得分
28

一、课程教学目标 1（共 30 分）

掌握数字信号处理的理论和知识体系所需的基本数理知识，并能用于专业知识与实际系统分析的能力学习中。

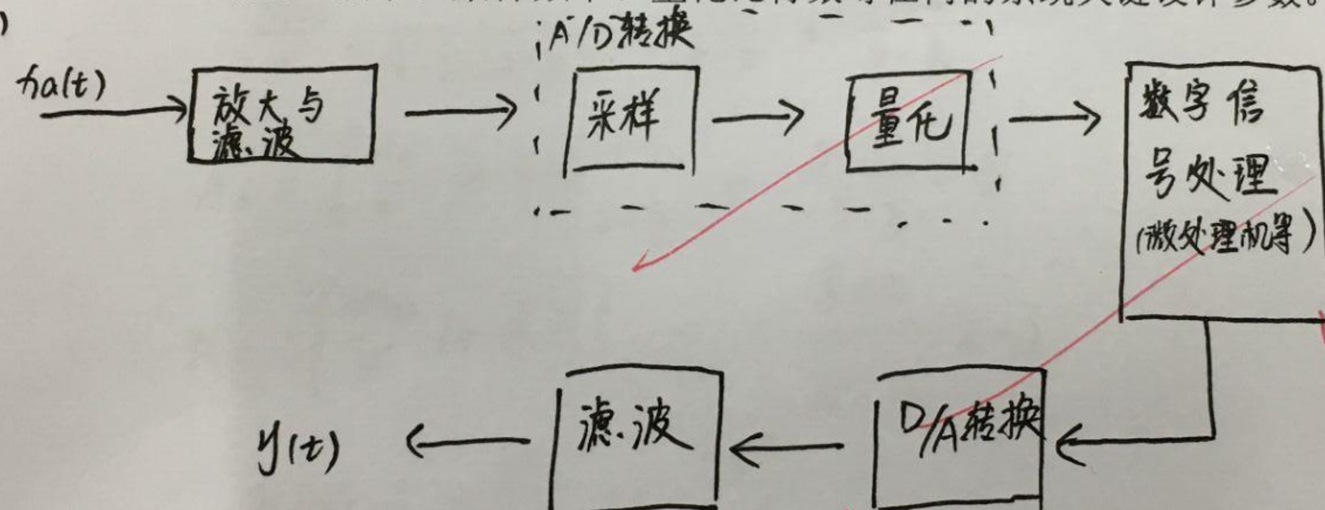
1.（7 分）现需设计一语音信号处理系统，实现从传声器信号采集到数字处理和传输，假设语音信号的频率范围控制在 300-3400Hz，传声器输出的声音信号最大幅度±30mV，要求数字语音的信噪比保证在 60dB 以上，

(1) 试画出该系统从传声器信号接收到数字语音信号处理的原理框图；

(2) 给出包括滤波器的截止频率、采样频率、量化比特数等在内的系统关键设计参数。

解：(1)

6



4

(2) 截止频率：3400Hz

1

采样频率：（大于等于）6800Hz

1

信噪比：（大于等于）60dB

X

2. （15分）给定信号$x(n)=\begin{cases}2n+5, & -4\le n\le -1\\ 4, & 0\le n\le 2\\ 0 & \text{其他}\end{cases}$

（1） 画出$x(n)$；

（2） 试用$\delta(n)$及其延时表示$x(n)$；

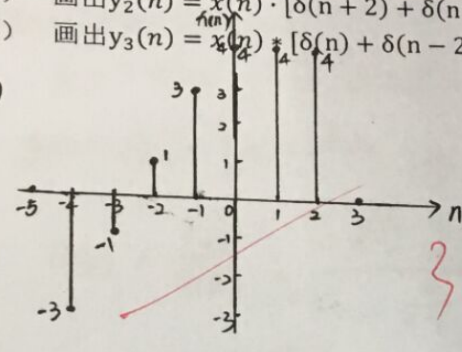
（3） 画出$y_1(n)=-2x(4-2n)$；

（4） 画出$y_2(n)=x(n)\cdot[\delta(n+2)+\delta(n-2)]$；

（5） 画出$y_3(n)=x(n)*[\delta(n)+\delta(n-2)]$。

15

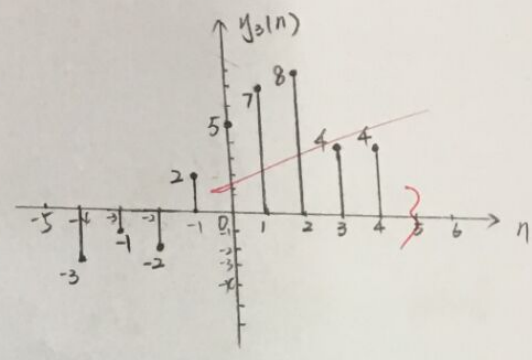
解： (1)



