



面向“十二五”高职高专规划教材·计算机系列

数字电子技术 项目教程

主 编 李福军

副主编 闫 坤 宋月丽 余 菲

清华大学出版社 · 北京交通大学出版社



面向“十二五”高职高专规划教材·计算机系列

数字电子技术项目教程

主 编 李福军

副主编 闫 坤 宋月丽 余 菲

参 编 山 磊 唐 静
高 艳 周宗斌

清华大学出版社

北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书从高职教育技能培养的角度出发,以全新的教学理念和教学方式介绍现代电子技术的基本理论和基本技能,以基础知识为引导,突出介绍数字电子技术的新发展、新器件、新技术、新工艺,特别注重实践应用,采用项目导向、任务驱动、工学结合的学习方式,使知识内容更贴近岗位技能的需要。为增强教学效果和拓展学生技能,在每个项目中配有学习目标、知识拓展、实用资料、技能实训和项目制作,在重点和难点之处提出“想一想”和“知识链接”等关键问题,以启发学生主动思考和学习。

本书将教学内容按实际应用项目模块编写,以电子技术的典型项目为载体,全书内容共7个操作项目,包括裁判电路的制作、译码显示电路的制作、多路竞赛抢答器的制作、双音门铃的制作、数字电子钟的制作、数字电压表的制作和大规模数字集成器件及应用。本书遵循由浅入深、循序渐进的教育规律,通过亲自动手制作一些实用电子产品,使学生逐步建立起学习信心和成就感,融“教、学、做”为一体,充分体现了课程改革的新理念。

本书实用性强,可作为高职高专电气自动化、电子信息、机电一体化、计算机等专业的学生教材,也可供从事相应工作的工程技术人员参考使用。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术项目教程 / 李福军主编. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社, 2011.6

(面向“十二五”高职高专规划教材·计算机系列)

ISBN 978-7-5121-0588-1

I. ①数… II. ①李… III. ①数字电路-电子技术-高等职业教育-教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第106000号

策划编辑:郭锦程

责任编辑:郭东青 特邀编辑:宋林静

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969 <http://www.tup.com.cn>

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414 <http://press.bjtu.edu.cn>

印刷者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:15.5 字数:387千字

版 次:2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-0588-1/TN·78

印 数:1~4 000册 定价:25.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

本书是为高职院校电气自动化、电子信息、机电一体化、计算机等专业编写的一本新教材。

电子技术日新月异，新知识、新技术、新工艺不断涌现，但不论电子技术如何发展，其基本理论与基本技能都是遵循同样认知规律的。授之以鱼不如授之以渔，教会学生电子技术的基本知识，并培养学生思考、会学习、会应用，才能使适应电子技术飞速发展的社会要求。

传统的电子技术教材偏重学科体系，理论性过强，这对培养高职类应用型技术人才很不适应，往往造成了教师难教，学生难学的局面。造成这种现象的原因是多方面的，主要体现在：一是只讲集成器件的逻辑符号，很少介绍器件实物、型号选用及使用等实用知识；二是只讲数字电路的原理，很少介绍电路的实际应用与制作，使学生感到学无所用。

根据高职教育培养的是面向生产第一线的高级应用技术型人才的要求，本教材力求在保证理论基础、掌握基本技能的基础上，注重集成电路及新器件、新电路的分析与应用，具有以下的特点。

(1) 通过典型、实用的操作项目及大量的电路测试的形式，使学生初步建立感观认识，然后对操作结果及出现的问题进行讨论、分析、研究，并得出结论。

(2) 学生在做中学，渐进式加深理解和巩固知识点，逐步提高自身的电子技术实际应用能力和计算机设计自动化(EDA)软件的应用技能。

(3) 在重点难点之处提出“想一想”等核心问题，变学生被动学习为主动思考学习。通过知识拓展、实用资料、技能训练和项目制作等栏目及时将理论知识与实际产品制作结合起来，实现工学结合，建立学习信心与成就感。

