西 安 电 子 科 技 大 学

2020年硕士研究生招生考试初试参考答案

考试科目代码及名称 811信号与系统、电路

考试时间 2019年12月22日下午（3小时）

第一部分：信号与系统（总分75分）

一. 填空题（共8小题，每小题4分，共32分）

解答本大题中各小题不要求写解答过程，只将算得的正确答案填写在答题纸上。

例如，一 填空题：1. ___…___，2. ___…___，…

1. 描述某系统的微分方程为$y(k)+(k-1)y(k-1)=f(k)$，其中$f(k)$为激励，$y(k)$为全响应，那么该系统是_____（线性/非线性）_______（时变/时不变）系统。

【答案】 线性 时变

根据定义判断线性，由于含有含时因子$k-1$，故为时变。

2. 积分$\int_{-\infty}^{t}(2-3x)\left[\delta\left(1-\dfrac{x}{2}\right)+\delta'(x)\right]dx=$________。

【答案】$-8\varepsilon(t-2)+2\delta(t)+3\varepsilon(t)$

$$\begin{aligned}&\int_{-\infty}^{t}(2-3x)[\delta(1-\frac{x}{2})+\delta'(x)]dx\\&=2\int_{-\infty}^{t}(2-3x)\delta(x-2)dx+2\int_{-\infty}^{t}\delta'(x)dx-3\int_{-\infty}^{t}x\delta'(x)dx\\&=-8\varepsilon(t-2)+2\delta(t)+3\varepsilon(t)\end{aligned}$$

3. 信号$f_1(t)$和$f_2(t)$如图1-3所示，$f(t)=f_1(1-t)*f_2\left(\dfrac{t}{2}\right)$，$f(1)=$______。

【答案】3/2

根据图示法画出图形即可。过程见解析。

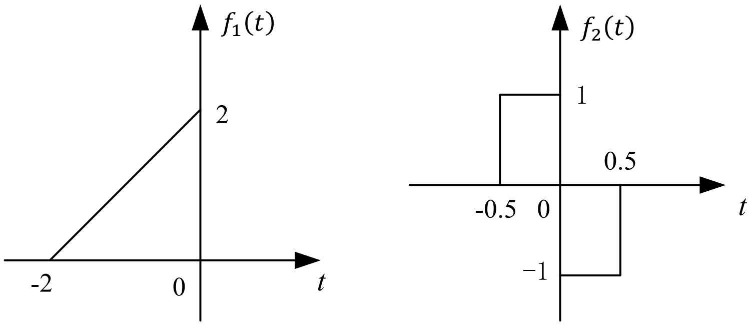
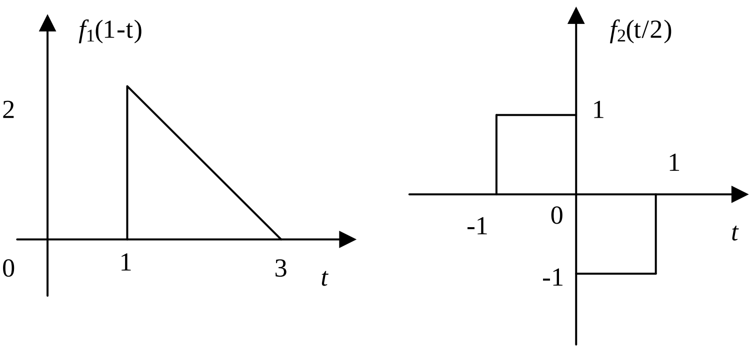
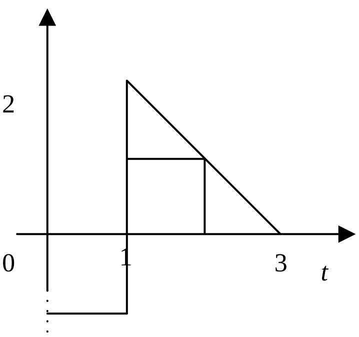


图 1-3

【解析】





$f_2(\frac{t}{2})$ 的图像左右翻转，并向右平移一个单位，与 $f_1(t)$ 交叠部分幅度相乘，并从 $-\infty$ 到 $+\infty$ 积分，

$f(1)=(1+2)\times 1/2=3/2$

4. 有限频带信号 $f\left(t\right)$ 的最高频率为 f_m Hz，若对 $f_1\left(t\right)=f^2\left(t-1\right)$ 进行时域采样，使频谱不发生混叠的奈奎斯特频率是________。

【答案】$4f_mHz$

时域 $f(t-1)\times f(t-1)$，对应频域要卷积，倍频，$f_1(t)$ 最高频率为 $2f_mHz$，从而奈奎斯特抽样频率为 $4f_mHz$

5. 描述某 LTI 系统的微分方程为 $y''\left(t\right)+3y'\left(t\right)+2y\left(t\right)=f'\left(t\right)+f\left(t\right)$，已知输入

