



高职高专教育“十二五”规划教材

数字电子技术

主 编 卜锡滨

副主编 贾秀玲 曾献芳 周 琳



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高职高专教育“十二五”规划教材

数字电子技术

主 编 卜锡滨

副主编 贾秀玲 曾献芳 周 琳



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以逻辑器件为主线,围绕基本技能构成要素组织内容,循序渐进地介绍常用逻辑门、逻辑部件的功能及典型应用。全书共9章,内容包括数字电路基础、集成逻辑门、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与变换、数模转换与模数转换、半导体存储器及应用、可编程逻辑器件的应用等。

本书强调从应用出发,理论与实践有机结合。每节内容以一个简单的任务导出逻辑器件的应用,进而介绍逻辑器件的功能、引脚的识别与使用,重点突出如何用逻辑器件构建实际应用电路。本书突出工艺要求,注重技能训练。在介绍完逻辑器件后,针对某个典型应用,配一个综合实训,从实际应用角度介绍相关知识和基本技能。

本书结构严谨、重点突出,有很强的实用性,注重能力培养和技能获取,适合作为高职高专电子、通信、机电一体化、计算机类等专业的教材,也可供职业技能培训人员及相关从业人员参考。

本书配有电子教案,读者可从中国水利水电出版社网站以及万水书苑上免费下载,网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和 <http://www.wsbookshow.com>,或与编者联系(puxibin@126.com),以获取更多教学服务支持。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术 / 卜锡滨主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2011.1
高职高专教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-8118-0

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第232884号

策划编辑: 雷顺加 责任编辑: 张玉玲 加工编辑: 胡海家 封面设计: 李 佳

书 名	高职高专教育“十二五”规划教材 数字电子技术
作 者	主 编 卜锡滨 副主编 贾秀玲 曾献芳 周 琳
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 17.5印张 451千字
版 次	2011年1月第1版 2011年1月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	29.80元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

高职高专教育“十二五”规划教材 编委会

主任委员 孙敬华 刘甫迎

副主任委员 刘晶璘 李 雪 胡学钢 丁亚明 孙 湧
 王路群 蒋川群 丁桂芝 宋汉珍 安志远

委 员 (按姓氏笔画排序)

卜锡滨	方少卿	王伟伟	邓春红	冯 毅
刘 力	华文立	孙街亭	朱晓彦	余 东
吴 玉	吴 锐	吴昌雨	张兴元	张成叔
张振龙	李 胜	李 锐	李京文	李明才
李春杨	李家兵	杨圣春	杨克玉	苏传芳
金 艺	姚 成	宫纪明	徐启明	郭 敏
钱 峰	钱 锋	高良诚	梁金柱	梅灿华
章炳林	黄存东	傅建民	喻 洁	程道凤

项目总策划 雷顺加

前 言

数字电子技术是电子、通信、计算机控制、机电一体化等专业的必修基础课。其任务是：使学生掌握必备的数字电子技术基础知识和基本技能，具有分析和解决实际问题中一般电子问题的能力，具备继续学习后续专业课程的能力。本书的编写思路是编者在多年职业教育实践与思考基础上逐渐形成的，内容组织上体现了以下特色：

(1) 符合认知规律，内容编排循序渐进。

本书在章节安排上，依据学生的认知规律，以逻辑器件为主线，围绕基本技能构成要素组织内容，循序渐进地介绍常用逻辑门、逻辑部件的功能及典型应用。

(2) 从应用出发，理论与实践有机结合。

本书每节内容的选择都体现了理论与实践的有机结合。以一个简单的任务导出逻辑器件的应用，进而介绍逻辑器件的功能、引脚的识别与使用，重点突出如何用逻辑器件构建实际应用电路。

(3) 突出工艺要求，注重技能训练。

本书在介绍完逻辑器件后，针对某个典型应用，配一个综合实训，从实际应用角度介绍相关知识和基本技能。通过学、做互动，使学生既能理解所学内容，又能感受知识的实际应用，从而实现“所学即所用”的培养目标。

