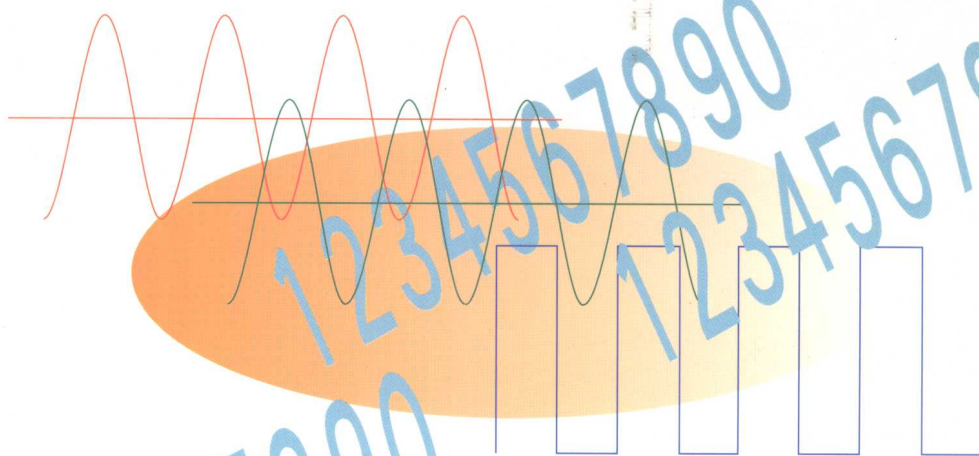




中等专业学校教材

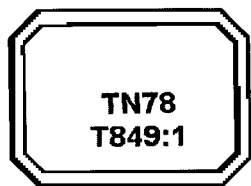
脉冲与数字电路

● 泸州化工学校 童建中 主编



化学工业出版社





中等专业学校教材

脉冲与数字电路

泸州化工学校 童建中 主编

化学工业出版社
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

脉冲与数字电路/童建中主编, 一北京: 化学工业出版社, 1999 (2000.11 重印)

中等专业学校教材

ISBN 7-5025-2515-7

I. 脉… II. 童… III. ① 脉冲电路-专业学校-教材
② 数字电路-专业学校-教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 32722 号

中等专业学校教材

脉冲与数字电路

泸州化工学校 童建中 主编

责任编辑: 张建茹

责任校对: 马燕珠

封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982511

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 12 3/4 字数 294 千字

1999 年 11 月第 1 版 2000 年 11 月北京第 2 次印刷

印 数: 3001—7000

ISBN 7-5025-2515-7/G·682

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书从目前数字集成电路的最新发展和工程运用角度出发,以组合逻辑电路和时序逻辑电路为核心,以常用 MSI、LSI 数字芯片为主线,融合编者多年的教改实践和教学经验,采用框图教学法,系统介绍了数字电路和脉冲电路的基本概念、基本原理、基本分析方法和基本应用方法。书中内容以少而精、先进性、启发性为特色,紧扣教学基本要求,突出应用、结构合理、选材新颖、思路独特。

全书内容包括:数制与逻辑函数,逻辑门,组合逻辑电路,触发器,时序逻辑电路,存储器,脉冲电路,A/D 及 D/A 转换,数字电子系统应用实例。并配有例题、习题和实验。

本书适合工业仪表及自动化、计算机应用、电子技术应用、工业企业电气化等电类专业作教材使用。也可供相关专业技术人员和工人参考。

前 言

本书按原化工部 1995 年 12 月颁发的工业仪表及自动化专业、计算机应用专业指导性教学计划的要求,以 1996 年 5 月全国化工中专教学指导委员会颁发的《脉冲与数字电路教学大纲》为依据进行编写,作为化工中专电类各专业相关课程的通用教材,也适用于其他工科中专电类相近专业,作为数字电子技术课程的教材。

本书从目前数字集成电路的最新发展和工程运用角度出发,以组合逻辑电路和时序逻辑电路为核心,以常用的 MSI、LSI 数字芯片为主线,融合编者多年的教改实践和教学经验,采用框图教学法,系统介绍了数字电路和脉冲电路的基本概念、基本原理、基本分析方法和基本应用方法。

