

文章编号: 2095-2163(2020)05-0273-03

中图分类号: TP29, TP39

文献标志码: A

# 基于 MIPS 架构的工程技术和行业应用实践

于 君

(山西集智数据服务有限公司, 太原 030032)

**摘要:** 随着 5G、物联网、大数据、人工智能、区块链等信息技术的发展和應用, 计算能力作为新型生产力成为数字经济的发展基础。MIPS 技术以其开源架构、指令简洁、易于扩展等特点在多体系架构共存的处理器产业中快速发展。阐述了处理器技术架构类型和特征, 论述了 MIPS 技术架构在图像识别、动态调度、克隆检测等领域的工程技术研究情况, 从自动控制、仪器仪表、气象服务、航天装备、电子消费等领域论述了 MIPS 技术架构的行业应用实践。最后, 对于 MIPS 技术架构的产业生态培育提出了意见和建议。

**关键词:** MIPS 架构; 工程技术研究; 行业应用实践

## Engineering technology research and industry application practice based on MIPS architecture

YU Jun

(Shanxi Intelligence Pooling Data Service Company Limited, Taiyuan 030032, China)

**[Abstract]** Calculate ability has become a new type of productivity and the foundation for the development of the digital economy, With the development and application of information technologies such as 5G, Internet of Things, big data, artificial intelligence, and Blockchain. MIPS technology has the characteristics of open source architecture, simple instructions, and easy expansion. Therefore, MIPS technology is developing rapidly in the processor industry, with multiple architectures coexist. This paper describes the types and characteristics of processor technology architecture, and discusses the engineering technology research situation of MIPS technology architecture in the fields of image recognition, dynamic scheduling, clone detection, etc. And this article discusses the industrial application practice of MIPS technology architecture in the fields of automatic control, instrumentation industry, meteorological service, aerospace equipment, electronic consumer. Finally, the article puts forward opinions and suggestions on industrial ecological cultivation of MIPS technical framework.

**[Key words]** MIPS architecture; engineering and technology research; industrial applications practice

### 0 引言

随着新一代信息技术产业的快速发展, 全社会的逐步由信息化、数字化阶段步入了数据化、智能化的新阶段。微型、低能耗的传感器实现了对于目标环境的数据采集功能, 5G、NB-IOT 等长短通信技术实现了数据传输功能, 数据分析实现了对于数据内涵的理解和分析, 人工智能实现了数据中知识经验的凝练, 区块链实现了数据交互的隐私防护和共识可信。

数据、算法、算力已经成为了大数据时代的技术要素, 而硬件系统作为软件算法的基础载体, 其计算和管理性能的提升直接影响到了知识学科、技术应用和产业跨越的发展进程, 因此中央处理器(CPU, central processing unit)的实时计算处理运算能力成为了未来产业融合应用的关键基础因素。

### 1 处理器技术路线

处理器技术架构主要包括复杂指令集(CISC,

complex instruction set computer)和精简指令集(RISC, reduced instruction set computer)两大类。基于 CISC 的 CPU 结构相对复杂, 设计周期较长。CISC 的指令功能较复杂, 寻址方式较多, 指令使用种类频次相对集中, 可直接通过指令实现存储器相关操作, 因而更适用于复杂功能需求场景下的通用计算机设备。基于 RISC 的 CPU 结构更加紧凑, 设计周期较短。RISC 采用统一指令编码方式, 有效提升了解译效率, 指令代码相对易于学习, 因而更适用于特定功能需求场景下的专用计算机设备。

X86 架构属于 CISC 技术路线, 主要代表企业是英特尔 Intel 和超威半导体 AMD。ARM (advanced risc machine) 架构和 MIPS (microprocessor without interlocked pipeline stages) 架构属于 RISC 技术路线。基于 RISC 技术路线的 MIPS 架构的工作原理为利用软件方式避免流水线中的数据相关问题<sup>[1]</sup>。

