

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套参考书

# 电子技术基础 数字部分 第六版

## 学习辅导与习题解答

华中科技大学电子技术课程组 编  
罗 杰 秦 臻 主 编  
瞿安连 张 林 彭容修 编

 高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

“十二五”普通高等教育本科国

# 电子技术基础 数字部分 第六版

## 学习辅导与习题解答

华中科技大学电子技术课程组 编  
罗杰 秦臻 主 编  
瞿安连 张 林 彭容修 编

DIANZI JISHU JICHU SHUZI BUFEN  
XUEXI FUDAO YU XITI JIEDA



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容简介

本书是数字电子技术基础课程的辅导教材,可与“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材、华中科技大学电子技术课程组编、康华光主编、秦臻和张林副主编的《电子技术基础 数字部分 第六版》配套使用。

本书旨在帮助读者了解本课程特点,掌握本课程的基本要求和重点,在学习方法及解题方法等方面给予指导。内容包括:课程的特点及学习方法;各章内容提要及重点,典型例题解析和教材各章习题解答。希望本书有助于数字电子技术基础课程的教师进行教学研究以提高教学质量,也有利于有关工程技术人员及各类自学人员学习。

本书可供本、专科电子信息类、电气类、自动化类、仪器类专业的教师和学生使用,也可作为准备硕士研究生入学考试或从事电子技术的教学人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础(数字部分)(第6版)学习辅导与习题解答/罗杰,秦臻主编;瞿安连等编.--北京:高等教育出版社,2013.12

ISBN 978-7-04-038620-2

I. ①电… II. ①罗… ②秦… ③瞿… III. ①数字电路-电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 271266 号

策划编辑 韩 颖  
插图绘制 尹 莉

责任编辑 平庆庆  
责任校对 刘丽娴

封面设计 王 睢  
责任印制 刘思涵

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120  
印 刷 唐山市润丰印务有限公司  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 20.75  
字 数 510 千字  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
版 次 2013 年 12 月第 1 版  
印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷  
定 价 32.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 38620-00

# 前 言

本书是为配合“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材、华中科技大学电子技术课程组编、康华光主编、秦臻和张林副主编的《电子技术基础 数字部分 第六版》而编写的学习辅导与习题解答。绪论部分介绍了数字电子技术基础课程特点及学习方法(含附录“数字电子技术基础”课程教学基本要求)。随后内容按照主教材的章节安排,每章内容包括:一、内容提要及重点;二、典型例题解析;三、习题全解。希望本书的出版有助于电子技术基础课程的教师进行教学,开展教学研究和提高教学质量,也有利于相关学生和工程技术人员及各类自学人员学习。

本书各章的小节标题、序号及图号与主教材对应,并未自成序列,本书中图、表编排体例的进一步说明如下,请读者注意。

对于“典型例题解析”中的图、表采用两级数字编号,如果一个例题中有多个图(表),则在数字后面增加圆括号和英文小写字母加以区分。例如,图 6.2(a)表示第 6 章第二个例题中的第一个图,图 6.2(b)表示该例题中的第二个图,依此类推;表格也采用类似的方法编号。

对于“习题全解”中的图、表采用三级数字编号,有两种情况:(1)在习题中需要引用主教材的图(表)时,采用原主教材的图(表)编号。而习题中用到的图(表),采用在三级数字编号前加上“图题”或者“表题”,这部分的编号与主教材完全一致。(2)在解题过程中新增加的图(表),则在三级数字编号前加上“图题解”或者“表题解”加以区分;如果一个习题解答中有多个图(表),则在数字后面增加圆括号和英文小写字母加以区分。例如,图题解 2.4.3(a)表示第 2 章第 4 节第 3 题的第一个图,图题解 2.4.3(b)表示第 2 章第 4 节第 3 题的第二个图,依此类推;习题全解中的表格也采用类似的方法编号。

