

主编 曾亿山
刘征宇
主审 王皖江

机电一体化 工程专业课程



实践教程

JIDIAN YITIHUA
GONGCHENG
ZHUANYE KECHENG
SHIJIAN JIAOCHENG

合肥工业大学出版社

机电一体化工程专业课程 实践教程

曾亿山 主编
刘征宇
王皖江 主审

合肥工业大学出版社

内 容 简 介

《机电一体化工程专业课程实践教程》一书由实验篇、课程设计篇和毕业设计篇三部分组成。其中实验篇分7章给出了《机械控制基础》、《传感器与检测技术》、《计算机软件基础》、《现代设计方法》、《微机接口与控制》、《单片机原理及应用》和《机电一体化系统设计》各门主干课程的实验指导书;课程设计篇首先阐述了机电一体化综合课程设计的内容、方法和要点,然后给出了典型的机电一体化课程设计要求;毕业设计篇介绍了毕业设计的基本要求、方法和步骤,并收录了一篇优秀毕业设计论文作为范例。

本书贯穿了机电一体化工程专业实践教学各个环节,内容翔实,可供机电一体化工程和机械电子工程等专业大学本科生在实践教学环节中使用。本书也适用于各类成人高校、自学考试有关相近专业的本专科学生。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化工程专业课程实践教程/曾亿山,刘征宇主编. —合肥:合肥工业大学出版社, 2007.6

ISBN 978-7-81093-604-0

I. 机… II. ①曾…②刘… III. 机电一体化-高等学校-教材 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 088202 号

机电一体化工程专业课程实践教程

曾亿山 刘征宇 主编

责任编辑 陈淮民

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail press@hfutpress.com.cn

版 次 2007 年 6 月第 1 版
2007 年 6 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 17
字 数 402 千字
发 行 全国新华书店
印 刷 合肥现代印务有限公司

ISBN 978-7-81093-604-0

定价:27.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

前 言

现代科学技术的不断发展,极大地推动了不同学科的交叉与渗透。在机械工程领域,由于微电子技术和计算机技术的迅速发展及其向机械工业的渗透,从而使机械工业的技术结构、产品、功能与构成、生产方式及管理体系发展了巨大的变化,工业生产已由“机械电气化”迈入了“机电一体化”的发展阶段。

机电一体化是指从系统的观点出发,综合运用机械技术、微电子技术、自动控制技术、计算机技术、信息技术、传感测控技术、电力电子技术、信息变换技术以及软件编程技术等群体技术,根据系统功能目标和优化组织目标,合理配置与布局各功能单元,在多功能、高质量、高可靠性、低能耗的意义上实现特定功能价值,并使整个系统最优化的系统工程技术。由此而产生的功能系统则成为一个机电一体化系统或机电一体化产品。

实践教学是一种以培养学生综合能力为主要目标的教学方式。有计划地组织学生通过观察、实验、操作、实习等教学环节巩固和深化与专业培养目标相关的理论知识和专业知识,掌握从事本专业领域实际工作的基本能力、基本技能和深造所需的基本能力和素质。因此实践教学环节在整个人才培养中占有举足轻重的作用。

机电一体化专业的培养目标可以分解为基础、提高、研究与创新三个层次。我们将各门主干课程的实验、课程设计和毕业设计等实践环节统筹安排,于是就构成了与培养目标相对应的“三层实践课程体系结构”——即本书的主要内容架构:

实验篇根据专业的培养目标,分7章给出了《机械工程控制基础》、《传感器与检测技术》、《计算机软件基础》、《现代设计方法》、《微机接口与控制》、《单片机原理及应用》和《机电一体化系统设计》各门主干课程的实验指导书。

课程设计篇首先阐述了机电一体化综合课程设计的内容、方法和要点,然后给出了典型的机电一体化课程设计方法。

毕业设计篇介绍了毕业设计的基本要求、方法和步骤等内容,并收录了一篇优秀毕业设计论文作为范例。

本书由合肥工业大学机械与汽车工程学院曾亿山和刘征宇担任主编,一批教学经验丰富的教师参加了本书的编写工作。其中刘征宇编写了第一章,丁曙光编写了第二章,朱武编写了第三章,高荣慧编写了第四章,王玉琳编写了第五、六章,尹志强和王玉琳编写了第七章,尹志强、王玉琳和宋守许编定了八至十一章,曾亿山编写了第十二、十三、十四章。

合肥工业大学机械与汽车工程学院王皖江副院长担任本书的主审,特此感谢!

由于水平有限,时间紧张,书中难免存在错误和不妥之处,恳请同行和广大读者不吝指正。

曾亿山

2007年5月于斛兵塘畔

目 录

[实验篇]

第一章 《机械工程控制基础》实验	1
第一节 教学实验系统构成	2
第二节 线性系统的时域分析实验	4
第三节 线性控制系统的频率响应分析	16
第四节 线性系统的校正与状态反馈	21
第二章 《传感器与检测技术》实验	29
第一节 电阻应变片的灵敏度标定	29
第二节 电阻应变片及测量电路性能实验	32
第三节 电感式传感器—差动变压器的标定及位移测量	33
第四节 简支梁的振动测试	35
第五节 CSY2001/2001B 型传感器系统综合实验台使用说明	37
第三章 《计算机软件基础》实验	40
第一节 微机操作系统	41
第二节 C 语言程序设计	41
第三节 数据结构	48
第四节 FoxPro 数据库系统	50
第四章 《现代设计方法》实验	54
第一节 SOLIDWORKS 绘制三维零件图	54
第二节 SOLIDWORKS 数据交换	54
第三节 ANSYS 基本操作及建模	55
第四节 二维有限元结构分析实验	59
第五节 一维搜索算法程序实验	63
第五章 《微机接口与控制》实验	65
第一节 8259A 中断控制器实验	66
第二节 8255A 并行口应用实验	72
第三节 8253 定时/计数器应用实验	73
第四节 8251A 串行接口应用实验——串行发送	74

