

高等学校计算机教育规划教材

数字电路与逻辑设计 习题解答及实验指导

范文兵 李浩亮 李敏 编著

<http://www.tup.com.cn>

清华大学出版社

高等学校计算机教育规划教材

数字电路与逻辑设计 习题解答及实验指导

范文兵 李浩亮 李敏 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是清华大学出版社出版的《数字电路与逻辑设计》(范文兵等编著)的配套教材,全书分为各章习题解答、基础实验指导书、数字电子技术综合性实验和 EDA 工具使用介绍 4 个部分。习题解答包括主教材中全部习题的参考答案;基础实验和综合性实验是在多年教学实践的基础上精选出来的;书中最后介绍了 Multisim 10.0、MAX+plus II 和 Quarter II 3 种软件的使用方法,是较实用的数字/模拟电路仿真分析设计软件。

本书可作为电子信息类(包括电子、通信、计算机及自动化等)各专业本科生数字电子技术课程的辅助教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数字电路与逻辑设计习题解答及实验指导/范文兵,李浩亮,李敏编著. —北京:清华大学出版社,2014

高等学校计算机教育规划教材

ISBN 978-7-302-34179-6

I. ①数… II. ①范… ②李… ③李… III. ①数字电路—逻辑设计—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 246519 号

责任编辑:张瑞庆 战晓雷

封面设计:常雪影

责任校对:梁 毅

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:13.75

字 数:337 千字

版 次:2014 年 2 月第 1 版

印 次:2014 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:25.00 元

产品编号:053428-01

前言

FOREWORD

本书是清华大学出版社出版的《数字电路与逻辑设计》(范文兵等编著)的配套教材。全书分为各章习题解答、基础实验指导书、数字电子技术综合性实验和 Multisim、MAX+plus II、Quarter II 三种 EDA 数字设计仿真软件的使用方法等部分。习题解答包括主教材中全部习题的参考答案。数字电子技术基础实验和综合性实验是在多年教学实践的基础上精选出来的。

为了适应人才培养的需要,强调工程实践训练,培养学生的创新意识和综合素质,培养学生灵活运用所学理论知识解决实际问题的能力,本书着重于理论知识与实际结合,在基本掌握基本单元电路原理的基础上进行实验电路设计与调试。加强综合设计性实验的教学目标是通过设计性实验教学来体现的,以提高学生的工程设计、实验调试及综合分析能力。

书中实验指导包括基础性实验和综合性实验,其中基础性实验包括 16 个实验,综合性实验包括 3 个实验。另外,主教材第 9 章内容也可以作为综合性训练使用。本书最后介绍了数字/模拟电路仿真分析设计软件的使用方法。书中部分实验内容可以用 EDA 设计软件进行验证。

本书内容的前 3 部分由范文兵、李浩亮、李敏编写,第四部分由郭军伟编写。全书由范文兵统稿、定稿。基础性实验和综合性实验部分在电工技术实验中心得到充分的验证,在本书编写过程中,实验中心许多老师提供了大力的支持和帮助,作者还参阅了其他高校的实验教程,在此谨向他们表示衷心的感谢。在本书出版之际,向所有关心、帮助本书编写和出版的同志致以诚挚的谢意。

虽然书中的内容已经过验证,但一定还有许多不完善之处,殷切地期望读者给予批评指正。

编者

2013 年 8 月

目 录

CONTENTS

第一部分 各章习题解答

第 1 章 逻辑代数基础	3
第 2 章 门电路	13
第 3 章 组合逻辑电路	21
第 4 章 触发器	33
第 5 章 时序逻辑电路	43
第 6 章 脉冲波形的产生与整形	56
第 7 章 存储器和可编程逻辑器件	68
第 8 章 数-模和模-数转换	75

第二部分 基础实验指导书

实验一 集成逻辑门电路及其应用	87
一、实验目的	87
二、实验原理	87
三、实验内容及步骤	88
四、注意事项	91
五、思考题	92
六、实验报告要求	92
实验二 异或门、全加器及其应用	93
一、实验目的	93
二、实验原理	93
三、实验内容及步骤	94

