第5次习题课

- 恒定激励作用下高阶电路的求解
  - 二阶
  - 状态方程
- 任意激励作用下任意阶电路的求解
  - 单位冲激响应
  - 卷积积分
- 强制换路←→电荷守恒/磁链守恒
  - 为确保KCL/KVL成立，必须电感电流/电容电压跳变，进而产生的冲激电压/冲激电流
    - 和L12中冲激电源产生的电感电流/电容电压跳变不一样

记忆：

RLC串联二阶的特征方程

$$p^2+\frac{R}{L}p+\frac{1}{LC}=0$$

单选题 1分

满足$q=Cu$定义式的电容C为

A 线性电容

B 非线性电容

C 不好说

$u=Ri$ $u=f(i)$ $i=g(u)$

$q=Cu$ $q=f(u)$ $u=g(q)$

$\psi=Li$ $\psi=f(i)$ $i=g(\psi)$

单选题 1分

由线性电阻、线性电容和独立源构成的电路为

A 线性电路

B 非线性电路

C 不好说

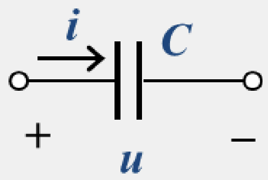
单选题 1分

非零状态下，线性电容的u-i积分关系为

A 线性关系

B 非线性关系

C 不好说



≠0

$$u(t)=u(0)+\frac{1}{C}\int_0^t i\,\mathrm{d}\tau$$

$y=ax+b$

单选题 1分

非零状态下，由线性电阻、线性电容和独立源构成的电路为

A 线性电路

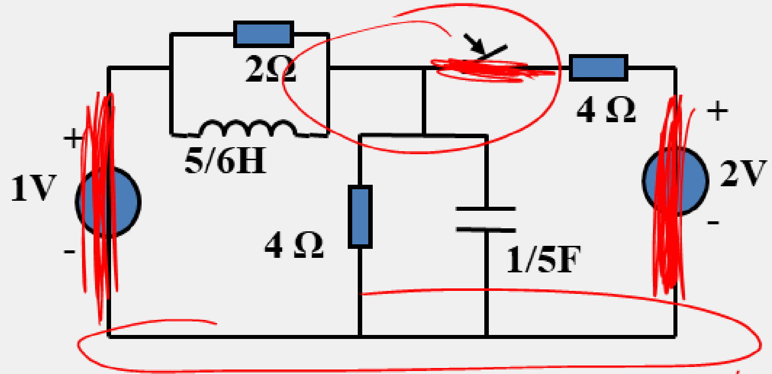
B 非线性电路

C 不好说

Principles of Electric Circuits Recitation 5 Tsinghua University 2023

单选题 1分

该电路为



A 过阻尼

B 临界阻尼

C 欠阻尼

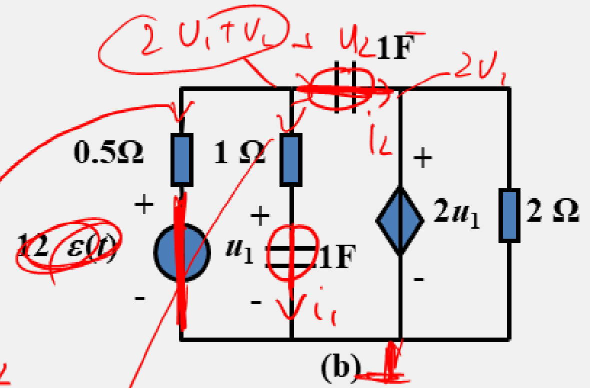
D 无阻尼

$R=1 \quad L=\frac{5}{6} \quad C=\frac{1}{5}$

$p^2+\frac{1}{RC}p+\frac{1}{LC}=0$

$p^2+\frac{R}{L}p+\frac{1}{LC}=0$

1. 判断下图电路过渡过程的性质。(过阻尼，欠阻尼，临界阻尼)