本教材语言通俗易懂、层次清晰严谨，内容丰富实用、图文并茂，特别是一些实际应用与教学经验的写入，使本书更具有特色。全书共7个操作项目，按照“以全面素质为基础、以能力为本位、以学生为主体、以职业技能为主线”的总体设计要求，以形成掌握电子技术的基本技术和操作技能为目标，紧紧围绕工作任务完成的需要来选择和组织课程内容。本书以典型项目为载体，链接相应的理论知识和实训技能，融“教、学、做”为一体，适合边教、边学、边做的教学方法。

本教材由辽宁机电职业技术学院李福军担任主编，由宋月丽、闫坤、余菲担任副主编。李福军负责全书的任务设计及总体策划，编写了项目1、项目7和附录，并对全书进行统稿；辽宁机电职业技术学院宋月丽编写了项目2、项目3、项目4；辽宁机电职业技术学院闫坤编写了项目5、项目6。

深圳职业技术学院余菲、连云港职业技术学院山磊、辽字信息职业技术学院唐静、芜湖职业技术学院高艳、黄冈科技职业学院周宗斌对本教材的编撰做了大量工作，在此一并致谢！

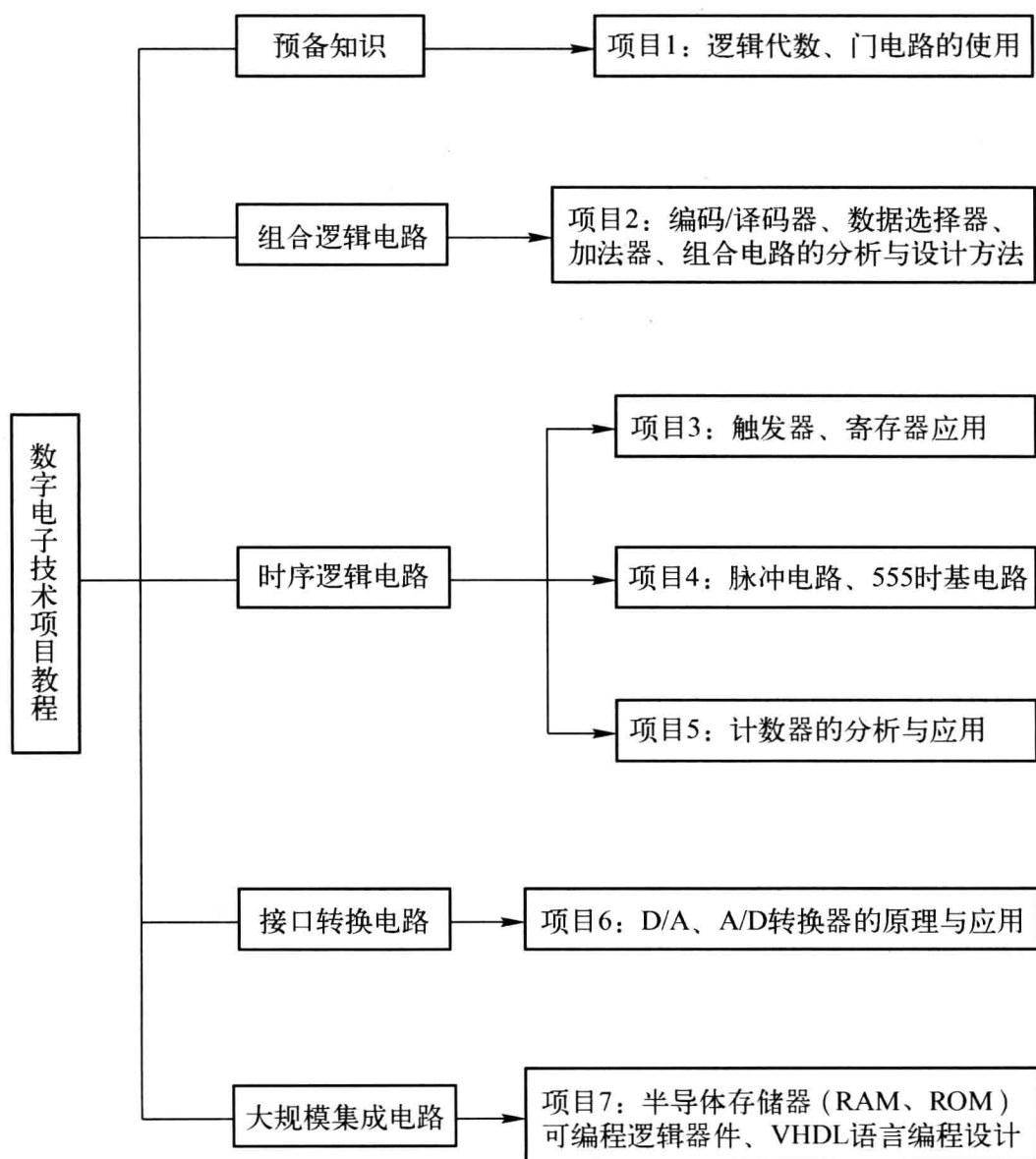
为了配合教学，本教材配有免费的电子教案，可以到北京交通大学出版社网站下载。网址为：<http://press.bjtu.edu.cn>。