信号 $f(t)=e^{-t}\varepsilon(t)$，$y(0_+)=2$，$y'(0_+)=3$，求：$y'(0_-)=$__________。

【答案】2

$f'(t)=\delta(t)-e^{-t}\varepsilon(t), f'(t)+f(t)=\delta(t)$，故有 $y''(t)+3y'(t)+2y(t)=\delta(t)$，

由冲激函数匹配法，$y''(t)$ 包含 $\delta(t)$ 项，故 $y'(t)$ 有幅度为 1 的跳变

6. 已知频谱密度函数 $F(j\omega)=[\varepsilon(\omega)-\varepsilon(\omega-2)]e^{-j2\omega}$，式中 $\varepsilon(\omega)$ 为频域里单位阶跃函数，则原函数 $f(t)$ 等于________。

【答案】$\frac{1}{\pi}e^{j(t-2)}Sa(t-2)$

$[\varepsilon(\omega)-\varepsilon(\omega-2)]$ 可以看作门函数 $g_2(\omega)$ 右移 1 单位。

由 $Sa(kt)\leftrightarrow\frac{\pi}{k}g_{2k}(\omega)$，$\frac{1}{\pi}Sa(t)\leftrightarrow g_2(\omega)$，由频移性质，

$\frac{1}{\pi}e^{jt}Sa(t)\leftrightarrow g_2(\omega-1)$，由时移性质，$\frac{1}{\pi}e^{j(t-2)}Sa(t-2)\leftrightarrow g_2(\omega-1)e^{-j2\omega}$

7. 象函数 $F(s)=\frac{e^{-s}}{s(s^2+1)}$ 的单边拉普拉斯逆变换为：________。

【答案】$\varepsilon(t-1)-cos(t-1)\varepsilon(t-1)$

$\frac{1}{s(s^2+1)}=\frac{1}{s}-\frac{s}{s^2+1}$，　又 $\varepsilon(t)\leftrightarrow\frac{1}{s},\cos(t)\varepsilon(t)\leftrightarrow\frac{s}{s^2+1}$，又由时移性质，

$\varepsilon(t-1)-cos(t-1)\varepsilon(t-1)\leftrightarrow\frac{e^{-s}}{s(s^2+1)}$

8. 序列和 $\sum_{i=-\infty}^{k}cos\left(\frac{i\pi}{4}\right)\delta(i-3)=$________。

【答案】$-\frac{\sqrt{2}}{2}\varepsilon(k-3)$

$$\sum_{i=-\infty}^{k}cos\left(\frac{i\pi}{4}\right)\delta(i-3)=\sum_{i=-\infty}^{k}cos\left(\frac{3\pi}{4}\right)\delta(i-3)=\sum_{i=-\infty}^{k}-\frac{\sqrt{2}}{2}\delta(i-3)$$

$$=-\frac{\sqrt{2}}{2}\varepsilon(k-3)$$

二. 计算题（共 4 小题，共 43 分）

解答本大题中各小题，请书写在答题纸上并写清楚关键性步骤，只有答案得 0 分，非通用符号请注明含义。

1.（11 分）如图 2-1（a）所示为二次抑制载波振幅调制接收系统。

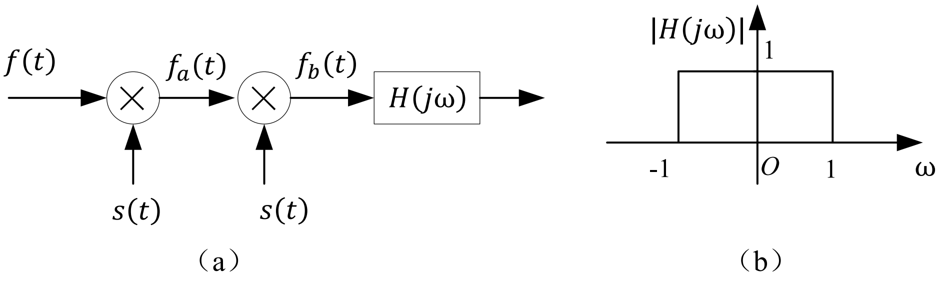


图 2-1

已知输入信号 $f\left(t\right)=\dfrac{sin\left(t\right)}{\pi t},-\infty<t<\infty$，调制信 $s\left(t\right)=cos\left(1000t\right),-\infty<t<\infty$。

低通滤波器的传输函数如图 2-1（b）所示，其相位特性为$\varphi\left(\omega\right)=0$，试：

（1）画出 $f_a\left(t\right)$和 $f_b\left(t\right)$的频谱图;

