

自动化专业实验教程

ZIDONGHUA

ZHUANYE SHIYAN JIAOCHENG

主编◎付艳清



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

自动化专业实验教程

主 编 付艳清

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书是根据自动化专业、电气工程及其自动化专业加强实践性教学、提高学生动手能力的需要编写的,涵盖了自动化专业 14 门专业基础课及专业课实验,选取的实验题目贴近工程实际,也符合培养 21 世纪应用型人才的需求。

本书共分 14 章,包括信号与系统、自动控制原理、电力电子技术、电机及拖动基础、光电检测技术、微机原理与接口技术、检测与转换技术、单片机原理及接口技术、可编程控制器、计算机控制系统、DSP 原理与应用、计算机网络技术、电力拖动自动控制系统、过程控制系统等内容。

本书主要作为工科高等院校自动化、电气工程及其自动化、机械制造及其自动化等专业的实验教材,同时也可供从事自动化专业工作的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动化专业实验教程/付艳清主编. --北京:北京邮电大学出版社,2010.9

ISBN 978-7-5635-2425-9

I. ①自… II. ①付… III. ①自动化技术—高等学校—教材 IV. ①TP2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 176566 号

书 名: 自动化专业实验教程

主 编: 付艳清

责任编辑: 张 灏

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish @ bupt. edu. cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 25

字 数: 653 千字

印 数: 1—1 000 册

版 次: 2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2425-9

定 价: 42.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

普通高等学校本科专业的建设和发展对自动化专业学生的综合实践能力和动手能力提出了越来越高的要求,要求学生在自动控制、可编程序控制器控制、计算机控制和过程控制等方面具有较强的分析和解决问题的能力。为适应和满足该专业在新形势下培养目标的总体要求,特编写了本实验教材。

自动化专业实验的教学目的是加深学生对本专业所学理论的理解,掌握本专业最基本的实验方法和测试技术,培养学生观察、分析和解决问题的能力。这就要求学生在实验前做好预习,明确实验目的、要求、步骤、需测定的数据,了解所使用的仪器、仪表及工具。在实验过程中,要细心操作,仔细观察,发现问题,思考问题。实验完成后,认真整理数据,根据实验结果及观察到的现象,加以分析,得出结论,并按规定要求提交实验报告。

本书由长春理工大学光电信息学院付艳清主编,其中第三章、第四章、第九章、第十一章、第十三章由付艳清、明哲编写;第一章、第六章由吕晓玲编写;第二章、第七章、第十章由宋丹编写;第五章、第八章、第十二章、第十四章由司夏岩、李晔编写。李晔还参与了第十章、第十二章部分内容的编写。全书内容由吕晓玲、宋丹、司夏岩、李晔负责编排并完成初统稿。书中实验内容的验证工作由付艳清、明哲、吕晓玲、宋丹、司夏岩完成。全书由付艳清副教授统稿,由康连福教授担任主审。

本书在编写过程中,参阅了大量的参考文献,在此向所有的作者表示感谢!

本书由长春理工大学光电信息学院教材委员会批准后出版。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 信号与系统	1
实验一 典型电信号的观察及测试	1
实验二 一阶电路响应的研究	4
实验三 二阶电路的瞬态响应	6
实验四 基本运算单元	8
实验五 用同时分析法观测 50 Hz 非正弦周期信号的分解与合成	11
实验六 无源和有源滤波器	14
实验七 系统时域响应的模拟解	18
实验八 二阶网络状态轨迹的显示	21
实验九 采样定理	23
附录 TKSS-A 型信号与系统实验箱使用说明	25
第二章 自动控制原理实验	27
实验一 典型环节的电路模拟	27
实验二 二阶系统的瞬态响应	31
实验三 高阶系统的瞬态响应和稳定性分析	34
实验四 线性定常系统的稳态误差	36
实验五 典型环节和系统频率特性的测量	40
实验六 线性定常系统的串联校正	43
第三章 电力电子技术实验	47
实验一 单结晶体管触发电路实验	47
实验二 锯齿波同步移相触发电路实验	50
实验三 单相半波可控整流电路实验	53
实验四 单相桥式半控整流电路实验	56
实验五 单相桥式全控整流及有源逆变电路实验	59
实验六 三相半波可控整流电路实验	62
实验七 三相半波有源逆变电路实验	65
实验八 三相桥式全控整流及有源逆变电路实验	68
实验九 单相交流调压电路实验	72
实验十 直流斩波电路原理实验	75