由于编者的能力水平所限，书中难免存在差错和疏漏之处，我们迫切期望使用本教材的广大老师和学生对本教材中存在的问题提出批评、建议和意见（编者信箱：lifujun0415@163.com），以便进一步修订和完善教材。

编 者

2011年5月

学习导航：全书的知识结构框架图



目 录

■ 项目 1 裁判电路的制作	1
任务 1.1 数字电路的预备知识	1
1.1.1 认识数字电路	2
1.1.2 二进制基础	3
1.1.3 逻辑代数基础	7
1.1.4 逻辑函数的化简	12
1.1.5 逻辑函数的表示方法及其转换	22
知识拓展 1 用 Multisim 仿真进行逻辑函数的化简与转换	24
任务 1.2 认识逻辑门电路	26
1.2.1 认识分立元器件门电路	26
1.2.2 认识 TTL 集成门电路	31
1.2.3 认识 CMOS 集成门电路	37
知识拓展 2 TTL 与 CMOS 集成电路使用的注意事项	39
阅读材料 数字集成电路的种类与封装	42
技能训练 TTL 与非门的功能测试与转换	43
项目制作 裁判电路的组装与制作	45
项目小结	48
自测题 1	48
■ 项目 2 译码显示电路的制作	51
任务 2.1 认识编码器和译码器	51
2.1.1 编码器	52
2.1.2 译码器与显示器	55
任务 2.2 数据选择器及其应用	61
2.2.1 认识数据选择器	61
2.2.2 数据选择器的应用	64
知识拓展 1 数据分配器的使用	66
任务 2.3 认识加法器	67
2.3.1 一位二进制加法器	67
2.3.2 多位二进制加法器	69
任务 2.4 组合逻辑电路的分析与设计方法	70
2.4.1 组合逻辑电路的分析方法	70

2.4.2 组合逻辑电路的设计方法	71
知识拓展 2 组合逻辑电路的竞争和冒险问题	73
实用资料 常见的集成译码器与编码器	76
技能训练 用数据选择器实现组合逻辑电路	78
项目制作 一位十进制编码、译码显示电路的制作	80
项目小结	83
自测题 2	83
项目 3 多路竞赛抢答器的制作	86
任务 3.1 学习触发器	86
3.1.1 认识基本 RS 触发器	87
3.1.2 学习同步触发器	89
3.1.3 学习集成触发器	94
3.1.4 触发器之间的转换	97
任务 3.2 认识数据锁存器	99
3.2.1 寄存器的基本概念	99
3.2.2 数码寄存器	100
3.2.3 数据锁存器	100
任务 3.3 学习移位寄存器	102
3.3.1 移位寄存器	102
3.3.2 移位寄存器的应用	105
知识拓展 集成顺序脉冲发生器 (CD4017)	106
技能训练 循环彩灯的调试	107
项目制作 四路竞赛抢答器的制作	109
项目小结	111
自测题 3	112
项目 4 双音门铃的制作	115
任务 4.1 学习脉冲的产生与整形电路	116
4.1.1 单稳态触发器	116
4.1.2 多谐振荡器	120
4.1.3 施密特触发器	121
任务 4.2 认识 555 集成定时器	125
4.2.1 555 定时器分析	125
4.2.2 555 定时器的典型应用	127
知识拓展 石英晶体多谐振荡器	130
技能训练 脉冲发生器的测试	131
项目制作 双音门铃的设计制作	132

