

普通高校本科计算机专业特色教材精选·计算机原理

PMC计算机设计与应用

姜咏江 著



清华大学出版社

TP302/29

2008

普通高校本科计算机专业特色教材精选·计算机原理

PMC计算机设计与应用

姜咏江 著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

这是一本实践性很强的双内存 PMC 结构计算机设计与应用的教材,主要介绍借助于 EDA 软件 Quartus II,利用 FPGA 器件进行完整计算机设计和计算机前期制作方法。全书设计形式主要用原理图,辅助以 Verilog HDL 硬件描述语言。作者设计制作的典型实例 PMC110 计算机的应用也是其中重要内容。为训练设计能力,书中特设加减法计算器、随机存储器和同步阵列乘除法等微指令计算机设计章节,并在此基础上,完整地给出了 PMC110 结构计算机设计实例。针对实例,给出了系统管理程序、连接设备驱动程序和编译程序等的设计;还给出了汇编语言程序设计;虚拟存储结构的设计方法等内容。

本书的目的在于推动国内完整计算机设计与制造技术的发展,其中的内容既适合作为研究生、本科生的专业教材,也适合作为计算机工程设计、基础软件设计和系统软件设计人员的参考书。

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

PMC 计算机设计与应用 / 姜咏江著. —北京:清华大学出版社, 2008.5

(普通高校本科计算机专业特色教材精选·计算机原理)

ISBN 978-7-302-17189-8

I. P… II. 姜… III. 电子计算机—设计—高等学校—教材 IV. TP302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 031910 号

责任编辑:焦虹 李晔

责任校对:梁毅

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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

印 刷 者:北京国马印刷厂

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:185×260

印 张:22

字 数:507 千字

版 次:2008 年 5 月第 1 版

印 次:2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.50 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:028748-01

出版说明

INTRODUCTION

在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等学校将会面向国民经济发展的第一线,为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为此,教育部已经启动了“高等学校教学质量和教学改革工程”,强调要以信息技术为手段,深化教学改革和人才培养模式改革。如何根据社会的实际需要,根据各行各业的具体人才需求,培养具有特色显著的人才,是我们共同面临的重大问题。具体地说,培养具有一定专业特色的和特定能力强的计算机专业应用型人才则是计算机教育要解决的问题。

为了适应 21 世纪人才培养的需要,培养具有特色的计算机人才,急需一批适合各种人才培养特点的计算机专业教材。目前,一些高校在计算机专业教学和教材改革方面已经做了大量工作,许多教师在计算机专业教学和科研方面已经积累了许多宝贵的经验。并将他们的教研成果转化为教材的形式,向全国其他学校推广,而这对于深化我国高等学校的教学改革是一件十分有意义的事。

清华大学出版社在经过大量调查研究的基础上,决定组织编写一套“普通高校本科计算机专业特色教材精选”。本套教材是针对当前高等教育改革的新形势,以社会对人才的需求为导向,主要以培养应用型计算机人才为目标,立足课程改革和教材创新,广泛吸纳全国各地的高等院校计算机优秀教师参与编写,从中精选出版确实反映计算机专业教学方向的特色教材,供普通高等院校计算机专业学生使用。

本套教材具有以下特点:

1. 编写目的明确

本套教材是在深入研究各地各学校办学特色的基础上,面向普通高校的计算机专业学生编写的。学生通过本套教材,主要学习计算机科学与技术专业的基本理论和基本知识,接受利用计算机解决实际问题的基本训练,培养研究和开发计算机系统,特别是应用系统的基本能力。

2. 理论知识与实践训练相结合

根据计算学科的三个学科形态及其关系,本套教材力求突出学科的理论与实践紧密结合的特征,结合实例讲解理论,使理论来源于实践,又进一步指导实践。学生通过实践深化对理论的理解,更重要的是使学生学会理论方法的实际运用。在编写教材时突出实用性,并做到通俗易懂,易教易学,使学生不仅知其然,知其所以然,还要会其如何然。

3. 注意培养学生的动手能力

每种教材都增加了能力训练部分的内容,学生通过学习和练习,能比较熟练地应用计算机知识解决实际问题。既注重培养学生分析问题的能力,也注重培养学生解决问题的能力,以适应新经济时代对人才的需要,满足就业需求。

4. 注重教材的立体化配套

大多数教材都将陆续配套教师用课件、习题及其解答提示,学生上机实验指导等辅助教学资源,有些教材还提供能用于网上下载的文件,以方便教学。

由于各地区各学校的培养目标、教学要求和办学特色均有所不同,所以对特色教学的理解也不尽一致,我们恳切希望大家在使用教材的过程中,及时地给我们提出批评和改进意见,以便我们做好教材的修订改版工作,使其日趋完善。

