实验四　开环增益与零极点对系统性能的影响

一．实验目的

1．研究闭环、开环零极点对系统性能的影响；
2．研究开环增益对系统性能的影响。

二．实验内容

1．观测原始系统响应波形，记录超调量σ%、峰值时间 tp 和调节时间 ts；
2．分别给原始系统在闭环和开环两种情况下加入不同零极点，观测加入后的系统响应波形，记录超调量σ%和调节时间 ts；
3．改变开环增益 K，取值 1，2，4，5，10，20 等，观测系统在不同开环增益下的响应波形，记录超调量σ%和调节时间 ts。

三．实验步骤

1．原始二阶系统

原始二阶系统模拟电路如图 4-1 所示，系统开环传递函数为：$\dfrac{K}{0.1s(0.2s+1)}$，

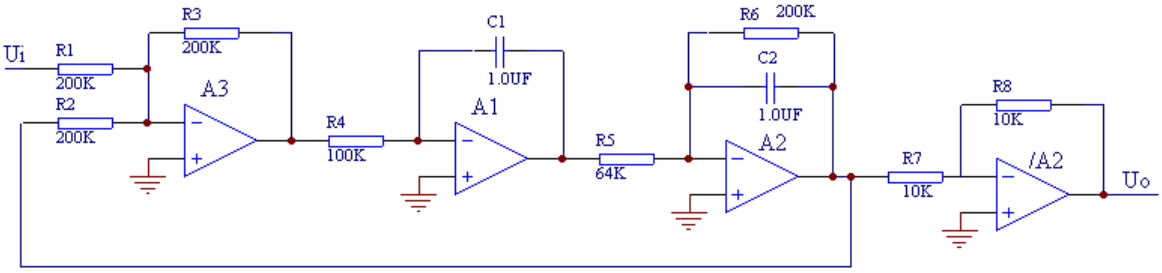


图 4-1 原始二阶系统模拟电路

（1）　连接虚拟示波器：

将实验电路 A2 的“$\overline{\text{OUT2}}$”与示波器通道 CH2 相连接。

（2）　输入阶跃信号，通过虚拟示波器观测原始二阶系统输出响应曲线，记录超调量σ%、峰值时间 tp 和调节时间 ts。

2．闭环极点对原始二阶系统的影响

给原始二阶系统加入闭环极点后的模拟电路如图 4-2 所示

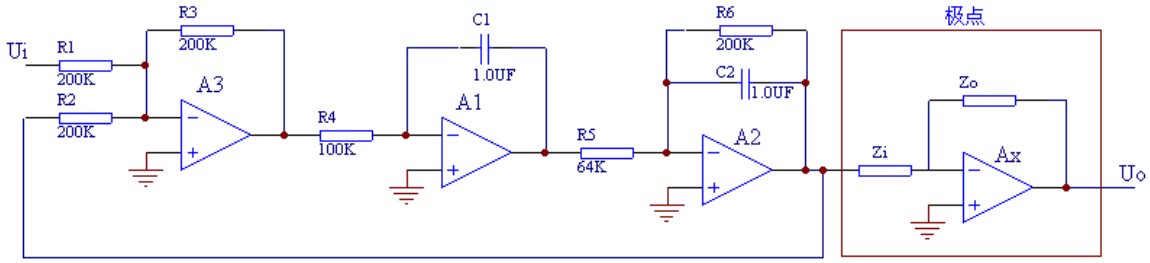
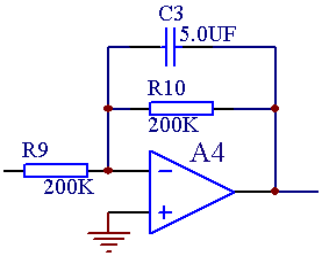
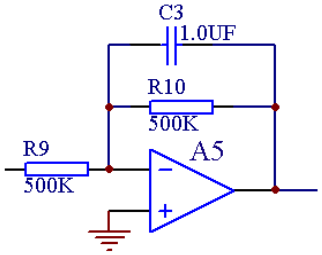
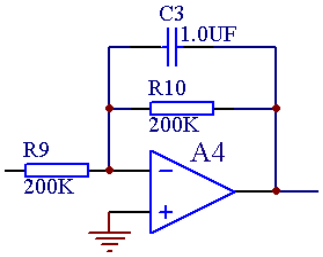
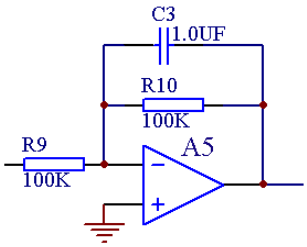
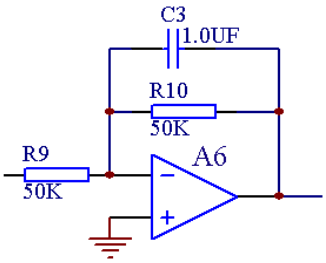
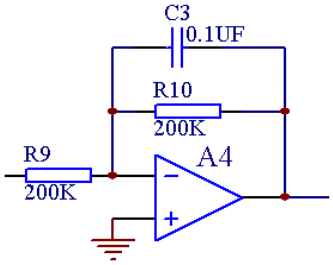


