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 821 电路、信号与系统

考试时间 2019 年 12 月 22 日下午（3 小时）

电路部分（75 分）

一、（5 分）求图 1 所示各电路中的 U 和 I 及独立源发出的功率。

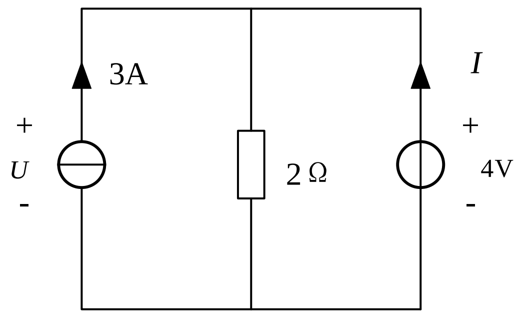


图 1

【参考答案】由 KVL，$\mathrm{U}=4V$。经过 2Ω 电阻的电流大小为 $I_0=4/2=2A$，方向向下。

再由 KCL，$I+3=2 \Rightarrow I=-1A$。

$P_I=4\times3=12W, P_U=4\times(-1)=-4W$（求发出功率，使用非关联参考方向）

二、（5 分）试求图 2 所示一端口电路的等效电阻 R_{ab}。已知 $R_1=12\Omega$，$R_2=6\Omega$，$R_3=4\Omega$。

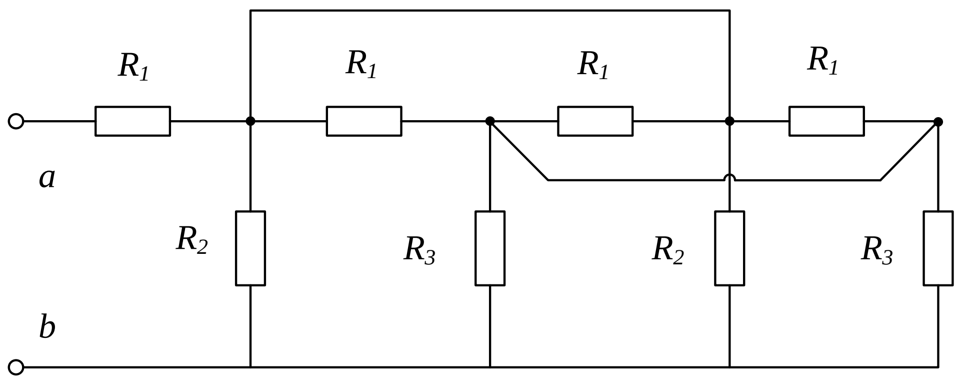
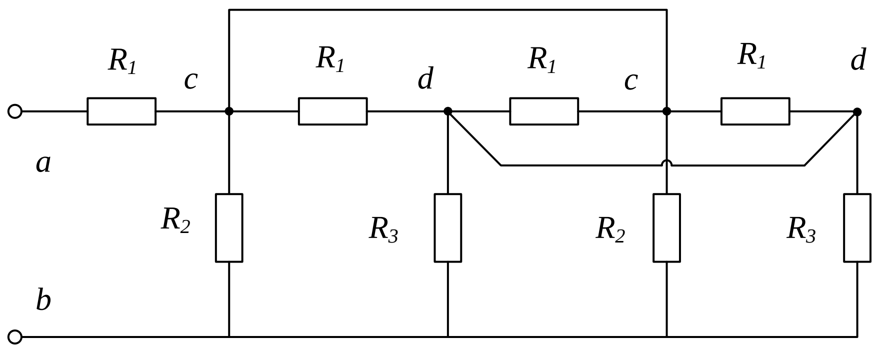
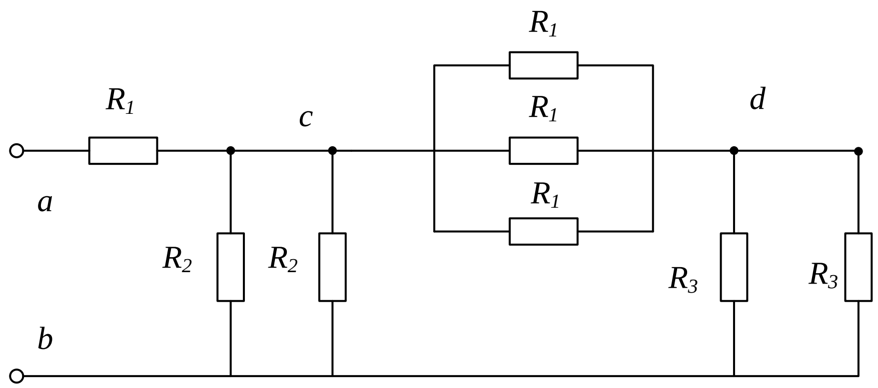


图 2

【参考答案】将节点 c,d 标注如下。



将电路图重画如下。



$$R_{ab}=12+(12//12//12+4//4)//(6//6)=12+(6//12+2)//3=12+6//3=14\Omega$$

三、（5 分）试求图 3 所示电路的网孔电流。

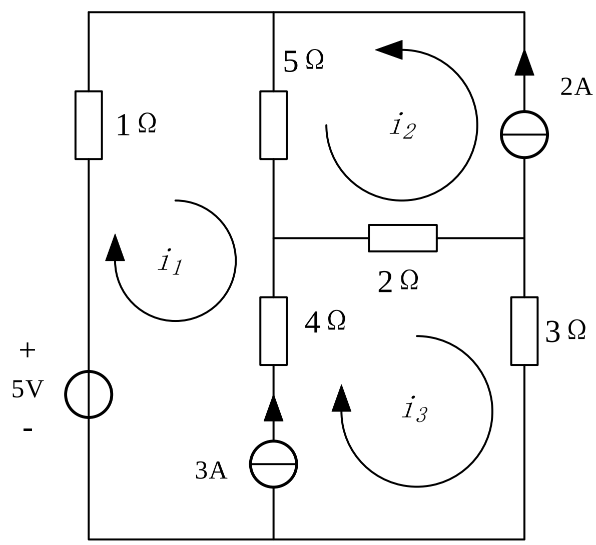


图 3

【参考答案】列些网孔方程如下：

$$\begin{cases}(1+5)i_1+5i_2=5-u \\ i_2=2 \\ (2+3)i_3+2i_2=u\end{cases}$$，且 $i_3-i_1=3$，由此解得 $$\begin{cases}i_1=-\dfrac{24}{11}A \\ i_2=2A \\ i_3=\dfrac{9}{11}A\end{cases}$$