实验十一 SCR、GTO、MOSFET、GTR、IGBT 特性实验	78
第四章 电机及拖动基础	81
实验一 认识实验	81
实验二 直流发电机	86
实验三 直流并励电动机	91
实验四 直流串励电动机	95
实验五 单相变压器	99
实验六 三相变压器	105
实验七 单相变压器的并联运行	111
实验八 三相变压器的并联运行	114
实验九 三相笼型异步电动机的工作特性	117
实验十 三相异步电动机的起动与调速	125
实验十一 直流他励电动机在各种运转状态下的机械特性	129
实验十二 三相异步电动机在各种运行状态下的机械特性	133
第五章 光电检测技术	138
实验一 光敏电阻特性实验	138
实验二 光敏二极管特性实验	141
实验三 热释电红外报警实验	143
实验四 光电密码锁实验	146
第六章 微型计算机原理与接口技术	150
实验一 WAVE 使用入门	150
实验二 循环程序设计	153
实验三 8088 实验系统基础知识	154
实验四 开关状态显示实验	157
实验五 双色灯实验	160
实验六 定时器/计数器实验	162
实验七 D/A 转换实验	166
实验八 A/D 转换实验	169
实验九 步进电动机驱动实验	173
第七章 检测与转换技术实验	174
实验一 金属箔式应变片特性及应用	174
实验二 差动变压器的原理与应用	177
实验三 差动变面积式电容传感器的静态及动态特性	179
实验四 霍尔式传感器的特性及应用	181

第八章 单片机原理及接口技术	183
软件实验一 存储器块清零.....	184
软件实验二 二进制到 BCD 转换	185
软件实验三 内存块移动.....	186
软件实验四 程序跳转表.....	188
硬件实验一 P1 口输入、输出实验.....	190
硬件实验二 外部中断实验.....	193
硬件实验三 定时器实验.....	195
硬件实验四 单片机串行口通信实验.....	198
第九章 PLC 控制模拟及应用实验	205
实验一 基本指令的编程练习.....	205
实验二 四节传送带的模拟.....	209
实验三 自动配料系统的模拟.....	212
实验四 十字路口交通灯控制的模拟.....	214
实验五 装配流水线控制的模拟.....	216
实验六 水塔水位控制的模拟.....	217
实验七 天塔之光.....	218
实验八 液体混合装置控制的模拟.....	219
实验九 五相步进电动机控制的模拟.....	221
实验十 LED 数码显示控制	222
实验十一 喷泉的模拟控制.....	224
实验十二 3 层电梯控制系统的模拟	226
实验十三 5 层电梯控制系统的模拟	228
实验十四 运料小车控制模拟.....	231
附录 THPLC-D 网络型可编程控制器及电气控制实验装置使用说明	233
第十章 计算机控制系统实验	235
实验一 A/D 与 D/A 转换	235
实验二 数字滤波器.....	238
实验三 数字 PID 调节器算法	240
实验四 最少拍控制算法.....	243
实验五 具有纯滞后系统的达林控制.....	246
实验六 步进电机转速控制系统.....	249
实验七 单闭环温度恒值控制系统.....	251
实验八 单容水箱液位定值控制系统.....	253
第十一章 DSP 原理与应用	255
实验知识一 ICETEK DSP 教学实验箱简介	255

