

实验课程名称: 控制工程基础

实验项目名称	控制系统典型环节模拟		实验成绩	
实验者	付清晨	专业班级	机设1606	组别
同组者	江雄		实验日期	2018年12月6日

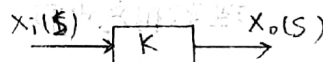
第一部分: 实验预习报告 (包括实验目的、意义, 实验基本原理与方法, 主要仪器设备及耗材, 实验方案与技术路线等)

一、实验目的

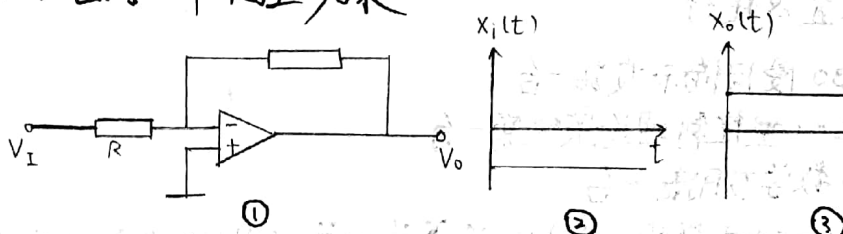
1. 学会掌握运算放大器构成各典型环节方法
2. 观察典型环节在阶跃输入下的响应
3. 观察改变典型环节参数时的响应

二、实验基本原理与方法步骤

1. 原理: 以运算放大器为核心元件, 由其不同的输入 R-C 网络和反馈 R-C 网络构成控制系统的各种典型环节
2. 方法: I. 设计并组建各种典型环节的 ~~电路~~ 模拟电路
II 测量各种典型环节的阶跃响应, 并研究参数变化对其输出响应的影响

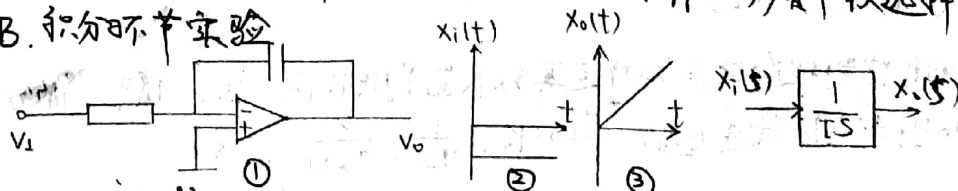


A. 比例环节实验步骤



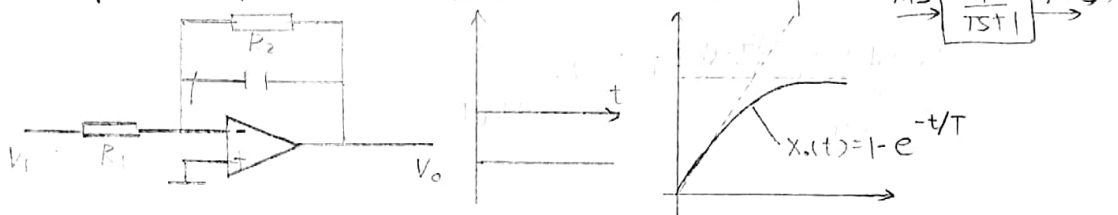
- 1) 调整阶跃信号为 1V.
- 2) 接线图, 如 (1) 所示, V_i 反向输入, V_o 为正.
- 3) 将 Y_3 或 Y_1 开关按下, 从 Y_2 或 Y_1 输入 1V/div, 1ms/div 探极 1:1.
- 4) 阶跃信号发生器的操作.
- 5) 频率段选择.

B. 积分环节实验



- 1) 从 Y_2 或 Y_1 输入 1V 阶跃信号, 将 Y_2 或 Y_1 开关按下, 1V/div, 0.1s.
- 2) 探极 ~~如图 (1) 所示~~ 1:1, 接线如 (1).
- 3) 从积分电路的输出, 用接插线时地快速放电.
- 4) 调 Y_2 的移位, 找光点, 按下发生器按钮.
- 4) ~~调 Y_2 的移位, 找光点, 按下发生器按钮.~~