图 4-2 加入闭环极点的二阶系统模拟电路

请分别将下表中的极点环节加入到原始二阶系统中，记录阶跃响应曲线。

极点环节	极点传递函数	参数值	选择拨动开关
	$\frac{1}{(s+1)}$	R9=200K R10=200K C3=5.0uF	将 A4 的 S5、S14 拨至开的位置
	$\frac{2}{(s+2)}$	R9=500K R10=500K C3=1.0uF	将 A5 的 S4、S11 拨至开的位置
	$\frac{5}{(s+5)}$	R9=200K R10=200K C3=1.0uF	将 A4 的 S5、S13 拨至开的位置
	$\frac{10}{(s+10)}$	R9=100K R10=100K C3=1.0uF	将 A5 的 S5、S13 拨至开的位置
	$\frac{20}{(s+20)}$	R9=50K R10=50K C3=1.0uF	将 A6 的 S4、S15 拨至开的位置
	$\frac{50}{(s+50)}$	R9=200K R10=200K C3=0.1uF	将 A4 的 S5、S15 拨至开的位置

3．闭环零点对原始二阶系统的影响

原始二阶系统加入闭环零点后的模拟电路如图 4-3 所示

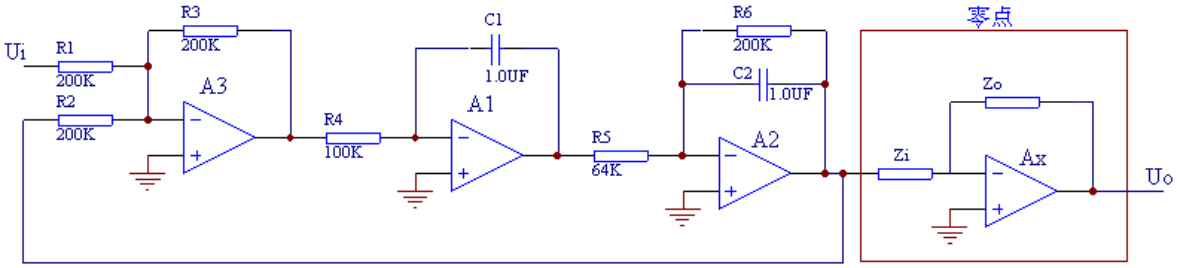
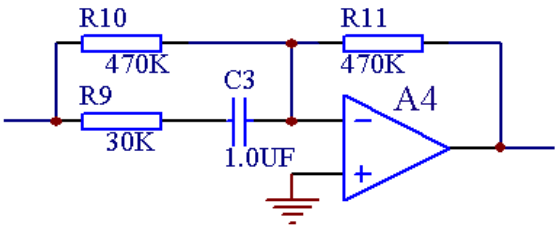
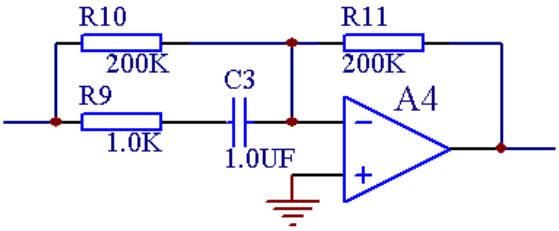
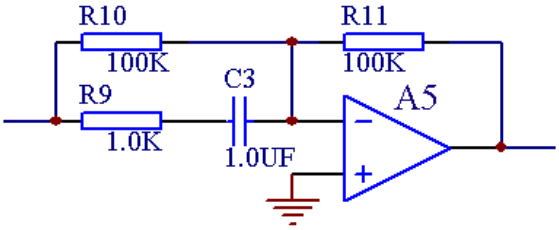
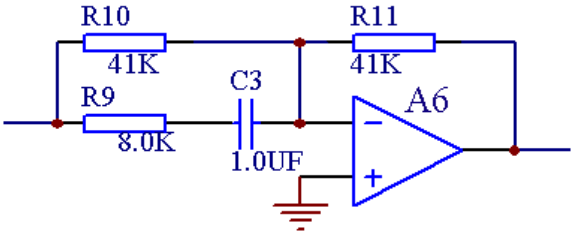
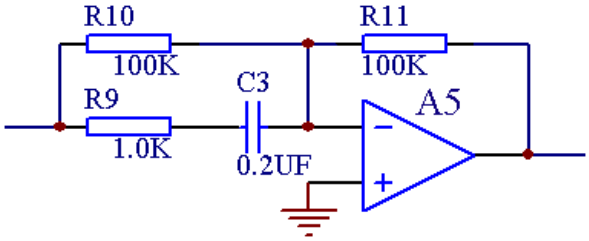