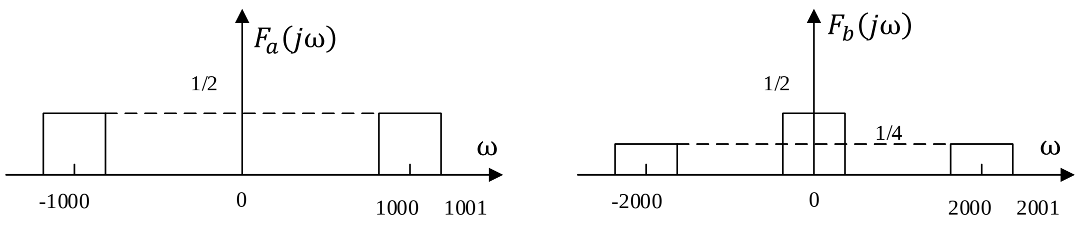
（2）求系统的输出 y(t)。

【参考答案】（1） $f(t)=\dfrac{1}{\pi}Sa(t),F(j\omega)=g_2(\omega)$，

$$s(t)=cos(1000t)\leftrightarrow S(j\omega)=\pi[\delta(\omega+1000)+\delta(\omega-1000)]$$

$$F_a(j\omega)=\frac{1}{2\pi}g_2(\omega)*\pi[\delta(\omega+1000)+\delta(\omega-1000)]$$

$$F_b(j\omega)=\frac{1}{2\pi}F_a(j\omega)*\pi[\delta(\omega+1000)+\delta(\omega-1000)]$$



（2）$Y(j\omega)=F_b(j\omega)\cdot H(j\omega)=\dfrac{1}{2}g_2(\omega)=\dfrac{1}{2}F(j\omega)$

故， $y(t)=\dfrac{1}{2}f(t)=\dfrac{1}{2\pi}Sa(t)$

2.（10 分）已知系统函数和初态如下：

$$H\left(s\right)=\frac{s+1}{s^2+5s+6},y\left(0_-\right)=y'\left(0_-\right)=1$$

（1）求系统的零输入响应 $y_{zi}(t)$；

（2）输入信号 $f(t)=5cost\varepsilon(t)$，求系统的零状态响应 $y_{zs}(t)$ 和稳态响应。

【参考答案】(1）写出差分方程 $y''(t)+5y'(t)+6y(t)=f'(t)+f(t)$，

零输入条件下，作拉氏变换 $s^2Y(s)-sy(0\_)-y'(0\_)+5sY(s)-5y(0\_)+6Y(s)=0$

$$Y_{zi}(s)=\frac{sy(0\_)+y'(0\_)+5y(0\_)}{s^2+5s+6}=\frac{s+6}{s^2+5s+6}=\frac{-3}{s+3}+\frac{4}{s+2}$$

故 $y_{zi}(t)=[-3e^{-3t}+4e^{-2t}]\varepsilon(t)$

（2）$Y(s)=H(s)F(s)=\dfrac{s+1}{s^2+5s+6}\cdot\dfrac{5s}{s^2+1}=\dfrac{2}{s+2}+\dfrac{-3}{s+3}+\dfrac{\frac{1}{2}}{s+j}+\dfrac{\frac{1}{2}}{s-j}$

$\therefore y_{zs}(t)=(2e^{-2t}-3e^{-3t})\varepsilon(t)+\dfrac{1}{2}(e^{jt}+e^{-jt})\varepsilon(t)=(2e^{-2t}-3e^{-3t}+cost)\varepsilon(t)$

极点 $\rho_1=-2,\rho_2=-3$，均小于 0，故 $H(j\omega)=H(s)|_{s=j\omega}=\dfrac{1+j\omega}{-\omega^2+j5\omega+6}$

输入 $f(t)=5cost\varepsilon(t)$，$\omega_1=1$，$H(j\omega_1)=\dfrac{j+1}{-1+j5+6}=\dfrac{1}{5}$

因此， $y_{ss}(t)=\dfrac{1}{5}\cdot 5cost\varepsilon(t)=\cos t\varepsilon(t)$

3.（11 分）如图 2-3 所示为离散 LTI 因果系统的信号流图，求

（1）系统函数 $H(z)$；

（2）列写输入输出差分方程；

（3）判断系统是否稳定，并给出理由；

（4）当输入为 $(0.5)^k\varepsilon(k)$ 时系统的零状态响应。

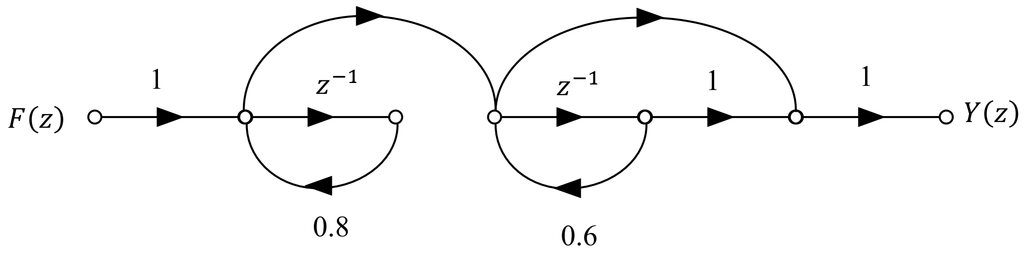


图 2-3

【参考答案】

（1）由梅森公式，$H(z)=\dfrac{1+z^{-1}}{1-0.8z^{-1}-0.6z^{-1}+0.48z^{-2}}=\dfrac{z^2+z}{z^2-1.4z+0.48}$

