

# 深圳大学实验报告

课程名称： 医学数字信号处理

实验项目名称： 采样与模拟信号重建

学院： 医学院

专业： 生物医学工程

指导教师： 刁现芬

报告人： 陈焕鑫 学号： 2016222042 班级： 生工2班

实验时间： 2018.10.11

实验报告提交时间： 2018.10.26

教务部制

实验目的与要求：

1. 验证教材上的例子3.21, 3.22, 即对信号  $x_a(t) = \exp(-1000\text{abs}(t))$  进行等间隔采样, 在Matlab环境下, 编写采样间隔分别设置为0.0002s和0.001s两种情况下的模拟信号采样与重建程序代码。要求将模拟信号、样本、重建信号绘制在一幅图上进行对比分析。
2. 仿照以上两个例子, 编写一个频率为 100Hz 的正弦信号的采样与重建程序。可以选择正弦信号的一个周期上的样本, 采样频率分别设置为 800Hz 400Hz 200Hz。

方法、步骤：

- 1、首先, 先定义 Ts, 方便我们在后面对采样率随时进行修改。以 0.00005 为间隔从 -0.005 到 0.005 为向量 t, 实现模拟信号 xa, 然后以 0.001 位采样间隔, -0.005/Ts 到 0.005/Ts 为向量采集样本。重建信号的 MATLAB 代码实现如下所示:  

```
xre = x * sinc(Fs * (ones(length(n), 1) * t - nTs' * ones(1, length(t))));
```

该行代码将采样到的信号重建, 存入 xre 中。最后, 将三个图像放在同一个图表上进行比较分析。
- 2、与题目一相同, 只是我们把信号修改为频率为 100Hz 的正弦信号。xa 的 MATLAB 代码实现如下所示:  

```
xa = sin(2 * pi * f * t);
```

其中, t 为从 0 到 0.02, 以 0.00001 为间隔的向量。最后把三幅图像画到同一个图表中, 对图像进行分析处理。

实验过程及内容:

1、题目一的代码如下所示:

(1) 在采样间隔为 0.0002s 时的程序如下:

```
clc; close all; clear;
Ts = 0.0002;
%模拟信号
Dt = 0.00005;
t = -0.005:Dt:0.005;
xa = exp(-1000 * abs(t));
%样本
n = -(0.005/Ts):1:(0.005/Ts);
nTs = n * Ts;
x = exp(-1000 * abs(nTs));
%重建信号
Fs = 1/Ts;
xre = x * sinc(Fs * (ones(length(n), 1) * t - nTs' * ones(1,
length(t)))));
%画图
plot(t*1000,xa,'color','b');
xlabel('t in msec. ');
ylabel('x(n) ');
title('Analog signal,sampling and reconstruction');
hold on
stem(nTs*1000,x);
plot(t*1000,xre,'--','color','r');
legend('Original Signal','Sample','Reconstructon signal');
if Ts == 0.001
    gtext('Ts = 1msec');
elseif Ts == 0.0002
    gtext('Ts = 0.2msec');
end
```

运行程序,得到的结果如图 1-1 所示:

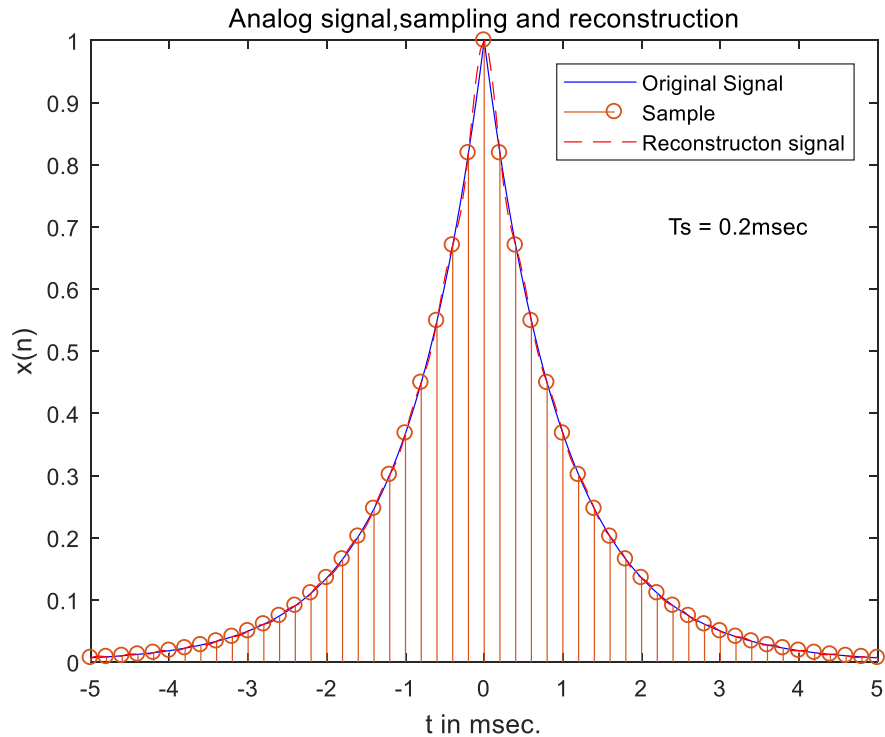


图 1-1

(2) 在采样间隔为 0.001s 时，程序如下：

```
clc; close all; clear;
Ts = 0.001;
%模拟信号
Dt = 0.00005;
t = -0.005:Dt:0.005;
xa = exp(-1000 * abs(t));
%样本
n = -(0.005/Ts):1:(0.005/Ts);
nTs = n * Ts;
x = exp(-1000 * abs(nTs));
%重建信号
Fs = 1/Ts;
xre = x * sinc(Fs * (ones(length(n), 1) * t - nTs' * ones(1,
length(t)))));
%画图
plot(t*1000,xa,'color','b');
xlabel('t in msec. ');
ylabel('x(n) ');
title('Analog signal,sampling and reconstruction');
hold on
stem(nTs*1000,x);
plot(t*1000,xre,'--','color','r');
legend('Original Signal','Sample','Reconstructon signal');
```

```

if Ts == 0.001
    gtext('Ts = 1msec');
elseif Ts == 0.0002
    gtext('Ts = 0.2msec');
end

