



哈尔滨工业大学（深圳）
Harbin Institute of Technology, Shenzhen

实验报告

课程名称： 自动控制理论
学生姓名： 李明航
学生学号： 190320229
学生专业： 自动化
开课学期： 2021年秋
报告时间： 2021.12.1
指导教师： _____

实验与创新实践教育中心

学生实验守则

实验时应保证人身安全，设备安全，爱护国家财产，培养科学作风。为此，在本实验室应遵守以下守则：

1. 实验室是教学实验及科学研究的重要基地，学生在实验室进行教学实验和科学研究必须遵守校、院（系、所）制定的实验室有关的规章制度。
2. 教学实验是学生进行专业学习的重要组成部分，通过教学实验逐步树立辩证唯物主义世界观，培养求实严谨的科学态度，提高分析问题和解决问题的能力。因此每位同学要充分重视教学实验，认真做好实验。
3. 严守纪律，按时开始实验。
4. 严禁带电拆线、接线。
5. 非本次实验用的设备器材，未经指导教师许可不得动用。
6. 若自己增加实验内容，须事先征得指导教师同意。
7. 注意实验安全，爱护实验器材，使用仪器设备时要严格遵守操作规程，仪器发生故障，要立即报告指导教师。损坏、丢失仪器设备要及时报告，按学校的有关管理办法处理。
8. 实验过程中，要精心操作，细心观察实验现象，认真记录各项测试数据，独立分析，原始实验记录要真实完整。
9. 树立良好学风，保持实验室肃静，禁止喧哗和随意走动。
10. 保持实验室整洁，实验室内不得吸烟，不准随地吐痰及乱扔纸屑和杂物，实验台上严禁放水杯、矿泉水、书包、衣物等与实验无关的物品。
11. 实验完毕，认真清理实验器材，将仪器回复原状，搞好室内卫生。必须将设备电源关闭，整理好桌椅后征得指导教师同意方可离开实验室。
12. 独立完成实验报告，并按时上交指导教师批阅。

实验二 系统的稳定性分析实验

一、实验目的

1. 熟悉 Routh 判据, 用 Routh 判据对三阶系统进行稳定性分析,
2. 掌握香农定理, 了解信号的采样保持与采样周期的关系.
3. 掌握采样周期对采样系统稳定性的影响.

二、实验设备及元器件

1. PC机一台
 2. NI ELVIS III 一台
 3. "Circuits Control Board -1"
 4. "Circuits Control Board -2"
 5. 导线 14 根
- ### 三、实验原理

(简述实验原理, 画出模拟电路图)

1. 典型的三阶系统稳定性分析.

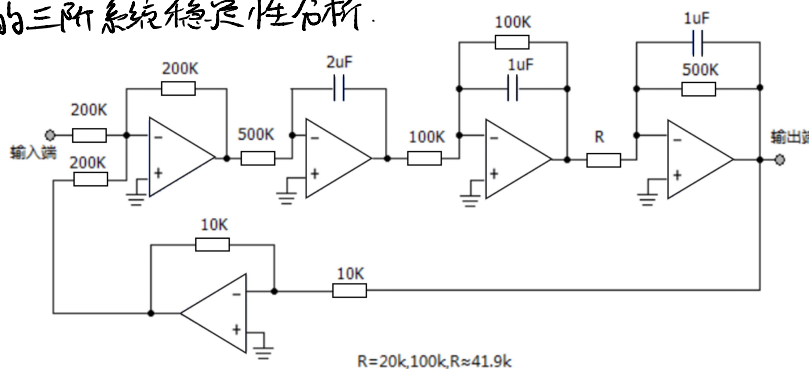


图 3-2 三阶系统模拟电路图

系统方框图:

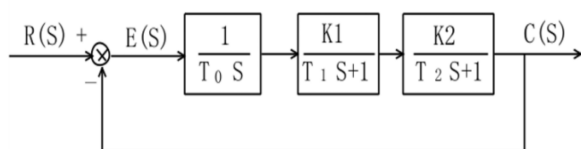


图 3-1 三阶系统方框图

系统开环传递函数:

$$G(s) \cdot H(s) = \frac{500}{R} \frac{1}{s(0.1s+1)(0.5s+1)}$$

开环增益 $k = \frac{500}{R}$

系统特征方程:

$$1 + G(s)H(s) = 0 \Rightarrow s^3 + 12s^2 + 20s + 20k = 0$$

2. 信号的采样保持.