（2）$y(k)-1.4y(k-1)+0.48y(k-2)=f(k)+f(k-1)$

（3）极点 $\rho_1=0.8,\rho_2=0.6$，又因为系统是因果系统，收敛域$|z|>0.8$包含单位圆，故系统稳定。

（4）$\dfrac{Y_{zs}(z)}{z}=\dfrac{H(z)\cdot F(z)}{z}=\dfrac{z^2+z}{(z-0.8)(z-0.6)}\cdot\dfrac{1}{z-0.5}$，部分分式展开，

$$Y_{zs}(z)=\frac{25z}{z-0.5}+\frac{-48z}{z-0.6}+\frac{24z}{z-0.8}$$

$$\therefore y_{zs}(k)=[25(0.5)^k-48(0.6)^k+24(0.8)^k]\varepsilon(k)$$

4.（11 分）如图 2-4 所示为某连续系统的信号流图，写出以x_1和x_2为状态变量的状态方程和输出方程。

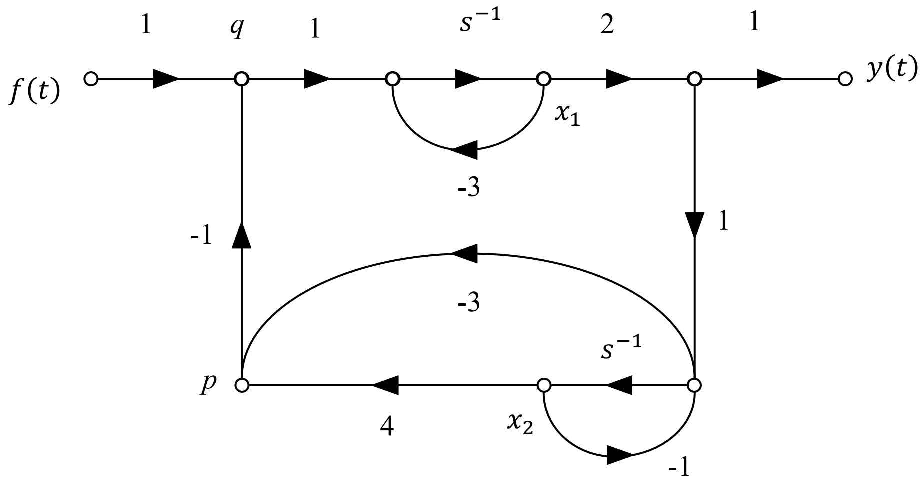


图 2-4

【参考答案】

$\dot{x}_1 = -3x_1 + q$，$\dot{x}_2 = 2x_1 - x_2$， $\mathrm{y} = 2x_1$

而 $q = f - p$ 且 $p = -3\dot{x}_2 + 4x_2$，故 $\dot{x}_1 = 3x_1 - 7x_2 + f$

状态方程：$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & -7 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} f$，

输出方程：$[y] = \begin{bmatrix} 2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$