全书分 9 章，各章主要内容简述如下：

第 1 章介绍脉冲与数字信号、数制与编码、逻辑关系及逻辑运算、逻辑函数及其化简等内容。

第 2 章介绍 TTL 逻辑门、CMOS 逻辑门、集成逻辑门的功能测试等内容。

第 3 章介绍组合逻辑电路的分析与设计、编码器及应用、译码器及应用、加法器及应用、数据选择器及应用等内容。

第 4 章介绍 RS 触发器及应用、JK 触发器及应用、D 触发器及应用、T 触发器及触发器之间的转换等内容。

第 5 章介绍计数器及应用、寄存器及应用、时序逻辑电路的分析与设计等内容。

第 6 章介绍多谐振荡器的功能及应用、单稳态触发器的功能及应用、施密特触发器的功能及应用、555 时基电路及应用等内容。

第 7 章介绍数模转换、模数转换、数据转换的速度和精度等内容。

第 8 章介绍只读存储器及应用、随机存取存储器及应用、半导体存储器的性能指标等内容。

第 9 章介绍可编程逻辑器件的基本结构与分类、常用可编程逻辑器件、可编程逻辑器件的开发工具等内容。

全书建议教学总课时为 108，其中实训课时为 54。安排实训时，在时间上应尽量保证每个实训能连续做完。对于采用 72 课时加实训周的教学安排，可以把第 4 章的任务 2、第 5 章的任务 2、第 6 章的任务 2、第 8 章的实训内容安排在实训周内完成。教学过程中，可以借助多媒体教学课件，使讲授与演示相结合，提高课堂效率。

本书由卜锡滨任主编，贾秀玲、曾献芳、周琳任副主编，各章主要编写人员分工如下：卜锡滨编写第1~3章，并负责全书的组织和统编；贾秀玲编写第4~6章，曾献芳编写第7、8章，周琳编写第9章。本书的部分演示电路板由王健、姚聪制作，有的取自学生实训提交的作业。在本书编写过程中，宫强提供了部分习题及习题解答支持，陈鸿燕提供了部分绘图支持，李云松提供了电子教案支持，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请广大读者批评指正。再次对所有关心、支持本书编写和出版的老师们表示衷心的感谢！

编者

2010年10月

目 录

前言

第1章 数字电路基础	1	2.2.6 CMOS 逻辑门的使用	47
1.1 脉冲与数字信号	1	技能实训	49
1.1.1 任务描述	1	任务1 测试 CMOS 集成逻辑门的	
1.1.2 脉冲波形	2	逻辑功能	49
1.1.3 数字信号	3	任务2 测试特殊的 TTL 集成逻辑门的	
1.2 数制与编码	3	逻辑功能	51
1.2.1 任务描述	3	本章小结	54
1.2.2 数制及数制转换	4	习题2	55
1.2.3 编码	6	第3章 组合逻辑电路	56
1.3 逻辑关系及逻辑运算	8	3.1 组合逻辑电路的分析与设计	56
1.3.1 任务描述	8	3.1.1 任务描述	56
1.3.2 基本逻辑关系	9	3.1.2 组合逻辑电路的分析	57
1.3.3 复合逻辑关系	13	3.1.3 组合逻辑电路的设计	59
1.3.4 逻辑运算及基本定律	17	3.2 编码器及应用	61
1.4 逻辑函数及其化简	19	3.2.1 任务描述	61
1.4.1 逻辑函数的表示方法	19	3.2.2 二进制编码器	62
1.4.2 逻辑函数的化简	23	3.2.3 二—十进制编码器	66
1.4.3 含有无关项的逻辑函数的化简	27	3.2.4 编码器的应用	67
本章小结	29	3.3 译码器及应用	68
习题1	30	3.3.1 任务描述	68
第2章 集成逻辑门	33	3.3.2 二进制译码器	69
2.1 TTL 逻辑门	33	3.3.3 二—十进制译码器	73
2.1.1 任务描述	33	3.3.4 显示译码器	76
2.1.2 TTL 与非门	34	3.3.5 译码器的应用	81
2.1.3 TTL 或非门	36	3.4 加法器及应用	82
2.1.4 其他 TTL 逻辑门	37	3.4.1 任务描述	82
2.1.5 TTL 逻辑门的使用	41	3.4.2 加法器	83
2.2 CMOS 逻辑门	43	3.4.3 加法器的应用	86
2.2.1 任务描述	43	3.5 数据选择器及应用	87
2.2.2 CMOS 非门	44	3.5.1 任务描述	88
2.2.3 CMOS 与非门	45	3.5.2 数据选择器	89
2.2.4 CMOS 或非门	46	3.5.3 数据选择器的应用	93
2.2.5 CMOS 异或门	47	技能实训	95