实验知识二 ICETEK DSP 教学实验箱硬件接口和编程说明	258
实验一 Code Composer 入门实验	262
实验二 编制链接控制文件	268
实验三 数据存取实验	271
实验四 定点数除法实验	275
实验五 I/O 端口实验	280
实验六 定时器实验	284
实验七 模数转换实验	288
实验八 数模转换实验	295
实验九 PWM 实验	298
实验十 外设控制实验——发光二极管阵列显示实验	302
第十二章 计算机网络技术	304
实验一 局域网组建及网线制作	304
实验二 Web 服务器的配置与管理	309
实验三 FTP 服务器的配置及 FlashFXP 的使用	312
实验四 网络系统测试工具的功能与应用	315
第十三章 电力拖动自动控制系统	321
实验一 晶闸管直流调速系统的参数和环节特性的测定实验	326
实验二 晶闸管直流调速系统主要单元的调试	331
实验三 单闭环不可逆直流调速系统实验	334
实验四 双闭环不可逆直流调速系统实验	342
实验五 逻辑无环流可逆直流调速系统实验	348
实验六 双闭环三相异步电机调压调速系统实验	355
实验七 双闭环三相异步电动机串级调速系统实验	360
第十四章 过程控制系统	365
实验一 实验装置的基本操作与仪表调试	365
实验二 单容水箱对象特性的测试	367
实验三 双容水箱对象特性的测试	370
实验四 单容水箱液位 PID 控制系统	373
实验五 双容水箱液位 PID 控制系统	376
实验六 上、下水箱液位串级控制系统	381
实验七 计算机控制系统	383
实验八 PLC 单/双容液位控制	389

第一章 信号与系统

实验一 典型电信号的观察及测试

一、实验目的

1. 学习示波器、晶体管毫伏表、函数信号发生器的使用方法。
2. 掌握观察和测定直流(阶跃)信号、正弦交流信号、脉冲信号的方法。

二、实验原理与说明

直流(阶跃)信号、正弦交流信号、脉冲信号是常用的电信号。它们的波形如图 1-1 所示, 分别可由直流稳压电源、函数信号发生器和脉冲信号发生器提供。

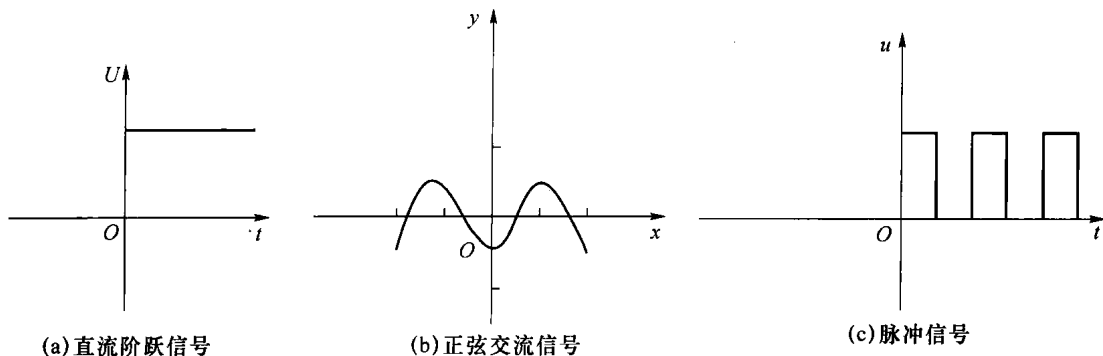


图 1-1 波形信号

直流(阶跃)信号的主要参数是电压(U)和电流(I), 正弦交流信号的主要参数是 U_m 或 I_m 、周期 T 或频率 f 和初相角 φ , 脉冲信号的主要参数是幅度 A 、周期 T 和脉宽 τ 。