参加本书编写工作的都是主教材各章的相关作者,有秦臻(第 0、1、3、4、11 章)、罗杰(第 2 章及全书的 Verilog HDL 习题解答)、瞿安连(第 5、6 章)、张林(第 7、8 章)和彭容修(第 9、10 章)。罗杰和秦臻为主编,负责全书的组织和定稿工作。在编写过程中,得到了康华光教授的热情指导和帮助。

限于编者水平及编写时间仓促,难免出现差错和不妥之处,敬请使用本书的同志予以批评指正。作者 E-mail:Luojiewh@gmail.com

编 者

2013 年 9 月于武汉华中科技大学

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 0 绪论 .....                      | 1  |
| 数字电子技术基础课程特点及学习方法 .....         | 1  |
| 0.1 课程特点 .....                  | 1  |
| 0.2 学习方法 .....                  | 2  |
| 附录：“数字电子技术基础”课程教学基本要求 .....     | 4  |
| 1 数字逻辑概论 .....                  | 6  |
| 一、内容提要及重点 .....                 | 6  |
| 二、典型例题解析 .....                  | 6  |
| 三、习题全解 .....                    | 8  |
| 1.1 数字信号与数字电路 .....             | 8  |
| 1.2 数制 .....                    | 9  |
| 1.3 二进制的算术运算 .....              | 14 |
| 1.4 二进制代码 .....                 | 15 |
| 1.5 二值逻辑变量与基本逻辑运算 .....         | 18 |
| 1.6 逻辑函数及其表示方法 .....            | 19 |
| 2 逻辑代数与硬件描述语言基础 .....           | 21 |
| 一、内容提要及重点 .....                 | 21 |
| 二、典型例题解析 .....                  | 22 |
| 三、习题全解 .....                    | 25 |
| 2.1 逻辑代数的基本定律和规则 .....          | 25 |
| 2.2 逻辑函数表达式的形式 .....            | 27 |
| 2.3 逻辑函数的代数化简法 .....            | 32 |
| 2.4 逻辑函数的卡诺图化简法 .....           | 34 |
| 2.5 硬件描述语言 Verilog HDL 基础 ..... | 39 |
| 3 逻辑门电路 .....                   | 42 |
| 一、内容提要及重点 .....                 | 42 |
| 二、典型例题解析 .....                  | 44 |
| 三、习题全解 .....                    | 47 |
| 3.1 逻辑门电路简介 .....               | 47 |
| 3.2 基本 CMOS 逻辑门电路 .....         | 47 |
| 3.3 CMOS 逻辑门电路的不同输出结构及参数 .....  | 53 |
| 3.4 类 NMOS 和 BiCMOS 逻辑门电路 ..... | 59 |
| 3.5 TTL 逻辑门电路 .....             | 61 |
| *3.6 ECL 逻辑门电路 .....            | 63 |