四、（5 分）图 4 所示电路处于正弦稳态，已知 $R=\omega L=5\Omega$，$\dfrac{1}{\omega C_1}=10\Omega$，电压表 V_2 的读数为 100V，电流表 A_2 的读数为 10A。试求：（1）电流表 A_1，电压表 V_1 的读数（各电表读数均为有效值）；（2）电路以 $\dot{U}_2$ 为参考相量的相量图，以及电路的有功功率，无功功率和视在功率。

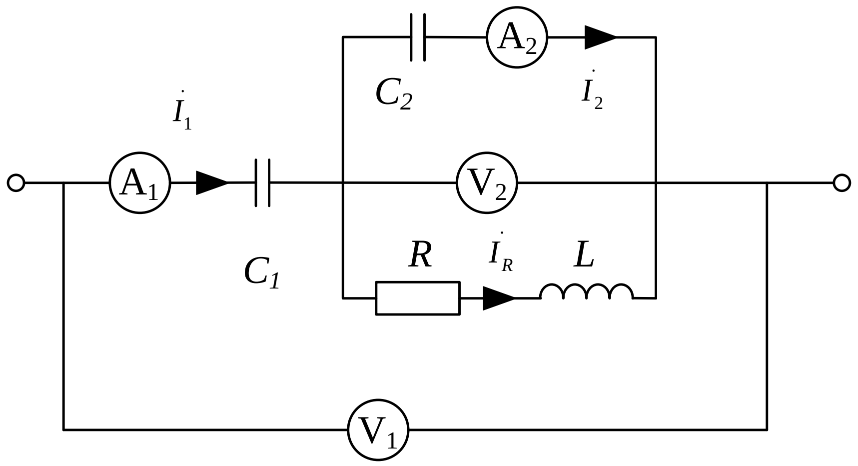


图 4

【参考答案】（1）

假设 $\dot{U}_2=100\angle 0^\circ V$，则有 $\dot{I}_2=10\angle 90^\circ A$，且 $\dot{I}_R=\dfrac{\dot{U}_2}{R+j\omega L}=\dfrac{100}{5+j5}=10\sqrt{2}\angle -45^\circ A$

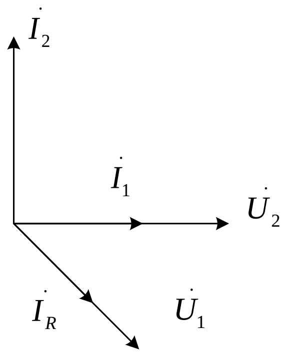
$\dot{I}_1=\dot{I}_2+\dot{I}_R=j10+10-j10A=10A$，故 A_1 读数为 10A。

$\dot{U}_1=\dfrac{1}{j\omega C_2}\cdot\dot{I}_1+\dot{U}_2=(-j10)\times 10+100=100\sqrt{2}\angle -45^\circ V$，故 V1 读数 $100\sqrt{2}V$。

（2）相量图如下。

$\varphi=\varphi_U-\varphi_I=-45^\circ$。故 $P=100\sqrt{2}\times 10\times\dfrac{\sqrt{2}}{2}=1000W$，

$$Q = 100\sqrt{2} \times 10 \times -\frac{\sqrt{2}}{2} = -1000var\text{，}\quad S = 100\sqrt{2} \times 10 = 1000\sqrt{2}V \cdot A$$



五、（5 分）用戴维南定理求图 5 所示电路中电流 i。

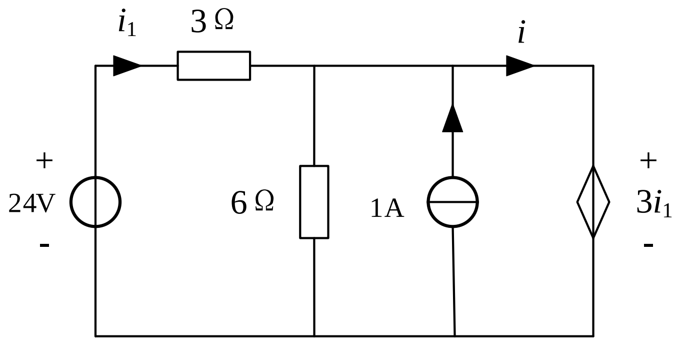
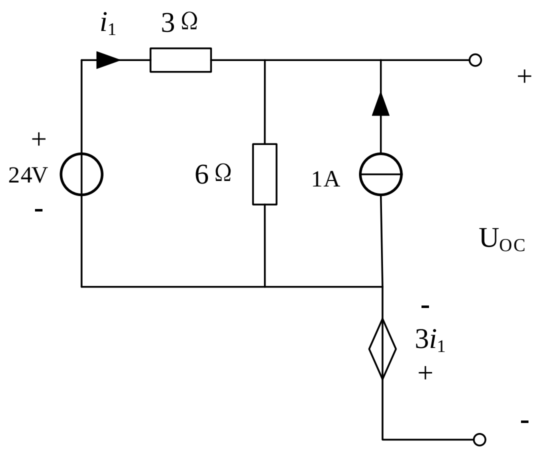


