将 K 接道＂ 2 ＂。今欲使 t>0 时电路中的电流只存在正弦稳态响应，

问应选多达数值？已知 $u(t)=10\cos 2tV$。

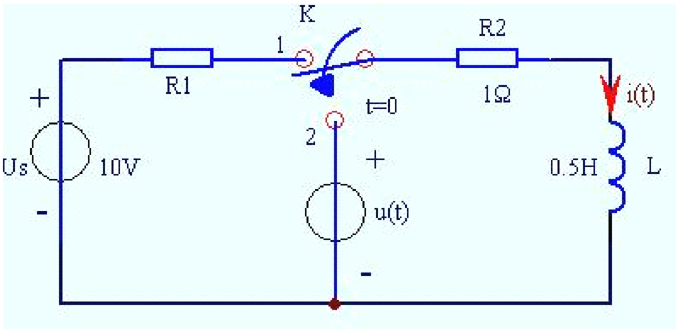


图　题13－23

答案

解：　t<0 时 K 在 1，电路已达稳定，
故有

$$i(0^-)=\frac{1}{R_1+1}A$$

t>0 时 K 在 2。先求零输入响应 $i_x(t)$：

$$i_x(0^+)=i(0^-)=\frac{1}{R_1+1}A$$

$$i_x(\infty)=0\,,\quad \tau=\frac{L}{R_2}=0.5S$$

故得 $i_x(t)=\dfrac{1}{R_1+1}e^{-2t}U(t)A$。

再求零状态响应 $i_f(t)$：

$$\dot{U}=\frac{10}{\sqrt{2}}V$$

$Z = R_2 + j\omega L = 1 + j1 = \sqrt{2}\angle 45^\circ\ \Omega$

$\dot{I} = \dfrac{\dot{U}}{Z} = 5\angle -45^\circ\ A$

故得正弦稳态响应为 $i_s(t) = 5\sqrt{2}\cos(2t - 45^\circ)A$。

其瞬态响应为 $i_t(t) = Be^{-\frac{1}{\tau}t} = Be^{-2t}U(t)A$。

故零状态响应为 $i_f(t) = i_s(t) + i_t(t) = 5\sqrt{2}\cos(2t - 45^\circ) + Be^{-2t}$。

故 $i_f(0^+) = 0 = 5\sqrt{2}\cos(-45^\circ) + B$,

故得 $B = -5$

故 $i_f(t) = 5\sqrt{2}\cos(2t - 45^\circ) - 5e^{-2t}U(t)A$

故全响应为 $i(t) = i_x(t) + i_f(t) = \dfrac{1}{R_1 + 1}e^{-2t} + 5\sqrt{2}\cos(2t - 45^\circ) - 5e^{-2t}$

可见，欲使 $i(t) = 5\sqrt{2}\cos(2t - 45^\circ)A$，则必须有 $\dfrac{10}{R_1 + 1} - 5 = 0$，

故得 $R_0 = 1\Omega$。

13-24　图题 13-24 所示电路，为使全响应电路 i(t)中的瞬态响应分量为零。求的 $i(0^-)$。

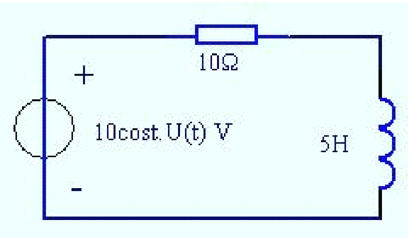


图　题13—24

[**答案**]()