测试信号幅度的常用仪器有万用表、晶体管毫伏表、示波器。万用表和毫伏表测量交流电时所得都是有效值, 它们的测试对象仅限于正弦交流电, 测量的精度会受到信号频率和波形失真的影响。使用示波器能观察到电信号的波形, 从荧光屏的刻度尺的 y 轴可读得信号的振幅或峰-峰值, 从刻度尺的 x 轴可读出信号的周期 T , 从而可计算出频率 f 。

三、仪器设备

1. 示波器 1 台。
2. 函数信号发生器 1 台。
3. 毫伏表 1 台。

4. 直流稳压电源 1 台。

四、预习要求

1. 简述示波器的原理以及能显示被测波形的原理。荧光屏的 x 轴代表什么？ y 轴代表什么？
2. 欲使示波器在无信号输入时能显示一条亮而清晰的扫描基线，应调节面板上的哪些旋钮？
3. 用示波器观察到图 1-1(a) 所示波形，若所用探头内附有 10 : 1 的衰减器，电压量程为每格 0.2 V，扫描时间为每格 50 μ s，被测信号幅度和频率各为多少？

五、内容与步骤

1. 直流信号的观察与测定

按图 1-2 方式连接直流稳压电源和示波器，观察直流电波形，按表 1-1 要求对电压进行测定，并记录示波器相应开关的位置。

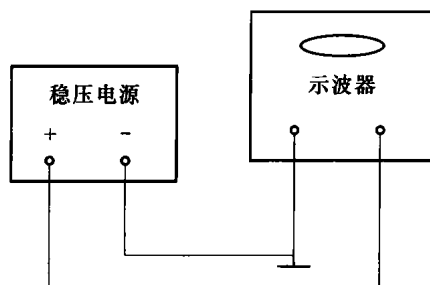


图 1-2 稳压电源与示波器连接图

表 1-1 电压测定记录表

稳压电源输出	1 V	5 V	10 V
示波器“V/DIV”位置			
格数			
示波器测得幅值			

2. 正弦信号的观察与测定

连接信号发生器、示波器和毫伏表，并使信号发生器输出正弦信号，幅值自定，按表 1-2 规定内容对正弦信号进行观察及测定。要求调节示波器，在荧光屏上观察到 5 个完整的波形，务必使图形清晰和稳定。记录示波器相应开关所做的改动。

表 1-2 正弦信号观测表

信号源频率			
示波器“V/DIV”位置			
格数			
示波器测得幅值			
毫伏表测得有效值			
示波器“T/DIV”位置			
格数			
示波器测得周期			

3. 脉冲信号的观察及测定

任选几种不同频率、振幅的方波信号和三角波信号进行观察及测定,并将结果填于表 1-3 中,要求同上。

表 1-3 方波信号和三角波信号观测表

波形	方波		三角波	
信号源频率				
示波器“V/DIV”位置				
格数				
示波器测得幅值				
示波器“T/DIV”位置				
格数				
示波器测得周期				

六、注意事项

1. 操作过程中,应注意避免稳压电源及函数信号发生器输出端短路,以免烧坏仪器。
2. 示波器探头附有 10 : 1 衰减器,即信号通过探头后要衰减 10 倍,故被测信号 y 轴刻度上的读数应乘 10 后才是被测信号真实的幅值。
3. 在定量测量信号的幅度和周期时应将“微调”旋钮右旋到底,即处于“校准位置”,否则测量结果不正确。

七、报告要求

1. 列表表示测量结果,给出所观察到的各种波形。
2. 在实验中对示波器的哪些旋钮印象最深刻? 它们各起什么作用?

