



院(系):智能工程学院

学号: 22354189

姓名: 张瑞程

日期: 2024. 9. 22

实验名称: 基于 Matlab 的典型环节模拟

说明: ①实验报告通常应包括 实验目的、实验任务/要求、实验设备、实验原理、实验步骤、实验结果与心得体会、实验结论等部分; ②实验报告不限于上述各部分, 根据实验内容调整; ③报告应做到 整洁, 详实, 正确, 决定最终评分; ④ 实验报告提交 pdf 电子版, 命名方式: 姓名+学号+自控原理实验报告-实验 X. pdf

实验二: 基于 Matlab 的典型环节模拟

1) 实验目的;

- 1、掌握典型环节模拟电路的构成。
- 2、观察和分析各典型环节的单位阶跃响应曲线, 掌握它们各自的特性。

2) 实验任务/要求

- 1、绘制比例环节的阶跃响应曲线
- 2、绘制惯性环节的阶跃响应曲线
- 3、绘制积分环节的阶跃响应曲线
- 4、绘制比例积分环节的阶跃响应曲线
- 5、绘制微分环节的阶跃响应曲线
- 6、绘制比例微分环节的阶跃响应曲线

3) 实验仪器、设备及材料

计算机、Matlab 软件平台

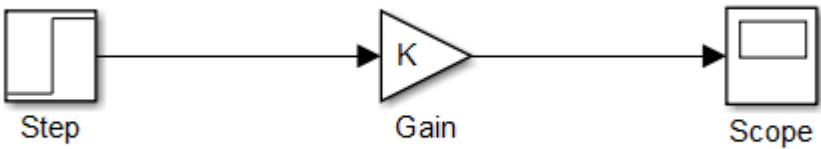
4) 实验原理；

利用 Matlab 把各个环节的响应曲线的比例环节进行 Simulink 建模；

5) 实验步骤；

1、绘制比例环节(P)的阶跃响应曲线

设 $R_1=100k\Omega$ ，分别取 $R_2 = 100k\Omega, 200k\Omega, 500k\Omega, 1M\Omega$

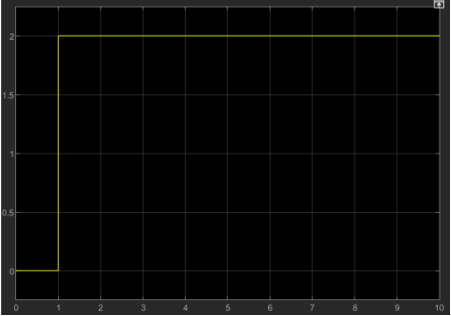




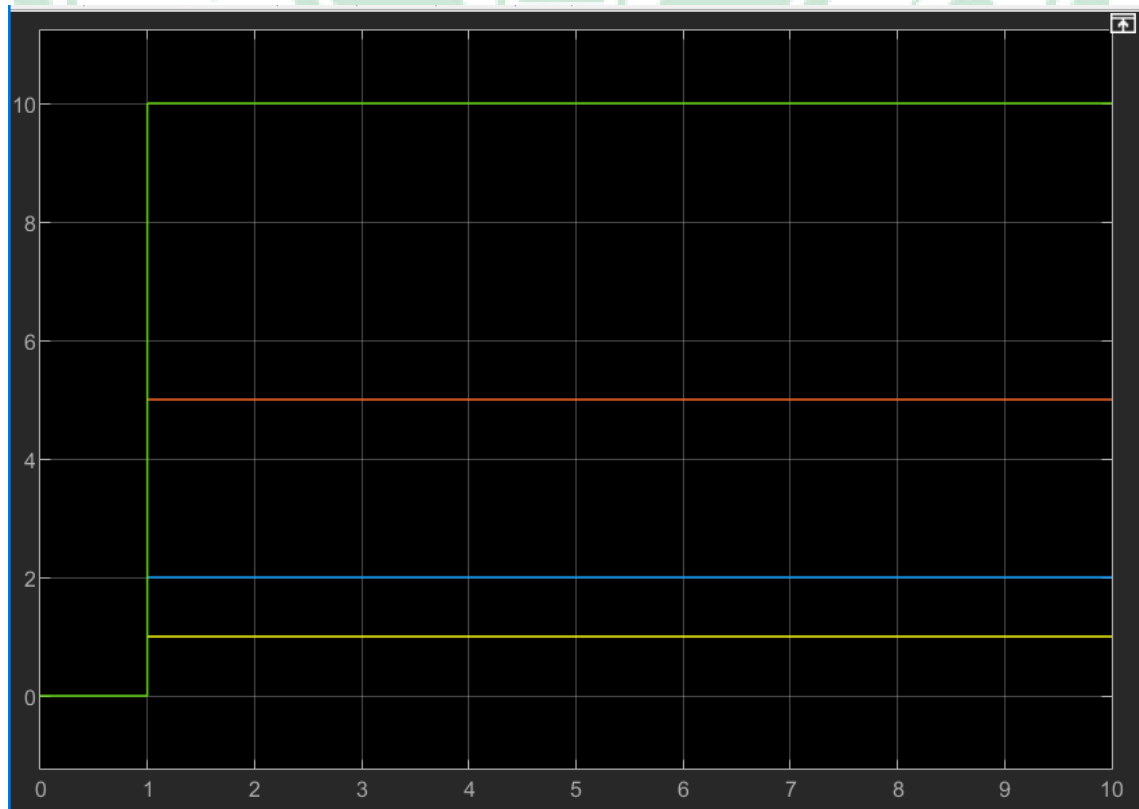
比例环节的 Simulink 建模

该电路的传递函数为：
$$G(s) = \frac{L(c(t))}{L(r(t))} = -\frac{R_2}{R_1} = K$$

