

面向RISC_V微处理器架构的创新能力的培养探索与实践

汤永华 李晓游

沈阳工业大学电子技术教研室

摘要: RISC_V微处理器架构是独立于ARM等现有处理器架构以外的一种新型架构,该架构在指令集等方面具有先天优势,且面向公众免费开放,被认为是未来最有发展前景的微处理器架构。为全面培养学生利用RISC_V进行创新开发的能力,教学团队从理论内容设置、训练平台建设、科技竞赛等多个方面进行了探索和实践。形成了独特的培养理论知识架构,开发了具有特色和产权的RISC_V实践训练设备,并通过高水平科技竞赛检验了培养模式的成效。实践结果表明,学生对以RISC_V为核心的微处理器系统的理解和灵活运用能力明显增强,相应的创新开发能力也有显著提高。

关键词: RISC_V; 微处理器; 创新能力培养

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2023.03.231

一、当前主流处理器架构

(一) X86处理器架构

X86(The X86 architecture)架构是由Intel开发的微处理器执行的计算机语言指令集,它是一种复杂指令集计算机(CISC)架构,其设计是指在通过提高时钟速度和提高每个时钟周期内的操作数量来增加总体性能。这意味着它有大量的指令,每个指令可以执行复杂的操作,如内存访问、算术运算等。目前的PC架构绝大多数都是Intel的X86架构。复杂指令集(CISC)指令众多,每条指令的操作都有对应的电路设计,因此CPU的电路设计较复杂,功耗较大。X86架构主要面向家用、商用领域,在性能和兼容性方面做得比较好,主要占据PC和服务市场。使用X86需要购买相应的知识产权,取得X86指令集授权。

(二) ARM处理器架构

ARM架构是由ARM公司开发的32位精简指令集,这是一种精简指令集计算机(RISC)架构,它的设计重点是在限制的功率和热环境下,优化每瓦特的性能。因此,它的指令集相对较小,每个指令执行的操作相对简单,但是可以通过组合多个指令来完成复杂的操作。32位嵌入式处理器中ARM架构占比75%。由于低功耗的特点,ARM处理器非常适用于移动通讯领域,符合其主要设计目标为低耗电的特性。ARM处理器在很多消费性电子产品上得到应用,从便携式装置到电脑外设,甚至在导弹的弹载计算机等军用设施中都有它的存在。总之,ARM架构主要是面向移动、低功耗领域,在设计上更侧重节能、能效方面。由于ARM处理器架构历史悠久,经过不断的改进和迭代,使得指令集有较高的冗余性,一定程度上影响了指令的执行效率。另外,使用ARM架构同样需要购买相应的知识产权。

二、RISC_V微处理器架构

RISC-V架构是基于精简指令集计算(RISC)原理

建立的开放指令集架构(ISA),RISC-V是在指令集不断发展和成熟的基础上建立的全新指令。RISC-V指令集完全开源,设计简单,易于移植Unix系统,模块化设计,完整工具链,同时有大量的开源实现和流片案例,得到很多芯片公司的认可。RISC-V架构的起步相对较晚,但发展很快。它可以根据具体场景选择适合指令集的指令集架构。基于RISC-V指令集架构可以设计服务器CPU,家用电器CPU,工控CPU和用在比指头小的传感器中的CPU。因此有分析认为“未来两到三年内,RISC-V将超越所有其他架构!”,因此学习和掌握RISC-V已经成为一股无法抵挡的趋势和热潮。它不仅个人职业规划的上佳选择,也代表着对国家科技发展的重要贡献。目前,RISC_V微处理器架构在智能穿戴产品上的应用广泛,前景广阔。

三、理论培养内容的设置

(一) 基础内容

主要包括现代数字系统构建原理和基本组成、FPGA超大规模集成电路结构原理、HDL语言及其特点和使用技巧等的教学。基础内容教学的主要目的是打牢基础,为后续深入探讨以RISC_V为代表的微处理器结构和应用奠定基础。

(二) 主流微处理器结构辨析

包含当前流行的X86和ARM两类处理器架构进行深入的剖析和探讨,让学生充分了解不同处理器架构的构成和优缺点,为在实际应用中合理进行选择打好基础,同时也为后续深入研究RISC_V架构和应用做好前期准备。

(三) RISC_V处理器架构

包含基于RISC_V的各种算术运算及其相应规则,微处理器核各个组成的实现方法等。通过学习和研讨RISC_V架构的相关内容,让学生对该微处理器构成既有总体的了解和认识,也为深入研究和实际使用做好准备。