实验二 一阶电路响应的研究

一、实验目的

1. 研究一阶电路的零输入、零状态响应及完全响应的变化规律和特点。
2. 了解时间常数对响应波形的影响及积分、微分电路的特性。

二、原理说明

凡是能用一阶微分方程来描述的电路称为一阶电路,线性电路的瞬态响应又分为零输入、零状态响应和完全响应。当初始条件为零而仅由初始状态引起的响应称“零状态响应”。激励为零而仅由初始状态引起的响应称“零输入响应”。初始状态与激励共同作用而引起的响应为“完全响应”,等于零状态和零输入响应之和。零输入响应是由回路参数和结构决定的,一阶电路的零输入响应总是按指数规律衰减的,衰减的快慢决定于回路的时间参数 τ 。在 RC 电路中 $\tau=RC$,在 RL 电路中 $\tau=L/R$ 。改变元件的参数值,可获得不同的时间参数,由此改变衰减速率,以满足电路特性的要求。

瞬态响应是十分短暂的单次变化过程,在瞬间发生而又很快消失,所以观察这一过程是比较困难的。为了便于观察测量,试验采用方波信号来代替单次接通的直流电源,而使单次变化过程重复出现。方波信号源的作用如图 1-3 虚线框内部分所示。开关的动作频率等于方波信号频率的两倍。可见,要求方波周期 T 与电路时间参数 τ 满足一定的关系,所观察的响应性质即与单次过程完全相同。

三、试验仪器、设备

1. 函数信号发生器 1 台。
2. 示波器 1 台。
3. 信号与系统试验箱 TKSS-A 型。

四、预习要求

1. 定性画出周期方波作用下的一阶 RC 电路波特图:(1) $\tau \geq T/2$ 信号积分电路;(2) $\tau \leq T/2$ 信号微分电路;(3) $\tau = T/2$ 3 种情况下的瞬态响应波形,并确定何处为零输入响应、零状态响应和完全响应。

2. 按预习要求 1 中确定的各元件参数值,计算电路的时间常数 τ 与输出方波 T 进行比较。哪组是积分电路,哪组是微分电路?

五、实验内容与步骤

1. 信号源输入方波,幅度 $U_{pp}=2\text{ V}$,频率 $f=5\text{ kHz}$ 。按图 1-3 接线,观察并定量描绘 RC 、 RL 电路在下述参数值时,各元件两端的电压波形,即波特图。

(1) $R=1\text{ k}\Omega$, $C=0.01\text{ }\mu\text{F}$ 。

(2) $R=1\text{ k}\Omega$, $C=0.1\text{ }\mu\text{F}$ 。

(3) $R=3\text{ k}\Omega, C=0.1\text{ }\mu\text{F}$ 。

(4) $R=1\text{ k}\Omega, L=10\text{ mH}$ 。

(5) $R=100\text{ k}\Omega, L=10\text{ mH}$ 。

2. 上述各组参数中哪组是微分电路,哪组是积分电路?并在微分电路状态下,测量时间参数 τ 值。(利用上升曲线的 $68\%x$ 轴投影、下降曲线的 $32\%x$ 轴投影来测量时间参数 τ ,并与理论值比较。)

测量 τ 值在微分电路时测量,如果不是微分电路,可通过改变信号源频率来满足微分电路条件。工程上通过测量 τ 值,确定硬件参数。

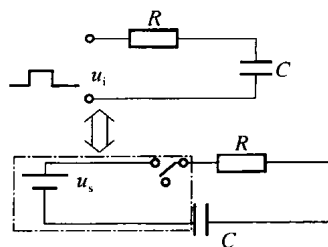


图 1-3 方波信号源的作用

六、报告要求

1. 分析试验结果,说明元件数值改变对一阶电路瞬态响应的影响。
2. 将同一时间常数的 RC 、 RL 电路的波形相比较,又得出什么结论?