图 4-3 加入闭环零点的二阶系统模拟电路

请分别将下表中的零点环节加入到原始二阶系统中，记录阶跃响应曲线。

零点环节	零点传递函数	参数值	选择拨动开关
	$\frac{s+2}{2}$	R9=30K R10=470K R11=470K C3=1.0uF	将 A4 的 S3、S10 拨至开的位置
	$\frac{s+5}{5}$	R9=1.0K R10=200K R11=200K C3=1.0uF	将 A4 的 S4、S11 拨至开的位置
	$\frac{s+10}{10}$	R9=1.0K R10=100K R11=100K C3=1.0uF	将 A5 的 S2、S9 拨至开的位置
	$\frac{s+20}{20}$	R9=8.0K R10=41K R11=41K C3=1.0uF	将 A6 的 S1、S8 拨至开的位置
	$\frac{s+50}{50}$	R9=1.0K R10=100K R11=100K C3=0.2uF	将 A5 的 S3、S9 拨至开的位置

4．开环极点对原始二阶系统的影响

给原始二阶系统加入开环极点后的模拟电路如图 4-4 所示。

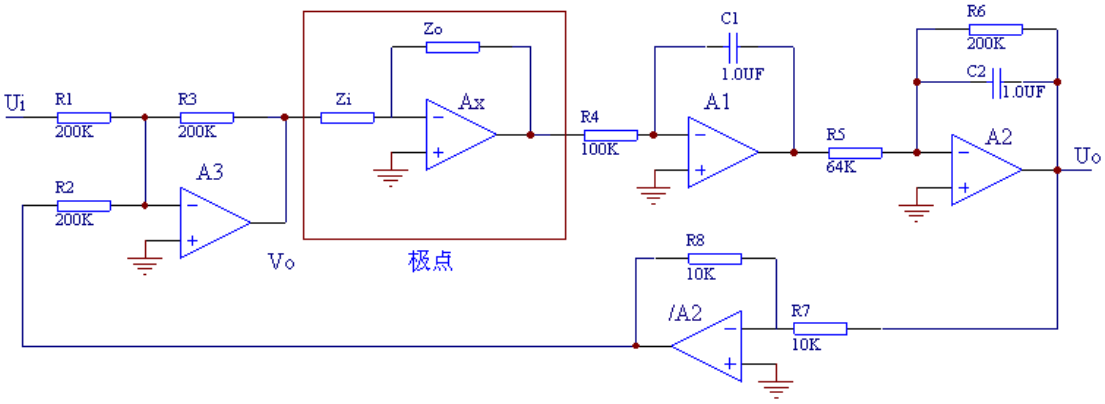
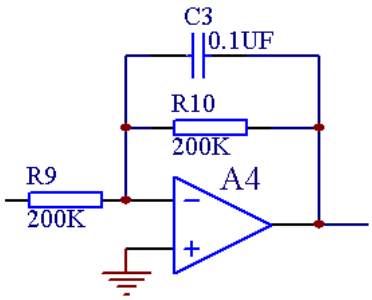


图 4-4 加入开环极点的二阶系统模拟电路

请分别将下表中的极点环节加入到原始二阶系统中。

极点环节	极点传递函数	参数值	选择拨动开关
	$\frac{50}{(s+50)}$	R9=200K R10=200K C3=0.1uF	将 A4 的 S5、S15 拨至开的位置

