

哈尔滨工业大学飞行器控制实验教学中心

自动控制理论（1）实验 指导书

实验二 控制系统的时域分析

项目 1 一阶系统的仿真及时域分析

一、实验目的

- 1、理解一阶系统的组成和结构
- 2、掌握一阶系统的电路模拟方法
- 3、掌握一阶系统的 Matlab/Simulink 半实物仿真方法

二、实验内容及步骤

一阶系统是指传递函数是一阶的控制系统，或者说，是以一阶微分方程作为运动方程的控制系统。一阶系统是最简单的一类控制系统，工程实践中的许多控制系统是一阶的，有些高阶系统的特性常用一阶系统的特性近似表征。

1、一阶系统的传递函数为：

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

开环传递函数为：

$$G(s) = \frac{1}{Ts} \quad (1-2)$$

其中，T 取值为： 0.1、 0.2、 0.5。

考虑一阶系统为单位负反馈系统，则其开环传递函数即为前向通路的传递函数，系统结构图如图 1 所示。

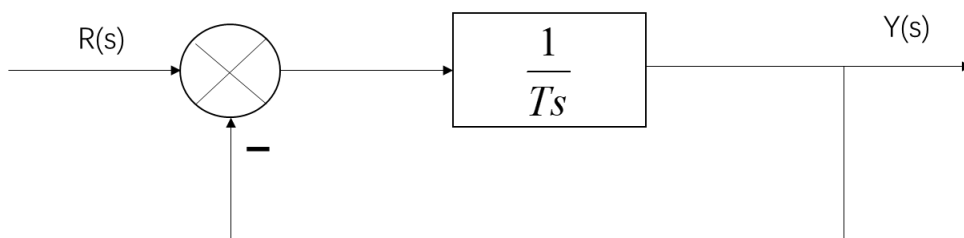


图 1 一阶系统结构图

可知，一阶系统的前向通路由积分环节组成，将其当作半实物仿真时需要搭建的控制对象，可用如图 2 所示的模拟电路来实现。

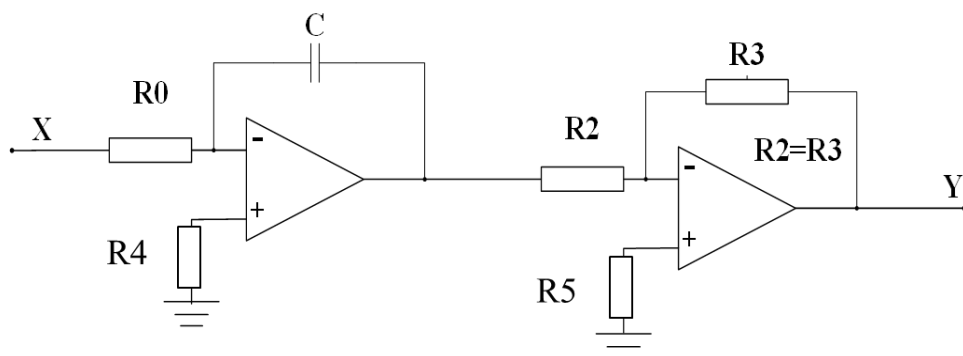


图 2 一阶系统前向通路的模拟电路

电路中电阻和电容的数值，需要根据 T 的取值来选取，可供选择的电阻：10K, 100K, 200K, 300K，以及实验箱上的可变电阻；电容：105（1 μ F），106（10 μ F）。

2、基于 Matlab/Simulink 库函数中的运放、阻容器件，在 Simulink 中建立一阶系统闭环仿真模型，时间常数 T 分别取不同的值：0.1、0.2、0.5，并对模型进行测试。（仿真模型建立和测试过程与实验一类似，注意仿真模型为闭环，需要在 Simulink 中使用运放和电阻来构成单位负反馈通路）

