



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A  
学生姓名: 李鸣航  
学生学号: 190320229  
学生专业: 自动化  
开课学期: 2021年秋  
报告时间: 2021.11.1  
指导教师: 葛亚明

## 实验一 典型系统的时域响应实验

### 一、实验目的

1. 了解比例积分、惯性、比例微分、比例积分微分四种典型环节的模拟电路构成
2. 掌握各种典型环节的理想阶跃响应和实际阶跃响应
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 III 一台
3. 导线15根。

### 三、实验原理

（简述实验原理，画出模拟电路图）

#### 1. 比例环节(P)

(1) 方框图:

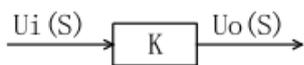
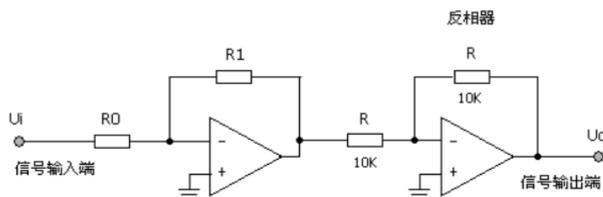


图 1-1 比例环节方框图

(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  $200K$

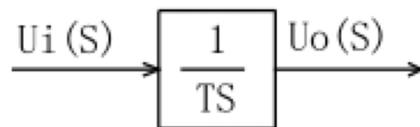
(4) 阶跃响应:

$$U_o(t) = K (t \geq 0)$$

其中  $K = \frac{R_1}{R_0}$ .

## 2. 积分环节(I)

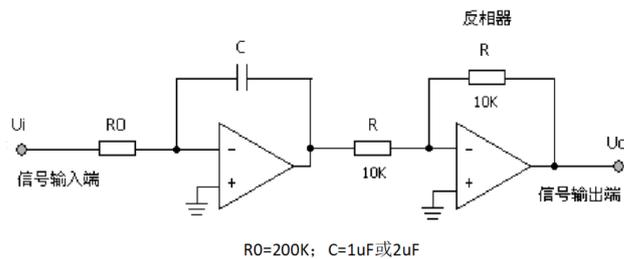
(1) 方框图:



(2) 传递函数:

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

(3) 模拟电路图:



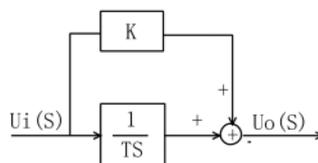
(4) 阶跃响应.

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

其中  $T = R_0 C$

## 3. 比例积分环节(PI)

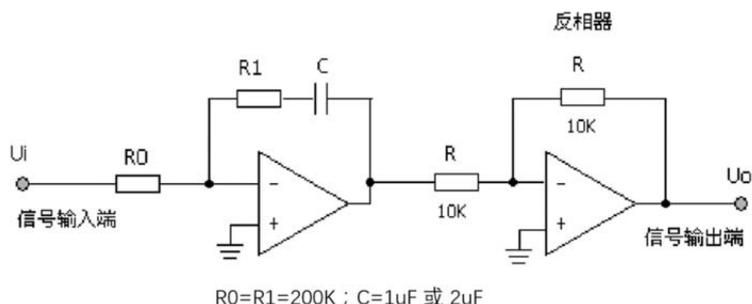
(1) 方框图:



(2) 传递函数:

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

(3) 模拟电路图:



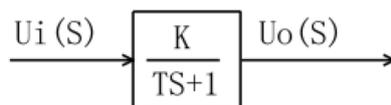
(4) 阶跃响应.

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

其中  $K = \frac{R_1}{R_0}$ .  $T = R_0 C$

#### 4. 惯性环节(T)

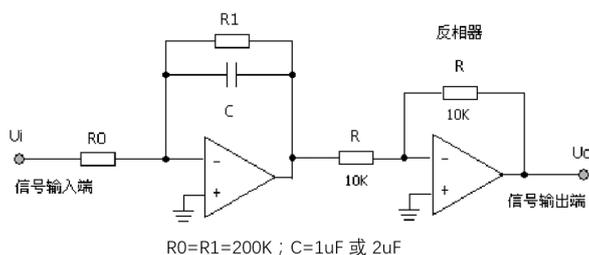
(1) 方框图:



(2) 传递函数:

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{k}{Ts+1}$$

(3) 模拟电路图:



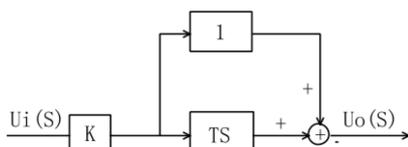
(4) 阶跃响应.