5．开环零点对原始二阶系统的影响

原始二阶系统加入开环零点后的模拟电路如图 4-5 所示。

（1） 设置阶跃信号源：

A．将阶跃信号区的选择开关拨至“0～5V”；

B．将阶跃信号区的“0～5V”端子与实验电路 A3 的“IN32”端子相连接；

C．按压阶跃信号区的红色开关按钮就可以在“0～5V”端子产生阶跃信号。

（2） 搭建加入开环零点的二阶系统模拟电路：

A．按照步骤 1 中的（1）、（2）搭建原始二阶系统；

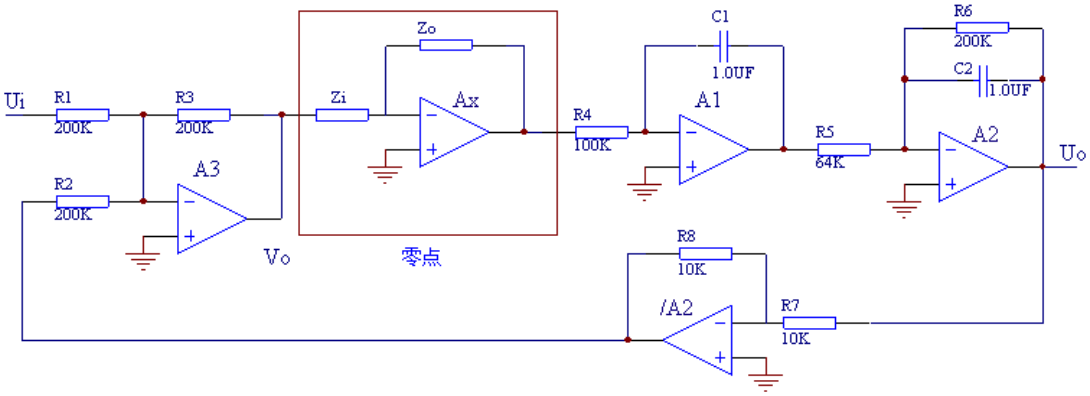
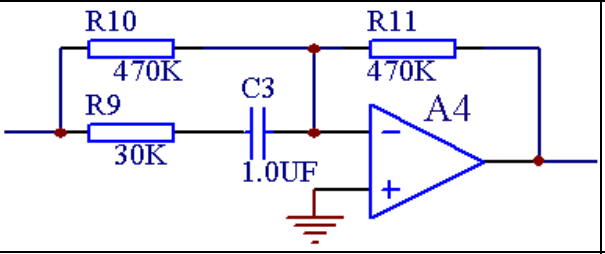
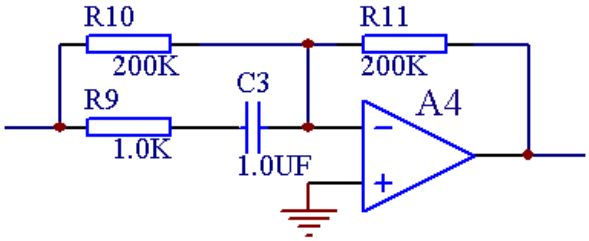
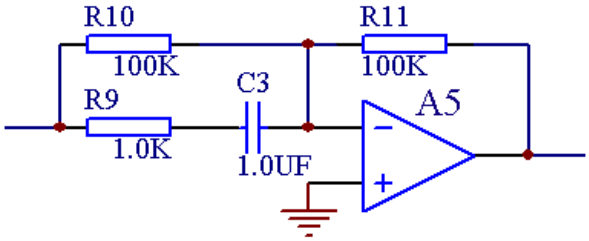
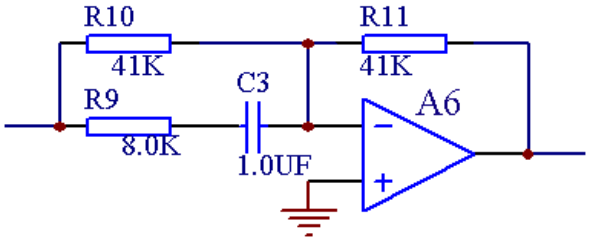
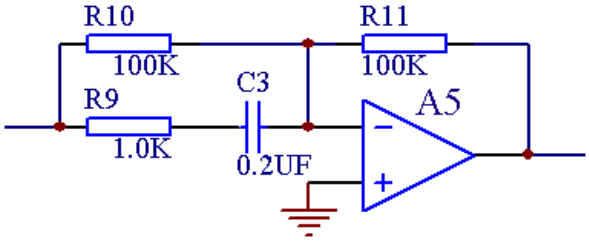


图 4-5 加入开环零点的二阶系统模拟电路

请分别将下表中的零点环节加入到原始二阶系统中，记录阶跃响应曲线。

零点环节	零点传递函数	参数值	选择拨动开关
	$\frac{s+2}{2}$	R9=30K R10=470K R11=470K C3=1.0uF	将 A4 的 S3、S10 拨至开的位置
	$\frac{s+5}{5}$	R9=1.0K R10=200K R11=200K C3=1.0uF	将 A4 的 S4、S11 拨至开的位置
	$\frac{s+10}{10}$	R9=1.0K R10=100K R11=100K C3=1.0uF	将 A5 的 S2、S9 拨至开的位置
	$\frac{s+20}{20}$	R9=8.0K R10=41K R11=41K C3=1.0uF	将 A6 的 S1、S8 拨至开的位置
	$\frac{s+50}{50}$	R9=1.0K R10=100K R11=100K C3=0.2uF	将 A5 的 S3、S9 拨至开的位置