任务 1 制作 3 人表决器	95	本章小结	156
任务 2 制作数码管显示电路	97	习题 5	156
本章小结	99	第 6 章 脉冲波形的产生与变换	159
习题 3	99	6.1 多谐振荡器及应用	159
第 4 章 触发器	103	6.1.1 任务描述	159
4.1 RS 触发器	103	6.1.2 多谐振荡器及应用	160
4.1.1 任务描述	103	6.2 单稳态触发器及应用	161
4.1.2 基本 RS 触发器	104	6.2.1 任务描述	162
4.1.3 同步 RS 触发器	107	6.2.2 单稳态触发器及应用	162
4.2 JK 触发器	109	6.3 施密特触发器及应用	165
4.2.1 任务描述	109	6.3.1 任务描述	165
4.2.2 JK 触发器的功能	110	6.3.2 施密特触发器及应用	165
4.2.3 JK 触发器的应用	111	6.4 555 时基电路及应用	167
4.3 D 触发器	113	6.4.1 任务描述	168
4.3.1 任务描述	113	6.4.2 555 时基电路及应用	168
4.3.2 D 触发器的功能	114	技能实训	172
4.3.3 D 触发器的应用	115	任务 1 用 555 时基电路制作秒信号	
技能实训	116	发生器	172
任务 1 测试触发器的逻辑功能	116	任务 2 用时钟芯片制作秒信号发生器	173
任务 2 制作 4 人抢答器	121	本章小结	176
本章小结	123	习题 6	177
习题 4	124	第 7 章 数模转换与模数转换	179
第 5 章 时序逻辑电路	126	7.1 数模转换	179
5.1 计数器及应用	126	7.1.1 任务描述	179
5.1.1 任务描述	126	7.1.2 数模转换电路的类型	181
5.1.2 计数器的基本功能与分类	127	7.1.3 数模转换电路的性能指标	184
5.1.3 二进制计数器及应用	128	7.1.4 集成数模转换器	185
5.1.4 十进制计数器及应用	131	7.1.5 集成数模转换器的应用	188
5.1.5 N 进制计数器	134	7.2 模数转换	191
5.2 寄存器及应用	137	7.2.1 任务描述	191
5.2.1 任务描述	137	7.2.2 模数转换的基本概念	192
5.2.2 数码寄存器	139	7.2.3 模数转换电路的类型	194
5.2.3 移位寄存器及应用	139	7.2.4 模数转换电路的性能指标	198
5.3 时序逻辑电路的分析和设计	143	7.2.5 集成模数转换器	199
5.3.1 时序逻辑电路的分析	143	7.2.6 集成模数转换器的应用	203
5.3.2 时序逻辑电路的设计	147	技能实训	205
技能实训	150	任务 用集成数模转换器制作	
任务 1 制作流水灯控制电路	150	锯齿波发生器	205
任务 2 制作篮球 24 秒计时器	152	本章小结	207