$4u_1+2u_2$

u_1+u_2

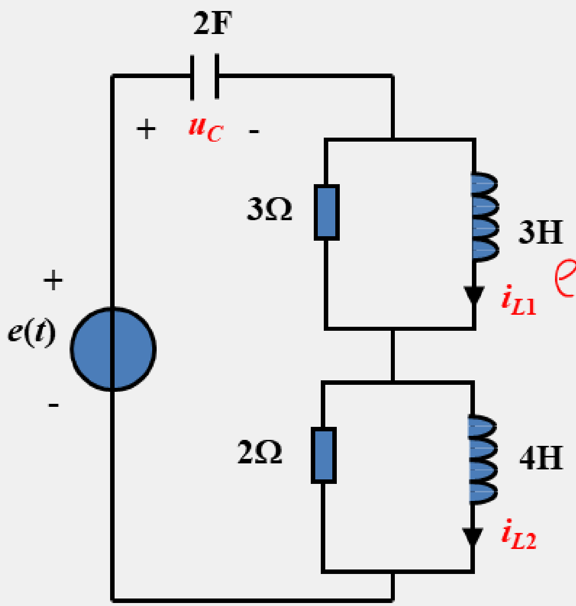
$\oplus \Rightarrow -5u_1-3u_2$

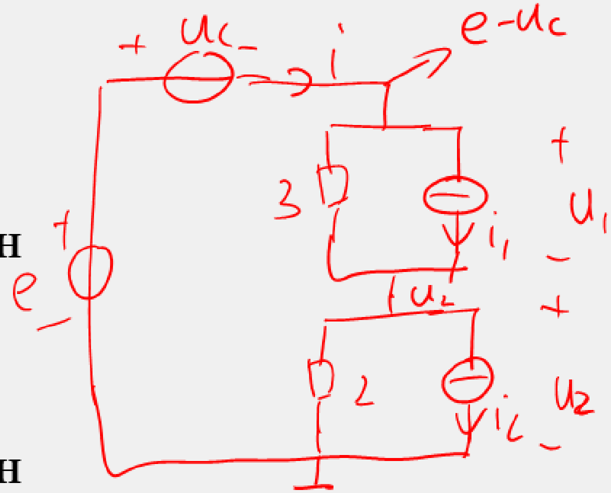
$$\begin{pmatrix}\dot{u}_1\\ \dot{u}_2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1 & 1\\ -5 & -3\end{pmatrix}\begin{pmatrix}u_1\\ u_2\end{pmatrix}$$

$$(\lambda+1)^2+1^2=0$$

$$\lambda_{1,2}=-1\pm j \qquad \text{欠}$$

2. 列写以u_C、i_{L1}和i_{L2}为状态变量的状态方程





$(\frac{1}{3}+\frac{1}{2})u_2-\frac{1}{3}(e-u_c)=i_1-i_2$

$u_2=-0.4u_c+1.2i_1-1.2i_2+0.4e$

4

u_1

3

i

2

$$\begin{pmatrix}\dot u_c\\ \dot i_1\\ \dot i_2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-0.1&0.3&0.2\\-0.2&-0.4&0.4\\-0.1&0.3&-0.3\end{pmatrix}\begin{pmatrix}u_c\\ i_1\\ i_2\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}0.1\\0.2\\0.1\end{pmatrix}e$$

单选题 1分

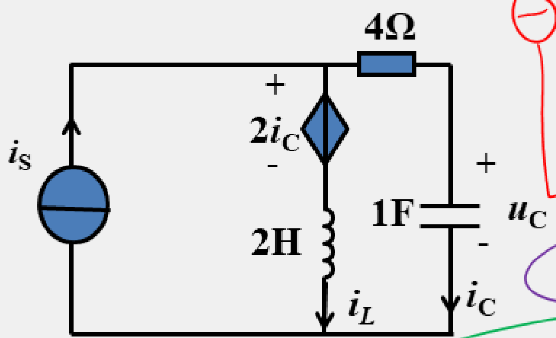
电流源$i_S=2\delta(t)$A, 计算电感电流i_L与电容电压u_C零时刻($t=0^+$)的初值(红包)