七、注意事项

在分析一阶电路时,首先列出次网络的微分方程,列出其通解、特解,此微分方程解的几何描点,即是此电路的波特图。因此一阶电路的完全响应即是线性的、时不变的、没有间断点,按指数规律上升下降,上升下降速率受时间常数制约,这就是一阶电路波特图的特点。

实验三 二阶电路的瞬态响应

一、实验目的

1. 研究 RLC 串联电路特性与元件参数的关系。
2. 观察并分析各种类型的状态轨迹。

二、原理说明

1. 凡是可用二阶微分方程来描述的电路称为二阶电路。解二阶微分方程特征根可有以下几种情况。

(1) $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时, 为过阻尼情况, 即不相等实数根。

(2) $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时, 为临界阻尼情况, 即相等实数根。

(3) $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时, 为欠阻尼情况, 即二共轭虚数根。

因此对于不同的电阻值, 电路的响应波形是不同的。

2. 因冲激信号是阶跃信号的函数, 所以对线性时不变电路的冲激响应也是阶跃响应的函数。实验中, 用周期方波代替阶跃信号。用周期方波通过微分电路后得到的尖脉冲代表冲激信号。在电路中冲激响应也是阶跃响应的函数。

在实验电路图 1-4 中, 回路电压方程为 $u_s = u_R + u_L + u_C$ 。网络电流 $i_C = C \frac{du_C}{dt}$ 。

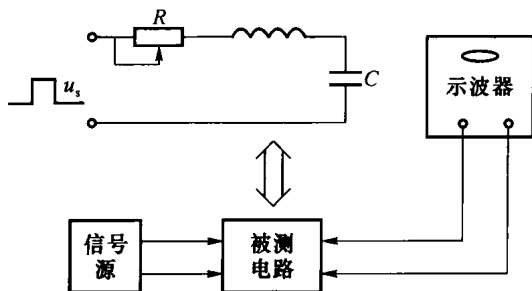


图 1-4 二阶电路瞬态响应实验接线图

$$u_L = L \frac{di}{dt} = LC \frac{d^2 u_C}{dt^2} \quad u_R = RC \frac{du_C}{dt}$$

$$u_s = LC \frac{d^2 u_C}{dt^2} + CR \frac{du_C}{dt} + u_C$$

三、试验仪器、设备

1. 函数信号发生器 1 台。
2. 示波器 1 台。

3. 信号与系统试验箱 TKSS-A 型。

四、预习要求

1. 选定微分电路元件的数值,使之在输入重复频率为 5 kHz 时,能获得宽度极窄的尖顶脉冲输出。
2. 定性画出 RLC 串联电路在阶跃信号激励下的过阻尼、欠阻尼和临界阻尼时 u_C 上的响应波形。

五、实验内容与要求

1. 观察电路的阶跃响应。以方波信号 $f=5\text{ kHz}$, $u_{pp}=2\text{ V}$ 为激励源,观察图 1-4 电路 u_C 的波形。改变 R 值,描述过阻尼、欠阻尼和临界阻尼 3 种情况下, R 、 L 、 C 各元件上的 9 组响应波形。
2. 实验电路同上,改变电阻阻值,满足欠阻尼条件时(以示波器波形为准),用示波器测出一组衰减角频率 ω_d 和衰减系数 α 的值。
3. 信号衰减频率 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 可与测 T_d 相比较,从而确定二阶电路的硬件参数。

六、注意事项

1. 观察过渡过程的波形,以示波器为准。
2. 分析试验结果,应注意实际元件与理想模型之间的差别,实际电感线圈和电容器都具有损耗电阻。
3. 在测试响应波形图时,注意要保证各元件有共同的接地端。

七、报告要求

整理试验结果,讨论改变电路参数对二阶电路瞬态响应的影响。

实验四 基本运算单元

一、实验目的

1. 熟悉由运算放大器为核心元件组成的基本运算单元。
2. 掌握基本运算单元特性的测试方法。

二、实验原理与说明

1. 运算放大器

运算放大器实际就是高增益直流放大器。当与反馈网络连接后,就可实现对输入信号的求和、积分、微分、比例放大等多种数学运算,运算放大器因此而得名。运算放大器的电路符号如图 1-5 所示。由图可见,其具有两个输入端和一个输出端:当信号从“-”端输入时,输出信号与输入信号反相,故“-”端称为反相输入端;而从“+”端输入时,输出信号与输入信号同相,故称“+”端为同相输入端。

