

自动控制理论实验报告

实验(-): 典型系统的时域响应实验 实验时间: 2021年10月20日

姓名: 方亮 学号: 190410102 班级: 1班 同组人: 廖思瑶

一、实验目的

1. 了解比例积分环节, 惯性环节, 比例微分环节, 比例积分微分环节的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特性和实际阶跃响应。
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

1. PC机, 2. NI ELVIS III 3. 导线15根

三、实验原理

1. 比例环节



$$\Phi(s) = K$$

$$U_o(t) = K$$

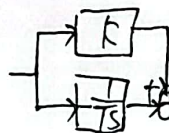
2. 积分环节



$$\Phi(s) = \frac{1}{Ts}$$

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

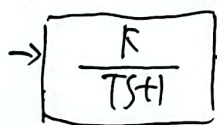
3. 比例积分



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

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

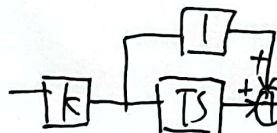
4. 惯性环节



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

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

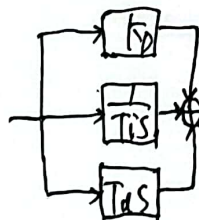
5. 比例微分环节



$$\Phi(s) = K(1 + Ts)$$

$$U_o(t) = KTs\delta(t) + K$$

6. 比例积分微分



$$\Phi(s) = \frac{1}{Ts} + Tas + K_p$$

$$U_o(t) = T\delta(t) + K_p + \frac{1}{T}t$$

实际中, 各响应可能会因钳置电压等影响而发生变化。

④ 操作步骤与要点

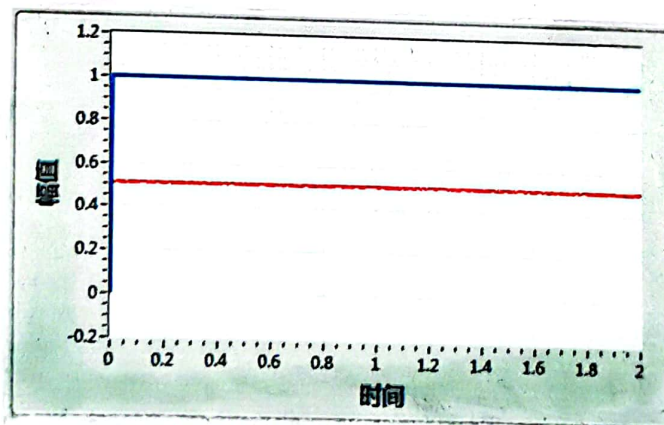
- (1) 启动计算机, 连接USB线,
- (2) 将 "Circuits Control Board-1" 插入 ELVIS II 插槽中。
- (3) 打开 ELVIS 电源, 打开套件板子开关, 计算机运行 LabVIEW 工程。
- (4) 连接电路, 设置通道和采样配置, (放电如有电容)
- (5) 打开电源, 开始采集, 保存图像。
- (6) 按照实验顺序, 重新连线, 进行 (4)、(5) 步骤。

操作要点:

- ① 接线过程切勿带电操作。
- ② 电路有电容时, 开始采样前要充分放电。

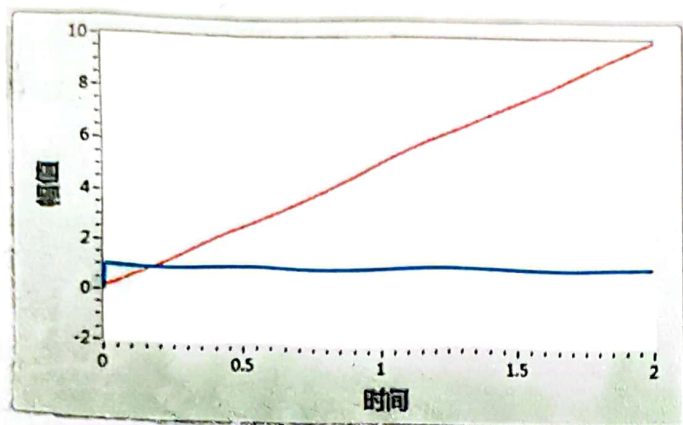
五 实验结果分析

1. 比例环节 (P) (选做)



$R_0 = 200k$, $R_1 = 100k$, $k = \frac{R_1}{R_0} = 0.5$, 输出阶跃 $0.5V$, 与理论数据相同。

2. 积分环节(I)(选做)