习题 7	208	9.1.2 可编程逻辑器件的基本结构与分类	233
第 8 章 半导体存储器及应用	210	9.2 常用的可编程逻辑器件	236
8.1 只读存储器及应用	210	9.2.1 任务描述	236
8.1.1 任务描述	210	9.2.2 常用可编程逻辑器件	236
8.1.2 只读存储器的基本类型	213	9.3 可编程逻辑器件的开发工具	240
8.1.3 只读存储器的应用	219	9.3.1 任务描述	240
8.2 随机存取存储器及应用	221	9.3.2 开发工具介绍	240
8.2.1 任务描述	221	9.4 可编程逻辑器件的应用实例	242
8.2.2 随机存取存储器的基本类型	223	9.4.1 任务描述	242
8.2.3 随机存取存储器的应用	225	9.4.2 Verilog HDL 程序的编写	243
8.3 半导体存储器的性能指标	226	9.4.3 创建工程文件并进行环境配置	244
技能实训	227	9.4.4 编译、仿真	251
任务 利用存储器保存模数转换的数据	227	9.4.5 加载调试	263
本章小结	231	技能实训	266
习题 8	232	任务 用 FPGA 开发板设计 3-8 译码器	266
第 9 章 可编程逻辑器件的应用	233	本章小结	268
9.1 可编程逻辑器件的基本结构与分类	233	习题 9	269
9.1.1 任务描述	233	参考文献	270

第1章 数字电路基础

本章导读

数字电路是数字逻辑电路的简称。就电信号而言,数字电路中传输的信号是脉冲信号,表现为一种跃变的电压或电流,且持续时间短暂。这种跃变的电压或电流,通常表现为两种对立的状态:有脉冲、无脉冲或高电平、低电平。就电路的输出与输入之间的关系而言,数字电路关注的重点是单元电路之间信号的逻辑关系,而不是信号本身。也就是说,数字电路的输入与输出之间只存在某种逻辑关系,没有数值大小的概念。为了便于数字电路对实际应用中的数码、符号、文字等的处理,常常要对这些数码、符号、文字等进行编码。本章主要介绍学习数字电路必备的基础知识。

本章要点

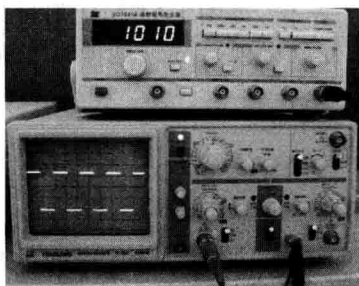
- 脉冲与数字信号
- 数制与编码
- 逻辑关系及逻辑运算
- 逻辑函数及其化简

1.1 脉冲与数字信号

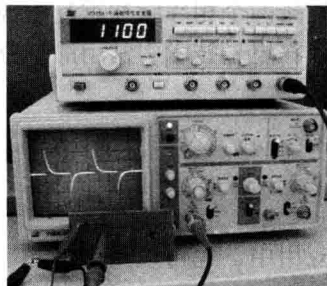
脉冲与数字信号具有类似的波形,其波形在时间和数值上都是断续变化的,表现为跃变的电压或电流。但两者是两个完全不同的概念,又有着千丝万缕的联系。

1.1.1 任务描述

(1) 根据图 1.1 所示连接示波器和函数信号发生器,先观察矩形脉冲,再观察尖脉冲,并记录下观察到的波形。



(a) 观察矩形脉冲



(b) 观察尖脉冲

图 1.1 脉冲波形观察

(2) 列举日常生活中遇到的数字电子产品, 查阅资料, 了解它们是如何实现产品功能的。

1.1.2 脉冲波形

在图 1.1 所示的脉冲波形观察过程中, 观察到的矩形脉冲波形图如图 1.2 所示, 观察到的尖脉冲波形图如图 1.3 所示。

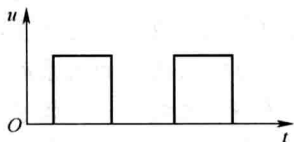


图 1.2 矩形脉冲

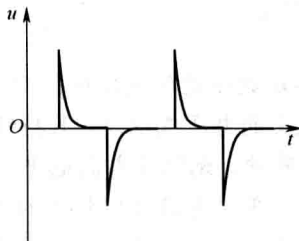


图 1.3 尖脉冲

描述脉冲 waveform 的基本参数是脉冲幅度、脉冲周期和脉冲宽度。在工程应用中, 综合考虑电子产品的性价比, 实际使用的矩形脉冲, 其波形有时如图 1.4 所示。与图 1.2 相比, 图 1.4 所示的波形有一个上升沿和下降沿。因此, 描述脉冲 waveform 时, 还需要增加上升时间和下降时间才能表述清楚。

