



计算机与控制工程学院

《信号与系统》课程实验报告

系 (所) : 自动化, 学号: 2313672 姓名: 王一博

系 (所) : 自动化, 学号: 2312566 姓名: 生士博

系 (所) : 自动化, 学号: 2313770 姓名: 刘何祥

实验名称: 采样定理

实验台号: 20 实验地点: 实验楼 B301

实验日期: 2025 年 1 月 6 日

一、 实验目的:

1. 了解模拟信号的采样方法、过程及信号恢复的方法
2. 验证采样定理

二、 实验仪器:**三、**

名称类别	规格/型号	数量	备注
示波器	/	1	
直流稳压电源	/	1	
信号发生器	/	1	
采样电路模块	/	1	

四、实验原理：

1. 离散时间信号可以是按一定时间间隔输出的数的序列，也可以由连续时间信号采样得到，采样信号 $f_s(t) = f(t) \cdot S(t)$ ，其中 $f(t)$ 为连续时间信号， $S(t)$ 是一组周期性窄脉冲，称为采样脉冲序列，如图 11-1 所示，其中 T_s 为采样周期，其倒数 $f_s = 1/T_s$ 称为采样频率。对 $S(t)$ 进行傅里叶分析， $S(t)$ 的频率成分为它的基波频率 f_s 及其各次谐波频率 $2f_s, 3f_s, 4f_s, \dots$

$$a_m = \frac{1}{T} \int_{-\tau/2}^{\tau/2} 1 e^{-jm\omega_s t} dt = \frac{\tau}{T} S_a(m\omega_s \tau/2)$$

$$S(t) = \frac{\tau}{T} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} S_a(m\omega_s \tau/2) e^{-jm\omega_s t}$$

$$\text{其中 } S_a(x) = \sin(x) / x$$

可见各次谐波信号的幅度按 $S_a(m\omega_s \tau/2)$ 规律衰减，而采样信号 $f_s(t)$ 的频谱 $F_s(j\omega)$ 是原信号 $f(t)$ 的频谱 $F(j\omega)$ 的周期延拓，延拓的周期为 $\omega_s = 2\pi f_s$ ，所以 $F_s(j\omega)$ 的频带比原信号频谱宽得多。 $F_s(j\omega)$ 与 $F(j\omega)$ 频谱关系如图 11-2 所示。

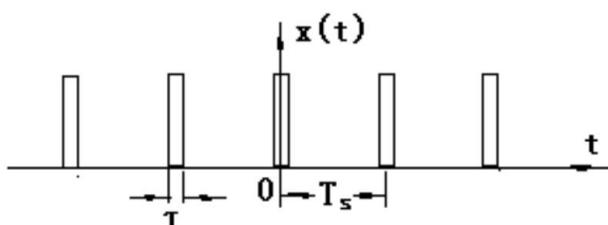


图 11-1 采样脉冲序列

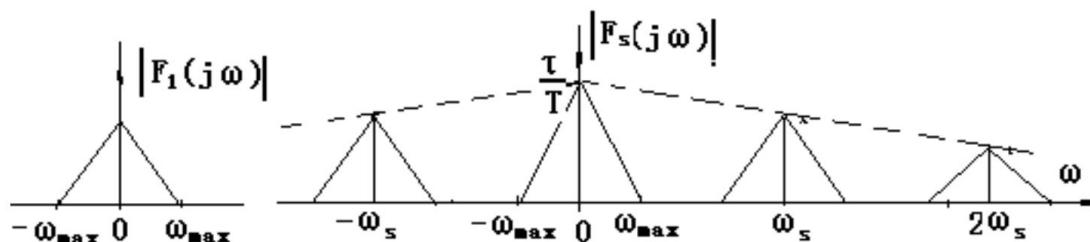


图 11-2 模拟信号及其采样信号频谱

2. 要使原信号能不失真的恢复的条件是采样频率 $f_s > 2f_{\max}$ (为原信号的最高频率成分), 当 $f_s < 2f_{\max}$ 时, 采样信号的频谱会发生混迭, 在发生混迭后频谱中无法不失真地恢复原信号, 图 11-3 画出 $f_s > 2f_{\max}$ 和 $f_s < 2f_{\max}$ 两种情况下理想采样信号的频谱



2. 要使原信号能不失真的恢复的条件是采样频率 $f_s > 2f_{\max}$ (为原信号的最高频率成分), 当 $f_s < 2f_{\max}$ 时, 采样信号的频谱会发生混迭, 在发生混迭后频谱中无法不失真地恢复原信号, 图 11-3 画出 $f_s > 2f_{\max}$ 和 $f_s < 2f_{\max}$ 两种情况下理想采样信号的频谱