全书采用最新国家标准。芯片型号主要采用 74/74LS、CD/CC 系列。

作为跨世纪的教材,书中内容以少而精、先进性、启发性为特色,以够用、实用、会用为目的,并注重理论与实践相结合,但不强调理论体系的完整性。为解决“内容多、学时少”的矛盾,所编内容尽量注意从实际出发,大胆改革传统教材模式,防止面面俱到,删除陈旧内容,反映最新发展,减少理论分析,突出实用技术,优化课程结构,注意素质培养,面向新世纪,以适应社会发展、科技进步和经济建设的需要。

书中按基本内容(第一~五章)、选择内容(第六~九章)和实验指导三个板块依次编写,以配合教学大纲内容安排。参考内容(包括思考题、习题、实验)以 * 标注。在第三章、第五章中先介绍典型 MSI 芯片的逻辑功能,再介绍典型的基本应用方法。第六章是 LSI 的内容。第九章介绍应用实例和读图方法,有利于激发兴趣,联系实际,加强运用。书中拟定了近十五个实验,选用时均有较大的灵活性。对实验时数较少的专业,可将有的基本实验内容作为课堂演示用。对实验时数较多的专业,可按各校实际情况适当自行增加其他更加实用、有趣的实验内容。

本书由泸州化工学校童建中主编并编写绪论、第一~六章、附录、部分思考题与习题参考答案和主要名词术语汉英对照,第七~九章由上海化工学校黄杰编写,实验指导部分由徐州化工学校张书伟编写。

本书由吉林化工学校许九洲主审,上海化工学校庄慕华、武汉化工学校王菊生、云南化工学校周志良、泰安化工学校孟庆建、杭州化工学校杨坚红、天津化工学校朱凤芝、苏梅参加审稿。

在本书的编审出版过程中,得到全国化工中专教学指导委员会、化学工业出版社、全国许多学校领导、老师们的大力支持、指导和帮助。在编写过程中,曾参考了大量的资料(主要参考书目附后)。在此,一并表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中缺点和错误难免,欢迎批评、指正。

编 者

1999. 1. 8.

目 录

绪论	1
第一章 数制与逻辑函数	5
第一节 数制与编码	5
一、数制及相互转换	5
二、编码	8
第二节 逻辑代数概述	10
一、基本概念	10
二、逻辑运算	11
三、基本公式	14
第三节 逻辑函数的化简	15
一、最简与或表达式	15
二、图形化简法	16
第四节 课堂练习	22
思考题与习题	24
第二章 逻辑门	27
第一节 逻辑门电路概述	27
一、逻辑门电路的基本概念	27
二、逻辑门电路的分类	29
* 三、集成逻辑门的主要性能指标	30
第二节 典型集成逻辑门	32
一、典型 TTL 集成逻辑门	32
二、典型 CMOS 集成逻辑门	38
第三节 集成逻辑门的使用常识	41
一、各种集成逻辑门的性能比较	41
二、使用注意	41
思考题与习题	43
第三章 组合逻辑电路	46
第一节 组合逻辑电路概述	46
一、组合逻辑电路的概念及分类	46
二、组合逻辑电路的一般分析方法	46
三、组合逻辑电路的一般设计方法	48
四、中大规模数字集成电路的特点	49
第二节 典型 MSI 组合逻辑电路	50
一、加法器	50
二、编码器	52

三、译码器	54
四、数据选择器	59
* 五、数据分配器	59
* 六、数值比较器	60
第三节 MSI 组合逻辑电路典型应用	61
一、数据选择器的应用	61
二、译码器的应用	62
* 三、全加器的应用	63
第四节 课堂练习	65
思考题与习题	67
第四章 触发器	69
第一节 触发器概述	69
一、触发器的基本概念和性质	69
二、触发器功能的一般描述方法	69
三、触发器的分类	70
四、基本 SR 触发器	70
五、时钟触发器的概念	71
第二节 典型集成时钟触发器	74
一、边沿触发器	74
* 二、维持阻塞触发器	76
* 三、主从触发器	77
第三节 集成触发器的使用常识	78
一、集成时钟触发器逻辑功能的转换	78
二、集成时钟触发器的直接置位端和直接复位端	79
三、触发器逻辑功能的选择与使用	81
* 四、集成时钟触发器的时间参数	83
思考题与习题	84
第五章 时序逻辑电路	86
第一节 时序逻辑电路概述	86
一、时序逻辑电路的概念	86
二、时序逻辑电路的分类	87
三、时序逻辑电路的一般分析方法	87
四、时序逻辑电路分析举例	88
第二节 典型 MSI 时序逻辑电路	90
一、寄存器	90
二、计数器	94
三、脉冲分配器	99
第三节 MSI 时序逻辑电路典型应用	101
一、寄存器的应用	102
二、计数器的应用	103