C. 惯性环节

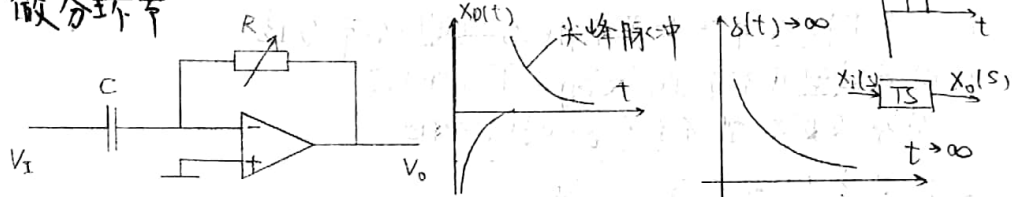


1) 从 Y_2/Y_1 输入 1V 阶跃信号, 将 Y_2 开关按下, 1v/div, 0.1s/div 探极 1:1

2) 接线如上图

3) 调 Y_2 位移, 按下阶跃信号发生器的按钮, 观察输出图形

D. 微分环节



1) 从 Y_2/Y_1 输入, Y_2 开关按下, 开始输入方波 1v, 1v/div, 探极 1:1 $f=100\text{Hz}$, 1-20ms/div, 后来 Y_2 为 2-5v/div

2) Y_2 探极, 正极接微分电路输出, 负极接地

3) 微分电路接线图如上图

4) 最后调可调电阻, 让尖峰脉冲顶点为尖点, 实验完后, 关掉控制理论箱总电源, 测量可调电阻, 计算微分时间 $T=RC$

三. 主要仪器设置 & 耗材

1. XJ4630 慢扫描示波器一台

2. TKKL-1 型控制理论实验箱一台

3. UT56 数字万用表一台

4. 耗材: 40MHz 探极, AU741 运算放大器, 单片机, 电容, 可变电阻, 双头接插线等

四. 实验方案 & 技术路线

采用控制理论实验箱中运算放大器构成比例、积分、惯性、微分环节电路图来模拟传递函数: $G(s) = K, \frac{1}{Ts}, \frac{K}{Ts+1}, Ts$

第二部分：实验过程记录（可加页）（包括实验原始数据记录，实验现象记录，实验过程发现的问题等）

比例环节				积分环节		
R_1	R_2	$X_i(t)$	$X_o(t)$	R	C	$X_i(t)$
$200k\Omega$	$200k\Omega$	$-1V$	$1V$	$100k\Omega$	$1\mu F$	$-1V$

惯性环节				微分环节		
R_1	R_2	C	$X_i(t)$	R	C	$X_i(t)$
$200k\Omega$	$200k\Omega$	$0.1\mu F$	$-1V$	$5.3k\Omega$	$1\mu F$	$1V$

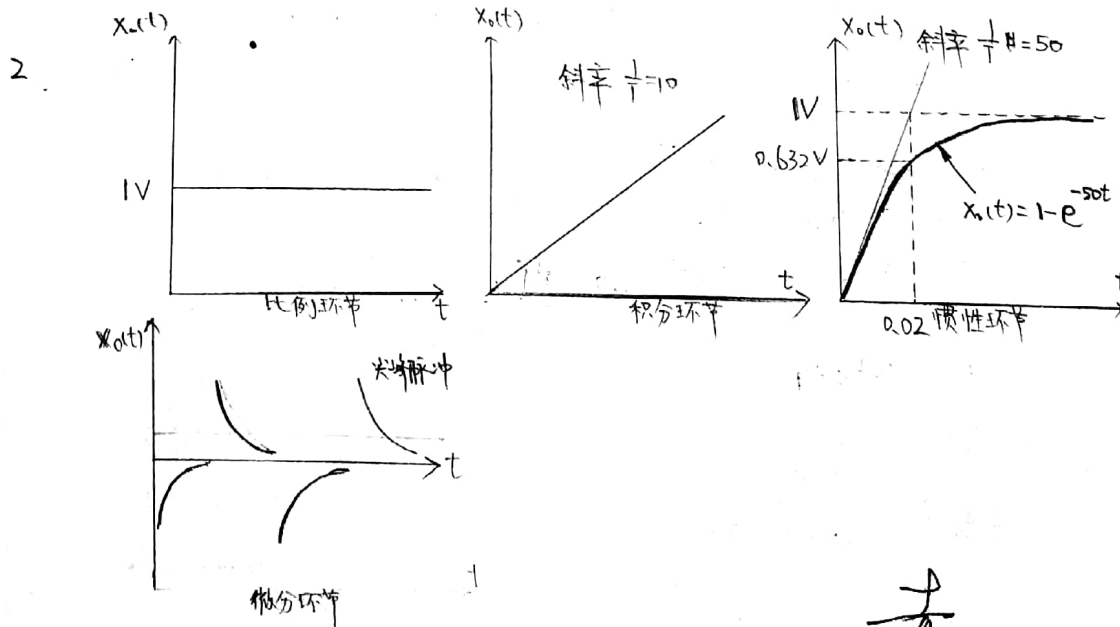
1. (1) 比例环节 $K = \frac{R_2}{R_1} = 1 \cdot \frac{200k\Omega}{200k\Omega} = 1$

