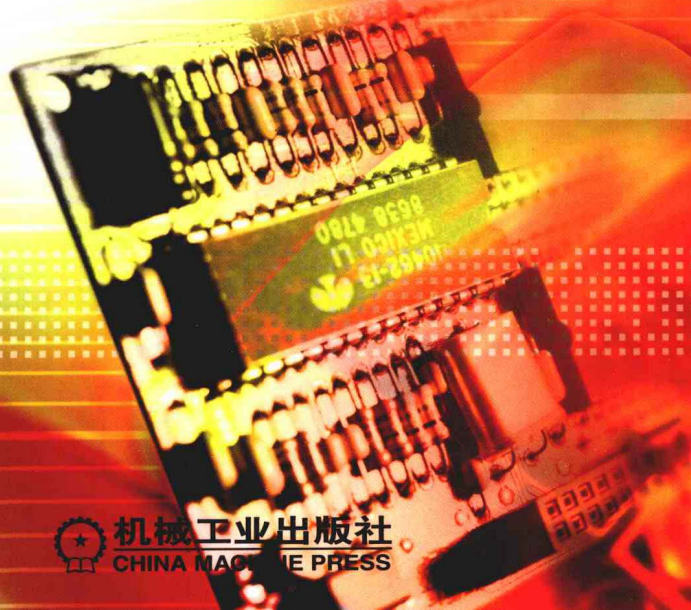




中等职业教育示范专业规划教材（电子信息类）

数字电子技术 与技能训练

任富民 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

赠电子教案



中等职业教育示范专业规划教材(电子信息类)

数字电子技术与技能训练

主 编 任富民

参 编 陈伟强

孟 尚



机械工业出版社

本书共包含7章基础理论和4个实训项目。其中基础理论包括：数字电路基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器和寄存器的功能测试、计数器和脉冲电路，主要让学生掌握数字电路实验箱的使用方法、数字集成电路的使用常识和注意事项、逻辑门电路的功能和测试方法、组合逻辑电路的分析和设计、触发器、移位寄存器、计数器等的功能和测试方法，为完成后面的综合实训项目打下坚实的基础，另外还在每章设有“趣味制作”环节，以激发学生的学习兴趣，提高学生的学习积极性以及灵活运用数字电路基本知识解决实际问题的能力；4个综合实训项目包括：数码抢答器、数字时钟、彩灯控制器、A/D与D/A转换。本书建议学时为108学时。

为了配合教学，本书配有免费的电子教案，选用本书作为教材的单位均可来电索取，咨询电话：010 88379934。

本书可作为高职、中职院校及技工学校电子类专业教学用书或企事业单位培训用书，也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术与技能训练/任富民主编. —北京：机械工业出版社，2009.1

中等职业教育示范专业规划教材. 电子信息类
ISBN 978-7-111-25406-5

I. 数… II. 任… III. 数字电路—电子技术—专业学校—教材 IV. TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第162923号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑：高倩 王娟 责任编辑：高倩 王娟

版式设计：张世琴 责任校对：樊钟英

封面设计：鞠杨 责任印制：洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2009年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16印张·395千字

0001—3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-25406-5

定价：26.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010)68326294

购书热线电话：(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010)88379195

封面防伪标均为盗版

前言

本书为中等职业教育示范专业教材(电子信息类)。根据职业学校以职业技能培训和综合素质培养为目标的要求以及职业学校学生文化基础薄弱、起点普遍偏低的特点,本书以培养在企业生产第一线的电子技术工作人员为目标,在教学内容上确保精简实用、通俗易懂,突出技能训练和能力培养。

一、本书特色

1. 内容精简实用,语言通俗易懂

本教材正视中职生源的特点,本着“理论浅、应用多、内容新”的原则精简教学内容,删减了大量在实际工作岗位根本不用或很少使用的内部结构分析和理论计算,或将其安排在“阅读资料”模块。为适应职业学校“重实践、强技能,培养应用型技能人才”的培养要求,增加了焊接、装配等工艺方面的教学内容以及故障检测、分析和维修等实用技能训练。书中尽量采用浅显易懂的语言和现实生活中喜闻乐见的实例,帮助学生克服抽象思维能力的障碍,使其感到本书有用、不难、通俗,能够快速入门,树立学生的自信心和成就感。

