



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
“十二五”江苏省高等学校重点教材



2009

普通高等教育国家精品教材

电子信息类精品教材 · 优秀畅销书

模拟电路与数字电路

Analog Circuits and Digital Circuits

(第3版) · 寇戈 蒋立平 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>



教育部高等学校工程教育专业认证
电子信息类专业类标准



2020
版

《工程教育认证标准》

《工程教育认证标准》

模拟电路与数字电路

《工程教育认证标准》

《工程教育认证标准》

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等教育国家精品教材

“十二五”江苏省高等学校重点教材

模拟电路与数字电路

(第3版)

寇戈 蒋立平 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材;2009年普通高等教育国家精品教材;2013年入选“十二五”江苏省高等学校重点教材。

本书主要介绍模拟电路和数字电路的基本理论与基本计算,全书内容分为四个部分,共13章。第一部分为第1章绪论,介绍电子电路相关基本概念;第二部分为模拟电路,包括第2~7章,内容为:半导体器件基础、放大电路基础、放大电路中的反馈、集成运算放大器、正弦波振荡电路和直流稳定电源;第三部分为数字电路,包括第8~13章,内容为:数字逻辑基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路引论、时序逻辑电路的分析和设计、存储器和可编程逻辑器件,以及脉冲信号的产生与整形;第四部分为附录A~F,内容包括:半导体分立元件和集成电路型号命名方法、半导体器件产品说明书举例、电子电路教学常用EDA软件简介、集成电路基础知识、习题参考解答和常见电子电路术语中英文对照。

本书注重基本概念、基本原理与基本计算的介绍,力求叙述简明扼要,通俗易懂,图形符号均采用了新国标,可以作为普通高等院校非电类各专业、电气信息类计算机专业及其他相近专业的电子技术基础课程教材,也可供有关工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电路与数字电路/寇戈,蒋立平编著. —3版. —北京:电子工业出版社,2015.1

电子信息类精品教材

ISBN 978-7-121-25056-9

I. ①模… II. ①寇… ②蒋… III. ①模拟电路-高等学校-教材 ②数字电路-高等学校-教材
IV. ①TN710 ②TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第286350号

责任编辑:韩同平 特约编辑:李佩乾

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开 本:787×1092 1/16 印张:24 字数:700千字

版 次:2004年8月第1版

2015年1月第3版

印 次:2015年1月第1次印刷

印 数:3000册 定价:55.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

第3版前言

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材;2009年普通高等教育国家精品教材;2013年入选“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2013-1-094)。

本书第1版于2004年出版;第2版于2008年出版。出版10年来,承蒙广大读者的支持与厚爱,本书先后被国内数十所不同层次的大学选做教材(2006年1月台湾地区也引进出版作为高校教材使用),对此,编者深感荣幸。基于课程的发展和教学要求,编者根据多年的教学实践积累和广大师生的反馈意见,希望通过第3版的出版使教材在先进性、教学适用性等方面更上一个台阶。

第3版仍定位于高等学校非电类各专业、计算机专业及其他相近专业的电子技术基础课程教材,力求叙述简明扼要,通俗易懂,注重基本概念、基本原理与基本计算的介绍,使学生既能全面了解电子电路的概貌,又能结合实际运用,重点学习一些电子技术的基础理论,为日后进一步学习、科研奠定基础。

本着“突出重点,锤炼精品,改革创新,特色鲜明”的“十二五”规划教材指导思想,第3版在教学大纲没有根本性改变的情况下,保持了第2版的特色和基本框架,除了订正第2版的印刷错误,各章增加了基于multisim的EDA仿真内容,主要在以下几个方面做了调整:

模拟电路部分:

- 增加放大电路部分例题,通过理论与实际的结合,使得学生更深刻地掌握模拟电路部分的基本内容;
- 充实完善相关基本概念,适当增加了一些前两版均未出现的基本概念(例如结型场效应管,三种组态的H参数物理意义,共栅组态和共漏组态FET放大电路等内容)。
- 增补最新电子技术进展,例如智能眼镜、无线充电器等。一方面激发学生的学习兴趣,使他们感到教材的与时俱进而非陈旧过时,了解到基础与前沿的关联。
- 附录中增加multisim仿真方法简介,半导体器件命名的国外标准及半导体器件说明书的实际样例。

数字电路部分:

- 增加了二进制数算术运算、美国信息交换标准代码,使得“数”和“码”的概念更加完整。为了便于教学,改写了“基本逻辑运算”内容。在逻辑函数化简部分,加入了奎恩-麦克拉斯基化简法,使读者能和计算机辅助化简相结合。
- 组合电路部分进行了必要精简,去除了部分中规模集成器件内部结构介绍,而更注重集成电路的应用。
- 触发器的内容改变比较多,主要是考虑到在原有的触发器内容体系中,某些主从结构的触发器其实也具有边沿型触发器的特征,故在抗干扰等问题上,容易使初学者造成混淆。修订后的内容由主从RS触发器入手,直接介绍边沿型触发器,可以使问题更为简单明了。
- 时序逻辑电路部分删除了部分非典型电路的分析,并在文字修饰和图形规范上做了进一步提炼。

第3版教材与第2版相比较,在内容上并没有大的变动,因此建议学时数为80~100(作者



所在南京理工大学使用该教材的课程总学分为5学分,总学时80学时,模拟电路和数字电路各40学时,可供参考)。

模拟电路与数字电路两部分的修订分别由寇戈和蒋立平负责。在第3版出版过程中,编者得到了许多人的帮助,这里特别感谢南京理工大学王建新教授、教务处领导和老师的一贯支持,感谢电子工程与光电技术学院傅文红、黄琳、硕力更、花汉兵、姜萍、吴少琴、赵邦信、钱嵩松诸位老师的热心指导和帮助,感谢广西师范学院潘吟松老师,中国科学技术大学张俊霞老师,太原科技大学高文华老师和广东警官学院彭晗老师给予的宝贵意见。当然,感谢促成本书修订的编辑!而虽然未能具名,但通过书信、邮件和电话给出修订建议的老师与学生们,以其客观和才智,对编者帮助极大,是最应该特别感谢的人们!

本书编者深知,一本优秀教材的出现不是一蹴而就的,它凝聚着编者、编辑、出版社和读者的共同心血。希望通过我们的共同努力,为读者奉上经得起时间考验的好教材。

本书仍会存在这样或那样的错误和疏漏,欢迎您提出宝贵的建议和意见,联系邮箱:mdandsd@2008.sina.com。

编者

于南京理工大学

本书结构	第一部分	{	第 1 章	绪论
	第二部分	{	第 2 章	半导体器件基础
			第 3 章	放大电路基础
			第 4 章	放大电路中的反馈
			第 5 章	集成运算放大器
			第 6 章	正弦波振荡电路
			第 7 章	直流稳压电源
	第三部分	{	第 8 章	数字逻辑基础
			第 9 章	组合逻辑电路
			第 10 章	时序逻辑电路引论
			第 11 章	时序逻辑电路的分析与设计
			第 12 章	存储器和可编程逻辑器件
			第 13 章	脉冲信号的产生与整形
	第四部分	{	附录 A	半导体分立元件和集成电路型号命名方法
			附录 B	半导体器件产品说明书举例
			附录 C	电子电路教学常用 EDA 软件简介
			附录 D	集成电路基础知识
			附录 E	常见电子电路术语中英文对照
			附录 F	习题参考解答

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可,复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为;歪曲、篡改、剽窃本作品的行为,均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人应承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序,保护权利人的合法权益,本社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为,本社将奖励举报有功人员,并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话:(010)88254396;(010)88258888

传 真:(010)88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址:北京市万寿路173信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编:100036

目 录

第一部分

第1章 绪论	(1)	1.3.2 与电子技术相关的研究热点	(10)
1.1 电子技术相关基本概念	(1)	1.4 电路模型	(11)
1.2 与人们生活相关的电子技术及 产品	(7)	1.5 电子电路的特点及研究 方法	(12)
1.3 电子技术的发展历史及其研究 热点	(8)	1.6 学习本课程的目的及方法	(13)
1.3.1 电子技术的发展历史	(8)	本章小结	(13)