第五节	8251A 串行接口应用实验——串行接收	82
第六节	D/A 转换实验	86
第七节	A/D 转换实验	87
第六章	《单片机原理及应用》实验	88
第一节	工业顺序控制	89
第二节	8255 控制交通信号灯	90
第三节	简单 I/O 口的扩展	93
第四节	利用 8253 芯片输出方波	94
第七章	《机电一体化系统设计》实验	96
第一节	数控车床自动回转刀架机电系统结构分析设计	96
第二节	微机数控 X—Y 工作台机电系统综合实验	98
第三节	微机数控车床机电系统综合实验	102
第四节	步进电动机半闭环控制系统分析实验	105

[课程设计篇]

第八章	课程设计的内容、方法与要点	109
第一节	课程设计的目的	109
第二节	课程设计的内容与工作量要求	109
第三节	课程设计的时间分配建议	110
第四节	课程设计的成绩评定	110
第五节	课程设计的阶段	111
第六节	课程设计的方法和要点	112
第九章	普通车床数控化改造设计实例	115
第一节	设计任务	116
第二节	总体方案的确定	116
第三节	机械系统的改造设计方案	117
第四节	进给传动部件的计算和选型	118
第五节	绘制进给传动机构的装配图	124
第六节	控制系统硬件电路设计	125
第七节	步进电动机驱动电源的选用	127
第八节	控制系统的部分软件设计	127
第十章	机电一体化系统机械部件设计	132
第一节	切削力的分析与计算	132

第二节	齿轮传动副的选用·····	142
第三节	同步带传动副的选型与计算·····	145
第四节	滚珠丝杠副的选型与计算·····	155
第五节	直线滚动导轨副的选型与计算·····	170
第六节	联轴器的选用·····	177
第十一章	步进电动机的设计计算·····	180
第一节	机械系统运动参数的计算·····	180
第二节	步进电动机及其选择·····	184
第三节	步进电动机的控制与驱动·····	194
第十二章	液压系统的设计与计算·····	213
第一节	液压系统的设计内容和步骤·····	213
第二节	明确液压系统设计要​​求·····	214
第三节	液压系统的工况分析·····	214
第四节	液压系统主要参数的确定·····	217
第五节	拟定液压系统草图·····	220
第六节	计算和选择液压元件·····	221
第七节	液压系统的性能验算·····	222
第八节	绘制工作图和编制技术文件·····	223

[毕业设计篇]

第十三章	毕业设计概述·····	224
第一节	设计内容​​与要求·····	224
第二节	设计方法与步骤·····	226
第十四章	毕业设计范例·····	233
参考文献	·····	247

[实验篇]

第一章 《机械工程控制基础》实验

自动控制理论的形成和发展经历了近半个世纪的历程。现代数字计算机的迅速发展,为自动控制技术的应用开辟了广阔的前景。自动控制技术的广泛应用不仅能够使生产设备或过程实现自动化,而且在人类征服大自然、探索新能源、发展空间技术和改善人民生活等方面都起着极其重要的作用。

控制理论在工程技术领域中体现为工程控制论,在同机械工业相应的机械工程领域中体现为机械工程控制论。《机械工程控制基础》是机械工程、自动化、电子技术、电气技术、精密仪器等专业教学中的一门重要专业基础课程。实验作为感性认知的重要渠道构成教学环节中必不可少的一环,也是理论联系实际的重要环节。通过学生自己动手进行实验,获得基本实验技能的训练,培养学生独立思考和操作的能力,使学生初步具备运用本课程及相关已学课程的理论知识,分析和解决实际问题的能力,为后续课程和专业课程设计、毕业设计以及今后从事生产技术工作打下良好的基础。

本课程实验主要借助于“AEDK LabACT 自控/计控原理教学实验系统”,利用电网络模拟各种控制系统环节,从而搭建各类控制系统并进行相应实验研究。“AEDK LabACT 自控/计控原理教学实验系统”具有以下特点:

1. 采用模块式结构,可构造出各种形式和阶次的模拟环节和控制系统。标准实验部分只需使用短路套连接即可,直观且简化了实验操作和设备管理。扩充环节可以灵活搭建多种不同参数的系统。
2. 元器件的选用上,采用了较高精度元器件,使之实验结果更接近于理论值。
3. 实验系统自带多种信号源,足以满足各种实验的要求。
4. labACT 自控/计控原理教学实验系统加了外接接口模块,可以容易的扩展外设接口。
5. 系统集成软件提供的虚拟示波器功能可实时、清晰的观察控制系统各项静态、动态特性,方便了对模拟控制系统特性的研究。

6. 利用系统自带的电机、温度模块等控制对象,可开设控制系统综合课程的实验。

第一节 教学实验系统构成

AEDK LabACT 自控/计控原理实验机由自动控制原理实验模块、微机控制原理实验模块、信号源模块、控制对象模块、虚拟示波器模块、控制对象输入显示模块和 CPU 控制模块 7 个模块组成。各模块相互交联关系如图 1-1 所示。

自动控制原理实验模块由 6 个模拟运算单元及元器件库组成。这些模拟运算单元的输入回路和反馈回路上配有多个各种参数的电阻、电容,因此可以完成各种自动控制模拟运算,例如构成比例环节、比例微分环节、PID 环节和典型的二阶、三阶系统等。将本实验机所提供的多种信号源输入到模拟运算单元中去,再使用本实验机提供的虚拟示波器,可观察和分析各类系统的响应曲线。利用本实验平台及虚拟示波器还可以用相轨迹法和相平面法观察和分析非线性系统的瞬间响应和稳态误差等。