2. 模块化编写,理实一体化教学

本书在教学内容的组织上采用模块化编写模式,在讲解基本知识点的基础上,设计了“实训指导”、“实训内容”、“阅读资料”、“趣味制作”等模块,强调实践技能的培养。在综合项目部分采用项目驱动式教学模式,将理论知识点融合于实训任务中,以实用、生动有趣的实训项目激发和调动学生的学习兴趣,并通过亲手制作与体验,帮助学生更好地理解、掌握理论知识和技能,突出职业教育实践教学的特点,达到技能培养的目标,在很大程度上克服和弥补了中等职业学校学生文化基础薄弱、学习积极性不高的劣势,以实用为根本、以学生为中心、以就业为导向,使学生学有所值、学有所用、学有所成。

3. 使学生勇于动手,敢于实践,快速入门,增强自信

数字电子技术是一门重要的专业基础课程,一般在第二学期开设。学生对于电子技术而言还是初学者,对所学专业了解较少,常会产生胆怯自卑心理,认为自己文化基础知识较差,专业课肯定也学不好。本书通过“实训指导”以及“趣味制作”,使实训效果看得见、听得到、摸得着,吸引学生勇于动手、敢于实践、快速入门,为后续专业课的学习打下良好的基础。

4. 缩短学生毕业后的上岗磨合期

学生在实训中亲自识别、测量、应用了大量的常用数字电路,对于元器件参数、元器件市场等有了较详细和深刻的认识,并接触到较多的实际产品,增强了上岗和就业意识,缩短了毕业后上岗的磨合期。

二、课时安排(参考课时 108)

基础篇可在前 12 周左右完成。第 13 周可进行一周的数码抢答器或数字时钟实训,

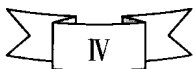


并要求学生复习和应用前面的基本知识和技能。这个实训中,可采用万用板或印制电路板(需要 PCB 文件的读者可与作者联系)分模块、分步骤焊接,使学生在实训中认识和测量实际的元器件,亲自发现和解决安装、调试过程中的问题,进一步巩固和运用理论知识。其中焊接可要求学生在课余时间完成。如果课时较少,数字时钟部分可作为选做实训或学生课余实践。彩灯控制和 A/D 与 D/A 转换实训因元器件价格较高,可采用学校制板和提供元器件,学生焊接、调试的方法,或在数字电路实验箱上连线完成。

本书第 1、2 章由陈伟强编写,第 3、4 章由孟尚编写,其余部分由任富民编写,任富民任主编并统稿。在编写过程中得到了广东省电子技术学校伍湘彬、匡忠辉、杨文龙、李菊芳等领导的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有错漏之处,敬请读者及时批评指正,不胜感激(编者 E-mail:renfumin19760624@163.com)。

编 者

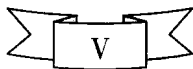


目 录

前言

上篇 基础篇

第1章 数字电路基础	3
1.1 数字信号及数字电路	3
1.2 常用数制	6
1.3 常用数制之间的转换	9
1.4 编码	11
实训指导：数字集成电路的基本使用常识	13
1.5 数字电路实验箱	14
实训内容：初识数字集成块和数字电路实验箱	18
阅读资料：LCN—1 型数字电路实验箱结构及使用	19
趣味制作：简易逻辑笔	21
本章习题	23
第2章 逻辑门电路	24
2.1 基本逻辑关系和基本逻辑门	24
2.2 复合逻辑运算和复合逻辑门	28
2.3 TTL 逻辑门电路的组成和工作原理分析	30
2.4 特殊逻辑门电路	31
2.5 TTL 门电路的电压传输特性曲线和主要参数	33
实训指导 1：常用集成门电路介绍	35
实训指导 2：集成门电路的分类和特点	38
实训指导 3：集成门电路的使用注意事项	40
实训内容：集成门电路功能测试	42
阅读资料：晶体管的开关特性	45
趣味制作：模拟警笛声光发生器	47
本章习题	49
第3章 组合逻辑电路	52
3.1 组合逻辑电路的基本概念	52
3.2 逻辑代数化简和转换	53
3.3 组合逻辑电路的分析	55
3.4 组合逻辑电路的设计	57
3.5 组合逻辑电路中的竞争冒险现象	59
实训指导：逻辑门电路识图	62