表 1：比例环节阶跃响应及其特性参数数据记录表

| R_1 的取值 | R_2 的取值 | K 的取值 | 传递函数 $G(s)$ | 阶跃响应曲线 |
|------------------|------------------|---------|-------------|--------|
| $R_1=100k\Omega$ | $R_2=100k\Omega$ | 1 | 1 | |

| | | | | |
|------------------|------------------|----|----|---|
| $R_1=100k\Omega$ | $R_2=200k\Omega$ | 2 | 2 |  |
| $R_1=100k\Omega$ | $R_2=500k\Omega$ | 5 | 5 |  |
| $R_1=100k\Omega$ | $R_2=1M\Omega$ | 10 | 10 |  |



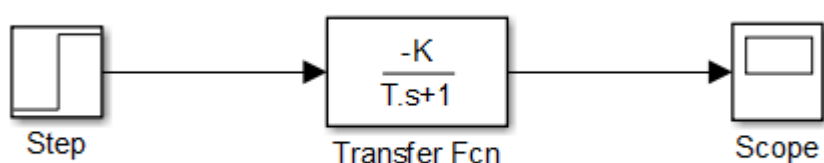
结果分析：

1. 当 $K=1$ 时，输出将和输入保持一致，响应曲线从 0 平稳上升到 1；
2. 当 $K=2$ 时，响应曲线在稳态时的输出会达到 2，系统的反应会加快，输出在更短时间内达到稳态；
3. 当 $K=5$ 时，系统的输出会快速上升到 5，输出随增益变大而快速达到更高的稳态值。

观察规律：

- 增益越大，输出的稳态值越高，并且系统响应速度加快；
- 没有振荡或超调，因为比例环节没有引入任何动态或滞后因素，系统是无滞后的。


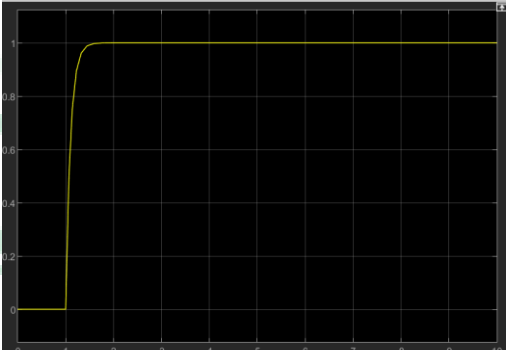
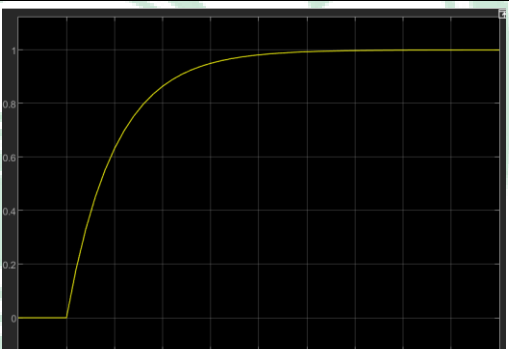
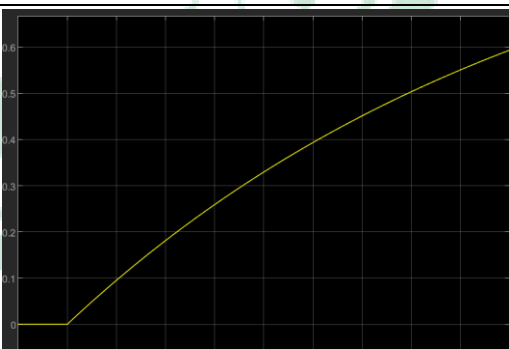
2、绘制惯性环节的阶跃响应曲线