四、注意事项	97
五、思考题	97
六、实验报告要求	97
实验三 编码器、译码器及其应用	98
一、实验目的	98
二、实验原理	98
三、实验内容及步骤	99
四、注意事项	102
五、思考题	102
六、实验报告要求	102
实验四 数据选择器及其应用	103
一、实验目的	103
二、实验原理	103
三、实验内容及步骤	104
四、注意事项	106
五、思考题	106
六、实验报告要求	107
实验五 组合逻辑电路设计(1)	108
一、实验目的	108
二、设计任务和要求	108
三、设计过程	108
四、安装调试	108
五、实验报告要求	109
实验六 组合逻辑电路设计(2)	110
一、实验目的	110
二、设计任务和要求	110
实验七 组合逻辑电路设计(3)	111
一、实验目的	111
二、设计任务和要求	111
实验八 触发器	112
一、实验目的	112
二、实验原理	112
三、实验内容及步骤	115

四、注意事项	117
五、思考题	117
六、实验报告要求	118
实验九 计数器	119
一、实验目的	119
二、实验原理	119
三、实验内容及步骤	121
四、注意事项	123
五、思考题	124
六、实验报告要求	124
实验十 译码显示及其应用	125
一、实验目的	125
二、实验原理	125
三、实验内容及步骤	128
四、注意事项	130
五、思考题	130
六、实验报告要求	130
实验十一 移位寄存器及其应用	131
一、实验目的	131
二、实验原理	131
三、实验内容及步骤	134
四、注意事项	135
五、思考题	135
六、实验报告要求	135
实验十二 时序逻辑电路设计(1)	136
一、实验目的	136
二、设计任务和要求	136
三、设计过程	136
四、安装调试	136
五、实验报告要求	137
实验十三 时序逻辑电路设计(2)	138
一、实验目的	138
二、设计任务和要求	138

实验十四 555 定时器及其应用	139
一、实验目的	139
二、实验原理	139
三、实验内容及步骤	142
四、注意事项	143
五、思考题	143
六、实验报告要求	143
实验十五 数-模(D/A)转换器	144
一、实验目的	144
二、实验原理	144
三、实验内容及步骤	146
四、注意事项	147
五、思考题	148
六、实验报告要求	148
实验十六 模-数(A/D)转换器	149
一、实验目的	149
二、实验原理	149
三、实验内容及步骤	150
四、注意事项	151
五、思考题	151
六、实验报告要求	151

第三部分 数字电子技术综合性实验

综合实验一 智力竞赛抢答器电路	155
一、实验目的	155
二、设计任务和要求	155
三、工作原理	155
四、参考电路图及说明	157
五、实验设备与器件	159
六、实验内容	159
七、实验报告要求	159
综合实验二 电子秒表	160
一、实验目的	160
二、实验原理	160

三、实验设备及器件	161
四、实验内容	161
五、实验报告要求	162
综合实验三 随机存取存储器及其应用	163
一、实验目的	163
二、实验原理	163
三、实验设备与器件	167
四、实验内容	167
五、实验预习要求	168
六、实验报告要求	168

第四部分 EDA 工具使用介绍

第 1 章 Multisim 10.0 使用简介	171
1.1 Multisim 概述	171
1.2 Multisim 对元器件的管理	174
1.3 电路输入与仿真	175
1.4 虚拟仪器及其使用	177
1.5 电路实例	181
第 2 章 MAX+plus II 开发工具使用	184
2.1 概述	184
2.2 原理图输入设计流程	185
2.3 VHDL 文本输入设计流程	191
2.4 设计流程归纳	192
第 3 章 Quartus II 软件使用简介	193
3.1 基于 Quartus II 的数字系统设计流程	194
3.2 创建工程	195
3.3 设计输入	197
3.4 分析综合和适配编译	200
3.5 功能仿真和时序仿真	202
3.6 编程下载	204
3.7 引脚锁定	205



第一部分

各章习题解答

第 1 章

逻辑代数基础

1.1 将下列二进制数转换成十进制数和十六进制数。

- (1) 10011011 (2) 1101010 (3) 111.0011 (4) 10.0101

解:

$$(1) (10011011)_B = (9B)_H = (155)_D$$

$$(2) (1101010)_B = (6A)_H = (106)_D$$

$$(3) (111.0011)_B = (7.3)_H = (7.1875)_D$$

$$(4) (10.0101)_B = (2.5)_H = (2.3125)_D$$

1.2 将下列的十进制数与 8421BCD 码互相转换。

$$(1) (27)_D = (\quad)_{8421BCD}$$

$$(2) (149.48)_D = (\quad)_{8421BCD}$$

$$(3) (0101\ 1000)_{8421BCD} = (\quad)_D$$

$$(4) (1001\ 0101.0100)_{8421BCD} = (\quad)_D$$

解:

$$(1) (27)_D = (0010\ 0111)_{8421BCD}$$

$$(2) (149.48)_D = (0001\ 0100\ 1001.0100\ 1000)_{8421BCD}$$

$$(3) (0101\ 1000)_{8421BCD} = (58)_D$$

$$(4) (1001\ 0101.0100)_{8421BCD} = (95.25)_D$$

1.3 把二进制数 $(110101111.110)_2$ 转换为十进制数、八进制数和十六进制数。

$$\text{解: } (110101111.110)_2 = (431.75)_{10} = (657.6)_8 = (1AF.C)_{16}$$

1.4 把十六进制数 $(3D.BE)_{16}$ 转换为十进制数、八进制数和二进制数。

$$\text{解: } (3D.BE)_{16} = (61.742\ 187\ 5)_{10} = (75.574)_8 = (111101.10111110)_2$$

1.5 求下列二进制数的原码和补码。

- (1) $(+101001)_2$ (2) $(+01100)_2$ (3) $(-011001)_2$ (4) $(-10000)_2$

解:

$$(1) \text{原码: } 0101001 \quad \text{补码: } 0101001$$

$$(2) \text{原码: } 001100 \quad \text{补码: } 001100$$

$$(3) \text{原码: } 1011001 \quad \text{补码: } 1100111$$

(4) 原码: 110000 补码: 110000

1.6 列出下列函数的真值表。

(1) $Y = \overline{A}\overline{B} + \overline{B}\overline{C} + \overline{A}\overline{C}$ (2) $Y = AB + \overline{B}C$

解:

(1) 真值表如表 1.1 所示。

表 1.1

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

(2) 真值表如表 1.2 所示。

表 1.2

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

1.7 证明下列异或运算公式。

(1) $A \oplus 0 = A$ (2) $A \oplus 1 = \overline{A}$ (3) $AB \oplus A\overline{B} = A$ (4) $A \oplus \overline{B} = \overline{A \oplus B}$

证明:

(1) 真值表如表 1.3 所示。

表 1.3

A	0	$A \oplus 0$
0	0	0
1	0	1

所以 $A \oplus 0 = A$ 。

(2) 真值表如表 1.4 所示。

表 1.4

A	1	$A\oplus 1$
0	1	1
1	1	0

所以 $A\oplus 1=\overline{A}$ 。

(3) 利用常用公式和异或运算定义证明。

$$AB\oplus A\overline{B}=AB\overline{\overline{A}\overline{B}}+\overline{AB}\overline{A\overline{B}}=AB(\overline{A}+B)+(\overline{A}+\overline{B})\overline{A\overline{B}}=AB+A\overline{B}=A$$

所以 $AB\oplus A\overline{B}=A$ 。

(4) 利用常用公式和异或运算定义证明。

$$A\oplus \overline{B}=AB+\overline{A}\overline{B}=\overline{A\oplus B}$$

所以 $A\oplus \overline{B}=\overline{A\oplus B}$ 。

1.8 已知逻辑函数 Y 真值表如表题 1.8 所示。试写出相应的逻辑函数表达式并画出逻辑图。

表题 1.8

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

解： $Y=A\overline{B}C+AB\overline{C}+ABC$

$$=A\overline{B}C+ABC+AB\overline{C}+ABC$$

$$=AC+AB$$

逻辑图如图 1.1 所示。

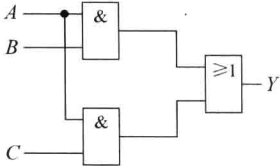


图 1.1

1.9 某逻辑函数有 3 个输入变量 A 、 B 、 C ，当输入信号中有奇数个 1 时，输出为 1，否则输出为 0。试列出此逻辑函数的真值表，写出其逻辑函数 F 的表达式。

解：依据题意列出真值表如表 1.5 所示。

表 1.5

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

根据真值表得到逻辑函数为

$$F = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + ABC$$

1.10 把下列函数表示成最小项之和与最大项之积两种标准形式。

$$(1) Y = A + B + CD$$

$$(2) Y = A\overline{B}\overline{C}D + BCD + AC$$

$$(3) Y = D(\overline{A} + B) + \overline{B}D$$

$$(4) Y = \overline{B}C + A\overline{B}D + A\overline{C}D + \overline{A}C\overline{D}$$

解:

(1) 利用公式 $A + \overline{A} = 1$ 进行配项, 求出最小项之和, 然后转换成最大项之积。

$$\begin{aligned} Y &= A + B + CD = A(B + \overline{B})(C + \overline{C})(D + \overline{D}) + (A + \overline{A})B(C + \overline{C})(D + \overline{D}) \\ &\quad + (A + \overline{A})(B + \overline{B})CD = \overline{A}\overline{B}CD + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}B\overline{C}\overline{D} + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD \\ &\quad + A\overline{B}\overline{C}D + A\overline{B}\overline{C}\overline{D} + A\overline{B}CD + A\overline{B}C\overline{D} + ABC\overline{D} + ABCD + ABCD \\ &= \sum m_i (i = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15) = \prod M_k (k = 0, 1, 2) \end{aligned}$$

$$(2) Y = \sum m_i (i = 7, 9, 10, 11, 14, 15) = \prod M_k (k = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 13)$$

$$(3) Y = \sum m_i (i = 0, 1, 2, 3, 5, 7) = \prod M_k (k = 4, 6)$$

$$(4) Y = \sum m_i (i = 2, 3, 6, 9, 10, 11, 13) = \prod M_k (k = 0, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15)$$

1.11 写出下列函数的对偶表达式。

$$(1) Y = (A + \overline{B})(\overline{A} + B)(B + C)(\overline{A} + C) \quad (2) Y = \overline{A + B + C}$$

$$(3) Y = (A + B + C)\overline{A}\overline{B}\overline{C} \quad (4) Y = A[\overline{E} + (\overline{C}\overline{D} + \overline{C}D)B]$$

解:

$$(1) Y' = A\overline{B} + \overline{A}B + BC + \overline{A}C$$

$$(2) Y' = \overline{A\overline{B}\overline{C}} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$$

$$(3) Y' = ABC + \overline{A} + \overline{B} + \overline{C} = ABC + \overline{A\overline{B}\overline{C}} = 1$$

$$(4) Y' = A + \overline{E}(C + \overline{D})(\overline{C} + D) + B = A + B + \overline{C}\overline{D}E + CDE$$

1.12 求下列函数的反函数。

$$(1) Y = AB + C \quad (2) Y = \overline{A + B + \overline{C} + \overline{D} + E}$$

$$(3) Y = B[(\overline{C}\overline{D} + A) + E] \quad (4) Y = A\overline{B} + \overline{C}D$$

解:

$$(1) \overline{Y} = (\overline{A} + \overline{B})\overline{C}$$

$$(2) \overline{Y} = \overline{A\overline{B}\overline{C}\overline{D}E} = \overline{A}(B + \overline{C} + \overline{D} + \overline{E})$$

$$(3) \overline{Y} = \overline{B} + (\overline{C} + D)\overline{A}\overline{E}$$

$$(4) \overline{Y} = (\overline{A} + B)(C + \overline{D})$$

1.13 用公式法化简下列函数。

$$(1) Y = A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C + A\overline{B}\overline{C} + ABC$$

$$(2) Y = A + \overline{A}BCD + A\overline{B}\overline{C} + BC + \overline{B}C$$

$$(3) Y = \overline{A\overline{B}C} + \overline{A\overline{B}}$$

$$(4) Y = A + B + C + D + \overline{A\overline{B}C\overline{D}}$$

$$(5) Y = AC(\overline{C}\overline{D} + \overline{A}B) + BC(\overline{B} + AD + CE)$$

$$(6) Y = B\overline{C} + AB\overline{C}E + \overline{B}(\overline{A}\overline{D} + AD) + B(\overline{A}\overline{D} + \overline{A}D)$$

解:

$$(1) Y = A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC = A\bar{B} + AB = A$$

$$(2) Y = A + \bar{A}BCD + A\bar{B}\bar{C} + BC + \bar{B}C = A + C$$

$$(3) Y = \overline{ABC} + \overline{AB} = A + \bar{B} + \bar{C} + \bar{A} + B = 1$$

$$(4) Y = A + B + C + D + \overline{A\bar{B}\bar{C}\bar{D}} = A + B + C + D$$

$$\begin{aligned} (5) Y &= AC(C\bar{D} + \bar{A}B) + BC(\bar{B} + AD + CE) \\ &= AC\bar{D} + BC(\bar{B} + AD)(\bar{C} + \bar{E}) \\ &= AC\bar{D} + ABCD(\bar{C} + \bar{E}) \\ &= AC\bar{D} + ABCD\bar{E} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (6) Y &= B\bar{C} + AB\bar{C}E + \bar{B}(\bar{A}\bar{D} + AD) + B(\bar{A}\bar{D} + \bar{A}D) \\ &= B\bar{C} + \bar{B}(\bar{A}\bar{D} + \bar{A}D) + B(\bar{A}\bar{D} + \bar{A}D) \\ &= B\bar{C} + \bar{A}\bar{D} + \bar{A}D \end{aligned}$$