实训内容：组合逻辑电路的设计和分析·····	64
阅读资料：常用数字电路的选用·····	65
趣味制作：循环闪烁彩灯·····	65
本章习题·····	68
第4章 常用组合逻辑电路 ·····	69
4.1 编码器·····	69
4.2 译码器·····	75
4.3 数据选择器和分配器·····	79
实训指导：常用数字集成电路的封装·····	82
4.4 常用数字集成电路技术参数的获得途径·····	85
实训内容：常用组合逻辑电路功能测试·····	87
阅读资料1：数据选择器实现组合逻辑函数发生器·····	90
阅读资料2：多路模拟开关·····	90
趣味制作：编码显示电路·····	91
本章习题·····	92
第5章 触发器 ·····	94
5.1 触发器概述·····	94
5.2 基本RS触发器·····	95
5.3 同步触发器·····	98
5.4 边沿触发器·····	103
5.5 寄存器·····	107
实训指导：较大功率负载的驱动·····	110
实训内容：触发器和数据寄存器功能测试·····	112
阅读资料：主从触发器·····	116
趣味制作：红外发射和接收电路·····	117
本章习题·····	122
第6章 计数器 ·····	125
6.1 计数器及基本知识点·····	125
6.2 集成计数器·····	128
实训指导：数字电路中常见故障的来源·····	130
实训内容：集成计数器功能测试和应用·····	131
阅读资料：计数器构成分频器·····	134
趣味制作：一位数码十进制计数显示电路·····	135
本章习题·····	137
第7章 脉冲波形产生和变换 ·····	138
7.1 脉冲波形概述·····	138
7.2 单稳态触发器·····	139
7.3 施密特触发器·····	145
7.4 555定时器·····	149

7.5 多谐振荡器	153
实训指导: 数字电路故障的检测方法	158
实训内容: 单稳态触发器、施密特触发器、555 定时器功能测试	159
阅读资料: 其他脉冲波形产生电路	162
趣味制作: 555 声光控开关	164
本章习题	166

下篇 综 合 篇

第 8 章 数码抢答器	169
8.1 数码抢答器总体工作原理	169
8.2 编码器的设计方案	171
8.3 显示译码电路	173
8.4 锁存脉冲形成电路	174
8.5 锁存器	174
8.6 报警器	180
实训指导: 特殊元件的结构和识别	181
实训内容 1: 整体电路工作原理、安装、调试	181
实训内容 2: 其他方案的抢答器整体电路	186
本章习题	188
第 9 章 数字时钟	189
9.1 数字时钟的总体工作原理	190
9.2 计数器	191
9.3 脉冲振荡电路	194
实训指导 1: 数字集成电路的测量	194
实训指导 2: 数字电路的故障分析方法	195
实训内容: 整体电路工作原理、安装、调试	197
本章习题	200
第 10 章 半导体存储器——彩灯控制电路	201
10.1 彩灯控制电路的总体工作原理	201
10.2 半导体存储器	202
10.3 数据缓冲器	207
实训内容: 项目整体工作原理、焊接、调试	208
实训指导: RF—810 编程器介绍	214
阅读资料: 可编程逻辑器件	219
本章习题	222
第 11 章 A/D 和 D/A 转换器	223
11.1 A/D 和 D/A 转换器的工作原理	223
11.2 A/D 和 D/A 转换的基本概念	224
11.3 A/D(模/数)转换器	225

11.4 D/A(数/模)转换器	230
实训内容: 整体电路工作原理、安装、调试	233
本章习题	237
附录	238
附录 A ASCII 编码表	238
附录 B 74 系列数字集成电路型号索引	238
附录 C 4000 系列数字集成电路型号索引	244
参考文献	247