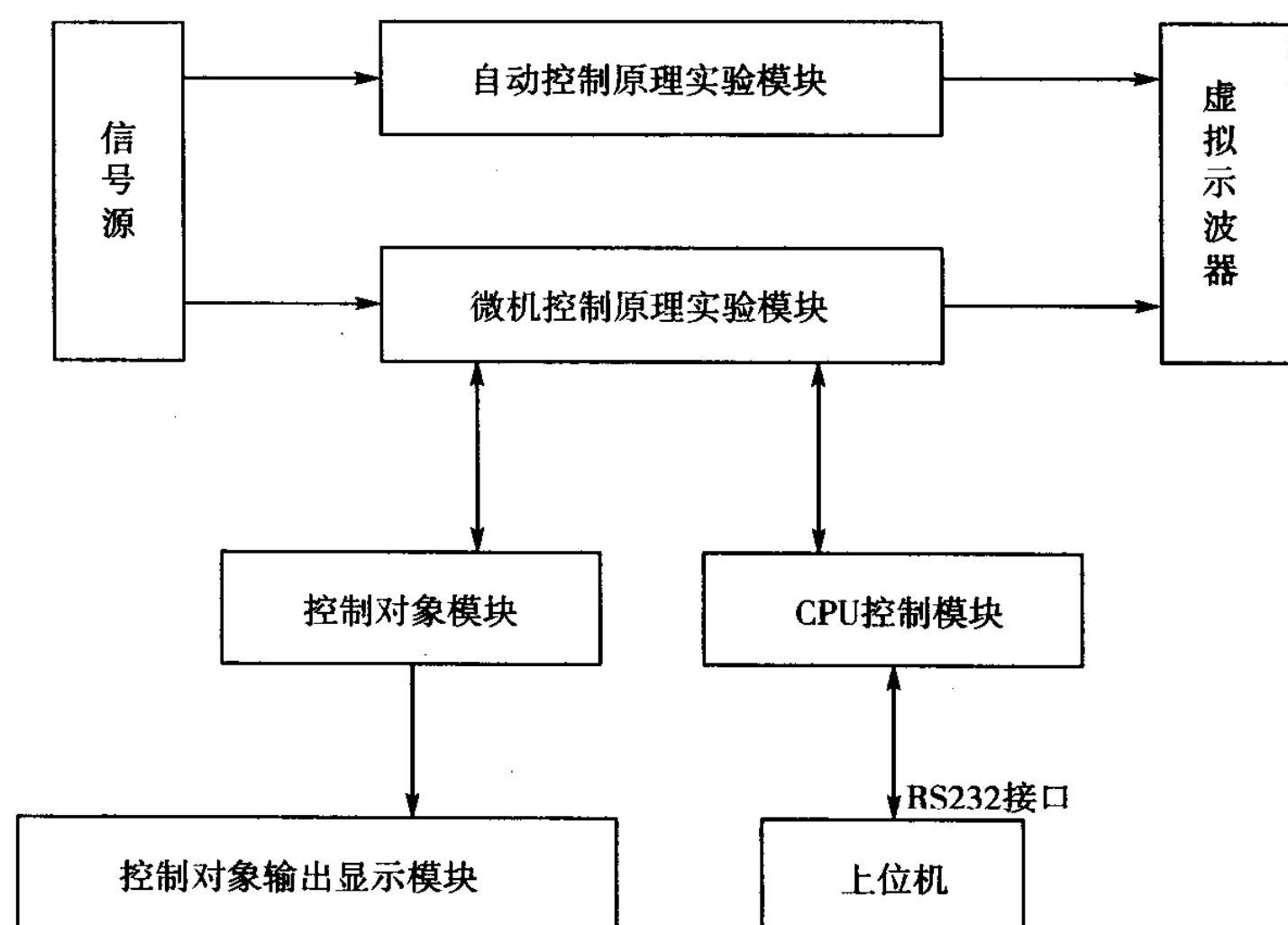


图 1-1 各模块相互交联关系框图

微机控制原理实验模块由模数转换器、数模转换器、8253 定时器、8259 中断控制器及模拟运算单元组成。在 CPU 的运算和控制下,可完成数字 PID 控制,最少拍无纹波控制及大林算法等实验。

控制对象模块由温度控制模块、直流电机模块和步进电机模块组成。可实现温度闭环控制实验、直流电机闭环调速实验和步进电机调速实验,还包括外设接口模块,可实现扩展外设各种实验。

CPU 控制模块由 16 位微机 8088、只读存储器 27512、随机存取存储器 62256、时钟芯片以及 RS232 串口通讯芯片等组成。CPU 控制模块位于主实验板的下面,经 J1 插座与主实

验板相联。

根据功能本实验机划分了各种实验区均在主实验板上。实验区组成见表 1-1。

表 1-1 实验区组成

A 实验区	模拟运算单元	有 6 个模拟运算单元,每单元由输入回路 6 组电阻、或电容,反馈回路 7 组电阻、或电容,1 个运算放大器组成	A1~A6
	可变阻容元件库	由电位器 330K 和 22K,直读式可变电阻 $0\sim 999.9\text{K}\Omega$,直读式可变电容 $0\sim 0.7\mu\text{F}$ 组成	A7
	阻容元件库	有 10 个电阻,6 个电容,2 个二极管,1 个双向稳压管	A8
	运算放大器库	有 3 组运算放大器	A9
B 实验区	信号发生器	由手控阶跃发生($0/+5\text{v}$ 、 $-5\text{v}/+5\text{v}$),幅度控制(电位器),非线性输出组成	B1
	数模转换器	8 位数/模转换,输出有 $0\sim +5\text{v}$ 、 $-5\text{v}\sim +5\text{v}$ 、 $-10\text{v}\sim +10\text{v}$,三个测孔供选择	B2
	虚拟示波器	2 个通道模拟信号输入,输入信号可不衰减输入,也可衰减 5 倍后输入	B3
	采样/保持器	LF398,4538	B4
	函数发生器	有单位阶跃,斜坡,抛物线信号输出,信号宽度范围 $2\text{ms}\sim 6\text{s}$,可调,幅度可调	B5
	正弦波发生器	频率范围 $0.1\text{Hz}\sim 100\text{Hz}$ 可调,幅度可调	B6
	基准电压单元	$+V_{\text{ref}}(+5.00\text{v})$, $-V_{\text{ref}}(-5.00\text{v})$	B7
	模数转换器	8 位模/数转换,其中有 6 个通道为 $0\sim +5\text{v}$ 输入,有 2 个通道为 $-5\text{v}\sim +5\text{v}$ 输入	B8
C 实验区	定时器/中断单元	有 8253 定时器中的计数器 1,固定时钟(1.229MHz)输入的 OUT0 输出及与 OUT0 级联的 OUT2 输出。有中断控制器 8259 中的输入 IRQ6,IRQ7	B9
	步进电机模块	步进电机 35BY48	C1
	直流电机模块	直流电机 BY25 及光电断续器测速	C2
	温控模块	AD590 测温及温度闭环控制($0^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$)	C3
D 实验区	外设接口模块	1 路 $4\sim 20\text{mA}$ 或 $1\sim 5\text{v}$ 模拟电压输出(AOUT),2 路 $4\sim 20\text{mA}$ 或 $1\sim 5\text{v}$ 模拟电压输入(IN-2、IN-3),4 路开关量输入和 8 路开关量输出(DIN 和 DOUT),1 路测温传感器(铂电阻 PT100)输入(IN-1)	C4
	控制对象输出显示模块	自带 CPU (89C2051)控制,10 位 A/D 转换器 TLC1543。3 位八段数码管,可切换显示温度/转速/电压/电流。可当作 $-5\text{v}\sim +5\text{v}$ 电压表	D