第二部分：电路（总分 75 分）

一. 填空题（共 9 小题，每小题 5 分，共 45 分）

解答本大题中各小题不要求写解答过程，只将算得的正确答案填写在答题纸上。

例如，一 填空题：1. ___…___，2. ___…___，…

1. 电路如图 1 所示，求电流 I 的值是________。

【答案】2.5A

2. 电路如图 2 所示，求 10V 电压源发出的功率是________。

【答案】-22.5W

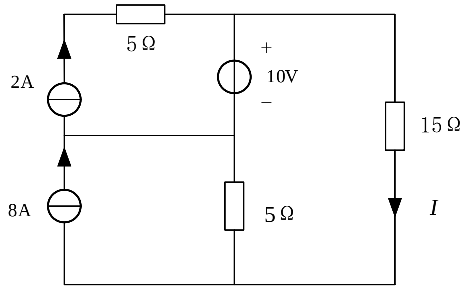


图 1

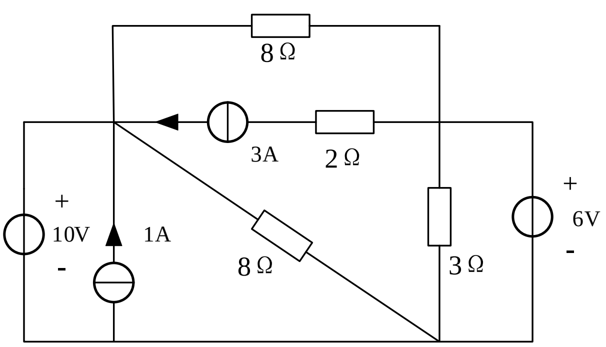
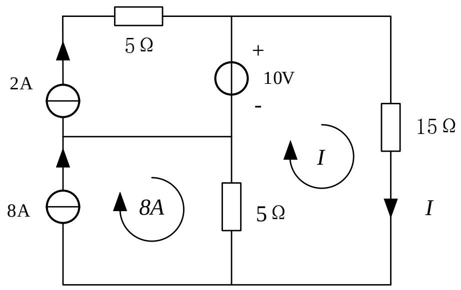


图 2

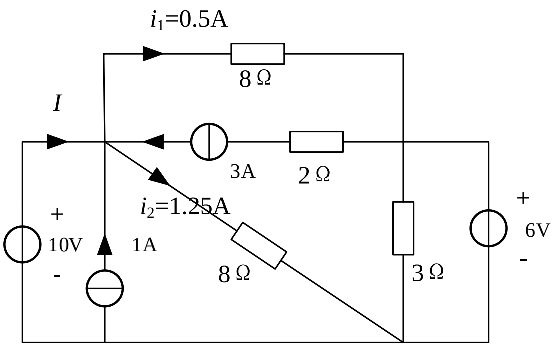
【解析】【1】. 如解图 1，列写网孔电流方程 $2I-5\times8-10=0$，解得 $I=2.5A$。

【2】. 如解图 2，$i_1=(10-6)/8A=0.5A$，$i_2=10/8A=1.25A$

由 KCL，$I+1+3=0.5+1.25\rightarrow I=-2.25A$，故 $P=-2.25\times10W=-22.5W$



解图 1



解图 2

3. 电路如图 3 所示，已知 $u_s(t)=9e^{-t}V, i_s(t)=6cos2tA$, 求 $i(t)$=________。

【答案】$e^{-t}-2cos2t\quad(A)$

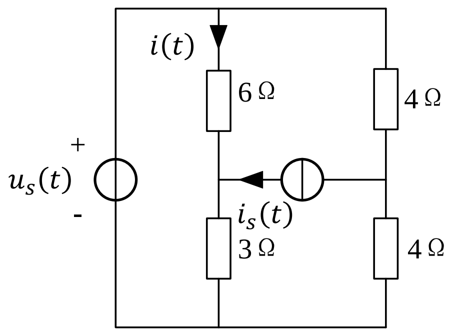


图 3

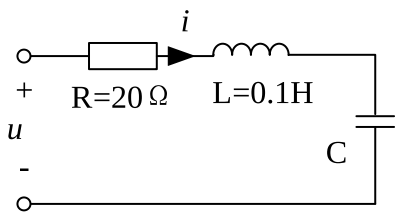


图 4

4. 电路如图 4 所示，已知 $\omega=10^3 rad/s$，电流 $\dot{I}=4\angle0^\circ A$，电压 $\dot{U}=80+j200V$，求电容 C 的值是______。

【答案】$20\mu F$

【解析】【3】. 由最左边网孔列写 KVL，$6i(t)+3[i(t)+i_s(t)]=u_s(t)$，代入数据，解得

$i(t)=e^{-t}-2cos2t\quad(A)$

【4】. $Z=\dot{U}/\dot{I}=20+j50=R+j\omega L+\dfrac{1}{j\omega C}$，代入数据，$C=20\mu F$

5. 电路如图 5 所示，已知 $R=10^4\Omega$，电压源 $\dot{U}_s=100\angle 0^{\circ}V$，则 n 等于____时负载 R_L 的功率达到最大。

【答案】0.01

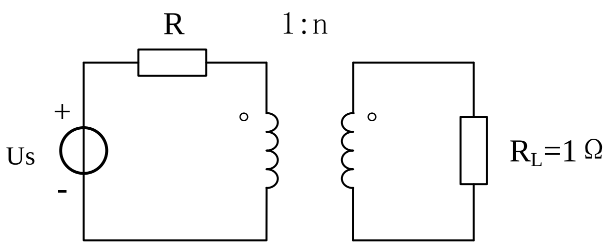


图 5

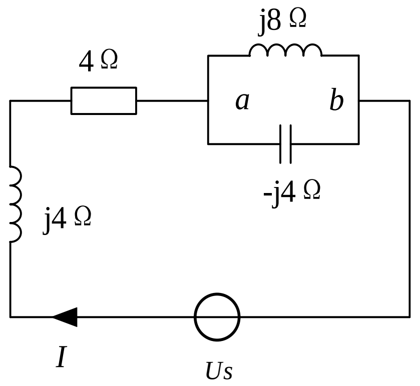


图 6

6. 电路如图 6 所示，已知 $\dot{U}_{ab}=4\angle 0^{\circ}V$，则该电路的性质是______（容性，感性）。

【答案】容性

【解析】【5】. 将二次侧负载 $R_L=1\Omega$ 等效到一次侧，$R_F=R_L/n^2$，当 $R_F=R=10^4$ 时，功率最大，此时，$n=0.01$。