解：零输入响应为$i_x(t)=i_x(0^+)e^{-\frac{1}{\tau}t}=i_x(0^-)e^{-2t}U(t)A$，

其中 $\tau=\dfrac{L}{R}=\dfrac{5}{10}=0.5S$。

零状态响应为$i_f(t)$：

$$\dot{U}_s=\frac{10}{\sqrt{2}}V$$

$$Z=10+j\omega L=11.18\angle 26.57^{\circ}\Omega$$

$$\dot{I}=\frac{\dot{U}_s}{Z}=0.633\angle -26.57^{\circ}A$$

故得正弦稳态响应为 $i_s(t)=0.633\sqrt{2}\cos(t-26.57^{\circ})A$

自由响应为 $i_f(t)=Be^{-2t}U(t)A$

故得零状态响应为

$$i_f(t)=i_t(t)+i_s(t)=Be^{-2t}+0.633\sqrt{2}\cos(t-26.57^{\circ})A$$

故 $i_f(0^+)=0=B+0.633\sqrt{2}\cos(-26.57^{\circ})$

故得 $B=-0.797$

故得 $i_f(t)=-0.797e^{-2t}+0.633\sqrt{2}\cos(t-26.57^{\circ})A$

故得全响应为

$$i(t)=i_x(t)+i_f(t)=i(0^-)e^{-2t}-0.797+0.633\sqrt{2}\cos(t-26.57^{\circ})A$$

故欲使 $i(t)=0.633\sqrt{2}\cos(t-26.57^{\circ})A$，则必须有$i(0^-)=0.797$ A。

13-25　图(a)所示电路，e(t)的波形如图(b)所示。求零状态响应$u_C(t)$和$u_R(t)$。

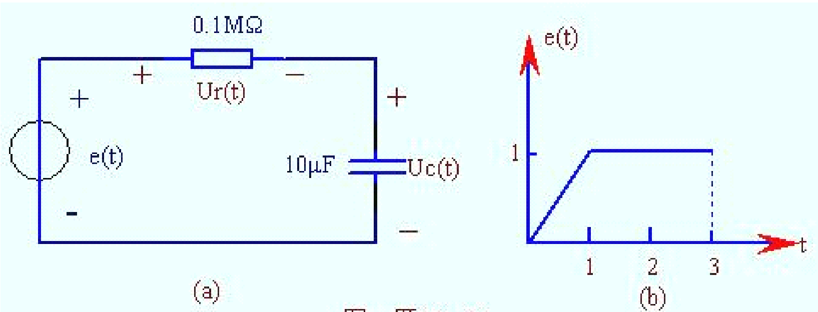


图　题13－24

答案

解：单位冲激响应

$h(t)=e^{-t}U(t)$

故 $u_C(t)=h(t)*e(t)$

$$=\begin{cases}0, t<0\\ \int_0^t \tau e^{-(t-\tau)}d\tau, 0<t<1\\ \int_0^1 \tau e^{-(t-\tau)}d\tau+\int_1^t 1e^{-(t-\tau)}d\tau, 1<t<3\\ \int_0^1 \tau e^{-(t-\tau)}d\tau+\int_1^3 1e^{-(t-\tau)}d\tau+\int_3^t 0e^{-(t-\tau)}d\tau\ t>3\end{cases}$$

$$=\begin{cases}0, t<0\\ -1+t+e^{-t}, 0\le t\le 1\\ 1+e^{-1}-e^{-(t-1)}, 1\le t\le 3\\ e^{-t}-e^{-(t-1)}-e^{-(t-3)}.t>3\end{cases}$$

$u_R(t)=e(t)-u_C(t)$

$$=\begin{cases}0, t<0\\ 1-e^{-t}, 0\le t\le 1\\ e^{-(t-1)}-e^{-t}, 1\le t\le 3\\ e^{-(t-1)}-e^{-t}+e^{-(t-3)}. t>3\end{cases}$$

13-26　图(a)所示电路，$e(t)=e^{t}[U(t)-U(t-1)]$其波形图如图所示。求零状态响应$u_C(t)$。

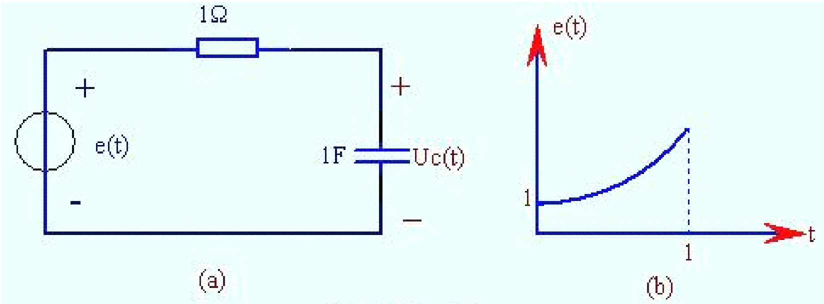


图　题13—26

答案

解：　$h(t)=e^{-t}U(t)$

$u_C(t)=h(t)*e(t)$

$$=\begin{cases}\frac{1}{2}(e^{t}-e^{-t}), 0\le t\le 1\\ \frac{1}{2}e^{-(t-2)}-\frac{1}{2}e^{-t}=3.2e^{-t}。\ t\ge 1\end{cases}$$