|     |                                 |     |
|-----|---------------------------------|-----|
| 3.7 | 逻辑描述中的几个问题 .....                | 63  |
| 3.8 | 逻辑门电路使用中的几个实际问题 .....           | 64  |
| 3.9 | 用 Verilog HDL 描述 CMOS 门电路 ..... | 70  |
| 4   | 组合逻辑电路 .....                    | 71  |
| 一、  | 内容提要及重点 .....                   | 71  |
| 二、  | 典型例题解析 .....                    | 71  |
| 三、  | 习题全解 .....                      | 76  |
| 4.1 | 组合逻辑电路的分析 .....                 | 76  |
| 4.2 | 组合逻辑电路的设计 .....                 | 84  |
| 4.3 | 组合逻辑电路中的竞争冒险 .....              | 96  |
| 4.4 | 若干典型的组合逻辑集成电路 .....             | 98  |
| 4.5 | 组合可编程逻辑器件 .....                 | 124 |
| 4.6 | 用 Verilog HDL 描述组合逻辑电路 .....    | 129 |
| 5   | 锁存器和触发器 .....                   | 140 |
| 一、  | 内容提要及重点 .....                   | 140 |
| 二、  | 典型例题解析 .....                    | 140 |
| 三、  | 习题全解 .....                      | 146 |
| 5.2 | SR 锁存器 .....                    | 146 |
| 5.3 | D 锁存器 .....                     | 150 |
| 5.4 | 触发器的电路结构和工作原理 .....             | 152 |
| 5.5 | 触发器的逻辑功能 .....                  | 155 |
| 5.6 | 用 Verilog HDL 描述锁存器和触发器 .....   | 164 |
| 6   | 时序逻辑电路 .....                    | 167 |
| 一、  | 内容提要及重点 .....                   | 167 |
| 二、  | 典型例题解析 .....                    | 167 |
| 三、  | 习题全解 .....                      | 177 |
| 6.1 | 时序逻辑电路的基本概念 .....               | 177 |
| 6.2 | 同步时序逻辑电路的分析 .....               | 183 |
| 6.3 | 同步时序逻辑电路的设计 .....               | 190 |
| 6.4 | 异步时序逻辑电路的分析 .....               | 200 |
| 6.5 | 若干典型的时序逻辑电路 .....               | 205 |
| 6.6 | 简单的时序可编程逻辑器件 GAL .....          | 218 |
| 6.7 | 用 Verilog HDL 描述时序逻辑电路 .....    | 219 |
| 7   | 半导体存储器 .....                    | 235 |
| 一、  | 内容提要及重点 .....                   | 235 |
| 二、  | 典型例题解析 .....                    | 236 |
| 三、  | 习题全解 .....                      | 237 |
| 7.1 | 只读存储器 .....                     | 237 |
| 7.2 | 随机存取存储器 .....                   | 241 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>8 CPLD 和 FPGA</b>  | 244 |
| 一、内容提要及重点             | 244 |
| 二、典型例题解析              | 245 |
| 三、习题全解                | 245 |
| 8.1 复杂可编程逻辑器件(CPLD)简介 | 245 |
| 8.2 现场可编程门阵列(FPGA)    | 246 |
| 8.4 用EDA技术和可编程器件的设计例题 | 247 |
| <b>9 脉冲波形的变换与产生</b>   | 252 |
| 一、内容提要及重点             | 252 |
| 二、典型例题解析              | 253 |
| 三、习题全解                | 258 |
| 9.1 单稳态触发器            | 258 |
| 9.2 施密特触发器            | 262 |
| 9.3 多谐振荡器             | 267 |
| 9.4 555 定时器及其应用       | 270 |
| <b>10 数模与模数转换器</b>    | 276 |
| 一、内容提要及重点             | 276 |
| 二、典型例题解析              | 276 |
| 三、习题全解                | 281 |
| 10.1 D/A 转换器          | 281 |
| 10.2 A/D 转换器          | 285 |
| <b>*11 数字系统设计基础</b>   | 291 |
| 一、内容提要及重点             | 291 |
| 二、典型例题解析              | 291 |
| 三、习题全解                | 295 |
| 11.1 数字系统概述           | 295 |
| 11.2 算法状态机            | 296 |
| 11.3 交通信号灯控制系统        | 303 |
| 11.4 数字密码锁            | 312 |

# 0 绪 论

## 数字电子技术基础课程特点及学习方法

### 0.1 课程特点

数字电子技术基础是电气、电子信息类等各专业的一门重要技术基础课。其任务是使学生掌握电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,为以后深入学习电子技术某些领域中的内容以及为电子技术在专业中的应用打好基础。

电子技术发展迅速、应用广泛,并且具有很强的实践性。数字电子技术基础不仅有自身完整的理论体系,而且这种理论往往与各种功能电路典型的集成电路产品紧密相连。因此,学习本课程更强调理论与实际相结合的学习方法。

1. 数字电子技术基础课程的内容就是研究数字信号的产生、变换、传输和存储。数字信号是时间和幅值都离散的信号。数字信号用二值数字逻辑 **1**、**0** 描述,在电路中用高、低逻辑电平表示,而不是具体精确的数值,例如对于 5V 供电电源的电路,3.6 ~ 5V 称为高电平,0 ~ 0.4V 称为低电平,其微小变化不影响电路的功能,这更突出了工程性。