第四节 课堂练习	106
思考题与习题	109
第六章 存储器	112
第一节 存储器概述	112
一、存储器的基本概念	112
二、存储器的分类	113
三、存储器的主要性能指标	114
第二节 只读存储器	115
一、基本原理	115
二、应用举例	119
第三节 可编程逻辑阵列	121
一、基本原理	121
二、应用举例	122
第四节 随机存取存储器	123
一、基本原理	123
二、应用举例	126
思考题与习题	127
第七章 脉冲电路	128
第一节 脉冲电路概述	128
一、脉冲波形及主要参数	128
二、脉冲电路的分类及一般分析方法	129
第二节 555 定时器及其应用	129
一、555 定时器的基本功能	129
二、555 定时器的典型应用	130
* 第三节 其他典型集成脉冲电路	133
一、集成多谐振荡器	133
二、集成单稳态触发器	134
三、集成施密特触发器	135
思考题与习题	135
第八章 A/D 及 D/A 转换	137
第一节 概述	137
第二节 D/A 转换器	137
一、基本原理	137
二、转换电路	138
三、典型集成 D/A 转换器	139
四、D/A 转换器主要技术指标	140
第三节 A/D 转换器	141
一、基本原理	141
二、逐次渐近型 A/D 转换器	141
三、典型集成 A/D 转换器	143

四、A/D 转换器主要技术指标	144
思考题与习题	144
第九章 数字电子系统应用实例	145
第一节 数字电子系统概述	145
一、数字电子系统的概念	145
二、数字电路图的种类	145
三、一般读图方法	145
四、系统框图实例	146
第二节 数字电子钟	148
一、明确系统用途	148
二、查清组件功能	149
三、划分功能模块	149
四、逐块分析原理	149
五、整体工作过程	152
思考题与习题	152
实验指导	153
实验一 集成逻辑门功能测试	153
实验二 加法器	154
实验三 译码器	156
实验四 数据选择器	157
实验五 集成触发器功能测试	157
实验六 寄存器	159
实验七 计数器	160
实验八 多谐振荡器	161
实验九 单稳态触发器	163
实验十 施密特触发器	165
实验十一 D/A 转换器	166
实验十二 A/D 转换器	168
* 实验十三 计数、译码、显示电路	170
* 实验十四 实用数字电路设计	172
附录一 半导体集成电路型号命名方法(GB 3430—89)	174
附录二 常用数字集成电路型号	176
附录三 常用逻辑图形符号对照表	180
部分思考题与习题参考答案	182
主要名词术语汉英对照	184
主要参考书目	192

绪 论

电子技术是发展非常迅速的学科之一。目前，它的应用已经广泛渗透到各个领域，成为现代先进科学技术的一个重要组成部分。

电子技术是研究电子器件、电子电路与电子系统及其应用的科学技术。

电子器件经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模和超大规模集成电路四代。

电子电路与电子系统已由分立电路迈向超大规模集成电路这种“管、路、系统”相结合的微电子技术时代。

随着集成度的迅速提高，电子技术正有力地推动着通讯、控制、计算机等科技领域的应用和发展，并日益改善和丰富着人民的经济生活和文化生活。

一、数字电路及其特点

电信号可以按变化规律分为模拟信号和数字信号两类。

按照处理电信号的不同，电子技术也分为模拟电子技术和数字电子技术。电子电路也通常分为模拟电路和数字电路。

模拟信号是连续变化的，能处理模拟信号电子电路叫模拟电路。在模拟电子技术中，利用模拟电路可实现模拟信号的产生、放大、运算、测量、传输等功能。

数字信号在时间和幅度上都是离散的，它的波形实质上是一种脉冲波形。能处理数字信号电子电路叫数字电路。它研究的主要对象是电路输入输出状态之间的逻辑关系，故数字电路又称为逻辑电路。在数字电子技术中，利用数字电路可实现数字信号的产生、变换、测量、编码、传输、控制、计数、运算、寄存、显示、存储等功能。因为它还涉及脉冲电路的内容，所以又称为脉冲与数字电路。