项目小结	135
自测题 4	135
 项目 5 数字电子钟的制作	138
任务 5.1 计数器的分析	139
5.1.1 认识时序电路	139
5.1.2 计数器的分析方法	141
任务 5.2 常用集成计数器及其应用	147
5.2.1 熟悉常见集成计数器的型号	147
5.2.2 74 系列同步十进制/十六进制加法计数器(74LS160~163)	147
5.2.3 CMOS 系列双十进制加法计数器(CD4518)	151
知识拓展 1 常用异步计数器芯片及其应用	152
任务 5.3 数字电子钟电路剖析	155
5.3.1 数字电子钟的电路组成	156
5.3.2 数字电子钟的工作原理	157
知识拓展 2 数字电路故障的检查和排除方法	160
实用资料 常见集成计数器	161
技能训练 计数器及其应用	164
项目制作 数字电子钟的设计与制作	165
项目小结	167
自测题 5	168
 项目 6 数字电压表的制作	171
任务 6.1 认识数/模转换器	172
6.1.1 D/A 转换器的基本原理	172
6.1.2 常见的 D/A 转换器	173
6.1.3 D/A 转换器的主要技术指标	177
6.1.4 集成 D/A 转换器	177
任务 6.2 认识模/数转换器	180
6.2.1 A/D 转换的过程	180
6.2.2 A/D 转换器的工作原理	182
6.2.3 A/D 转换器的主要技术指标	186
6.2.4 集成 A/D 转换器及其应用	186
知识拓展 双积分型 A/D 转换器 CC14433	188
技能训练 加法计数器 D/A 转换的显示	190
项目制作 直流数字电压表的装调	191
项目小结	194
自测题 6	195

■ 项目 7 大规模数字集成器件及应用	196
任务 7.1 认识半导体存储器	196
7.1.1 半导体存储器的概念	196
7.1.2 随机存取存储器	197
7.1.3 只读存储器	200
任务 7.2 学习可编程逻辑器件	205
7.2.1 可编程逻辑器件的基本知识	206
7.2.2 可编程逻辑器件简介	207
任务 7.3 EDA 技术与 VHDL 设计	209
7.3.1 EDA 技术介绍	209
7.3.2 EDA 开发软件介绍	210
7.3.3 VHDL 语言设计基础	211
实用资料 可编程逻辑器件厂商及软件	221
技能训练 计数器的 EDA 设计	221
项目小结	224
自测题 7	224
附录 A 常用数字集成电路速查表	225
附录 B 常用 TTL (74 系列) 数字集成电路型号及引脚排列	233
附录 C 常用 CMOS (C000 系列) 数字集成电路型号及引脚排列	235
附录 D 常用 CMOS (CC4000 系列) 数字集成电路型号及引脚排列	237
参考文献	239

项目 1 裁判电路的制作



项目剖析

在观看一些体育（如举重）比赛项目时，如果人们听到一声铃响，并且看到表示“成功”的信号灯亮起来，说明运动员比赛成绩有效。此裁判电路的基本原理如图 1-1 所示，其中有 3 个输入信号（ S_1 为主裁判， S_2 、 S_3 为两个副裁判）， Y 为输出信号。



图 1-1 裁判电路原理框图

那么，这个电路的工作原理是什么？如何进行设计并制作出来呢？相信读者在完成以下各任务的学习后，就会找到这些问题的答案。本项目制作简单，效果明显，通过本项目的学习能使同学们对数字逻辑电路有一个基本认识，也为今后学习其他项目打下必要的基础。如果能制作出实物进行调试，可以大大地提高学习的兴趣。本项目由以下两个学习任务组成：