第二节 线性系统的时域分析实验

一、典型环节的模拟研究

(一) 实验要求

1. 掌握各典型环节模拟电路的构成方法、传递函数表达式及输出时域函数表达式。
2. 观察和分析各典型环节的阶跃响应曲线,了解各项电路参数对典型环节动态特性的影响。

(二) 实验内容及步骤

在实验中欲观测实验结果时,可用普通示波器,也可选用本实验机配套的虚拟示波器。

如果选用虚拟示波器,只要运行LABACT程序,选择自动控制菜单下的线性系统的时域分析下的典型环节的模拟研究实验项目,再选择开始实验,就会弹出虚拟示波器的界面,点击开始即可使用本实验机配套的虚拟示波器(B3)单元的CH1测孔测量波形。

1. 观察比例环节的阶跃响应曲线

典型比例环节模拟电路如图1-2所示。该环节在A1单元中分别选取反馈电阻 $R_1=100\text{K}$ 、 200K 来改变比例参数。

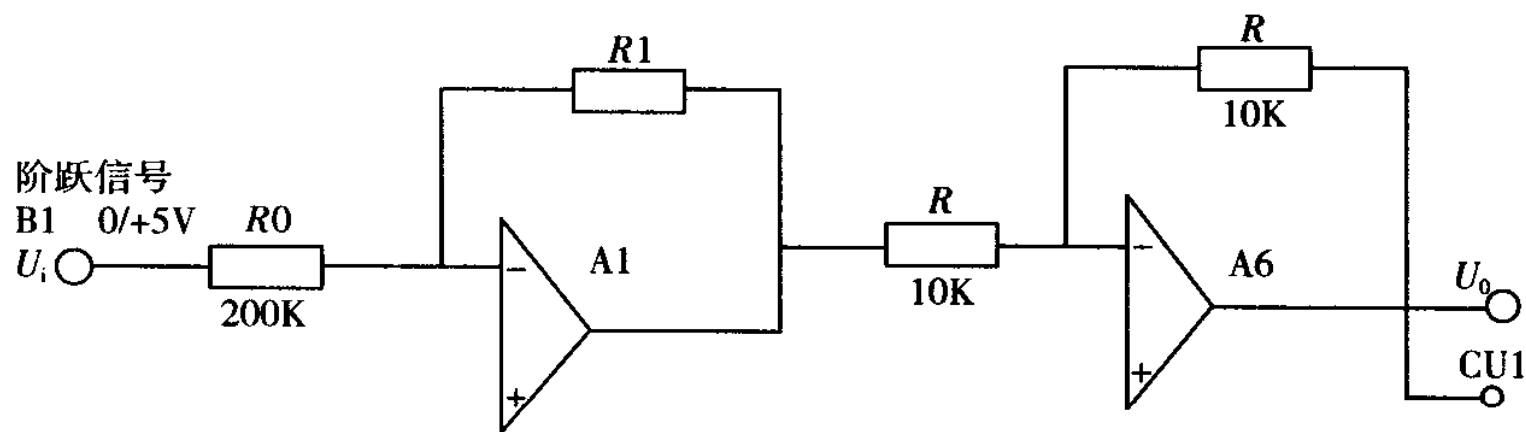


图 1-2 典型比例环节模拟电路

实验步骤:

(1)将信号发生器(B1)中的阶跃输出 0/+5V 作为系统的信号输入(U_i)。

注:“S-ST”不能用短路套短接!

(2)安置短路套、联线,构造模拟电路:

①安置短路套

	模块号	跨接座号	
1	A1	当反馈电阻 $R_1=100\text{K}$ 时	S4, S7
		当反馈电阻 $R_1=200\text{K}$ 时	S4, S8
2	A6		S2, S6

②测孔连线

1	信号输入(U_i)	B1(0/+5V) → A1(H1)
2	运放级联	A1(OUT) → A6(H1)

(3)虚拟示波器(B3)的连接:示波器输入端 CH1 接到 A6 单元信号输出端 OUT(U_o)。
注:CH1 选“X1”档。时间量程选“x4”档。

(4)运行、观察、记录:

按下信号发生器(B1)阶跃信号按钮时(0→+5V 阶跃),用示波器观测 A6 输出端(U_o)的实际响应曲线 $U_o(t)$,且将结果记下。改变比例参数(改变运算模拟单元 A1 的反馈电阻 R1),重新观测结果。

2. 观察惯性环节的阶跃响应曲线

典型惯性环节模拟电路如图 1-3 所示。该环节在 A1 单元中分别选取反馈电容 $C=1\mu\text{f}$ 、 $2\mu\text{f}$ 来改变时间常数。