图 5

【参考答案】先求如左图所示U_{OC}，由 KVL，$(i_1+1)\cdot 6 + 3i_1 = 24 \Rightarrow i_1 = 2A$

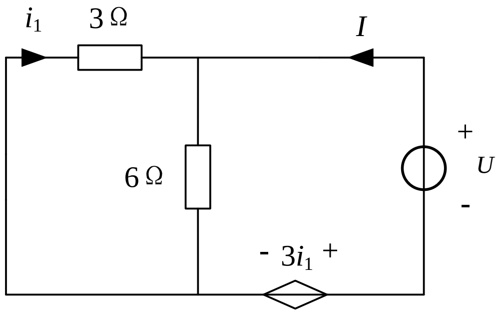
$U_{OC} = (2+1)\cdot 6 - 3\cdot 2 = 12V$ 。

再求如右图所示 R_{eq}，外加电源，$-3i_1 = 6(I+i_1) \Rightarrow I = -\frac{3}{2}i_1$，$-3i_1 - 3i_1 = U \Rightarrow U = -6i_1$



故有 $R_{eq} = U/I = -6 \times -\frac{2}{3} = 4\Omega$

$i = I_{SC} = U_{OC}/R_{eq} = 12/4 = 3A$



六、（5 分）RLC 串联电路中，已知 $u_s(t)=\sqrt{2}cos(10^6 t+40^\circ)V$，电路谐振时电流 $I=0.1A, U_C=100V$。试求 R, L, C, Q。

【参考答案】$\dot{U}_S=1\angle 40^\circ V$，$R=U_S/I=1/0.1=10\Omega$。

由 $\frac{1}{\omega C}\times I=U_C$，$\omega=10^6 rad\cdot s^{-1}$ 得 $C=10^{-9}F=1000pF$

由 $\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}$，得 $L=1mH$。$Q=\omega L/R=100$

七、（5 分）已知图 7 双口网络的 Z 参数为 $Z=\begin{bmatrix}5 & 4\\ 3 & 5\end{bmatrix}\Omega$，求 R_1, R_2, R_3, r 的值。

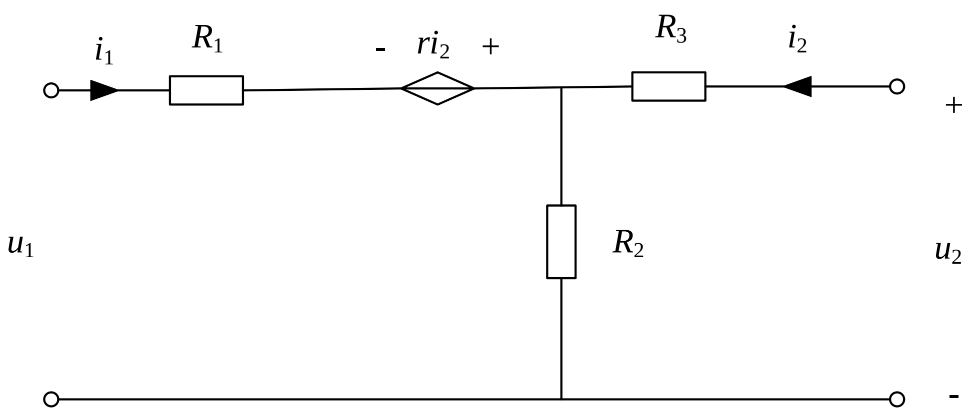


图 7

【参考答案】列写方程如下：

$$u_1=R_1 i_1-ri_2+R_2(i_1+i_2)=(R_1+R_2)i_1+(R_2-r)i_2$$

$$u_2=R_3 i_2+R_2(i_1+i_2)=R_2 i_1+(R_2+R_3)i_2$$

则有 $Z=\begin{bmatrix}R_1+R_2 & R_2-r\\ R_2 & R_2+R_3\end{bmatrix}\Omega=\begin{bmatrix}5 & 4\\ 3 & 5\end{bmatrix}\Omega$

由 $\begin{cases}R_1+R_2=5\\ R_2-r=4\\ R_2=3\\ R_2+R_3=5\end{cases}$ 解出：$\begin{cases}R_1=2\Omega\\ R_2=3\Omega\\ R_3=2\Omega\\ r=-1\end{cases}$

八、（15 分）图 8 所示电路已处于稳态，$t=0$时刻开关 S 闭合。求$t\geq 0$时，$u(t)$的零输入响应$u_x(t)$，零状态响应$u_f(t)$及全响应$u(t)$，指出其稳态响应和暂态响应，并画出以上各响应的波形图。