我们相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成为特色鲜明、质量上乘的优秀教材,同时,我们也希望通过本套教材的编写出版,为“高等学校教学质量和教学改革工程”做出贡献。

清华大学出版社

愿您的完整计算机设计
制作之路从这里开始。

作者
2008年元旦

前言

PREFACE

PMC110 计算机是借助于 FPGA 器件开发的一款计算机,它的结构不同于传统的 CPU 和存储器固定联合结构,而是借助于作者设计的多元动态计算机的 PU-MU-CHL 结构思想设计的,这种结构思想在片上多处理机 CMP 设计中,有广阔的发展前景。PMC110 计算机的设计将计算机一般的基本理论和方法放在首位,将配合计算机设计教学和单片机嵌入式系统的需求作为基本任务,并力求在计算机设计的思想和方法上有所创新和发展。

PMC110 计算机的着眼点集中在计算机的核心部件上,提出了核心计算机的概念,这种概念强调计算机运算器、存储器和控制器的一体性,打破了只强调运算器和控制器在内的,所谓计算机 CPU 的设计理念。这种 PMC110 计算机的实际设计制造成功,充分地体现了 PU-MU-CHL 结构思想的可行性。一般的说,能够执行一系列程序的设备就应该称为计算机,如果程序直接运行在二进制层面上,输入输出都直接用二进制数表示,那么这就是一个核心计算机。核心计算机是一切实用数字电子计算机的基础计算机。

作者不主张计算机的核心设计技术完全照搬国外。照搬照抄国外设计的做法,虽然可以收到一定的市场效果,但从“科技创新”的角度来看,从长远发展的观点来看,从国家安全的角度来看,从世界财富分配的角度来看,我们有必要去研究更加透彻的独立自主的计算机设计方法,彻底掌握完整的计算机设计制造技术,只有这样,我们才能够在计算机制造业中有自己的立足之地。在这方面,“批判地吸收和继承”国外的经验和技術,开创适合中国国情的计算机技术之路,肯定会成为研究计算机设计与制作专家们的共同出发点。

计算机是人类社会巨大的财富,具有强大的能力,是人类科学知识的尖端,是未来人类生活的必需品。因而国外首先提出了“知识产权”的概念,其目的不外乎保护他们已经和正在获得的经济利益,并且将这种权利加以延伸。为了摆脱外国的控制,只有通过自己研究计算机设计

与制作技术,才能具有自己的知识产权,才能够从外国的控制阴影中走出来。

研究计算机的设计制作,生产自己设计的计算机,还可以保证国家的安全。在核技术、空间技术和战略战术武器技术领域,乃至国家管理领域,都广泛使用计算机的今天,计算机的重要作用简直都可以和核武器相提并论。谁能保证国外的计算机开发商设计计算机不带有政治色彩?如果想要让设计的计算机成为“间谍”,对设计者来说这并不是困难的事情。

要从根本上解决计算机的设计制造问题,就要从计算机的根基部分,也就是核心计算机的设计开始,这样我们才不会完全重复着外国人的脚步,才能做到“有所发现,有所发明,有所创造,有所前进”。

本书从最简单的 PU-MU-CHL 结构 PMC110 计算机入手,详细地介绍了现代计算机设计与前期制作的方法,其内容既可以作为计算机设计的入门教材,也可以作为计算机原理与系统结构课程的实验内容,还可以作为设计研发新的计算机系统的参考资料。让自己设计的计算机能够应用于各种智能产品的核心控制,替代以往的单片机,让自己设计的 IP 核进入嵌入式系统,一定会感到非常惬意。

在计算机原理与系统结构课程中,很难做到一面教学一面配合教学内容进行设计实践,原因是很难找到与教学内容完全配套的专用设计实验机。作者将完全自己设计制作的 PMC110 计算机奉献出来,配合教学就是其中的一个目的。PMC110 计算机可以为计算机理论和设计技术学习提供全方位地支持。具体地说,它能够真实地表现计算机信息处理的基本形式、指令系统的作用,让读者学会汇编程序的设计、编译方法,掌握程序装填、执行的基本过程,深刻理解管理程序、操作系统、应用程序和用户程序的关系及它们的各自作用,能够掌握虚拟存储的设计技术和方法。