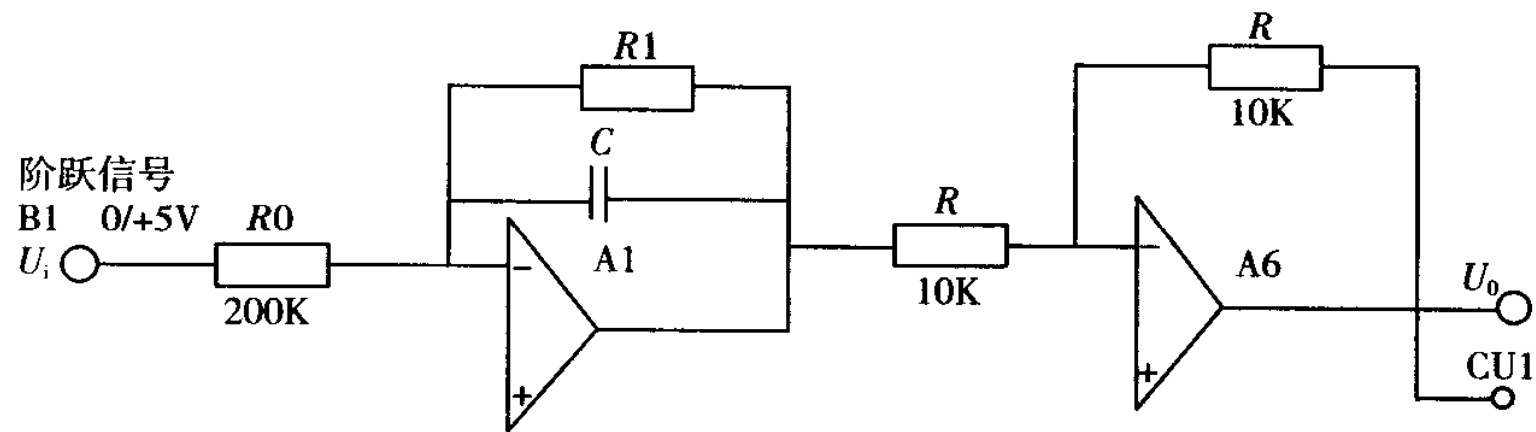


图 1-3 典型惯性环节模拟电路

实验步骤:

(1)将信号发生器(B1)中的阶跃输出 0/+5V 作为系统的信号输入(U_i)。

注:“S-ST”不能用短路套短接!

(2)安置短路套、连线,构造模拟电路:

①安置短路套

	模块号	跨接座号	
1	A1	当反馈电容 $C=1\mu\text{f}$ 时	S4, S8, S10
		当反馈电容 $C=2\mu\text{f}$ 时	S4, S8, S10, S11
2	A6	S2, S6	

②测孔连线

1	信号输入(U_i)	B1(0/+5V) → A1(H1)
2	运放级联	A1(OUT) → A6(H1)

(3)虚拟示波器(B3)的连接:示波器输入端 CH1 接到 A6 单元信号输出端 OUT(U_o)。
注:CH1 选“X1”档。时间量程选“x4”档。

(4)运行、观察、记录:

按下信号发生器(B1)阶跃信号按钮时($0 \rightarrow +5\text{V}$ 阶跃),用示波器观测 A6 输出端(U_o)的实际响应曲线 $U_o(t)$,且将结果记下。改变时间常数(改变运算模拟单元 A1 的反馈反馈电容 C),重新观测结果。

3. 观察积分环节的阶跃响应曲线

典型积分环节模拟电路如图 1-4 所示。该环节在 A1 单元中分别选取反馈电容 $C=1\mu\text{f}$ 、 $2\mu\text{f}$ 来改变时间常数。

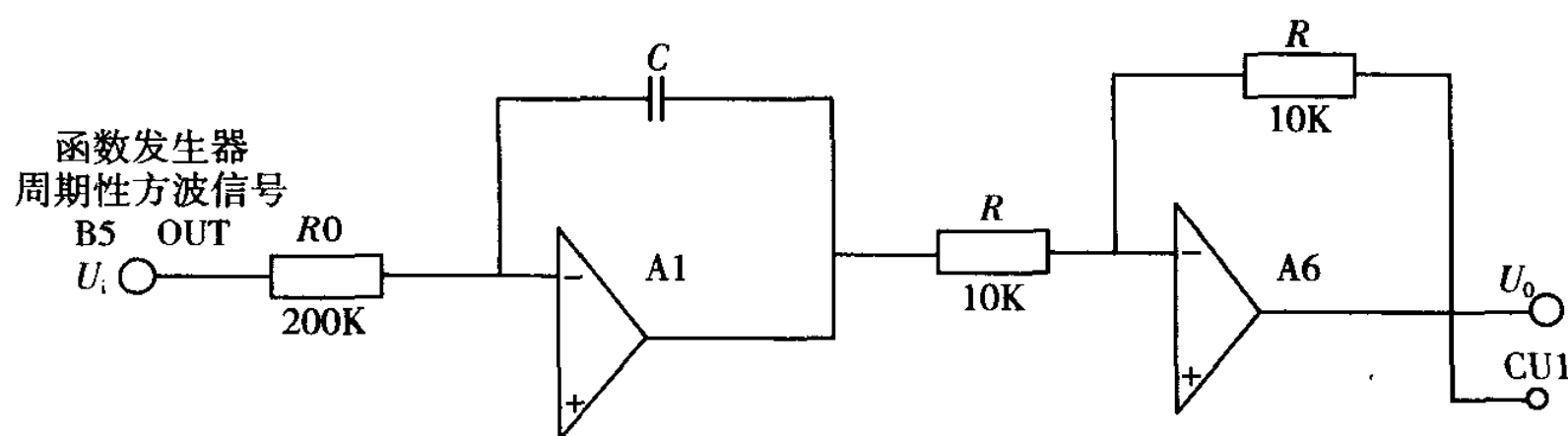


图 1-4 典型积分环节模拟电路

实验步骤:

(1)为了避免积分饱和,可将函数发生器(B5)所产生的周期性方波信号(OUT),代替信号发生器(B1)中的阶跃输出 $0/+5\text{V}$ 作为系统的信号输入(U_i):

①将函数发生器(B5)中的插针“S-ST”用短路套短接。

②将 S1 拨动开关置于最上档(阶跃信号)。

③信号周期由拨动开关 S2 和“调宽”旋钮调节,信号幅度由“调幅”旋钮调节,以信号幅值小,信号周期较长比较适宜(周期在 0.5s 左右,幅度在 2.5V 左右)。

(2)安置短路套、联线,构造模拟电路:

①安置短路套

	模块号	跨接座号	
1	A1	当反馈电容 $C=1\mu\text{f}$ 时	S4, S10
		当反馈电容 $C=2\mu\text{f}$ 时	S4, S10, S11
2	A6		S2, S6

②测孔联线

1	信号输入(U_i)	B5(OUT) $\rightarrow$ A1(H1)
2	运放级联	A1(OUT) $\rightarrow$ A6(H1)

(3)虚拟示波器(B3)的连接:示波器输入端 CH1 接到 A6 单元信号输出端 OUT(U_o)。注:CH1 选“X1”档。时间量程选“x4”档。

(4)运行、观察、记录:

用示波器观测 A6 输出端(U_o)的实际响应曲线 $U_o(t)$,且将结果记下。改变时间常数

(改变运算模拟单元 A1 的反馈反馈电容 C)，重新观测结果。

4. 观察比例积分环节的阶跃响应曲线

典型比例积分环节模拟电路如图 1-5 所示。该环节在 A5 单元中分别选取反馈电容 $C=1\mu\text{f}$ 、 $2\mu\text{f}$ 来改变时间常数。

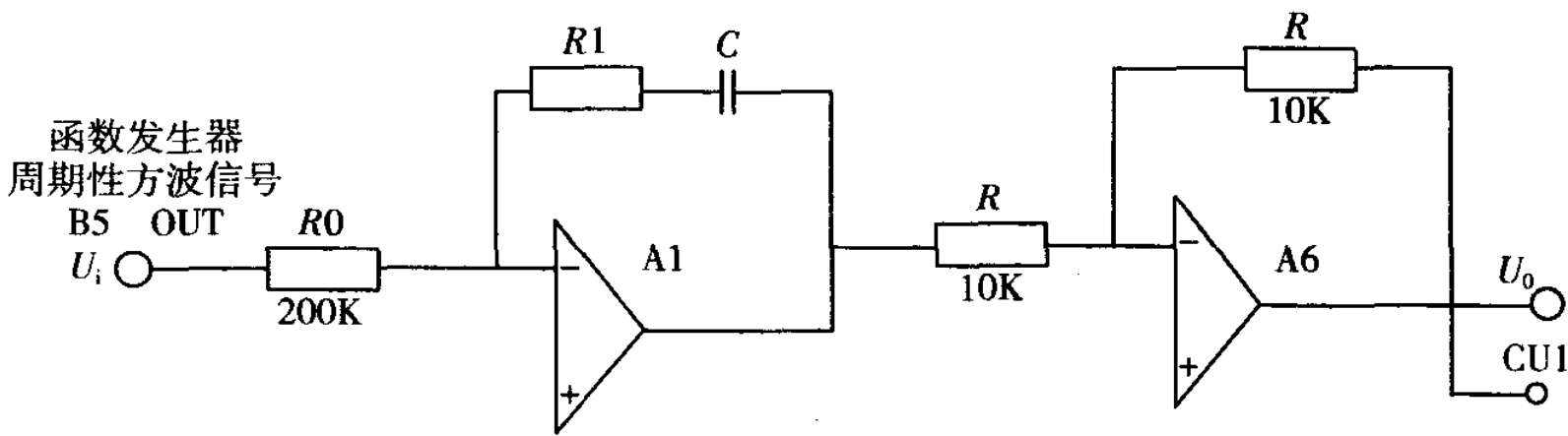


图 1-5 典型比例积分环节模拟电路

实验步骤：

(1) 为了避免积分饱和，可将函数发生器(B5)所产生的周期性方波信号(OUT)，代替信号发生器(B1)中的阶跃输出 $0/+5\text{V}$ 作为系统的信号输入(U_i)：

- ①将函数发生器(B5)中的插针“S-ST”用短路套短接。
- ②将 S1 拨动开关置于最上档(阶跃信号)。
- ③信号周期由拨动开关 S2 和“调宽”旋钮调节，信号幅度由“调幅”旋钮调节，以信号幅值小，信号周期较长比较适宜(正输出宽度在 0.5s 左右，幅度在 1V 左右)。

(2) 安置短路套、联线，构造模拟电路：

①安置短路套

	模块号	跨接座号	
1	A5	当反馈电容 $C=1\mu\text{f}$ 时	S4, S8
		当反馈电容 $C=2\mu\text{f}$ 时	S4, S9
2	A6		S2, S6

②测孔联线

1	信号输入(U_i)	B5(OUT) $\rightarrow$ A5(H1)
2	运放级联	A5(OUT) $\rightarrow$ A6(H1)

(3) 虚拟示波器(B3)的连接：示波器输入端 CH1 接到 A6 单元信号输出端 OUT(U_o)。注：CH1 选“X1”档。时间量程调选“x2”档。

(4) 运行、观察、记录：

用示波器观测 A6 输出端(U_o)的实际响应曲线 $U_o(t)$ ，且将结果记下。改变时间常数(改变运算模拟单元 A5 的反馈反馈电容 C)，重新观测结果。

注：由于虚拟示波器(B3)的频率限制，在作比例积分实验时所观察到的现象不明显时，可适当调整参数。调整方法如下：

将 $R_0=200\text{K}$ 调整为 $R_0=430\text{K}$ 或者 $R_0=330\text{K}$, 以此来延长积分时间, 将会得到明显的效果图。(可将运算模拟单元 A5 的输入电阻的短路套(S4)去掉, 将可变元件库(A7)中的可变电阻跨接到 A5 单元的 H1 和 IN 测孔上, 调整可变电阻继续实验。)

在做该实验时, 如果发现有积分饱和现象产生时, 即构成积分或惯性环节的模拟电路处于饱和状态, 波形不出来, 需要人工放电。放电操作如下: B5 函数发生器的 SB4“放电按钮”按住 3 秒左右, 进行放电。