运算放大器有以下的特点:高增益,开环时,直流电压放大倍数高达 $10^4 \sim 10^6$;高输入阻抗,输入阻抗一般在 $10^6 \sim 10^{11} \Omega$ 范围内;低输出阻抗,输出阻抗一般为几十欧姆到一二百欧姆。若它工作于深度负反馈状态,则其闭环输出阻抗将更小。

因而有以下结论:运放的输入电流等于零(虚断); $u_+ = u_-$ (虚短)。

2. 基本运算单元

在对系统模拟中,常用的基本运算单元有加法器、比例运算器、积分器和微分器 4 种,现简述如下。

(1) 加法器。图 1-6 为加法器的原理电路图。基于运算放大器的输入电流为零,则由图 1-6 得 $u_o = u_1 + u_2 + u_3$,即运算放大器的输出电压等于输入电压的代数和。

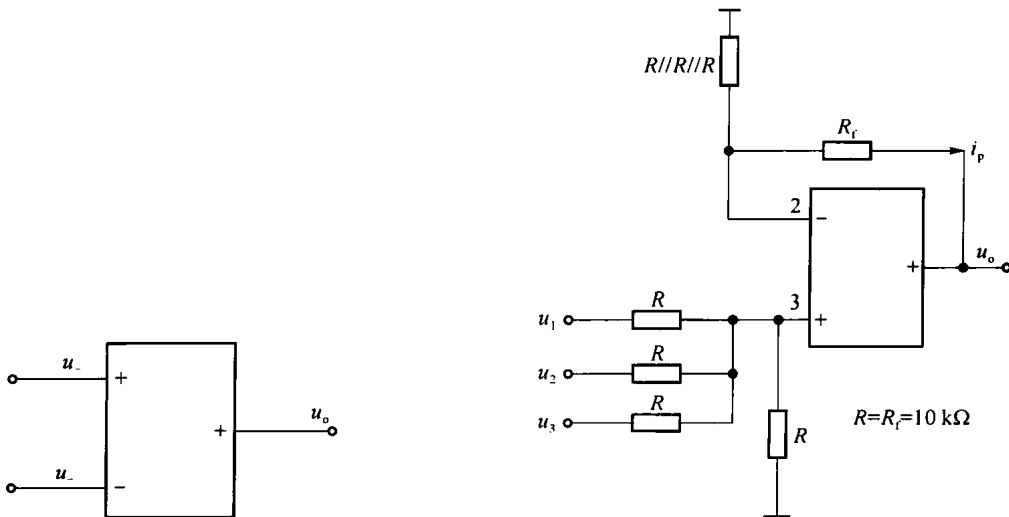


图 1-5 运放电路符号

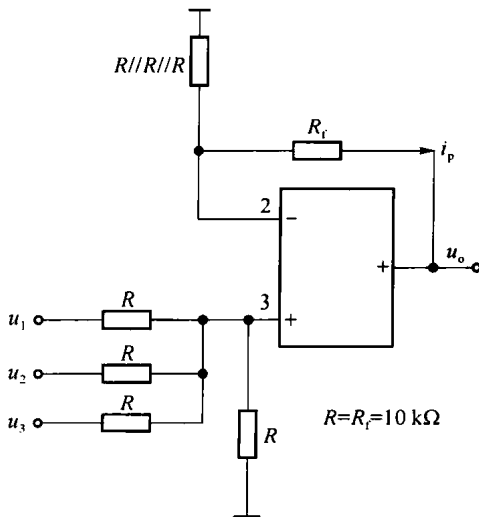


图 1-6 加法器原理电路图

(2) 比例运算器。

① 反相运算器, 电路图如图 1-7 所示。由于放大器的“+”端和“-”端均无输入电流, 所以 $u_+ = u_- = 0$ 。图中的 A 点为“虚地”, 于是得

$$\frac{-u_o}{R_f} = \frac{u_i}{R_r} \quad \frac{-u_o}{u_i} = \frac{R_f}{R_r} = K$$