在数字电路中，数字信号是二进制的。它状态简单，仅用0和1两个基本数字符号来描述，反映在电路上就是器件的“开”或“关”、脉冲的“有”或“无”、电位的“高”或“低”。因此，从这个意义上讲，数字电路又叫开关电路。数字信号具有极强的抗干扰能力，可大幅度压缩信息量，实现诸多特殊功能，轻松实现多用户、多通道、多种不同信息的动态传输、高速运算、可靠存储。数字电路具有以下独特的优点。

(1) 电路基本结构简单。器件工作在开、关状态，工作中只要可靠地区分0和1两个状态即可。数字电路便于大规模集成化，容易制造，成本低廉，体积小，重量轻，功耗低，使用方便。

(2) 工作准确可靠，运算精度高，处理速度快，抗干扰能力强。

(3) 不仅具有数值运算能力，而且还可以进行逻辑运算与判断。这在计算机及其智能控制系统中是必不可少的。

(4) 数字系统还可以用通过模拟信号与数字信号之间的相互转换去间接处理模拟信号。数字技术实际上就是对模拟量进行采样、保持、量化和编码，以便于用数字电路或计算机进行处理。

由于数字电路的一系列优点，使得它在计算机、雷达、电视、通讯、自动控制、测量仪表、以及其他家用电器等方面得到了广泛的应用。数字电子计算机就是其中最典型、最

杰出、最伟大的应用成果。目前,电子技术正孕育着一场革命性的变化,即从模拟走向数字。21 世纪,是数字电视的崭新时代,数字电视必将取代传统电视。数字通讯、网络技术、数控技术、机电一体化、电子产品数字化、智能化、多功能化是必然的发展趋势。集微电子技术、计算机技术、信息加工技术和声、光、电、图像处理技术等学科为一体的多媒体技术,正是以高科技数字技术为手段,以计算机终端、网络终端与电视的信息化为目的,最终推动家庭信息化。新世纪正将社会全面带入数字化信息的时代。

二、课程内容及其分类

下面先以数字频率计为例,图 0-1 是它的方框图。数字频率计是用来测量周期信号频率的仪器,测量时,首先将被测信号(不一定是正弦波)变换整形为规则的矩形脉冲,再将规则的矩形脉冲送给由秒脉冲控制的门电路,此脉冲通过被打开一秒钟的门电路后,再进入计数器,计数器累计出一秒钟时间内矩形脉冲的个数,最后通过译码器、显示器将数字直接显示出来,从而在显示器上读出被测信号的频率。

在这个简单的实例中,包含了脉冲波形的产生、变换、控制、计数、译码及显示等典型的脉冲和数字电路。

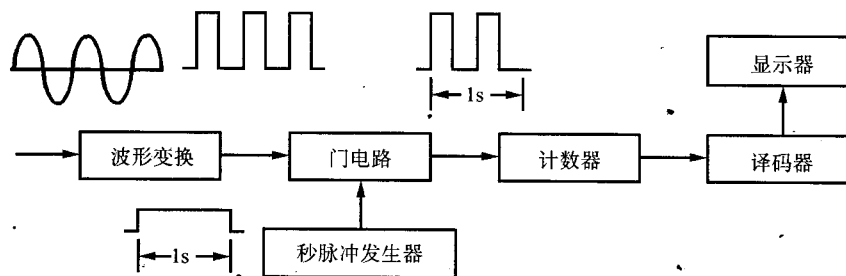


图 0-1 数字频率计方框图

又如,数字电路是计算机的物质基础。数字电子计算机的硬件结构通常由五大部分组成,即运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。它们之间的结构关系如图 0-2 所示。在微型计算机中,由于采用了大规模数字集成电路,把运算器和控制器集成在一块半导体芯片上,称为中央处理器(CPU),或称作微处理器(MPU)。CPU 由算术/逻辑运算单元(ALU)、寄存器阵列、内部总线、控制单元组成。其中,控制单元又由程序计数器、指令寄存器、指令译码器、操作控制部件、定时电路等数字和脉冲电路组成。微机中的存储器也是采用由许多半导体基本存储单元组成的大规模数字集成电路。