书中第 1 章介绍了 PMC 计算机的产生背景及 PMC110 计算机的特色;第 2 章介绍了 PMC110 计算机的使用方法;第 3 章重点介绍 PMC110 计算机的汇编语言程序设计和编译方法,介绍了宏汇编和虚拟存储结构的设计方法;第 4~7 章是加减法计算器、随机存储器、同步阵列乘法器和同步阵列除法等微指令计算机的设计与下载实验;第 8 章是 PMC 计算机设计实例。这一章是本书的核心内容,完整地介绍了整机的设计过程,内容包括整机结构设计,指令集的构想,控制器的设计,系统程序如何设计,输入缓冲区接口设计,连接驱动程序如何设计,程序编译器设计,以及人机交互的频率协调和按键去抖动的设计方法等。如果想快速进入计算机设计,可先了解第 8 章内容。

本书主要使用 Quartus II 的原理图输入方式进行计算机设计,但下载连接等驱动程序还是用 Verilog HDL 硬件语言描述的,由于这不是本书的中心内容,故以附录的形式在书后介绍,以便读者能够理解书中的 Verilog HDL 程序。本书涉及的文档资料请查看 PMC110@126.COM 邮箱,密码是 PMC110。

愿我国的计算机制造业能够快速挤进世界先进国家的行列,有一个飞速的发展!

作者

2008 年 2 月

目 录

CONTENTS

第 1 章	PMC 计算机简介	1
1.1	历史背景	1
1.2	并行计算机冲突概述	3
1.3	PU-MU-CHL 并行结构	5
1.3.1	计算机核心重组	5
1.3.2	PU-MU-CHL 结构	7
1.4	PMC110 计算机	9
1.4.1	PMC110 计算机实体	9
1.4.2	相关数据	9
1.4.3	PMC110 计算机的特色	10
1.5	配套教材	15
习题 1		16
第 2 章	PMC110 计算机操作	17
2.1	PMC110 计算机组织	17
2.2	PMC110 计算机逻辑结构	18
2.3	指令系统	19
2.3.1	指令设计	19
2.3.2	指令格式和寻址方式	21
2.3.3	指令全程与控制函数	22
2.4	机器语言程序输入	37
2.4.1	汇编例题	37
2.4.2	程序输入与编译操作	37
2.4.3	程序设计器的安装	39
2.4.4	程序设计器的使用	39
2.5	程序输入、装填与执行	41
2.5.1	程序输入与装填	41

2.5.2	输入编辑	42
2.5.3	程序执行启动	42
2.5.4	人机交互方式	43
2.5.5	执行结果表示	43
2.6	系统复位与复杂操作	43
2.6.1	系统复位的方法	44
2.6.2	缓冲区复位	44
2.6.3	用复位输入操作	44
2.7	需要知道的限制	45
2.7.1	存储器的限制	45
2.7.2	输入缓冲区的限制	45
习题 2		46
第 3 章	汇编程序设计 with 编译方法	47
3.1	PMC110 计算机的输入输出管理	47
3.2	PMC110 计算机的管理程序	48
3.3	汇编语言程序设计	49
3.3.1	汇编程序的基本结构	50
3.3.2	指令的分类	51
3.3.3	分支循环结构	53
3.3.4	多重循环	54
3.3.5	使用地址指针	55
3.3.6	起泡排序	58
3.4	宏指令	61
3.4.1	宏指令格式	61
3.4.2	无参数宏	61
3.4.3	带参数的宏	62
3.4.4	宏与函数	62
3.5	编译方法	62
3.5.1	编译的一般过程	62
3.5.2	段内编译的例题	63
3.5.3	PMC110 计算机的编译方法	64
3.5.4	机器编译方法	65
3.5.5	用数据库软件设计编译器	65
3.6	典型例题	66
3.7	虚拟存储器结构设计	71
3.7.1	虚拟存储执行的机制	71
3.7.2	虚拟存储编程	71

3.7.3 虚拟存储程序设计	71
习题 3	75
第 4 章 加减法计算器设计	77
4.1 微指令计算机	77
4.2 加减法计算器的结构	78
4.3 寄存器设计	79
4.3.1 Quartus II 启动及建立工程项目	79
4.3.2 设计寄存器	83
4.3.3 部件封装与修改	88
4.4 加减法器设计过程	90
4.4.1 加减法单元设计	90
4.4.2 加减法器整体设计	90
4.4.3 加减法计算器总线结构设计	92
4.5 加减法计算器设计仿真	93
4.5.1 项目工程编译	93
4.5.2 建立波形文件	95
4.5.3 设定仿真数据	98
4.5.4 进行仿真	99
4.6 PMC110 板下载和操作验证	99
4.6.1 建立下载工程	99
4.6.2 数码管驱动程序	100
4.6.3 连接驱动程序	102
4.6.4 FPGA 引脚与设备连接	104
4.6.5 设计工程下载	104
4.6.6 加法测试	106
4.6.7 减法测试	106
4.6.8 验证结论	107
4.7 改进的加减法计算器	107
4.7.1 8 位加减法器	107
4.7.2 加减法器输入输出设计	108
4.7.3 总线结构设计	108
4.7.4 下载连接程序	110
4.7.5 8 位加减运算测试	112
习题 4	113
第 5 章 随机存储器设计	115
5.1 存储部件的设计	115