```

运行程序结果如图 1-2 所示：

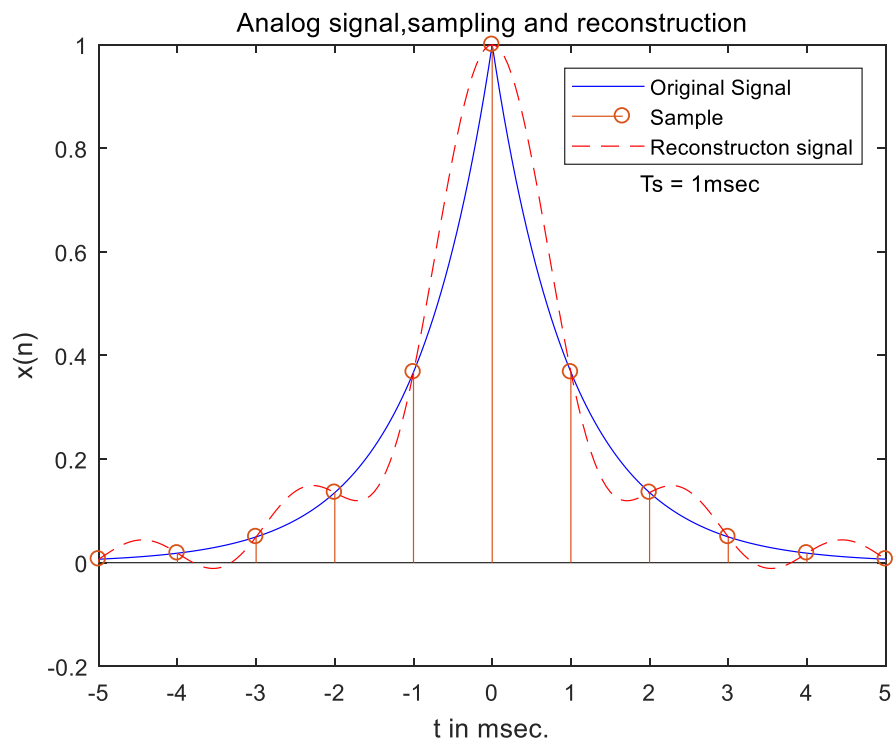


图 1-2

3、题目二的代码如下所示：

(1) 当采样频率为 800Hz 时

```

clc;clear;close all;
Fs = 800;
Ts = 1/Fs;
%模拟信号
f = 100;
t=0:0.00001:0.02;
xa=sin(2 * pi * f * t);
% subplot(311)
% plot(t,xa,'r');
%采样
n = 0:1:0.02/Ts;
nTs = n* Ts;
x=sin(2 * pi * f * nTs);
% subplot(312)

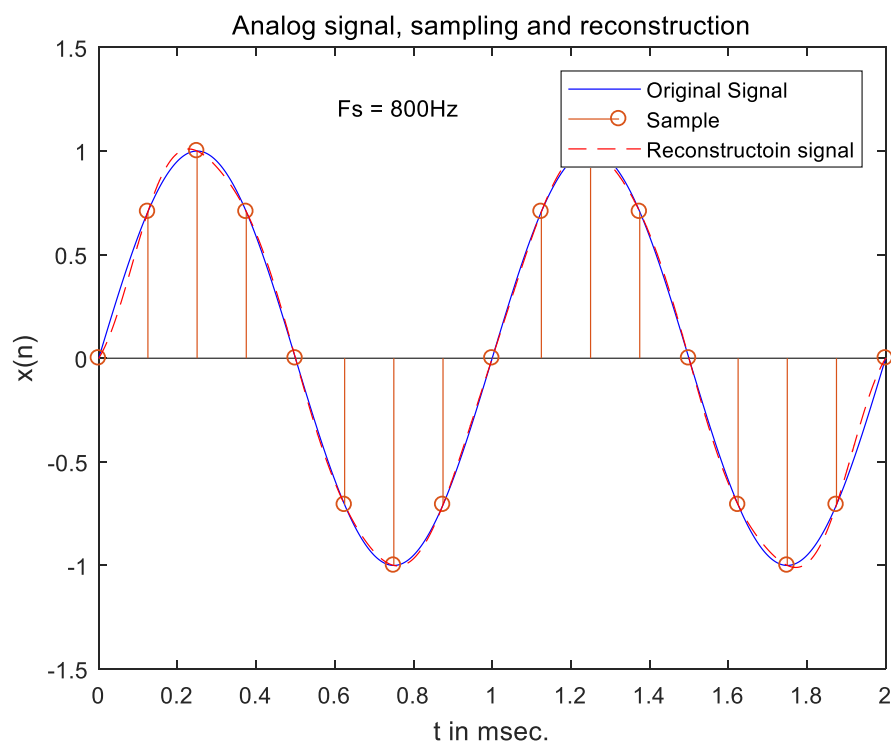
```

```

% stem(nTs,x);
%重建信号
Fs = 1/Ts;
xre = x*sinc(Fs*(ones(length(n),1)*t - nTs'*ones(1,
length(t)))));
% subplot(313);
% plot(t,xre)
% axis([0 0.01 -1 1]);
plot(t*100, xa, 'color','b');
xlabel('t in msec. ');
ylabel('x(n)');
title('Analog signal, sampling and reconstruction');
hold on
stem(nTs*100, x);
plot(t*100, xre, '--', 'color','r');
legend('Original Signal','Sample','Reconstructoin signal');
if Ts == 0.001
    gtext('Ts = 1msec');
elseif Ts == 0.0002
    gtext('Ts = 0.2msec');
end
end