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

其中  $K = \frac{R_1}{R_0}$ ,  $T = R_1 C$

### 5. 比例微分环节(PD)

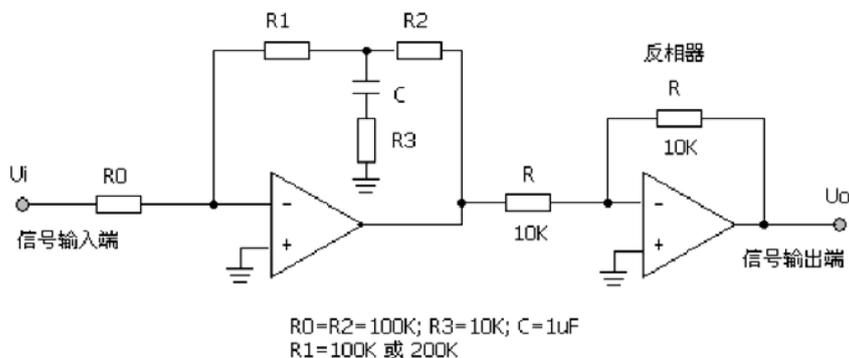
(1) 方框图:



(2) 传递函数:

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

(3) 模拟电路图:



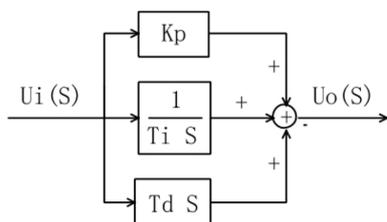
(4) 阶跃响应:

$$U_o(t) = kT \delta(t) + k$$

其中  $k = \frac{R_1 + R_2}{R_0}$ ;  $T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C$

### 6. 比例积分微分环节(PID)

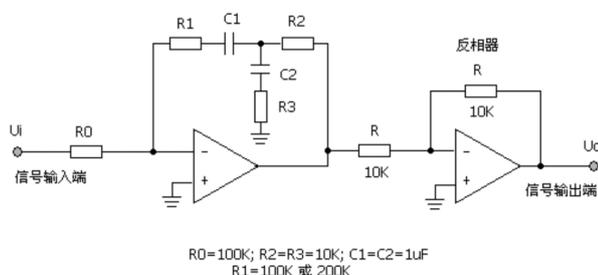
(1) 方框图:



(2) 传递函数:

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = K_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s$$

(3) 模拟电路图:



(4) 阶跃响应:

$$U_o(t) = T_d \cdot \delta(t) + K_p + \frac{1}{T_i} t$$

其中  $K_p = \frac{R_2}{R_0}$ ,  $T_i = R_0 C_1$ ,  $T_d = \frac{R_1 R_2 C_2}{R_0}$ .  $\delta(t)$  为单位脉冲函数

#### 四、实验过程与操作要点

（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. 比例环节(P)

(1) 实验接线.

P110连接A/AI1, 使用ELVIS II的模拟信号输入端A/AI1集成电路的输出.

将A/AO0连接A/AIO, 跟踪输入信号

(2) 软件设置.

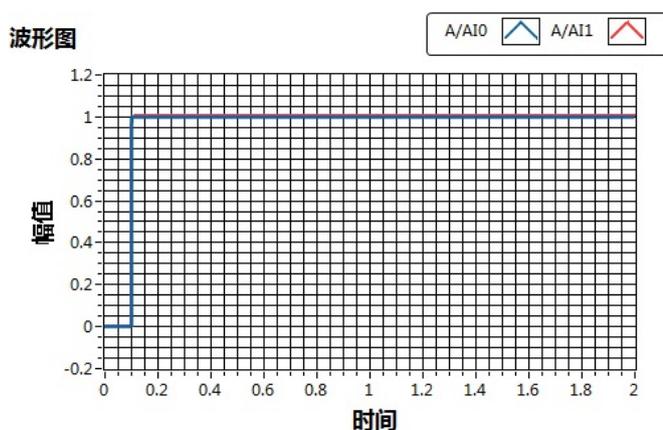
采样类型为连续采样

采样率为1kHz, 长度为1k, 幅值为1V. 信号输出为真.