第二部分 模拟电路

第2章 半导体器件基础	(14)	2.4.2 场效应管的工作原理	(33)
2.1 半导体的基本知识	(14)	2.4.3 场效应管的特性曲线	(35)
2.1.1 本征半导体	(14)	2.4.4 场效应管的符号表示及主要 参数	(35)
2.1.2 杂质半导体	(15)	2.4.5 各种场效应管比较	(36)
2.1.3 PN结及其单向导电性	(16)	本章小结	(37)
2.2 晶体二极管	(18)	习题	(38)
2.2.1 晶体二极管的结构、符号、 类型	(18)	第3章 放大电路基础	(40)
2.2.2 晶体二极管的伏安特性与等效 电路	(19)	3.1 放大电路的基本概念	(40)
2.2.3 晶体二极管的主要参数	(21)	3.2 共发射极放大电路	(40)
2.2.4 晶体二极管的温度特性	(21)	3.2.1 共发射极组态基本放大电路的 构成	(40)
2.2.5 晶体二极管的应用	(21)	3.2.2 共发射极组态基本放大电路的 工作原理	(41)
2.2.6 稳压管	(25)	3.3 放大电路的分析方法	(42)
2.3 晶体三极管	(25)	3.3.1 静态和动态	(42)
2.3.1 晶体三极管的结构、符号、类型及 应用	(25)	3.3.2 直流通路和交流通路	(42)
2.3.2 晶体三极管的电流分配及放大 作用	(26)	3.3.3 放大电路的静态分析	(43)
2.3.3 晶体三极管的输入特性与输出 特性	(29)	3.3.4 放大电路的动态分析——图解 分析法	(44)
2.3.4 晶体三极管的主要参数	(31)	3.3.5 放大电路的动态分析——小信号 模型法	(48)
2.4 场效应管	(32)	3.4 用H参数小信号模型分析共 发射极基本放大电路	(51)
2.4.1 场效应管的结构、类型	(33)		

3.4.1 求电压增益	(52)	和动态分析	(104)
3.4.2 求输入电阻和输出电阻	(52)	5.1.3 偏置电路	(114)
3.5 稳定静态工作点的放大 电路	(54)	5.1.4 功率放大电路	(116)
3.5.1 温度对工作点的影响	(54)	5.2 集成运算放大器	(119)
3.5.2 分压式偏置电路	(55)	5.2.1 集成运算放大器的符号	(119)
3.6 共集电极电路和共基极 电路	(61)	5.2.2 集成运算放大器的主要 参数	(120)
3.6.1 共集电极放大电路(射极输 出器)	(61)	5.2.3 理想运算放大器的特性	(121)
3.6.2 共基极放大电路	(63)	5.3 集成运算放大器的基本运算 电路	(123)
*3.6.3 三种组态的 H 参数分析	(64)	5.3.1 求和运算电路	(123)
3.6.4 三种基本组态放大电路的 比较	(64)	5.3.2 减法运算电路	(124)
3.7 放大电路的频率响应	(65)	5.3.3 积分电路和微分电路	(126)
3.7.1 幅频特性和相频特性	(66)	*5.3.4 对数电路和指数电路	(128)
3.7.2 波特图	(66)	5.4 集成运算放大器的非线性 应用	(129)
3.7.3 共发射极放大电路的频率 特性	(67)	5.4.1 电压比较器	(129)
3.8 场效应管放大电路	(68)	*5.4.2 非正弦波产生电路	(131)
3.8.1 FET 放大电路的静态分析	(68)	本章小结	(133)
3.8.2 FET 放大电路的小信号模型 分析法	(69)	习题	(134)
*3.8.3 FET 三种组态的比较	(70)	第 6 章 正弦波振荡电路	(137)
3.9 多级放大电路	(73)	6.1 正弦波振荡电路的基本 原理	(137)
3.9.1 多级放大电路概述	(73)	6.2 正弦波振荡电路的组成、分类 和分析方法	(139)
3.9.2 多级放大电路的分析	(75)	6.3 RC 振荡电路	(140)
3.10 放大电路的主要性能指标	(80)	6.3.1 文氏桥式振荡电路	(140)
本章小结	(82)	6.3.2 RC 移相式振荡电路	(142)
习题	(83)	6.3.3 双 T 式振荡电路	(143)
第 4 章 放大电路中的反馈	(87)	6.4 LC 振荡电路	(143)
4.1 反馈的基本概念	(87)	*6.5 石英晶体振荡电路	(145)
4.2 反馈的分类	(88)	本章小结	(147)
4.3 负反馈放大电路的增益	(91)	习题	(147)
4.4 负反馈对放大电路性能的 改善	(95)	第 7 章 直流稳压电源	(150)
本章小结	(99)	7.1 直流稳压电源的基本组成	(150)
习题	(99)	7.2 整流电路	(150)
第 5 章 集成运算放大器	(101)	7.2.1 半波整流电路	(150)
5.1 集成运算放大器的构成	(101)	7.2.2 单相全波整流电路	(152)
5.1.1 差分式放大电路	(101)	7.2.3 桥式全波整流电路	(153)
5.1.2 差分式放大电路的静态分析		7.3 滤波电路	(155)

