



全国高等职业教育规划教材

可编程逻辑器件 设计项目教程

高锐 高芳 主编



电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

可编程逻辑器件设计项目教程

高 锐 高 芳 主编
王雪丽 林卓彬 朱子男 参编



机械工业出版社

本书定位于高职高专教育电子信息类专业的“可编程逻辑器件设计”课程或“EDA 技术及应用”课程的教学用教材。全书打破传统学科式教材模式,采用基于工作过程的项目导向、任务驱动的编写模式,将可编程逻辑器件技术简介、Quartus II 7.2 软件操作、VHDL 硬件描述语言、EDA 实验操作有机地融为一体,理念先进,内容丰富。从实际应用角度出发,在企业工程实例和典型电子产品中精选出 6 个具有代表性的教学项目载体,即八位全加器设计、3-8 译码器设计、八位数字频率计设计、数字钟系统综合设计、交通灯控制器设计、正弦信号发生器设计。每个项目由若干个任务和项目练习组成,强调及突出了学生的实际操作技能和相关职业能力培养。

本书可作为高职高专应用电子技术专业、微电子技术专业、电气自动化专业、机电一体化专业及相近专业的教材,也可供相关技术人员参考使用。

本书配套授课电子教案,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

可编程逻辑器件设计项目教程/高锐,高芳主编. —北京:机械工业出版社,2012.1

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-36347-7

I. ①可… II. ①高…②高… III. ①可编程序控制
器—高等教育—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 227061 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王颖 版式设计:张世琴

责任校对:陈立辉 责任印制:杨曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2012 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19.25 印张·476 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-36347-7

定价:37.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材 电子类专业编委会成员名单

主 任	曹建林					
副 主 任	张中洲	张福强	董维佳	俞 宁	杨元挺	任德齐
	华永平	吴元凯	蒋蒙安	祖 炬	梁永生	
委 员	(按姓氏笔画排序)					
	尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	邓 红	任艳君
	刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
	朱咏梅	朱晓红	齐 虹	张静之	李菊芳	杨打生
	杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文	季顺宁
	罗厚军	姚建永	钮文良	聂开俊	袁 勇	袁启昌
	郭 勇	郭 兵	郭雄艺	高 健	崔金辉	曹 毅
	章大钧	黄永定	曾晓宏	蔡建军	谭克清	
秘 书 长	胡毓坚					
副秘书长	戴红霞					

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

电子设计自动化(EDA)是在计算机软件平台上实现电子产品的电路设计、仿真分析及电路板设计的全过程,其中,可编程逻辑器件(PLD)设计技术是电子设计领域中最具活力和发展前途的一项技术,它的影响丝毫不亚于20世纪70年代单片机的发明和使用。用户既可以使用传统的原理图输入法,也可以使用硬件描述语言来使用PLD设计一个数字系统,几乎能完成任何数字器件的功能。高性能CPU也可以用PLD来实现,同时可以大大缩短设计时间,减少PCB面积,提高系统的可靠性。对于高职高专的电子信息类专业而言,可编程逻辑器件设计的教学是培养高素质电子设计人才的重要课程,是学生将来从事电子行业所必备的生存和工作技能。

本书打破了传统学科式教材模式,采用基于工作过程的项目导向、任务驱动的编写模式。即以学生就业为导向,以培养学生从事本专业职业岗位中的电子产品辅助设计工作所必需的专业核心能力为目标,以企业实际研发项目、典型产品案例或学生创新作品作为本书项目,有针对性和实用性地组织了基于工作过程的可编程逻辑器件设计的内容。将Quartus II软件操作方法、VHDL语言、EDA实验箱操作等内容有机地融为一体,突出培养人才的专业能力、实际解决问题能力和职业素养。

本书内容具体由6个来自于实践的项目组成,主要介绍Quartus II软件操作方法和VHDL语言的简单项目与硬件实验和综合的EDA技术应用项目的设计方法与硬件实验。书中的项目都由项目描述、项目分析、项目实施、项目评价和项目练习5个阶段完成,而且在每个项目实施阶段都根据实际工作过程划分为几个相对独立又前后紧密衔接的工作任务,在每个任务中又由任务描述、任务目标与分析、任务实施过程、任务学习指导、任务评价5部分组成,每个任务中的任务学习指导是本书介绍主要知识点的地方。这样从简单到复杂、由设计到修改和验证的内容组织形式,符合学生的认知规律,使学生可以在任务的引领下、在完成项目的过程中逐步培养专业技能和职业素质。

项目1是八位全加器设计,使用户掌握Quartus II软件的图形输入方法和可编程逻辑器件结构,能够进行器件的编程与配置操作;项目2是3-8译码器设计,使用户掌握VHDL语言基本结构与语句,能够在Quartus II软件中使用文本输入方法设计可编程逻辑器件功能;项目3是八位数字频率计设计,使用户掌握Quartus II软件的混合设计输入方法;项目4是数字钟系统综合设计,使用户能够根据实际要求,采用混合设计输入方法进行可编程逻辑器件的综合设计;项目5是交通灯控制器设计,使用户掌握使用VHDL语言的状态机设计方法来设计可编程逻辑器件功能;项目6是正弦信号发生器设计,使用户掌握Quartus II软件中常用的参数化模块的应用方法。本书中的图形符号使用的都是国际标准符号,但Quartus II软件提供的都是国外流行符号,请参考附录。

本书由长春职业技术学院的高锐、高芳任主编,并由高锐统稿和定稿。本书编写分工如下:高锐(项目1;项目2的2.3.2、2.4、2.5;项目3;项目5;附录)、高芳(项目4)、长春职业技术学院王雪丽(项目2的2.1、2.2、2.3.1)、长春职业技术学院林卓彬(项目6的6.3)、长

春职业技术学院朱子男(项目6的6.1、6.2、6.4、6.5)。

由于本书编者的水平有限和可编程逻辑器件设计技术发展速度很快,书中难免有不足之处,敬请各位读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

项目1 八位全加器设计	1
1.1 项目描述	1
1.1.1 项目要求	1
1.1.2 项目能力目标	1
1.2 项目分析	2
1.2.1 项目设计分析	2
1.2.2 项目实施分析	2
1.3 项目实施	3
1.3.1 任务1 原理图设计输入	3
1.3.2 任务2 项目编译与仿真	48
1.3.3 任务3 器件的编程与配置	88
1.4 项目评价	98
1.5 项目练习	99
1.5.1 填空题	99
1.5.2 单项选择题	100
1.5.3 简答题	100
1.5.4 操作题	100
项目2 3-8译码器设计	101
2.1 项目描述	101
2.1.1 项目要求	101
2.1.2 项目能力目标	101
2.2 项目分析	101
2.2.1 3-8译码器电路工作原理分析	101
2.2.2 项目实施分析	102
2.3 项目实施	102
2.3.1 任务1 VHDL语言程序 输入与编译	102
2.3.2 任务2 电路仿真及 功能下载	144
2.4 项目评价	169
2.5 项目练习	170
2.5.1 填空题	170

2.5.2 简答题	171
2.5.3 综合题	172
项目3 八位数字频率计设计	173
3.1 项目描述	173
3.1.1 项目要求	173
3.1.2 项目能力目标	173
3.2 项目分析	174
3.2.1 项目设计分析	174
3.2.2 项目实施分析	174
3.3 项目实施	174
3.3.1 任务1 混合设计输入	174
3.3.2 任务2 项目编译与器件的 编程配置	196
3.4 项目评价	200
3.5 项目练习	200
3.5.1 简答题	200
3.5.2 操作题	200
项目4 数字钟系统综合设计	202
4.1 项目描述	202
4.1.1 项目要求	202
4.1.2 项目能力目标	202
4.2 项目分析	202
4.2.1 项目设计分析	202
4.2.2 项目实施分析	204
4.3 项目实施	204
4.3.1 任务1 混合设计输入	204
4.3.2 任务2 项目编译与器件的 编程配置	250
4.4 项目评价	252
4.5 项目练习	253
4.5.1 简答题	253
4.5.2 操作题	253
项目5 交通灯控制器设计	254
5.1 项目描述	254

5.1.1 项目要求	254
5.1.2 项目能力目标	254
5.2 项目分析	254
5.2.1 项目设计分析	254
5.2.2 项目实施分析	255
5.3 项目实施	255
5.3.1 任务1 文本设计输入	255
5.3.2 任务2 项目编译与器件的 编程配置	270
5.4 项目评价	274
5.5 项目练习	274
5.5.1 简答题	274
5.5.2 操作题	274
项目6 正弦信号发生器设计	275
6.1 项目描述	275

6.1.1 项目要求	275
6.1.2 项目能力目标	275
6.2 项目分析	276
6.2.1 项目设计分析	276
6.2.2 项目实施分析	276
6.3 项目实施	276
6.3.1 任务1 混合设计输入	276
6.3.2 任务2 项目编译与器件的 编程配置	294
6.4 项目评价	296
6.5 项目练习	297
6.5.1 简答题	297
6.5.2 操作题	297
附录 常用逻辑符号对照表	298
参考文献	299

项目 1 八位全加器设计

本项目以任务引领的方式，通过实现基于可编程逻辑器件设计的实际工作过程的八位全加器的设计、编程与配置操作，对本项目实现过程中涉及的可编程逻辑器件概述、FPGA/CPLD 结构与应用、Quartus II 7.2 软件(以下简称 Quartus II)特点及工作环境、Quartus II 原理图设计输入方法等相关知识和技能加以介绍。通过本项目的学习，用户可掌握可编程逻辑器件的设计流程与相关理论知识，可以根据实际设计要求并使用 Quartus II 软件的原理图设计输入方法进行可编程逻辑器件的设计、编程与配置操作，培养用户进行可编程逻辑器件设计的实际操作技能与相关职业能力。

1.1 项目描述

1.1.1 项目要求

要求使用 Quartus II 软件创建项目工程 qjq8 和原理图文件 qjq8，使用图形设计输入方法按如图 1-1 所示来设计一个八位全加器，并对文件进行编译及修改；选择“Cyclone II”系列的 EP2C8Q208C8 器件，进行引脚分配、项目编译、仿真、生成目标文件，并用 EDA 实验箱进行器件的编程和配置。

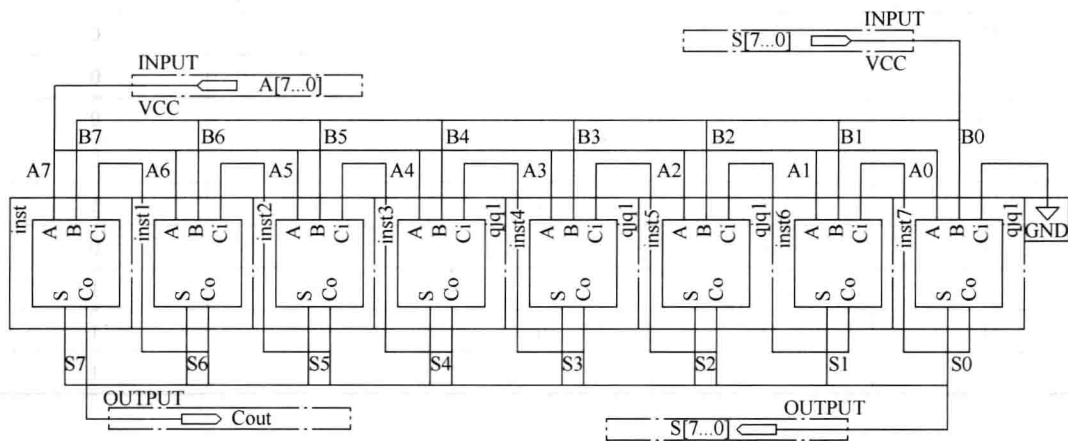


图 1-1 八位全加器原理图

1.1.2 项目能力目标

- 1) 熟悉 FPGA/CPLD 内部结构特点和可编程逻辑器件的设计流程。
- 2) 能使用 Quartus II 软件创建项目工程、原理图文件并设置其环境参数。
- 3) 能正确的在原理图文件中设计可编程逻辑器件功能和文件编译操作。

4) 能正确进行可编程逻辑器件设计文件的引脚分配、仿真、项目校验、参数设置、目标文件编程与配置等操作。

5) 能按 EDA 实验箱和配套硬件的基本操作规则正确使用 EDA 实验箱。

1.2 项目分析

1.2.1 项目设计分析

加法器是数字系统中的基本逻辑器件，如果为了节省资源，减法器 and 硬件乘法器都可由加法器来构成。但位数较宽的加法器设计是很耗费资源的，因此在实际的设计和相关系统的开发中需要注意资源的利用率和进位速度等两方面的问题。多位加法器的构成通常有两种方式：并行进位方式和串行进位方式。并行进位加法器设有并行进位产生逻辑，运算速度快；串行进位加法器是将全加器级联构成多位加法器。通常，并行加法器比串行级联加法器占用更多的资源，并且随着位数的增加，相同位数的并行加法器与串行加法器的资源占用相比，其差距也会越来越大。因此本项目的八位加法器采用八个一位二进制串行加法器级联而成。

全加器是实际的加法运算，必须同时考虑由低位来的进位，这种由被加数、加数和一个来自低位的进位数三者的运算称为全加运算。一位全加器真值表如表 1-1 所示，其逻辑表达式是： $S = C_0 \oplus (A \oplus B)$ 、 $C = C_0 (A \oplus B) + AB$ 。A、B 是求和的两个输入端； C_0 是进位输入端；S 是求和输出端；C 是进位输出端。

表 1-1 一位全加器真值表

输 入			输 出	
C_0	B	A	S	C
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

先根据一位全加器的逻辑关系在原理图文件中绘制出一位全加器功能，如图 1-2 所示。再将其转换为电路符号。在此基础上，由 8 个一位全加器串联成一个八位全加器。

1.2.2 项目实施分析

根据项目要求，将此项目分为 3 个任务来实施。任务 1 是原理图设计输入，实现由 8 个一位全加器串联成一个八位全加器的原理图设计输入过程；任务 2 是项目编译，实现原理图的约束输入、逻辑综合、布局布线、仿真等操作；任务 3 是器件编程与配置操作。这 3 个任

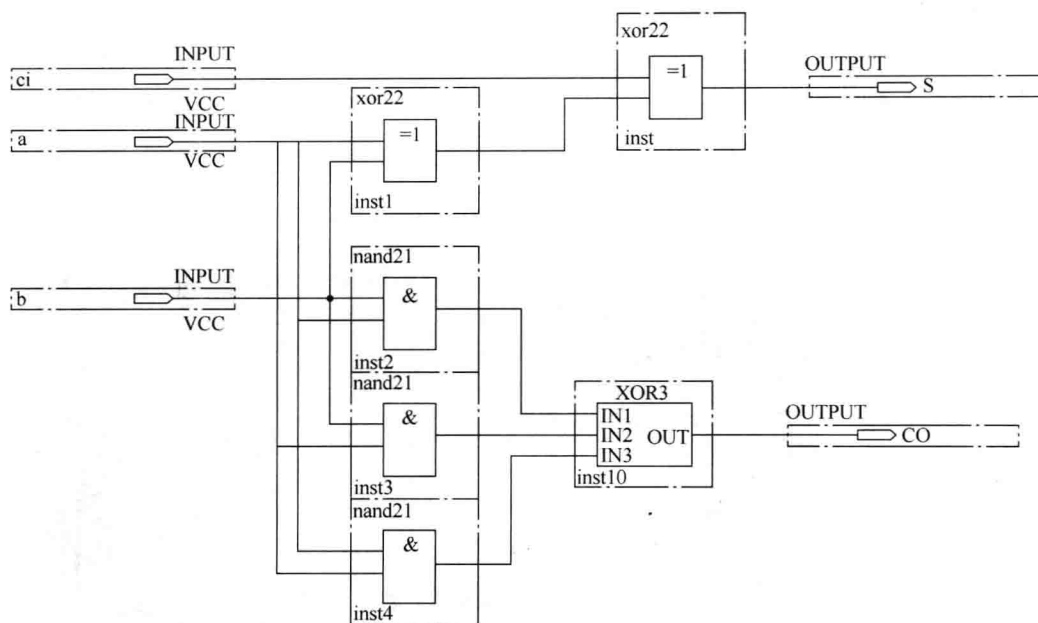


图 1-2 一位全加器原理图

务组合在一起，构成可编程逻辑器件设计、编程与配置的完整操作流程。

1.3 项目实施

1.3.1 任务1 原理图设计输入

1. 任务描述

使用 Quartus II 软件创建项目工程 jqj8 和原理图文件 jqj8，使用图形设计输入方法按图 1-2 所示来设计一个全加器文件 jqj1，将其转化为一个元件符号 jqj1；并在原理图文件 jqj8 中，按图 1-1 所示，将 8 个 jqj1 元件符号级联成一个八位全加器；保存项目工程并确保原理图文件正确无误。

2. 任务目标与分析

通过本任务操作，使用户能够熟悉 FPGA/CPLD 内部结构特点和可编程逻辑器件的设计流程；能使用 Quartus II 软件创建项目工程、原理图文件并设置其环境参数；能正确的在原理图文件中设计可编程逻辑器件的功能。

原理图设计输入方法是实现可编程逻辑器件设计的一个最基本和最常用的设计方法，它具有形象直观的特点。先创建项目工程和原理图文件并设计一位全加器再生成其相应的电路符号，因为要在原理图文件中采用 8 个一位全加器串联的方法设计这个八位全加器功能。最后，以这个电路符号为一个单元，在原理图中连接成一个实现八位全加器的图形。

3. 任务实施过程

(1) 创建项目工程

具体操作过程如下所示。

1) 双击 Quartus II 软件图标，即启动 Quartus II 软件，出现如图 1-3 所示的“新建项目工程”窗口。中间的提示框用来提示用户现在是否要建立新的项目工程，单击“是”按钮，弹出如图 1-4 所示的“新建项目工程向导”对话框，提示用户在项目工程向导中将要完

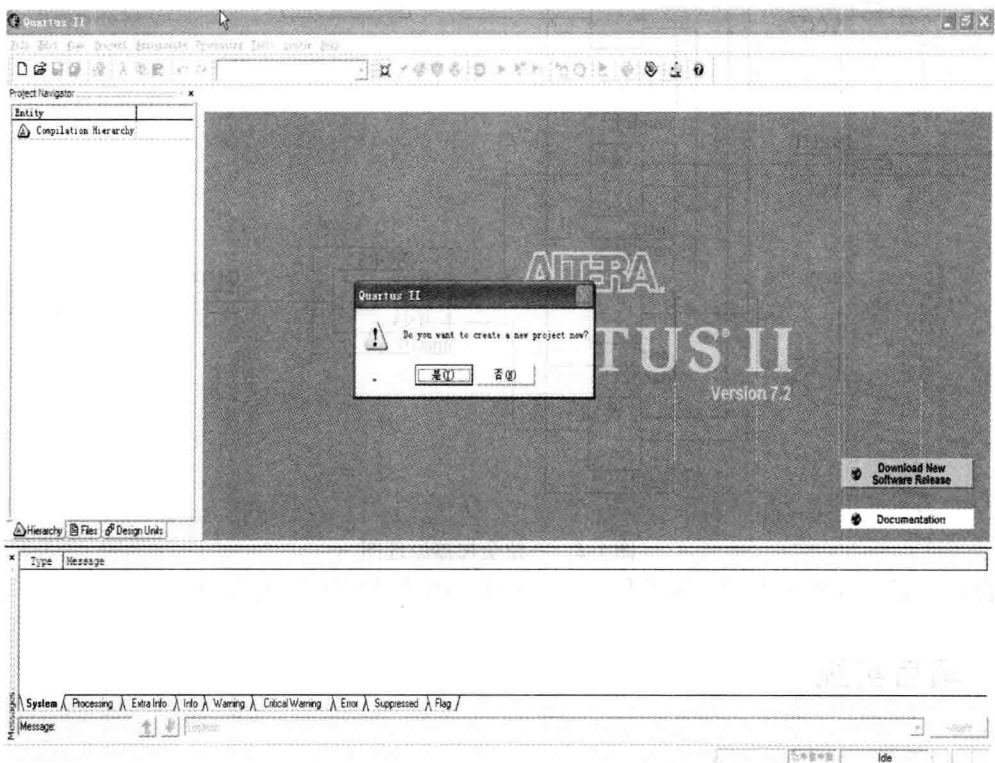


图 1-3 Quartus II 新建项目工程窗口

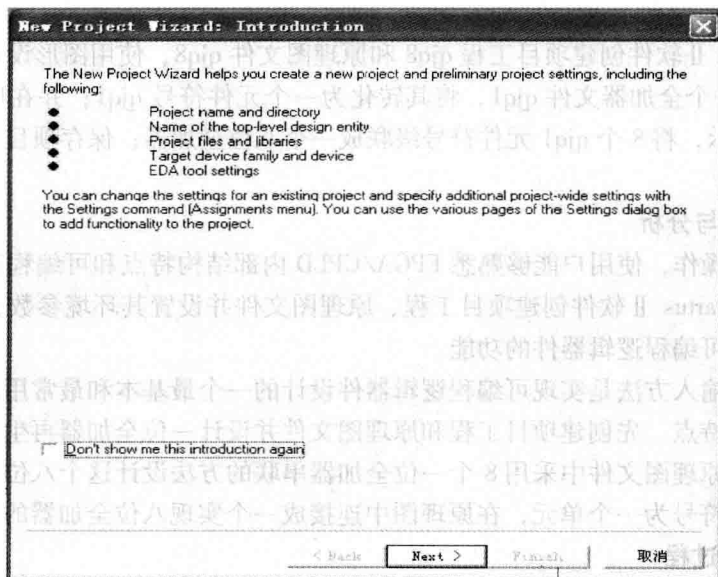


图 1-4 “新建项目工程向导”对话框 1

成的一些操作，包括项目工程和顶层文件名称和路径、指定目标器件名称和 EDA 工具参数设置等内容。

2) 单击“Next”按钮，出现如图 1-5 所示的对话框，在其中输入项目存放路径“e:\eda”、项目工程名称“qjq8”和顶层实体文件名称“qjq8”。

注意：在此处输入的新项目工程和顶层实体文件名称必须相同，且文件名称不能用中文、VHDL 关键字和软件中模块名称。单击此对话框中的“Use Existing Project Settings”按钮，可以在弹出的对话框中选择已存在的项目工程。

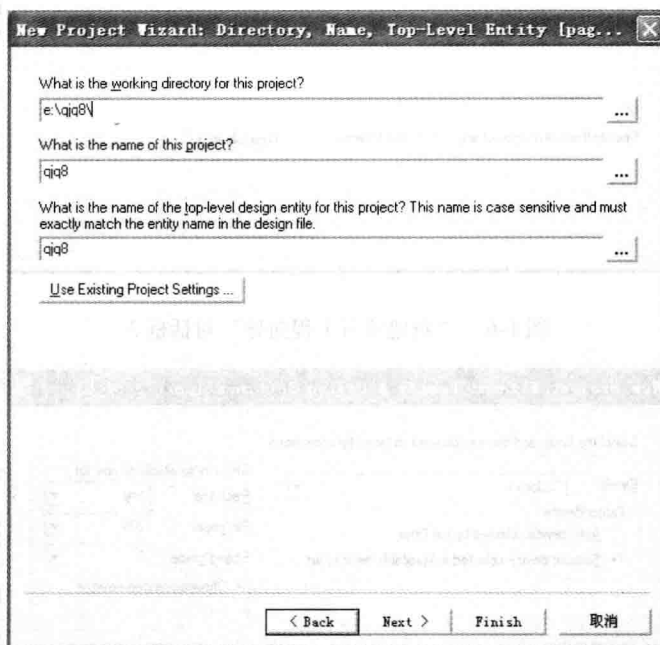


图 1-5 “新建项目工程向导”对话框 2

3) 单击“Next”按钮，出现如图 1-6 所示的对话框，在此可以将已经编辑好的文件加入到当前项目工程中。单击“...”按钮，打开“浏览文件”对话框，在其中选择想要的文件即可。本项目在此不选择任何文件，直接单击“Next”按钮。

注意：单击“Add All”按钮，可以加入当前对话框所列目录中的所有文件。单击“User Libraries”按钮，可以添加需要的文件和库。

4) 单击“Next”按钮，出现如图 1-7 所示的对话框，在此选择实现项目工程功能的可编程逻辑器件系列、型号、引脚数量和速度级等选项。本项目中选择 Cyclone II 系列器件中的 EP2C5Q208C8 作为可编程逻辑器件。

注意：选择“Target device”选项卡中的“Auto device selected by the Fitter”选项，可以由系统给所设计文件自动分配一个目标器件；选择“Specific device selected in ‘Available devices’ list”选项，则需要用户来自己指定目标器件。

5) 单击“Next”按钮，出现如图 1-8 所示的对话框，可在此对话框中添加第 3 方的

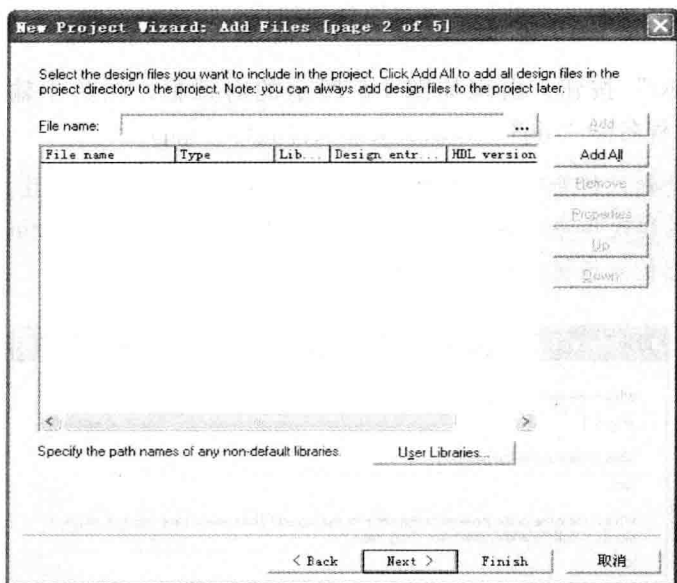


图 1-6 “新建项目工程向导”对话框 3

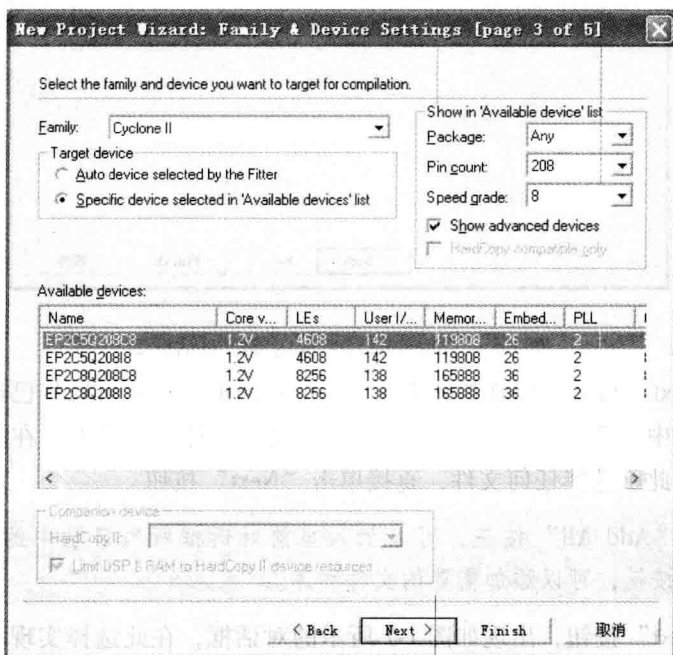


图 1-7 “新建项目工程向导”对话框 4

EDA 工具。在本项目中不需要添加额外的 EDA 工具，因此跳过此步而直接单击“Next”按钮来进入下一个对话框，如图 1-9 所示。此对话框中显示刚才创建项目工程中重要的文件和器件信息，单击“Finish”按钮，完成当前项目工程的创建。

(2) 新建一个原理图/图表模块文件

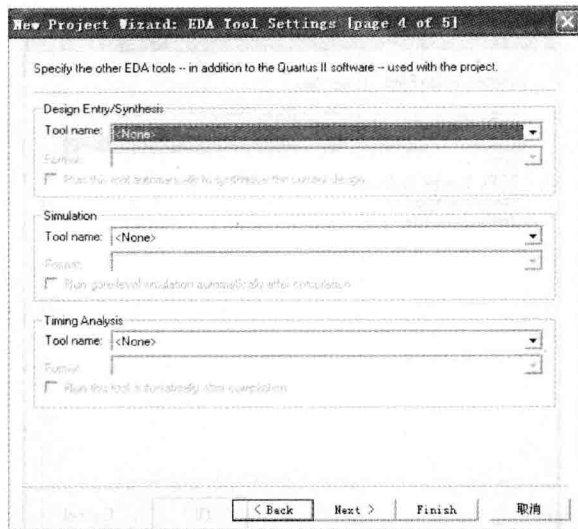


图 1-8 “新建项目工程向导”对话框 5

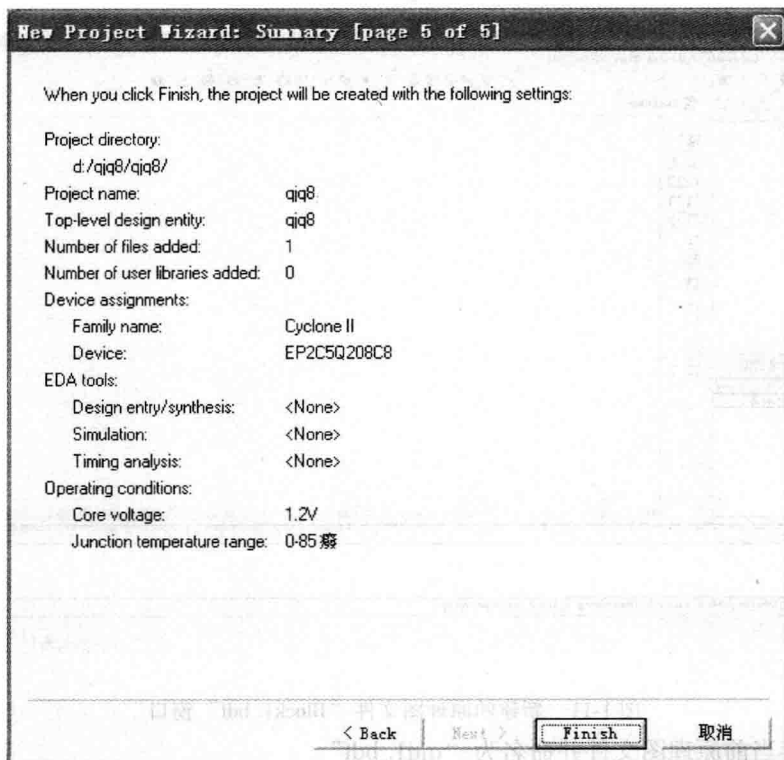


图 1-9 “新建项目工程向导”对话框 6

选择菜单“File”→“New”，弹出如图 1-10 所示的“新建设计文件”对话框。从中选择“Block Diagram/Schematic File”选项，单击“OK”按钮，即新建了一个如图 1-11 所示的原理图文件“Block1. bdf”。

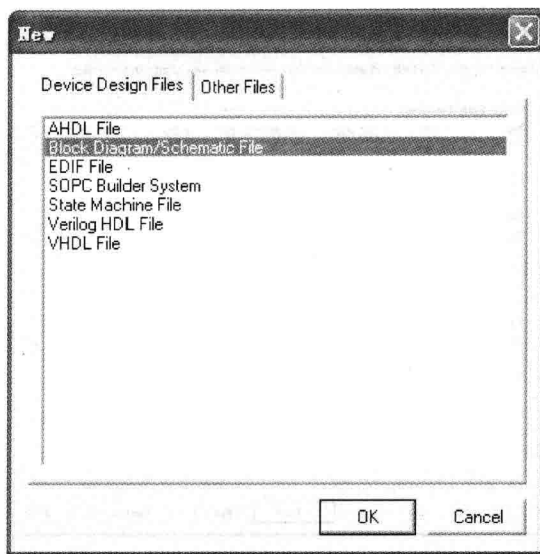


图 1-10 “新建设计文件”对话框

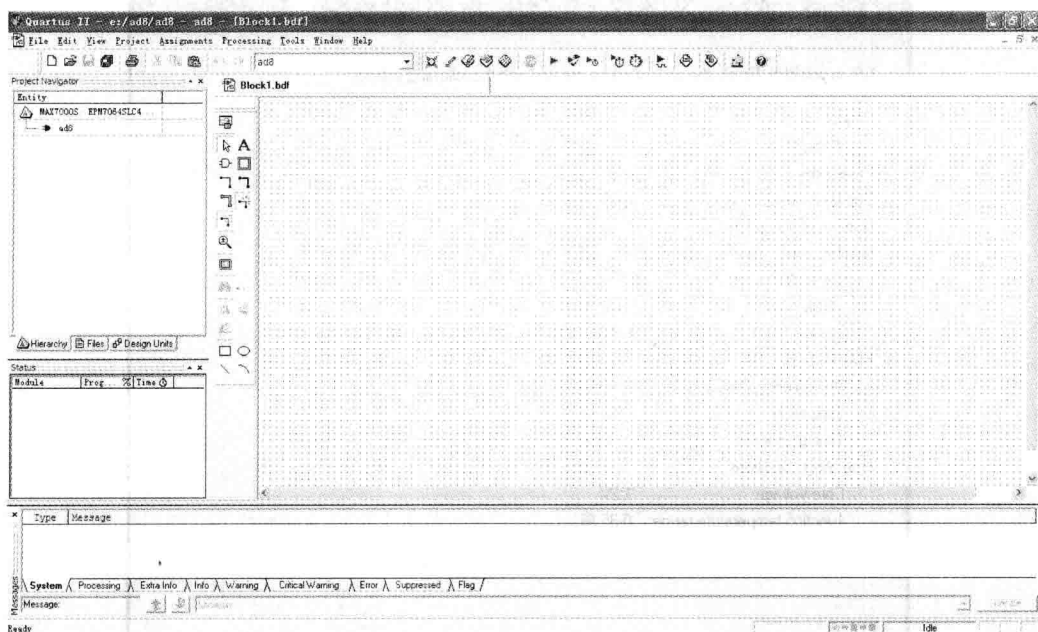


图 1-11 新建的原理图文件“Block1. bdf”窗口

(3) 保存当前原理图文件并命名为“qiq1. bdf”

选择菜单“File”→“Save As”，弹出如图 1-12 所示的“另存为”对话框。在此对话框中输入当前原理图文件名“qiq1”，系统默认其文件扩展名为“. bdf”。

(4) 放置元件符号“and2”

1) 选择元件符号“and2”。在图 1-11 中的图形编辑窗口的空白处双击，也可以单击编辑窗口左侧的编辑工具栏中的  按钮，都会弹出如图 1-13 所示的“Symbol”对话框。如