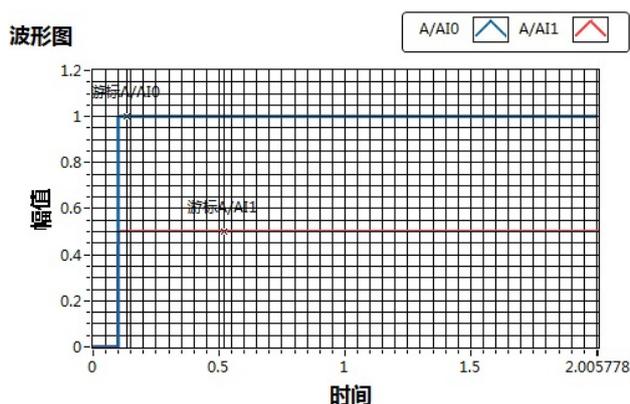
(3) 运行程序并观察实验结果.

(4) 更换电阻 $R_0$ 、 $R_1$ 的阻值, 观察比例特性曲线.

$R_0=100k$ ,  $R_1=200k$ , 比例 $k=2$ 时:



$R_0=100k$ ,  $R_1=100k$ , 比例 $k=1$ 时:



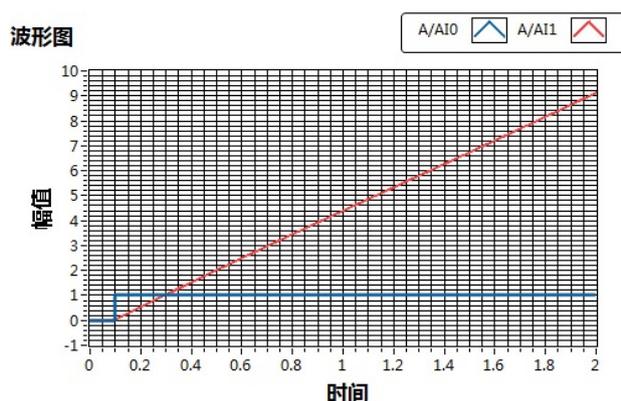
## 2. 积分环节(I)

(1) 实验接线.

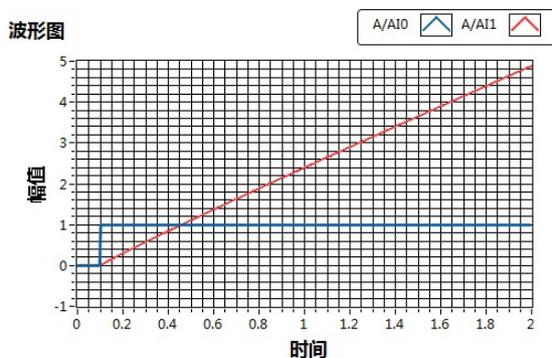
(2) 软件设置.

(3) 运行程序并观察实验结果.

$C=1\mu F, T=0.2s$  时.



$C=2\mu F, T=0.4s$  时.



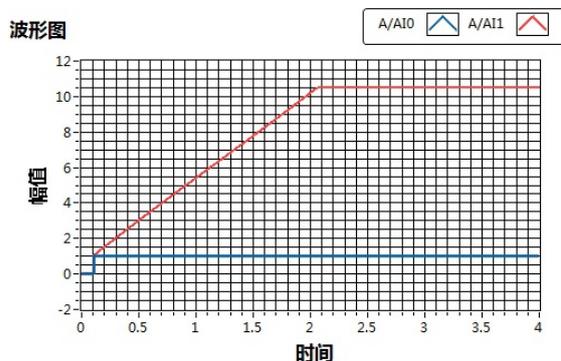
## 3. 比例积分环节(PI)