任务 1 数字电路的预备知识；

任务 2 认识逻辑门电路。



学习目标

数字电路的基础主要可分为逻辑代数（理论知识）和逻辑门电路（器件知识）两大部分。这两者有着密切的联系，且相辅相成。通过本项目的学习，应达到以下目标：

1. 建立二进制的思维方式，深入理解“位权”的概念；
2. 掌握逻辑代数基础知识，并会灵活应用；
3. 掌握基本门电路和集成门电路的特性及其应用；
4. 学会裁判电路的设计、制作与检测。

任务 1.1

数字电路的预备知识

任务目标

1. 了解数字电路的特点及其分类。
2. 学习数制和码制的关系，掌握十进制和二进制数的相互转换。

3. 深入理解基本逻辑运算关系及其基本定理、公式。
4. 熟练掌握逻辑函数的表示方法及其化简方法。

1.1.1 认识数字电路

1. 数字电路的特点

在模拟电子技术中,被传递、加工和处理的信号是模拟信号——这类信号的特点是在时间和幅值上都是连续变化的。如锅炉温度信号控制器中处理的温度信号,广播电视中传送的语音和图像信号等,如图 1-2 (a) 所示。这种用于传递、加工处理模拟信号的电子线路,称为模拟电路。

在数字电子技术中,被传递、加工和处理的信号是数字信号——这类信号的特点是在时间和幅值上都是不连续变化(即离散)的。如计算机等数字设备中运行的信号,如图 1-2 (b) 所示,其中高电平和低电平分别用 1 和 0 来表示。这种用于传递、加工处理数字信号的电子线路,称为数字电路。

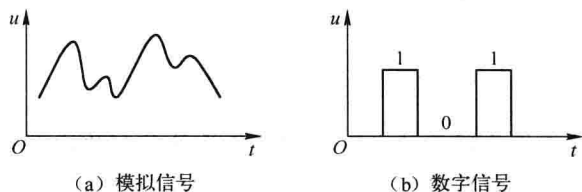


图 1-2 模拟信号和数字信号示意图



思考: 模拟电路与数字电路的主要区别是什么?

由于模拟电路处理的是工业现场的连续变化的信号——其典型信号为正弦波形,它的主要作用是对微弱的电信号进行放大,模拟电路原理框图如图 1-3 所示。模拟电路的分析方法以十进制定量计算为主,需要精确计算出各种电参数,因此模拟电路很易受到外界信号的干扰。

数字电路的典型信号为不连续的矩形波,它主要研究的是电路输出与输入信号之间对应的逻辑关系(故又可称之为逻辑电路),数字电路原理框图如图 1-4 所示。由于数字信号只有低、高电平(0、1)两种信息,同时数字电路多为集成电路,内部结构复杂,所以数字电路以二进制方式定性分析电路的外部应用为主(其分析的主要工具是逻辑代数),一般不需深入讨论电路的内部结构。

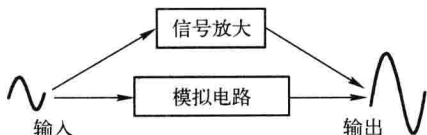


图 1-3 模拟电路原理框图

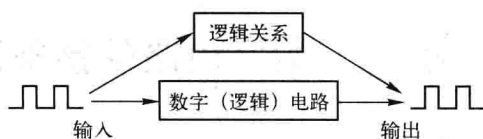


图 1-4 数字电路原理框图

与模拟电路相比,数字电路主要优点如下。



(1) 便于高度集成化。由于数字电路采用二进制，基本单元电路结构简单，允许电路参数有较大的离散性，因此便于将很多的单元电路集成在同一块半导体芯片上。

(2) 工作可靠性高，抗干扰能力强。数字信号主要是用高电平 1 和低电平 0 来表示信号的有和无，而高电平和低电平为一定的范围值（如 TTL 系列的高电平为 3~5 V），并不是一个固定值，允许在一定范围内波动，从而大大提高了数字电路工作的可靠性，其抗干扰能力也很强。