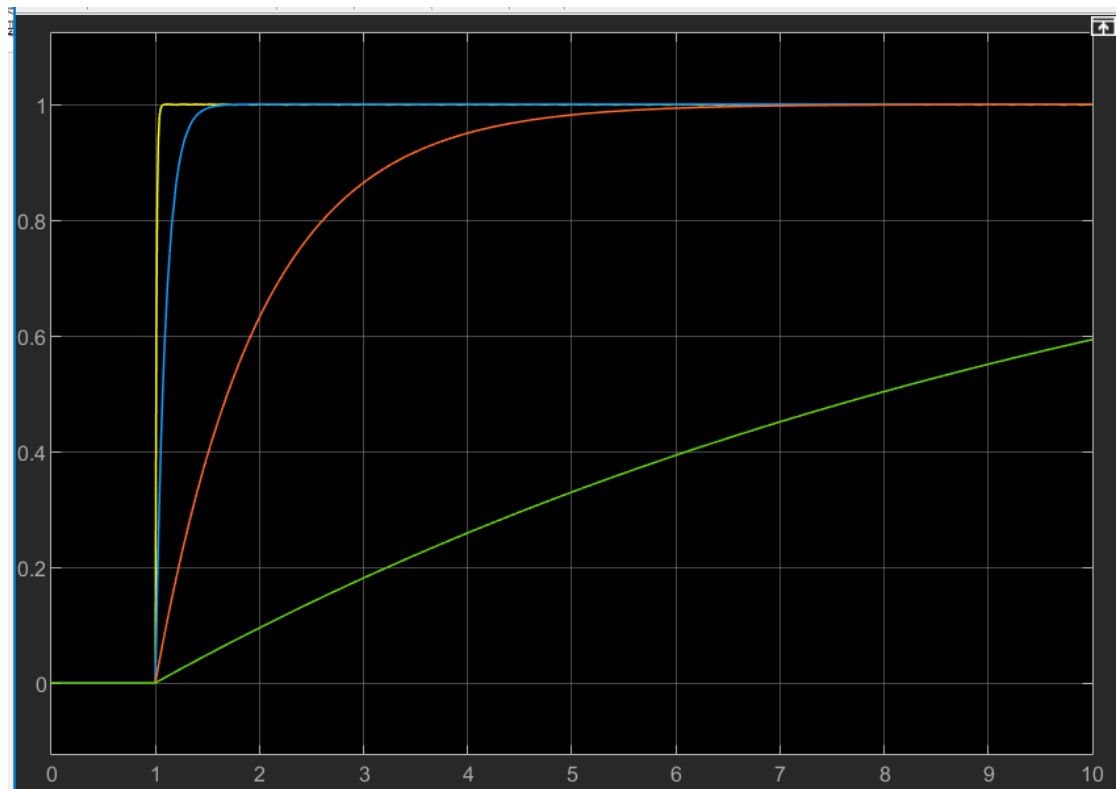


该电路的传递函数为： $G(s) = \frac{L(c(t))}{L(r(t))} = \frac{K}{Ts+1}$, $K = -\frac{R_2}{R_1}$, $T = R_2C$

表 2：惯性环节阶跃响应及其特性参数数据记录表

| 惯性环节电路参数 | K 的取值 | T 的取值 | 传递函数 $G(s)$ | 阶跃响应曲线 |
|----------|---------|---------|-------------|--------|
|----------|---------|---------|-------------|--------|

| | 值 | | | |
|---|---|-----|-----------------|--|
| $R_1=R_2=100k\Omega$, $C = 0.1 \mu F$ | 1 | 0.0 | $1/0.01s+$ 1 |  |
| $R_1=R_2=100k\Omega$, $C = 1 \mu F$ | 1 | 0.1 | $1/0.1s+1$ |  |
| $R_1=R_2=100k\Omega$, $C = 10 \mu F$ | 1 | 1 | $1/1s+1$ |  |
| $R_1=R_2=100k\Omega$, $C = 100 \mu F$ | 1 | 10 | $1/10s+1$ |  |



结果分析:

1. 时间常数 T 较小时 (例如 $T=0.01$ 或 $T=0.1$)，系统的响应会非常快，输出迅速接近稳态，曲线几乎无延迟。
2. 时间常数 T 增大时 (例如 $T=1$ 或 $T=10$)，系统响应变慢，输出需要较长的时间才能达到稳态，曲线呈现明显的延迟，且系统响应更加平滑。
3. 稳定性与响应时间的权衡：小 T 使系统更快速，但可能更敏感，大 T 使系统更加平滑和稳定。

