

高职高专电子信息类专业“十二五”课改规划教材

基于工作过程的 数字电子技术教程

◎ 王瑞春 主 编

◎ 张 丰 副主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

内 容 简 介

本书分为基础知识篇与项目实践篇两部分。基础知识篇仅一章,简单介绍了数字电子技术的基本概念和定律。项目实践篇共6个项目,选取了6个产品作为教学项目,分别为感应式自动语音盒、数字温湿度计、红外体温计、数码录音相框、无线水池数字温度计和家庭省电宝。这些项目实验由易到难,由简单到复杂,循序渐进,主要训练学生对数字电子产品中常用元器件的识别、物料清单的编制、焊接与装配工艺的编制及相关仪器仪表的使用,重点使学生了解数字电子产品的组成,掌握常用数字集成器件的工作原理及应用。

从真实产品出发,是本书的一大特色。企业参与教材的编写不仅对项目的材料配套、产品实现以及学习指导提供了保障,同时也考虑到了电子类专业的学生在以后工作中所应具备的相关实践能力。

本教材可作为高职高专院校电子、通信、电气、信息类及相关专业数字电子技术课程教材。

图书在版编目(CIP)数据

基于工作过程数字电子技术教程/王瑞春主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2010.12

高职高专电子、信息类专业“十二五”课改规划教材

ISBN 978-7-5606-2495-2

I. ① 基… II. ① 王… III. ① 数字电路—电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. ① TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 212628 号

责任编辑 薛 媛 张晓燕

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2011年1月第1版 2011年1月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 12.875

字 数 298千字

印 数 1~3000册

定 价 19.00元

ISBN 978-7-5606-2495-2/TN·0579

XDUP 2787001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

为适应我国电子技术专业高等职业教育发展的需要,按照国家普通高等教育“十二五”教材规划要求,深圳信息职业技术学院积极贯彻执行教育部 16 号文件精神,推进基于工作过程的教材改革与项目驱动的教学方法,邀请深圳市泰瑞盛实业有限公司联合编写基于工作过程的数字电子技术教材,以企业的真实数字电子产品作为教学项目,由深圳市泰瑞盛实业有限公司提供每个项目的套件,每位学生在教师的指导下按照项目的指导文件完成产品制作。这不仅使学生了解了数字电子产品的组成、制作过程、工作原理等,也进一步深化了校企合作以及提高了教学质量。

本教材分为基础知识篇与项目实践篇两部分。基础知识篇仅一章,简单介绍了数字电子技术的基本概念和常用定律;项目实践篇共 6 个项目(相当于 6 章),选取了 6 个产品作为教学项目,由易到难,由简单到复杂,循序渐进,主要训练学生对数字电子产品中常用元器件的识别、物料清单的编制、焊接与装配工艺的编制及相关仪器仪表的使用,重点使学生了解数字电子产品的组成,掌握常用数字集成器件的工作原理及应用。从真实产品出发,不仅有利于学生动手实践,也有利于学生自主学习能力的培养。企业参与教材的编写不仅对项目的材料配套、产品实现以及学习指导提供了保障,同时也有助于培养电子类专业学生就业后应具备的相关能力。数字电子技术在电子类专业基础教学中举足轻重,它既是学生在认识过程中感性认识和理性认识相辅相成的必要环节,也是从基础到专业的必经之路,又是学生从课堂学习走向工程实践的纽带和桥梁。

20 世纪 90 年代后随着半导体光刻技术从微米走向纳米,晶圆片从 3.5 英寸走向 12 英寸,电子器件的集成度水平呈几何级数式增长。传统教材所讲述的分立电子元器件和基本数字逻辑器件的应用越来越少,高等院校电子类专业的毕业生在实际工作中真正接触到的是集成化的积木式器件。传统教材内容让学生感到过于繁琐,理论与实际相差甚远,难以激发学生的学习兴趣。本教材在项目的选取中不仅考虑到数字电子产品实际技术的应用,同时在功能与造型等方面充满着乐趣,希望让电子类专业的学生从传统的实验教学中走出来,去体验新兴的数字电子技术的应用。随着电子技术的迅速发展,如何培养学生适应发展变化的能力也变得越来越重要,希望通过本教材教学,培养学生具备学习新技术的基本素质和能力,从而提高高职教育的教学质量,达到人才培养的目标。

本书可作为高职高专院校电子、通信、电气、信息类及相关专业数字电子技术课程教材。本书所需的教学学时数非常灵活,可根据需要对不同的项目进行调整。项目所需的配套材料可由深圳市泰瑞盛实业有限公司提供支持,联系网址 www.mieo.com。

本书由深圳信息职业技术学院电子通信技术系王瑞春高级工程师担任主编,深圳市泰瑞盛实业有限公司张丰高级工程师担任副主编,参编人员有深圳市泰瑞盛实业有限公司李化伟、毛坤工程师以及深圳信息职业技术学院龚汉东副教授等。

感谢深圳市泰瑞盛实业有限公司与深圳信息职业技术学院教材编写项目组全体人员的

辛勤劳动！由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。欢迎您把对本书的建议发至：wangruichun@sina.com。

编 者
2010 年 10 月

目 录

基础知识篇

第0章 数字电子技术基础.....	3
0.1 概述.....	3
0.1.1 数字电子技术的几个概念与应用	3
0.1.2 数字电路的分类与发展	3
0.1.3 数字电子技术的特点.....	4
0.2 常用数制的表示及相互转换	4
0.2.1 常用数制的表示.....	4
0.2.2 三种数制的相互转换.....	6
0.3 码制的基本概念.....	10
0.4 三种基本逻辑运算.....	11
0.4.1 几个基本概念.....	11
0.4.2 三种基本逻辑关系及其表示方法	11
0.5 复合逻辑函数.....	13
0.5.1 与非逻辑.....	13
0.5.2 或非逻辑.....	13
0.5.3 与或非逻辑.....	13
0.5.4 异或逻辑.....	14
0.5.5 同或逻辑.....	14
0.6 逻辑函数的几种表示方法及相互转换	15
0.6.1 已知真值表求逻辑函数式	15
0.6.2 由函数式到真值表的转换	16
0.6.3 由函数式到逻辑电路图的转换	16
0.6.4 逻辑函数的代数化简.....	16

项目实践篇

项目一 感应式自动语音盒.....	21
1.1 感应式自动语音盒简介.....	21
1.2 感应式自动语音盒的功能特性及主要技术指标	21
1.3 感应式自动语音盒的主要元器件	22
1.3.1 贴片元件.....	22
1.3.2 分立模拟元件.....	25
1.3.3 光敏传感器.....	26

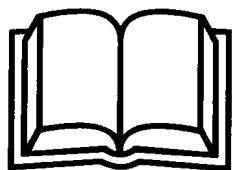
1.3.4	ISD1806 录音芯片	27
1.3.5	电原理图及印刷电路板	29
1.3.6	感应式自动语音盒物料清单	30
1.4	焊接与产品组装	36
1.4.1	焊接技术简介	36
1.4.2	贴片元件的焊接技术	36
1.4.3	插件元器件的焊接方法	37
1.4.4	几个工艺概念	38
1.4.5	器件与电原理图、印制电路板图的对应关系	41
1.4.6	电子产品组装	42
1.4.7	作业指导书	42
1.4.8	产品装配总装图	43
1.5	感应式自动语音盒的调试和故障检测	43
1.5.1	装配质量的检查	43
1.5.2	关键点的测试	43
1.5.3	感应式自动语音盒的故障检测	45
1.6	感应式自动语音盒的工作原理	45
1.6.1	ISD1806 录音芯片的工作原理	45
1.6.2	人体移动感应电路原理	46
1.6.3	整机工作原理	46
1.7	项目总结报告	47
1.8	考核	47
	思考题	47
	附录一 感应式自动语音盒说明书	48
	附录二 实验成绩登记样表	49
项目二	数字温湿度计	50
2.1	数字温湿度计简介	50
2.2	数字温湿度计的功能特性及主要技术指标	50
2.3	组成数字温湿度计的主要元器件	51
2.3.1	贴片元件	51
2.3.2	分立模拟元件	51
2.3.3	单片机 TERS-8722	53
2.3.4	电原理图及印刷电路板	55
2.3.5	数字温湿度计物料清单(BOM 表)	58
2.4	焊接与产品组装	60
2.4.1	传感器焊接作业指导书	60
2.4.2	LCD 安装作业指导书	61
2.4.3	产品装配总装图	61
2.5	数字温湿度计的调试	62

2.5.1 装配质量的检查.....	62
2.5.2 关键点的测试.....	62
2.6 数字温湿度的故障检测	63
2.7 数字温湿度的工作原理	64
2.7.1 单片机 TERS-8722 的工作原理	64
2.7.2 LCD 显示原理.....	65
2.7.3 整机工作原理.....	67
2.8 项目总结报告.....	67
2.9 考核.....	68
思考题.....	68
附录一 数字温湿度计说明书	69
附录二 实验成绩登记样表.....	70
项目三 红外体温计	71
3.1 红外体温计简介.....	71
3.2 红外体温计的功能特性及主要技术指标	71
3.3 组成红外体温计的主要元器件	72
3.3.1 贴片元件.....	72
3.3.2 分立模拟元件.....	72
3.3.3 存储芯片 FM24C02B	75
3.3.4 单片机 TERS-D.....	77
3.3.5 LCD 显示屏.....	80
3.3.6 电原理图及印刷电路板	81
3.3.7 红外体温计物料清单(BOM 表).....	82
3.4 焊接与产品组装.....	85
3.4.1 传感器焊接作业指导书	85
3.4.2 LCD 安装作业指导书.....	85
3.4.3 产品装配图.....	86
3.5 红外体温计的调试.....	87
3.5.1 装配质量的检查.....	87
3.5.2 关键点的测试.....	87
3.6 红外体温计的故障检测.....	89
3.7 红外体温计的工作原理.....	90
3.7.1 存储芯片 FM24C02B 的工作原理	90
3.7.2 单片机 TERS-D 的工作原理	91
3.7.3 传感器运放电路.....	93
3.7.4 整机工作原理.....	93
3.8 项目总结报告.....	94
3.9 考核.....	94
思考题.....	94

附录一 红外体温计说明书.....	95
附录二 实验成绩登记样表.....	99
项目四 数码录音相框.....	100
4.1 数码录音相框简介.....	100
4.2 数码录音相框的功能特性及主要技术指标.....	100
4.3 组成数码录音相框的主要元器件.....	100
4.3.1 贴片元件.....	100
4.3.2 分立模拟元件.....	101
4.3.3 触摸板.....	102
4.3.4 ISD1610 录音芯片.....	102
4.3.5 电原理图及印刷电路板.....	104
4.3.6 录音相框物料清单.....	106
4.4 焊接与产品组装.....	109
4.4.1 发光二极管装配作业指导书.....	109
4.4.2 产品装配总装图.....	109
4.5 录音相框的调试.....	110
4.5.1 装配质量的检查.....	110
4.5.2 关键点的测试.....	110
4.6 录音相框的故障检测.....	111
4.7 录音相框的工作原理.....	111
4.7.1 ISD1610 录音芯片的工作原理.....	111
4.7.2 MIC 录音电路原理.....	112
4.7.3 整机工作原理.....	115
4.8 项目总结报告.....	115
4.9 考核.....	115
思考题.....	116
附录一 录音相框说明书.....	117
附录二 实验成绩登记样表.....	118
项目五 无线水池数字温度计.....	119
5.1 无线水池数字温度计简介.....	119
5.2 无线水池数字温度计的功能特性及主要技术指标.....	119
5.3 组成无线水池数字温度计的主要元器件.....	120
5.3.1 贴片元件.....	120
5.3.2 分立模拟元件.....	120
5.3.3 单片机 TERS-8726.....	123
5.3.4 单片机 TERS-129.....	126
5.3.5 电原理图及印刷电路板图.....	129
5.3.6 无线水池数字温度计物料清单(BOM 表).....	134
5.4 焊接与产品组装.....	137

5.4.1 发射分机传感器、电池片安装作业指导书	138
5.4.2 发射分机 LCD 安装作业指导书	138
5.4.3 发射分机吊绳封盖打防水胶	139
5.4.4 接收主机 LCD 装配	140
5.4.5 产品装配总装图	140
5.5 无线水池数字温度计的调试	141
5.5.1 装配质量的检查	141
5.5.2 关键点的测试	141
5.6 无线水池数字温度计的故障检测	143
5.7 无线水池数字温度计的工作原理	143
5.7.1 单片机 TERS-8726 的工作原理	143
5.7.2 单片机 TERS-129 的工作原理	145
5.7.3 数字信号调制与解调	146
5.7.4 整机工作原理	148
5.8 项目总结报告	149
5.9 考核	149
思考题	150
附录一 无线水池数字温度计说明书	151
附录二 实验成绩登记样表	154
项目六 家庭省电宝	155
6.1 家庭省电宝简介	155
6.2 家庭省电宝的功能特性及主要技术指标	155
6.3 组成家庭省电宝的主要元器件	156
6.3.1 贴片元件	156
6.3.2 分立模拟元件	156
6.3.3 单片机 TERS-70A1	159
6.3.4 单片机 TERS-2735	162
6.3.5 电原理图及印刷电路板图	166
6.3.6 家庭省电宝物料清单(BOM 表)	170
6.4 焊接与产品组装	175
6.4.1 监控主机 LCD 装配作业指导书	175
6.4.2 产品装配总装图	176
6.5 家庭省电宝的调试	177
6.5.1 装配质量的检查	177
6.5.2 关键点的测试	177
6.6 家庭省电宝的故障检测	179
6.7 家庭省电宝的工作原理	180
6.7.1 单片机 TERS-70A1 的工作原理	180
6.7.2 单片机 TERS-2735 的工作原理	181

6.7.3 交流电测量方法.....	182
6.7.4 整机工作原理.....	182
6.8 项目总结报告.....	183
6.9 考核.....	184
思考题.....	184
附录一 家庭省电宝说明书.....	185
附录二 实验成绩登记样表.....	196



基础知识篇

第0章 数字电子技术基础

0.1 概 述

0.1.1 数字电子技术的几个概念与应用

通常人们把电信号分为两类：数字信号和模拟信号，由此引出了数字电路与模拟电路。数字信号是指时间上和数值上都不连续的离散电信号，如图 0-1 所示。

模拟信号相对数字信号而言是指在时间上和数值上都连续变化的电信号，如图 0-2 所示。

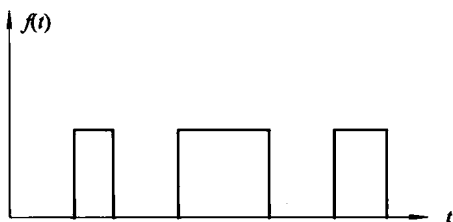


图 0-1 数字信号示例

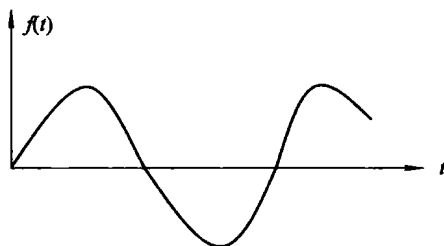


图 0-2 模拟信号示例

数字电路：处理数字信号的电路叫数字电路。

模拟电路：处理模拟信号的电路叫模拟电路。

数字电子技术：研究处理以及应用相关数字信号、数字器件以及数字电路的技术称为数字电子技术。

数字电子技术已被广泛地应用于日常生活与国防建设中，小到数字表、电子秤、数字电视、数码相机，大到神舟七号卫星，无处不体现着数字电子技术的应用。数字电子技术对电子产品的小型化、处理速度的快速化、通话效果的清晰化以及网络安全化等起着举足轻重的作用，它渗透在人们每时每刻的生活、学习、工作中，了解与掌握数字电子技术的相关知识意义深远。

0.1.2 数字电路的分类与发展

1. 数字电路的分类

根据数字电路的组成结构不同，可分为分立元件数字电路与集成电路两类。分立元件数字电路是指由分立元件实现的电路，现在已不常用。广泛使用的集成电路又分为小规模(SSI)、中规模(MSI)、大规模(LSI)和超大规模(VLSI)集成电路，其规模的大小是根据每个芯

片上集成的元器件的多少而定的，一般由几千个到几万个甚至更多。在应用过程中，可根据需要由器件手册查找所需的数字集成器件。

根据电路所用器件的不同电路又分为双极型和单极型两种。双极型电路一般由晶体三极管组成，而单极型电路主要由场效应管组成。数字器件的内部组成并不影响我们对它的使用，只是要注意不同器件组成的数字电路对使用环境的要求有所不同。例如单极型电路因对静电敏感，故在使用过程中要采取防静电措施，戴防静电手环，用防静电烙铁，铺防静电胶垫以及使用防静电包装袋等。

根据逻辑电路的功能不同，数字电路也可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。组合逻辑电路的输出只与当前的输入有关，而与电路原来的状态和时间无关；而时序逻辑电路不仅与时间有关，还与原来的电路状态有关，它们共同决定了时序逻辑电路的输出。例如 8421 译码显示器的输出只和当前输入的数码有关，而计数器的输出不仅和当前的输入有关而且和原状态有关。

2. 数字电路的发展

数字电路从分立器件、小规模集成电路发展到超大规模集成电路，其加工工艺也从最初的手工焊接发展到自动化的表面贴装技术(SMT)，贴装精度小于 $\pm 0.1 \text{ mm}$ ，而数字器件的管脚可以更细。我国目前已有能力设计、制造先进的集成电路，完全靠进口的时代已经一去不复返了。

0.1.3 数字电子技术的特点

数字电路只有两个幅度值：一是有信号，二是没信号。在电路的分析计算中，我们用 0、1 来代表这两种状态，这里的 0、1 没有数量大小的含义。在整个数字电路的研究过程中，输入、输出都是由 0、1 及其组合构成的。对数字信号 0、1 进行各种逻辑运算和技术处理就是我们今后要研究的逻辑代数与二进制运算，也叫布尔代数。

0.2 常用数制的表示及相互转换

0.2.1 常用数制的表示

在我们的日常生活与工作中，常用的数制有十进制、六十进制、二进制、十六进制等。我们最熟悉的时间就采用六十进制：六十秒构成一分钟，六十分钟构成一小时，逢六十就有进位。其它情况下用的最多的是十进制。本节我们要介绍的二进制和十六进制是在计算机、微处理器、数字电路中广泛使用的两种计数方式，它们分别采用逢二进一和逢十六进一的计数方式。下面我们介绍十进制、二进制和十六进制数的表示方法。

1. 十进制数的表示

如果要购买一台价格为 681 元的电子词典，付款时可交给收银员 6 张面额为 100 元、8 张面额为 10 元、1 张面额为 1 元的人民币。大家都知道，100 元、10 元和 1 元是人民币的基本面额，逢十进一，包括 0，1，2，…，9 十个数码。十进制的特点如下：

(1) 十进制的数码共有十个，它们是 0，1，2，3，4，5，6，7，8，9。我们用字母 K

表示任意一个数。

(2) 逢十进一，借一当十。高位是低位的十倍，或低位的十个数组成高位的一个数，每一位的权重都是十的整数幂，基数用 N 表示。

(3) 任意一个十进制数 $(D)_{10}$ 都可以表示成以 10 为底的幂之和的形式：

$$(D)_{10} = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \cdot N^i = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \cdot 10^i \quad (0-1)$$

式中， i 表示数字 $(D)_{10}$ 中的某一位， K_i 是该位上的数码； N^i 是第 i 位上的位权，在十进制中 N 为 10， i 为负数时对应的是小数部分。式(0-1)也称为权展开式。例如 681 可表示为

$$(681)_{10} = 6 \times 100 + 8 \times 10 + 1 \times 1 = 6 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 1 \times 10^0$$

此式中 $i=0, 1, 2$ ，权位 N^i 分别是 10^0 、 10^1 和 10^2 ，数码 K_i 分别是 6、8、1。

我们再举一个含小数部分的例子：

$$(138.369)_{10} = 1 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2} + 9 \times 10^{-3}$$

数码 K 、基数 N 和 N^i 位权可以构成任意一个十进制数， K 、 N 、 N^i 也称为组成数码的三要素。

2. 二进制数的表示

与十进制数相似，二进制数的特点如下：

(1) 二进制数有两个数码，为 0、1，也用 K 表示。

(2) 二进制逢二进一，借一当二。它的基数 N 等于 2，位权是 2 的整数幂。

(3) 任意一个二进制数都可以写成以 2 为底的幂之和的形式。

二进制的权展开式为

$$(D)_2 = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \cdot N^i = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \cdot 2^i \quad (0-2)$$

例如 $(1101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$ ，2 的幂次前的数码即是二进制各位上对应的数码，括号外的下标表示二进制。再如：

$$(11010.01)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

由于二进制只有两个数，其物理实现非常容易，这两个状态可以用开关的通断表示，也可以用高低电平表示，所以二进制在数字电路中被广泛使用。

3. 十六进制数的表示

二进制虽然简单且易于实现，但由于它的基数 2 太小，在表示一个数值较大的数时，需要的位数就很多；又由于只有 0 和 1，二进制数在运算、转换、各种处理过程中很容易出错，为此人们又发明了十六进制以弥补二进制数的缺点和提高处理速度。

十六进制从字面上可以得知，其基数是 16，有 16 个数。根据十进制和二进制的特点，类推出十六进制的特点：

(1) 它的数码 K 有 16 个数，即 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F。由于十进制只有 10 个数，十六进制数又借助了英文的六个字母来表示 10 以上的六个数。

(2) 十六进制数 $(D)_{16}$ 逢 16 进 1, 借 1 当 16, 其基数 N 是 16。

(3) 同样可以用 16 的整数幂之和表示任意一个十六进制的数:

$$(D)_{16} = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \cdot N^i = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \cdot 16^i$$

式中 $K_i = 0, 1, 2, \dots, 9, A, B, C, D, E, F$ 。

例如:

$$(8F9)_{16} = 8 \times 16^2 + F \times 16^1 + 9 \times 16^0$$

十进制、二进制、十六进制使用的场合不同, 可以利用其特点进行相互转换。

0.2.2 三种数制的相互转换

1. 非十进制数到十进制数的转换

任意一种进制的任意一个数都可以按权位展开, 如:

$$(1101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

$$(11010.01)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

$$(8F9)_{16} = 8 \times 16^2 + F \times 16^1 + 9 \times 16^0 \quad (F \text{ 对应十进制的 } 15, \text{ 代入即可计算})$$

我们发现右式就好像没有计算完的等式, 将各幂次算出求和所得之数就是一个十进制数, 从而实现了非二进制数到十进制数的转换, 即

$$(1101)_2 = 8 + 4 + 0 + 1 = (13)_{10}$$

$$(11010.01)_2 = 16 + 8 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0.25 = (26.25)_{10}$$

$$(8F9)_{16} = 8 \times 256 + 15 \times 16 + 9 \times 1 = 2048 + 240 + 9 = (2297)_{10}$$

四位二进制数到十进制数的转换可采用“8421”权位快速转换法, 即根据 1 出现位的权做加法即可。

例: $(1100)_2 = 8 + 4 = (12)_{10}$

$$(1001)_2 = 8 + 1 = (9)_{10}$$

$$(1110)_2 = 8 + 4 + 2 = (14)_{10}$$

请同学们熟记不同的 4 位二进制数对应的十进制数一共有 16 个(见表 0-1), 这对于 4 位二进制数与一位十六进制数之间的相互转换大有益处。

表 0-1 4 位二进制数与 16 个十进制数的对照表

0000	0	1000	8
0001	1	1001	9
0010	2	1010	10
0011	3	1011	11
0100	4	1100	12
0101	5	1101	13
0110	6	1110	14
0111	7	1111	15

2. 十进制数到二进制数的转换

二进制数是用 2 的不同幂次之和表示的, 若要将十进制数转换成二进制数, 就需要找出 2 的不同幂次, 然后根据此幂次的存在与否, 决定数码是 0 还是 1, 由此思路, 方法可不同。

1) 除 2 取余法

例如, 将 $(28)_{10}$ 转换成二进制数:

2 28	商	余数	对应二进制位数
2 14	←	0	K_0
2 7		0	K_1
2 3		1	K_2
2 1		1	K_3
0		1	K_4

最高幂次是 4, 余数就是我们要找的 K_i , 故

$$(28)_{10} = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (11100)_2$$

每除一次 2, 表示幂高一次, 故 K_i 的顺序是由低到高。

我们可以利用二进制到十进制的转换法则进行验证:

$$\begin{aligned} (11100)_2 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \\ &= 16 + 8 + 4 + 0 + 0 \\ &= (28)_{10} \end{aligned}$$

2) 直接取幂法

拿到一个十进制数, 根据数学知识将其分解成不同的 2 的幂次的组合, 继而将其规范成二进制表示的形式, 从而得出二进制的各位数码。

例:

$$\begin{aligned} (55)_{10} &= 32 + 23 \\ &= 32 + 16 + 7 \\ &= 32 + 16 + 4 + 2 + 1 \\ &= 2^5 + 2^4 + 2^2 + 2^1 + 2^0 \\ &= 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= (110111)_2 \end{aligned}$$

对于复杂的数可以借助计算器找出 2 的最高幂次, 然后减去此数, 在余数中再找最高的 2 次幂, 依次进行, 直到全部分解。没有出现的幂次则表示其位码 K_i 为 “0”。

例如:

$$\begin{aligned} (238)_{10} &= 128 + 64 + 32 + 8 + 4 + 2 \\ &= 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 \\ &= (11101110)_2 \end{aligned}$$