

# 数字电路

邵时 杨冰 姜宁\* 编著

# 设计与实践

S h u z i D i a n L u S h e J i Y u S h i J i a n

华东师范大学出版社



# 数字电路 设计与实践

邵时 杨冰 姜宁 编著

---

华东师范大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

数字电路设计与实践 / 邵时, 杨冰, 姜宁编著. — 上海:  
华东师范大学出版社, 2003. 6

ISBN 7-5617-3240-6

I. 数... II. ①邵... ②杨... ③姜... III. 数字电  
路—电路设计—高等学校—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 050510 号

华东师范大学教材学术著作出版基金资助出版

## 数字电路设计与实践

编 著 邵时 杨冰 姜宁

责任编辑 赵金土

封面设计 卢晓红

版式设计 蒋 克

出版发行 华东师范大学出版社

市场部 电话 021-62865537

传真 021-62860410

门市(邮购)电话 021-62869887

门市地址 华东师大校内先锋路口

http: //www.ecnupress.com.cn

社 址 上海市中山北路 3663 号

邮编 200062

印 刷 者 上海商务联西印刷厂

开 本 890 × 1240 32 开

印 张 7

字 数 192 千字

版 次 2003 年 9 月第一版

印 次 2003 年 9 月第一次

印 数 1100

书 号 ISBN 7-5617-3230-9/O · 137

定 价 14.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社市场部调换或电话 021-62865537 联系)

# 内 容 提 要

本书为“数字逻辑与数字系统”课程的实验教材,通过典型基本单元实验和综合实验,介绍了数字逻辑设计的基本方法。并通过传统实验方法、EDA 电路设计方法和在系统编程技术的介绍,讲述了数字逻辑电路设计的不同方法。

本书内容新颖、实用,不仅适合于电子技术、计算机技术专业的学生,还可作为相关技术人员的培训教材和技术参考资料。

# 前 言

“数字逻辑与数字系统”是计算机科学技术系的一门专业基础课程,这是一门工程性和实践性很强的课程。除了学习专业理论知识之外,还必须通过实践环节的训练,使学生真正掌握数字系统的设计调试方法。

传统的实验教学方法和教学手段已经远远不能满足新技术发展的要求。根据新的培养思路和要求,我们对数字逻辑与数字系统实验进行了改革,利用计算机控制与交互方式,使理论和实践有机地结合起来。

本书结合 WinFACET 实验系统的使用,通过基本单元实验和综合实验介绍数字逻辑电路设计的基本方法,并通过传统实验方法、EDA 电路设计方法和在系统编程技术的介绍,使学生掌握数字逻辑电路设计的不同方法。

全书分为两部分:基础篇和提高篇。基础篇结合典型单元实验,介绍了数字逻辑电路的基本设计方法。提高篇则通过 EDA 电路设计方法和在系统编程技术,介绍了现代数字系统的设计方法。

本书试图探索一种新的实验模式,希望能充分体现培养学生的主动性、创造性和积极性,但由于水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

本书的出版得到了各方面的支持,在此表示深切的谢意。

编 者

2003 年 3 月

# 目 录

## 第一篇 基础篇

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 数字逻辑实验系统          | 3  |
| 1.1 实验目标和任务           | 3  |
| 1.2 WinFACET 实验系统     | 5  |
| 1.3 实验方法              | 12 |
| 1.4 常用集成电路特性介绍        | 18 |
| 1.5 HS508 虚拟仪器使用方法简介  | 25 |
| 第二章 数字逻辑基础实验          | 38 |
| 实验一 基本逻辑门电路           | 38 |
| 实验二 XOR/XNOR 门电路      | 41 |
| 实验三 集电极开路门和其他 TTL 门电路 | 44 |
| 实验四 R-S 触发器、D 触发器     | 47 |
| 实验五 J-K 触发器           | 50 |
| 实验六 三态输出              | 53 |
| 实验七 TTL 和 CMOS 门电路的比较 | 56 |
| 实验八 数据总线控制            | 59 |
| 第三章 数字电路设计(一)         | 63 |
| 实验一 异步计数器             | 63 |
| 实验二 同步计数器             | 66 |