3、绘制积分环节(I)的阶跃响应曲线

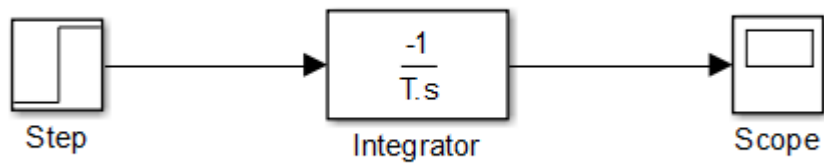


图 3：积分环节的 Simulink 建模

该电路的传递函数为： $G(s) = \frac{L(c(t))}{L(r(t))} = -\frac{1}{Ts}, T = R_2C$

因为 integrator 的 T 不能直接调，所以需要再加个 gain,再调。

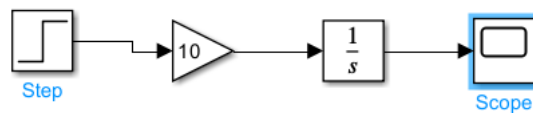
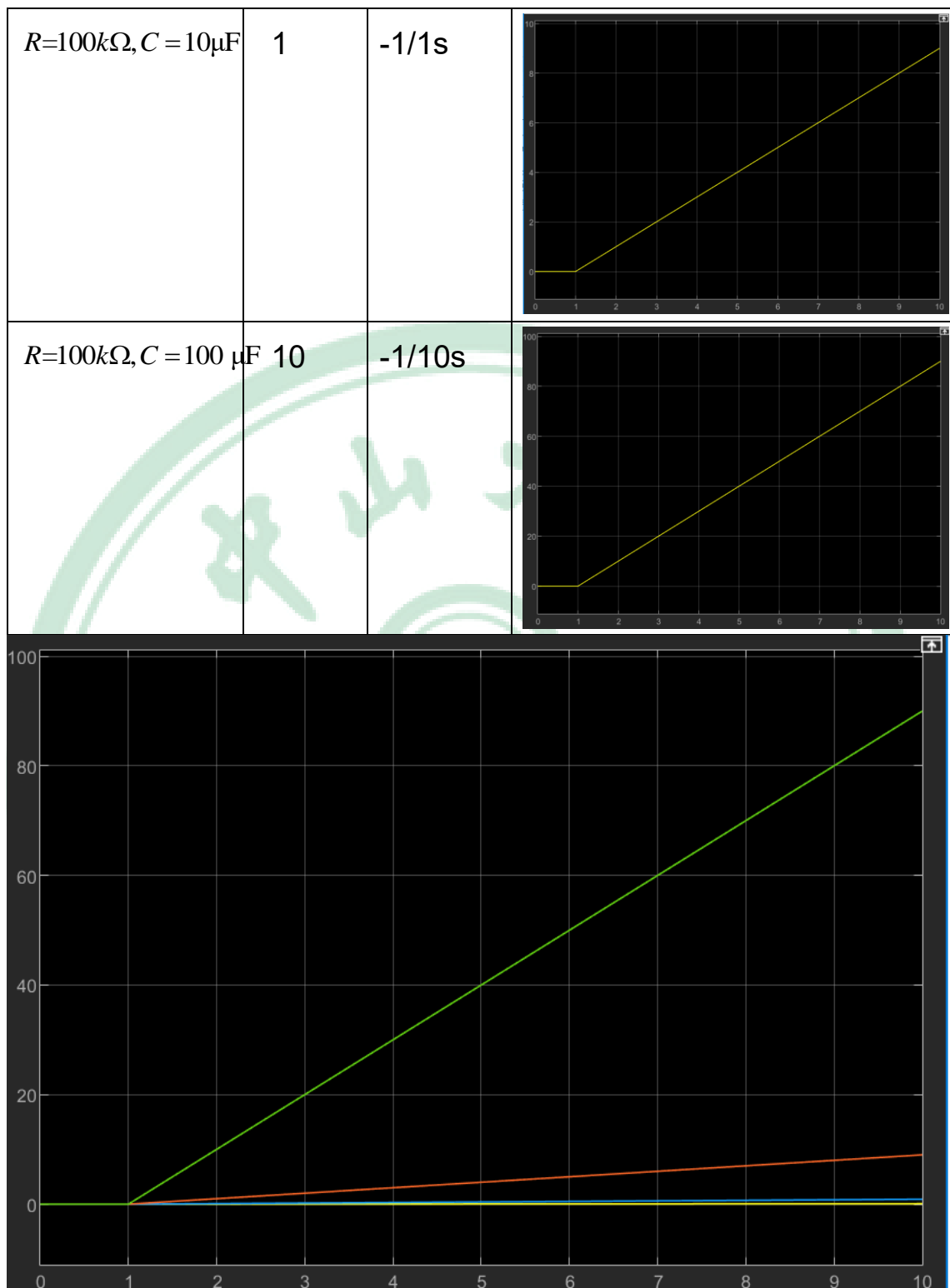


表 3：积分环节阶跃响应及其特性参数数据记录表

| 积分环节电路参数 | T 的取值 | 传递函数 $G(s)$ | 阶跃响应曲线 |
|----------------------------|---------|----------------|--------|
| $R=100k\Omega, C=0.1\mu F$ | 0.01 | $-1/0.01s$ | |
| $R=100k\Omega, C=1\mu F$ | 0.1 | $-1/0.1s$ | |



结果分析:

1. 积分特性: 积分环节的特点是对输入信号进行积分, 因此当输入是单位阶跃信号时, 输出将随时间不断增加, 并且其斜率受

时间常数 TTT 控制。

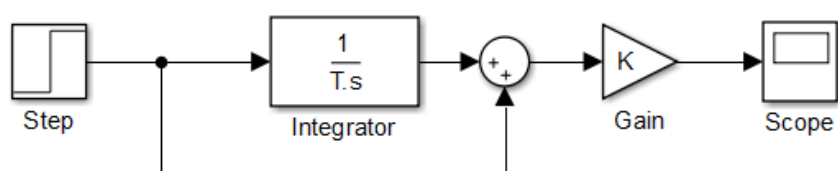
2. 时间常数 TTT 的影响：

- 。当 TTT 较小（例如 $T=0.01T=0.01T=0.01$ ），输出的斜率会较大，意味着系统响应非常快，输出迅速增加。
- 。当 TTT 较大（例如 $T=10T=10T=10$ ），输出的斜率会变小，意味着系统响应较慢，输出缓慢增加。