1.14 将下列函数化简为最简的与或表达式,并转换为与非-与非表达式和与-或非表达式。

$$(1) Y = \overline{(\bar{A} + B + C)(A + \bar{B} + C)(\bar{B} + C)}$$

$$(2) Y = (A + \bar{C})(B + D)(B + \bar{D})$$

$$(3) Y = AB + \bar{B}CD + \bar{A}C + \bar{B}C$$

解:

$$(1) Y = \overline{(\bar{A} + B + C)(A + \bar{B} + C)(\bar{B} + C)} = A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + B\bar{C} = B\bar{C} + A\bar{C}$$

与非-与非式:

$$Y = \bar{Y} = \overline{\overline{B\bar{C} + A\bar{C}}}$$

将逻辑函数写成最小项:

$$Y = A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + B\bar{C} = \sum m_i \quad (i = 2, 4, 6)$$

与-或非式:

$$\begin{aligned} Y &= \sum_{k \neq i} m_k = \overline{m_0 + m_1 + m_3 + m_5} = \overline{\bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C}} \\ &= \overline{\bar{A}\bar{B} + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C}} \end{aligned}$$

(2) 根据反演规则知

$$\bar{Y} = \bar{A}C + \bar{B}D + \bar{B}D = \bar{A}C + \bar{B}$$

所以与-或非式为

$$Y = \overline{\bar{A}C + \bar{B}}$$

由于

$$Y = \overline{\bar{A}C + \bar{B}} = \overline{\bar{A}CB} = (A + \bar{C})B = AB + B\bar{C}$$

与非-与非式为

$$Y = \bar{Y} = \overline{\overline{AB\bar{B}C}}$$

(3) 将函数化简:

$$Y = AB + \bar{B}CD + \bar{A}C + \bar{B}C = AB + \bar{A}C + \bar{B}C = AB + \overline{A\bar{B}C} = AB + C$$

与非-与非式为

$$Y = \overline{\overline{ABC}}$$

根据反演规则知

$$\overline{Y} = (\overline{A} + \overline{B})\overline{C} = \overline{AC} + \overline{BC}$$

所以与-或-非式为

$$Y = \overline{\overline{AC} + \overline{BC}}$$

1.15 用卡诺图化简下列函数。

(1) $Y = \overline{A}\overline{B} + AC + \overline{B}C$

(2) $F(A, B, C) = \sum m_i (i = 0, 1, 2, 5, 6, 7)$

(3) $Y = AD + A\overline{C} + \overline{A}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C + \overline{D}(B + C)$

(4) $Y = ABC + ABD + CD + A\overline{B}C$

(5) $F(A, B, C, D) = \sum m_i (i = 3, 4, 5, 7, 9, 13)$

(6) $Y = D(\overline{A} + B) + \overline{B}(C + AD)$

(7) $Y = ABD + \overline{A}\overline{C}D + \overline{A}B + \overline{A}\overline{C}D + A\overline{B}\overline{D}$

解：利用卡诺图化简。

(1) $Y = \overline{A}\overline{B} + AC$ (见图 1.2(a))

		BC			
		00	01	11	10
A	0	1	1	0	0
	1	0	1	1	0

(a)

		BC			
		00	01	11	10
A	0	1	1	0	1
	1	0	1	1	1

(b)

		CD			
		00	01	11	10
AB	00	1	1	0	1
	01	1	1	0	1
	11	1	1	1	1
	10	1	1	1	1

(c)

		CD			
		00	01	11	10
AB	00	0	0	1	0
	01	0	0	1	0
	11	0	1	1	1
	10	0	0	1	1

(d)

		CD			
		00	01	11	10
AB	00	0	0	1	0
	01	1	1	1	0
	11	0	1	0	0
	10	0	1	0	0

(e)

		CD			
		00	01	11	10
AB	00	0	1	1	1
	01	0	1	1	0
	11	0	1	1	0
	10	0	1	1	1

(f)

		CD			
		00	01	11	10
AB	00	0	1	1	0
	01	1	1	1	1
	11	0	1	1	0
	10	1	0	0	1

(g)

图 1.2