上篇 基础篇



第 1 章 数字电路基础

知识要点：

- ◇ 理解数字信号和数字电路的基本概念。
- ◇ 掌握数字电路的特点。
- ◇ 掌握数制的基本概念，会进行二、十、十六进制数之间的转换。

技能训练要点：

- ◇ 会使用常见的数字集成电路。
- ◇ 会使用数字电路实验箱。

近年来，随着大规模、超大规模集成电路技术的发展，数字化已经成为当今电子技术的发展趋势和潮流，U 盘、MP3、数码照相机的大量普及，数字电视、数字手机的大量推广，使我们步入了一个全新的“数码时代”。而数字电子技术则是我们步入数码世界的钥匙。

1.1 数字信号及数字电路

1.1.1 数字信号及其特点

在某种程度上，各种电子电路和电气设备都是将各种非电物理量转换为电信号，然后再利用电子技术对其进行处理、转化以及对其他设备和物理量进行控制的电子电器。因此了解电信号的分类对于电子技术的学习很有帮助。电信号按照幅度和时间的变化关系(通俗地说就是波形的形状)可以分为模拟信号、脉冲信号、数字信号三种。

1. 模拟信号

模拟信号是指幅度随时间连续变化的信号，通俗地说，就是波形比较平滑，没有尖峰、阶跃等突变的信号，如图 1-1 所示。例如：反映随时间连续变化的温度、压力等物理量的电信号，话筒中输出的模拟语音信号以及摄像机输出的模拟图像信号等，如图 1-1 所示。最常见的模拟信号是正弦波信号。

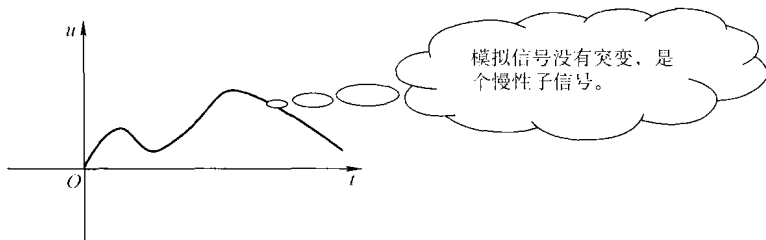


图 1-1 模拟信号波形

2. 脉冲信号

脉冲信号是指幅度随时间不连续变化的信号，通俗地说，就是波形存在转折点或尖峰、阶跃等突变的信号。例如：电子产品中运用非常广泛的矩形波、锯齿波、三角波、梯形波等信号，如图 1-2 所示。

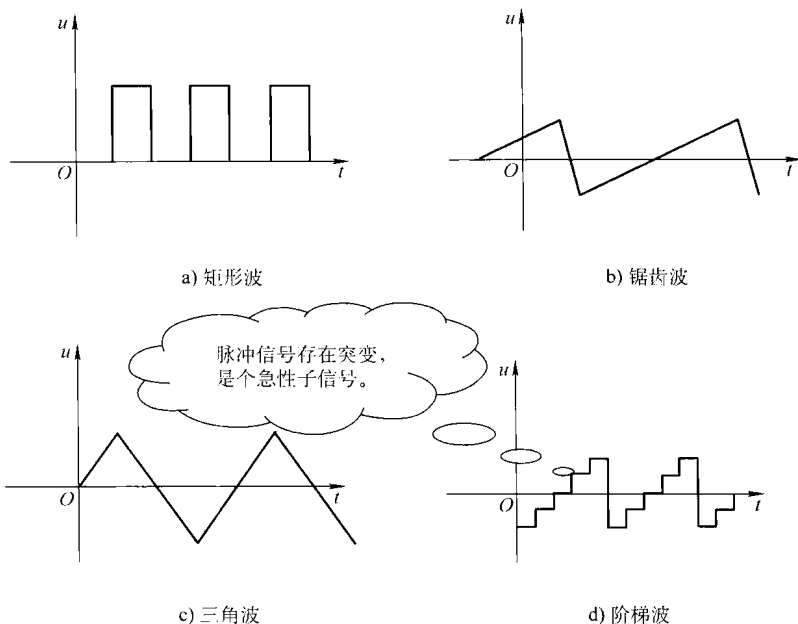


图 1-2 脉冲信号波形

3. 数字信号

数字信号是指幅度上和时间上都离散(不连续)的信号，通俗地说，就是波形只有高低两种电平的信号，如图 1-3 所示。数字信号是一种特殊的脉冲信号。例如矩形波就可看成是一种数字信号，但数字信号不一定要求高低电平交替出现。