积分环节 $T = RC = 100k\Omega \cdot 1\mu F = 0.1s$

惯性环节 $K = \frac{R_2}{R_1} = \frac{200k\Omega}{200k\Omega} = 1$

$T = RC = 200k\Omega \cdot 0.1\mu F = 0.02s$

微分环节 $T = RC = 5.3k\Omega \cdot 1\mu F = 0.0053s$



教师签字

[Signature]

$X_i(t) = 1 \rightarrow X_o(t) = \frac{1}{s}$
 $0.02 \cdot \frac{1}{s} \rightarrow X_o(t) = \frac{1}{1+s}$

第三部分 结果与讨论 (可加页)

一、实验结果分析 (包括数据处理、实验现象分析、影响因素讨论、综合分析和结论等)

二、小结、建议及体会

三、思考题

通过本次实验,我对各典型环节在单位阶跃输入下的响应有了一个比较直观的印象,将理论课上的知识与实际结合起来了。对各个典型环节的特点有了一个更深的理解,对典型环节参数对时间响应的影响有了进一步的理解。

实验课程名称: _____

实验项目名称	二阶系统的瞬态响应分析			实验成绩	
实验者	付清晨	专业班级	机设1606	组别	
同组者	江雄			实验日期	2018年12月6日

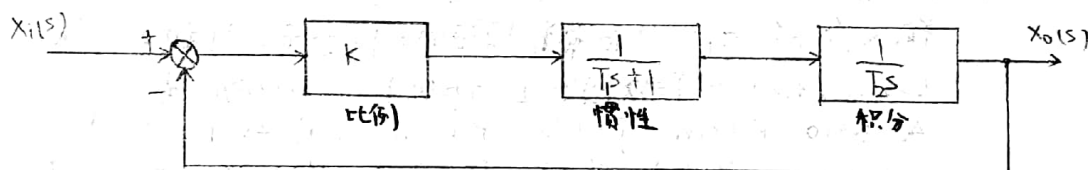
第一部分: 实验预习报告 (包括实验目的、意义, 实验基本原理与方法, 主要仪器设备及耗材, 实验方案与技术路线等)

一. 实验目的

1. 观察在不同参数下二阶系统的阶跃响应曲线, 并计算超调量 M_p , 峰值时间 t_p 和调整时间 t_s .
2. 研究增益 K 对二阶系统阶跃响应的影响.

二. 基本原理. 方法. 步骤

1. 二阶系统实验原理: 本实验研究二阶系统瞬态响应, 为使二阶系统研究具有普遍意义, 将图1设为二阶系统方框图



~~实验方法~~ 其传递函数为

$$G(s) = \frac{X_0(s)}{X_1(s)} = \frac{K}{T_1 T_2 s^2 + T_2 s + K} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2}$$

$$\therefore \text{其中 } \omega_n = \sqrt{\frac{K}{T_1 T_2}}, \quad \zeta = \frac{T_2}{2\sqrt{T_1 K}}, \quad \omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