|                |                        |            |
|----------------|------------------------|------------|
| 实验三            | 4 位移位寄存器 .....         | 68         |
| 实验四            | 4 位加法器 .....           | 71         |
| 实验五            | 4 位比较器 .....           | 74         |
| <b>第四章</b>     | <b>数字电路设计(二) .....</b> | <b>78</b>  |
| 实验一            | 编码译码器 .....            | 78         |
| 实验二            | ADC/DAC .....          | 82         |
| 实验三            | 数据选择器及多路分配器 .....      | 86         |
| 实验四            | 7 段译码驱动器/显示器 .....     | 89         |
| 实验五            | 奇偶生成/校验 .....          | 91         |
| <b>第二篇 提高篇</b> |                        |            |
| <b>第五章</b>     | <b>电路设计综合实验 .....</b>  | <b>97</b>  |
| 5.1            | 电路设计 CAD 软件 .....      | 97         |
| 5.2            | 实验 .....               | 110        |
| 实验一            | 熟悉实验环境(组合逻辑) .....     | 110        |
| 实验二            | 数码显示(时序逻辑) .....       | 111        |
| 实验三            | 自选实验 .....             | 112        |
| <b>第六章</b>     | <b>数字系统的设计 .....</b>   | <b>114</b> |
| 6.1            | 数字系统设计方法简介 .....       | 114        |
| 6.2            | 可编程逻辑器件 .....          | 117        |
| 6.3            | 在系统可编程技术 .....         | 121        |
| 6.4            | EDA 开发系统简介 .....       | 122        |
| 6.5            | 硬件描述语言 HDL .....       | 130        |
| 6.6            | MAX+PLUS II 设计实例 ..... | 155        |
| <b>第七章</b>     | <b>数字系统设计实验 .....</b>  | <b>175</b> |
| 实验一            | 熟悉实验环境和步骤 .....        | 175        |

|     |                      |     |
|-----|----------------------|-----|
| 实验二 | 血型匹配(组合逻辑).....      | 178 |
| 实验三 | 计数器和分频器(时序逻辑).....   | 180 |
| 实验四 | 自选实验.....            | 188 |
| 附录一 | WinFACET 配置工具 .....  | 190 |
| 附录二 | WinMan 管理器 .....     | 201 |
| 附录三 | 集成电路芯片引脚图.....       | 208 |
| 附录四 | 在系统可编程器件下载板电原理图..... | 213 |



# 第一篇

基础篇



# 第一章 数字逻辑实验系统

## 1.1 实验目标和任务

“数字逻辑与数字系统”是计算机科学技术系的专业基础课程,这是一门工程性和实践性很强的课程。除了学习专业理论知识之外,还必须通过实践环节的训练,才能真正掌握数字系统的设计和调试方法。本实验课程通过单元实验和课题设计对学生进行实践训练,以培养学生分析问题和解决问题的能力。同时通过学生自主课题设计,进一步调动学习的主动性、创造性和积极性。

本课程的实验平台采用国外引进的 WinFACET 实验系统,该系统是由 Lab - Volt 公司开发的。这是一个集成化的电子培训系统,是目前电气及电子技术教育领域中较优秀的一种实验教学平台。它基于计算机控制,采用图像、动画、模拟等,以多媒体、交互式的学习方式,为学生提供了一个自主学习的良好界面。

WinFACET 实验系统支持“电子学基本原理”、“数字和微处理器技术”及“通信技术”等 26 门课程,并且可以根据需要对课程进行扩展,便于教师开发新的实验内容。“数字逻辑及数字系统”的实验课程主要由“数字及微处理器电子学”中的“数字逻辑基础”、“数字电路基础 1”以及“数字电路基础 2”这三部分课程组成。

WinFACET 实验系统可以用于设计从基础到高级的电子电路,它提供的仿真软件可方便地用于学习、测试或模拟设计等环节。该系统还可在线进行自动的教学评估,使学生自主掌握学习情况。系统采用集成化、计算机控制的方式,提供了一个学习、测试、故障设置、应用等