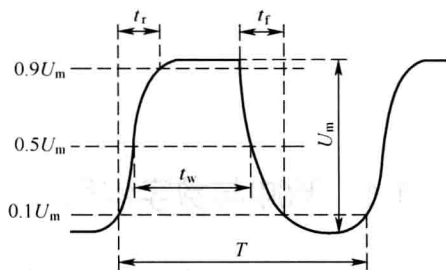


图 1.4 有上升沿和下降沿的矩形脉冲

1. 脉冲幅度

脉冲幅度指脉冲电压或脉冲电流变化的最大值。脉冲幅度用来度量脉冲的强弱, 其值等于脉冲的最大值与最小值之差的绝对值。图 1.4 中标注的 U_m 为矩形脉冲电压的幅度。

2. 脉冲周期

脉冲周期指两个相邻脉冲重复出现的时间间隔, 用 T 表示, 如图 1.4 所示。脉冲周期的单位是 s (秒), 在电子技术中常用的单位还有 ms (毫秒)、 μs (微秒)、ns (纳秒), 它们的换算关系为:

$$1\text{s}=1000\text{ms}$$

$$1\text{ms}=1000\mu\text{s}$$

$$1\mu\text{s}=1000\text{ns}$$

在实际应用中, 也可以用脉冲频率来描述脉冲重复的快慢。脉冲频率定义为脉冲周期的倒数, 用 f 表示, 即:

$$f = \frac{1}{T}$$

脉冲频率的单位是 Hz (赫兹), 常用的还有 kHz (千赫兹)、MHz (兆赫兹) 等。它们的换算关系为

$$1\text{MHz}=1000\text{kHz}$$

$$1\text{kHz}=1000\text{Hz}$$

脉冲周期和脉冲频率是对同一脉冲的两种不同表述, 脉冲周期强调的是脉冲重复的时间间隔, 而脉冲频率强调的是 1s 内脉冲重复的次数。

3. 脉冲上升时间

脉冲上升时间指脉冲从 $0.1U_m$ 上升到 $0.9U_m$ 所需的时间, 如图 1.4 中的 t_r 所示。

4. 脉冲下降时间

脉冲下降时间指脉冲从 $0.9U_m$ 下降到 $0.1U_m$ 所需的时间, 如图 1.4 中的 t_f 所示。

5. 脉冲宽度

脉冲宽度指脉冲从上升沿的 $0.5U_m$ 到下降沿的 $0.5U_m$ 所需的时间, 如图 1.4 中的 t_w 所示。对上升时间和下降时间极短的脉冲, 如图 1.2 所示的矩形脉冲, 脉冲持续的时间即为脉冲宽度。而图 1.3 所示的尖脉冲, 正尖脉冲宽度为上升沿到下降沿 $0.5U_m$ 所需的时间, 负尖脉冲宽度为下降沿到上升沿 $-0.5U_m$ 所需的时间。

1.1.3 数字信号

就电信号而言, 数字电路中传输的信号是脉冲信号, 表现为一种跃变的电压或电流, 且持续时间短暂。这种跃变的电压或电流, 通常表现为两种对立的状态: 有脉冲、无脉冲或高电平、低电平。因此, 可以将数字电路中传输的脉冲信号用两个最简单的数字“1”和“0”来表示。可以选用“1”表示“有脉冲”, “0”表示“无脉冲”, 也可以选用“1”表示“无脉冲”, “0”表示“有脉冲”。这种用数字“0”、“1”表示的脉冲信号就称为数字信号。在实际应用中, 无特别说明时通常选用“1”表示“有脉冲”, “0”表示“无脉冲”。

数字信号关注的是脉冲的有无、脉冲持续的时间(脉冲宽度)、脉冲频率, 各种干扰与噪声, 只对脉冲的幅度产生一定的影响, 一般不会影响到脉冲的有无。因此, 数字信号具有较强的抗干扰能力。

需要特别说明的是, 数字信号本质上是一种脉冲信号。当用数字“0”、“1”来表示脉冲的“有”、“无”时, 脉冲信号才称为数字信号。这里的数字“0”、“1”失去了日常生活中计数的功能, 只是用来表示脉冲的“有”、“无”, 也可以用来表示脉冲电平的“高”、“低”或开关的“闭合”、“断开”。在学习过程中应注意理解不同场合下“0”、“1”的含义。

1.2 数制与编码

数制指计数的方式。在日常生活中, 常用的数制有十进制、六十进制等, 而数字电路中常用的数制是二进制和十六进制。编码指用预先规定的方法将文字、数字或其他对象编成数码。例如, 用千位数字表示楼号、百位数字表示楼层号、十位和个位数字表示房间号, 则数码 2506、3201 等就是对学生公寓每个房间的编码。

1.2.1 任务描述

(1) 观察图 1.5 所示的手机秒表读数, 分析计时用到了哪些数制, 归纳它们的特点。

(2) 观察图 1.6 所示的车牌编号, 分析它们是以什么样的规则进行编码的。



图 1.5 手机秒表



图 1.6 车牌

1.2.2 数制及数制转换

1. 二进制

二进制指用两个数码 0、1 计数的方式。其特点是：逢二进一、借一为二；整数部分的位权为 2^{n-1} ，小数部分的位权为 2^{-m} ， n 为整数的位数， m 为小数的位数。通常，一个二进制数 N 可以写成如下形式：

$$N = a_{n-1}2^{n-1} + a_{n-2}2^{n-2} + \dots + a_02^0 + a_{-1}2^{-1} + a_{-2}2^{-2} + \dots + a_{-m}2^{-m}$$

或

$$N = \sum a_i 2^i$$

式中， a_i 取值为 0 或 1， i 的取值为 $-m \sim n-1$ 。

为区别不同进制的数，常用下标加以说明。如 $(1011)_2$ 为二进制数、 $(1011)_{10}$ 为十进制数、 $(1011)_{16}$ 为十六进制数。二进制数还可以用 0b 表示，如 0b1011。十六进制数也可以用 0x 或 H 表示，如 0x1011 或 24H。

二进制数的运算很简单，运算规则与十进制数类似，但要注意“逢二进一、借一为二”的特点。例如，二进制加和乘的运算规则为：

$0+0=0$	$0 \times 0=0$
$0+1=1$	$0 \times 1=0$
$1+0=1$	$1 \times 0=0$
$1+1=10$	$1 \times 1=1$

【例 1.1】试计算 $(1011)_2 + (11)_2$ 和 $(1010)_2 - (11)_2$ 的值。

解：

$\begin{array}{r} 1011 \\ + 11 \\ \hline 1110 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1010 \\ - 11 \\ \hline 111 \end{array}$
--	---

故： $(1011)_2 + (11)_2 = (1110)_2$ ， $(1010)_2 - (11)_2 = (111)_2$ 。

2. 二进制数与十进制数的相互转换

(1) 二进制数转换为十进制数。

二进制数转换为十进制数的规则为：按权展开求和。即将每位的系数与相应的位权相乘，然后把每位乘积相加，得到的和就是对应的十进制数。

【例 1.2】试将 $(1011.101)_2$ 转换为十进制数。

解:

$$\begin{aligned}(1011.101)_2 &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 8 + 0 + 2 + 1 + 0.5 + 0 + 0.125 \\ &= (11.625)_{10}\end{aligned}$$

(2) 十进制数转换为二进制数。

1) 十进制整数转换为二进制数。

十进制整数转换为二进制数的转换规则为: 除 2 反序取余。即: 先将十进制数除以 2, 取出余数; 然后将商不断除以 2, 取出每次的余数, 直到商为 0; 最后, 按“从后到前的顺序”读出余数, 该余数即是所要得到的二进制数。

【例 1.3】试将 $(58)_{10}$ 转换为二进制数。

解:

2	58	余数	
2	29	...	0
2	14	...	1
2	7	...	0
2	3	...	1
2	1	...	1
	0	...	1

↑
读数方向

故: $(58)_{10} = (111010)_2$ 。

2) 十进制小数转换为二进制数。

十进制小数转换为二进制数的转换规则为: 乘 2 正序取整。即: 先将十进制小数乘以 2, 取出整数; 然后将积的小数部分不断乘以 2, 取出每次的整数, 直到积的小数部分为 0; 最后, 按“从前到后的顺序”读出整数, 该整数即是所要得到的二进制小数。

【例 1.4】试将 $(0.375)_{10}$ 转换为二进制数。

解:

0.375	整数	
$\times 2$	...	0
0.750	...	1
$\times 2$	...	1
1.500	...	1
$\times 2$	...	
1.000	...	

↓
读数方向

故: $(0.375)_{10} = (0.011)_2$ 。

由于十进制小数不断乘以 2 的积的小数部分不一定为 0, 因此在实际转换时应根据规定的精度确定二进制小数的位数。

3. 十六进制

十六进制指用 16 个数码 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 计数的方式。数字电路中每位十六进制数通常用 4 位二进制数来表示, 它们的对应关系如表 1.1 所示。

十六进制数与二进制数之间的转换十分方便, 只要把每位十六进制数转换成相应的二进

制数,就得到了十六进制数对应的二进制数。反过来,只要把二进制数从小数点起,向左、向右每4位分成一组,不足4位的用“0”补齐,每组对应的十六进制数即是所转换的十六进制数。

表 1.1 十六进制数与二进制数对应表

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

【例 1.5】试把 0xFF04 转换为二进制数。

解:

$$0xF \rightarrow 0b1111$$

$$0x0 \rightarrow 0b0000$$

$$0x4 \rightarrow 0b0100$$

故: $0xFF04 = 0b11111111100000100$ 。

【例 1.6】试把 $(111101.111)_2$ 转换为十六进制数。

解:

$$\begin{aligned} (111101.111)_2 &= (0011\ 1101.1110)_2 \\ &= (3D.E)_{16} \end{aligned}$$

故: $(111101.111)_2 = (3D.E)_{16}$ 。

1.2.3 编码

在数字电路中,必须用二进制数对输入的文字、符号、十进制数等信号进行编码。编码后的二进制数失去了计数功能,只是用来代表所编码的信号。根据编码规则的不同,常用的编码有二进制编码、二—十进制编码、字符编码等。

1. 二进制编码

二进制编码指单纯地用二进制数表示输入的信号,二进制数的位数由输入信号的个数决定。由于1位二进制数可以表示2个输入信号,如果有3个输入信号,就要用2位二进制数来表示。例如,对红、黄、绿3种颜色的交通灯控制信号 I_R 、 I_Y 、 I_G 进行二进制编码时,其编码表如表 1.2 所示。

说明:2位二进制数有00、01、10、11共4种组合,可以对4个控制信号进行编码。这里只用了01、10、11,00没有用。

2. 二—十进制编码

二—十进制编码,又称BCD码,指用4位二进制数表示1位十进制数。由于4位二进制

数组合的方式不同，二—十进制编码方法有很多，常用的有 8421 码、5421 码、余 3 码等，其中最自然简单的编码方法是 8421 码。

表 1.2 二进制编码表

输入信号	二进制码	
I_R	0	1
I_Y	1	0
I_G	1	1

(1) 8421 码。8421 码指 4 位二进制数中，从左到右每一位对应的权分别是 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 ，即 8、4、2、1。8421 码与十进制数之间的对应关系如表 1.3 所示。

表 1.3 8421 码与十进制数对照表

十进制数	8421 码	十进制数	8421 码
0	0000	5	0101
1	0001	6	0110
2	0010	7	0111
3	0011	8	1000
4	0100	9	1001