(1) 实验接线

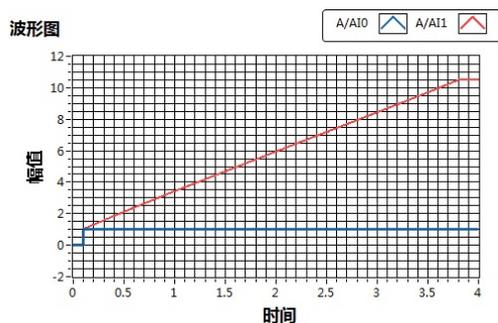
(2) 软件设置

(3) 运行程序并观察实验结果.

$C=1\mu F, K=1, T=0.2s$



$$C=2\mu\text{F}, K=1, T=0.4\text{s}$$



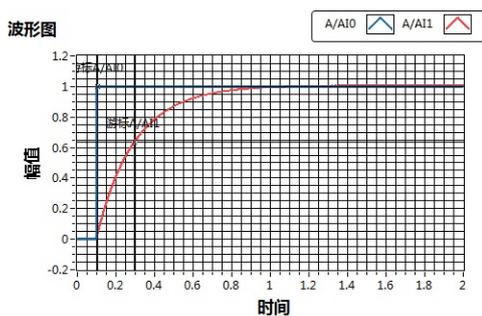
#### 4. 惯性环节(T)

(1) 实验接线

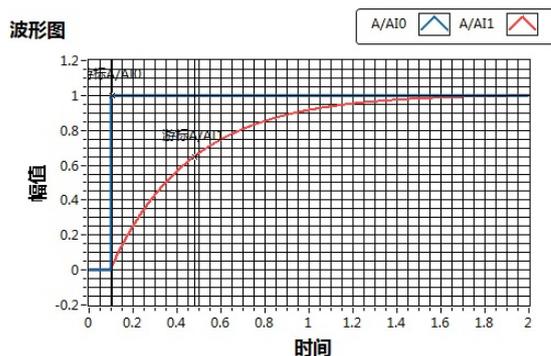
(2) 软件设置

(3) 运行程序并记录实验结果.

$$C=1\mu\text{F}, T=0.2\text{s}$$



$$C=2\mu\text{F}, T=0.4\text{s}$$



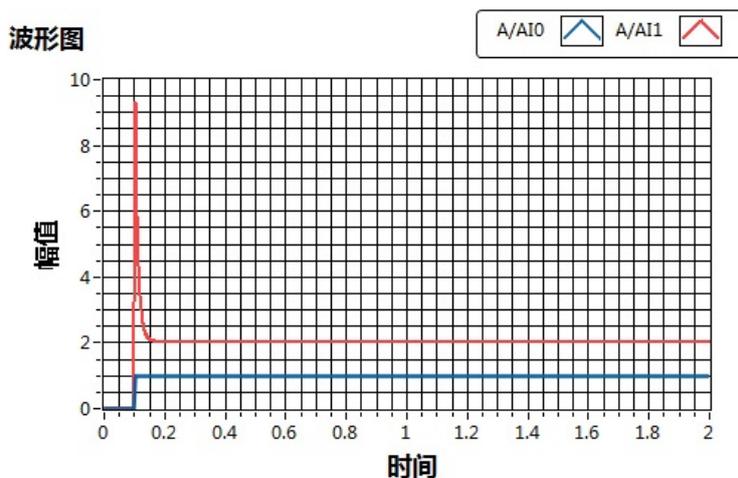
#### 5. 比例微分环节(PD)