2. 数字电路中 MOS(或 BJT)管通常工作在截止区或可变电阻区(BJT 管工作在截止区或饱和区),恒流区(BJT 管的放大区)是一种过渡状态。数字电路中最基本的单元是逻辑门,可分为 CMOS 和 TTL 系列。

3. 数字电路所要研究的主要问题是电路的输入与输出之间的逻辑关系,即电路的逻辑功能。描述电路逻辑功能的主要方法有真值表、逻辑函数表达式、逻辑图、波形图、卡诺图和 HDL 描述等。主要分析工具是逻辑代数。

4. 根据电路的结构特点及其对输入信号响应规则的不同,数字电路分为组合逻辑电路和时序逻辑电路。数字电子技术基础的主要任务是对给定的电路进行逻辑功能分析,或根据实际需要设计出相应的逻辑电路。

5. 数字电路的种类很多,一些典型的逻辑电路大体分为:

(1) 组合逻辑器件:编码器、译码器、数据选择器、数据分配器及运算电路等。

(2) 时序逻辑器件:寄存器、计数器等。

(3) 数字信号产生变换:振荡器、数模、模数转换器。

## 0.2 学习方法

数字电子技术基础课程总体上分为以下几部分:一是数字电路的基本单元电路:门电路和触发器;二是数字电路的分析与设计工具:逻辑代数;三是组合电路或时序电路的分析与设计;四是各种典型电路的结构、性能和工作原理;五是存储器和可编程逻辑器件。

根据数字电子技术课程的特点,在学习过程中应注意以下几点:

### 1. 注重掌握基本概念、基本原理、基本分析和设计方法

数字电子技术发展很快,各种用途的电路千变万化,但它们具有共同的特点,所包含的基本原理和基本分析和设计方法是相通的。我们要学习的不是各种电路的简单罗列,不是死记硬背各种电路,而是要掌握它们的基本概念、基本原理、基本分析与设计方法。只有这样才能对给出的任何一种电路进行分析,或者根据要求设计出满足实际需要的数字电路。

### 2. 抓重点,注重掌握典型电路的外特性

数字电路的种类很多,各种电路的内部结构及内部工作过程千差万别,特别是大规模集成电路的内部结构更为复杂。学习这些电路时,不可能也没有必要一一记住它们,主要是了解电路结构特点及工作原理,重点掌握它们的外部特性(主要是输入和输出之间的逻辑功能)和使用方法,并能在此基础上正确地利用各类电路完成满足实际需要的逻辑设计。

### 3. 注意归纳总结

数字集成电路的应用广泛,学好数字电子技术课程需要掌握一些典型电路,因为这些典型电路是构成数字系统的部件。掌握它们包括了解它们的功能、结构特点及应用背景,并注意总结归纳,掌握其本质。例如译码器和数据选择器都可以实现逻辑函数,但两者的区别是,一个  $n$  位二进制输入端的译码器,只能用于产生变量数不大于  $n$  的组合逻辑函数,它可以附加门电路,实现多个输出的组合逻辑电路。一个  $n$  位地址输入端的数据选择器,可以实现变量数大于  $n$  的逻辑函数。由于数据选择器只有一个输出端,所以只能实现单个输出的逻辑函数。

### 4. 注意理论联系实际

电子技术基础课程学习的最终落脚点是对实际电路的分析和设计。经过理论分析和计算得到的设计结果还必须搭建实际电路进行测试,以检验是否满足设计要求。由于电子器件的电气特性具有分散性,理论设计出的电路在实际中也会出现意想不到的现象。例如用实验验证计数器 74×161 和一些门构成的 60 进制计数译码显示电路。一些同学的理论设计和线路连接均没有问题,但实验中出现了由竞争-冒险产生的错误计数,此时只要在反馈门的输出端与地之间接一个小电容,即可消除竞争-冒险。