反相运算器当 $R_f = R_r$ 时, $K = 1$, $u_o = -u_i$, 这就是人们常用的反相器。图 1-7 中的电阻 R_p 用来保证外部电路平衡对称, 以补偿运放本身偏置电流及其温度漂移的影响, 它的取值一般为 $R_p = R_r // R_f$ 。

② 同相运算器, 电路图如图 1-8 所示。由该电路得

$$\frac{-u_i}{R_r} = \frac{-u_o + u_i}{R_f} \quad u_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_r}\right) u_i = K u_i \quad \left(1 + \frac{R_f}{R_r}\right) = K$$

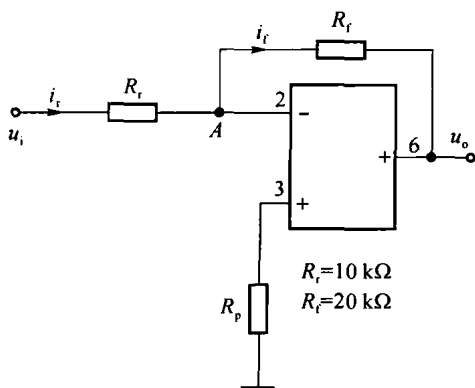


图 1-7 反相运算器

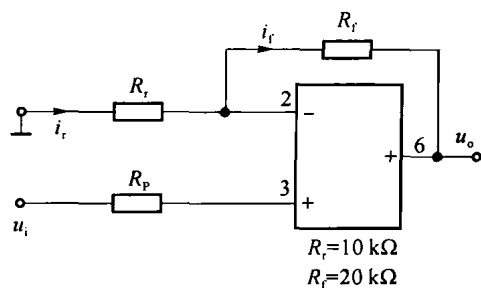


图 1-8 同相运算器

(3) 积分器。基本积分器电路图如图 1-9 所示, 由该图得

$$u_o = -u_c = -\frac{1}{C} \int i_f dt = -\frac{1}{R_f C} \int u_i dt$$

表示积分器的输出电压 u_o 与其输入电压 u_i 的积分成正比, 但输出电压与输入电压反相。如果积分器输入回路的数目多于一个, 这种积分器称为求和积分器, 电路图如图 1-10 所示。用类同于一个输入的积分器输出导求方法, 求得该积分器的输出, 如果 $R_1 = R_2 = R_3 = R$, 则

$$u_o = \frac{1}{RC} \int (u_1 + u_2 + u_3) dt$$

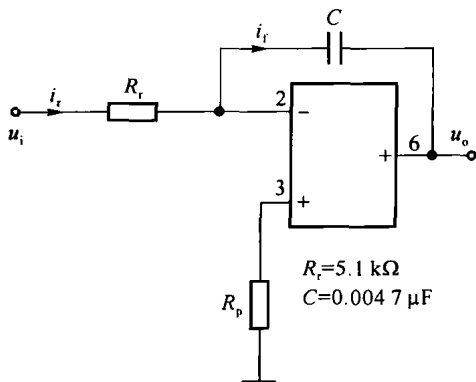


图 1-9 基本积分器

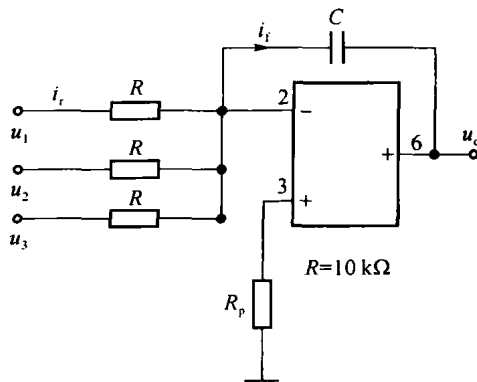


图 1-10 求和积分器