3

(5) $y_3(n) = x(n) * [\delta(n)+\delta(n-2)]$

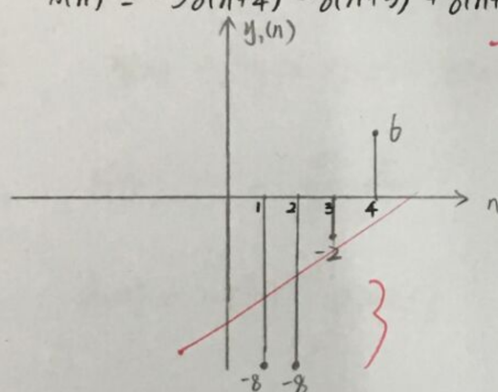
$= x(n) + x(n-2)$



3

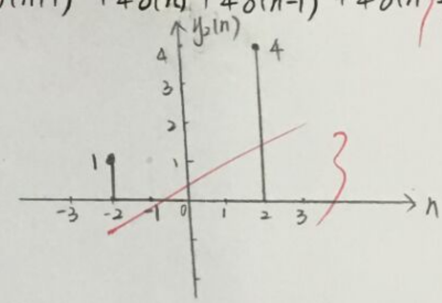
(2) $x(n) = -3\delta(n+4) - \delta(n+3) + \delta(n+2) + 3\delta(n+1) + 4\delta(n) + 4\delta(n-1) + 4\delta(n-2)$ 3

(3)



3

(4)



3

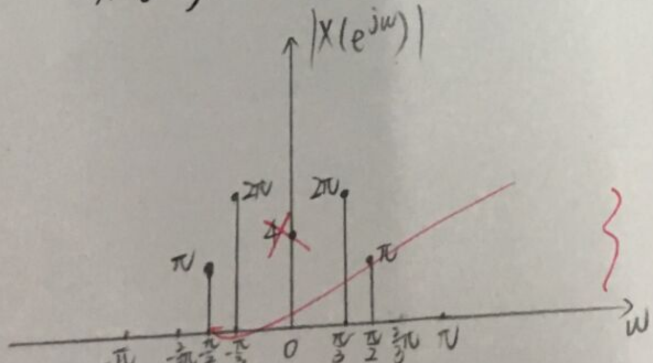
3.（8分）设一无限长序列为$x(n)=4+2\cos\left(\frac{\pi}{3}n\right)+\sin\left(\frac{\pi}{2}n\right)$，求信号的频谱$X(e^{j\omega})$，并画出其在$-\pi\le\omega\le\pi$内的幅度频谱。

7

在$-\pi\le\omega\le\pi$内：

解： $X(e^{j\omega}) = 4\delta(\omega) + 2\pi\left[\delta(\omega+\frac{\pi}{3}) + \delta(\omega-\frac{\pi}{3})\right] - \frac{\pi}{j}\left[\delta(\omega+\frac{\pi}{2}) - \delta(\omega-\frac{\pi}{2})\right]$

4



3

得分
37

二、课程教学目标 2（共 40 分）

具备数字信号处理的基础知识，能使用数学、自然科学、工程基础和专业知识分析实际工程中结构、信号等相关具体问题。

1. （8 分）信号 $f(t)$ 为一有限带宽信号，其最高频率为 $5KHz$，

（1）计算信号 $f^2(t)$ 的最高频率（单位：Hz）；

（2）如果对 $f(3t-2)$ 进行均匀采样，其不失真的采样频率 f_s（单位：Hz）应满足的条件。

8

解：(1) 最高频率为 10KHz

4

(2) $\frac{T_2}{T_1} = \frac{\frac{2\pi}{3}}{\frac{2\pi}{1}} = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{f_2}{f_1} = 3$