若令: $T_1 = 0.02s$, $T_2 = 0.1s$, 则

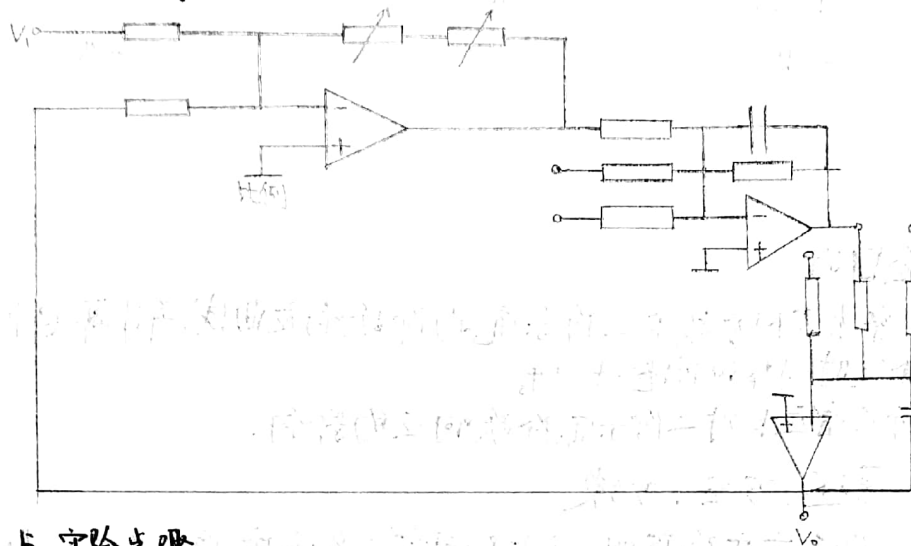
$$\omega_n = \sqrt{500K}, \quad \zeta = \sqrt{1.25/K} \quad \zeta \text{ 为阻尼比}$$

显然只要改变 K 值, 就能同时改变 ω_n , ζ 的值, 可以得到过阻尼 ($\zeta > 1$) 临界阻尼 ($\zeta = 1$) 和欠阻尼 ($\zeta < 1$) 三种情况下的阶跃响应曲线

2. 实验方法 ① 设计并组建二阶系统的模拟电路图 ② 调节 K 值使二阶系统阻尼比 $\zeta = 0.35$, $\zeta = 1$, $\zeta = 2$. 观察, 记录阶跃响应波形, 并测量 $\zeta = 0.35$ 时的 M_p , t_p , t_s

3. 实验内容: 1) 计算: $K=10$, $\gamma=0.35$; $K=2.5$, $\gamma=0.707$ (优化参数)
 $K=1.25$, $\gamma=1$; $K=0.31$, $\gamma=2$

4. 实验接线图:



5. 实验步骤

1) 开始从 V_i/V_o 输入 $1V$ 的阶跃信号, V_o 打到 $1V/div$, $1ms/div$.

输入阶跃信号后, 然后将扫描时间因素开关打到 $0.1s/div$

($50ms/div$) 2) 接线图如上, 探极 $1:1$, 分别接:

A. $K=10$, $R=2M$, $\gamma=0.35$ B. $K=1.25$, $R=250K$, $\gamma=1$

C. $K=0.31$, $R=62K$, $\gamma=2$ D. $K=2.5$, $R=500K$, $\gamma=0.707$

改变开环增益, 观察相应阶跃响应, 测量计算性能指标:

M_p , t_p , t_s ($K \rightarrow M_p \rightarrow \gamma$)

4) 做实验时, 首先断开控制理论箱的电源, 用万用表测量比例环节电阻值, R 测准后再实验

~~6. 注意事项: 1) 阶跃信号向实验, 接线接~~

三. 实验设备及耗材

1. XJ4630 慢扫描示波器

2. TKK-1 控制理论实验箱

3. UT56 数字万用表

4. 耗材: $400MHz$ 探极, AU741 放大器, 单片机, 电容, 可变电阻, 双头接插线等

四. 实验方案技术手段

* 用控制理论测试箱中运算放大器模拟传递函数

第二部分：实验过程记录（可加页）（包括实验原始数据记录，实验现象记录，实验过程发现的问题等）

K	R	φ
K=10	R=2M Ω	$\varphi=0.35$
K=1.25	R=250k Ω	$\varphi=1$
K=0.31	R=62k Ω	$\varphi=2$