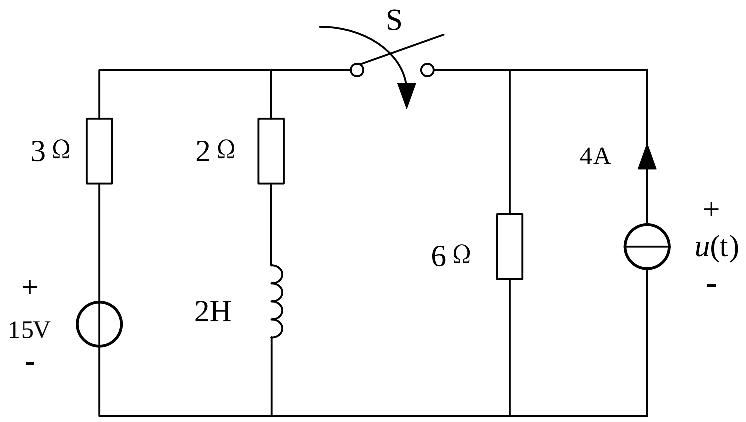


图 8

【参考答案】

由换路定理，$i(0_+)=i(0_-)=15/(3+2)=3A$。

画出稳态等效电路如解图 8-1 所示，戴维南等效如解图 8-2，8-3 所示。

求解出$i_\infty=9/2=4.5A$，且$\tau=L/R_0=\dfrac{2}{2+3//6}=0.5s$（注意等效电阻的计算是从电感两端看过去）

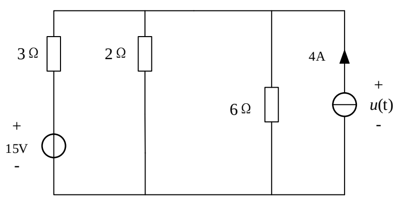
通过电感的零输入电流$i_{zi}(t)=3e^{-2t}A$，故$u_x(t)=2\cdot i_{zi}(t)+2\cdot\dfrac{di_{zi}(t)}{dt}=-6e^{-2t}V,t\geq 0$

通过电感的零输入电流$i_{zs}(t)=4.5(1-e^{-2t})A$，

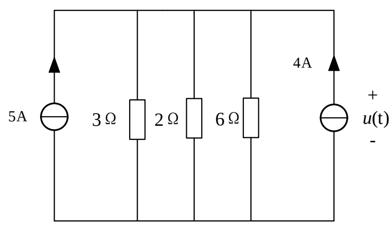
故$u_f(t)=2\cdot i_{zs}(t)+2\dfrac{di_{zs}(t)}{dt}=9+9e^{-2t}V,t\geq 0$，

全响应$u(t)=u_x(t)+u_f(t)=9+3e^{-2t}V,t\geq 0$

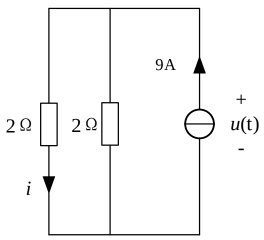
稳态响应：$9V$　暂态响应：$3e^{-2t}V$



解图 8-1



解图 8-2



解图 8-3

波形图略。

九、（15 分）如图 9 所示电路中，N 为含源线性电路，电阻 R 可调，当 $R=12\Omega$ 时，$I_1=\dfrac{4}{3}A$；当 $R=6\Omega$ 时，$I_1=1.2A$；当 $R=3\Omega$ 时，$I_1=1A$；当 $R=30\Omega$ 时，I_1 为多少？

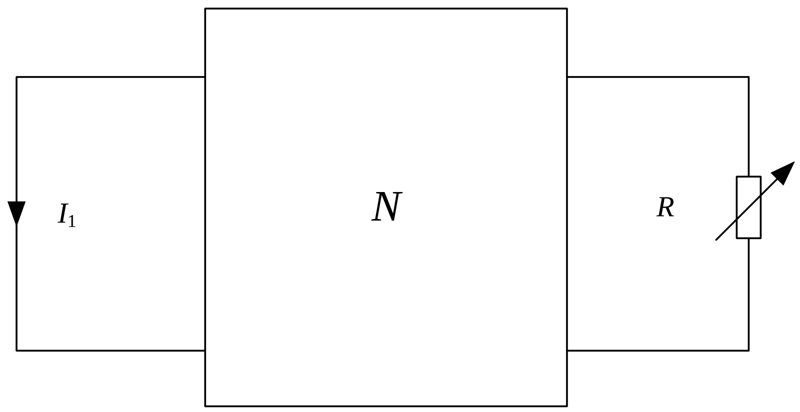


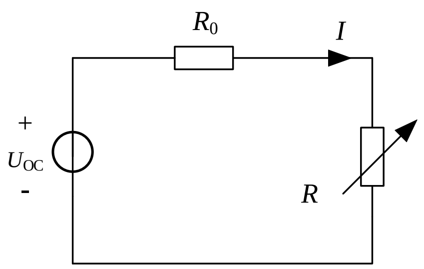
图 9

【参考答案】对电路进行如图所示的戴维南等效

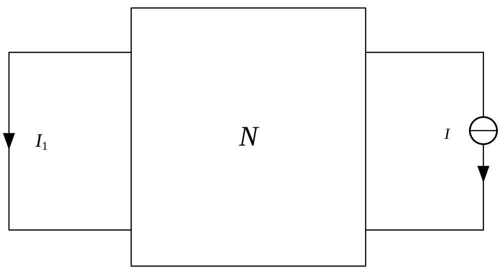
则 $I=\dfrac{U_{OC}}{R_0+R}$，将可变电阻看作电流源 I，由齐次定理和叠加定理，

$I_1=k\cdot I+I_N=kU_{OC}\cdot\dfrac{1}{R_0+R}+I_N$，其中 I_N 为电路 N 中独立源的响应。

$$\begin{cases}\dfrac{4}{3}=kU_{OC}\cdot\dfrac{1}{R_0+12}+I_N\\1.2=kU_{OC}\cdot\dfrac{1}{R_0+6}+I_N\\1=kU_{OC}\cdot\dfrac{1}{R_0+3}+I_N\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}R_0=\dfrac{3}{2}\Omega\\kU_{OC}=-\dfrac{9}{4}\\I_N=\dfrac{3}{2}\end{cases}，R=30\Omega\Rightarrow I_1=-\dfrac{9}{4}\cdot\dfrac{1}{\dfrac{3}{2}+30}+\dfrac{3}{2}=\dfrac{10}{7}A$$



解图 9-1



解图 9-2

十、（10 分）如图 10 所示正弦稳态电路，已知$u_s(t)=100\sqrt{2}cos(\omega t)V, \omega L_2=120\Omega$