7.4 稳压电路	(158)	7.4.4 集成稳压电路	(161)
7.4.1 稳压管稳压电路	(158)	本章小结	(162)
7.4.2 晶体管串联型稳压电路	(159)	习题	(162)
7.4.3 晶体管开关型稳压电路	(160)		

第三部分 数 字 电 路

第8章 数字逻辑基础	(164)	10.3.3 D锁存器	(237)
8.1 数制与BCD码	(165)	10.4 触发器	(238)
8.1.1 常用数制	(165)	10.4.1 主从触发器	(238)
8.1.2 几种简单的编码	(172)	10.4.2 边沿触发器	(239)
8.2 逻辑代数基础	(174)	10.4.3 集成触发器	(243)
8.2.1 基本逻辑运算	(174)	*10.5 触发器的脉冲工作特性	(243)
8.2.2 复合逻辑运算	(176)	10.6 触发器逻辑功能的转换	(244)
8.2.3 逻辑电平与正、负逻辑	(177)	10.6.1 代数法	(245)
8.2.4 基本定律和规则	(178)	10.6.2 图表法	(246)
8.2.5 逻辑函数的标准形式	(182)	10.7 触发器应用举例	(247)
8.2.6 逻辑函数的化简	(188)	本章小结	(248)
本章小结	(199)	习题	(249)
习题	(200)	第11章 时序逻辑电路的分析与 设计	(252)
第9章 组合逻辑电路	(202)	11.1 MSI构成的时序逻辑电路	(253)
9.1 由基本逻辑门构成的组合电路 的分析和设计	(202)	11.1.1 寄存器和移位寄存器	(253)
9.1.1 组合电路的一般分析方法	(202)	11.1.2 计数器	(257)
9.1.2 组合电路的一般设计方法	(203)	11.1.3 移位寄存器型计数器	(269)
9.2 MSI构成的组合逻辑电路	(205)	11.1.4 序列信号发生器	(274)
9.2.1 编码器	(206)	11.2 同步时序逻辑电路的分析 方法	(276)
9.2.2 译码器	(210)	11.3 同步时序逻辑电路的设计 方法	(278)
9.2.3 数据选择器	(217)	本章小结	(284)
9.2.4 加法器	(222)	习题	(285)
9.2.5 数值比较器	(226)	*第12章 存储器和可编程逻辑 器件	(288)
本章小结	(228)	12.1 概述	(288)
习题	(228)	12.2 存储器	(290)
第10章 时序逻辑电路引论	(231)	12.2.1 只读存储器(ROM)	(290)
10.1 时序逻辑电路的基本 概念	(231)	12.2.2 随机存取存储器(RAM)	(294)
10.1.1 时序逻辑电路的结构模型	(231)	12.3 可编程逻辑器件(PLD)	(296)
10.1.2 状态表和状态图	(232)	12.3.1 可编程阵列逻辑(PAL)	(297)
10.2 存储器件	(233)	12.3.2 通用阵列逻辑(GAL)	(302)
10.3 锁存器	(234)	12.3.3 PLD的开发过程	(307)
10.3.1 RS锁存器	(234)		
10.3.2 门控RS锁存器	(236)		

本章小结	(307)	13.3.2 用施密特触发器构成的单稳态	
习题	(308)	触发器	(314)
第13章 脉冲信号的产生与整形 ...	(309)	13.3.3 集成单稳态触发器	(315)
13.1 555 集成定时器	(309)	13.3.4 单稳态触发器的应用	(315)
13.2 施密特触发器	(311)	13.4 多谐振荡器	(317)
13.2.1 用555 定时器构成的施密特		13.4.1 用555 定时器构成的多谐	
触发器	(311)	振荡器	(317)
13.2.2 集成施密特触发器	(312)	13.4.2 用施密特触发器构成的多谐	
13.2.3 施密特触发器的应用	(312)	振荡器	(319)
13.3 单稳态触发器	(313)	13.4.3 石英晶体多谐振荡器	(320)
13.3.1 用555 定时器构成的单稳态		本章小结	(320)
触发器	(313)	习题	(321)