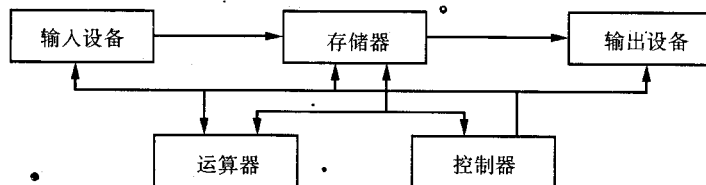


图 0-2 数字电子计算机硬件的基本组成

图 0-3 为准数字彩色电视接收机的原理框图。对输入的有线电视和其他视频信号经 A/D 转换后,进入数字图像处理,即图像存储、数字降噪、数字轮廓校正、数字去重影、数字

彩色改善、行场加倍、去闪烁处理、画中画处理等，再送入 D/A 转换器中，变成 R、G、B 信号驱动彩色显像管。可见，数字电路所包含的内容是很广泛的。

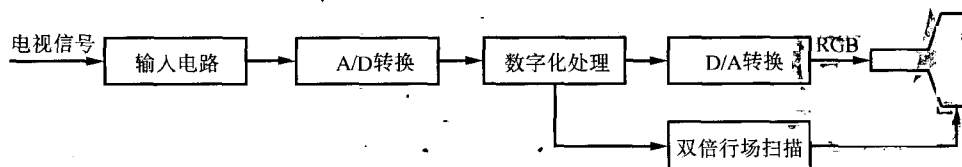


图 0-3 准数字彩色电视接收机原理框图

下面通过对数字电路进行分类，可进一步了解本课程所包括的主要内容。

1. 按电路组成结构分为分立电路和集成电路两类

表 0-1 数字集成电路按集成度分类

类 别	集 成 度	电 路 规 模 与 范 围
小规模集成电路 (SSI)	< 10 门/片或 < 100 元器件/片	通常为逻辑单元电路 如：门电路、触发器等
中规模集成电路 (MSI)	10 ~ 99 门/片或 100 ~ 999 元器件/片	通常为逻辑功能部件 如：编码器、译码器、寄存器、计数器等
大规模集成电路 (LSI)	100 ~ 9999 门/片或 1000 ~ 99999 元器件/片	通常可构成一个小的数字逻辑系统 如：CPU、存储器等
超大规模集成电路 (VLSI)	≥ 10000 门/片以上或 ≥ 100000 元器件/片以上	通常可构成一个完整的数字逻辑系统 如：单片机、高性能 CPU 等

分立电路是将元件、器件用导线连接起来的电路。

集成电路(IC)是将电路的元件、器件、导线乃至一个完整的电子系统，均用半导体工艺集成制作在同一块硅片上而构成的电路。其中，数字集成电路按集成度分为小规模(SSI)、中规模(MSI)、大规模(LSI)和超大规模(VLSI)集成电路，如表 0-1 所示。现在，集成度已突破 1 亿元器件/片。

目前，数字电子系统普遍采用中、大和超大规模集成电路。所以，本课程侧重介绍典型 MSI、LSI 数字芯片的外部特性、逻辑功能及典型应用。记忆部件——存储器属于大规模集成电路的内容，单独安排在第六章讲述。

