



院(系): 智能工程学院

组号: 第六组

组长: 张瑞程

日期: 2024.11.21

实验名称: 基于 NI ELVIS 的线性系统校正

## 实验十-基于 NI ELVIS 的线性系统校正

### 一、实验目的

A. 掌握设计串联校正网络的方法以及实现方法。

B. 通过比较校正前、后系统的性能指标,验证设计的校正网络是否能使校正后系统满足性能指标的要求。

### 二、小组成员

1. 张瑞程: 22354189
2. 钟镇宇: 22354205
3. 孙大伟: 22354115

### 三、实验任务

(1) 给定待校正系统,要求设计串联校正网络,使校正后系统的动态性能指标为:  $\sigma\% \leq 25\%$ ,  $t_s \leq 1s(\Delta = 2\%)$ 。

(2) 根据未校正系统的传递函数,计算其时域性能指标,并与所要求的系统性能指标相对比。

(3) 根据上述结果对比,设计串联校正网络,并计算校正后系统的时域性能指标。

(4) 根据模拟电路图,分别对校正前和校正后的线性系统进行实物连线,观察并记录二者在阶跃信号作用下的响应曲线,并测量系统的各项时域性能指标。

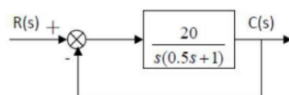
### 四、实验设备

1. 笔记本电脑——Windows 11
2. MATLAB——R2023b
3. ELVIS III 主机
4. CCG 实验拓展板卡
5. CCB 实验程序 (LabVIEW)

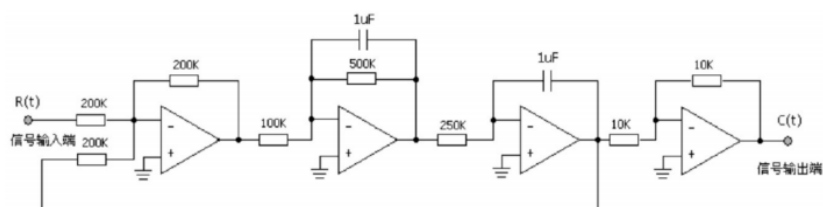
## 五、 实验原理

➤ 未校正系统：

• 方框图：



• 模拟电路：



• 开环传递函数：

$$G(s) = \frac{K}{s(T_m s + 1)} = \frac{20}{s(0.5s + 1)} \Rightarrow K = 20, T_m = 0.5$$

• 闭环传递函数：

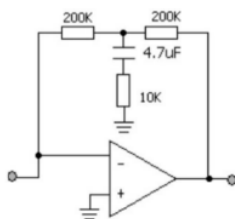
$$\Phi(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} = \frac{40}{s^2 + 2s + 40} \Rightarrow \begin{cases} \omega_n = \sqrt{\frac{K}{T_m}} = 6.32 \\ \zeta = \frac{1}{2\sqrt{T_m K}} = 0.158 \end{cases}$$

➤ 串联超前校正网络设计：

- 串联超前校正可以利用超前校正网络的相角超前特性，使系统中频段频率范围增大，从而使系统相角裕度增大，动态过程超调量下降；并使系统幅穿频率增大，从而使闭环系统带宽也增大，响应速度也加快。
- 本实验中，根据系统动态性能的要求，可设计如下超前校正装置，其传递函数为：

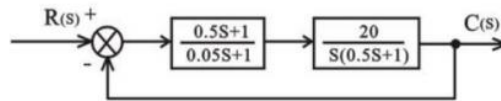
$$G_c(s) = \frac{0.5s + 1}{0.05s + 1}$$

• 校正装置模拟电路如下：

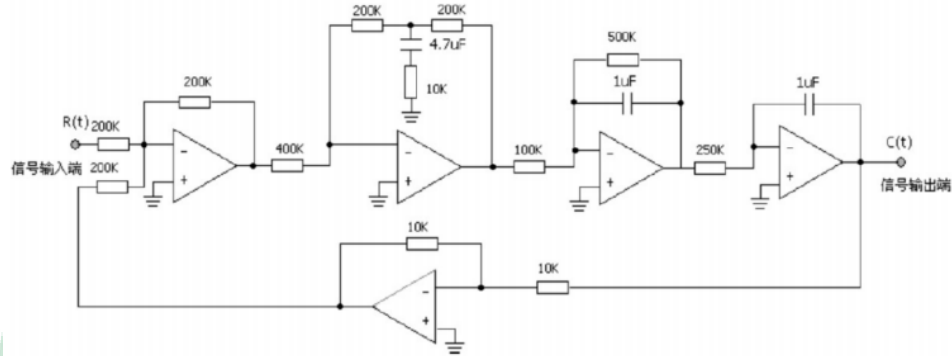


➤ 已校正系统：

- 方框图：



- 模拟电路：



- 开环传递函数：

$$G(s) = \frac{K}{s(T_m s + 1)} = \frac{20}{s(0.05s + 1)} \Rightarrow K = 20, T_m = 0.05$$

- 闭环传递函数：

$$\Phi(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} = \frac{400}{s^2 + 20s + 400} \Rightarrow \begin{cases} \omega_n = \sqrt{\frac{K}{T_m}} = 20 \\ \zeta = \frac{1}{2\sqrt{T_m K}} = 0.5 \end{cases}$$

## 六、 实验过程

### 1. 线性系统校正实验步骤：

(1) 打开程序“实验 5 线性系统的频率响应实验”

• 程序位置：...\\自动控制原理课程实验套件\\实验 4 线性系统的校正实验\\实验代码

• 打开界面如图 1 所示

• 双击打开 Main.vi，并单击程序运行按钮，运行界面如图 2 所示

## 自动控制原理实验报告

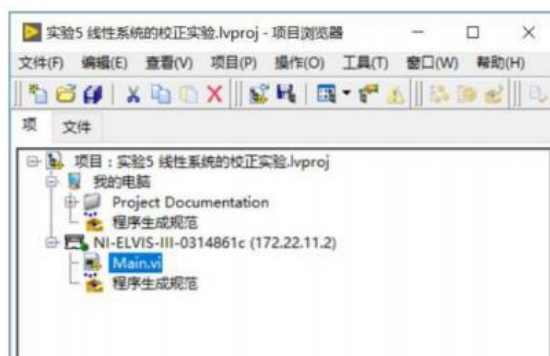


图1. 程序打开界面

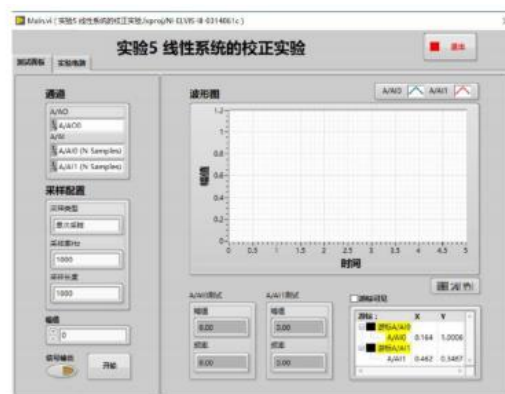


图2. 程序运行界面

(2) 关闭电源，根据一阶惯性系统模拟电路图或实物连线示意图 3 进行接线(请勿带电操作)，并按照图 4 进行软件设置。

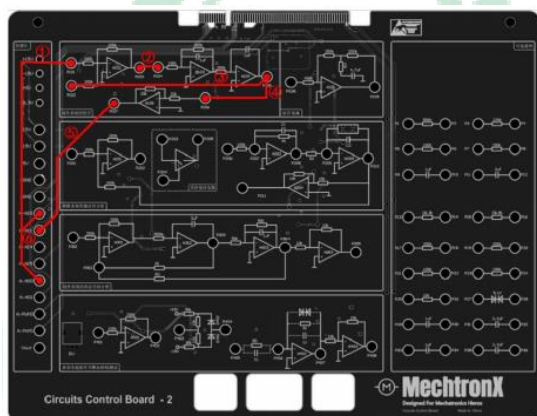


图3. 未校正系统实物连线示意图



图4. 软件设置



未校正系统实物连线图

(3) 打开电源，点击开始按钮，运行程序并截图保存未校正系统的实验结果，并填写表 1。

(4) 关闭电源，根据已校正系统模拟电路图或实物连线示意图 5 进行接线(请勿带电操作)，并按照图 6 进行软件设置。

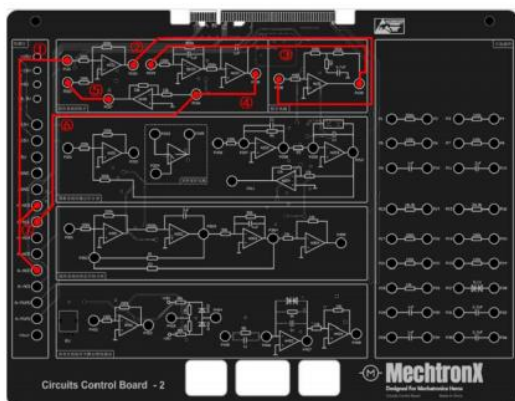
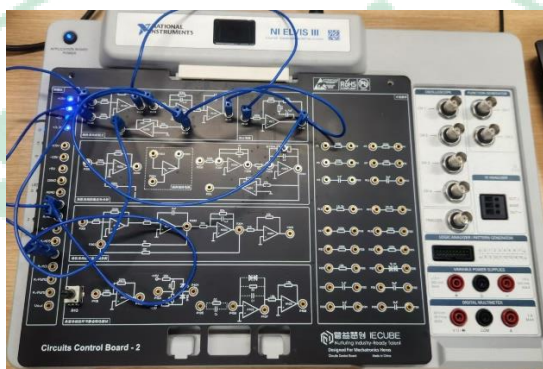


图5. 已校正系统实物连线示意图



图6. 软件设置



已校正系统实物连线图

(5) 打开电源，点击开始按钮，运行程序并截图保存已校正系统的实验结果，并填写表 3。

(6) 点击结束按钮，结束实验。

(7) 关闭 ELVIS III 试验台电源，并整理好导线。

**任务 1:** 给出未校正系统在单位阶跃输入作用下的时域响应曲线，计算时域性能指标，并填入表 1。

**任务 2:** 给出已校正系统在单位阶跃输入作用下的时域响应曲线，计算时域性能指标，并填入表 1。

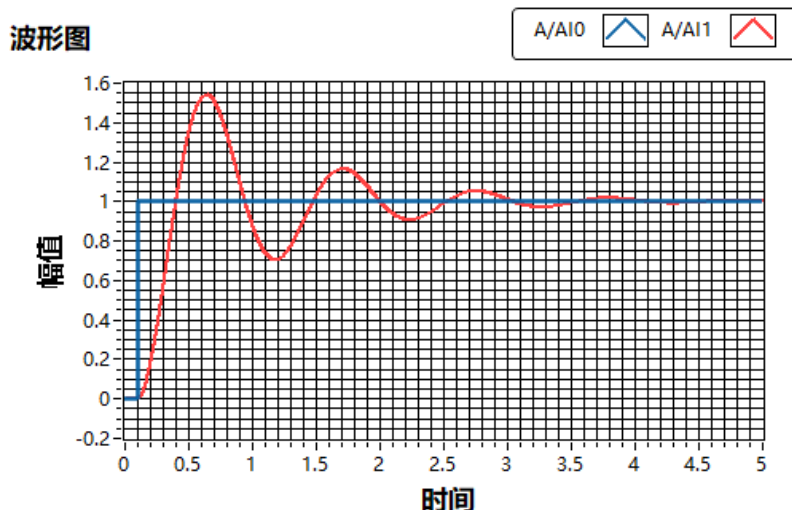
**任务 3:** 将计算和测得的结果记录于表 1 中；

表 1

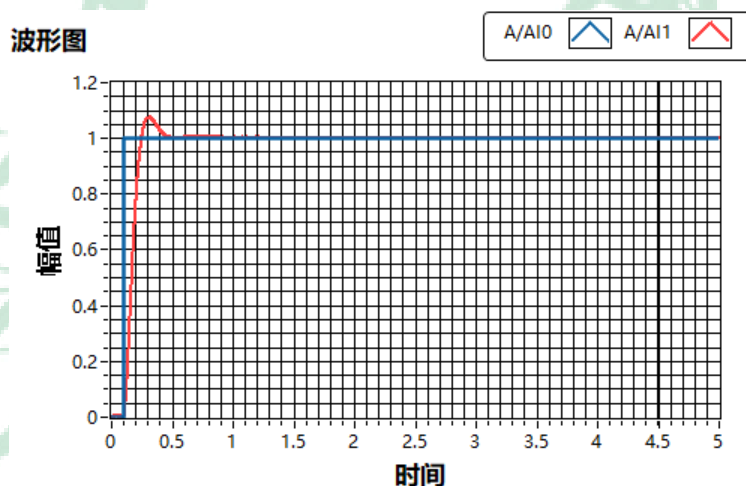
系统	超调量 $\sigma\%$		峰值时间 $t_p$		调节时间 $t_s$ ( $\Delta = 2\%$ )		静态误差系数 $K_v$	
	计算值	测量值	计算值	测量值	计算值	测量值	计算值	测量值
未校正系统	60.49%	54.04%	0.503s	0.541s	4.406s	3.428s	20	20
已校正系统	16.3%	7.67%	0.181s	0.242s	0.44s	0.412s	20	20

未校正系统阶跃响应：





已校正系统阶跃响应:



**任务 4:** 分析校正前、后系统动态特性的变化情况，说明串联超前网络对系统进行超前校正时所起的作用。

串联超前校正网络的核心作用是通过优化频率特性，改善系统的动态响应性能。其一方面通过增加相角裕度提升系统稳定性，减少超调量；另一方面通过提升截止频率和带宽，增强系统的快速响应能力。在实际工程应用中，这种校正方法尤其适用于需要在动态响应速度和稳定性之间取得平衡的控制系统设计。

通过观察表 1 中未校正系统与已校正系统的动态性能指标数值，以及未校正系统和已校正系统的单位阶跃响应，可以明显看出校正后的系统动态特性得到了显著改善：

#### 1. 动态性能指标的对比：

**超调量：**校正后系统的超调量显著减小，说明系统在响应过程中波动幅度降低，更趋于平稳。这反映了系统的阻尼特性得到了优化，振荡现象得到有效抑制。

**峰值时间：**校正后的峰值时间缩短，表明系统达到峰值响应的速度加快，体

现了更高的响应速度。

**调节时间：**调节时间减小，表明系统从初始状态到达稳态的时间减少，系统的动态响应效率得到提升。

**稳态误差：**校正前后的稳态误差保持不变，说明串联超前校正网络对稳态性能没有影响，仅仅改善了动态性能。

### 2. 单位阶跃响应的对比：

未校正系统的单位阶跃响应表现出较大的波动，响应过程较为激烈，存在明显的振荡现象。校正后的系统单位阶跃响应曲线变得更加平滑，振荡幅度和频率均显著降低，系统的稳定性得到了显著提高。同时，响应时间缩短，系统在更短时间内趋于稳态，反应更为快速。

### 3. 串联超前校正网络的作用：

**相角裕度↑** 串联超前校正网络通过在系统开环频率特性的截止频率附近提供最大超前角，增加了系统的相角裕度。相角裕度的提升直接提高了系统的稳定性，降低了振荡的可能性。

**截止频率↑** 超前网络增加了系统的截止频率，使得校正后的系统能够处理更高频率的信号，从而扩展了闭环系统的带宽。带宽的增加意味着系统对输入信号的响应速度更快，动态性能显著改善。

**系统动态性能↑** 超前校正有效提高了系统的抗干扰能力，使系统在动态运行中能够迅速跟踪输入变化，同时避免了过大的超调和较长的调节时间，提升了综合响应性能。

整体而言，串联超前校正不仅改善了系统的动态性能指标，还有效平衡了系统的快速性和稳定性，使校正后的系统更符合工程应用的实际需求。

## 七、实验心得

通过上述实验，我们可以得到以下结论：

1. 串联超前校正网络能够有效地减小系统的超调量，峰值时间与调节时间，从而使得系统更稳定。
2. 串联超前校正的目的是改善系统的动态性能。通过加入超前校正环节，利用其相位超前特性来增大系统的相位裕度，改变系统的开环频率特性。
3. 串联超前校正网络的设计需要适合当前系统，特别是不能改变系统的稳态响应，这样的设计才是有效的。