（四）RISC_V基本架构实训

利用自研的RISC_V特色实践训练设备构建一套基本的RISC_V微处理器，实现基本的加减乘除等算术运算和包括交通信号灯控制器、环境温度检测电路等在内基本实训项目。通过基本实训，让学生将RISC_V架构从理论到实践应用紧密联系，以实训促进对理论的理解，以理论指导实训的开展。

（五）RISC_V应用实训

教学团队整合任课教师科研课题，归纳出包括锦鲤鱼苗智能筛选控制系统、变速箱换油自动控制系统、点阵电子广告屏控制系统等若干实训项目。

四、特色RISC_V实践训练设备的开发和应用

（一）特色RISC_V实践训练设备的构成

教学团队从学生能力培养的角度出发，根据课程建设需要，自主设计开发了一套基于FPGA和RISC_V微处理器的高阶实训设备。该特色训练设备已经申报发明专利，专利号202310664795.5。

实践训练设备从实际教学需求出发，具有造价低廉，方便携带，散热迅速，功能简单易懂，实验内容与课堂教学内容和学生能力培养相匹配，便于学生理解以RISC_V为核心的FPGA数字系统设计的开发理念，有利于学生日常进行创新性成果开发训练。

该高阶实训设备采用XILINX公司主流FPGA芯片为核心，构建包含若干可自由搭配的辅助模块的综合系统。具体包括FPGA核心模块和与其连接的彩灯模块、数码管模块、交通灯控制模块、光电检测模块、风扇模块、温度采集模块、声音模块、开关模块、LED显示模块、键盘模块和电源管理模块。

FPGA核心模块为以FPGA芯片为核心的基本外围电路，包括存储电路、核心电源转换电路、晶振电路。彩灯模块包括6组彩灯模组及其对应的驱动电路，每个模组由红黄绿三个颜色的彩灯组成。彩灯模块排列为规则的圆形。数码显示模块由6个数码管及其驱动电路组成，6个数码管排列为一排。交通灯模块由两组独立的数码管和红黄绿三色彩灯组成，两组承“十”字形排列，对应交通路口交叉方向的两个路口的交通灯及其倒计时装置。光电传感器模块由光电对管传感器和电压比较器电路组成，输出数字信号代表光电传感器光线被遮挡状况。风扇控制模块由直流风扇和驱动电路组成。模拟信号采集模块由A/D转换及其外围电路组成，数字信号并行输出。声控模块包含两组有源蜂鸣器及其驱动电路。自锁开关模块包含12组独立自锁数字信号输出电路，每组输出配套输出状态知识灯。LED矩阵模块由8*8三色矩阵LED模组构成。矩阵键盘由3*4薄膜矩阵键盘构成。电源管理模块负责将输入电压转换为5V和3.3V多输

出电压，为系统提供电源供给。所有模块均与FPGA核心模块相连。

实践训练设备外观如图1所示。

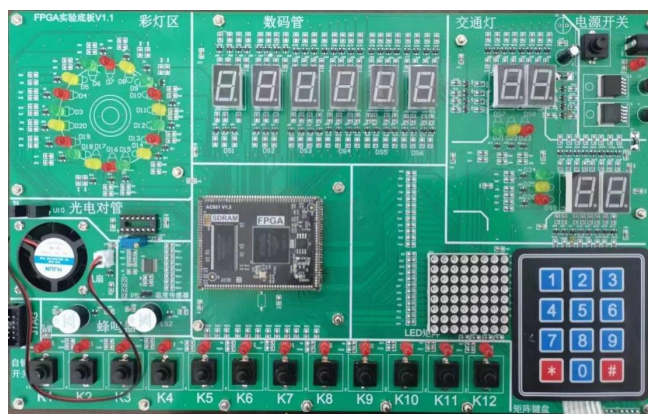


图1 特色RISC_V实践训练设备

（二）实践训练项目

不同模块组合成不同的综合实践训练项目，具体如下：

- 交通灯控制模块用于交通灯控制系统实践训练项目
- LED矩阵模块+矩阵键盘模块可以用于动态字符显示和动画显示实践训练项目
- 光电对管模块+数码管模块+自锁开关模块用于出租车计价器实践训练项目
- 模拟信号采集模块+风扇控制模块+自锁开关模块用于智能风扇实践训练项目
- 数码管模块+自锁开关模块用于数字钟和电子秒表实践训练项目
- 矩阵键盘模块+数码管模块+声控模块+彩灯模块用于密码锁实践训练项目
- 自锁开关模块+数码管模块用于乒乓球游戏实践训练项目
- 声控模块用于警笛报警实践训练项目
- 彩灯模块用于霓虹灯控制实践训练项目
- LED矩阵模块+数码管模块+自锁按键模块用于电梯控制系统实践训练项目