```

运行程序结果如图 2-1 所示：



(2) 当采样频率为 400Hz 时

```
clc;clear;close all;
```

```

Fs = 200;
Ts = 1/Fs;
%模拟信号
f = 100;
t=0:0.00001:0.02;
xa=sin(2 * pi * f * t);
% subplot(311)
% plot(t,xa,'r');
%采样
n = 0:1:0.02/Ts;
nTs = n* Ts;
x=sin(2 * pi * f * nTs);
% subplot(312)
% stem(nTs,x);
%重建信号
Fs = 1/Ts;
xre = x* sinc(Fs * (ones(length(n), 1) * t - nTs' * ones(1,
length(t))));
% subplot(313);
% plot(t,xre)
% axis([0 0.01 -1 1]);
plot(t * 100, xa , 'color','b' );
xlabel('t in msec. ');
ylabel('x(n) ');
title('Analog signal, sampling and reconstruction');
hold on
stem(nTs*100, x);
plot(t * 100, xre,'--','color','r');
legend('Original Signal','Sample','Reconstructoin signal');
if Ts == 0.001
    gtext('Ts = 1msec');
elseif Ts == 0.0002
    gtext('Ts = 0.2msec');
end

```

运行程序结果如图 2-2 所示:

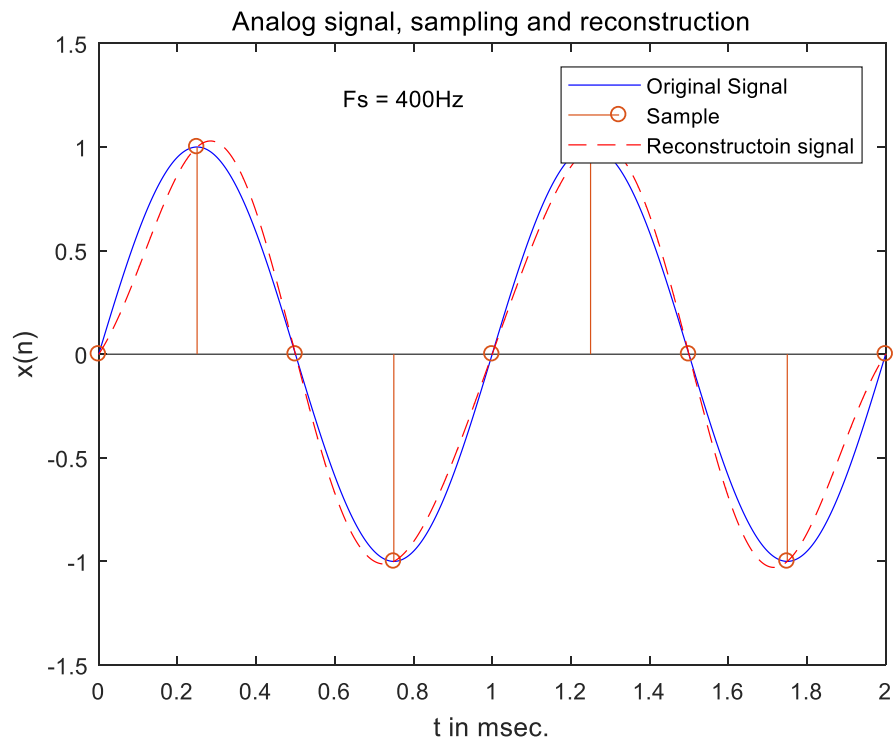


图 2-2

(3) 当采样频率为 200Hz 时

```
clc;clear;close all;
Fs = 200;
Ts = 1/Fs;
%模拟信号
f = 100;
t=0:0.00001:0.02;
xa=sin(2 * pi * f * t);
% subplot(311)
% plot(t,xa,'r');
%采样
n = 0:1:0.02/Ts;
nTs = n* Ts;
x=sin(2 * pi * f * nTs);