(3) 便于实现智能化。只有数字电路才能直接与计算机连接，实现智能化控制。

(4) 数字信息便于长期保存。数字信息可借助某种媒体（如磁盘、光盘等）进行长期保存。

鉴于以上数字电路的优点，现在很多电子产品已逐步趋于数字化，如数字电视、数码摄（照）相机等。

2. 数字电路的分类

根据电路结构的不同，数字电路可分为分立电路和集成电路（Integrated Circuit，IC）两种类型。分立电路是指将电阻、电容、晶体管等分立器件用导线在电路板上逐个连接起来的电路，从外观上可以看到一个一个的电子元器件；集成电路则是用特殊的半导体制造工艺将许多微小的电子元器件集中做在一块晶片上而成为一个不可分割的整体电路（集成芯片），从外观上看不到任何元器件，只能看到一个一个的引脚。通常把一个芯片封装内含有等效元器件的个数（或逻辑门的个数）定义为集成度。

根据集成度的不同，数字集成电路的分类如表 1-1 所示。

表 1-1 数字集成电路分类

集成路分类	集 成 度	主要应用场合
小规模集成电路（SSI）	1~10 门/片，或 10~100 个元器件/片	逻辑单元电路，例如：逻辑门电路、集成触发器
中规模集成电路（MSI）	10~100 门/片，或 100~1000 个元器件/片	逻辑部件，例如：编码器、译码器、计数器、寄存器、数据选择器、加法器、转换器等
大规模集成电路（LSI）	100~1000 门/片，或 1000~100 000 个元器件/片	数字逻辑系统，例如：中央控制器、存储器、各种接口电路等
超大规模集成电路（VLSI）	大于 1000 门/片，或 大于 10 万个元器件/片	高集成度的数字系统，例如：各种型号的单片机

根据所用器件制作工艺的不同，数字电路又可分为双极型（TTL 型）和单极型（MOS 型）两大类。

根据电路的结构和工作原理的不同，数字电路还可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。组合逻辑电路没有记忆功能，其输出信号只与当时的输入信号有关，而与电路以前的状态无关。时序逻辑电路具有记忆功能，其输出信号不仅和当时的输入信号有关，而且与电路以前的状态有关。

1.1.2 二进制基础

1. 数制

所谓数制就是计数的方法。在日常生活中人们最常用的是十进制数，而目前在数字电

路中还没有具有 10 种状态的开关器件可以用来表示一位十进制数。常见的开关器件通常只具有两种不同的状态（如高、低电平），可以用来表示一位二进制数。因此，在数字电路中常用到二进制数。

以上提到的十进制数和二进制数都是进位计数制。常用的数制有十进制、二进制、八进制和十六进制。

1) 十进制 (Decimal)

十进制数采用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 这 10 个不同的数码来表示，通常把数制中所有的数码个数称为基数。十进制数的进位规律是逢十进一。

一个数的大小由它的数码大小和数码所在的位置决定，每个数码所处的位置称为“权”。数码的位置不同，所表示的数值就不同。例如：

$$\begin{array}{r}
 7 \times 10^3 = 7000 \\
 7 \times 10^2 = 700 \\
 7 \times 10^1 = 70 \\
 7 \times 10^0 = 7 \\
 \hline
 7777
 \end{array}$$

$10^3, 10^2, 10^1, 10^0$ 称为十进制的权。各数位的权是 10 的幂。

$$\text{即 } (7777)_{10} = 7 \times 10^3 + 7 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 7 \times 10^0$$

任意一个十进制数都可以表示为各个数位上的数码与其对应权的乘积之和，称为按权展开式。例如，1352.87 按权展开为

$$(1352.87)_{10} = 1 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2}$$

一个具有 n 位整数和 m 位小数的十进制数，可以记为 $(D)_D$ 或 $(D)_{10}$ ，下标 D 或 10 表示括号中的 D 为十进制数。十进制数的一般表达式（通式）可表示为

$$\begin{aligned}
 (D)_D &= d_{n-1}10^{n-1} + d_{n-2}10^{n-2} + \cdots + d_110^1 + d_010^0 + d_{-1}10^{-1} + d_{-2}10^{-2} + \cdots + d_{-m}10^{-m} \\
 &= \sum_{i=-m}^{n-1} d_i 10^i
 \end{aligned}$$