3、在实验箱的“控制对象构建区”，使用运算放大器、电阻、电容器件，以及实验箱上的可变电阻，在面包板上搭建一阶系统的开环传递函数对应的电子线路（积分环节），令时间常数 T 分别为：0.1、0.2、0.5。

4、基于 Matlab/Simulink 和一阶系统的开环传函电子线路，组成闭环系统，进行半实物仿真实验，输入信号选为阶跃信号，取不同的时间常数 T 分别为：0.1、0.2、0.5，观测系统的阶跃响应，并测量动态过程持续时间 t_s （5%误差）。（仿真文件建立和参数设置与实验一类似，仿真系统为闭环，在仿真文件中实现闭环即可。）

三、实验结果记录

1、保存一阶系统在 simulink 建模仿真的模型框图以及响应图。（1个框图，3个响应图）

2、实物搭建的一阶系统电子线路的图片，并在下面表格中填

写所使用的电阻、电容的数值等。

	T=0.1	T=0.2	T=0.5
电阻R0			
电容C			
电阻R2			
电阻R3			
电阻R4			
电阻R5			
ts实测(5%)			

3、记录一阶系统在不同常数 T 下的半实物仿真阶跃响应图。(3 个响应图)

4、比较一阶系统 Simulink 建模仿真和半实物仿真实验结果的区别，分析误差的来源。

项目 2 二阶系统的仿真及时域分析

一、实验目的

- 1、理解二阶系统的组成和结构
- 2、掌握二阶系统的电路模拟方法
- 3、掌握二阶系统的 Matlab/Simulink 半实物仿真方法

二、实验内容及步骤

二阶系统是指传递函数是二阶的控制系统，或者说，是以二阶微分方程作为运动方程的控制系统。在控制工程实践中，二阶系统的应用极为普遍，而且不少高阶系统的特性在一定的条件下可用二阶系统的特性来表征

- 1、二阶系统的传递函数为：

$$\Phi(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad (2-1)$$

令 $\omega_n = 1$, 此时对应的闭环传递函数为：

$$\Phi(s) = \frac{1}{s^2 + 2\xi s + 1} \quad (2-2)$$

对应的开环传递函数为：

$$G(s) = \frac{\frac{1}{2\xi}}{s(\frac{1}{2\xi}s + 1)} \quad (2-3)$$

其中， ξ 的取值分别为 0.25, 0.5 和 0.707。

考虑二阶系统为单位负反馈系统，则其开环传递函数即为前向通路的传递函数，如图 3 所示

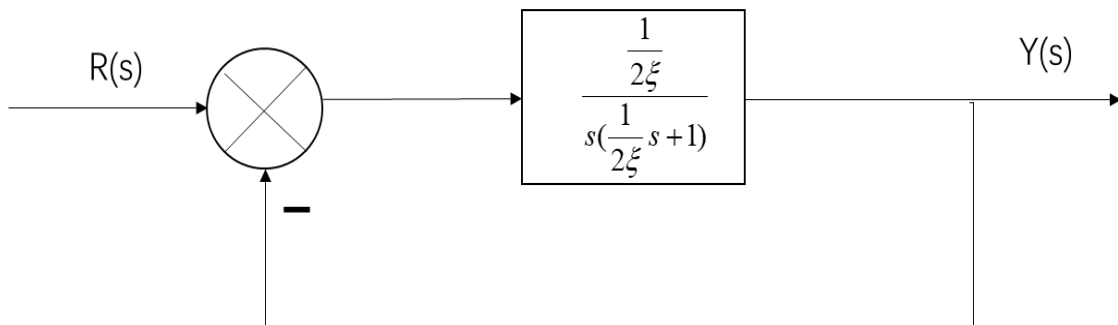


图 3 二阶系统结构图

可知，二阶系统的前向通路可看成由积分环节和惯性环节构成，将其当作半实物仿真时需要搭建的控制对象，可用如图 4 所示的模拟电路来实现：

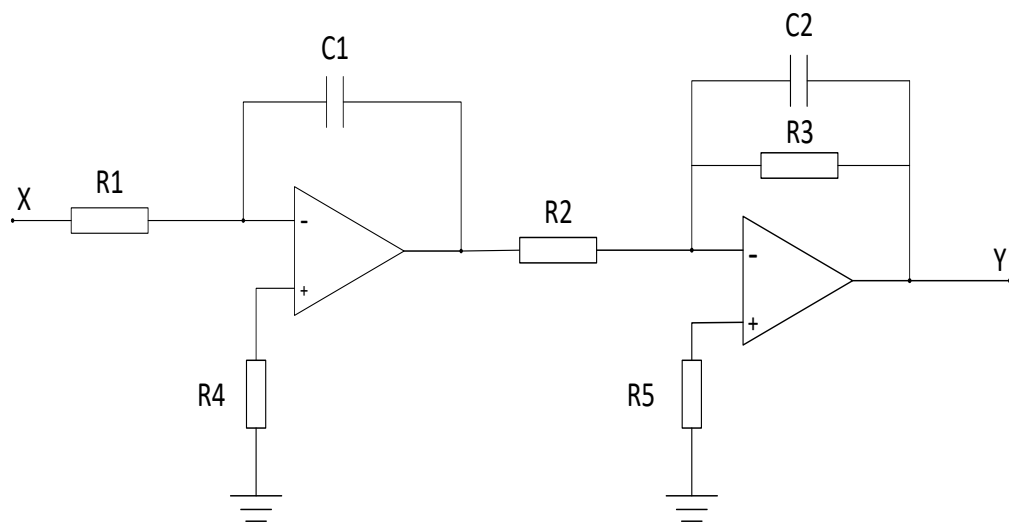


图 4 二阶系统前向通路的电路

其中，电阻和电容的数值，需要根据 ξ 的取值来选取，可供选择的电阻：10K,100K,200K,300K，以及实验箱上的可变电阻，电容：105（1uF），106（10uF）。

2、基于 Matlab/Simulink 库函数中的运放、阻容器件，在 Simulink 中建立二阶系统闭环仿真模型，并对不同 ξ 的取值情况下的系统进行测试，记录对应的响应图。（仿真模型建立和测试过程与实验一类似，注意仿真模型为闭环，需要在 Simulink 中使用运放和电阻来

构成单位负反馈通路)

3、在实验箱的“控制对象构建区”，使用实验箱上的可变电阻，以及运算放大器、电阻、电容器件，在面包板上搭建二阶系统开环传递函数对应的电子线路，来实现 3 种 ξ 取值：即 0.25, 0.5 和 0.707，并将选择的电阻和电容的数值填到实验结果的表格中。

4、基于 Matlab/Simulink 和二阶系统的开环传函电子线路，组成二阶闭环系统，进行半实物仿真实验，输入信号设置为阶跃信号，仿真步长设置为 15，分别测试系统 ξ 等于 0.25, 0.5 和 0.707 时的阶跃响应及时域性能指标 σ 和 T_s 。（仿真文件建立和参数设置与实验一类似，仿真系统为闭环，在仿真文件中实现闭环即可。）

三、实验结果记录

1、保存二阶系统在 simulink 建模仿真框图及响应图（1 个框图，3 个响应图）

2、保存二阶系统实物搭建的电子线路的图片（1 个）

3、保存二阶系统在不同阻尼比 ξ 情况下的半实物仿真阶跃响应图（3 个），并测量阶跃响应的超调量和调整时间，填入下面表格

ξ	0.25	0.5	0.707
R1			
C1			
R2			
C2			
R3			
$\sigma\%$ 实测			
$\sigma\%$ 理论			
T_s 实测(5%)			
T_s 理论(5%)			

4、分析随着阻尼比的增加，二阶系统的阶跃响应特性有何变化？