（三）实践训练设备应用于教学和实践

该实践训练设备全程引入课题教学，在相关课程教学过程中实时利用该设备进行相关理论和方法的验证演示，形成了“所学即所见”的教学效果。如图2所示。

教学团队积极探索课外能力拓展途径，采取了线上线下相结合的方式推动学生利用业余时间，以自研高阶实训设备为平台进行项目开发和能力的培养。教学实验室采取排班制，由教学团队教师轮流值守，既保证实验室安全，也可以对学生开发过程遇到的问题进行实时指



图2 特色实践训练设备在课堂教学中的应用

导。对于学生的开发成果，进行集中展示和集中交流，交换思路，拓展视野，提高学生对RISC_V为核心的现代数字系统和数字集成电路的创新应用能力。学生自由开发和成果展示如图2所示。



图2 学生自由开发和成果展示

五、面向RISC_V科技竞赛的参与和收获

经过持续的实践拓展训练，学生对RISC_V微处理器架构具备了深厚的理解，对利用FPGA进行RISC_V微处理器核的构建核调试日臻成熟。以此为基础，通过若干实训项目的开发训练，学生对利用FPGA进行以RISC_V微处理器架构为核心的数字集成系统的开发能力有了巨大的提高，基本具备了进行复杂数字系统核数字集成电路开发的能力。

在理论知识基础和创新应用能力双重培养的基础上，指导学生积极参与全国性各类科技竞赛，以此进行实战验兵用兵，进一步检验学生创新能力水平。相关学生参加了包括全国集成电路创新创业大赛在内的若干科技赛事，获得了包括全国一、二、三等奖、东北赛区和辽宁省赛区若干奖项。相关赛事指导教师被赛事主办方评为优秀指导教师。

六、结论

RISC_V微处理器核是目前公认最有发展前景的微处理器架构之一，得到了越来越多科研人员和机构的重视，且在众多领域已经得到了广泛的应用。本教学团队从实际科研项目出发，以培养学生较强的基于RISC_V微处理器架构应用能力为目的，科学梳理微处理器理论内容，并利用自身技术优势开发了特色FPGA高阶实践实训设备。经过相当时间的实施和探索，所涉学生在FPGA和RISC_V架构应用领域的理解和应用能力得到了显著提高，在相关高水平科技赛事中取得了理想的成绩。

参考文献

- [1] 彭朋 刘伟峰等. 基于CDIO-PBL教学模式的微处理器与嵌入式系统课程教学改革探讨[J]. 高教学刊. 2022, 8 (27): 138-141
 - [2] 吴爱萍. 新时代应用型本科人才培养目标下的微处理器课程群构建研究[J]. 中国现代教育装备. 2020 (23): 68-70
 - [3] 曾海妮. 面向应用型微处理器与系统设计实践教学改革的[J]. 教育教学论坛. 2019 (40): 125-126
 - [4] 白煜, 李香萍, 刘开华. 面向工程实践能力培养的电子技术实验系统[J]. 实验技术与管理. 2017, 34 (7): 80-84.
 - [5] 汪凤林. 基于任务驱动的微处理器应用课程实习教学改革[J]. 中国现代教育装备. 2019 (17): 27-29
 - [6] 钟伟雄. 一种自主研发数电实验板在数字电路实验中的应用[J]. 数字技术与应用, 2017 (9): 29-31.
- 作者简介: 汤永华, 男, 籍贯: 山东寿光, 工学博士, 沈阳经济技术开发区沈辽西路111号。
- 2022年度沈阳工业大学研究生教学改革研究项目“立足”“微处理器原理与设计”课程, 构建“主人翁精神”的三维共同体研究”
- 2022年度辽宁省普通高等教育本科教学改革研究项目立项优质教学资源建设与共享项目-“跨校修读+课程思政”双融合双促进数字电子技术课程教学模式研究与探索 辽教通[2022]166号