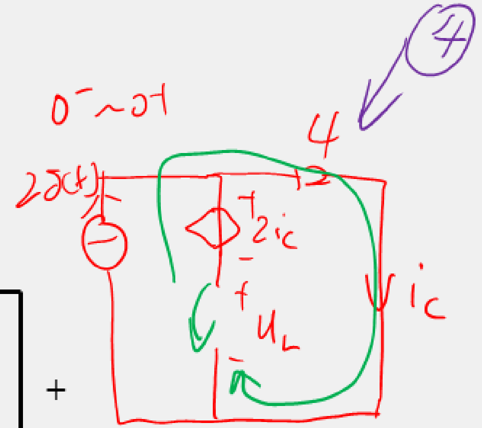
A. 2, 4

B. 0, 2

C. 2, 2

D. 4, 2





$i_C=2\delta(t)$

$u_L=-2i_C+4i_C=2i_C=4\delta(t)$

$u_C(0^+)=2$

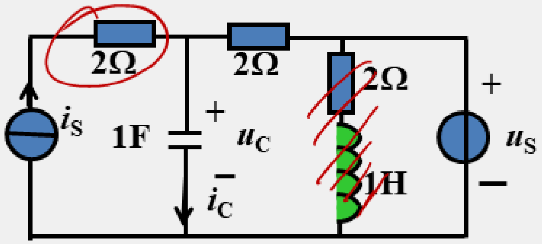
$i_L(0^+)=2$

3. 已知零状态电路中，电压源$u_S=5\delta(t)$V，

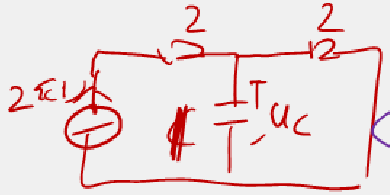
电流源$i_S=2\varepsilon(t)$A，

求：(1)电容电压$u_C(t)$

(2) 电压源u_S单独作用时电容电流$i_C(t)$。



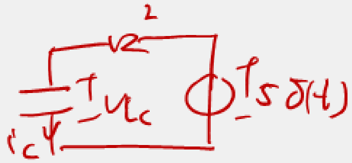
i_s



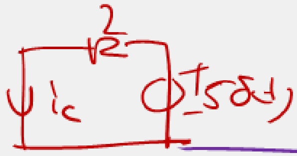
$u_c(0^+)=0$ $u_c(\infty)=4$ $\tau=2$

$u_c=4(1-e^{-0.5t})$

u_s



$\rightarrow$ $0^-\sim 0^+$



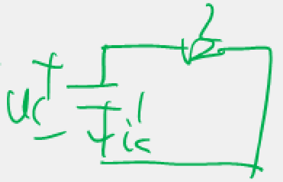
$i_c=2.5\delta(t)$

$u_c(0^+)=2.5V$

$u_c(t)=2.5e^{-0.5t}$

$u_c(t)=4-1.5e^{-0.5t}$

$>0^+$



$i_c(0^+)=-1.25$ $i_c(\infty)=0$ $i_c(t)=-1.25e^{-0.5t}\varepsilon(t)$

$i_c(t)=2.5\delta(t)-1.25e^{-0.5t}\varepsilon(t)$

4. 已知线性网络零输入响应为$8e^{-t}$。当激励$e(t)=\varepsilon(t)$作用时，网络产生的响应为$4(1+e^{-t})$ $t>0$ 。求当激励$e(t)=0.5e^{-3t}\varepsilon(t)$作用时网络产生的响应。

① ZIR $8e^{-t}$

② $\varepsilon(t)$作用 $FR = ZIR + ZSR = 4+4e^{-t}$

③ $\varepsilon(t)$作用 ZSR $4-4e^{-t} \rightarrow \underbrace{(4-4e^{-t})\varepsilon(t)}_{f(t)\ \delta(t)}$