### 5. 注意新技术的学习

电子技术的发展是以电子器件的发展为基础的,新的器件层出不穷,旧的器件随时被淘汰。因此教材中出现的集成电路芯片有可能已不生产,要用发展的观点使用教材。

可编程器件的迅速发展使数字电路或系统的实现更灵活,可靠性高,功耗低,体积小。可编程器件的使用离不开 EDA 软件。EDA 已成为从事电子电路设计人员必须掌握的技术,也是培养学生分析解决问题的能力 and 创新能力的一个重要环节。

## 6. 建议学时

理论教学:56 ~ 64 学时。实验教学:32 ~ 40 学时

为了帮助学生,现将教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会于2010年制定的数字电子技术基础课程教学基本要求附后(见本节附录)。

## 附录：“数字电子技术基础”课程教学基本要求<sup>①</sup>

### 一、地位、作用和任务

数字电子技术基础课程是电子电气信息类和部分非电类专业本科生在电子技术方面入门性的技术基础课,具有自身的体系和很强的实践性。本课程通过对常用电子器件、数字电路及其系统的分析和设计的学习,使学生获得数字电子技术方面的基本知识、基本理论和基本技能,为深入学习数字电子技术及其在专业中的应用打下基础。

### 二、教学基本内容及要求

#### (一) 理论教学部分

##### 1. 数制和码制

(1) 掌握二进制、十六进制数及其与十进制数的相互转换。

(2) 掌握 8421 编码,了解其他常用编码。

##### 2. 逻辑代数基础

(1) 掌握逻辑代数中的基本定律和定理。

(2) 掌握逻辑关系的描述方法及其相互转换。

(3) 掌握逻辑函数的化简方法。

##### 3. 门电路

(1) 了解半导体二极管、晶体管和 MOS 管的开关特性。

(2) 了解 TTL、CMOS 门电路的组成和工作原理。

(3) 掌握典型 TTL、CMOS 门电路的逻辑功能、特性、主要参数和使用方法。

(4) 了解 ECL 等其他逻辑门电路的特点。

##### 4. 组合逻辑电路

(1) 掌握组合电路的特点、分析方法和设计方法。

(2) 掌握编码器、译码器、加法器、数据选择器和数值比较器等常用组合电路的逻辑功能及使用方法。

(3) 了解组合电路的竞争-冒险现象及其消除方法。

##### 5. 触发器

(1) 掌握触发器逻辑功能的描述方法。

(2) 理解基本 RS 触发器的电路结构、工作原理及动态特性。

(3) 了解典型时钟触发器的电路结构及触发方式。

##### 6. 时序逻辑电路

(1) 掌握时序电路的特点、描述方法和分析方法。

---

<sup>①</sup> 这是教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会于 2010 年制定的。这里所谓基本要求是指最低课程质量要求,各校在教学上留有发展空间。