方面的良好操作环境。

随着技术的发展,数字系统电路设计的方法已由传统的逻辑电路设计方法发展为计算机辅助设计技术,实现电路功能的器件也由标准的 SSI、MSI、LSI 器件发展为 PLD 器件。在实际的逻辑电路设计中,往往可根据设计规模大小和复杂程度,采用传统设计方法或计算机辅助设计方法来实现电路功能。为此,我们将实验设计为三个阶段:第一阶段为单元基础实验,利用 WinFACET 系统的三块实验电路板: DIGITAL LOGIC FUNDAMENTALS (型号: 91014 - 20)、DIGITAL CIRCUIT FUNDAMENTALS 1 (型号: 91015 - 20)、DIGITAL CIRCUIT FUNDAMENTALS 2 (型号: 91016 - 20),完成 WinFACET 系统中相应课程:“DIGITAL LOGIC FUNDAMENTALS 3.1、DIGITAL CIR FUNDAMENTALS 1(2) 3.1”的实验和练习,以了解各类中、小规模集成电路的功能与应用,掌握传统逻辑电路的基本设计方法;第二阶段为综合实验,使用 WinFACET 系统中的电路设计软件“CIRCUIT MAKER”完成计算机模拟设计,实现具有一定逻辑功能的综合设计目标,以初步掌握 EDA 工具的使用方法;第三阶段为提高阶段,引入了先进的计算机辅助设计技术,实验使用 PLD 在线可编程实验台,通过“MAX+PLUS II”软件,完成各类数字系统的设计,进一步掌握可编程逻辑电路的设计思想及设计方法,为计算机组成实验打下基础。

教学中应倡导学生自主学习、自主实验,以培养学生的自学能力和动手能力。要求如下:

(1) 自学“WinFACET 系统”、“电路制作系统”及“在系统编程开发系统”等软件的基本操作,了解实验系统平台的基本工作原理;

(2) 通过实验,掌握万用表、示波器、虚拟仪器、实验台等仪器设备的使用方法;

(3) 掌握数字逻辑的基本原理,通过对知识的综合运用,学会根据实验要求进行电路设计并有效完成实验;

(4) 不断提高自己的分析能力,能对实验中出现的各种情况作出正确的判断、分析,并给出正确的解决方法;

(5) 能对实验结果进行总结,认真完成实验报告,进一步提高自己的知识层次。

## 1.2 WinFACET 实验系统

### 一、系统简介

WinFACET 实验系统将各课程进行综合,采用交互式的方式完成实验、练习以及课程设计,同时还具有在线的自动化教学评估,是一个相当先进的电子教学工具。该实验系统基本组成框图如图 1-1 所示。

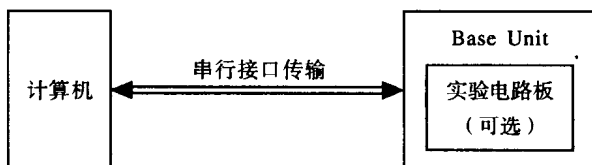


图 1-1 WinFACET 实验平台

WinFACET 包括软件和硬件两大部分,硬件包括 Base Unit(基本实验台)和与课程对应的若干实验电路板(DIGITAL LOGIC FUNDAMENTALS(型号:91014—20)、DIGITAL CIRCUIT FUNDAMENTALS 1(型号:91015—20)、DIGITAL CIRCUIT FUNDAMENTALS 2(型号:91016—20))。91014—20 板提供了实验用的基本逻辑器件,包括与门、或门、异或门、同或门、OC 门、三态门以及基本触发器(R-S 触发器、D 触发器、J-K 触发器),还包括了 TTL 与 CMOS 的比较电路和数据总线控制电路;91015—20 板提供了基本实验单元电路,包括异步计数器电路、同步计数器电路、4 位移位寄存器电路、4 位加法器电路和 4 位比较器电路;91016—20 板提供的实验单元电路包括:译码器和优先编码器电路、ADC 与 DAC 电路、多路选择与译码电路、七段显示与驱动电路以及奇偶校验电路。

WinFACET 软件平台则是一个以 Windows 为基础的教学工具,

它包括 WinFACET、WinFACET Configuration & Utilities、WinFACET Manager 三部分。下面将分别介绍它们的功能,并着重介绍 WinFACET 的使用方法。