$(4-4e^{-t})\delta(t)$

$f(t)\cdot\delta(t)$

$=f(0)\cdot\delta(t)$

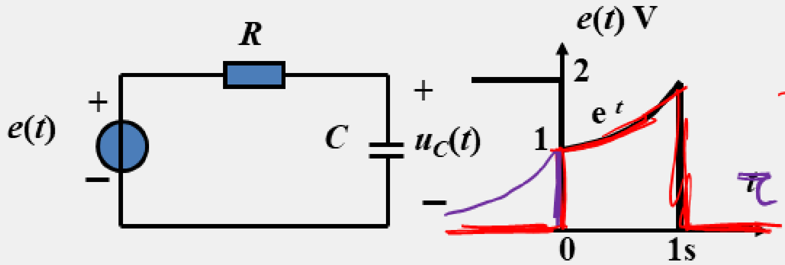
④ $h(t): 4e^{-t}\varepsilon(t)$

⑤ ZSR $\int_0^t 0.5e^{-3\tau}4e^{-(t-\tau)}d\tau$

$=2e^{-t}\int_0^t e^{-2\tau}d\tau = (e^{-t}-e^{-3t})\varepsilon(t)$

⑥ $0.5e^{-3t}$ $FR = ZSR + ZIR = (9e^{-t}-e^{-3t})\varepsilon(t)$

5. 已知$e(t)$如图，R=1Ω，C=1F，用卷积积分求$u_C(t)$。



① ZIR $u_c(0^+) = u_c(0^-) = 2$ $u_c(\infty) = 0$

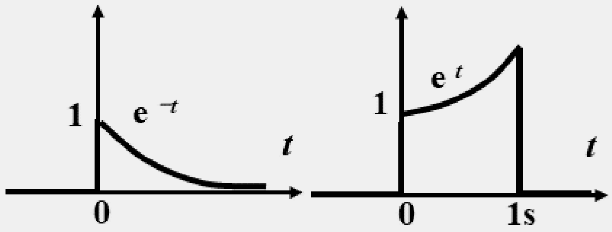
$\tau = 1$

$u_c(t) = 2e^{-t}$

② $h(t)$

$i_c = \delta(t)$ $u_c(0^+) = 1$ $u_c(\infty) = 0$ $\tau = 1$

$h(t) = e^{-t}\ \varepsilon(t)$


1
e^{-t}
t
0
1
e^{t}
t
0
1s

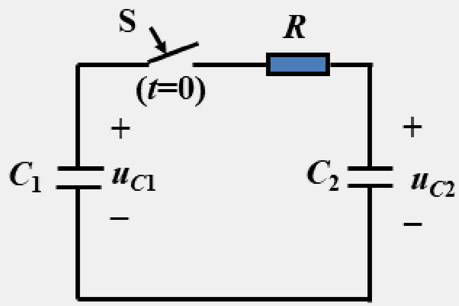
卷积图解法总结

- 什么时候用
  - 被积函数仅在有限时段内有非零函数
- 怎么用
  - 卷、移、乘、积
  - t轴0点在卷后函数图形的右下角（右移最前沿）
  - t轴0点和τ轴0点定$\tau\sim t$关系
    - 随着t值增加，根据公共有值区间划分时段
    - 随着t值增加，根据t值在τ轴上的位置定积分上下限
  - 卷无限时段有非零值的函数相对容易
  - 卷紧贴纵轴的函数相对较容易

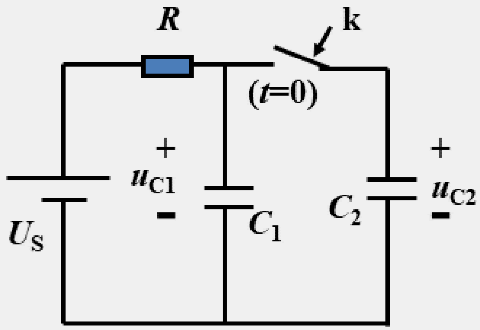
6. $C_1 = 4\mu\text{F}$ $C_2 = 2\mu\text{F}$ $R = 1\text{k}\Omega$

$u_{C1}(0^-) = 120\text{V}$ $u_{C2}(0^-) = 0\text{V}$

求： u_{C1}， u_{C2}

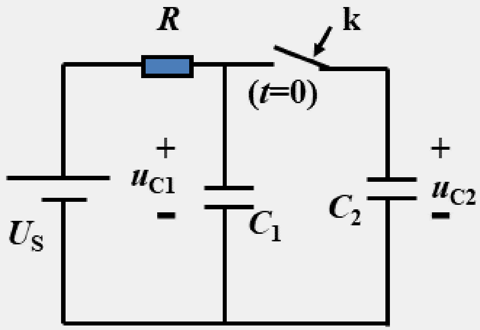


7. 已知：C_2原未充电，$t=0$时合k。
求：u_{C1}，u_{C2}，i_{C1}，i_{C2}。

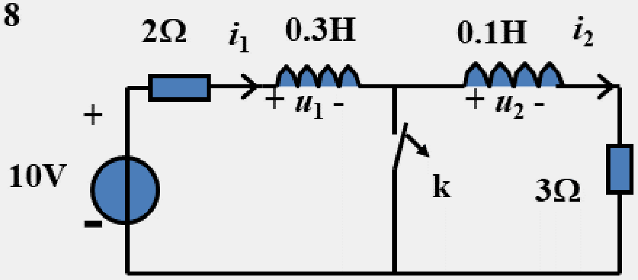


7. 已知：C_2原未充电，$t=0$时合k。

求：u_{C1}，u_{C2}，i_{C1}，i_{C2}。



8



已知如图

求：i_1，i_2和u_1，u_2。

动态电路中不同层级的叠加思想

- 列写状态方程的叠加
  - 根据方程进行的叠加
- ZIR+ZSR的叠加
  - 根据物理性质进行的叠加
- 两个ε函数构成一个窗函数的叠加
  - 根据图形进行的叠加