第四部分 附 录

附录A 半导体分立元件和集成电路		附录C 电子电路教学常用EDA 软件	
型号命名方法	(323)	简介	(334)
附录B 半导体器件产品说明书		C.1 几种常用的EDA 软件	(334)
举例	(326)	C.2 Multisim 仿真软件	(335)
B.1 二极管(1N4148)技术指标及		附录D 集成电路基础知识	(341)
参数	(326)	附录E 常见电子电路术语中英文	
B.2 三极管(2N4124)技术指标及		对照	(342)
参数	(328)	附录F 习题参考解答	(346)
B.3 场效应管(2N7002)技术指标及		参考文献	(372)
参数	(331)		

第一部分

第1章 绪 论

本章学习目标:

- 了解电子技术在科技领域所处地位及应用范围。
- 了解电子技术有关名词、术语、基本概念及电子技术发展历史,掌握电子系统的基本组成。
- 掌握电子电路的特点和分析方法,明确本课程的学习任务,为学好这门课程奠定基础。

电子技术已渗透到工业、农业、科技和国防等各个领域,宇宙航行、人造卫星、通信、广播电视、电子计算机、自动控制、电子医疗设备以及我们的日常生活都离不开电子技术。20 世纪下半叶迅速发展起来的激光、光纤、光盘存储等技术及其与电子技术结合形成的光电子技术已经成为信息社会的重要技术基础。特别是世界进入信息时代的 21 世纪后,作为信息技术发展基础之一的电子技术必将随着微电子技术、光电子技术和其他高技术的进步而飞速发展,应用领域将更加广泛,给人类带来全新的工作方式和生活方式。

本章主要介绍电子技术的一些基本概念和电子系统的基本组成,简要介绍电子电路的特点和分析方法,为学好这门课程奠定基础。

1.1 电子技术相关基本概念

本节简要介绍电子技术的研究内容,以及模拟信号与数字信号,模拟电路与数字电路,分立元件电路与集成电路,A/D 与 D/A 转换电路,电子系统,电子设备与电气设备,微电子技术与光电子技术等相关基本概念。

1. 电子技术

电子技术是研究电子器件、电子电路及其应用的科学技术。

电子器件用来实现信号的产生、放大、调制及探测等功能,常见的电子器件有电子管、晶体管和集成电路等。

电子电路是组成电子设备的基本单元,由电阻、电容、电感等电子元件和电子器件构成,具有某种特定功能。

2. 模拟信号与数字信号

信号是信息的载体。在人们周围的环境中,存在着电、声、光、磁、力等各种形式的信号。电子技术所处理的对象是载有信息的电信号。目前对于电信号的处理技术已经比较成熟。但是,在通信、测量、自动控制以及日常生活等各个领域也会遇到非电信号的处理问题,在实际中经常需要把待处理的非电信号先变成电信号,经过处理后再还原成非电信号。

在电子技术中遇到的电信号按其不同特点可分为两大类,即模拟信号和数字信号。

在时间上和幅值上均是连续的信号叫做模拟信号。此类信号的特点是,在一定动态范围内幅值可取任意值。许多物理量,例如声音、压力、温度等均可通过相应的传感器转换为时间连续、数值连续的电压或电流。图 1.1 所示为一随时间变化的模拟电压信号波形。

与模拟信号相对应,时间和幅值均离散(不连续)的信号叫做数字信号。数字信号的特点是幅值只可以取有限个值。图 1.2 所示为一常见的、应用最广的二进制数字信号波形。

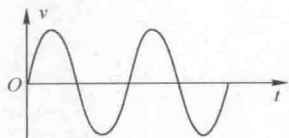


图 1.1 模拟电压信号波形

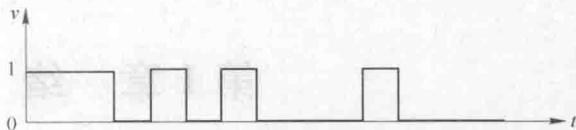


图 1.2 二进制数字信号波形

同一个物理量,既可以采用模拟信号进行表征,也可以采用数字信号进行表征。例如,传统的录音磁带是以模拟形式记录声音信息的,而 CD 光盘(compact laser disk)则是以数字形式记录声音信息的。

3. 模拟电路与数字电路

模拟信号和数字信号的特点不同,处理这两种信号的方法和电路也不同。一般地,电子电路可分为模拟电路和数字电路两大类。

处理模拟信号的电子电路称为模拟电路。模拟电路研究的重点是信号在处理过程中的波形变化以及器件和电路对信号波形的影响,主要采用电路分析的方法。

处理数字信号的电子电路称为数字电路。数字电路着重研究各种电路的输入和输出之间的逻辑关系,分析时常利用逻辑代数、真值表、卡诺图和状态转换图等方法。

模拟电路和数字电路的分析方法有很大的差别,这是由模拟信号和数字信号的不同特点决定的。由于电子电路分为模拟电路和数字电路两部分,通常电子技术也被人们分为模拟电子技术和数字电子技术。但是这两种技术并不是孤立的,在许多情况下往往是模拟和数字两种技术并用的。

但是,随着电子技术的不断发展,数字电路的应用愈来愈广泛,在很多领域取代了模拟电路。其主要原因是:①数字电路更易采用各种算法进行编程,使其应用更加灵活;②数字电路可以提供更高的工作速度;③采用数字电路,数字信息的范围可以更宽,表示精度可以更高;④数字电路可以采用嵌入式纠错系统;⑤数字电路比模拟电路更易做到微型化,等等。

图 1.3 所示为模拟电路和数字电路在一定噪声干扰下的输出信号。图 1.3(a)中的模拟信

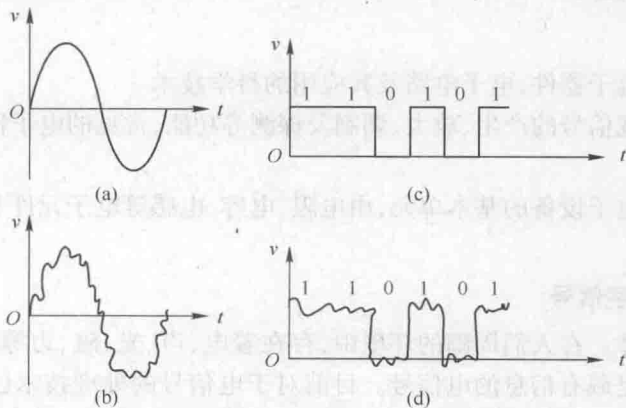


图 1.3 模拟电路和数字电路在一定噪声干扰下的输出信号

号由于其所有幅值均为有效值,难以对原始信号进行精确还原,受到噪声干扰的信号如图 1.3(b)所示;而图 1.3(c)中的数字信号由于其特定的幅值,其噪声可以完全去除,如图 1.3(d)所示。由此可以很直观地看出数字电路的抗干扰能力优于模拟电路。

尽管人类已经进入数字时代,但是认为模拟技术已经停滞与过时的想法似乎有些片面。一方面,随着数字技术的进步,对高精度、高速度、高频率、低功耗模拟产品的需求越来越大,模拟产品正沿着继续提高性能的方向前进;另一方面,与数字技术结合的混合信号器件则将是模拟产品的另一个主要发展方向。很多的现代电子系统都包含模拟电路与数字电路两种电路,其性能较之单纯由模拟电路或数字电路构成的系统,更为优越。因此,数字化浪潮也给模拟技术带来了更为广泛的发展空间,可以预计未来的电路系统将是模拟电路与数字电路共存的。

在电路的研究过程中,也经常会碰到线性电路和非线性电路两个术语。由电源和线性元件组合而成的电路,属于线性电路。线性元件是指元件的参数与电压、电流等电量无关,线性电路能用线性方程来描述其特性。不能用线性方程来描述其特性的电路称为非线性电路,大部分含电子器件的电路均属于非线性电路。

4. 分立元件电路与集成电路

分立元件电路是将单个的电子元器件连接起来组成的电路。如果用分立元件实现功能复杂的电路或系统,势必造成元器件数目众多,体积、重量和功耗都将增大,而且可靠性也较差。

集成电路是采用一定的制造工艺将所有元器件都制作在一小块硅片上形成的电路。其优点是成本低、体积小、重量轻、功耗低、可靠性高,且便于维修。集成电路的应用范围很广,发展非常迅速。

在模拟电路和数字电路中,虽然都在大量使用集成电路器件,很多场合分立元件电路已经被集成电路所取代,但在这两种不同的电路中,集成电路器件的使用呈现不同的特点。在数字电路中,分立元件电路几乎被淘汰;而在模拟电路中,由于信号形状的多样性,功率要求的多样性,以及集成电路制造技术等原因,无法在集成电路内部实现大阻值电阻、大容量的电容器和电感、变压器等元件,因此在模拟电路的大功率、超高频等领域中,分立元件电路仍有一席之地。

常见的模拟集成电路有集成运算放大器、集成功率放大器、模拟乘法器、锁相环、混频器和检波电路等;常见的数字集成电路有门电路、触发器、编码器、译码器、计数器、运算电路、数据选择器、寄存器和存储器等。

本课程通过介绍分立元件电路,使读者掌握电路的一些基本概念和基本原理,以便进一步学习和研究集成电路。

5. A/D 和 D/A 转换电路

随着数字技术,特别是信息技术的飞速发展与普及,在现代控制、通信及检测等领域,为了提高系统的性能指标,对信号的处理广泛采用了数字技术。由于人类生活在一个连续变化的模拟世界里,系统的实际对象往往都是一些模拟量(如温度、压力、位移、图像等),要使计算机或数字仪表能识别、处理这些信号,各种模拟信号必须通过模数转换电路转换成数字信号;而经计算机分析、处理后输出的数字量也往往需要将其转换为相应的模拟信号,并经过适当的调整与放大之后,才能成为人类能够感知的声音与图像等信息。这样,就需要一种能在模拟信号与数字信号之间起桥梁作用的电路——模数转换电路和数模转换电路。

将模拟信号转换成数字信号的电路,称为模数转换器(Analog to Digital Converter,简称 A/D 转换器或 ADC);将数字信号转换为模拟信号的电路称为数模转换器(Digital to Analog Converter,简称 D/A 转换器或 DAC)。A/D 和 D/A 转换电路已成为信息系统中不可缺少的接口电路。图 1.4 所示为模拟信号与数字信号转换的示意图。图 1.4(a)所示为模拟信号转换为数字信号,

首先模拟信号被周期性地采样,然后对每个采样点进行编码(通常采用二进制编码),这样就可以采用数字形式表示一个量;图 1.4(b)所示为数字信号转换为模拟信号,精确地恢复模拟量数值几乎是不可能的,因为某一个范围内的数值均会采用相同的编码。因此,D/A 转换器只能得到与原来模拟信号近似的还原信号,二者之间一定会存在量化误差,该误差可以通过提高 DAC 的位数(二进制数码的位数),即增多电压等级的方法降低(每个电压等级对应的电压数值越小,理论上可以体现出精度越高)。

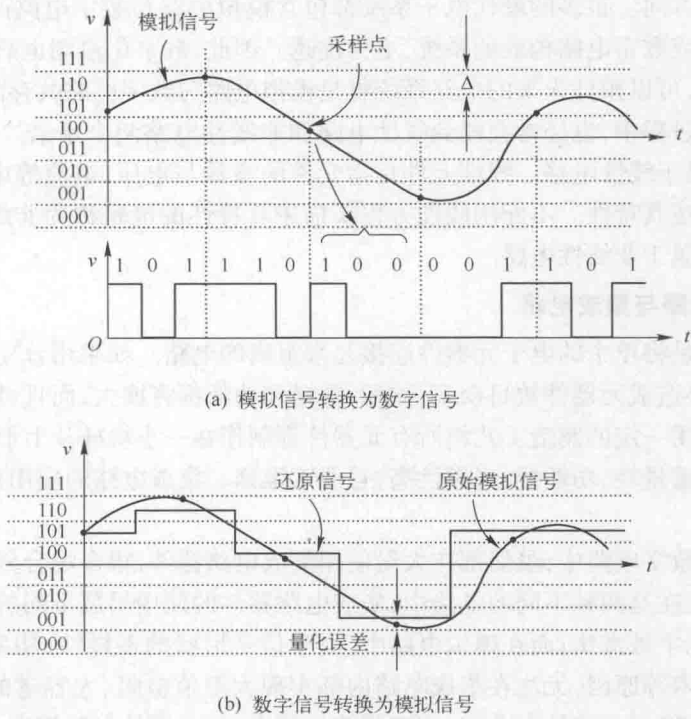


图 1.4 模拟信号与数字信号转换的示意图

6. 电子系统

电子系统是指由相互作用的基本电路和器件构成的能够完成某种特定功能的电路整体。

图 1.5 所示为常见的扩音系统,是一个典型的模拟信号处理系统。先用传声器(话筒)将声波的机械振动转化为电信号,经声频放大器对电信号进行放大,再由扬声器(喇叭)将电信号还原成声音,这样就可以获得提高的音量。

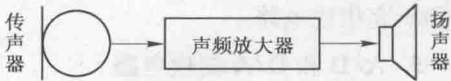


图 1.5 扩音系统

图 1.6 所示为一个用于流动细胞分析的激光血球计数系统,是一个较为简单的数字处理系统的例子。通过一定的方法,可以使血球排列成单行进入计数通道,当激光光束通过血球时,其散射光照射到硅光电池上,由光的强弱变化产生电脉冲信号,然后由数字信号处理电路进行计数,再通过数字显示器显示出来,同时由记录设备记录数据。电源的作用是为信号处理、显示、记录电路提供电能,使其正常工作。

广播通信系统主要由如图 1.7 所示的两大模块构成:

(1) 信号的发射。首先用话筒把声音信号转换成音频电信号,通过调制器把音频电信号加载到高频电磁波上(通常调制制也兼有放大作用),最后通过天线把载有音频电信号的电磁波发射出去。

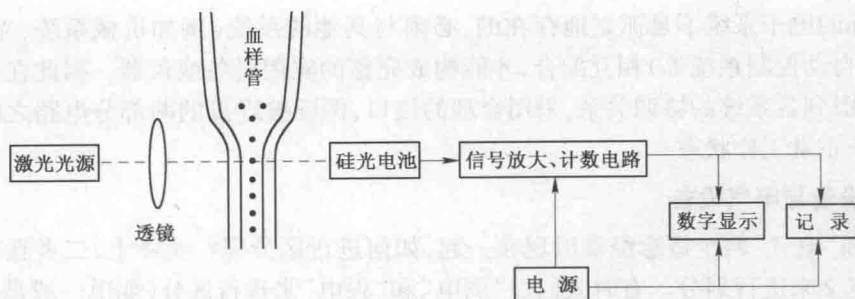


图 1.6 激光血球计数系统方框图

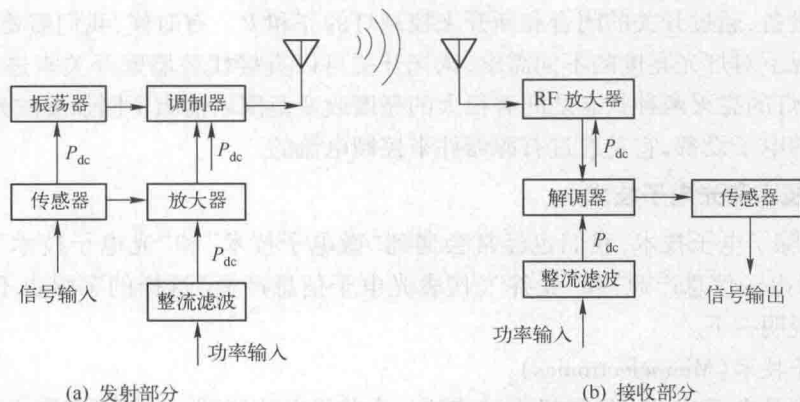


图 1.7 广播通信系统方框图

(2) 信号的接收。先利用处在电磁波传播范围里的天线接收电磁波,再利用收音机调谐器选出所需某一频率的电磁波。但是把调谐器选出来的频率很高的电信号直接送到耳机,不能使耳机发出声音,因此还需要从高频电信号中取出音频信号,解调放大后,送到扬声器里,把音频电信号转换成声音,这样就能听到收音机里的节目了。注意系统的各电路部分均需要整流滤波得到的直流能量 P_{dc} 。

图 1.5 和图 1.6 是电子技术中处理信号的两种常见模式:一种是纯模拟方式;一种是纯数字方式。对于比较复杂的系统(如图 1.7 所示)一般需采用模拟-数字混合方式。不论采用哪种方式,其电子系统大致可由四个部分组成,即传感器、信号处理电路、再生器和电源,如图 1.8 所示。

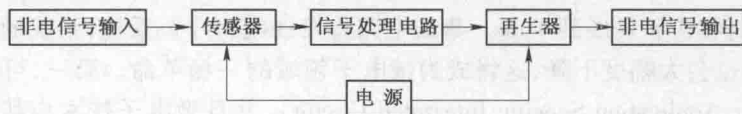


图 1.8 电子系统的基本组成方框图

如果需要处理的信号为电信号,则可以省去传感器。若在输出端不需要还原成非电信号,则可省去再生器。

有的电子系统是非常复杂的,包含许多不同的功能电路。特别是集成电路飞速发展的今天,集成度越来越高,功能越来越多,在单个芯片上可能集成多种不同类型的电路,从而自成一个系统,外围电路却越来越简单。因此对于有些电路的内部结构及工作原理,没有必要搞得非常清楚,应用中关注的是系统的整个信号处理过程及外部特性,这一点对于正确使用电子系统是非常重要的。