$f_{2c\,max} = 3 \times 5 = 15kHz$

4

$f_s \geq 2 f_{2c\,max} = 30kHz$

∴ 不失真的条件为 $f_s \geq 30kHz$

2. （10 分）若存在一个离散时间系统的系统函数 $H(z) = \frac{z(z+5)}{(z-3)(z-1/3)}$，根据下面的收敛域，求系统的单位脉冲响应 $h(n)$，并判断系统是否因果？是否稳定？

10

(a) $|z| > 3$　　(b) $1/3 < |z| < 3$　　(c) $|z| < 1/3$

解：$\frac{H(z)}{z} = \frac{z+5}{(z-3)(z-\frac{1}{3})} = \frac{A_1}{z-3} + \frac{A_2}{z-\frac{1}{3}}$

$A_1 = \left[\frac{H_z}{z}\cdot(z-3)\right]\Big|_{z=3} = \frac{3+5}{3-\frac{1}{3}} = 3$

$A_2 = \left(\frac{H(z)}{z}\cdot(z-\frac{1}{3})\right)\Big|_{z=\frac{1}{3}} = \frac{\frac{1}{3}+5}{\frac{1}{3}-3} = -2$

1

∴ $H(z) = \frac{3z}{z-3} + \frac{-2z}{z-\frac{1}{3}}$

(a) $|z|>3$ 时

$h(n) = 3\cdot 3^n \cdot u(n) - 2\cdot(\frac{1}{3})^n \cdot u(n)$

$= 3^{n+1} u(n) - 2\cdot(\frac{1}{3})^n \cdot u(n)$　因果，不稳定

3

(b) $\frac{1}{3} < |z| < 3$ 时

$h(n) = -3\cdot 3^n u(-n-1) - 2\cdot(\frac{1}{3})^n u(n)$

$= -3^{n+1} u(-n-1) - 2\cdot(\frac{1}{3})^n u(n)$　非因果，稳定

3

(c) $|z| < \frac{1}{3}$ 时

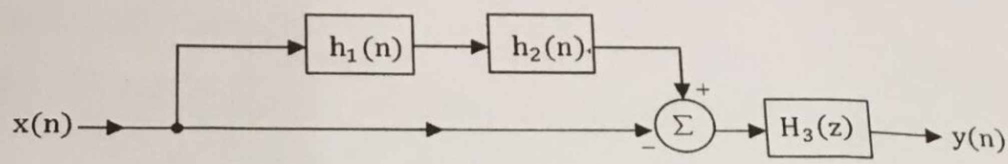
$h(n) = -3\cdot 3^n \cdot u(-n-1) + 2\cdot(\frac{1}{3})^n u(-n-1)$

$= -3^{n+1} \cdot u(-n-1) + 2\cdot(\frac{1}{3})^n u(-n-1)$　非因果，不稳定

3

4. （10 分）如图所示的离散系统，当$h_1(n)=\delta(n-1)$，$h_2(n)=u(n)$，

$H_3(z)=\frac{z}{z-\frac{1}{3}}$，其中$|z|>\frac{1}{3}$。求：



(1) 该系统的单位脉冲响应h(n)；

10

(2) 当系统的激励$x(n)=2\delta(n)+4\delta(n-3)$，系统的输出响应y(n)。

解：(1)

$$h(n)=[-\delta(n)+h_1(n)*h_2(n)]*h_3(n)$$

$$=[-\delta(n)+\delta(n-1)*u(n)]*h_3(n)$$

2

$$=[-\delta(n)+u(n-1)]*h_3(n)$$

$$\xrightarrow{z} H(z)=\left[-1+\frac{z\cdot z^{-1}}{z-1}\right]\cdot\frac{z}{z-\frac{1}{3}}=\frac{z(-z+2)}{(z-1)(z-\frac{1}{3})}$$

$$\frac{H(z)}{z}=\frac{-z+2}{(z-1)(z-\frac{1}{3})}=\frac{\frac{3}{2}}{z-1}+\frac{-\frac{5}{2}}{z-\frac{1}{3}}$$

$$\therefore H(z)=\frac{\frac{3}{2}z}{z-1}+\frac{-\frac{5}{2}z}{z-\frac{1}{3}},\quad |z|>\frac{1}{3}$$

$$\therefore h(n)=\frac{3}{2}u(n)-\frac{5}{2}\cdot\left(\frac{1}{3}\right)^n u(n)$$