5. 观察比例微分环节的阶跃响应曲线

典型比例微分环节模拟电路如图 1-6 所示。该环节在 A2 单元中分别选取反馈电阻 $R_1=10\text{K}$ 、 20K 来改变比例参数。

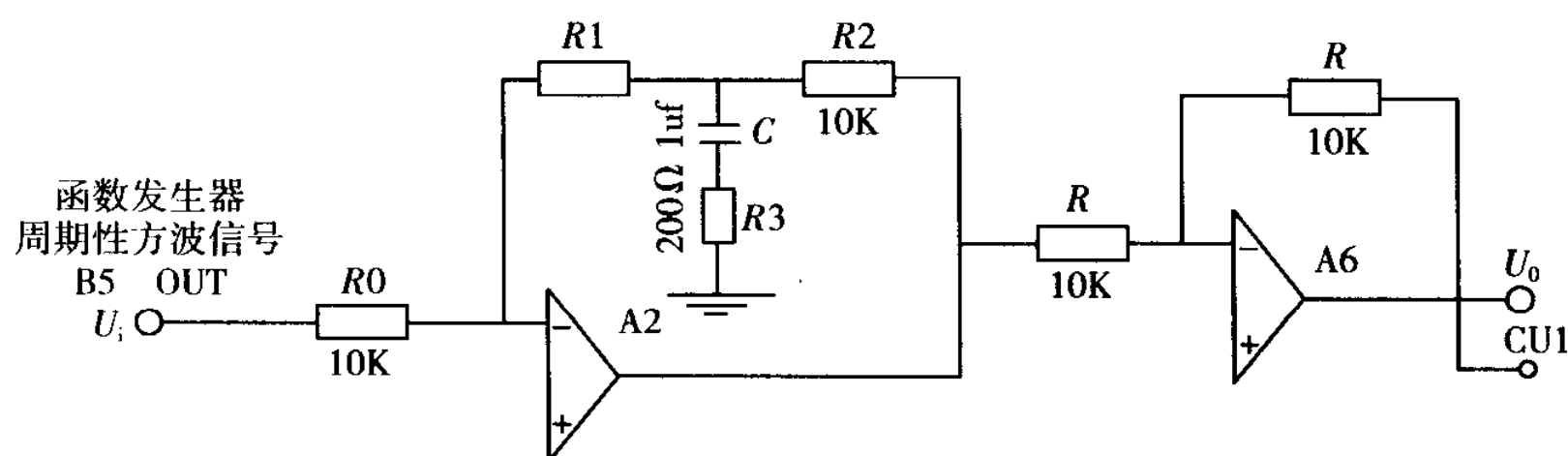


图 1-6 典型比例微分环节模拟电路

实验步骤:

(1) 为了避免积分饱和, 可将函数发生器(B5)所产生的周期性方波信号(OUT), 代替信号发生器(B1)中的阶跃输出 $0/+5\text{V}$ 作为系统的信号输入(U_i):

①将函数发生器(B5)中的插针“S-ST”用短路套短接。

②将 S1 拨动开关置于最上档(阶跃信号)。

③信号周期由拨动开关 S2 和“调宽”旋钮调节, 信号幅度由“调幅”旋钮调节, 以信号幅值小, 信号周期较长比较适宜(正输出宽度在 70ms 左右, 幅度在 400mv 左右)。

(2) 安置短路套、连线, 构造模拟电路:

①安置短路套

	模块号	跨接座号	
1	A2	当反馈电阻 $R_1=10\text{K}$ 时	S1, S7, S9
		当反馈电阻 $R_1=20\text{K}$ 时	S1, S8, S9
2	A6		S2, S6

②测孔连线

1	信号输入(U_i)	B5(OUT) $\rightarrow$ A2(H1)
2	运放级联	A2(OUT) $\rightarrow$ A6(H1)

(3) 虚拟示波器(B3)的连接: 示波器输入端 CH1 接到 A6 单元信号输出端 OUT(U_o)。

注: CH1 选“X1”档。时间量程选“/2”档。

(4)运行、观察、记录：

用示波器观测 A6 输出端(U_o)的实际响应曲线 $U_o(t)$ ，且将结果记下。改变比例参数(改变运算模拟单元 A1 的反馈电阻 R_1)，重新观测结果。

注：该实验由于微分的时间太短，如果用虚拟示波器(B3)观察，必须把波形扩展到最大(/ 4 档)，但有时仍无法显示微分信号。因此建议用一般的示波器观察。

6. 观察 PID(比例积分微分)环节的响应曲线

PID(比例积分微分)环节模拟电路如图 1-7 所示。该环节在 A2 单元中分别选取反馈电阻 $R_1=10K$ 、 $20K$ 来改变比例参数。

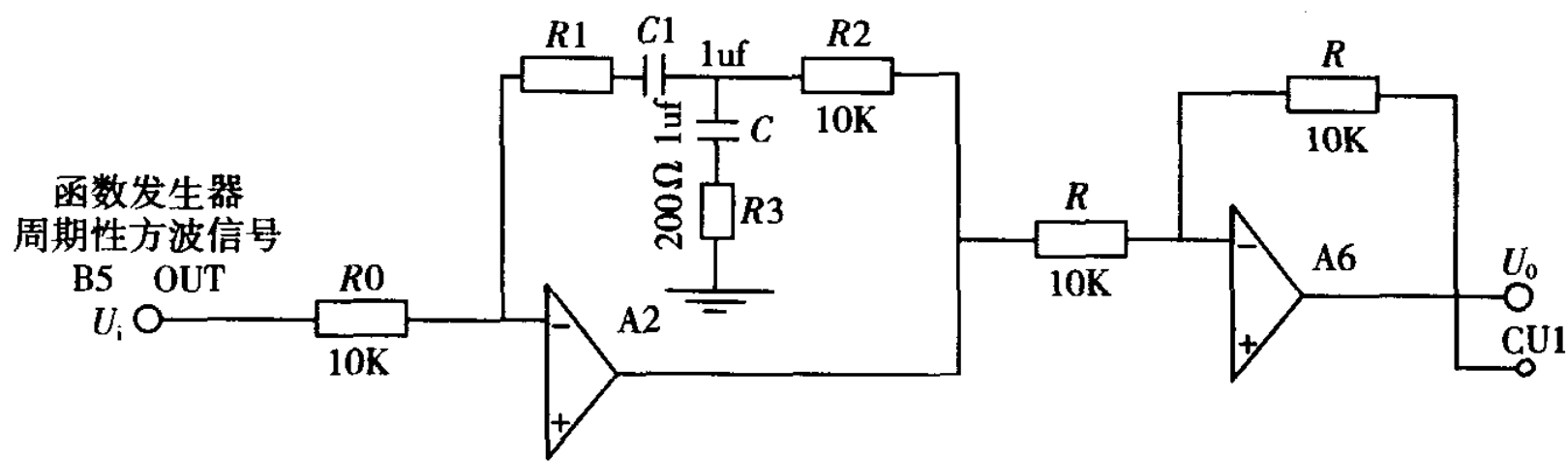


图 1-7 PID(比例积分微分)环节模拟电路

实验步骤：

(1)为了避免积分饱和，可将函数发生器(B5)所产生的周期性方波信号(OUT)，代替信号发生器(B1)中的阶跃输出 0/+5V 作为 PID 环节的信号输入(U_i)：