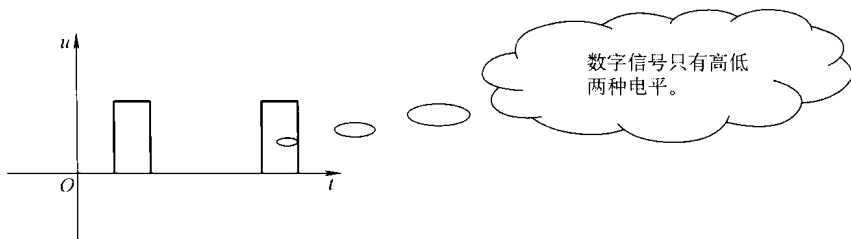


图 1-3 数字信号波形

数字信号的特点：

数字信号波形只有高低两种电平，因此它正好和自然界大量存在着的互斥型事件或互斥型状态相对应，如开与关、高与低、来与去、上和下、左和右以及逻辑学中的真和假、古代的阴和阳、二进制数码 1 和 0 等。因此，数字信号很容易用自然界的事物、状态、颜色等来进行表示，如围棋中的黑棋子和白棋子，电平的高低，电流的有无、大小、方向，开关的通断等。



说明：数码1和0仅表示数字信号的两种状态，并不代表数值的大小。如可以用1表示高电平，0表示低电平；也可以1表示低电平，0表示高电平。

1.1.2 数字电路及其特点

从以上分析可知，数字信号实质上就是指可用数码0和1表示的矩形脉冲序列。处理数字信号的电路就是数字电路。数字电路的功能是对数字信号完成各种逻辑或数学运算，根据运算结果完成显示、控制等功能。因为数字电路处理的是数字信号，因此，它与模拟电路相比，具有以下鲜明的特点和优势：

(1) 单元电路简单，功耗低，便于集成化和模块化 由于数字信号只有高、低两种电平(或称为1、0两种状态)，数字电路只要可以可靠地区分、表示这两种电平或状态即可，所以数字电路中的半导体器件(晶体管、场效应晶体管)等均处于饱和导通或截止关断的开关状态。因此，数字电路功耗低，对元件参数要求不高，各单元电路结构简单，便于模块化；同时各单元电路可以根据逻辑需要像搭积木一样灵活组合，也便于集成。



想一想：为什么数字电路中半导体器件(如晶体管)处于开关状态就可降低功耗？相对数字电路而言，为什么模拟电路的功耗较大？

(2) 抗干扰能力强 数字信号高低电平之间变化明显、差别较大，而且只有高低两种电平，所以数字电路抗干扰能力强。即使在信号的传送和处理过程中受到一定的衰减、干扰或失真，如图1-4所示，但经过放大、整形后仍可还原为原数字信号。