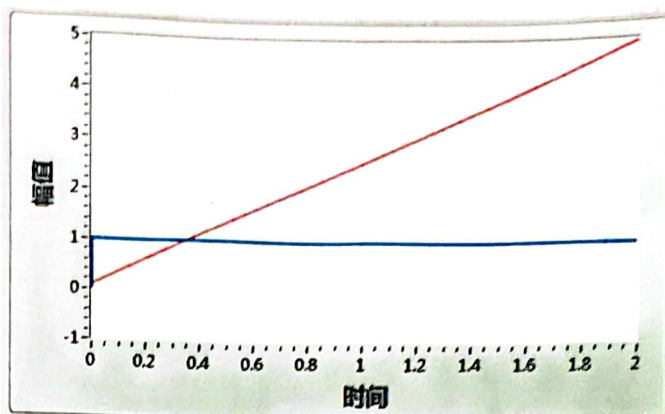


$C=1\mu F, T=0.2s$

$U_o(t) = \frac{1}{T}t$, $T=RC$, 故斜率为 $\frac{1}{T}$, $C=1\mu F$ 时斜率应为 5; $C=2\mu F$ 时, 斜率应为 2.5

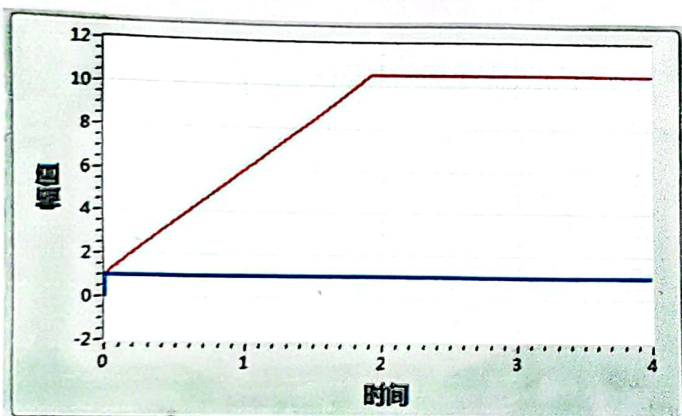
由输出图像 $C=1\mu F$, 斜率=5; $C=2\mu F$ 时斜率= $\frac{5}{2}=2.5$

可知实际输出与理论得到的阶跃输出一致。

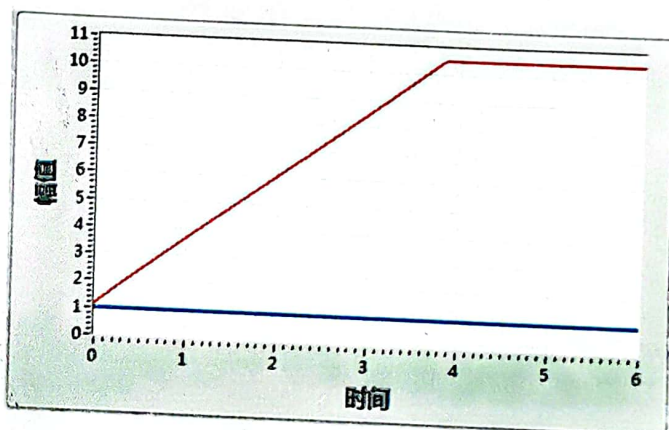


$C=2\mu F, T=0.4s$

3. 比例积分环节(PI环节)