模拟电路图:

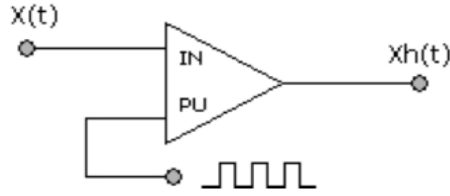


图 3-5 采样保持电路模拟电路图

原理:

香农采样定理指出, 离散信号 $x^*(t)$ 可以完美地复原为连续信号条件为:

$$\omega_s \geq 2\omega_{max}$$

其中 ω_s 为角频率, $\omega_s = \frac{2\pi}{T}$ (T 为采样周期); ω_{max} 为信号 $x(t)$ 连续频谱 $|X(j\omega)|$ 中的最大角频率.

3. 闭环采样控制系统.

模拟电路图:

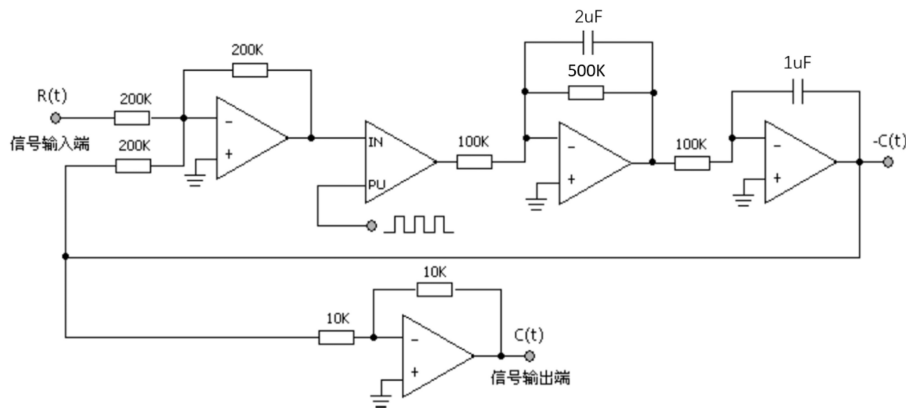


图 3-7 闭环采样系统模拟电路图

系统方框图:

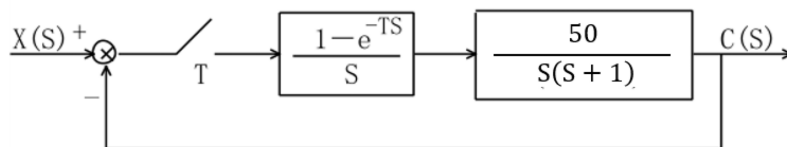


图 3-6 闭环采样系统方框图

传递函数:

$$G(s) = \frac{50}{s(s+1)}$$

四、实验过程与实验数据

（简述实验过程的步骤和方法，粘贴并打印实验数据结果图）

1. 启动计算机，并检查ELVIS IIL的USB线是否连接到电脑。
2. 将板子插入ELVIS IIL的插槽中。
3. 打开ELVIS IIL的电源。
4. 打开板子电源开关。
5. 确认ELVIS IIL能够识别并显示板子信息。
6. 运行不同程序，进行实验并记录数据。

五、实验数据分析

（按指导书的要求完成对实验数据的分析处理与比较，并对实验结果做出判断）

1. 典型环节稳定性分析

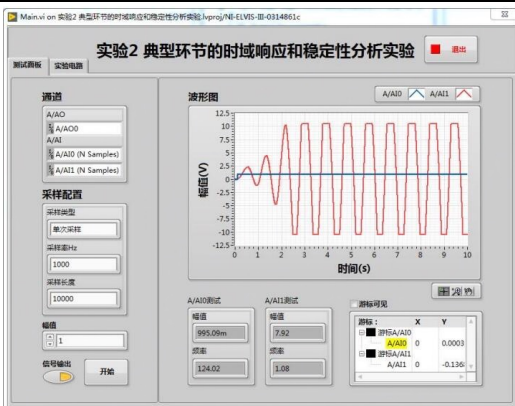
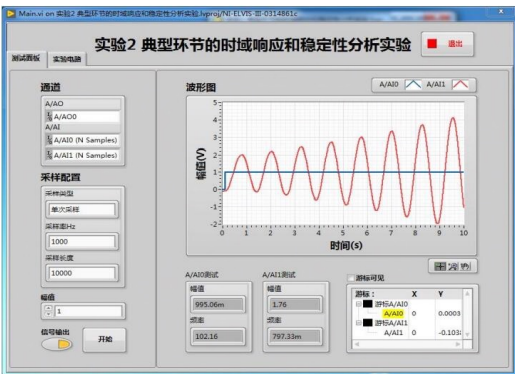
(1) 由 Routh 判据得到 Routh 行列式为：