5.1.1 存储单元设计	115
5.1.2 地址译码器设计	116
5.1.3 存储器本体设计	117
5.1.4 完整的存储器设计	117
5.2 存储器总线结构	119
5.3 仿真检测	121
5.3.1 简单结构的检测	121
5.3.2 实际下载连接	122
5.3.3 检验写和读	123
5.3.4 资源使用情况	124
习题 5	125
第 6 章 同步阵列乘法器设计	127
6.1 乘法器的设计	127
6.1.1 阵列乘法器结构	127
6.1.2 同步无符号乘法阵列	128
6.1.3 前端绝对值处理	128
6.1.4 后端值符号处理	129
6.2 阵列乘法器仿真	131
6.3 同步阵列乘法器下载与操作检测	131
6.3.1 带总线监视机制的乘法器	131
6.3.2 同 PMC110 板连接的驱动程序	131
6.3.3 乘法器下载检测	133
习题 6	134
第 7 章 同步阵列除法器设计	135
7.1 理论除法器设计	135
7.1.1 输入输出结构	135
7.1.2 无符号除法器设计	136
7.1.3 正负对称区间除法阵列	136
7.2 实用除法器	138
7.2.1 实用除法阵列电路	138
7.2.2 分析流程	139
7.2.3 最小数的判断	139
7.2.4 除法器的仿真验证	145
7.3 除法器的连接驱动	145
7.4 除法器的下载检测	147
习题 7	147

第 8 章	PMC 计算机设计实例	149
8.1	计算机设计实例说明	149
8.1.1	PMC110 核心计算机的一般结构	149
8.1.2	计算机的设计目标	150
8.2	器件设计	150
8.2.1	8 位加减法器设计	150
8.2.2	同步计数器的设计	151
8.2.3	堆栈指针的设计	153
8.2.4	累加器设计	154
8.2.5	节拍器的设计	154
8.2.6	8 位译码器的设计	155
8.2.7	存储器的设计	156
8.3	完整部件设计	161
8.3.1	存储器部件	161
8.3.2	ALU 部件	161
8.4	总线结构设计	162
8.4.1	连接存储器和运算器	162
8.4.2	累加器、计数器连入总线	162
8.4.3	操作数寄存器、数据寄存器和输出寄存器连入总线	164
8.5	指令系统设计	165
8.5.1	确定指令系统	165
8.5.2	指令全程分析	167
8.5.3	计算机指令全程表	167
8.6	控制器设计	172
8.6.1	控制矩阵设计	172
8.6.2	组织控制器	175
8.7	输入接口设备设计	175
8.7.1	缓冲区接口电路	176
8.7.2	输入接口解决的问题	177
8.7.3	操作系统的设计	179
8.7.4	操作系统的发展	180
8.8	总体设计	180
8.8.1	顶层结构	180
8.8.2	输入程序数据控制	182
8.9	程序运行仿真	183
8.9.1	仿真程序的输入方法	183
8.9.2	观察仿真波形	184

8.10	工程下载与检测	185
8.10.1	时钟设计	185
8.10.2	下载连接驱动程序	189
8.10.3	检验程序设计	195
8.11	计算机设计制作要掌握的知识	200
习题 8		201
附录 A	Verilog HDL 语言介绍	203
A.1	Verilog HDL 语言	203
A.2	Verilog HDL 语言的基本概念	204
A.2.1	模块	204
A.2.2	时延	205
A.2.3	数据流描述方式	206
A.2.4	行为描述方式	207
A.2.5	结构化形式描述	209
A.2.6	混合设计描述方式	211
A.2.7	设计模拟	211
A.3	Verilog HDL 语言要素	214
A.3.1	标识符	214
A.3.2	注释	215
A.3.3	格式	215
A.3.4	系统任务和函数	215
A.3.5	编译指令	216
A.3.6	值集合	219
A.3.7	数据类型	222
A.3.8	参数	229
A.4	表达式	230
A.4.1	操作数	230
A.4.2	操作符	232
A.4.3	表达式种类	241
A.5	门电路模型	241
A.5.1	内置基本门	242
A.5.2	多输入门	242
A.5.3	多输出门	244
A.5.4	三态门	244
A.5.5	上拉、下拉电阻	245
A.5.6	MOS 开关	246
A.5.7	双向开关	247