(2) 掌握计数器、寄存器等常用时序电路的工作原理、逻辑功能及使用方法。

(3) 掌握同步时序电路的设计方法。

#### 7. 脉冲的产生和整形电路

(1) 了解脉冲信号参数的定义。

(2) 理解施密特触发器、单稳态触发器和多谐振荡器的工作原理、主要参数的分析方法及应用。

(3) 了解 555 定时器的工作原理及应用。

#### 8. 半导体存储器

(1) 理解 ROM、RAM 的电路结构、工作原理和扩展存储容量的方法。

(2) 理解用 ROM 实现组合逻辑函数的方法。

#### 9. 可编程逻辑器件

(1) 理解可编程逻辑器件的基本特征及编程原理。

(2) 了解 PAL、GAL、FPGA 和 CPLD 的特点及电路结构。

#### 10. 数模转换器和模数转换器

(1) 了解 D/A、A/D 转换器的功能及主要参数。

(2) 理解常见的 D/A 和 A/D 转换器的电路组成、工作原理、特点及应用。

#### 11. EDA 工具应用

(1) 了解一种硬件描述语言。

(2) 了解一种 EDA 软件的使用方法。

### (二) 实验教学部分

#### 1. 能力要求

(1) 能够正确使用常用电子仪器,如示波器、信号发生器、万用表、交流毫伏表、稳压电源等。

(2) 掌握数字电子电路的基本测试技术,如脉冲信号主要参数的测试;数字电路逻辑功能的测试。

(3) 能够正确处理实验数据,并写出符合要求的实验报告。

(4) 能够查阅电子器件手册和在网上查询电子器件有关资料。

(5) 初步学会分析、寻找和排除实验电路中故障的方法。

(6) 初步学会一种 EDA 工具软件的使用,对数字电路进行仿真、分析和辅助设计,并能够实现小系统的组装和调试。

#### 2. 参考实验内容

(1) 基本实验:门电路的测试、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲电路等。

(2) 综合性实验。

(3) EDA 实验。

### 三、说明

(1) 先修课程:高等数学、大学物理、电路。

(2) 建议有条件的学校开设电子技术基础课程设计。

# 1 数字逻辑概论

---

## 一、内容提要及重点

本章的内容提要：

1. 信号包括：模拟信号、数字信号。对应的电路有模拟电路和数字电路。
2. 0、1 可以用来表示二进制数，也可以表示逻辑状态。
3. 常用的数制有：二进制、八进制、十进制和十六进制。各种进制之间可以相互转换。
4. 无符号二进制数的算术运算。有符号的二进制数的原码、反码和补码。用补码进行带符号数的加法运算。
5. 常用的代码：二-十进制 (BCD) 码、格雷码、ASCII 码。常用的 BCD 码包括：8421、2421、5421、余 3 码、余 3 循环码等。
6. 基本逻辑运算：与、或、非。复合逻辑运算：与非、或非、与或非、异或、同或。
7. 逻辑函数的表示方法：真值表、逻辑函数表达式、逻辑图、波形图、卡诺图、HDL 语言描述。这些描述方法之间可以相互转换。

本章的重点：

二进制数、十六数制数及其与十进制数之间的转换；8421 编码；与、或、非 3 种基本逻辑运算及其复合运算；逻辑函数的表示方法及其相互之间的转换等。

## 二、典型例题解析

**例 1.1** 将十进制数 25.562 转换成二进制数，要求转换误差小于 1%。

**解题思路：**① 首先要根据转换误差要求确定二进制小数的位数。

② 将十进制数转换为二进制 (或任意进制) 数时，通常采用基数乘法，即整数转换采用基数除法，小数转换采用基数乘法。转换前后的误差是由二进制数小数的位数决定的。

**解：**整数部分采用基数除法，反复除 2，则

|   |    |       |           |       |    |
|---|----|-------|-----------|-------|----|
| 2 | 25 | ..... | 余 1 ..... | $b_0$ | 低位 |
| 2 | 12 | ..... | 余 0 ..... | $b_1$ |    |
| 2 | 6  | ..... | 余 0 ..... | $b_2$ |    |
| 2 | 3  | ..... | 余 1 ..... | $b_3$ |    |
| 1 |    | ..... | 余 1 ..... | $b_4$ | 高位 |

$$(25)_D = (11001)_B$$

小数部分采用基数乘法,首先确定小数的位数。由于要求  $2^{-m} \leq 1\%$ ,可求出  $m \geq \frac{2}{\lg 2} = 6.64$ ,