- ①将函数发生器(B5)中的插针“S-ST”用短路套短接。
- ②将 S1 拨动开关置于最上档(阶跃信号)。
- ③信号周期由拨动开关 S2 和“调宽”旋钮调节，信号幅度由“调幅”旋钮调节，以信号幅值小，信号周期较长比较适宜(正输出宽度在 70ms 左右，幅度在 400mv 左右)。

(2)安置短路套、连线，构造模拟电路：

①安置短路套

	模块号	跨接座号	
1	A2	当反馈电容 $C=1\mu f$ 时	S4, S10
		当反馈电容 $C=2\mu f$ 时	S4, S10, S11
2	A6		S2, S6

②测孔连线

1	信号输入(U_i)	
2	运放级联	

(3)虚拟示波器(B3)的连接：示波器输入端 CH1 接到 A6 单元信号输出端 OUT(U_o)。

注：CH1 选“X1”档。时间量程选“/2”档。

(4)运行、观察、记录：

用示波器观测 A6 输出端(U_o)的实际响应曲线 $U_o(t)$, 且将结果记下。改变比例参数(改变运算模拟单元 A2 的反馈电阻 R_1), 重新观测结果。

注: 该实验由于微分的时间太短, 如果用虚拟示波器(B3)观察, 必须把波形扩展到最大(/ 4 档), 但有时仍无法显示微分信号。因此, 建议用一般的示波器观察。

二、二阶系统瞬态响应和稳定性

(一) 实验要求

1. 掌握典型二阶系统模拟电路的构成方法。
2. 研究二阶闭环系统的结构参数——无阻尼振荡频率 ω_n , 阻尼比 ξ 对过渡过程的影响。
3. 掌握欠阻尼二阶闭环系统在阶跃信号输入时的动态性能指标 M_p 、 t_p 、 t_s 的计算。
4. 观察典型二阶闭环系统在欠阻尼、临界阻尼和过阻尼状态下的瞬态响应曲线, 分析欠阻尼二阶闭环系统中的结构参数——自然频率(无阻尼振荡频率) ω_n , 阻尼比 ξ 对瞬态响应的影响。

(二) 实验原理及说明

图 1-8 是典型二阶系统原理方块图。

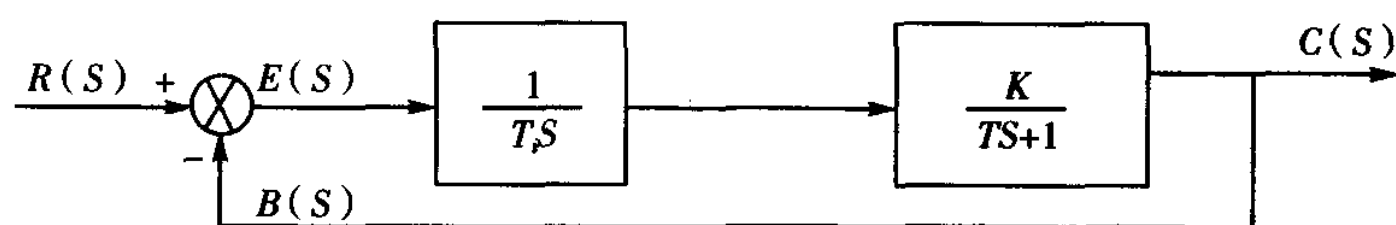


图 1-8 典型二阶系统原理方块图

I 型二阶系统的开环传递函数: $G(S) = \frac{K}{T_i S(TS+1)}$

I 型二阶系统的闭环传递函数标准式: $\phi(S) = \frac{G(S)}{1+G(S)} = \frac{\omega_n^2}{S^2 + 2\xi\omega_n S + \omega_n^2}$

自然频率(无阻尼振荡频率): $\omega_n = \sqrt{K/T_i T}$ 阻尼比: $\xi = \frac{1}{2} \sqrt{T_i/K T}$

有二阶闭环系统模拟电路如图 1-9 所示。它由积分环节(A2)和惯性环节(A3)构成。

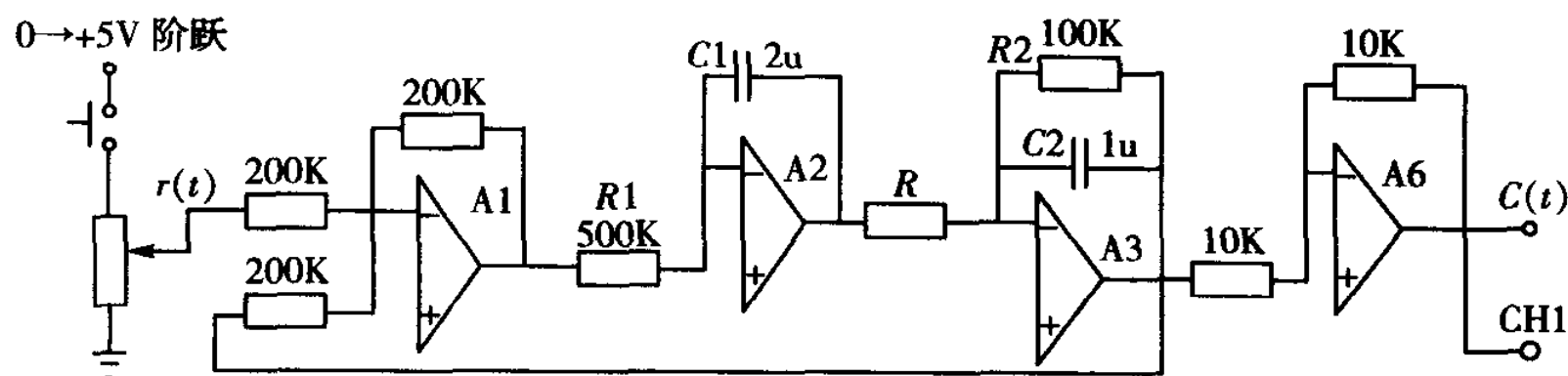


图 1-9 二阶系统模拟电路的各环节参数及系统的传递函数