2. 按构成电路的半导体器件分为双极型电路和单极型电路两大类

以双极型晶体管(二极管、三极管)为开关器件的集成电路称为双极型数字集成电路。如 DTL、TTL、ECL、I²L、HTL 等。

以 MOS 单极型晶体管为开关器件的集成电路称为单极型数字集成电路，如 PMOS、NMOS、CMOS 等。

目前，MSI、LSI 芯片以 TTL、CMOS 两大类型的应用最广，故本课程主要介绍典型的 TTL 电路和 CMOS 电路。

3. 按电路逻辑功能的特点分为组合逻辑电路和时序逻辑电路

组合逻辑电路是一种在任何时刻的输出仅取决于该时刻电路的输入，而与该电路过去的输入情况无关的逻辑电路。如全加器、译码器、数据选择器等均属于此类，它们不能

“记忆”过去的输入情况。组合逻辑电路的基本逻辑单元是门电路，各种逻辑门电路和组合逻辑电路是数字逻辑系统中的第一类逻辑单元电路和逻辑部件。

时序逻辑电路是一种在任何时刻的输出不仅取决于该时刻电路的输入，而且还与过去的输入情况有关的逻辑电路。如寄存器、计数器等均属此类，它们能用触发器等存储元件来“记忆”过去的输入情况。时序逻辑电路的基本逻辑单元是触发器，各种触发器和相应的逻辑电路是数字逻辑系统中的第二类逻辑单元电路和逻辑部件。

组合逻辑电路和时序逻辑电路的 MSI 芯片功能分析和应用方法是本课程的核心内容。

本课程还涉及脉冲电路，它是研究脉冲的产生与变换的，这部分内容将在第七章中介绍。

第八章是数字仪器仪表和计算机控制系统中的接口电路：A/D 转换器及 D/A 转换器。

由此可知，本课程主要包括数字电子系统中的常用逻辑单元、逻辑部件、存储部件、脉冲部件、接口部件等内容。

三、本课程的学习要求

本课程是工科中专电类各专业的一门专业技术基础课。它的任务是使学生掌握脉冲与数字电路的基本知识、基本理论和基本技能，为学习后续课程，为将来从事实际工作，进一步提高科学技术水平打下必要的基础。同时，结合本课程的特点，培养和提高学生用辩证唯物主义的观点去观察、分析和解决实际问题的能力。

为此，本课程从目前数字集成电路的最新发展和工程运用角度出发，以组合逻辑电路和时序逻辑电路为核心，以 MSI、LSI 数字芯片为主线，重点放在常用 MSI、LSI 数字逻辑部件的基本概念、基本原理、外部功能的基本分析方法和应用方法上。一般不涉及集成芯片内部电路的相关知识和生产技术。

在数字电路中，工作信号是不连续变化的数字信号。所以，器件多数工作在开关状态，描述逻辑功能的主要方式是逻辑符号、真值表、逻辑表达式、卡诺图、逻辑图、功能表、状态表、波形图(时序图)等，它们的数学基础则是逻辑代数。所以要特别注意分析方法上与模拟电路的区别。

MSI、LSI 数字逻辑部件外部功能分析和应用的主要依据是逻辑符号、真值表或功能表。

本课程强调数字集成电路的工程运用和实践技能的训练。当今 IC 的集成度越来越大，内部电路越来越复杂，作为 IC 应用者应该采取的策略是：淡化内部、注重功能，掌握应用。所以，在学习中一定要重视实验，积极实践，不断提高自己使用数字集成电路的能力。

电子技术丰富多彩，电子世界日新月异，数字技术更是方兴未艾。随着高科技领域中集成技术的进一步发展，数字集成电路的应用必将得到更加迅速的发展和普及。

第一章 数制与逻辑函数

内容提要 数字电子系统以数字信号为对象进行运算和处理, 逻辑代数就是研究处理数字信号和分析设计数字逻辑电路的重要数学工具, 本章将介绍数字电路中所使用的这套新的分析方法, 主要讨论数制与逻辑函数。

第一节 数制与编码

数字电子系统中的信息可分为数值和文字符号(简称字符)两大类。数值信息可采用不同的数制来表示, 数制就是数值的进位计数体制。字符信息常用特定的二进制代码来表示, 这就是编码。

一、数制及相互转换

(一) 数制

在一种计数体制中, 通常把表示数值的基本数字符号(简称数符)的个数称为该数制的基数。基数是一种数制的基本特征, 它既是不同数制之间相互转换的基础, 也是运算时进位或借位的基础。基数是几, 就是几进制; 即是逢几进一或借一当几。数符处于不同的数位, 其所表示的数值是不同的。一个数的某个数位上单位 1 所代表的数值称作该数位的位权(简称权)。数符、基数和位权是一种数制的三要素。