取  $m=7$ ,则

|                          |       |             |          |    |
|--------------------------|-------|-------------|----------|----|
| $0.562 \times 2 = 1.124$ | ..... | 整数为 1 ..... | $b_{-1}$ | 高位 |
| $0.124 \times 2 = 0.248$ | ..... | 整数为 0 ..... | $b_{-2}$ |    |
| $0.248 \times 2 = 0.496$ | ..... | 整数为 0 ..... | $b_{-3}$ |    |
| $0.496 \times 2 = 0.992$ | ..... | 整数为 0 ..... | $b_{-4}$ |    |
| $0.992 \times 2 = 1.984$ | ..... | 整数为 1 ..... | $b_{-5}$ |    |
| $0.984 \times 2 = 1.968$ | ..... | 整数为 1 ..... | $b_{-6}$ |    |
| $0.968 \times 2 = 1.936$ | ..... | 整数为 1 ..... | $b_{-7}$ |    |
| $0.936 \times 2 = 1.872$ | ..... | 整数为 1 ..... | $b_{-8}$ | 低位 |

由于取 7 位,将  $b_{-8}$  向前进位得

$$(0.562)_D = (0.1001)_B$$

误差校核:将二进制小数  $(0.1001)_B$  按权展开求和得到十进制小数,

$$(0.1001)_B = 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-4} = (0.5625)_D$$

转换误差  $\varepsilon = |0.562 - 0.5625| = 0.0005 = 0.05\%$ ,满足要求。

**例 1.2** 将十进制数 132.125 转换为十六进制数。

**解题思路:**此题有两种解法,一是直接转换法,用基数乘法直接将十进制数转换为十六进制数;另一种是间接转换法,先将十进制数转换为二进制数,然后再将二进制数转换为十六进制数。

**解一:**将十进制数的整数和小数分别反复除 16 和乘 16,则

整数部分

|    |     |       |           |       |    |
|----|-----|-------|-----------|-------|----|
| 16 | 132 | ..... | 余 4 ..... | $h_0$ | 低位 |
|    | 8   | ..... | 余 8 ..... | $h_1$ | 高位 |

小数部分

$$0.125 \times 16 = 2.0 \text{ ..... 整数为 } 2 \text{ ..... } h_{-1}$$

$$\text{所以得 } (132.125)_D = (84.2)_H$$

**解二:**将十进制整数转换为二进制数时,如果十进制数比较大,使除法过程比较繁琐,也可以将十进制数与相当的 2 乘幂项相比,简化转换过程。由于  $2^7 = 128$ ,而  $132 = 128 + 4 = 2^7 + 2^2$ ,所以

$$(132)_D = (2^7 + 2^2)_D = (10000100)_B$$

小数部分

0.125×2=0.25 ..... 整数为 0 .....  $b_{-1}$   
0.25×2=0.5 ..... 整数为 0 .....  $b_{-2}$   
0.5×2=1.0 ..... 整数为 1 .....  $b_{-3}$

所以  $(132.125)_D = (10000100.001)_B = (84.2)_H$

例 1.3 已知输出  $L$  对应输入  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的波形如图 1.3 所示,试列出该电路的真值表。

解题思路:① 首先将波形图分段,对应每个时间段内,将输入变量和输出变量的取值关系列表格,即得到逻辑函数的真值表。

② 如果波形图中没有出现的某一最小项,说明这种输入组合不会出现,它所对应的输出是无关项。

解:图 1.3 波形的每个时间段分别对应输入变量从 000 ~ 111 的组合状态,将输入与输出的取值关系列表,得到真值表如表 1.3 所示。

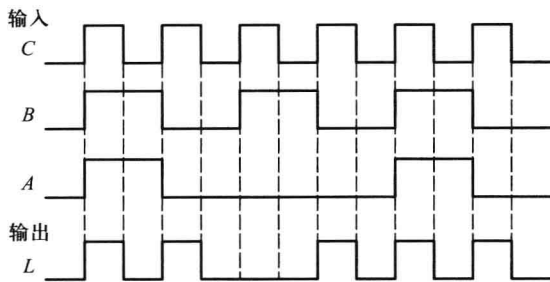


图 1.3 例 1.3 的波形图

表 1.3 例 1.3 的真值表

| $A$ | $B$ | $C$ | $L$ |
|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0   | 0   | 1   | 1   |
| 0   | 1   | 0   | 0   |
| 0   | 1   | 1   | 0   |
| 1   | 0   | 0   | ×   |
| 1   | 0   | 1   | ×   |
| 1   | 1   | 0   | 0   |
| 1   | 1   | 1   | 1   |