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

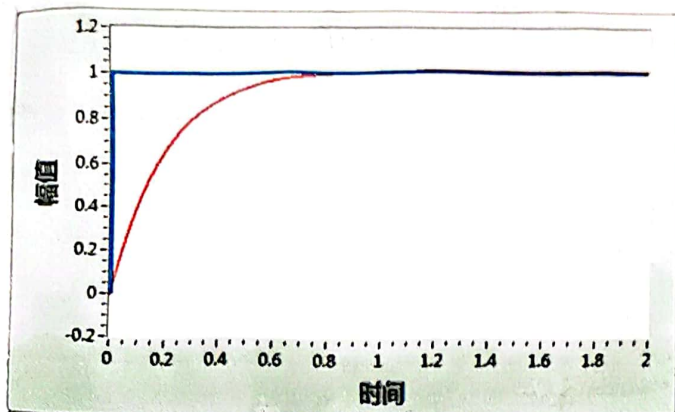


$C=2\mu F, T=0.4s$

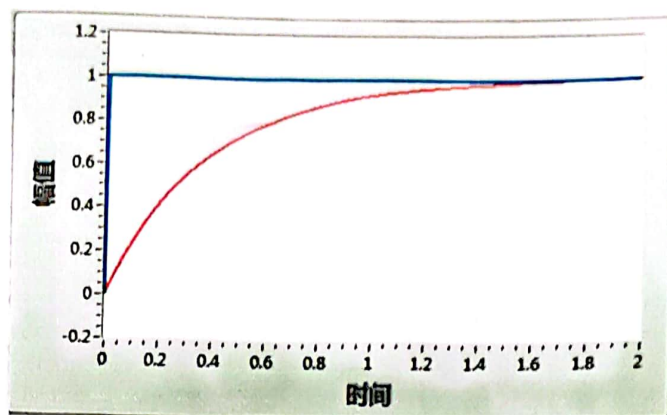
$U_o(t) = k + \frac{1}{Ts}$, $T=RC$, 截距不变, 斜率会改变, $C=1\mu F$ 时, 斜率理论值为 5; $C=2\mu F$ 时, 斜率理论值为 2.5。

由输出图像, $C=1\mu F$ 时, 斜率接近 5, $C=2\mu F$ 时, 斜率接近 2.5, 与理论相同。注意到两次图像在达到 10.5V 左右不再上升, 这是因为运放的输出电压存在最大值, 当运放达输出电压最大值时, 环节终止, 被钳位在最大输出电压。

4. 惯性环节(T)



$C=1 \mu F$; $T=0.2s$



$C=2 \mu F$, $T=0.4s$

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{k}{Ts+1}, U_o(t) = k(1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

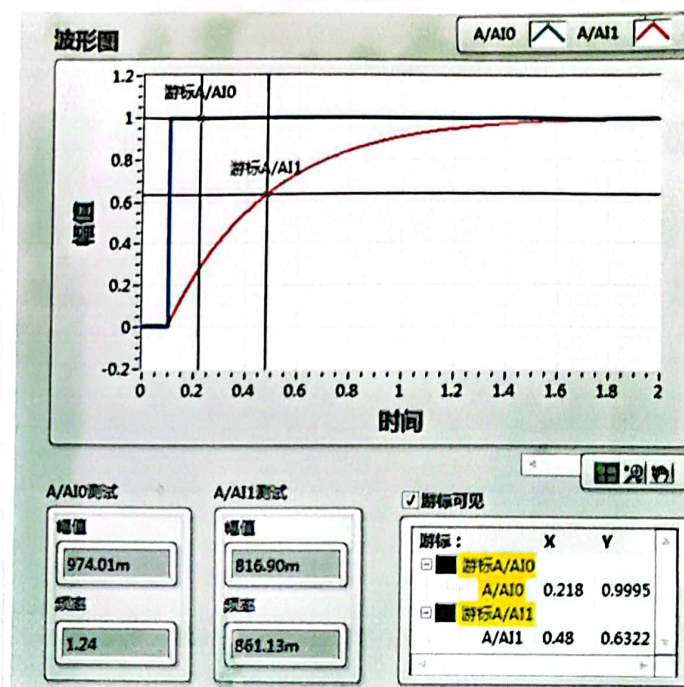
其中 $k = R_1/R_0$, $T = R_1C$

可知时间常数越大, 越慢达到稳态,

T 对应着达到 0.632V 的所用时间。

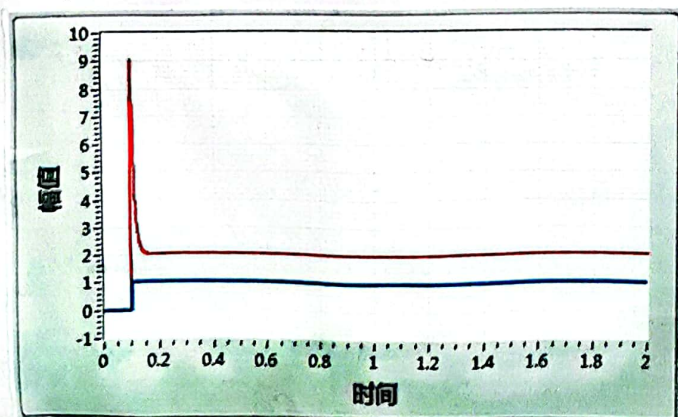
右图显示的是测量过程, 注意到测量图形和输出图形中波形不同, 这是因为, 测量图形时采用了单次采样, 便于测量。