【6】. $Z=j4+4+\dfrac{j8\cdot(-j4)}{j8-j4}=4-j4$，$X=-4<0$，故为容性。

7. 电路如图 7 所示，若以 u_c 为输出，则该电路是_____（低通，高通，带通）电路。

【答案】低通

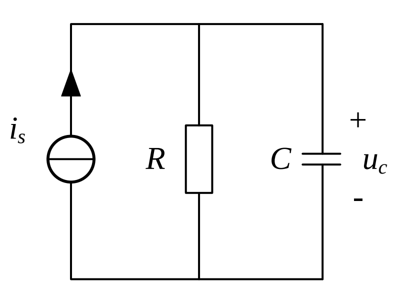


图 7

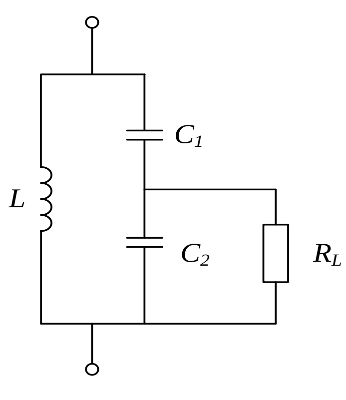


图 8

8. 电路如图 8 所示为一电容抽头的并联谐振电路，已知谐振频率为 62.8MHz，C_1=400pF，C_2=100pF，求电路中的电感 L=______。

【答案】$8\times10^{-8}H$

【解析】【7】. $u_c=[R//\frac{1}{j\omega C}]\cdot i_s$，$H(j\omega)=\frac{R\cdot\frac{1}{j\omega C}}{R+\frac{1}{j\omega C}}=\frac{R\cdot\frac{1}{RC}}{j\omega+\frac{1}{RC}}$

当 $\omega\to\infty,|H(j\omega)|\to0$，当 $\omega\to0,|H(j\omega)|\to R$。故为低通电路。

【8】. $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$，$C=C_1//C_2=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=80\,pF$，$L=\frac{1}{C\cdot(2\pi f)^2}=8\times10^{-8}H$

9. 电路如图 9 所示的二端口网络，则该网络的 Z 参数矩阵为______。

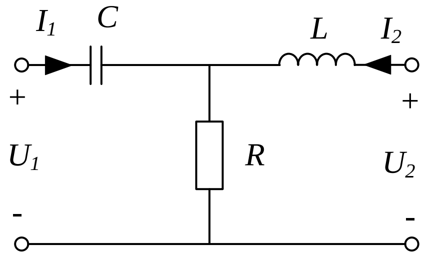


图 9

【答案】$\begin{bmatrix} R+\frac{1}{j\omega C} & R \\ R & R+j\omega L \end{bmatrix}$

【解析】【9】. $\dot{U}_1=\frac{1}{j\omega C}\dot{I}_1+R(\dot{I}_1+\dot{I}_2)=(R+\frac{1}{j\omega C})\dot{I}_1+R\dot{I}_2$

$$\dot{U}_2=(j\omega L)\dot{I}_2+R(\dot{I}_1+\dot{I}_2)=R\dot{I}_1+(R+j\omega L)\dot{I}_2$$

二. 计算题（共 4 小题，共 30 分）

解答本大题中各小题，请书写在答题纸上并写清楚关键性步骤，只有答案得 0 分，非通用符号请注明含义。

1. （8 分）电路如图 10 所示，试用节点法求图中受控源的电压 U_X。

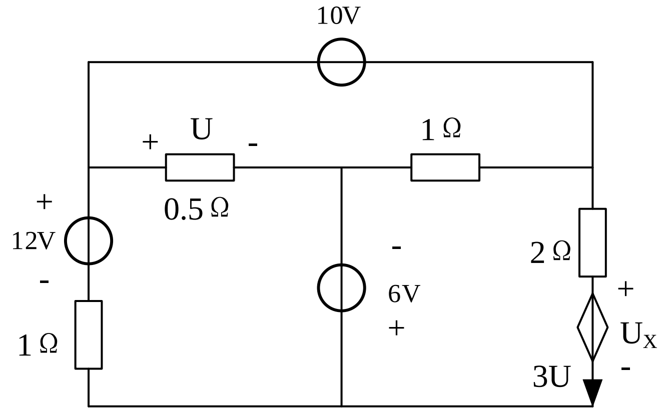
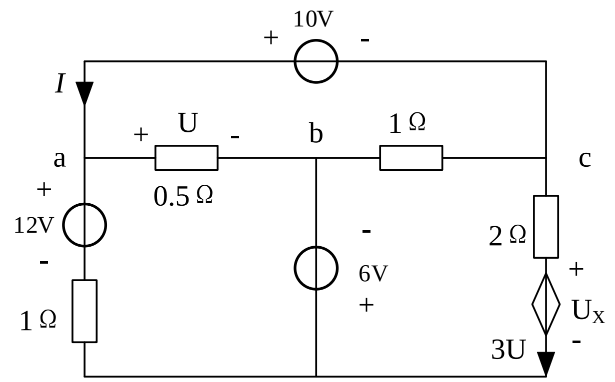