(2) $x(n)=2\delta(n)+4\delta(n-3)$

2

$$y(n)=h(n)*x(n)=2\delta(n)*h(n)+4\delta(n-3)*h(n)$$

$$=2h(n)+4h(n-3)$$

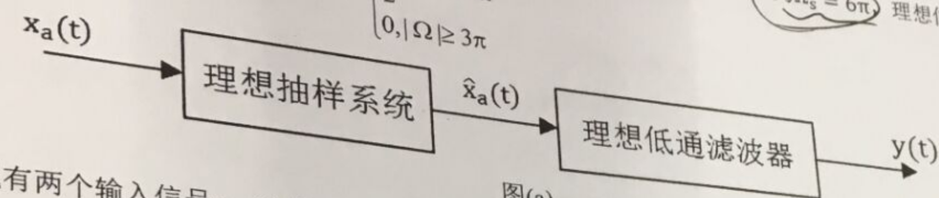
$$=3u(n)-5\cdot\left(\frac{1}{3}\right)^n u(n)+6u(n-3)-10\cdot\left(\frac{1}{3}\right)^{n-3}u(n-3)$$

得分
14

三、课程教学目标 3（共 20 分）

具备对常用信号、线性系统的特性、功能及应用进行分析和理解的基础能力，能够理解滤波器、调制解调系统以及信号的时频特性和基本构成原理，能够针对实际工程问题和应用对象进行方案分析。

1. （12 分）如题图(a)所示的模拟系统，其中理想抽样系统的抽样频率为$\Omega_s = 6\pi$，理想低通滤波器的系统函数为 $H(j\Omega)=\begin{cases}\frac{1}{2}, |\Omega|< 3\pi \\ 0, |\Omega|\geq 3\pi\end{cases}$



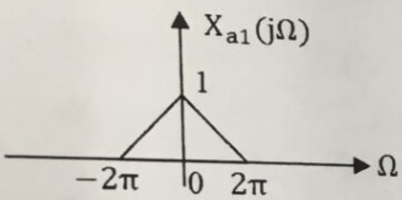
图(a)

现有两个输入信号$x_{a1}(t)$的幅频$X_{a1}(j\Omega)$如图(b)，$x_{a2}(t)$的幅频$X_{a2}(j\Omega)$如图(c)所示，

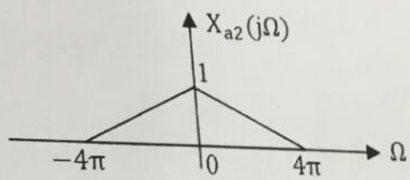
(1) 分别画出$x_{a1}(t)$和$x_{a2}(t)$经过理想抽样系统后得到$\hat{x}_{a1}(t)$和$\hat{x}_{a2}(t)$的幅频特性图；

(2) 分别画出$\hat{x}_{a1}(t)$和$\hat{x}_{a2}(t)$经过理想低通滤波器后得到$y_1(t)$和$y_2(t)$的幅频特性图；

(3) 输出信号$y_1(t)$、$y_2(t)$有无失真？为什么？



图(b)

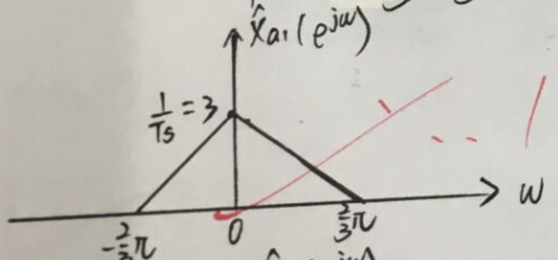


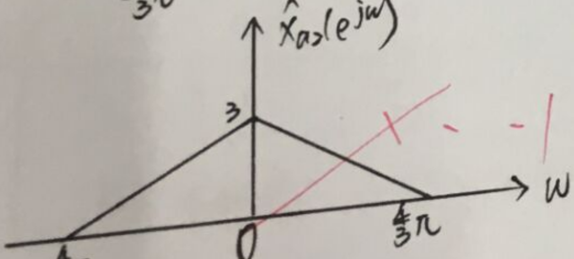
图(c)

