



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

实验报告

课程名称：_____系统与控制_____

学生姓名：_____

学生学号：_____

学生专业：_____

开课学期：_____

报告时间：_____

指导教师：_____

哈尔滨工业大学（深圳）

实验一 典型系统的时域响应实验

一、实验目的

1. 了解比例环节、积分环节、比例积分环节、惯性环节和典型二阶系统的模拟电路构成。
2. 掌握各种典型环节的理想阶跃响应曲线和实际阶跃响应曲线。
3. 了解各种参数变化对典型环节动态特性的影响。

二、实验设备及元器件

1. PC 机一台
2. NI ELVIS 一台
3. Circuits Control Board - 1（自动控制原理课程实验套件 1）
4. 导线 15 根

三、实验原理

1. 比例环节 (P)

(1) 方框图:

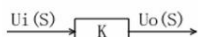
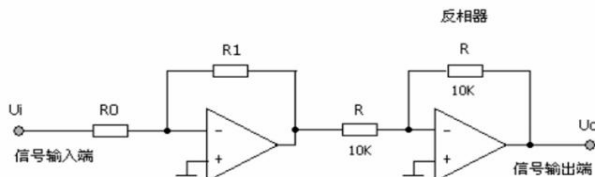


图 1-1 比例环节方框图

(2) 传递函数:

$$\frac{U_o(S)}{U_i(S)} = K$$

(3) 模拟电路图:



$R_0=200K; R_1=100K$ 或 $200K$

图 1-2 比例环节模拟电路图

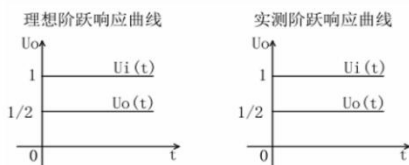
(4) 阶跃响应:

$$U_o(t) = K \cdot U_i(t) \quad (t \geq 0)$$

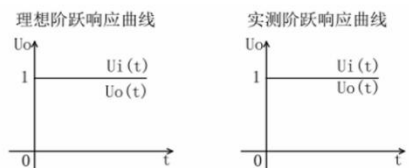
其中 $K = R_1/R_0$

(5) 理想与实际阶跃响应曲线对照:

① 取 $R_0 = 200K; R_1 = 100K$



② 取 $R_0 = 200K; R_1 = 200K$



积分环节 (I)

(1) 方框图:

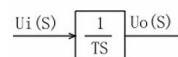
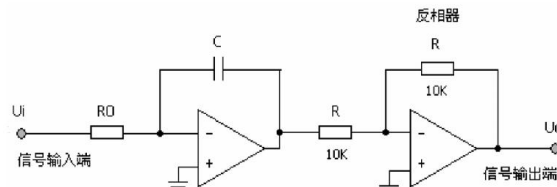


图 1-3 积分环节方框图

(2) 传递函数:

$$\frac{U_o(S)}{U_i(S)} = \frac{1}{TS}$$

(3) 模拟电路图:



$R_0=200K; C=1\mu F$ 或 $2\mu F$

图 1-4 积分环节模拟电路图

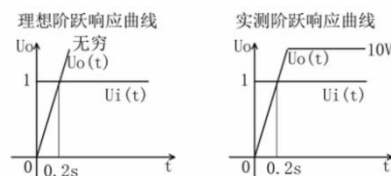
(4) 阶跃响应:

$$U_o(t) = \frac{1}{T}t \quad (t \geq 0)$$

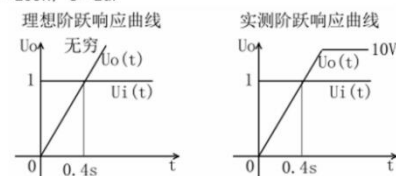
其中 $T = R_0C$

(5) 理想与实际阶跃响应曲线对照:

① 取 $R_0 = 200K; C = 1\mu F$



② 取 $R_0 = 200K; C = 2\mu F$



3. 比例积分环节 (PI)

(1) 方框图:

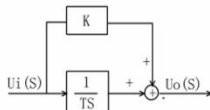


图 1-5 比例积分环节方框图

(2) 传递函数:

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = K + \frac{1}{TS}$$

(3) 模拟电路图:

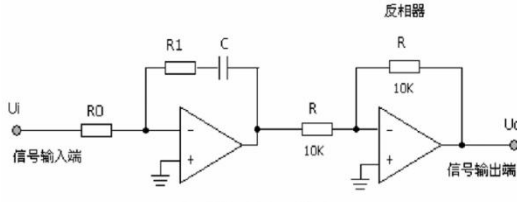


图 1-6 比例积分环节模拟电路图

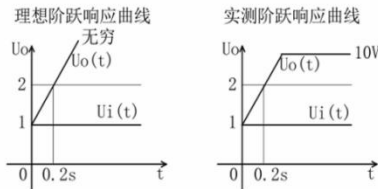
(4) 阶跃响应:

$$U_o(t) = K + \frac{1}{T}t \quad (t \geq 0)$$

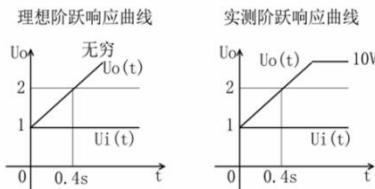
其中 $K = R1/R0$; $T = R0C$

(5) 理想与实际阶跃响应曲线对照:

① 取 $R0 = R1 = 200K$; $C = 1uF$



② 取 $R0 = R1 = 200K$; $C = 2uF$



4. 惯性环节 (T)

(1) 方框图:

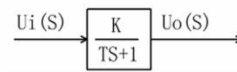


图 1-7 惯性环节方框图

(2) 传递函数:

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{K}{TS + 1}$$

(3) 模拟电路图:

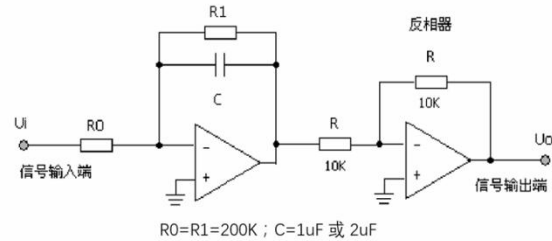


图 1-8 惯性环节模拟电路图

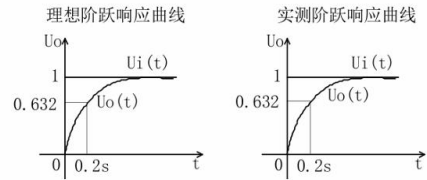
(4) 阶跃响应:

$$U_o(t) = K(1 - e^{-t/T})$$

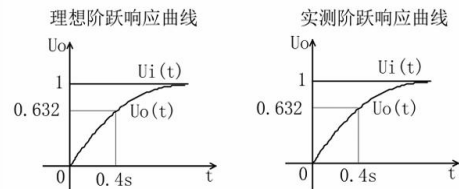
其中 $K = R1/R0$; $T = R1C$

(5) 理想与实际阶跃响应曲线对照:

① 取 $R0 = R1 = 200K$; $C = 1uF$



② 取 $R0 = R1 = 200K$; $C = 2uF$



5. 典型的二阶系统

(1) 方框图:

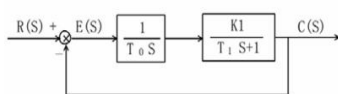


图 1-9 二阶系统方框图

(2) 模拟电路图:

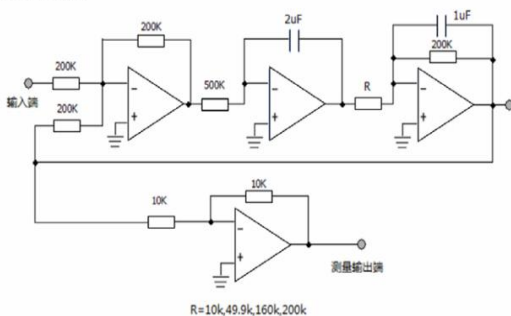


图 1-10 二阶系统模拟电路图

(3) 系统开环传递函数:

$$G(s) = \frac{K_1}{T_0 S(T_1 S + 1)} = \frac{K_1/T_0}{S(T_1 S + 1)}$$

其中, 开环增益为 $K = K_1/T_0$

(4) 实验内容:

在开始实验之前, 先算出临界阻尼、欠阻尼、过阻尼时电阻 R 分别的理论值, 再将

理论值应用到模拟电路中, 观察二阶系统的动态性能及稳定性, 应与理论分析基本吻合。

在本实验中:

$$T_0 = 1s, T_1 = 0.2s;$$

$$K_1 = 200/R \Rightarrow K = 200/R$$

系统闭环传递函数为:

$$W(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} = \frac{5K}{s^2 + 5s + 5K}$$

其中, 自然振荡角频率为:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{T_1}} = 10\sqrt{\frac{10}{R}}$$

阻尼比:

$$\zeta = \frac{5}{2\omega_n} = \frac{\sqrt{10R}}{40}$$

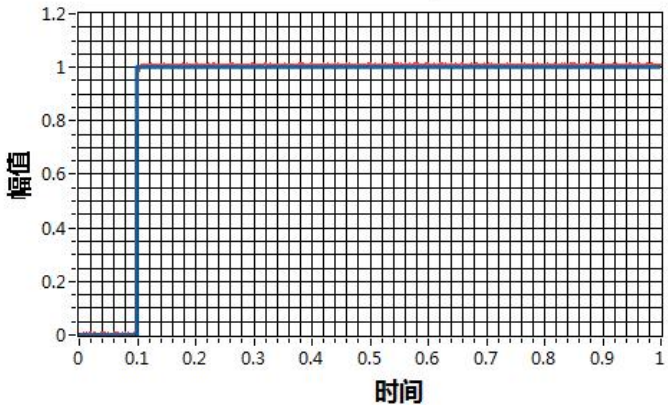
四、实验过程与实验数据及结果分析

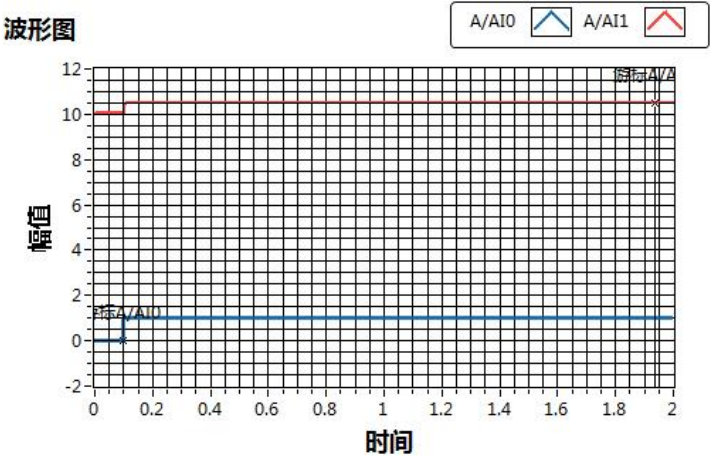
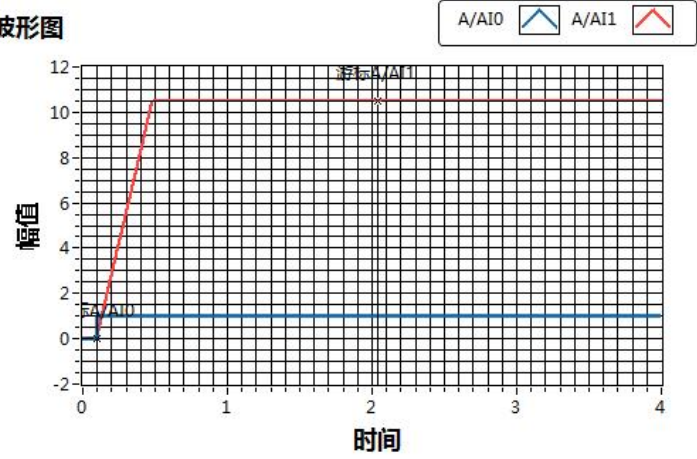
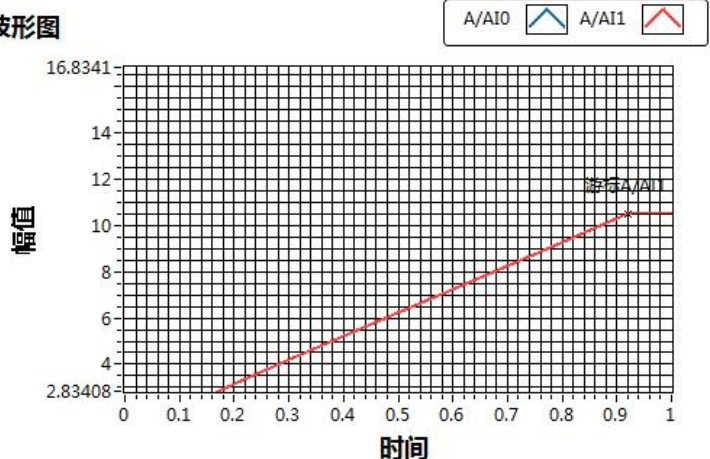
（简述实验过程的步骤和方法，填写表格，并分析实验结果）