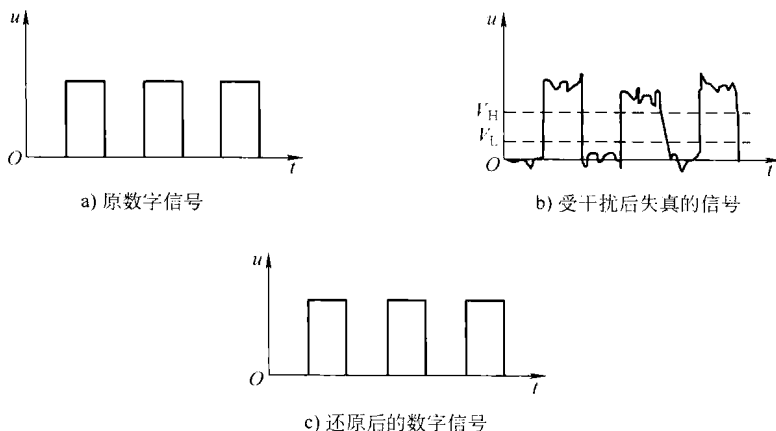


图1-4 数字信号抗干扰示意图



想一想：当模拟电路中的模拟信号(如正弦波)受到干扰或失真时的情况是怎样的？请画出波形图，并分析是否还能够恢复为原模拟信号。

(3) 数字电路的研究对象是电路输入和输出信号之间的逻辑关系 和模拟电路注重电

路的工作点、放大倍数、频率响应不同,数字电路研究的是输入、输出信号之间的逻辑关系,运用的方法主要是逻辑分析和逻辑设计,因此数字电路又称为逻辑电路。



提示: 以上特点也决定了数字电路的检测和故障排除方法和模拟电路不同:数字电路的检测主要是测量电路的输入、输出引脚的电平高低是否满足电路特定的逻辑功能,因此测量高电平时,不必拘泥于电平到底是 3.4V 还是 3.5V,只要是高电平即可。

(4) 数字电路可以方便地保存、传输、处理数字信号 因为数字信号只有 1 和 0 两种状态,所以数字电路可以方便地通过磁场、电场、电压、电流、激光等参量实现数字信号的保存和传输,同时还可利用日益发达的数字信号处理技术实现数字信号的检错、纠错、降噪等。

正是因为数字电路存在以上突出优点,它在自动控制、家用电器等各方面逐步取代模拟电路,成为电子技术发展的新潮流。MP3、MP4、数码照相机、数字手机、数字电视等数码产品的普及,宣告着数码时代的来临,因此学好数字电路对于后续专业课程的学习具有重要的意义。



想一想: 越来越多的数码产品以及众多的模拟产品被数字化,是否说明模拟电子技术已经过时或没有作用了呢? 是否我们可以不用学习模拟技术呢? (提示:从电子技术的学科关系,各种传感器(如传声器)发出的实际信号,各种负载(如扬声器)需要的驱动信号以及高频、高速、产品成本等方面考虑)。

1.2 常用数制

数字信号只有 1 和 0 两个数码,只能表示两种状态。如果要表示两个以上的状态或某个物理量数值的大小,一位二进制数显然是不够的。为了解决这个问题,人们便利用进位计数的方法组成多位数码,因此出现了数制的概念。

多位数码中每一位的构成方法以及从低位向高位的进位规则就称为进制。人们在生活中用得最多的是十进制,因此,我们可以和十进制对比来学习其他进制。

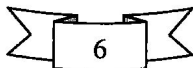
1.2.1 十进制

十进制数中每一位可能取的数码为 0~9,共十个计数数码,因此称为十进制。其“基数”为 10,基数就是指该进制基本计数数码的个数。在十进制的计数过程中,当从 0 计到 9 之后再往下计数时,0~9 十个基数已经用尽,此时采取往高位进 1 的方法继续计数,即接下来从 10 开始继续计数,因此十进制的计数规则是:逢十进一。

从以上的分析可知,基数 0~9 位于不同位时,代表的数值是不同的,如同样是数码 1,位于个位时代表 1,位于十位时就代表 10,位于百位时却代表 100。数码在不同位置上,其代表的数值大小也不同,称之为“位权”,简称为“权”。因此一个数据的大小最终可由组成该数据的数码和位权来表示,这种表达式就称为按权展开式。

如十进制数 1234,可以将其按权展开为

$$\begin{aligned}(1234)_D &= 1 \times 1000 + 2 \times 100 + 3 \times 10 + 4 \\ &= 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0\end{aligned}$$



因此,十进制数的按权展开表达式为

$N_D = a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_2a_1a_0 = a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_i \times 10^i + \cdots + a_2 \times 10^2 + a_1 \times 10^1 + a_0 \times 10^0$
 式中 a_i ——十进制数中第 i 位的值($i=0,1,2,\cdots,n-1$);