解：(1) $T_s = \frac{2\pi}{\Omega_s} = \frac{1}{3}$

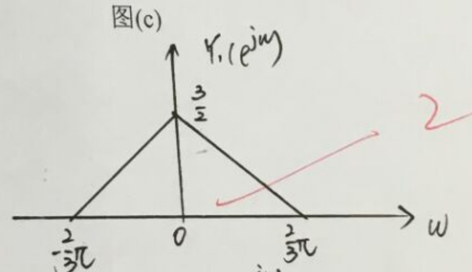
$w_{c1} = \Omega_{c1} T_s = 2\pi \times \frac{1}{3} = \frac{2}{3}\pi$

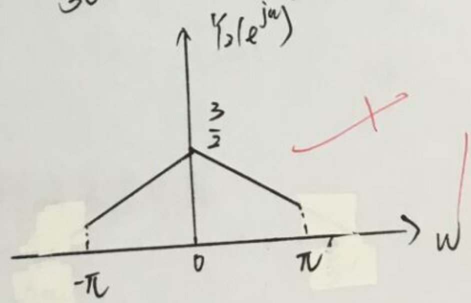
$w_{c2} = \Omega_{c2} T_s = 4\pi \times \frac{1}{3} = \frac{4}{3}\pi$





(2)





(3) $f_s = 3$，$f_{c1} = \frac{w_{c1}}{2\pi} = \frac{\frac{2}{3}\pi}{2\pi} = \frac{1}{3}$，$y_1(t)$无失真，因为满足 $f_s \geq 2f_c$，且频带在低通滤波器频带内 2

$y_2(t)$ 会失真，因为~~满足 $f_s \geq 2f_c$~~ 不在低通滤波内 2

得分
6

四．课程教学目标 4（共 10 分）

具备对数字信号处理的分析能力，能运用基本原理、数理工具和工程方法，完成电子通信领域相关的复杂工程问题与系统设计中单元与环节的正确表达。

1. 已知一离散系统的输入为x(n)，输出为y(n)，其差分方程为：

$$y(n) + 0.81y(n-2) = x(n) - 0.64x(n-2)$$

6

(1) 计算系统函数H(z)，画出零点、极点分布图；

(2) 写出系统的频率响应$H(e^{j\omega})$，画出$0 \le \omega \le 2\pi$其幅度响应频谱，判断此系统具有何种滤波特性；

(3) 判断该系统是否稳定？

(4) 画出该系统的结构框图。

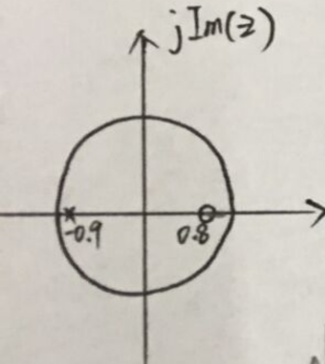
解：(1) 等式两边取z变换

$$Y(z) + 0.81 z^{-2} \cdot Y(z) = X(z) - 0.64 \cdot z^{-2} \cdot X(z)$$

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1-0.64z^{-2}}{1+0.81z^{-2}} = \frac{z^2-0.64}{z^2+0.81} = \frac{(z-0.8)^2}{(z+0.9)^2}$$