式中， d_i 为第 i 位的系数，可为 0~9 中的任何一个符号；10 为基数， $10^{n-1}, 10^{n-2}, \dots, 10^1, 10^0, 10^{-1}, 10^{-2}, \dots, 10^{-m}$ 分别为各位的权。

2) 二进制 (Binary)

二进制数的基数为 2，逢二进一，即 $1+1=10$ 。二进制数广泛应用于数字电路中，它只有两个数字符号 0 和 1，与电路的两个状态（开和关、高电平和低电平等）直接对应，使用起来比较方便。二进制数各位的权为 2 的幂。与十进制类似，任一个 n 位整数和 m 位小数的无符号二进制数可按权展开为

$$(D)_B = (d_{n-1}d_{n-2} \cdots d_1d_0d_{-1} \cdots d_{-m})_B = \sum_{i=-m}^{n-1} d_i 2^i$$

式中，下标 B 表示 D 为二进制数，系数 d_i 取值只有 0 和 1 两种可能。例如：

$$(101.101)_B = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

3) 十六进制 (Hexadecimal)

由于二进制数进制太小，位数太多，书写记忆很不方便，所以往往需要用十六进制数



解：二进制数 11 0001 1011 1100
 ↓ ↓ ↓ ↓
十六进制数 3 1 B C

即 $(1100011011.11)_2 = (31B.C)_{16}$

【例 1-4】 将十六进制数 1F.A 转换为二进制数。

解：十六进制数 1 F A
 ↓ ↓ ↓
二进制数 0001 1111 1010

即 $(1F.A)_{16} = (11111.101)_2$

3. 码制



想一想：什么叫编码？码有大小吗？

广义上的编码是指用一定的符号（如文字、数字等）来表示某一特定对象的过程。例如，读者的名字是文字编码，而读者的学号则是数字编码。虽然这种编码形式不同，但是代表的却是同一个对象（读者这个人本身）。这里将形成这种代码所遵循的规则称为码制。

 注意：编码有时表面上看起来是数字（如学号），却没有数量上的含义，没有大小之分。

1) 二进制编码

用一定位数的二进制数来表示某一特定对象的过程称为二进制编码。因为十进制编码或某种文字和符号的编码很难用电路来实现，所以在数字电路中一般都采用二进制编码。

2) 二-十进制编码（BCD 码）

将 0~9 这 10 个一位十进制数字用四位二进制数 $b_3b_2b_1b_0$ 来表示的编码过程，称为 BCD 编码。常见的几种 BCD 码如表 1-2 所示。

表 1-2 几种常用的 BCD 码

十进制数	8421 码	5421 码	2421 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0100	0111	0110
5	0101	1000	1011	1000	0111
6	0110	1001	1100	1001	0101
7	0111	1010	1101	1010	0100
8	1000	1011	1110	1011	1100
9	1001	1100	1111	1100	1101
权	8421	5421	2421	无权	无权

(1) 有权 BCD 码。四位二进制代码中每一位数码都有确定的位权值，其中 8421BCD 码是一种最简单、最常用的有权码。

【例 1-5】将 $(465)_{10}$ 转换为其对应的 8421BCD 码。

解： $(465)_{10}=(0100\ 0110\ 0101)_{8421BCD}$

(2) 无权 BCD 码。没有确定的位权值。例如，余 3 码是由 8421BCD 码加 3 (0011) 得来的；格雷码的特点是任意两个相邻的码之间只有一位数不同，是一种可靠性代码，又称为反射循环码。

1.1.3 逻辑代数基础

逻辑代数是处理数字电路的专用数学工具，它是由英国数学家乔治·布尔于 1847 年创立的，所以也叫布尔代数。与普通代数不同，逻辑代数为二值代数，主要处理的是二进制逻辑关系。