表 1. 典型环节特征参数

典型环节	NO.	R_0	R_1	C	Solution
1. 比例环节	1.1	10k	100k	-	$K=0.99$
	1.2	100k	100k	-	$K=1.00$
	1.3	200k	100k	-	$K=0.50$
2. 积分环节	2.1.1	20k	-	1uF	$T=0.0231$
	2.1.2	100k	-	1uF	$T=0.1005$
	2.1.3	200k	-	1uF	$T=0.1837$
	2.2.1	20k	-	2uF	$T=0.0412$
	2.2.2	100k	-	2uF	$T=0.1941$
	2.2.3	200k	-	2uF	$T=0.3824$
3. 比例积分环节	3.1.1	100k	200k	1uF	$K=2.039$ $T=0.0818$
	3.1.2	200k	200k	1uF	$K=1.013$ $T=0.1688$
	3.2.1	100k	200k	2uF	$K=2.122$ $T=0.1981$
	3.2.2	200k	200k	2uF	$K=1.091$ $T=0.3515$
4. 惯性环节	4.1.1	100k	200k	1uF	$K=1.998$ $T=0.163$
	4.1.2	200k	200k	1uF	$K=1.002$ $T=0.171$
	4.2.1	100k	200k	2uF	$K=2.002$ $T=0.340$
	4.2.2	200k	200k	2uF	$K=1.001$ $T=0.328$
5. 分析时间常数 T 对惯性环节响应速度的影响	当 T 较大时，系统需要更长的时间来达到稳态值，系统的响应较慢。当 T 较小时，系统能够更快地响应外部的变化，系统具有更快的响应速度。				

表 2. 典型环节响应曲线截图

	NO.	响应曲线
比例环节	1.2	<div><div>波形图</div><div><div>A/AI0</div><div><div></div></div><div>A/AI1</div><div><div></div></div><div></div><div><div></div></div></div></div>

积分环节	2.1.1	<div><p>波形图</p></div>
积分环节	2.2.1	<div><p>波形图</p></div>
比例积分环节	3.1.1	<div><p>波形图</p></div>

比例积分环节	3.2.1	<p>波形图</p>
惯性环节	4.1.1	<p>波形图</p>
惯性环节	4.2.1	<p>波形图</p>

表 3. 典型二阶系统瞬态性能指标实验结果

	R(KΩ)	K	ω_n	ξ	$\sigma_p(\%)$		$t_p(s)$		$t_s(s)$		阻尼类型
					理论值	实测值	理论值	实测值	理论值	实测值	
典型二阶系统时域响应	10	10	10	0.25	44.43%	41.78%	0.324	0.270	1.2	0.932	欠阻尼
	50	4	4.47	0.56	11.96%	9.57%	0.848	0.748	1.198	1.030	欠阻尼
	160	1.25	2.5	1							临界阻尼
	200	1	2.24	1.12							过阻尼

注：K、 ω_n 、 ξ 的值需要根据二阶系统传函表达式计算。

表 4. 典型二阶系统时域响应曲线截图

序号	R(KΩ)	响应曲线图
1	10	<div><p>波形图</p><p>幅值</p><p>时间</p></div>
2	50	<div><p>波形图</p><p>幅值</p><p>时间</p></div>

3	160	<p>波形图</p> <p>幅值</p> <p>时间</p> <p>目标 A/AI1</p> <p>A/AI0 A/AI1</p>
4	200	<p>波形图</p> <p>幅值</p> <p>时间</p> <p>目标 A/AI1</p> <p>A/AI0 A/AI1</p>