1. 当 K=10, R=2M, $\varphi=0.35$ 时

$$\omega_n = \sqrt{500K} = 70.7$$

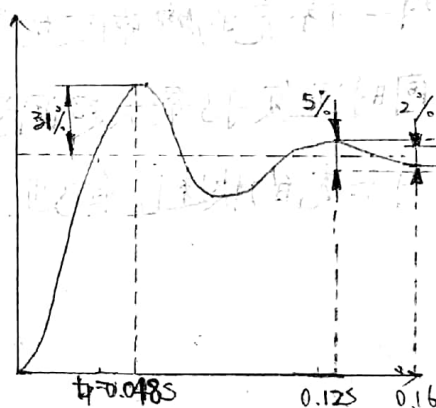
$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1-\varphi^2} = 66.1$$

$$M_p = e^{-\frac{\pi\varphi}{\sqrt{1-\varphi^2}}} = 0.31 = 31\%$$

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_d} = 0.048s$$

$$\text{当 } \Delta=2\% \text{ 时 } t_s = \frac{4}{\varphi\omega_n} = 0.16$$

$$\Delta=5\% \text{ 时 } t_s = \frac{3}{\varphi\omega_n} = 0.12$$



教师签字

[Handwritten signature]

第三部分 结果与讨论 (可加页)

一、实验结果分析 (包括数据处理、实验现象分析、影响因素讨论、综合分析和结论等)

二、小结、建议及体会

三、思考题

通过本次实验,我了解到了示波器的使用方法,对增益 K 对二阶系统的响应的影响有了更加深刻、直观的映象。同时还复习了最大超调量、调整时间、峰值时间的计算,对系统的快速性有了进一步的理理解。

实验课程名称: _____

实验项目名称	频率特性的测试			实验成绩	
实验者	付清晨	专业班级	机设1606	组别	
同组者	江雄			实验日期	2018年12月6日

第一部分: 实验预习报告 (包括实验目的、意义, 实验基本原理与方法, 主要仪器设备及耗材, 实验方案与技术路线等)

一. 实验目的

用控制理论实验箱中的超低频信号发生器和双踪示波器测量线性定常系统的频率特性

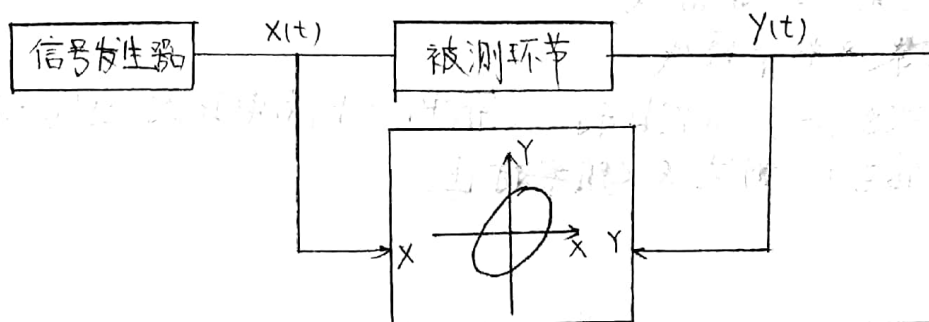
二. 实验基本原理 & 实验步骤

① 基本原理: 对于稳定的线性定常系统或环节, 当输入端加一正弦信号 $X(t) = X_m \sin \omega t$, 它的稳态输出是与输入信号同频率的正弦信号, 但其幅值和相位将随输入信号频率 ω 变化而变化。即 $Y(t) = Y_m \sin(\omega t + \varphi) = |G(j\omega)| \sin(\omega t + \varphi)$, 其中 $|G(j\omega)| = Y_m/X_m$, $\varphi(\omega) = \arctan \frac{\text{Im} G(j\omega)}{\text{Re} G(j\omega)}$ 。只要改变输入信号 $X(t)$ 的频率 ω , 就可测得被测环节 (系统) 的频率特性 $|G(j\omega)|$ 、 $\varphi(\omega)$ 。

② 实验方法 I 设计并搭建频率特性的模拟电路
II 独立完成频率特性的模拟实验线路图接线, 输入正弦信号, 调出李沙育图形 (椭圆), 就可测出 $|G(j\omega)|$ 、 $\varphi(\omega)$ 。

