

# 《控制理论综合实验》

## 实验指导书

人工智能与自动化学院

实验教学中心

华中科技大学

2025 年 3 月

# 实验一 控制系统的电子模拟实验

## 一、 实验目的

- 1、熟悉教学模拟机的工作原理及组成，掌握示波器的使用方法；
- 2、掌握典型环节模拟电路的构成方法；
- 3、观察和记录典型环节的阶跃响应，分析其动态性能；
- 4、了解参数变化对典型环节动态性能的影响，并学会由阶跃响应曲线计算典型环节的传递函数。



## 二、 实验仪器及设备

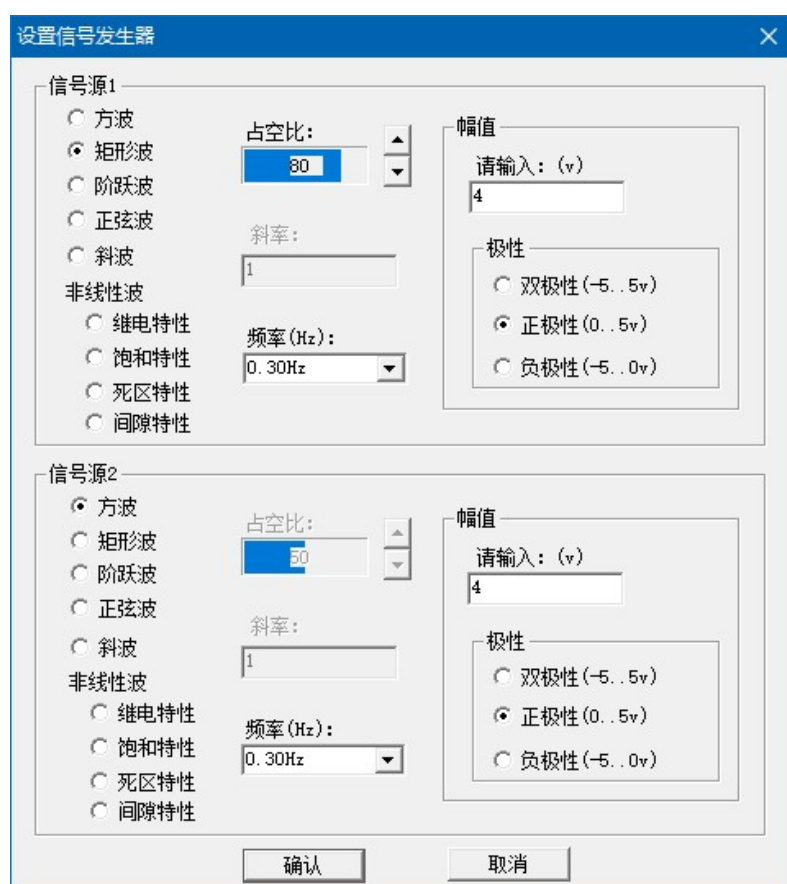
- 1、STAR ACT 教学模拟机
- 2、数字示波器

## 三、 实验内容及步骤

- 1、本次实验使用的面板区域及端口说明：

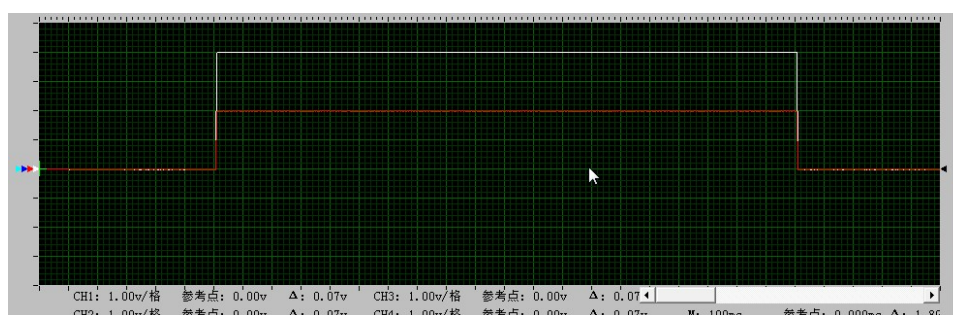
该说明适用于后面所有实验。


- 1) **B3 区**：信号源区，主要使用的端口有：**xOUT1~2**（信号源输出），**CH1~4**（虚拟示波器接口输入）。该装置信号发生器由软件产生，找到桌面图标，双击打开实验软件，点击菜单“示波器/设置信号源”（或点击工具栏图标）可以进行信号发生器设置（以后的实验均会使用该信号源界面）。如下图所示。



本次实验推荐使用的信号源为幅值为 1v，宽度为 1s 的方波信号。

- 2) **D1, D2, D3, D4, E1, E2, E3 区域**: 运算放大器区域。使用这些区域里面的电阻电容来构成本实验中的各个典型环节。主要有五个端口构成: H1, H2, IN 端口为区域的输入端口; OUT 口为区域输出端口; S 标号的端口为短路端口, 连接短路套后该条线上的电阻和电容将被接入电路。每个区域配备了多个输入、反馈电阻和电容, 另外, 每个区域都配备了一个可调输入电阻, 蓝色旋钮的功能为可调电阻的调节旋钮。
- 3) **C1**: 手动阶跃信号控制区域。将该区域黑色拨动开关拨上, 利用旋钮可以产生  $(-5\text{V}) - (+5\text{V})$  的阶跃信号; 拨动开关拨下, 产生  $0 - (+10\text{V})$  阶跃信号。
- 4) **C2, C3, C4**: 反向器。比例为 1 的比例环节, 可以实现信号反向。
- 5) **D5**: 独立电容, 可调电阻区域。**特别注意**: 任何 D1, D2, D3, D4, E1, E2, E3 区域中的区域中的电阻和电容不可独立使用, 如果有在电路中接入单独的电容或电阻的要求, 请使用 D5 区域的元件。
- 6) **D6**: 短路套。用于将电阻或电容接入电路。
- 7) **B1**: 电源显示模块。该模块提供接地端口 GND, 使用数字示波器的时, 通道的接地请接此端口。打开实验仪器左侧面电源开关, 该区域中 4 个电压指示灯全部亮起, 说明电源工作正常。
- 8) **关于示波器的使用说明**: 本装置内置了虚拟示波器, B3 区的 CH1~4 端口, 虚拟示波器也在实验软件打开, 其示波图形如下:



点击菜单项“示波器/设置”(或点击工具栏图标)可打开虚拟示波器的设置界面。可以设置纵横坐标的精度。

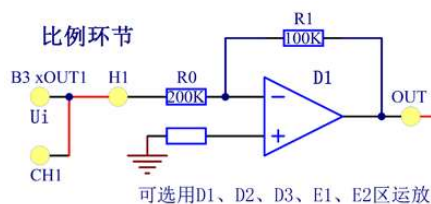
说明: 实验波形也可以使用“实体数字示波器”来观看, 在调整电路参数的时候会实时得到响应波形, 建议实验过程中使用数字示波器来观看波形(如果使用数字示波器, 通道接地请接 B1 区域的 GND 接地端口)。

- 2、选择面板上一个运算放大器, 拔去该区域内不用的导线和短路套;
- 3、按照每个环节的电路图连接电路;
- 4、接通电源, 通过“虚拟示波器”或“数字示波器”查看输出结果并记录;
- 5、注意, 除了**测量惯性环节的时间常数**外, 其他环节只记录参数变化后输出波形的变化即可, 不要求测量具体数据。注意, 请将输入信号波形与输出波形一起记录。

各环节电路及连线如下所有, 请完成每一个典型环节的基础操作实验。(1) 比例环节中讲述的本次实验的详细操作步骤, 其他环节类似处理。其他环节都将只给出电路图和接线表及实验要求, 具体操作部分参见(1)描述。

说明, 每个环节后面可以再接一个比例为 1 的比例环节, 可以实现信号反向, 使用 C2, C3, C4 区域模块完成。

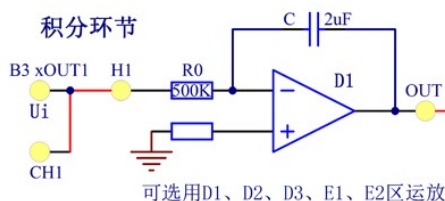
### (1) 比例环节



B3 区: xOUT1	--	D1 区: H1
D1 区: OUT	--	B3 区: CH2 (或数字示波器)
B3 区: xOUT1	--	B3 区: CH1 (或数字示波器)
安装短路套	--	D1 区: S4

- 按照上图和上表连接号电路;
- 分别安装 S10 短路套 (接入 R1 为 100k) 和 S12 (接入 R1 为 500k) 短路套 (也可以连接其他), 查看 R1 变化时候的输出;
- 运行、观察、记录:
  - 选择线性系统时域分析 / 典型环节的模拟研究-比例环节, 点击工具条上“设置”。
  - 确认信号参数默认值后, 点击工具栏上“启动虚拟示波器”, 记录波形。注意: 如果使用的是数字示波器也需要点击“启动虚拟示波器”按钮, 数字示波器上会出现输出波形, 而虚拟示波器界面不会出现输入输出波形。

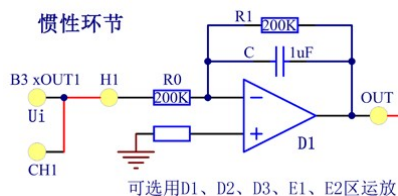
## (2) 积分环节



B3 区: xOUT1	--	D1 区: H1
D1 区: OUT	--	B3 区: CH2 (或数字示波器)
B3 区: xOUT1	--	B3 区: CH1 (或数字示波器)
安装短路套	--	D1 区: S5、S13、S14 (编号)

要求: 分别改变电容 C 值为, 记录输出响应。

## (3) 惯性环节

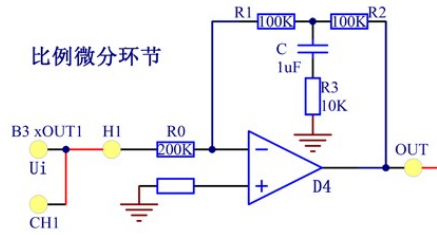


B3 区: xOUT1	--	D1 区: H1
D1 区: OUT	--	B3 区: CH2 (或数字示波器)
B3 区: xOUT1	--	B3 区: CH1 (或数字示波器)
安装短路套	--	D1 区: S4、S11、S13 (编号)

记录和测量下表三种情况下的输出波形和时间常数

C=1 $\mu$ , R=200 K	C=2 $\mu$ , R=200 K	C=1 $\mu$ , R=100 K
---------------------	---------------------	---------------------

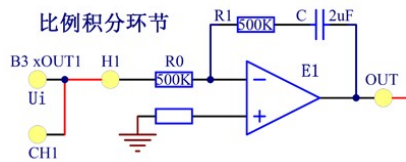
(4) 比例微分环节



B3 区: xOUT1	--	D4 区: H1
D4 区: OUT	--	B3 区: CH2 (或数字示波器)
B3 区: xOUT1	--	B3 区: CH1 (或数字示波器)
安装短路套	--	D4 区: S4、S8、S9 (编号)

要求：分别改变 R0 的阻值为 200k 和 500k，记录波形。

(5) 比例积分环节

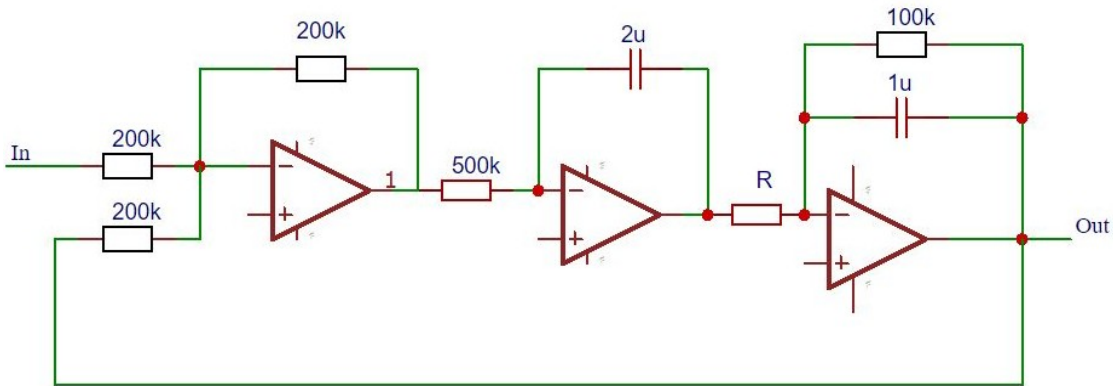


B3 区: xOUT1	--	E1 区: H1
E1 区: OUT	--	B3 区: CH2 (或数字示波器)
B3 区: xOUT1	--	B3 区: CH1 (或数字示波器)
安装短路套	--	E1 区: S5、S8、S9 (编号)

要求，分别改变电容值为，并记录输出响应。

(6) 振荡环节

试根据下图连接电路。



注意：R 使用 D5 区中的阻容元件库（0~999.9K）

分别更改 R 的值为 400K，40K，4K，分别记录三种情况下的输出波形。

#### 四、 实验报告要求

- 1、 求出各个典型环节的传递函数；
- 2、 整理实验记录，说明各环节的参数变化对其输出响应的影响；
- 3、 解释实验中出现的现象，将实验结果与理论结果进行比较分析。

#### 五、 思考题

- 1、 实验中阶跃信号的幅值和宽度（高电平）应如何考虑为宜？
- 2、 积分环节和惯性环节的主要差别是什么？在什么条件下惯性环节可视为积分环节？能否通过实验来验证？
- 3、 如何通过实验测定惯性环节的时间常数？将测定的结果与理论值进行比较。