### 1. WinFACET Configuration & Utilities

WinFACET Configuration & Utilities 是 WinFACET 的配置工具,供系统管理员(或教师)使用,用于对 WinFACET 的使用环境进行配置。详细操作说明见附录一。

### 2. WinFACET Manager

WinFACET Manager 是 WinFACET 的管理器,主要提供给教师使用,以进行教学评估。系统可根据学生在学习和实验过程中的相关信息(包括学习过程、讨论、测验等),按照教师指定的要求,自动以图表或报表的形式反映出来。

利用 WinFACET Manager,教师可以对整个班级学生的学习情况做对比和评价,也可以对指定学生的学习情况进行评价。详细操作说明见附录二。

### 3. WinFACET

WinFACET 是学生进行实验的主系统。学生登陆后,可根据需要选择各类课程,完成实验和练习。

## 二、WinFACET 操作

### 1. 系统登录

实验室中使用的 WinFACET 系统架构是基于网络服务器/工作站模式的。使用 WinFACET 系统首先必须进行网络登录。开机之后,进入 Windows 界面之前,会出现登录 Microsoft 网络的对话框(图 1-2)。

登录的用户名和密码相同,输入密码后单击“确定”按钮,本计算机

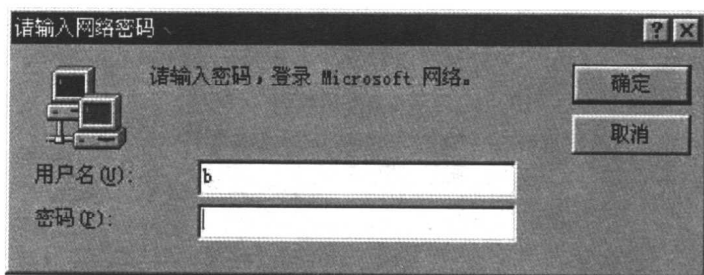


图 1-2 登录 Microsoft 网络

就联入了局域网。双击桌面上的 WinFACET 图标 , 将启动 WinFACET 系统, 出现 WinFACET 主界面及学生列表(图 1-3)。

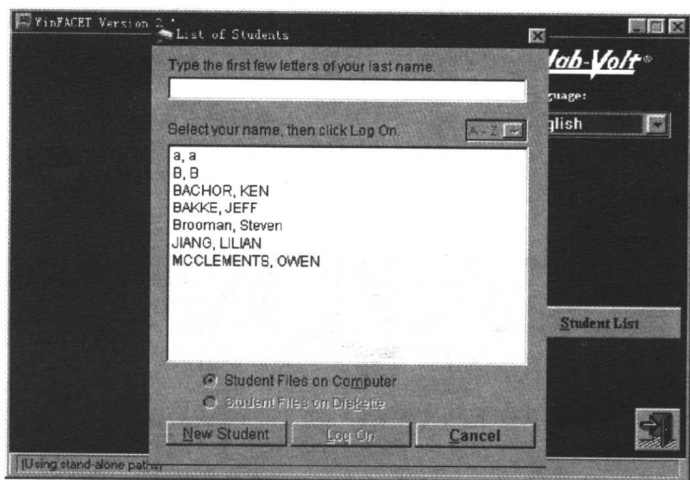


图 1-3 WinFACET 主界面

此时可以在已有的“学生列表”中选择自己的姓名, 然后单击“Log On”, 以自己的身份登录到系统中。如果在“WinFACET 配置工具”中已设置了学生密码, 则还必须提供与自己对应的密码才能正确登陆。假如在“学生列表”中没有找到自己的信息, 可以单击“New Student”, 添加新的学生信息, 单击后将出现“New Student”窗口(图 1-4)。