3. 响应曲线趋势：

- 。小 TTT 值下，输出增加的速率较高；
- 。大 TTT 值下，输出增加的速率较低。

4、绘制比例积分环节(PI)的阶跃响应曲线

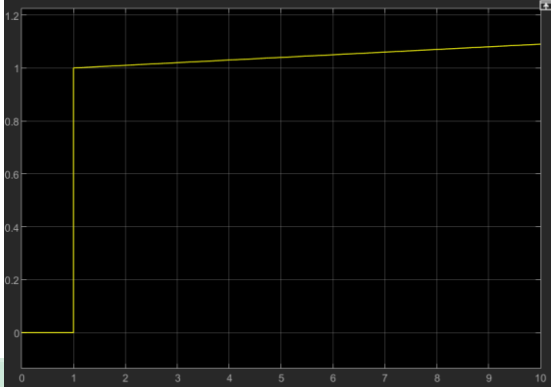
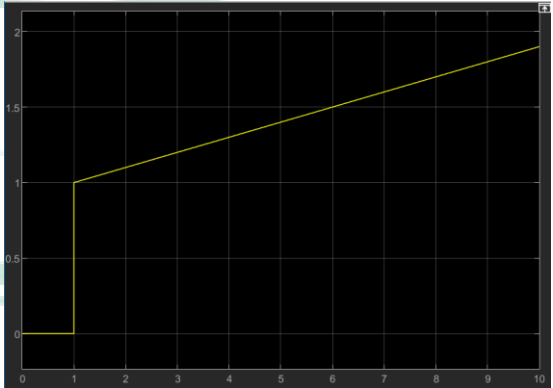
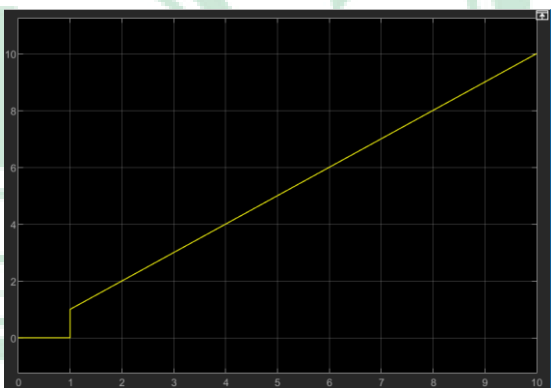
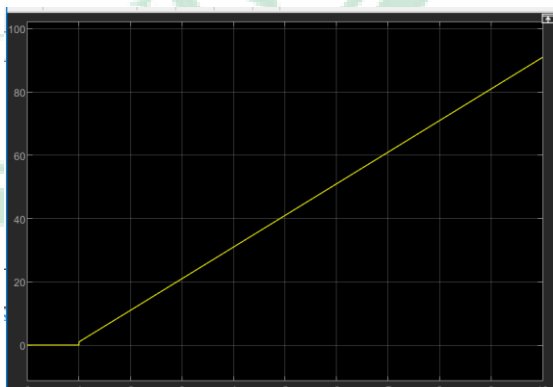


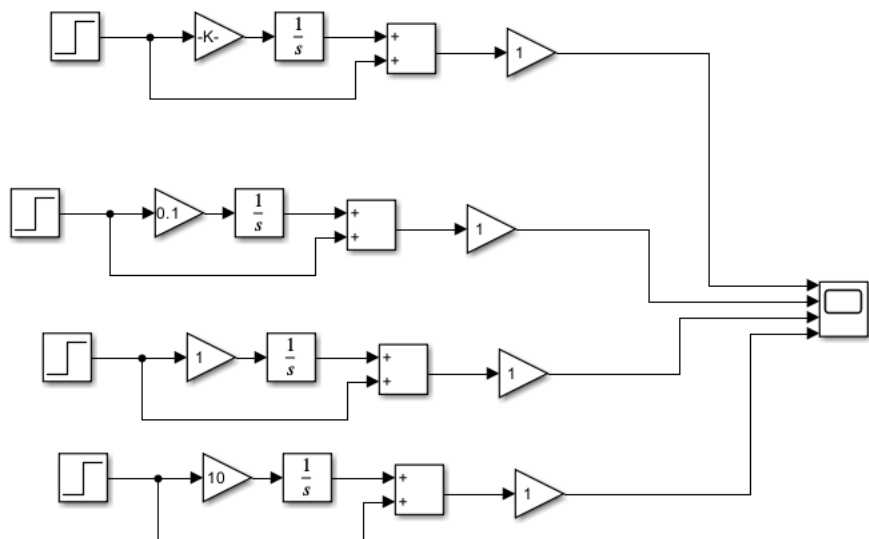
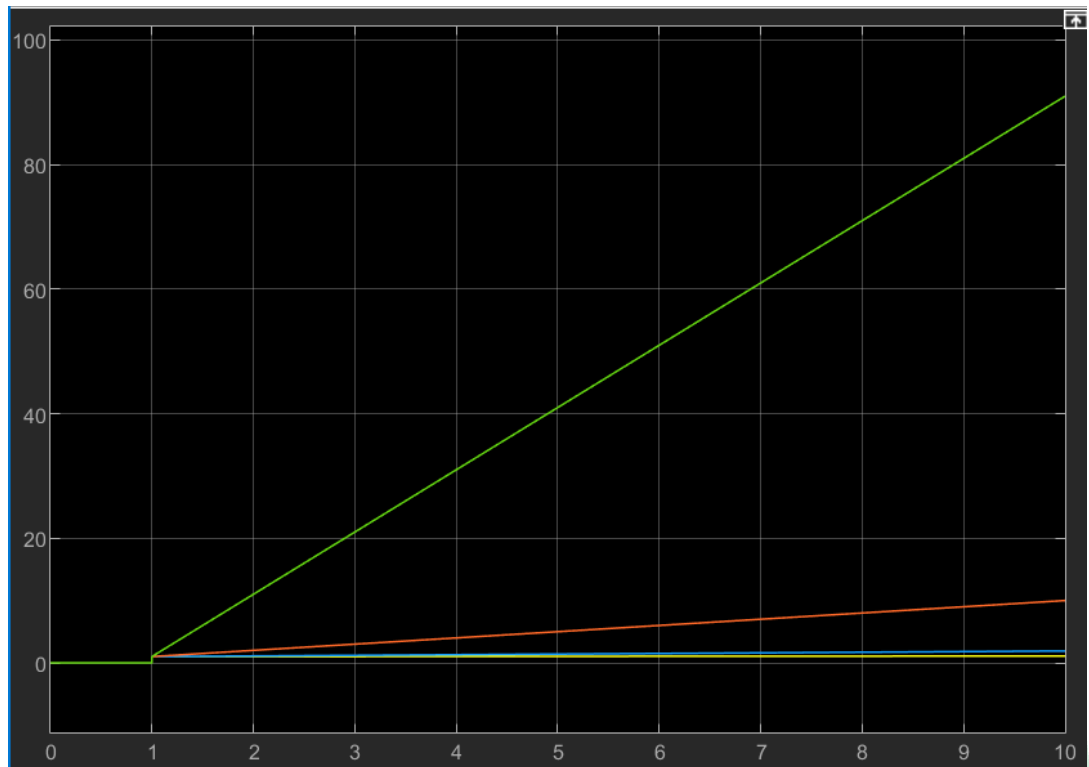
该电路的传递函数为： $G(s) = \frac{L(c(t))}{L(r(t))} = K \left(1 + \frac{1}{Ts} \right), K = -\frac{R_2}{R_1}, T = R_2 C$