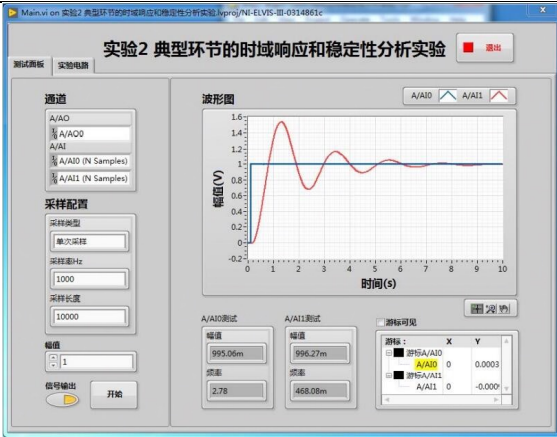
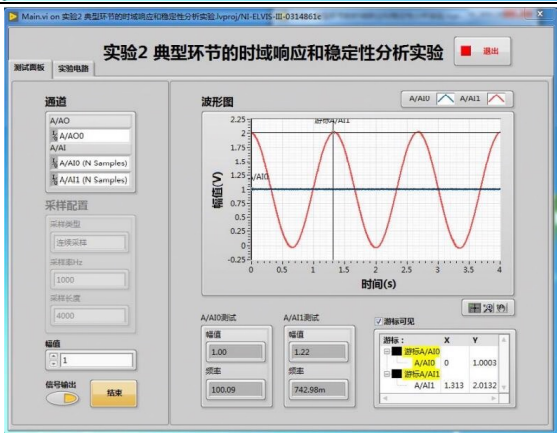
s^3	1	20
s^2	12	20K
s^1	$20 - \frac{5}{3}K$	0
s^0	20K	0

$0 < K < 12$	$R > \frac{12}{5}K$	系统稳定
$K = 12$	$R = \frac{12}{5}K$	系统临界稳定
$K > 12$	$R < \frac{12}{5}K$	系统不稳定

(2) 将典型三阶系统在不同开环增益下的响应情况实验测量值填入下表

典型三阶系统在不同开环增益下的响应情况实验结果参考值

R(KΩ)	系统响应曲线	开环增益 K	稳定性
10		50	不稳定
30		16.7	不稳定

<p>100</p>		<p>5</p>	<p>稳定</p>
<p>$R = \frac{1}{37.313}$</p>		<p>13.4</p>	<p>临界稳定</p>

2. 离散系统的稳定性分析

(1) 信号的采样保持

- a) 当输入角频率为 $\omega = 2\pi \times 5$ 的正弦波，将采样后离散信号 $X^*(t)$ 能够复原为连续信号的条件填入表 1 中。

表 1 信号采样保持条件

采样角频率 ω_s	20π
采样周期 T_s	$100ms$

- b) 将采样周期 T_s 分别取 3ms、30ms 的响应曲线填入表 2 中。

表 2 采样保持电路响应曲线

$T_s = 3ms$	
$T_s = 30ms$	

(2) 离散系统的稳定性分析

- a) 根据图 3-6 的闭环采样系统方框图，计算闭环系统的开环脉冲传递函数、闭环脉冲传递函数，并计算系统处于临界等幅状态时 T 的值。

开环脉冲传递函数：

$$G(z) = (1-z^{-1}) \cdot z \left\{ \frac{50}{s^2(s+1)} \right\} = 50 \cdot \frac{T(z-e^{-T}) + (z-1) \cdot (e^{-T}-1)}{(z-1)(z-e^{-T})}$$