1. 常用数制的表示方法

凡是任意进制数 $(N)_R$ 都可表示为按权展开形式:

$$(N)_R = \sum_{i=-m}^{n-1} K_i R^i, (0 \leq K_i \leq R-1) \quad (1-1)$$

式中 R ——基数;

K_i ——第 i 位的数符;

R^i ——第 i 位的权;

n ——数 $(N)_R$ 的整数部分的位数;

m ——数 $(N)_R$ 的小数部分的位数。

式(1-1)是任意进制数按权展开的一般表达形式, 是各种数制间相互转换的重要依据。

数字系统中常用的数制如表 1-1 所示。其中 D 、 B 、 H 分别表示十、二、十六进制及其数符。

表 1-1 常用的数制

数 制	十进制(D)	二进制(B)	十六进制(H)
数符 K_i	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	0, 1	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F
基数 R	10	2	16
位权 R^i	10^i	2^i	16^i
进(借)位规律	逢十进一(或借一当十)	逢二进一(或借一当二)	逢十六进一(或借一当十六)
按权展开形式	$(N)_{10} = \sum_{i=-m}^{n-1} D_i 10^i$	$(N)_2 = \sum_{i=-m}^{n-1} B_i 2^i$	$(N)_{16} = \sum_{i=-m}^{n-1} H_i 16^i$
公式编号	(1-2)	(1-3)	(1-4)

例 1-1 将十进制数 $(646005.083)_{10}$ 写成按权展开形式。

解 按式(1-2)有

$$(646005.083)_{10} = 6 \times 10^5 + 4 \times 10^4 + 6 \times 10^3 + 5 \times 10^0 + 8 \times 10^{-2} + 3 \times 10^{-3}$$

例 1-2 二进制数 $(10111)_2$ 写成按权展开形式。

解 按式(1-3)有

$$(10111)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

例 1-3 将十六进制数 $(A68F)_{16}$ 写成按权展开形式。

解 按式(1-4)有

$$(A68F)_{16} = A \times 16^3 + 6 \times 16^2 + 8 \times 16^1 + F \times 16^0$$

部分十、二、十六进制数的等值对照如表 1-2。

表 1-2 部分十、二、十六进制数的等值对照表

十进制数	二进制数	十六进制数	十进制数	二进制数	十六进制数
0	0	0	12	1100	C
1	1	1	13	1101	D
2	10	2	14	1110	E
3	11	3	15	1111	F
4	100	4	16	10000	10
5	101	5	17	10001	11
6	110	6	26	11010	1A
7	111	7	31	11111	1F
8	1000	8	32	100000	20
9	1001	9	47	101111	2F
10	1010	A	63	111111	3F
11	1011	B	64	1000000	40

2. 二进制数的特点

日常生活中,人们习惯于十进制数,而在数字电子系统中却采用二进制数,这是因为二进制数具有下述优点。

(1) 仅有 0 和 1 二个数符,很容易用具有两个稳定状态的开关元件来实现。所以,物质基础广泛,且所用元件少,基本电路简单,工作可靠,存储和传送也十分方便。

(2) 算术运算规则简单,使数字电子系统的运算电路大为简化。

例如,二进制数的加法和乘法规则分别为

$$\begin{array}{llll} 0 + 0 = 0 & 0 + 1 = 1 & 0 \cdot 0 = 0 & 0 \cdot 1 = 0 \\ 1 + 0 = 1 & 1 + 1 = 10 & 1 \cdot 0 = 0 & 1 \cdot 1 = 1 \end{array}$$

(3) 可用研究二值变量的逻辑代数对数字系统的电路进行逻辑分析和优化设计。

但由于二进制数在数值很大时,其位数太多,书写冗长,阅读不便,很难记忆,为此人们在数字系统中常引入十六进制数来简化书写。此外人们习惯于十进制数,这就需要解决不同数制之间的相互转换问题。

(二) 不同数制之间的相互转换

不同数制之间的相互转换应遵循两个有理数相等,即整数部分与小数部分应分别相等

的原则, 转换的基本依据是式(1-1)。下面讨论其转换规律。

1. 二、十六进制数转换成十进制数

采用“按权展开法”。

例 1-4 求与二进制数 $(11001.101)_2$ 相对应的十进制数。

解 根据式(1-3)有

$$(11001.101)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = (25.625)_{10}$$