图 4：比例积分环节的 Simulink 建模

表 4：比例积分环节阶跃响应及其特性参数数据记录表

| 惯性环节电路 参数 | K 的 取值 | T 的 取值 | 传递函数 $G(s)$ | 阶跃响应曲线 |
|--------------|----------------|-------------|----------------|--------|
|--------------|----------------|-------------|----------------|--------|

| | | | | |
|--|---|------|-----------------|--|
| $R_1=R_2=100k\Omega,$ $C = 0.1 \mu F$ | 1 | 0.01 | $1+1/0.01$ s |  |
| $R_1=R_2=100k\Omega,$ $C = 1 \mu F$ | 1 | 0.1 | $1+1/0.1s$ |  |
| $R_1=R_2=100k\Omega,$ $C = 10 \mu F$ | 1 | 1 | $1+1/1s$ |  |
| $R_1=R_2=100k\Omega,$ $C = 100 \mu F$ | 1 | 10 | $1+1/10s$ |  |



结果分析：

T 越大，响应曲线斜率越大，且在理想条件下，响应将趋于无穷。

5、绘制微分环节(D)的阶跃响应曲线

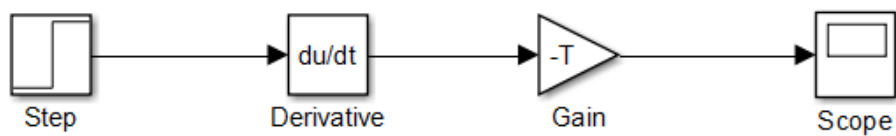
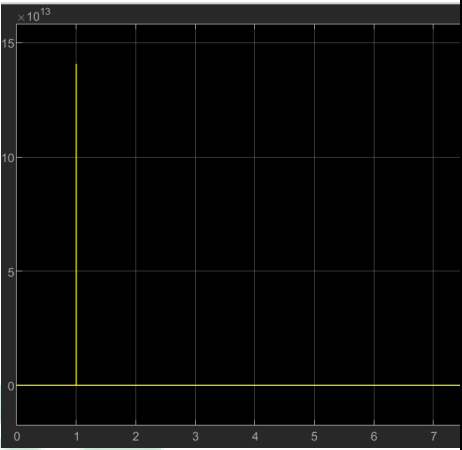
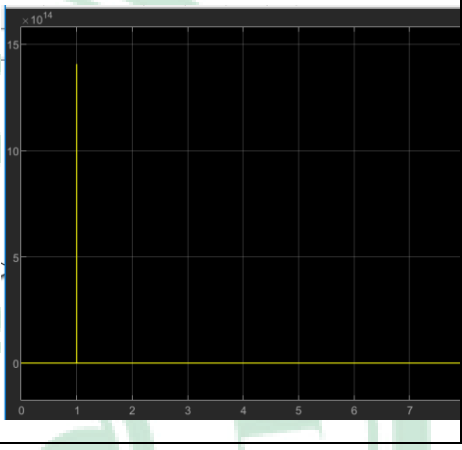


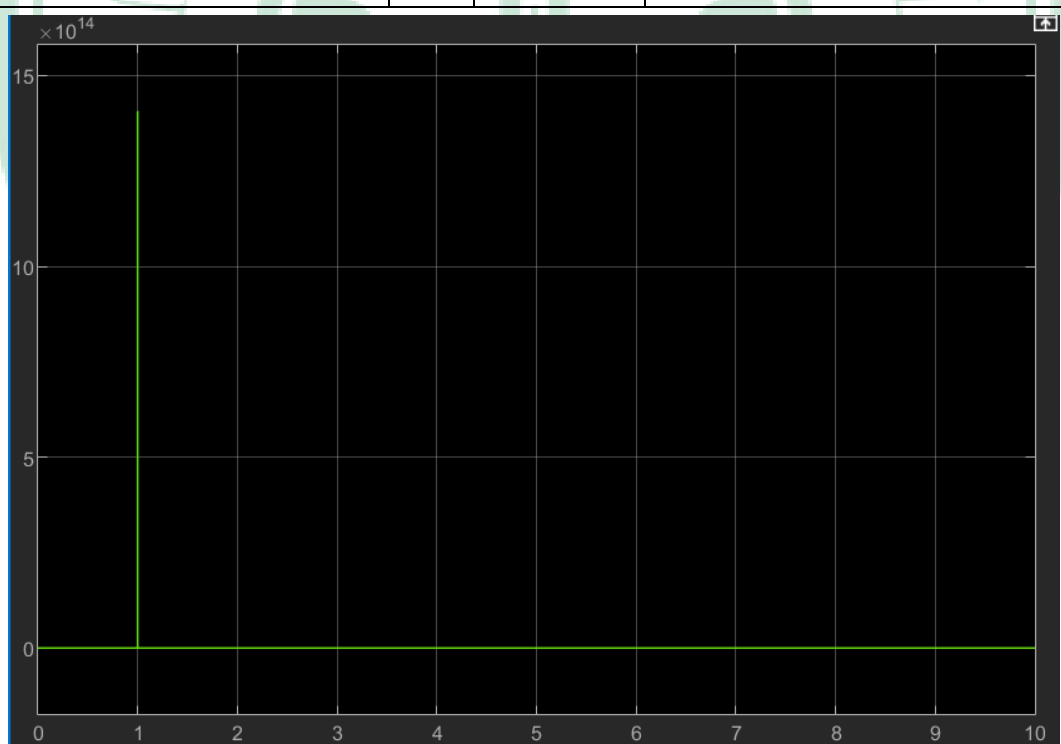
图 5: 微分环节的 Simulink 建模

该电路的传递函数为: $G(s) = \frac{L(c(t))}{L(r(t))} = -Ts$, $T = RC_1$ 。

表 5: 微分环节阶跃响应及其特性参数数据记录表

| 微分环节电路参数 | T 的取值 | 传递函数 $G(s)$ | 阶跃响应曲线 |
|---|------------|----------------|--------|
| $R=100k\Omega, C_2 = 0.01 \mu F, C_1 = 1 \mu F$ | 0.0 1 | | |
| $R=100k\Omega, C_2 = 0.01 \mu F, C_1 = 0.1 \mu F$ | 0.1 | $0.1s+1$ | |

| | | | |
|---|------|---------|---|
| $R=100k\Omega, C_2 = 0.01 \mu F, C_1 = 10 \mu F$ | 1 | $1s+1$ |  |
| $R=100k\Omega, C_2 = 0.01 \mu F, C_1 = 100 \mu F$ | 10 | $10s+1$ |  |