(1) 实验接线

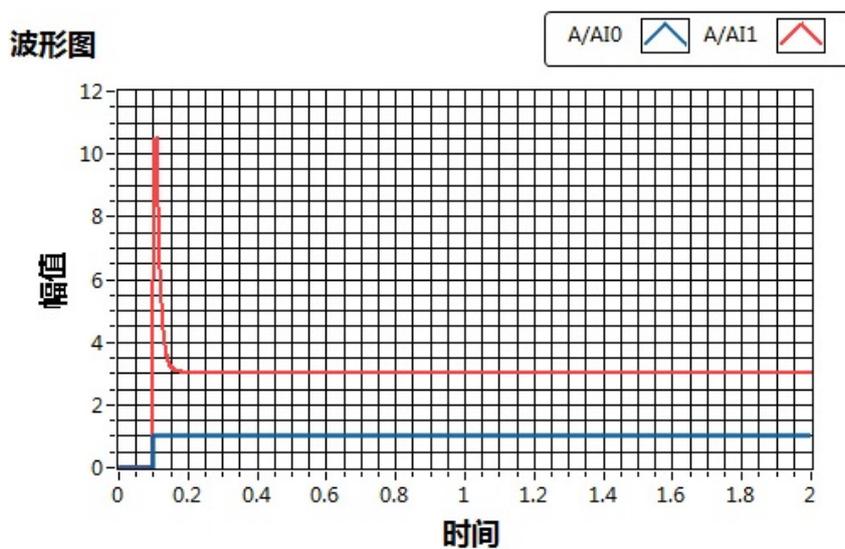
(2) 软件设置

(3) 运行程序并观察实验结果.

$$R_1 = 100K$$



$$R_1 = 200K$$



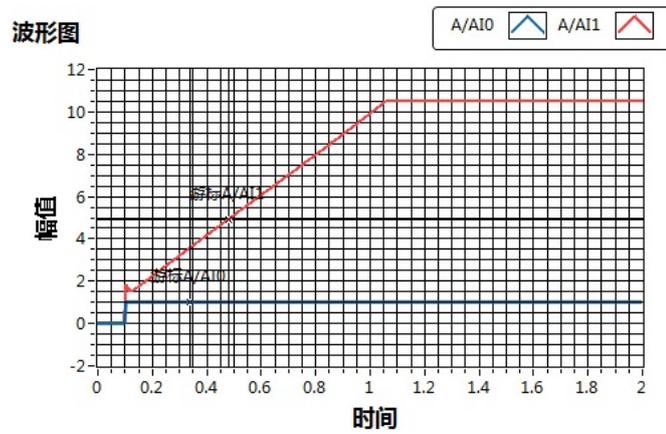
## 6. 比例积分微分环节 (PID)

(1) 实验接线

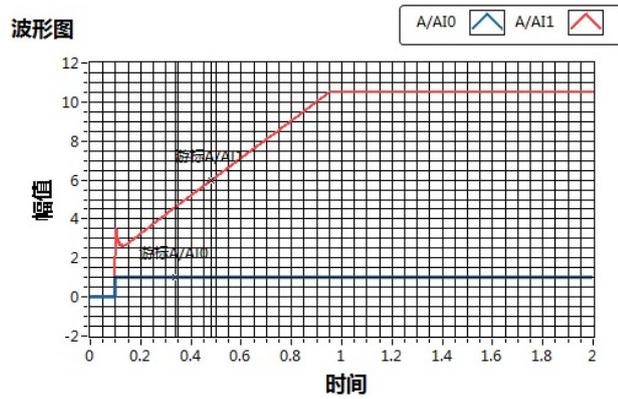
(2) 软件设置

(3) 运行程序并观察实验结果。

$$R_i = 100k$$



$$R_i = 200k$$



7. 实验结束.

关闭ELVIS II试验台电源, 并整理好导线.

## 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. 对于比例环节,

$K_p$  越大, 输出随  $K_p$  同比例增大.

### 2. 对于积分环节,

$T$  越大, 输出达到输入幅值的时间越长, 且会一直增长.

### 3. 对于比例积分环节,

与 2 不同的是输出不会无限制增长,

### 4. 对于惯性环节,

$T$  越大, 输出趋于输入幅值的时间越长, 最终等于输入

### 5. 对于比例微分环节,

输出会在阶跃信号发生的瞬间跳变为很大的一个值, 随后逐渐趋于一个输入的等比例值.

### 6. 对于比例积分微分环节,

与 5 不同的是, 输出的跳变很小, 且会逐步增长至一个固定值.

## 六、思考问题

1. 比例环节能等比放大输入
2. 积分环节能累加输入
3. 惯性环节体现了对输入的跟随
4. 微分环节放大了输入的变化.