1. 认识基本逻辑关系和运算

基本的逻辑关系只有与、或、非这 3 种逻辑，对应的最基本逻辑运算也只有与运算、或运算和非运算。

1) 与逻辑 (AND)

只有当决定事件 (Y) 的所有条件 (A, B, C, ...) 全部具备时，此事件 (Y) 才能发生，这种因果关系叫做与逻辑，实现这种逻辑关系的运算就是与逻辑运算。

下面以两个串联的开关 A, B 控制灯泡 Y 为例来说明，如图 1-5 所示。

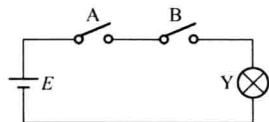


图 1-5 与逻辑实例

由图 1-5 可见，只有当两个开关均闭合时，灯泡才会亮。显然，灯泡的结果状态（亮）和开关的条件状态（闭合）之间符合与逻辑关系，可用表 1-3 来概括。

如果将开关闭合记作 1，断开记作 0；灯亮记作 1，灯灭记作 0，则可得到与逻辑关系的真值表，如表 1-4 所示。

表 1-3 与逻辑功能表

开关 A	开关 B	灯 Y
断开	断开	灭
断开	闭合	灭
闭合	断开	灭
闭合	闭合	亮

表 1-4 与逻辑真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

真值表里的 0、1 只表示相反两种状态，不代表数量的大小。

与逻辑运算表达式为

$$Y=A \cdot B \text{ 或 } Y=AB$$

在数字电路中，实现与逻辑运算功能的电路称为与门，其逻辑符号如图 1-6 所示。



功能概括：全 1 为 1。

图 1-6 与门符号



想一想：请列出具有 3 个变量的与逻辑 $Y=ABC$ 的真值表。

2) 或逻辑 (OR)

只要决定事件 (Y) 的所有条件 (A, B, C, ...) 有一个 (或一个以上) 具备时，此事

件 (Y) 就会发生, 这种因果关系叫做或逻辑, 实现这种逻辑关系的运算就是或逻辑运算。

或逻辑的实例如图 1-7 所示, 不难分析出其功能如表 1-5 所示, 真值表如表 1-6 所示。

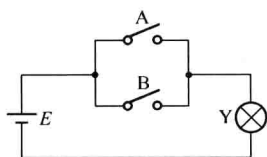


图 1-7 或逻辑实例

表 1-5 或逻辑功能表

开关 A	开关 B	灯 Y
断开	断开	灭
断开	闭合	亮
闭合	断开	亮
闭合	闭合	亮

表 1-6 或逻辑真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

或逻辑运算表达式为

$$Y=A+B$$



想一想：在或逻辑运算中，为什么 $1+1=1$ ？

实现或逻辑运算功能的电路称为或门，其逻辑符号如图 1-8 所示。



图 1-8 或门符号

3) 非逻辑 (NOT)

非逻辑指的是逻辑的否定。当决定事件 (Y) 发生的条件 (A) 满足时，事件不发生；条件不满足时，事件反而发生。非逻辑运算表达式为

$$Y=\bar{A}$$

非逻辑的实例如图 1-9 所示，其功能如表 1-7 所示，真值表如表 1-8 所示，逻辑符号如图 1-10 所示。

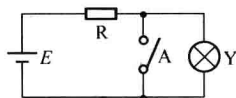


图 1-9 非逻辑实例

表 1-7 非逻辑功能表

开关 A	灯 Y
断开	亮
闭合	灭

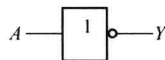


图 1-10 非门符号

表 1-8 非逻辑真值表

A	Y
0	1
1	0



注意：非门只有一个输入端。

2. 复合逻辑关系和运算

在实际工程中遇到的逻辑关系往往是用与、或、非 3 种基本逻辑关系作特定的组合而实现的。常见的复合逻辑有与非、或非、与或非、异或（同或）等几种，具体情况如表 1-9