图11-3 (a) 连续时间信号及其频谱

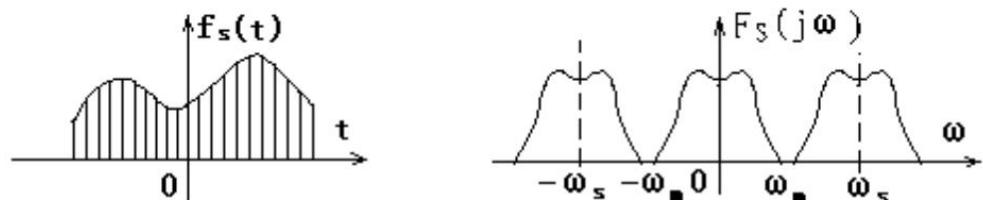


图11-3 (b) 采样信号及其频谱 ($f_s > 2f_{\max}$)

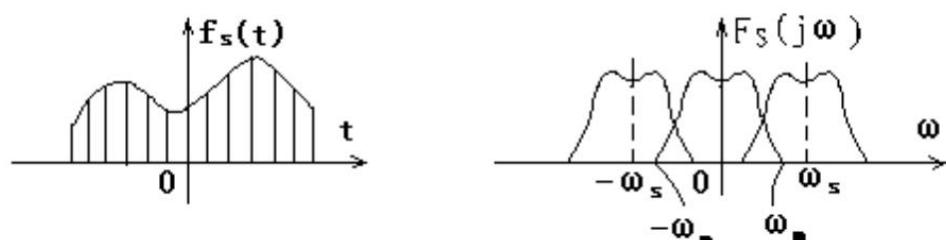


图11-3 (c) 采样信号及其频谱 ($f_s < 2f_{\max}$)

实验中选用 $f_s < 2f_{\max}$, $f_s = 2f_{\max}$, $f_s > 2f_{\max}$ 三种采样频率, 对连续时间信号采样来验证采样定理。

3. 为了对连续信号的采样，并对采样信号的恢复，可用实验原理框图 11-4 实现。

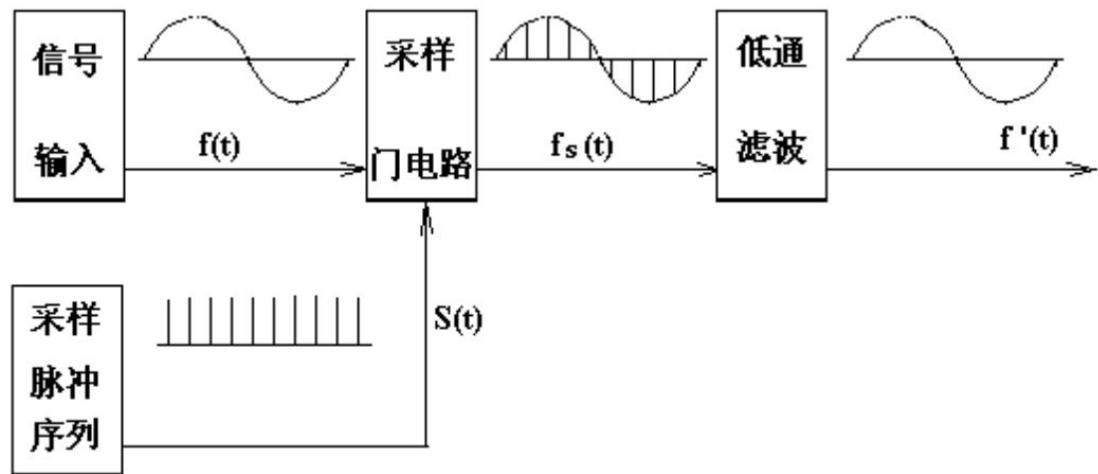


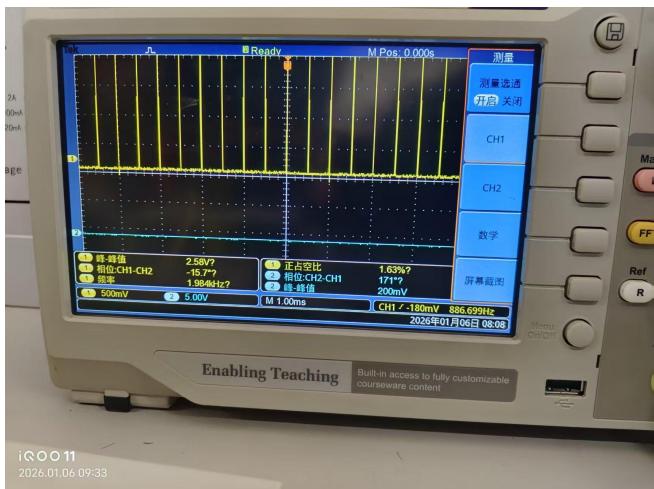
图11-4 采样定理实验框图

五、 实验内容及步骤:

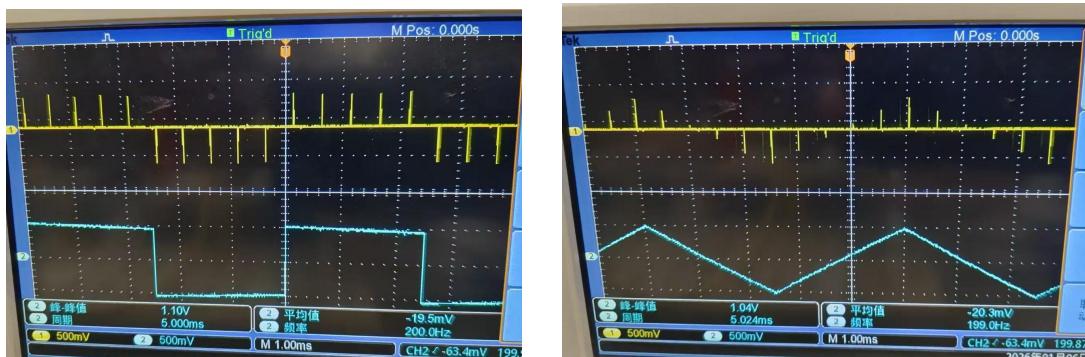
- 1、用示波器观察采样脉冲，调节信号使其频率为 2kHz，并令占空比尽可能小
- 2、将 200Hz 的三角波和方波信号输入采样模块，观察采样后信号
- 3、改变采样频率 $f_s > 2f_{max}$, $f_s = 2f_{max}$, $f_s < 2f_{max}$, 观察复原后信号的失真情况，验证采样定理
- 4、将 50Hz，幅值 0.5V 的正弦波输入采样模块，观察采样后信号，再观察复原后信号

六、 实验结果：（包括曲线、图形、测量数据表格）

1、用示波器观察采样脉冲，调节信号使其频率为 2kHz，并令占空比尽可能小，得到下图所示采样脉冲。

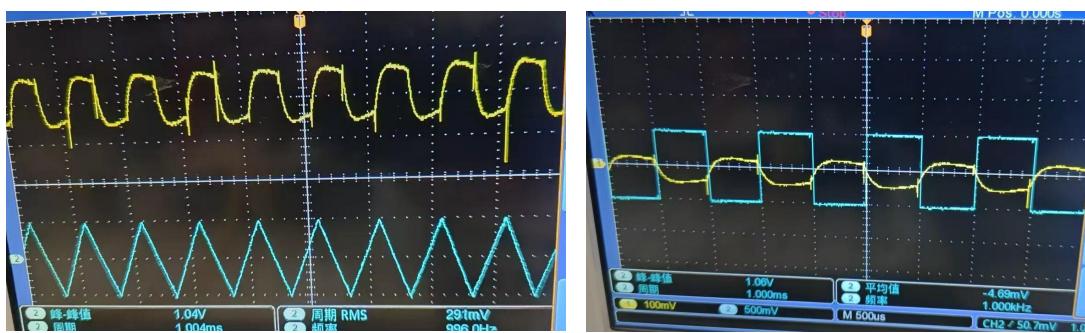
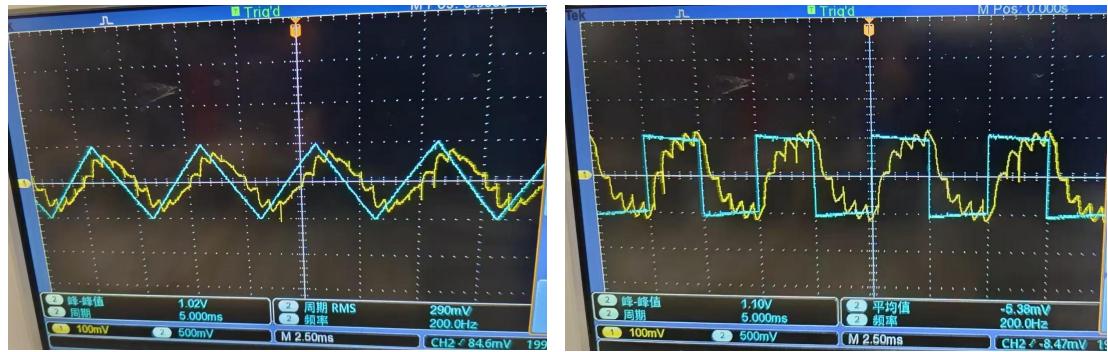