图 10

【参考答案】如解图 10，

$$\begin{cases} U_a(1+\frac{1}{0.5})-U_b\cdot\frac{1}{0.5}=\frac{12}{1}+i \\ U_b=-6 \\ U_c(1+\frac{1}{2})-U_b=\frac{U_x}{2}-i \end{cases}，且\begin{cases} U_a-U_c=10 \\ U_c=U_x+6U \\ U=U_a-U_b \end{cases}$$

解得$U=4V,U_x=U-16-6U=-36V$



解图 10

2. （9 分）电路如图 11 所示，t<0 时，开关 S1 处于闭合状态，开关 S2 处于断开状态，电路已经处于稳定状态；当 t=0 时，断开开关 S1；t=0.1s 时，闭合开关 S2，求 t≥0 时$u_c(t)$和$i_c(t)$。（注：e=2.72）

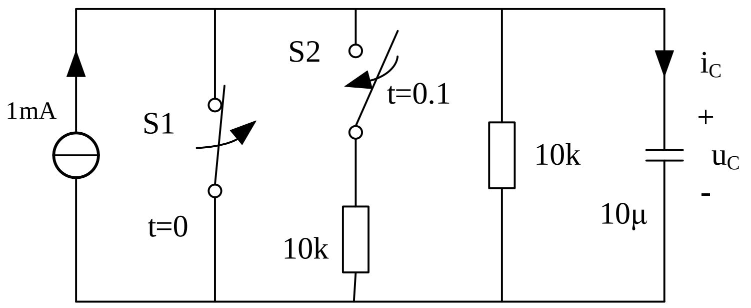
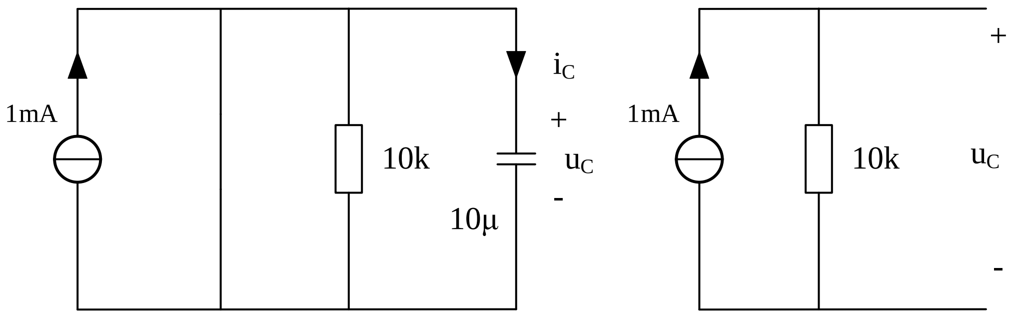


图 11

【参考答案】$0 \le t < 0.1s$， $0\_$ 时刻电路和稳态电路如图所示，

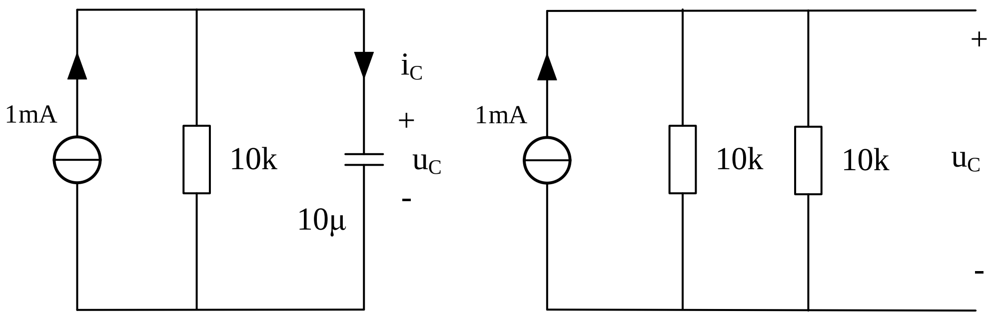


$u_C(0_+) = u_C(0_-) = 0V$， $u_C(\infty) = 10^{-3} \times 10 \times 10^3 = 10V$，

$\tau = RC = 10 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} = 0.1s$， 故 $u_c(t) = 10 - 10e^{-10t}, 0 \le t < 0.1s$

$$i_C(t) = C\frac{du_C(t)}{dt} = 10^{-3}e^{-10t}, 0 \le t < 0.1s$$

$t \ge 0.1s$， $0.1\_$ 时刻电路和稳态电路如图所示，



$u_C(0.1_+) = u_C(0.1_-) = 6.3V$， $u_C(\infty) = 10^{-3} \times (10//10) \times 10^3 = 5V$