### 三、习题全解

#### 1.1 数字信号与数字电路

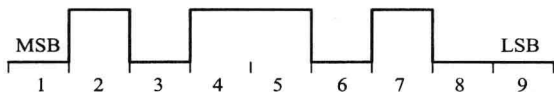
1.1.1 试按表 1.1.1 所列的数字集成电路的分类依据,指出下列 IC 器件属于何种集成度器件:(1) 微处理器;(2) 计数器;(3) 加法器;(4) 逻辑门;(5) 4 兆位存储器。

表 1.1.1 数字集成电路的集成度分类

| 分类   | 门的个数            | 典型集成电路            |
|------|-----------------|-------------------|
| 小规模  | 最多 12 个         | 逻辑门、触发器           |
| 中规模  | 12 ~ 99         | 计数器、加法器           |
| 大规模  | 100 ~ 9999      | 小型存储器、门阵列         |
| 超大规模 | 10 000 ~ 99 999 | 大型存储器、微处理器        |
| 甚大规模 | $10^6$ 以上       | 可编程逻辑器件、多功能专用集成电路 |

解:依照表 1.1.1 所示的分类,所列的五种器件:(1)、(5)属超大规模;(2)、(3)属中规模;(4)属小规模。

1.1.2 一数字信号的波形如图题 1.1.2 所示,试问该波形所代表的二进制数是什么?



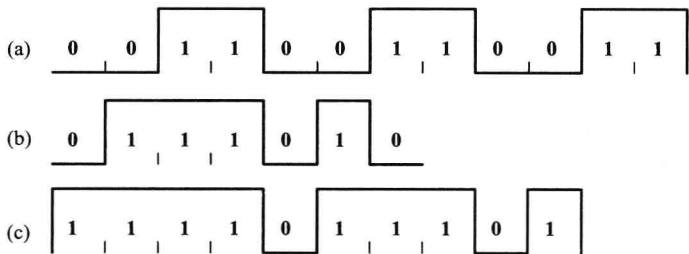
图题 1.1.2

解:图题 1.1.2 的数字信号波形的左边为最高位 (MSB), 右边为最低位 (LSB), 低电平表示 0, 高电平表示 1。该波形所代表的二进制数为 **010110100**。

1.1.3 试绘出下列二进制数的数字波形, 设逻辑 1 的电压为 5 V, 逻辑 0 的电压为 0 V。

(1) **001100110011**      (2) **0111010**      (3) **1111011101**

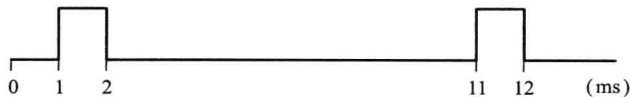
解:用低电平表示 0, 高电平表示 1, 左边为最高位, 右边为最低位, 题中所给的 3 个二进制数的数字波形分别如图题解 1.1.3(a)、(b)、(c) 所示, 其中低电平为 0 V, 高电平为 5 V。



图题解 1.1.3

1.1.4 一周期性数字波形如图题 1.1.4 所示, 试计算:

(1) 周期;      (2) 频率;      (3) 占空比。



图题 1.1.4

解:因为图题 1.1.4 所示为周期性数字波, 所以两个相邻的上升沿之间持续的时间为周期,  $T = 10 \text{ ms}$ 。

频率为时间的倒数,  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.01 \text{ s}} = 100 \text{ Hz}$ 。

占空比为高电平脉冲宽度与周期的百分比,  $q = \frac{1 \text{ ms}}{10 \text{ ms}} \times 100\% = 10\%$ 。

## 1.2 数制

1.2.1 一数字波形如图题 1.2.1 所示, 时钟频率为 4 kHz, 试确定: