



国家骨干校建设项目成果
全国高等职业教育应用型人才培养规划教材

- 国家 **骨干校重点建设专业** 应用电子技术专业建设成果
- 以 “**项目要求-项目相关知识-项目实施-拓展练习**” 结构形式组织
- 以 **认识规律** 为依据，以 **温故知新** 为手段
- 配套丰富的 **立体化教学资源**

项目教程

CPLD/FPGA技术应用

◎ 陈明芳 樊秋月 主 编 尹海昌 黄进财 王志辉 王 超 副主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

国家骨干校建设项目成果
全国高等职业教育应用型人才培养规划教材

CPLD/FPGA 技术应用项目教程

陈明芳 樊秋月 主 编

尹海昌 黄进财 副主编

王志辉 王 超

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以 SP-FGCE11AFPGA 实验箱为硬件平台阐述了基于 CPLD/FPGA 技术的常见数字电路和数字系统的设计方法,主要目标是培养学生熟练使用 EDA 开发工具,应用 Verilog HDL 硬件描述语言开发电子产品所需的综合知识、素质和技能。

本书按照基于工作过程的“项目”载体和适应“任务驱动”教学模式的思路进行编写,“项目”的选取上以直观性、实用性、针对性为原则,按照学生的认知规律(由浅入深、由简单到复杂、由单项到系统、由验证到设计)对教材内容进行科学合理的安排。全书共 3 个模块,模块一选取 14 个常见数字电路设计作为项目载体,介绍 EDA 技术发展概况和硬件描述语言的相关知识、Quartus II 软件和 ModelSim 软件的使用方法与技巧和运用 Verilog HDL 设计简单数字电路或系统。模块二选取 11 个基于 SP-FGCE11AFPGA 实训平台的项目为载体,介绍可编程逻辑器件产品概况和用硬件描述语言驱动常见外围硬件资源设计数字系统的方法。模块三选取了多功能数字电子时钟、VGA 图像显示、UART 通信接口和 I²C 总线接口设计四个综合设计项目,介绍怎样运用自顶向下的数字电路设计方法完成较复杂的数字系统设计。

本书可作为高职高专通信技术专业、应用电子技术专业、电子信息工程技术专业及相近专业的教材,也可供相关技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

CPLD/FPGA 技术应用项目教程 / 陈明芳, 樊秋月主编. —北京: 电子工业出版社, 2015.1
全国高等职业教育应用型人才培养规划教材

ISBN 978-7-121-24496-4

I. ①C… II. ①陈… ②樊… III. ①可编程序逻辑器件—高等职业教育—教材 IV. ①TP332.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 233229 号

策划编辑: 王昭松

责任编辑: 郝黎明

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 15.25 字数: 390.4 千字

版 次: 2015 年 1 月第 1 版

印 次: 2015 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

本书是根据国家高职骨干校重点建设专业的课程标准及模式,结合应用 CPLD/FPGA 技术开发电子产品的工作内容,并针对学生的实践能力和再学习能力的培养而编写的基于工作过程的项目教材。

CPLD/FPGA 技术包含了硬件描述语言、EDA 工具软件、PLD 器件及数字系统设计方法等多方面知识,对高职高专学生来说,要掌握这些知识和技能有较大的难度。因此,本书打破传统的学科式教材的模式,针对学生循序渐进地掌握知识的认知规律,使项目的设计由浅入深地将 EDA 工具的使用,Verilog HDL 语法规则、基本数字逻辑电路和复杂电子系统设计的方法和步骤逐渐融入到各个项目中,每个项目的设计都是按照工作过程进行和实施的,每个项目都以“项目要求—项目相关知识—项目实施—拓展练习”结构形式组织,“每个项目重复的只是过程”,每个项目都在已具备的知识基础上增加了新知识、新内容,通过不断地温故知新的方式,让学生能够较容易地完成新任务的学习。

本书由广东科学技术职业学院的陈明芳教师担任主编,负责编制提纲和统稿工作,并编写了模块二的项目 1~项目 16、模块三的项目 1 和项目 2;广东科学技术职业学院的樊秋月教师编写了模块一的项目 1~项目 6;广东科学技术职业学院的黄进财教师编写了模块一的项目 11~项目 14;广东科学技术职业学院的尹海昌教师编写了模块二的项目 7~项目 11;广东科学技术职业学院的王志辉教师编写了模块一的项目 7~项目 10;北京凌阳爱普科技有限公司王超工程师编写了模块三的项目 3 和项目 4。

本书在编写过程中参阅了大量同类教材,在此对这些教材的作者表示衷心的感谢!

本书在编写过程中得到了北京凌阳爱普科技有限公司大力支持和帮助,该公司的王超工程师和李哲哲工程师均为本书的撰写提出了宝贵的建议,表示诚挚的谢意。

另外,广东科学技术职业学院应用电子技术专业陈伟传、刘远辉、林景超、郭远强、吴集明和林晓明等同学完成了本书的文字和格式校对工作,在此一并表示感谢。

限于编者的水平,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2014 年 8 月于珠海

目 录

模块一 EDA 基础设计项目

项目 1	3-8 译码器设计	1
项目要求		1
一、项目任务		1
二、实训设备		1
三、学习目标		1
项目相关知识		2
一、EDA 技术与硬件描述语言		2
二、Verilog HDL 模块结构		5
三、译码器原理		6
四、源码		6
项目实施		7
一、编辑调试模块代码		7
二、创建和导入原理图		10
三、仿真		12
拓展练习		18
项目 2	8-3 编码器设计	19
项目要求		19
一、项目任务		19
二、实训设备		19
三、学习目标		19
项目相关知识		19
一、Verilog HDL 基本规范		19
二、case 语句		20
三、编码器原理		21
四、模块符号		22
五、源码		22
项目实施		23
一、编辑调试模块代码		23
二、仿真测试模块功能		23
拓展练习		24

项目 3 优先编码器设计	25
项目要求	25
一、项目任务	25
二、实训设备	25
三、学习目标	25
项目相关知识	25
一、Verilog HDL 的常量	25
二、优先编码器原理	27
三、模块符号	27
四、源码	28
项目实施	28
一、编辑调试模块代码	28
二、仿真测试模块功能	29
拓展练习	30
项目 4 数据选择器设计	31
项目要求	31
一、项目任务	31
二、实训设备	31
三、学习目标	31
项目相关知识	31
一、Verilog HDL 参数型常量	31
二、if-else 语句	32
三、数据选择器原理	33
四、模块符号	34
五、源码	34
项目实施	35
一、编辑调试模块代码	35
二、仿真测试模块功能	35
拓展练习	37
项目 5 多位数值比较器设计	38
项目要求	38
一、项目任务	38
二、实训设备	38
三、学习目标	38
项目相关知识	38
一、关系运算符和全等运算符	38
二、Verilog HDL 的变量	39
三、多位数值比较器原理	41
四、模块符号	41

五、源码	42
项目实施	43
一、编辑调试模块代码	43
二、仿真测试模块功能	43
拓展练习	44
项目 6 半加器与全加器设计	45
项目要求	45
一、项目任务	45
二、实训设备	45
三、学习目标	45
项目相关知识	45
一、位拼接运算符	45
二、结构化的建模方式	46
三、数据流建模方式	46
四、半加器原理	47
五、全加器原理	48
六、模块符号	48
七、源码	49
项目实施	49
一、编辑调试模块代码	49
二、仿真测试模块功能	50
拓展练习	51
项目 7 D 触发器设计	52
项目要求	52
一、项目任务	52
二、实训设备	52
三、学习目标	52
项目相关知识	52
一、算术运算符和位运算符	52
二、行为建模方式	54
三、D 触发器原理	55
四、模块符号	56
五、源码	57
项目实施	57
一、编辑调试模块代码	57
二、仿真测试模块功能	57
拓展练习	58
项目 8 寄存器, 双向移位寄存器设计	59
项目要求	59

一、项目任务	59
二、实训设备	59
三、学习目标	59
项目相关知识	59
一、赋值运算	59
二、移位运算	60
三、寄存器原理	61
四、移位寄存器原理	61
五、模块符号	61
六、源码	62
项目实施	63
一、编辑调试模块代码	63
二、仿真测试模块功能	63
拓展练习	65
项目 9 四位二进制加减计数器设计	66
项目要求	66
一、项目任务	66
二、实训设备	66
三、学习目标	66
项目相关知识	66
一、逻辑运算符	66
二、缩减运算符	67
三、计数器原理	67
四、模块符号	69
五、源码	70
项目实施	70
一、编辑调试模块代码	70
二、仿真测试模块功能	70
拓展练习	72
项目 10 十进制加减计数器设计	73
项目要求	73
一、项目任务	73
二、实训设备	73
三、学习目标	73
项目相关知识	73
一、Testbench	73
二、顺序块语句	73
三、十进制计数器原理	75
四、模块符号	76

五、源码	76
项目实施	78
一、编辑调试模块代码	78
二、仿真测试模块功能	78
拓展练习	79
项目 11 顺序脉冲发生器设计	80
项目要求	80
一、项目任务	80
二、实训设备	80
三、学习目标	80
项目相关知识	80
一、顺序脉冲发生器原理	80
二、模块符号	81
三、源码	81
项目实施	82
一、编辑调试模块代码	82
二、仿真测试模块功能	82
拓展练习	83
项目 12 序列信号发生器设计	84
项目要求	84
一、项目任务	84
二、实训设备	84
三、学习目标	84
项目相关知识	84
一、序列信号发生器原理	84
二、模块符号	85
三、源码	85
项目实施	86
一、编辑调试模块代码	86
二、仿真测试模块功能	86
拓展练习	88
项目 13 串行数据检测器设计	89
项目要求	89
一、项目任务	89
二、实训设备	89
三、学习目标	89
项目相关知识	89
一、串行数据检测器原理	89
二、模块符号	90

三、源码	90
项目实施	91
一、编辑调试模块代码	91
二、仿真测试模块功能	92
拓展练习	93
项目 14 分频器设计	94
项目要求	94
一、项目任务	94
二、实训设备	94
三、学习目标	94
项目相关知识	94
一、分频器原理	94
二、整数分频器的设计	94
三、模块符号	95
四、源码	95
项目实施	96
一、编辑调试模块代码	96
二、仿真测试模块功能	96
拓展练习	97

模块二 FPGA 技术应用项目

项目 1 跑马灯设计	98
项目要求	98
一、项目任务	98
二、实训设备	98
三、学习目标	98
项目相关知识	99
一、可编程逻辑器件	99
二、SP-FGCE11A FPGA 实训平台	102
三、跑马灯原理	103
四、引脚分配	104
五、模块符号	109
六、源码	110
项目实施	110
一、编辑调试模块代码	110
二、分配引脚	111
三、配置	112
四、编译	113
五、下载	113

拓展练习	115
项目 2 按键控制 LED 设计	116
项目要求	116
一、项目任务	116
二、实训设备	116
三、学习目标	116
项目相关知识	116
一、按键控制 led 灯原理	116
二、模块符号	116
三、源码	117
项目实施	117
一、编辑调试模块代码	117
二、分配引脚	117
三、配置	118
四、编译	118
五、下载	118
拓展练习	118
项目 3 蜂鸣器设计	119
项目要求	119
一、项目任务	119
二、实训设备	119
三、学习目标	119
项目相关知识	119
一、蜂鸣器原理	119
二、模块符号	120
三、源码	120
项目实施	121
一、编辑调试模块代码	121
二、分配引脚	121
三、配置	121
四、编译	121
五、下载	121
拓展练习	122
项目 4 七段数码管扫描显示设计	123
项目要求	123
一、项目任务	123
二、实训设备	123
三、学习目标	123
项目相关知识	123

一、七段数码管扫描显示原理简介	123
二、模块符号	124
三、源码	124
项目实施	125
一、编辑调试模块代码	125
二、分配引脚	125
三、配置	125
四、编译	126
五、下载	126
拓展练习	126
项目 5 点阵控制设计	127
项目要求	127
一、项目任务	127
二、实训设备	127
三、学习目标	127
项目相关知识	127
一、点阵控制原理简介	127
二、模块符号	128
三、源码	128
项目实施	130
一、编辑调试模块代码	130
二、分配引脚	130
三、配置	131
四、编译	131
五、下载	131
拓展练习	131
项目 6 直流电机控制设计	132
项目要求	132
一、项目任务	132
二、实训设备	132
三、学习目标	132
项目相关知识	132
一、直流电机控制原理简介	132
二、模块符号	133
三、源码	133
项目实施	136
一、编辑调试模块代码	136
二、分配引脚	136
三、配置	136
四、编译	136

五、下载	136
拓展练习	137
项目 7 步进电机控制设计	138
项目要求	138
一、项目任务	138
二、实训设备	138
三、学习目标	138
项目相关知识	138
一、步进电机控制原理简介	138
二、模块符号	139
三、源码	139
项目实施	140
一、编辑调试模块代码	140
二、分配引脚	141
三、配置	141
四、编译	141
五、下载	141
拓展练习	141
项目 8 矩阵键盘接口控制设计	142
项目要求	142
一、项目任务	142
二、实训设备	142
三、学习目标	142
项目相关知识	142
一、矩阵键盘接口控制原理简介	142
二、模块符号	144
三、源码	144
项目实施	146
一、编辑调试模块代码	146
二、分配引脚	147
三、配置	147
四、编译	147
五、下载	147
拓展练习	147
项目 9 LCD1602 控制器设计	148
项目要求	148
一、项目任务	148
二、实训设备	148
三、学习目标	148
项目相关知识	148

一、LCD1602 原理	148
二、模块符号	151
三、源码	152
项目实施	153
一、编辑调试模块代码	153
二、分配引脚	154
三、配置	154
四、编译	154
五、下载	154
拓展练习	154
项目 10 ADC0809 控制设计	155
项目要求	155
一、项目任务	155
二、实训设备	155
三、学习目标	155
项目相关知识	155
一、ADC0809 转换原理	155
二、ADC0809 控制器符号	158
三、源码	158
项目实施	160
一、编辑调试模块代码	160
二、分配引脚	161
三、配置	161
四、编译	161
五、下载	161
拓展练习	162
项目 11 DAC0832 控制设计	163
项目要求	163
一、项目任务	163
二、实训设备	163
三、学习目标	163
项目相关知识	163
一、DAC0832 转换原理	163
二、DAC0832 控制器符号	166
三、源码	166
项目实施	167
一、编辑调试模块代码	167
二、分配引脚	167
三、配置	168

四、编译	168
五、下载	168
拓展练习	168

模块三 FPGA 技术综合设计项目

项目 1 多功能数字时钟设计	169
项目要求	169
一、项目任务	169
二、实训设备	169
三、学习目标	169
项目相关知识	170
一、自顶向下的设计方法	170
二、数字钟的功能要求	170
三、顶层设计	170
四、模块	170
五、源码	174
项目实施	178
一、编辑调试模块代码	178
二、分配引脚	183
三、配置	183
四、编译	183
五、下载	183
拓展练习	184
项目 2 VGA 图像显示设计	185
项目要求	185
一、项目任务	185
二、实训设备	185
三、学习目标	185
项目相关知识	185
一、VGA 简介	185
二、VGA 接口引脚图	185
三、VGA 时序分析	186
四、硬件电路	187
五、顶层设计	189
六、程序解析	190
七、源码	191
项目实施	195
一、编辑调试模块代码	195
二、分配引脚	195
三、配置	196

四、编译	196
五、下载	196
拓展练习	196
项目 3 UART 通信接口设计	197
项目要求	197
一、项目任务	197
二、实训设备	197
三、学习目标	197
项目相关知识	197
一、模块实例化方法	197
二、串口引脚图	199
三、UART 传输时序	199
四、调试	200
五、源码	200
项目实施	209
一、编辑调试模块代码	209
二、分配引脚	209
三、配置	209
四、编译	210
五、下载	210
拓展练习	210
项目 4 I²C 总线接口设计	211
项目要求	211
一、项目任务	211
二、实训设备	211
三、学习目标	211
项目相关知识	211
一、I ² C 总线简介	211
二、I ² C 总线特征介绍	211
三、二线制 I ² C 串行 EEPROM 读/写操作	212
四、模块符号	213
五、源码	213
项目实施	225
一、编辑调试模块代码	225
二、分配引脚	225
三、配置	226
四、编译	226
五、下载	226
拓展练习	226

EDA 基础设计项目

本模块选取 14 个常见组合逻辑电路和时序逻辑电路的设计作为项目载体,希望通过这些项目的训练,使学生能够了解 EDA 技术和硬件描述语言的相关知识,掌握 Quartus II 软件和 ModelSim 软件的使用,能够运用 Verilog HDL 设计简单数字电路或系统。

项目 1 3-8 译码器设计



项目要求

一、项目任务

- ◆ 用 Quartus II 软件和 Verilog HDL 设计 3-8 线译码器电路。
- ◆ 用 ModelSim 软件对 3-8 线译码器电路进行调试并仿真。

二、实训设备

- ◆ 装有 Windows 系统和 Quartus II 软件的计算机一台。

三、学习目标

- ◆ 了解 EDA 技术发展历史和发展趋势。
- ◆ 理解 3-8 译码器原理。
- ◆ 初步了解硬件描述语言。
- ◆ 会用 Verilog HDL 设计译码器电路。
- ◆ 掌握 Verilog HDL 模块结构。
- ◆ 学会 Quartus、ModelSim 软件的使用。