$\tau = RC = (10//10) \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} = 0.05s$， 故 $u_c(t) = 5 + 1.3e^{-20(t-0.1)}, t \ge 0.1s$

$$i_C(t) = C\frac{du_C(t)}{dt} = -2.6 \times 10^{-4} e^{-20(t-0.1)}, t \ge 0.1s$$

综上，$u_c(t)=\begin{cases}10-10e^{-10t}, & 0\le t<0.1s\\ 5+1.3e^{-20(t-0.1)}, & t\ge 0.1s\end{cases}$

$$i_c(t)=\begin{cases}10^{-3}e^{-10t}, & 0\le t<0.1s\\ -2.6\times 10^{-4}e^{-20(t-0.1)}, & t\ge 0.1s\end{cases}$$

3. （5 分）电路如图 12 所示，已知 L=10mH，输入电压 u 的频率可变，当 u(t)频率为 $\omega_1=10^3 rad/s$ 时，i(t)的值最大；当 u(t)的频率为 $\omega_2=10^4 rad/s$ 时，i(t)的值为 0。求电路中两个电容的值是多少？

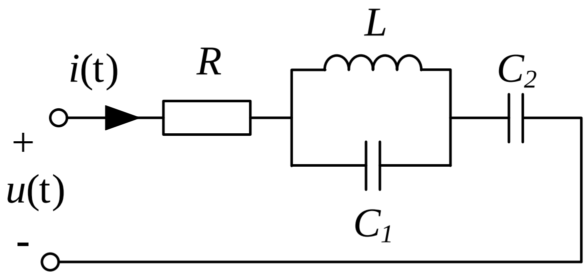


图 12

【参考答案】当 $\omega_2=10^4 rad/s$，L 与 C_1 发生并联谐振，$\omega_2=\dfrac{1}{\sqrt{LC_1}}$，解得 $C_1=1\mu F$

当 $\omega_1=10^3 rad/s$，整个电路发生串联谐振，总阻抗虚部为 0

$$Z=R+\frac{1}{j\omega C_2}+\frac{j\omega L\cdot\dfrac{1}{j\omega C_1}}{j\omega L+\dfrac{1}{j\omega C_1}}=R+j\left(\frac{10\times10^{-3}/10^{-6}}{\dfrac{1}{10^3\times10^{-6}}-10^3\times10\times10^{-3}}-\frac{1}{10^3 C_2}\right)$$

$=R+j\left(\dfrac{10^3}{99}-\dfrac{1}{10^3 C_2}\right)$，因此 $C_2=99\mu F$

4. （8 分）电路如图 13 所示，已知 N 为不含独立源的线性电阻网络，已知输出电压 $u=0.5u_s$；若输出端接上 5Ω 的电阻，则输出电压 $u=0.1u_s$。问在输出端接上 20Ω 的电阻时，输出电压与激励 u_s 的关系是什么？

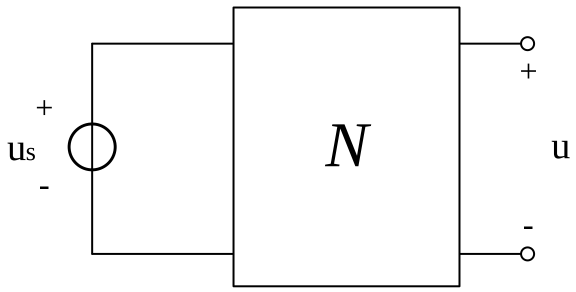
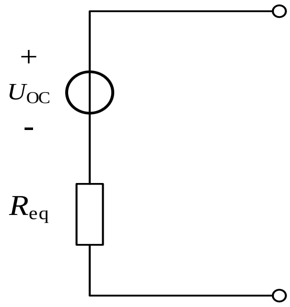


图 13

【参考答案】将电路进行戴维南等效，如图所示。



输出端开路时，$u = U_{OC} = 0.5u_s$；

接入 5Ω 电阻时，$u = \dfrac{5}{5+R_{eq}} \cdot U_{OC} = 0.1u_s \Rightarrow R_{eq} = 20\Omega$

接入 20Ω 电阻时，输出 $u = \dfrac{20}{20+20} \cdot U_{OC} = 0.25u_s$