$C=1 \mu F$ 时达 0.632V 约为 0.2s, $C=2 \mu F$ 时达 0.632V 约用 0.4s, 结果符合预期。

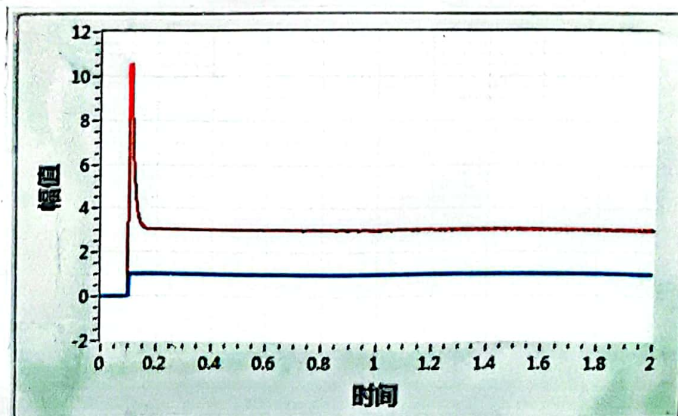


$C=2 \mu F$ 时的测量图形。

5. 比例微分环节(PD环节)



$R_1 = 100k$



$R_1 = 200k$

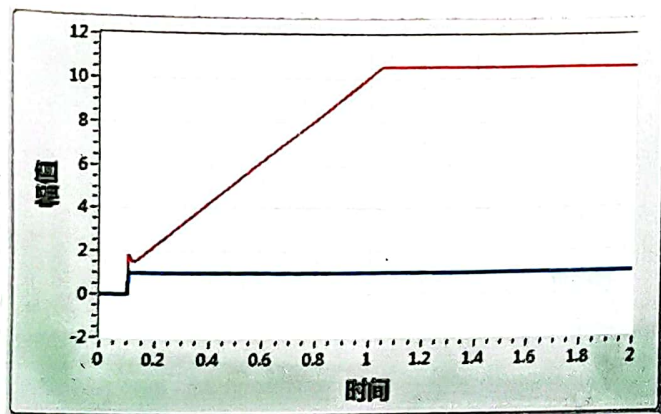
$$U_o(t) = KTs(t) + K, \text{ 其中 } K = \frac{R_1 + R_2}{R_0}, T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C$$

其中 $s(t)$ 为幅值无穷大的脉冲函数, 实际不存在。

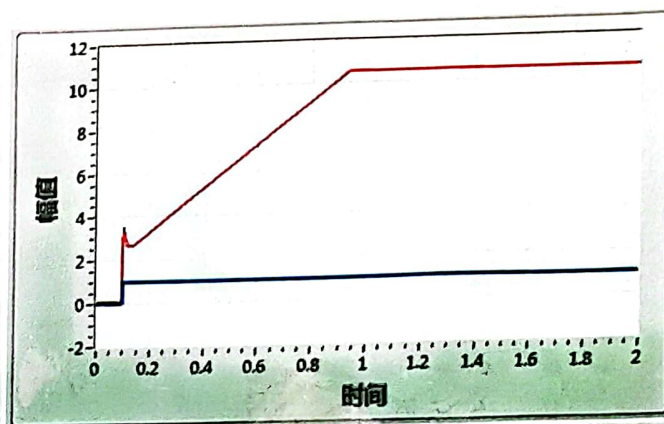
$R_1 = 100k$ 时, $K = 2$, $R_1 = 200k$ 时, $K = 3$ 故稳定值分别为 $2V$ 和 $3V$,

从输出响应图像可知, 结果符合理论。注意到理论上 $s(t)$ 在 $t > 0$ 时瞬时消失, 但实际上, 从冲激响应到稳定输出还是需要一段时间的, 而不是理想地立即消失。

6. 比例积分微分环节 (PID 环节)



$R_1 = 100k$



$R_1 = 200k$

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = K_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s \quad \text{阶跃响应 } U_o(t) = T_d s(t) + K_p + \frac{1}{T_i} t$$

$$\text{其中 } K_p = R_1/R_0, T_i = R_0 C_1, T_d = R_1 R_2 C_2/R_0$$

实际两组输出曲线趋于斜率为 10 的直线, 仅在截距处有变化, 这是因为 R_1 没有参与到积分环节。且由于 R_1 参与比例环节和微分环节, 影响脉冲值和直线截距, R_1 越大, 脉冲越大, 截距越大, 输出图像符合理论。

同样地, 输出被钳位在 $10.5V$, 也是由于运放的输出电压限制。

六. 思考问题

本次实验无思考题。