闭环脉冲传递函数：

$$\phi(z) = \frac{50T [(z-e^{-T}) + (z-1)e^{-T}-1]}{(z-1)(z-e^{-T}) + 50T [(z-e^{-T}) + (z-1)e^{-T}-1]}$$

$D(z) = \text{分母}$

令 $z = \frac{w+1}{w-1}$ ，代入，得：

$$(50T - 50Te^{-T})\omega^2 + (100Te^{-T} + 98e^{-T} - 98)\omega + (102 - 98e^{-T} - 50T - 50Te^{-T}) = 0$$

列Routh表:

$$\omega^2 \quad 50T - 50Te^{-T} \quad 102 - 98e^{-T} - 50T - 50Te^{-T}$$

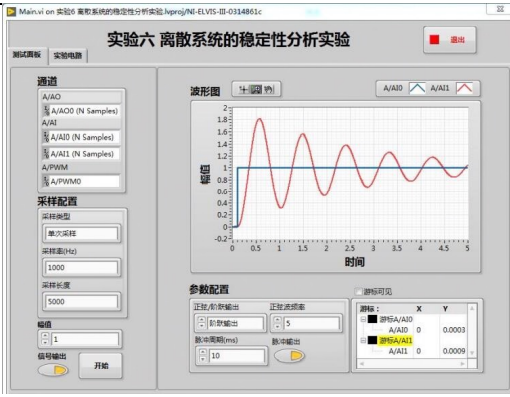
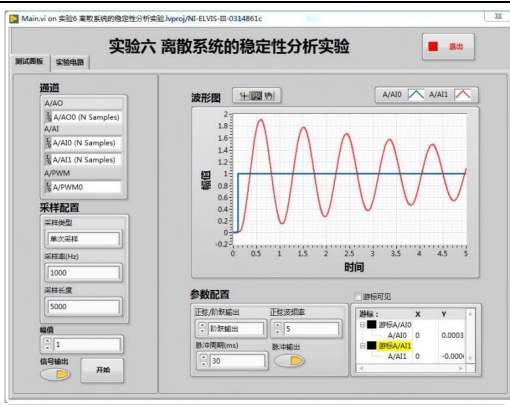
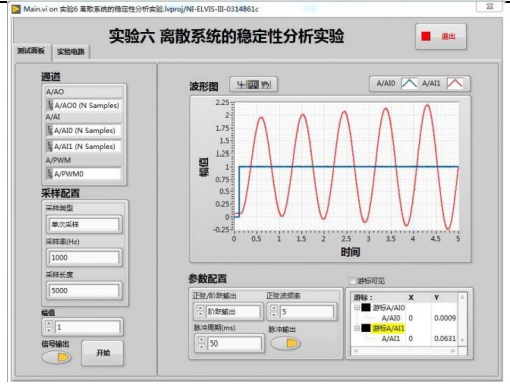
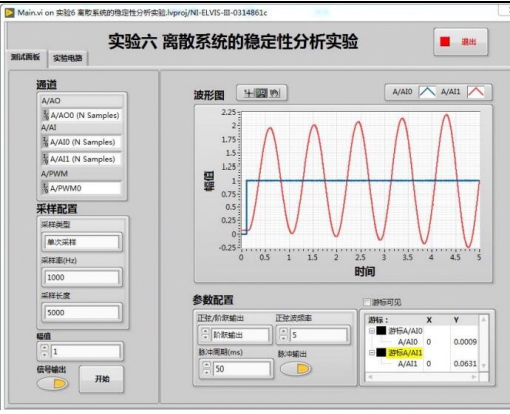
$$\omega^1 \quad 100Te^{-T} + 98e^{-T} - 98$$

$$\omega^0 \quad 102 - 98e^{-T} - 50T - 50Te^{-T}$$

解得: $T \approx 40.27ms$

b) 将系统在不同采样周期 T 时的响应情况实验测量值填入下表。

表 3 离散系统在不同采样周期下的阶跃响应曲线

采样周期	离散系统阶跃响应曲线	稳定性
<p>$T=10\text{ms}$</p>		<p>稳定 衰减振荡</p>
<p>$T=30\text{ms}$</p>		<p>稳定 衰减振荡</p>
<p>$T=50\text{ms}$</p>		<p>不稳定 发散振荡</p>
<p>$T=77\text{ms}$</p>		<p>等幅震荡</p>