$\omega M=\dfrac{1}{\omega C}=20\Omega, R=100\Omega$，问 Z_L 为何值时其可获得最大功率？最大功率是多少？

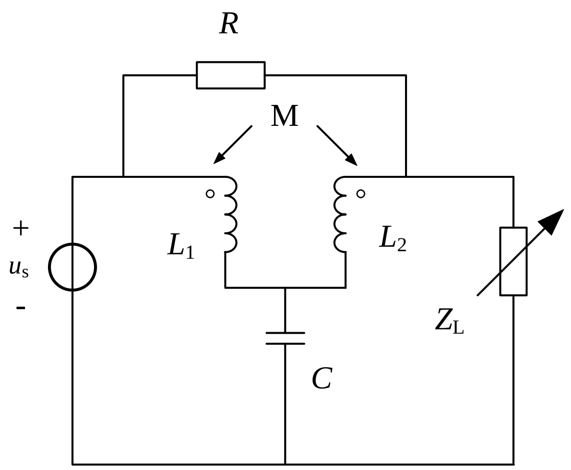


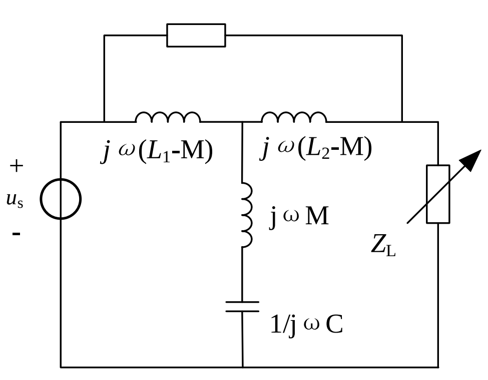
图 10

【参考答案】去耦等效如图所示。

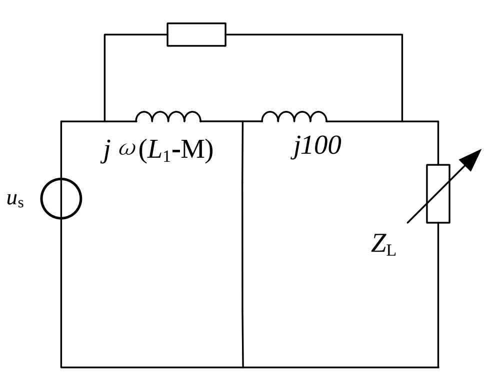
开路电压$\dot{U}_{OC}=\dfrac{j100}{100+j100}\cdot\dot{U}_S=50\sqrt{2}\angle 45^{\circ}V$

等效阻抗$Z_0=100//(j100)=\dfrac{100\cdot j100}{100+j100}=50+j50\Omega$

当$Z_L=Z_0^*=50-j50\Omega$，获得最大功率$P_{max}=\dfrac{U_{OC}^2}{4R_0}=\dfrac{(50\sqrt{2})^2}{4\times 50}=25W$



解图 10-1

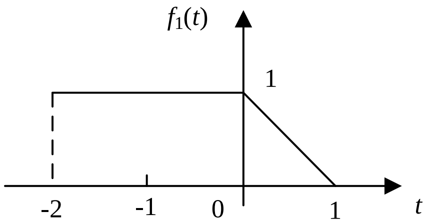


解图 10-2

信号与系统部分（75 分）

一、简答题（共 5 小题，共 37 分）

1、（6 分）已知函数 $f_1(t)$ 和 $f_2(1-2t)$ 的波形如图 11 所示。画出 $y_1(t)=f_1(-3t-2)$ 和 $y_2(t)=f_2(t)$ 的波形。



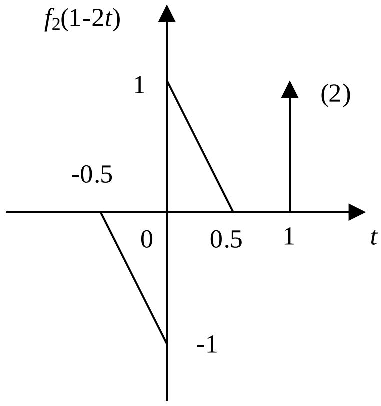
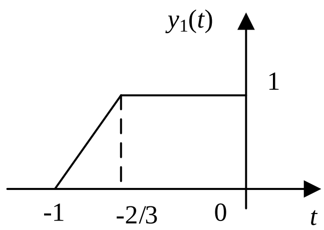
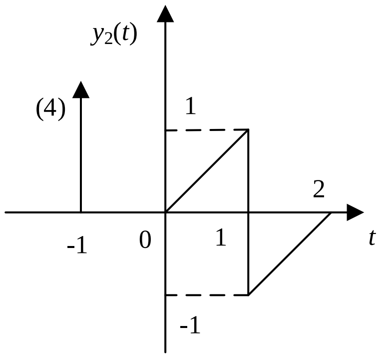


图 11

【参考答案】





2、（每小题 3 分，共 9 分）计算下列各小题：

（1）$\int_{-5}^{5}(t-3)\delta(-2t+4)dt=$

（2）$\sum_{n=-\infty}^{\infty}sin(\frac{n\pi}{4})\delta(n-2)=$

（3）a 为非零常数，求 $\int_{-\infty}^{\infty}Sa^2(a\omega)d\omega=$

【参考答案】（1）$\int_{-5}^{5}(t-3)\delta(-2t+4)dt=\frac{1}{2}\int_{-5}^{5}(t-3)\delta(t-2)dt=\frac{1}{2}(t-3)|_{t=2}=-\frac{1}{2}$

（2）$\sum_{n=-\infty}^{\infty}sin(\frac{n\pi}{4})\delta(n-2)=sin(\frac{n\pi}{4})|_{n=2}=sin(\frac{\pi}{2})=1$

（3）当 $a>0$，由 $g_\tau t \leftrightarrow \tau Sa(\frac{\omega\tau}{2})$ 有，$\frac{1}{2a}g_{2a}(t) \leftrightarrow Sa(a\omega)$。

记 $f(t)=\frac{1}{2a}g_{2a}(t)*\frac{1}{2a}g_{2a}(t) \leftrightarrow Sa^2(a\omega)$，由定义，$f(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}Sa^2(a\omega)e^{j\omega t}d\omega$

因此，$\int_{-\infty}^{\infty}Sa^2(a\omega)d\omega = 2\pi f(0) = 2\pi\frac{1}{4a^2}\cdot 2a = \frac{\pi}{a}$

当 $a<0$，$Sa^2(a\omega)=Sa^2(|a|\omega), \int_{-\infty}^{\infty}Sa^2(a\omega)d\omega = \frac{\pi}{|a|}$

综上，$\int_{-\infty}^{\infty}Sa^2(a\omega)d\omega = \frac{\pi}{|a|}$

3、（9 分）已知周期信号表达式如下：

$$f(t)=2+cos(2t)+sin(2t)+2sin(3t+60^\circ)-cos(7t+150^\circ)$$

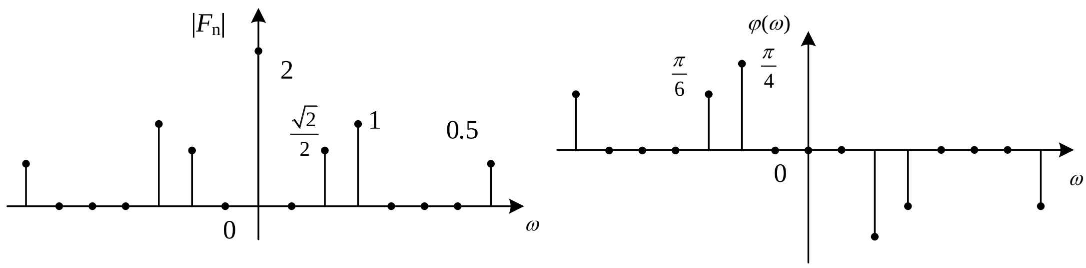
（1）求信号的基波周期 T;（3 分）

（2）画出 $f(t)$ 指数函数形式对应的双边谱；（4 分）

（3）确定 $f(t)$ 的功率。（2 分）

【参考答案】（1）$T_1=\frac{2\pi}{2}=\pi, T_2=\frac{2\pi}{3}, T_3=\frac{2\pi}{7}$，故 $T=2\pi \quad s$

（2）如图所示。



（3）$P=2^2+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{2^2}{2}+\frac{1}{2}=7.5W$

4、（4 分）已知 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ 的波形如图 12 所示，画出 $y(t)=f_1(t)*f_2(t)$ 的波形。

【参考答案】图示法，过程不再给出。

参考图案如图所示。

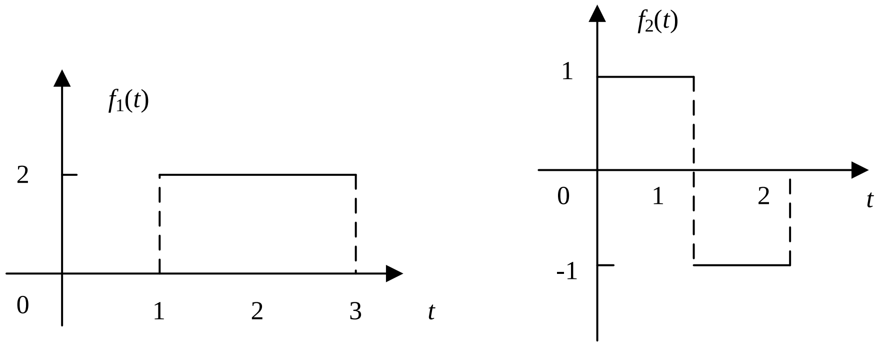
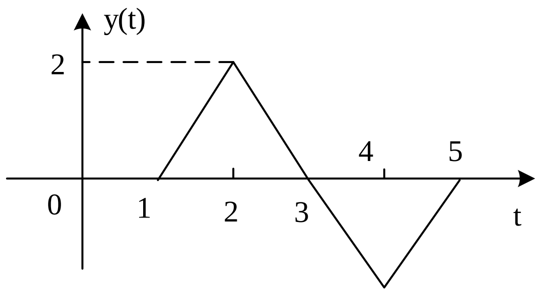


图 12



5、（9 分）简要回答下列各小题：

（1）分析系统 $y(t)=f(-t)$ 的线性、因果性和时变特性；

（2）已知 $f(t)=cos2\pi t\dfrac{sin\pi t}{\pi t}+3sin6\pi t\dfrac{sin2\pi t}{\pi t}$，求信号的奈奎斯特抽样间隔；

（3）判断连续时间 LTI 系统 $H_1(j\omega)=3e^{-j2\pi t_0\omega}$ 和 $H_2(j\omega)=3e^{-(j2\pi t_0\omega+\pi)}$ 是否为无失真传输系统，并求出系统的冲激响应。

【参考答案】（1）若 $f_1(t)\to y_1(-t)$， $f_2(t)\to y_2(-t)$

$af_1(t)+bf_2(t)\to ay_1(-t)+by_2(-t)$，故线性。

$y(-1)=f(1)$，非因果。

输入 $f(t-t_0), y(t)=f(-t-t_0)\neq y(t-t_0)=f[-(t-t_0)]$，时变。

（2）$Sa(\pi t)\leftrightarrow g_{2\pi}(\omega)$,最高频率 π，时域与 $\cos 2\pi t$ 乘积，频域频谱搬移，最高 3π

$Sa(2\pi t)\leftrightarrow \dfrac{1}{2}g_{4\pi}(\omega)$,最高频率 2π，时域与 $\sin 6\pi t$ 乘积，频域频谱搬移，最高 8π

因此奈奎斯特抽样频率 $f_s=2\times 8\pi/2\pi=8Hz$， $T_s=\dfrac{1}{f_s}=1/8=0.125s$

（3）$H_1(j\omega)=3e^{-j2\pi t_0\omega}$，$|H_1(j\omega)|=3,\phi(\omega)=-2\pi t_0\omega$ ，满足无失真传输条件（幅频特性为常数，相频特性是过原点的直线）$h_1(t)=3\delta(t-2\pi t_0)$

$H_2(j\omega)=3e^{-(j2\pi t_0\omega+\pi)}=3e^{-\pi}\cdot e^{-j2\pi t_0\omega}$，$|H_2(j\omega)|=3e^{-\pi},\phi(\omega)=-2\pi t_0\omega$，满足无失真传输条件。$h_2(t)=3e^{-\pi}\delta(t-2\pi t_0)$

二、计算题（共 3 小题，共 38 分）

6、（14 分）已知某线性时不变离散系统，差分方程为

$$y(k)-1.6y(k-1)-0.8y(k-2)=f(k-1)$$

（1）求该系统的系统函数 $H(z)$，并画出零、极点图；

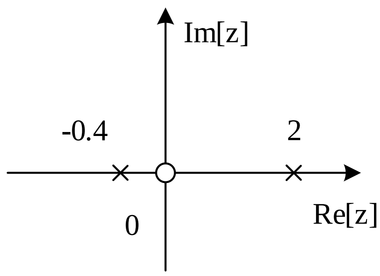
（2）限定系统是因果的，写出 $H(z)$ 的收敛域，并求单位序列响应 $h(k)$；

（3）限定系统是稳定的，写出 $H(z)$ 的收敛域，并求单位序列响应 $h(k)$；

（4）分别画出系统直接形式、并联形式的模拟框图。

【参考答案】（1）由梅森公式，$H(z)=\dfrac{z^{-1}}{1-1.6z^{-1}-0.8z^{-2}}=\dfrac{z}{z^2-1.6z-0.8}$

零、极点图如右图所示。



（2）收敛域 $|z|>2$，部分分式展开：

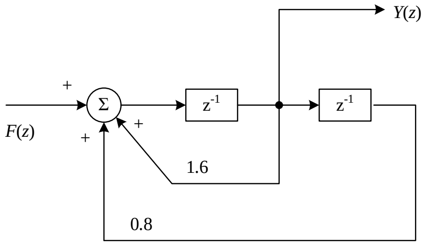
$$\frac{H(z)}{z}=\frac{-\frac{5}{12}}{z+0.4}+\frac{\frac{5}{12}}{z-2}，\quad H(z)=\frac{-\frac{5}{12}z}{z+0.4}+\frac{\frac{5}{12}z}{z-2}$$

$$h(k)=\frac{5}{12}[(2)^k-(0.4)^k]\varepsilon(k)$$

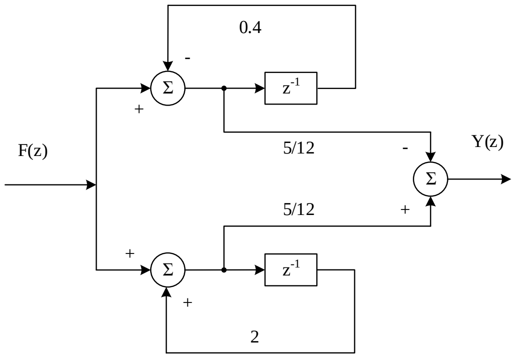
（3）收敛域 $0.4<|z|<2$，展开同上，$h(k)=-\dfrac{5}{12}(0.4)^k\varepsilon(k)-\dfrac{5}{12}(2)^k\varepsilon(-k-1)$

（4）直接形式，$H(z)=\dfrac{z^{-1}}{1-1.6z^{-1}-0.8z^{-2}}$，如解图 6-1 所示。

并联形式，$H(z)=\dfrac{-\frac{5}{12}}{1+0.4z^{-1}}+\dfrac{\frac{5}{12}}{1-2z^{-1}}$，如解图 6-2 所示。



解图 6-1



解图 6-2

7、（12 分）某 LTI 系统在以下各种情况下其初始状态相同。已知当激励 $f_1(t)=\delta(t)$ 时，其全响应 $y_1(t)=2e^{-2t}\varepsilon(t)$；当激励 $f_2(t)=\varepsilon(t)$ 时，其全响应 $y_2(t)=2e^{-t}\varepsilon(t)-e^{-2t}\varepsilon(t)$。

（1）求系统的冲激响应和阶跃响应；

（2）当激励 $f_3(t)=t[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-1)]$ 时，求系统的全响应 $y_3(t)$。

【参考答案】（1）当输入 $f_4(t)=\varepsilon(t)-\delta(t)$，输出 $y_{zs4}(t)=2e^{-t}\varepsilon(t)-3e^{-2t}\varepsilon(t)$

$$Y_{zs}(s)=\frac{2}{s+1}-\frac{3}{s+2}=H(s)\cdot F_4(s)=H(s)\cdot(\frac{1}{s}-1),$$

$$H(s)=\frac{s}{(s+1)(s+2)}=\frac{-1}{s+1}+\frac{2}{s+2},\quad h(t)=(-e^{-t}+2e^{-2t})\varepsilon(t)$$

$$y_{zi}(t)=y_1(t)-h(t)=e^{-t}\varepsilon(t),\quad g(t)=y_2(t)-y_{zi}(t)=(e^{-t}-e^{-2t})\varepsilon(t)$$

（2） $f_3(t)=t[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-1)]=t\varepsilon(t)-(t-1)\varepsilon(t-1)-\varepsilon(t-1)$

则 $F_3(s)=\frac{1}{s^2}-\frac{1}{s^2}e^{-s}-\frac{1}{s}e^{-s}$，　　$Y_3(s)=Y_{zi}(s)+F_3(s)\cdot H(s)=$

$$\frac{1}{s+1}+\frac{1}{s(s+1)(s+2)}-\frac{e^{-s}}{s(s+1)(s+2)}-\frac{e^{-s}}{(s+1)(s+2)}=\frac{1}{2}(\frac{1}{s}+\frac{1}{s+2})-\frac{1}{2}(\frac{1}{s}-\frac{1}{s+2})e^{-s}$$

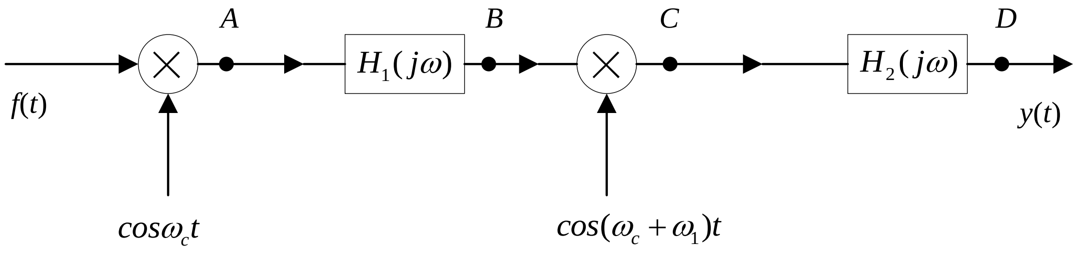
因此，$y_3(t)=\frac{1}{2}(1+e^{-2t})\varepsilon(t)+\frac{1}{2}(e^{-2(t-1)}-1)\varepsilon(t-1)$

8、（12 分）通信工程中为了保密，常用倒频系统将语音信号在传输前进行倒频，在接收端收到倒频信号以后，再设法恢复原信号。一倒频系统如图 13(a)所示，激励限带信号 $f(t)$ 的频谱如 13(b)所示，请画出当 $f(t)$ 通过该系统时，系统中 A，B，C，D 点处信号

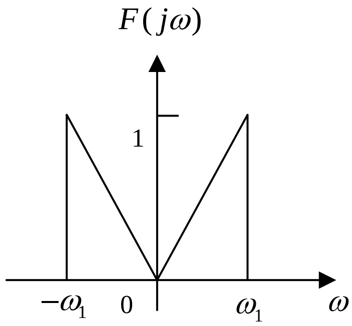
的频谱，并求出系统输出响应 $y(t)$ 。

其中，ω_c 远远大于 ω_1，且高通滤波器 $H_1(j\omega)=\begin{cases}K, & |\omega|>\omega_c \\ 0, & |\omega|<\omega_c\end{cases}$

低通滤波器 $H_2(j\omega)=\begin{cases}K, & |\omega|<\omega_c \\ 0, & |\omega|>\omega_c\end{cases}$



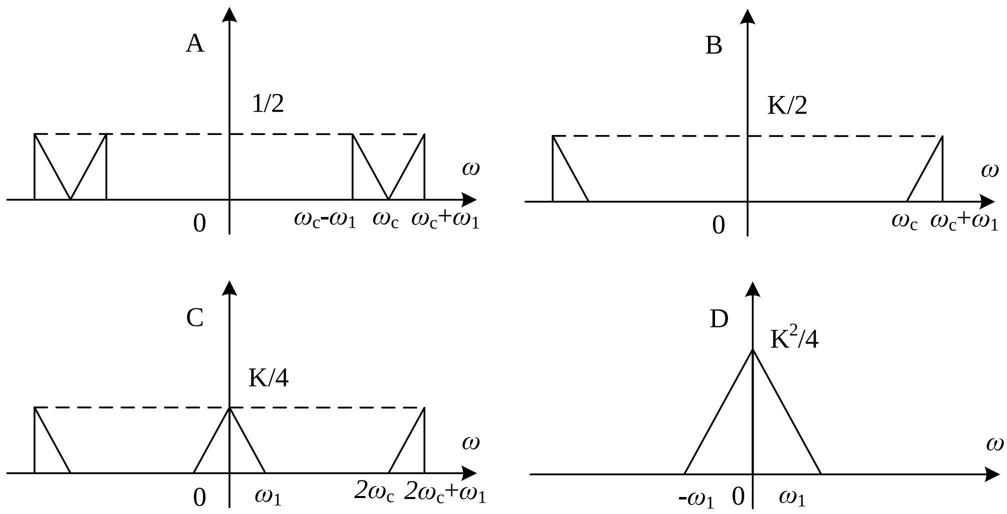
(a)



(b)

图 13

【参考答案】各点波形如图所示。



D 点处，$H_D(j\omega)=Y(j\omega)=\frac{K^2}{4\omega_1}\cdot g_{\omega_1}(\omega)*g_{\omega_1}(\omega)$，注意这里要除以一个$\omega_1$，因为

$g_{\omega_1}(\omega)*g_{\omega_1}(\omega)$的幅度不是 1，而是$\omega_1$。

由变换关系$Sa(kt)\leftrightarrow\frac{\pi}{k}g_{2k}(\omega)$，$\frac{\omega_1}{2\pi}Sa(\frac{\omega_1}{2}t)\leftrightarrow g_{\omega_1}(\omega)$，因此

$$y(t)=2\pi\cdot\frac{K^2}{4\omega_1}[\frac{\omega_1}{2\pi}Sa(\frac{\omega_1}{2}t)]\cdot[\frac{\omega_1}{2\pi}Sa(\frac{\omega_1}{2}t)]=\frac{\omega_1 K^2}{8\pi}Sa^2(\frac{\omega_1}{2}t)$$