2

零点：z=0.8 ；极点 z=-0.9

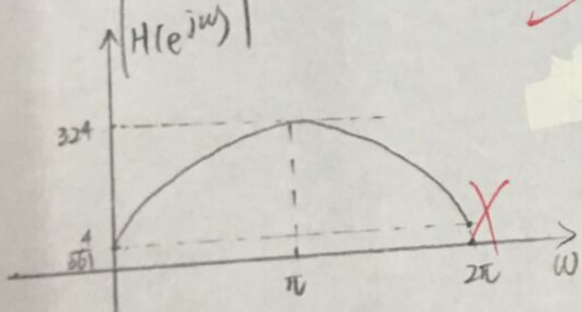


(2) $H(e^{j\omega}) = \dfrac{e^{j2\omega}-0.64}{e^{j2\omega}+0.81}$

$$|H| = \frac{B_1B_2}{A_1A_2} = \frac{B^2}{A^2}$$

$2\omega=0$，$|H| = \dfrac{0.2^2}{1.9^2} = \dfrac{4}{361}$

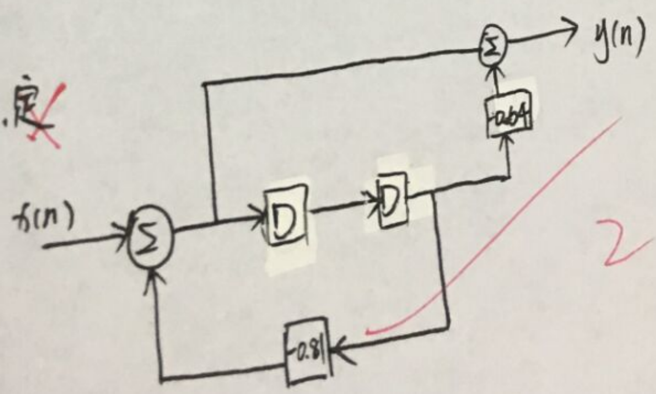
$\omega=\pi$，$|H| = \dfrac{1.8^2}{0.1^2} = 324$



∴具有高通滤波特性

(3) 不稳定

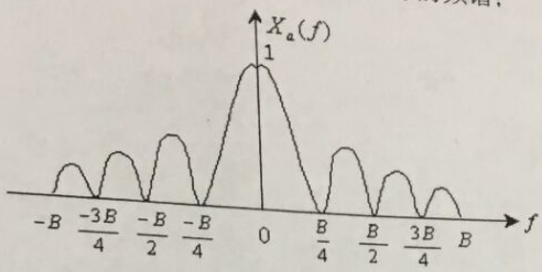
(4)



2

2. （8 分）一理想的低通滤波器$|H(e^{j\omega})| = \begin{cases} 1, & |\omega| < \frac{\pi}{4} \\ 0, & |\omega| > \frac{\pi}{4} \end{cases}$，

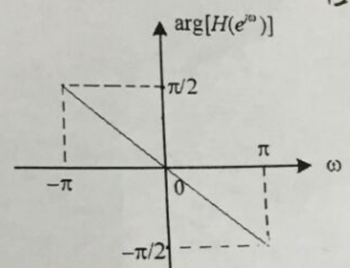
（1）若模拟信号 $x_a(t)$ 的频谱为 $X_a(f)$，如图(a)所示，在 $B=100Hz$，$f_s=400Hz$ 情况下，画出该信号经采样后输入到该低通滤波器的输出信号的频谱；



图(a)

5

（2）若该低通滤波器的相位响应如图(b)所示，当该系统输入为$x(n) = cos\left(\frac{1}{8}\pi n + \frac{\pi}{4}\right)$时，求系统的输出 $y(n)$。



图(b)

(2) $x(n) = \cos\left(\frac{1}{8}\pi n + \frac{\pi}{4}\right)$

$= \frac{\sqrt{2}}{2}\cos\left(\frac{\pi}{8}n\right) - \frac{\sqrt{2}}{2}\sin\left(\frac{\pi}{8}n\right)$

$\xrightarrow{Z} X(e^{j\omega}) = \frac{\sqrt{2}}{2}\pi\left[\delta(\omega+\frac{\pi}{8}) + \delta(\omega-\frac{\pi}{8})\right]$

$- \frac{\sqrt{2}\pi}{2j}\left[\delta(\omega+\frac{\pi}{8}) - \delta(\omega-\frac{\pi}{8})\right]$

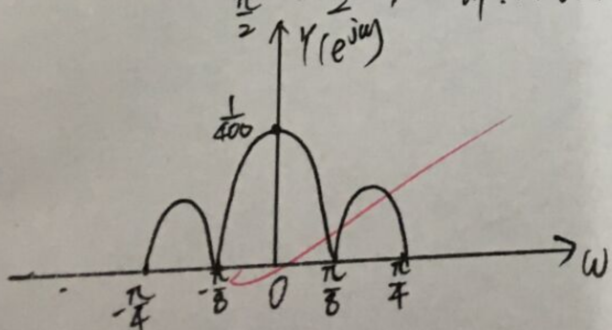
$H(e^{j\omega}) = |H(e^{j\omega})| \cdot \phi$?

解：(1) $\Omega_c = 2\pi B = 2\pi \times 100 = 200\pi$

$\omega_c = \Omega_c T_s = \frac{200\pi}{400} = \frac{\pi}{2}$

2

$\frac{\frac{\pi}{4}}{\frac{\pi}{2}} = \frac{1}{2}$，即：只可通过 $\frac{1}{2}$ 的部分



2