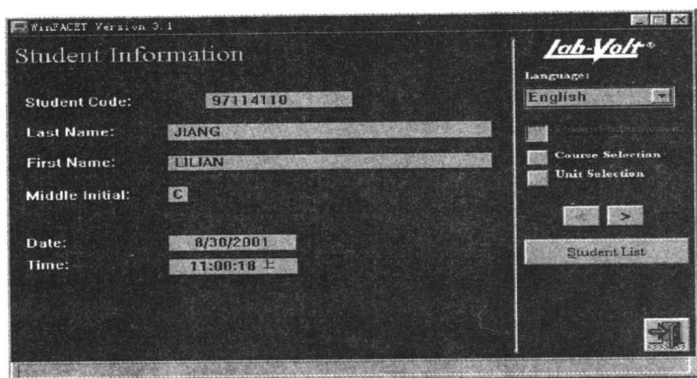


图 1-4 “New Student”窗口

在该窗口中填入自己的姓名、学号(学生代码)后单击“OK”，即完成系统登录的工作，系统将会把学生的个人信息读入到服务器中。

## 2. 课程选择

系统登录之后，WinFACET 界面中将列出有关“学生信息”，此时可根据需要选择实验使用的语言(图 1-5)。

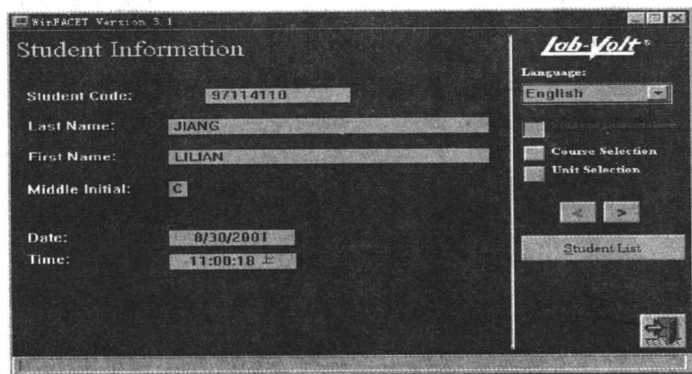


图 1-5 “学生信息”界面

单击下一步按钮 ，或单击“Course Selection”，进入课程选择界面(图 1-6)。



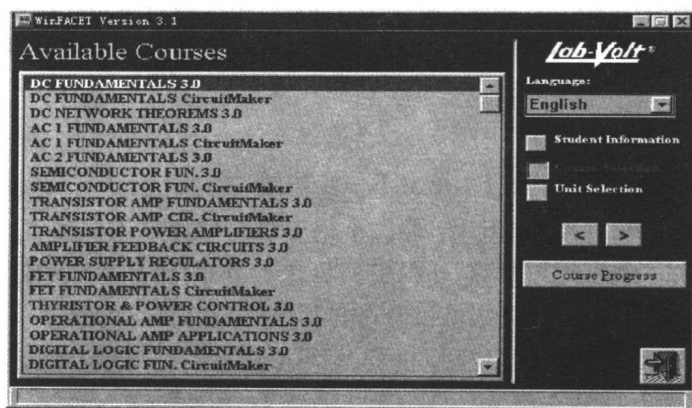


图 1-6 课程选择界面

学生可以在“Available Courses”中选择已经安装好的课程。这些课程还可以根据需要升级,扩充。注意:本实验的课程应选择范围为:“数字逻辑基础”(DIGITAL LOGIC FUNDAMENTALS 3.1)、“数字逻辑基础 1”(DIGITAL LOGIC FUNDAMENTALS 1 3.1)以及“数字逻辑基础 2”(DIGITAL LOGIC FUNDAMENTALS 2 3.1),课程名称必须与基本实验台(Base Unit)上装载的实验电路板名称相符(对应为: DIGITAL LOGIC FUNDAMENTALS(型号: 91014—20)、DIGITAL LOGIC FUNDAMENTALS 1(型号: 91015—20)及 DIGITAL LOGIC FUNDAMENTALS 2(型号: 91016—20)),系统会自动检查 Base Unit 上所插的实验电路板是否与选择的课程相符,如不符合系统将报错,要求更换实验电路板。

单击该界面中的“Course Progress”进度按钮,可以显示学生的个人学习进度。

系统可工作于两种方式:“Off line”(离线,脱离实验板)方式或“On line”(在线,使用实验板)方式,这是由“WinFACET Configuration & Utilities”完成设置的。如果系统工作方式为“Off line”,软件可脱离 Base Unit 独立地运行,此时实验系统即为计算机演示或学习系统。否则,系统将在约定的时间内检测 Base Unit,如果 Base Unit 未接电源,或