例 1-5 求与十六进制数 $(7A)_{16}$ 相对应的十进制数。

解 根据式(1-4)有

$$(7A)_{16} = 7 \times 16^1 + A \times 16^0 = (122)_{10}$$

2. 十进制数转换成二、十六进制数

由于任意进制数整数部分的权是基数的正幂次, 而小数部分的权是基数的负幂次。因此, 十进制数转换成 R 进制数时, 其整数部分和小数部分应分别进行转换。

(1) 整数部分的转换

整数部分的转换采用“除 R 取余法”, 即用基数 R 不断地去除被转换的十进制整数, 直到商 0 为止。再将所得的各次余数, 以最后余数为最高位, 依次排列, 即得所要转换的 R 进制数。

例 1-6 将十进制数 $(13)_{10}$ 转换成二进制数。

解 用“除 2 取余法”可将 $(13)_{10}$ 转换成二进制形式, 过程如下:

2		13	取余数	
2		6	1	(B_0)
2		3	0	(B_1)
2		1	1	(B_2)
		0	1	(B_3)

最低位(LSB)
↑
最高位(MSB)

$$\therefore (13)_{10} = (1101)_2$$

例 1-7 $(18)_{10} = ()_{16}$

解 用“除 16 取余法”可得到结果:

16		18	取余数	
16		1	2	(H_0)
		0	1	(H_1)

最低位
↑
最高位

$$\therefore (18)_{10} = (12)_{16}$$

(2) 小数部分的转换

小数部分的转换采用“乘 R 取整法”, 即用基数 R 不断地去乘被转换的十进制小数, 直到所得的积的小数部分为 0 或者到能满足其所要求的精度为止, 再把每次乘积的整数部分, 以最初整数作为最高位, 依次排列, 即得到所要转换的二进制数。

例 1-8 求 $(0.625)_{10}$ 的二进制数。

解 用“乘 2 取整法”, 其转换过程如下:

0.625	取整数	
× 2		

1.250	1	(B ₁) 最高位
× 2		

0.500	0	(B ₂)
× 2		

1.000	1	(B ₃) 最低位

$$\therefore (0.625)_{10} = (0.101)_2$$

用“乘 16 取整法”可将十进制小数转换成十六进制小数，请读者自行验证。

十进制小数在转换时，有时整个过程会无限地进行下去，这时可根据精度要求，选取适当的位数。

对于既有整数部分又有小数部分的十进制数，只要按上述方法分别转换，然后再合并起来即可。

例如： $(13.625)_{10} = (1101.101)_2$

3. 二进制数与十六进制数之间的转换

由于两种数制的基数 2 与 16 之间的关系为 $2^4 = 16$ ，因此，四位二进制数恰好对应一位十六进制数，详见表 1-2。根据这个关系，将二进制数转换成十六进制数时，只要以小数点为界，分别向左、右两边按“四位一组法”撇开，不足四位用 0 补上，再将每一组二进制数转换为相应的十六进制数，最后将总的结果按序排列即可。

例 1-9 试将二进制数 $(1101110.10111)_2$ 转换成十六进制数。

解	0110	1110	.	1011	1000
	↓	↓		↓	↓
	6	E	.	B	8

$$\therefore (1101110.10111)_2 = (6E.B8)_{16}$$

十六进制数转换成二进制数，恰好为上述过程的逆过程，即只要把原来的十六进制数逐位用相应的四位二进制数代替即可。

例 1-10 试将十六进制数 $(8F.04)_{16}$ 转换成二进制数。

解	8	F	.	0	4
	↓	↓		↓	↓
	1000	1111	.	0000	0100

$$\therefore (8F.04)_{16} = (10001111.00000100)_2$$

根据以上规律，十进制数与十六进制数的互换，也可以通过其对应的二进制数作桥梁进行间接转换，即十进制数 $\rightarrow$ 二进制数 $\rightarrow$ 十六进制数，这里不再赘述。

二、编码

在数字电子系统中，常将具有特定意义的字符信息，如数字、文字、符号等，用一定