D ——十进制数;

10^i ——十进制第 i 位的权($i=0,1,2,\cdots,n-1$)。

注意:其位数为从右到左依次为 $0、1、2、\cdots、n-2、n-1$ 。



1.2.2 二进制

1. 什么是二进制

在较深入地学习了十进制后,我们就可以和十进制对比来学习二进制了。二进制数中每一位可能取的数码只能是0或1,共两个,因此称为二进制,其“基数”为2。在二进制的计数过程中,当从0计到1之后再往下计数时,就向前进位从10开始继续计数,因此二进制的计数规则是:逢二进一。



注意:这里二进制数“10”不能读为十,只需按顺序读出数码即可。二进制数也可按权展开,但二进制的位权为 2^i 。

如二进制数1011,可以将其按权展开为

$$\begin{aligned}(1011)_B &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1 \\ &= 8 + 4 + 1 \\ &= 13\end{aligned}$$

因此,二进制数的按权展开表达式为

$$\begin{aligned}N_B &= a_{n-1}a_{n-2}\cdots a_2a_1a_0 \\ &= a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_i \times 2^i + a_2 \times 2^2 + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0\end{aligned}$$

式中 a_i ——二进制数中第 i 位的值,只能为1或0($i=0,1,2,\cdots,n-1$);

B ——表示二进制数;

2^i ——二进制第 i 位的权($i=0,1,2,\cdots,n-1$)。

2. 为什么要采用二进制计数

(1) 电路中容易实现 在数字电路和计算机中,大量采用的是二进制计数方式,为什么不采用人们十分熟悉的十进制计数方式呢?这主要是因为二进制数每位只有0和1两个数码,在电子电路中非常容易实现,如晶体管的“导通”和“截止”、电平“高”与“低”、发光二极管的“亮”和“灭”等都可以表示;而十进制数每位均有0~9共10个数码,需要10种不同的电路状态才能进行表示,在技术实现方面存在一定的难度,成本和可靠性方面也没有优势。

(2) 运算简单 二进制数由于只有0和1两个数码,因此其运算规则也比较简单,见表1-1。

表 1-1 二进制的运算规则

加法(逢二进一)	减法(借一当二)	乘法
$0+0=0$	$0-0=0$	$0\times 0=0$
$0+1=1$	$0-1=1$ (向高位借1)	$0\times 1=0$
$1+0=1$	$1-0=1$	$1\times 0=0$
$1+1=10$ (向高位进1)	$1-1=0$	$1\times 1=1$

例: $(11101)_B + (1101)_B = ()_B$

```

      1 1 1 0 1
    +   1 1 0 1
    进位: 1 1 1
    结果: 1 0 1 0 1 0
    
```

例: $(10101)_B - (1101)_B = ()_B$

```

      1 0 1 0 1
    -   1 1 0 1
    借位: 1
    结果: 0 1 0 0 0
    
```

因为二进制运算规则简单,因此也较容易由数字电路实现。

1.2.3 十六进制

1. 为什么采用十六进制数

二进制数有很多优点,但当二进制数较大时,其位数很多,读写都非常麻烦。这时人们便将二进制数按四位一组进行分组,便得到十六进制数。

2. 什么是十六进制

十六进制数中每一位数码除了0~9外,还有A、B、C、D、E、F,共有16个,因此称为十六进制,其基数为16。在十六进制的计数过程中,当从0计数到F之后再往下计数时,就向前进位,从10开始继续计数(此时10等于十进制数16),因此十六进制的计数规则是:逢十六进一。

十六进制数也可按权展开,但十六进制的位权为 $16^i(i=0,1,2,\cdots,n-1)$ 。

如十六进制数 $(A98)_H$,可以将其按权展开为

$$\begin{aligned}
 (A98)_H &= A \times 16^2 + 9 \times 16^1 + 8 \times 16^0 \\
 &= 10 \times 256 + 9 \times 16 + 8 \times 1 \\
 &= 2560 + 144 + 8 \\
 &= 2712
 \end{aligned}$$

因此,十六进制数的按权展开表达式为