2、将 200Hz 的三角波和方波信号输入采样模块，观察采样后信号，如下图所示。

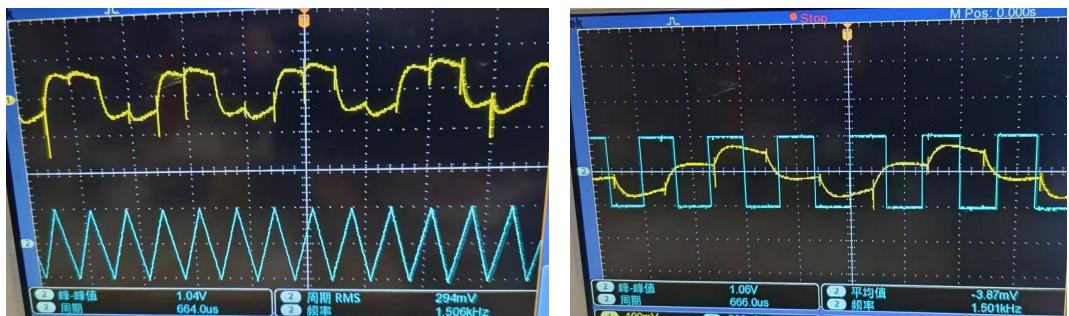


3、改变采样频率 $f_s > 2f_{max}$, $f_s = 2f_{max}$, $f_s < 2f_{max}$, 观察复原后信号的失真情况，验证采样定理。

采样频率大于两倍信号频率时，可以较好的复原信号

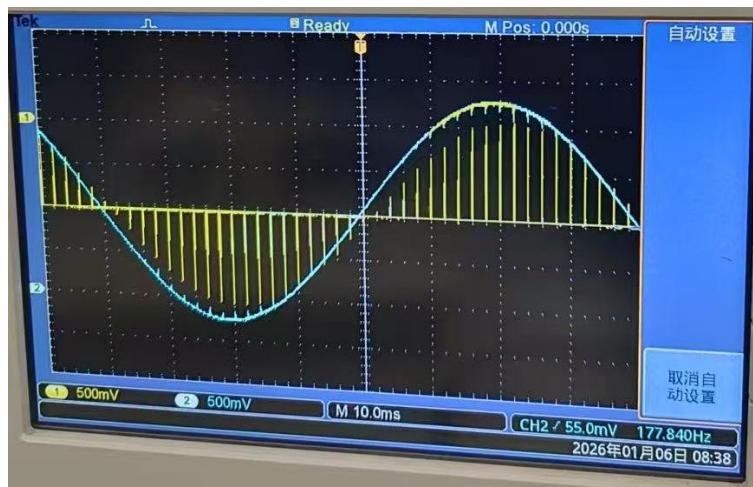


采样频率小于两倍信号频率时，复原信号严重失真

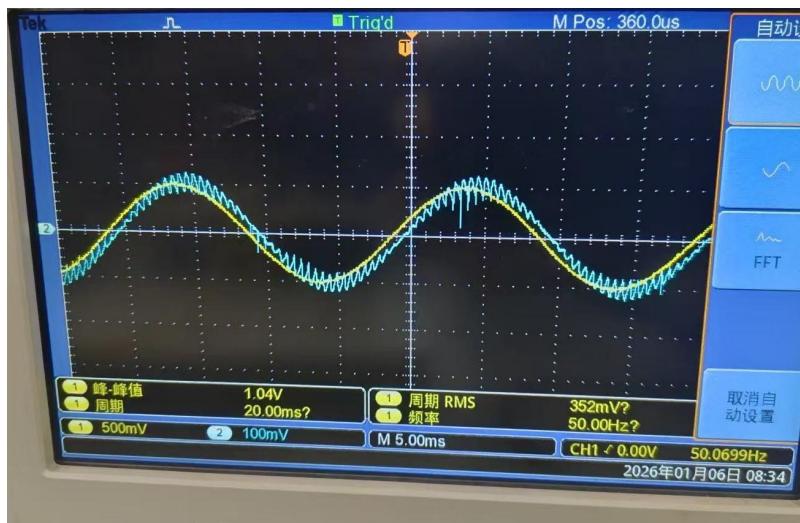


4、将 50Hz，幅值 0.5V 的正弦波输入采样模块，观察采样后信号，再观察复原后信号

采样后信号如下图所示



复原后信号如下图所示



七、 试验思考题:

本次实验通过对不同类型信号的采样与恢复测试，充分验证了采样定理的核心规律：当采样频率大于被采样信号的最高频率成份 f_{max} 的 2 倍时，采样后的信号可通过低通滤波不失真地恢复原信号；若 $f_s \leq 2f_{max}$ ，则会发生频谱混叠，导致原信号无法准确复原。