% subplot(312)
% stem(nTs,x);
%重建信号
Fs = 1/Ts;
xre = x* sinc(Fs * (ones(length(n), 1) * t - nTs' * ones(1,
length(t)))));
% subplot(313);
% plot(t,xre)
% axis([0 0.01 -1 1]);
```



```

plot(t * 100, xa, 'color','b' );
xlabel('t in msec. ');
ylabel('x(n) ');
title('Analog signal, sampling and reconstruction');
hold on
stem(nTs*100, x);
plot(t * 100, xre, '--', 'color','r');
legend('Original Signal','Sample','Reconstructoin signal');
if Ts == 0.001
    gtext('Ts = 1msec');
elseif Ts == 0.0002
    gtext('Ts = 0.2msec');
end

```

运行程序结果如图 2-3 所示：

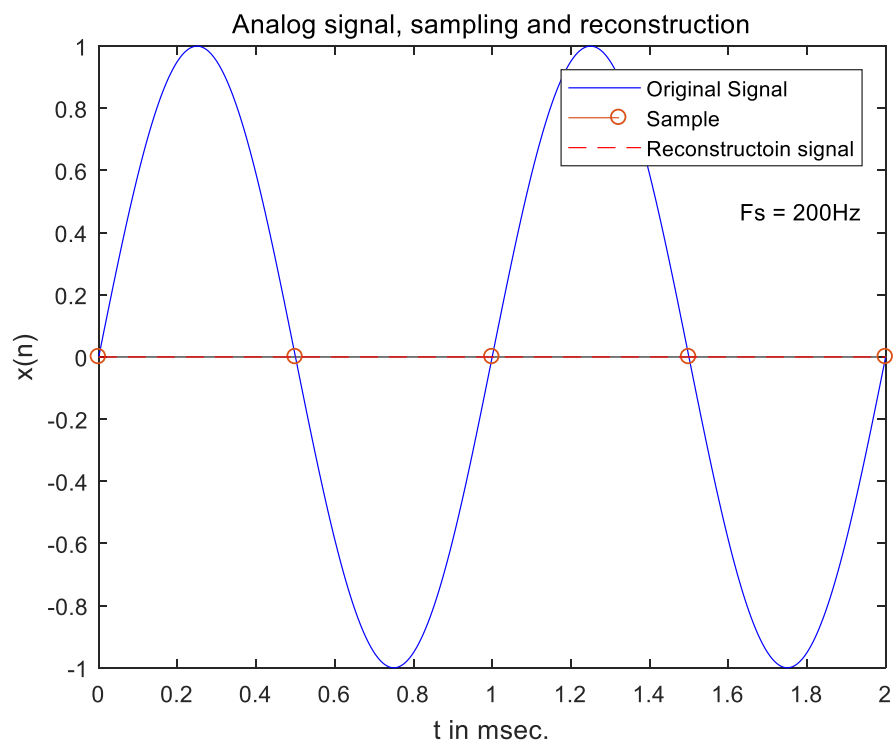


图 2-3

实验结论：

1、分析题目一得到的图像可以知道，当以 0.0002s 的频率采样时，用得到的采样数据进行重建得到的重建信号与原始信号非常的吻合，而已 0.001s 的频率采样得到的采样数据进行重建，得到的重建结果与原始信号相比，会有明显的误差。由此可以看出，采样率越高，重建得到的信号还原效果更好。

2、理论上，对频率为 100Hz 的周期正弦信号，以 200Hz 的频率进行采样，在信号的每个周期内只能采集到两个信号点，每个周期内仅凭两个是不能还原出原始信号的。从实验的结果也可以得到验证：重建出来的信号是一条直线。而以 400Hz 的频率进行采样得到的信号存在较大的误差。而以 800Hz 的频率进行采样得到的信号重建之后与原始基本很大程度上吻合。因此，采样的频率越高，重建得到的效果越好。

指导教师批阅意见：

成绩评定：

指导教师签字：

年 月 日

备注：

注：1、报告内的项目或内容设置，可根据实际情况加以调整和补充。

2、教师批改学生实验报告时间应在学生提交实验报告时间后 10 日内。