结果分析：

当输入为单位阶跃响应时，系统响应为一个脉冲，且随着 T 值增大，响应脉冲峰值增大。

6、绘制比例微分环节(PD)的阶跃响应曲线

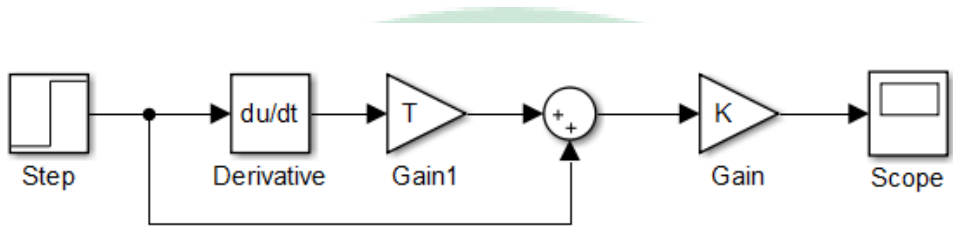

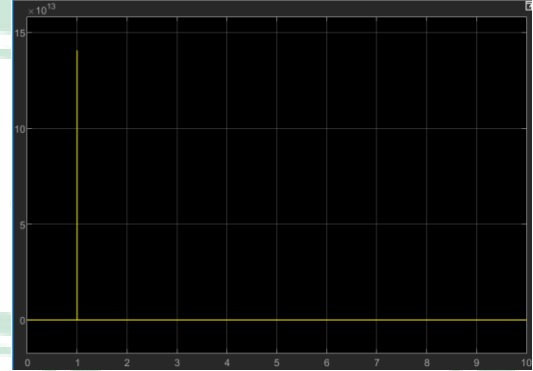
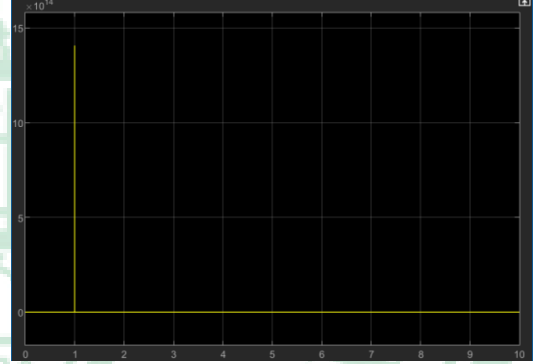


图 6：比例微分环节的 Simulink 建模

该电路的传递函数为： $G(s)=\frac{L(c(t))}{L(r(t))}=K(Ts+1), K=-\frac{R_2}{R_1}, T=R_2C_1$

表 6：比例微分环节阶跃响应及其特性参数数据记录表

| 比例微分环节 电路参数 | K 的 取值 | T 的 取值 | 传递函数 $G(s)$ | 阶跃响应曲线 |
|---|----------------|----------------|----------------|--------|
| $R_1=R_2=100k\Omega$, $C_2=0.01\mu F$, $C_1=0.1\mu F$ | 1 | 0.0 1 | $0.01s+$ 1 | |

| | | | | |
|---|---|-----|----------|---|
| $R_1=R_2=100k\Omega$, $C_2=0.01\mu F$, $C_1=1\mu F$ | 1 | 0.1 | $0.1s+1$ |  |
| $R_1=R_2=100k\Omega$, $C_2=0.01\mu F$, $C_1=10\mu F$ | 1 | 1 | $s+1$ |  |
| $R_1=R_2=100k\Omega$, $C_2=0.01\mu F$, $C_1=100\mu F$ | 1 | 10 | $10s+1$ |  |



结果分析：

当输入为单位阶跃响应时，系统响应为一个脉冲，且随着 T 值增大，响应脉冲峰值增大。

6) 实验结果及心得

学会了各种响应曲线的 Matlab 模拟，并学会快速在 simulink 用搜索模块直接搜索召唤，比一个一个拖动出来，有效率多。

7) 拓展思考

1. 用运算放大器模拟典型环节时，其传递函数是在哪两个假设条件下近似导出的？

运算放大器的传递函数在以下两个假设条件下近似导出：

(1) 理想运算放大器模型假设：假设运算放大器的增益无限大，输入电流为零（即输入端没有电流流入），同时电压差为零（负反馈下，同相输入端和反相输入端的电压相等）。

(2) 频率响应假设：假设运算放大器的频率响应是理想的，即其带宽足够大，系统在所关心的频率范围内不会失真，忽略运放的相位延迟和增益滚降。

2. 怎样选用运算放大器？输入电阻、反馈电阻和同相端电阻如何匹配？

- 运算放大器选择：选择运算放大器时，需要考虑其带宽、增益

带宽积、输入偏置电流、输入失调电压、噪声性能、功耗等参数，以确保其能满足所设计电路的需求。

- 输入电阻、反馈电阻和同相端电阻的匹配：
 - 输入电阻：应尽可能高，以确保电路能接受高阻抗信号输入，同时避免电路负载影响输入信号。
 - 反馈电阻：应根据传递函数设计，确保运算放大器的反馈环路稳定，反馈电阻大小决定放大倍数（增益）。
 - 同相端电阻：如果运算放大器工作在差分模式下，应在同相端输入匹配一个等值电阻，避免失调电压和输入偏置电流引起的不平衡。

3. 在什么条件下，惯性环节可以近似地看作积分环节？在什么条件下，又可以近似地看作比例环节？

<1> 惯性环节近似为积分环节：当惯性环节的时间常数 T 足够大（相比于输入信号变化速率），即 $T \rightarrow \infty$ 时，惯性环节的输出变化速度变得极其缓慢，系统对输入的反应类似于积分环节，表现为对输入变化的累积效应，输出不断增长。

<2> 惯性环节近似为比例环节：当惯性环节的时间常数 T 足够小（相比于输入信号变化速率），即 $T \rightarrow 0$ 时，惯性环节的延迟效应可以忽略，系统近似表现为无滞后的比例环节，输出几乎瞬时跟随输入变化。

4. 如何根据阶跃响应的波形，确定积分环节和惯性环节的时间常数？

(1) 积分环节：对于积分环节，其阶跃响应曲线表现为线性增长的趋势。时间常数 T 对应于曲线的斜率，即输出变化的速度。较大的 T 会导致输出增长较慢，而较小的 T 则对应更快的增长速度。

(2) 惯性环节：惯性环节的阶跃响应为一个平滑的上升曲线，其响应曲线为一阶系统的响应。时间常数 T 决定了系统达到稳态的速度。通过观察响应曲线从初始值上升到稳态值的 63.2% 处所花费的时间，可以确定时间常数 T 。