A. 5. 8	门时延	247
A. 5. 9	实例数组	249
A. 5. 10	隐式线网	249
A. 5. 11	简单示例	250
A. 5. 12	解码器举例	250
A. 5. 13	主从触发器举例	251
A. 5. 14	奇偶电路	252
A. 6	用户定义的元语	253
A. 6. 1	UDP 的定义	253
A. 6. 2	组合电路 UDP	253
A. 6. 3	时序电路 UDP	254
A. 6. 4	另一实例	256
A. 6. 5	表项汇总	256
A. 7	数据流模型化	257
A. 7. 1	连续赋值语句	257
A. 7. 2	举例	258
A. 7. 3	线网说明赋值	258
A. 7. 4	时延	259
A. 7. 5	线网时延	260
A. 7. 6	举例	261
A. 8	行为建模	262
A. 8. 1	过程结构	262
A. 8. 2	时序控制	266
A. 8. 3	语句块	269
A. 8. 4	过程性赋值	273
A. 8. 5	if 语句	278
A. 8. 6	case 语句	279
A. 8. 7	循环语句	281
A. 8. 8	过程性连续赋值	284
A. 8. 9	握手协议实例	286
A. 9	结构建模	287
A. 9. 1	模块	287
A. 9. 2	端口	288
A. 9. 3	模块实例语句	288
A. 9. 4	外部端口	292
A. 9. 5	举例	294
A. 10	任务与函数	296
A. 10. 1	任务	296

A. 10.2	函数	298
A. 10.3	系统任务和系统函数	300
A. 10.4	禁止语句	310
A. 10.5	命名事件	311
A. 10.6	结构描述方式和行为描述方式的混合使用	313
A. 10.7	层次路径名	314
A. 10.8	共享任务和函数	316
A. 10.9	值变转储文件	317
A. 10.10	指定程序块	320
A. 10.11	强度	323
A. 10.12	竞争状态	324
附录 B	FPGA 简介	327
B. 1	可编程逻辑设计技术	327
B. 1.1	ASIC 与 FPGA	327
B. 1.2	FPGA 程序设计	328
B. 2	Cyclone EP1C6T 的外形结构	328
B. 3	FPGA 的内部结构	330
参考文献		332

第 1 章

CHAPTER

PMC 计算机简介

PMC 计算机是 PU-MU-CHL 结构的多元动态计算机的简称,这是作者多年设计计算机的一个成熟的构想。从理论上讲,该结构计算机有十分广阔的发展前景。作者已经制作出 PMC362 计算机的核心部件,通过独立地实验、测试,运行正常。作为这种结构设计的完整计算机,本书给出的 PMC110 计算机是最基础、最容易学习的一种,通过对它的设计、制作及重组的训练,可以逐步进入 PMC 世界,真正制造出完全属于我们自己的计算机。

1.1 历史背景

没有外部设备或只有简单二进制输入输出设备的计算机叫核心计算机,或者叫计算机核心。现在流行的计算机核心是固定 CPU-M 结构的形式。这种计算机的核心部件是中央处理单元(CPU)和内部存储器(M),它们通过内部总线连接,形成了 CPU-M 结构的计算机核心。存储器组成单一,除了附属地址寄存器和地址译码器外,就不再包含其他设备了;而 CPU 结构复杂,其中包括控制器、指令分析设备、运算器、程序计数器、累加器、暂存寄存器、堆栈指针和地址指针等,也就是说计算机核心组成中,除了存储器以外的部件都属于 CPU。

CPU-M 结构的计算机,其核心的突出特点是除控制信号之外,所有的数据都要通过单一的内部总线进行传递,共用唯一的一个主存储器,这个主存储器一般被称为内存。这种计算机在程序并发执行或多处理机并行运行的情况下,容易产生内存或总线冲突,还可能出现内存共用的数据错误,即所谓的数据相关问题。对于资源冲突,现在多使用高速缓存(cache)技术进行缓解,但是仍然不能从根本上解决问题。

用一个处理器和一个内存组织的 CPU-M 结构核心计算机,想要同时运行多个程序是不可能的。由于这种计算机的 CPU 本质就是一个顺序运行的设备,要做到“同时”运行多个程序根本办不到,因为它的运行必须经