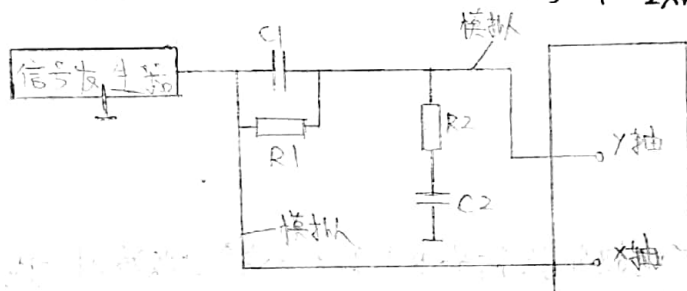
1. 频率特性测试实验原理:

本实验采用李沙育图形法, 图1为测试的方框图



2. 实验内容: 测 R-C 网络的频率特性

幅频特性的测量按下图接线, 测量时, 示波器的 X 轴停止扫描, 在示波器上分边读出入与输出信号的双倍幅值: $2X_m$, $2Y_m$, 即有求出 $|G(j\omega)| = \frac{2Y_m}{2X_m}$, $\varphi(j\omega) = \arcsin \frac{2X_o}{2X_m}$



3. 频率特性的测试实验步骤

0) Y1, Y2 衰减开关微调到校准位置

1) Y2 输入 1V 正弦信号, 1V/div, 2ms/div, 频率范围 139-140Hz, 将 Y2 按下, 择极 1:1

2) 接线图如上图, 将 Y2 按出, Y 轴工作方式全出, +/div 打到 Y-X, 将 Y1 y/div 打到 0.2V/div, Y2 y/div 打到 0.2V/div, Y1, Y2 AC+DC 开关打到 DC

3) 调李沙育图频率范围 139-140Hz

4) 减小频率, 20Hz 以下, 观察椭圆光点转动方向 (逆 → $\varphi(\omega)$ 滞后)

5) 测 X_o , X_n , Y_o , Y_m

三. 主要仪器设置 & 耗材

1. XJ4630 慢扫描示波器

2. TKKL-1 控制理论实验箱

3. UT56 数字万用表

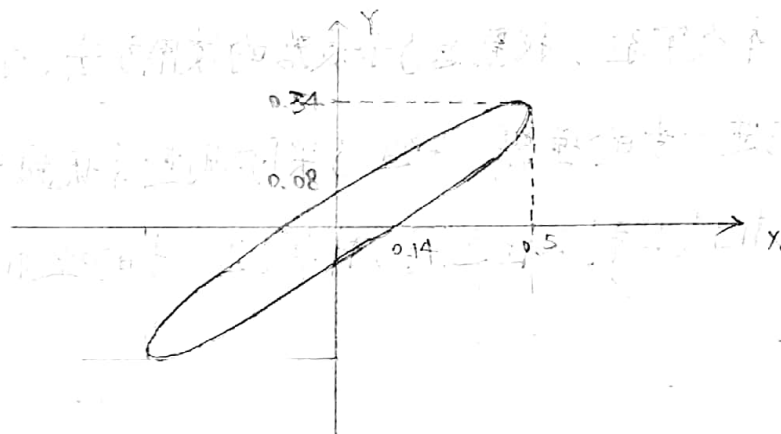
4 耗材: 40MHz 探头, AU74 运算放大器, 单片机, 电容, 可变电阻, 双头接插线

四 实验方案 & 技术路线

1. 实验手段: 采用控制理论箱中 R-C 网络电路图, 在输入正弦信号下, 测试 R-C 频率特性

第二部分：实验过程记录（可加页）（包括实验原始数据记录，实验现象记录，实验过程发现的问题等）

X_0	Y_0	X_m	Y_m
0.14 V	0.08 V	0.50 V	0.34 V



$$G(j\omega) = \frac{2Y_m}{2X_m} = 0.68$$

$$\varphi(j\omega) = \arcsin \frac{2X_0}{2X_m} = 0.28$$

教师签字

第三部分 结果与讨论 (可加页)

一、实验结果分析 (包括数据处理、实验现象分析、影响因素讨论、综合分析和结论等)

二、小结、建议及体会

三、思考题

通过本次实验,我熟悉了示波器的使用方法,对系统的频率特性有了进一步的理解.知道了实际测量系统频率特性的方法,对机械控制工程这门学科有了进一步的理解