例如，十进制数 357 的 8421 码为 001101010111，即 $(357)_{10}=(001101010111)_{BCD}$ 。

说明：① 8421 码只利用了 4 位二进制数的 16 种组合 0000~1111 中的前 10 种组合 0000~1001，其余 6 种组合 1010~1111 是无效的。

② 如果将 8421 码看做是二进制数，正好是十进制数对应的二进制数。因此，8421 码更符合人的思维习惯。

(2) 5421 码。5421 码指 4 位二进制数中，从左到右每一位对应的权分别是 5、4、2、1。5421 码与十进制数之间的对应关系如表 1.4 所示。

表 1.4 5421 码与十进制数对照表

十进制数	5421 码	十进制数	5421 码
0	0000	5	1000
1	0001	6	1001
2	0010	7	1010
3	0011	8	1011
4	0100	9	1100

例如，十进制数 357 的 5421 码为 001110001010，即 $(357)_{10}=(001110001010)_{BCD}$ 。

说明：① 5421 码也只利用了 4 位二进制数的 16 种组合中的 10 种，其余 6 种是无效的。

② 5421 码的编码方案不是唯一的。比如，十进制数 5 可以编码为 1000，也可以编码为 0101。在实际应用时，应注意理解。

(3) 余 3 码。余 3 码是一种无权码。其编码规则是：先按 8、4、2、1 位权将一个十进

制数转换为 8421 码,然后将 8421 码按二进制运算规则加 0011,加 0011 后得到的码就是该十进制数对应的余 3 码。余 3 码与十进制数之间的对应关系如表 1.5 所示。

表 1.5 余 3 码与十进制数对照表

十进制数	余 3 码	十进制数	余 3 码
0	0011	5	1000
1	0100	6	1001
2	0101	7	1010
3	0110	8	1011
4	0111	9	1100

例如,十进制数 357 的余 3 码为 011010001010,即 $(357)_{10}=(011010001010)_{\text{余}3\text{码}}$ 。

提示:虽然 BCD 码也只有 0、1 两个数码,但它不是十进制数对应的二进制数。BCD 码和二进制数之间是不能直接转换的,要先将 BCD 码表示的数转换为十进制数,再将十进制数转换为二进制数。

3. 字符编码

字符编码的方法有多种,如 ASCII 码、国标码、字形码等。ASCII 码用 7 位二进制数表示计算机键盘上的符号,国标码用 16 位二进制数表示汉字。字形码是汉字显示时用来区分各种字体的编码,有点阵码和矢量码两种,目前大多采用点阵码。

点阵码用点阵方式来表示汉字的字形,即将汉字分解成多行多列若干个“点”组成的点阵字形,有笔画的点(黑点)编码为 1,无笔画的点(空白)编码为 0。根据汉字输出精度的要求,汉字字形点阵有 16×16 点阵、 24×24 点阵、 32×32 点阵、 64×64 点阵等。点阵数越大,汉字显示效果越好,所需的字形码存储空间也越大。当把所有汉字的字形码固定地存储在一起,就形成了字库。根据字体的不同,字库可分为黑体、宋体、仿宋体等。

1.3 逻辑关系及逻辑运算

数字电路关注的重点是单元电路之间信号的逻辑关系,而不是信号本身。也就是说,数字电路的输入与输出表现为有脉冲、无脉冲或高电平、低电平两个对立的状态,并且输出状态与输入状态之间只存在某种因果关系,没有数值大小的概念。这种输出与输入之间存在的因果关系,通常称为逻辑关系。

1.3.1 任务描述

(1) 根据图 1.7 所示连接电路,分别闭合、断开开关 S_1 和 S_2 ,观察发光二极管发光情况,并记录下观察到的结果。

(2) 根据图 1.8 所示连接电路,分别闭合、断开开关 S_1 和 S_2 ,观察发光二极管发光情况,并记录下观察到的结果。

(3) 根据图 1.9 所示连接电路,分别闭合、断开开关 S ,观察发光二极管发光情况,并记录下观察到的结果。