6．开环增益 K 对二阶系统的影响

二阶系统模拟电路如图 4-6 所示，系统开环传递函数为：$\frac{K}{0.1s(0.1s+1)}$，K＝R6/R5，

当 R5=100K 时闭环传递函数为：$\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}=\frac{10^2}{s^2+10s+10^2}$， K＝1，$\zeta=0.5$，

$\omega_n=10$。在开环零点、极点保持不变的情况下，改变开环增益 K，系统的阻尼系数ζ和固有频率ω_n也将发生变化，系统的特性从而改变。

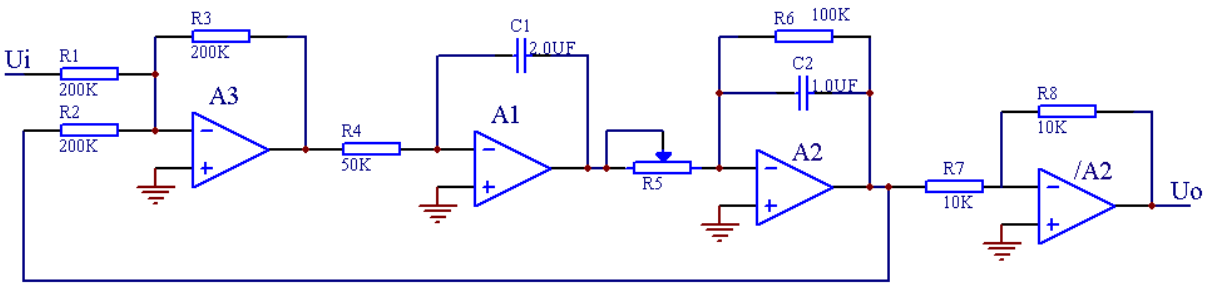


图 4-6 二阶系统模拟电路

K＝R6/R5，调节 R5 的阻值，使 K 分别取值：1，2，4，5，10，20

四．实验结果

根据实验结果填写下表

表 4.1 闭环极点对原始二阶系统的影响

极点传递函数	实测响应曲线	超调量 σ%		峰值时间 tp		调节时间 ts	
		理论值	实测值	理论值	实测值	理论值	实测值
$\frac{1}{(s+1)}$							
$\frac{2}{(s+2)}$							
$\frac{5}{(s+5)}$							
$\frac{10}{(s+10)}$							

$\frac{20}{(s+20)}$							
$\frac{50}{(s+50)}$							

表 4.2 闭环零点对原始二阶系统的影响

零点传递函数	实测响应曲线	超调量 σ %		峰值时间 tp		调节时间 ts	
		理论值	实测值	理论值	实测值	理论值	实测值
$\frac{s+2}{2}$							
$\frac{s+5}{5}$							
$\frac{s+10}{10}$							
$\frac{s+20}{20}$							
$\frac{s+50}{50}$							

表 4.3 开环极点对原始二阶系统的影响

极点传递函数	实测响应曲线	超调量 σ %		峰值时间 tp		调节时间 ts	
		理论值	实测值	理论值	实测值	理论值	实测值
$\frac{50}{(s+50)}$							

表 4.4 开环零点对原始二阶系统的影响

零点传递函数	实测响应曲线	超调量 σ %		峰值时间 tp		调节时间 ts	
		理论值	实测值	理论值	实测值	理论值	实测值
$\frac{s+2}{2}$							
$\frac{s+5}{5}$							
$\frac{s+10}{10}$							
$\frac{s+20}{20}$							
$\frac{s+50}{50}$							

表 4.5 开环增益 K 对二阶系统的影响

开环增益 K	实测响应曲线	超调量 σ%		峰值时间 tp		调节时间 ts	
		理论值	实测值	理论值	实测值	理论值	实测值
K=1							
K=2							
K=4							
K=5							
K=10							
K=20							

五．思考题

1. 开环放大倍数 K 对系统性能有无影响？
2. 若系统超调量很大，可采取什么方法改善它？对其它指标有何影响？
3. 同时减小 σ%、tp、ts 应采取什么措施？
4. 闭环极点对闭环系统性能有何影响？
5. 闭环零点对闭环系统性能有何影响？
6. 开环极点对闭环系统性能有何影响？