1981 年, 斯坦福大学教授 John Hennessy 团队

**作者简介:** 于 君(1985-), 女, 博士, 工程师, 主要研究方向: 大数据应用、智能信息系统。

**收稿日期:** 2020-03-22

设计搭建首个 MIPS 架构处理器,并于 1984 年组建 MIPS Computer Systems 公司,1985 年设计诞生 R2000 芯片,之后 MIPS 架构逐步从传感器、微控制器向路由设备、数字电视、游戏机等应用领域延伸。由于 MIPS 架构是开源指令集,因此有效降低了中小企业的研发成本和授权风险,Wave Computing、Microchip、loongson(龙芯)等行业领军企业将 MIPS 架构处理器不断深入到新兴产业领域。

## 2 基于 MIPS 架构处理器的工程技术研究

随着 MIPS 架构处理器的设计生产和制造工艺的不断升级,其指令集架构(ISA, instruction set architecture)持续扩展,能耗指标不断优化,运算性能持续提升,研究人员在相关工程技术领域开展了有益的探索实践。

在图像识别算法研究方面,研究人员以 2K1000 龙芯派为硬件载体,分别对深度学习模型 VGG-16、Google Net、Mobile Net 和 Alex Net 进行了对比训练测试<sup>[2]</sup>,结果显示 Alex Net 识别时间约为 3 s,同时识别率达到了 97%,在时间效率和准确率方面整体性能最优。

在动态调度算法研究方面,研究人员基于龙芯 CPU 小规模集群机(内核为 12 个 4 核 3B2000)平台参考计算节点处理能力对分析数据包进行动态分割<sup>[3]</sup>,采取处理人物动态分配策略实现计算节点同步操作。采用浮动车数据(FCD, Floating Car Data)进行测试验证,动态任务调度算法较 Min-Min 算法平均等待时长缩短 50.91%,CPU 平均利用率高 2.59%。

在克隆检测算法研究方面,研究人员对指令类型序列构建后缀树进而获取指令序列之间的克隆信息,通过合并沙砾指令方法提升相邻克隆代码分析能力,基于 MIPS32 指令集采用 Linux 内核和混淆处理的代码构建不同级别的二进制可执行文件代码样本<sup>[4]</sup>,所研究算法在克隆代码级别 3 以上测试性能优于 NiCad 算法和 SimCad 算法,实现了在源码缺失条件下的细粒度代码克隆分析。

为了进一步加速推动 MIPS 技术路线的行业应用和人才队伍,基于 MIPS 架构的实验平台和开发系统不断涌现。研究人员基于龙芯 CPU 搭建了学习实验箱<sup>[5]</sup>,可实现基本的串行通信(同步通信和异步通信)功能。将龙芯 3B1500 处理器与 ZigBee 芯片 CC2530 相结合实现了物联网的基础通信、传感控制等实验系功能<sup>[6]</sup>。

## 3 基于 MIPS 架构处理器的行业应用实践

基于 MIPS 架构处理器在自动控制、仪器仪表、气象服务、航天装备和电子消费等领域进行了有益的探索和尝试,形成了一系列技术成果和应用案例。

### 3.1 自动控制领域

在计算控制方面,研发人员采用龙芯 3A3000 系列芯片和道 6.0 操作系统研制指挥控制计算机系统<sup>[7]</sup>,实现了探测数据接收入库、指挥控制命令交互、数据信息状态显示和自动计算决策等功能,系统实时性测试满足性能要求,时钟有效性测试中 12 h 拷机准秒偏差小于 $\pm 3$  ms。

在机电控制方面,研究人员将基于 32bit MIPS 架构的芯片 M3 应用于电动车控制<sup>[8]</sup>,以电机专用控制芯片 M3 为核心,设计实现了具备功率管驱动、电流检测、过载保护、位置检测等电路功能的无刷直流电机控制器系统,经验证测试该系统在不同负载条件下均可正常启动,未出现无错位或失步问题,上下功率 MOSFET 栅极波形具有明显的死区时间,确保了两个开关管交替导通,进一步优化了控制驱动电机性能。

在运动控制方面,研究人员选用 MIPS32 架构 CPU 自主设计软核<sup>[9]</sup>,通过脉冲型号驱动雕刻刀具运动,同时采用逐点比较插补算法和梯形加减速速度控制算法实现了插补轨迹和变速控制,有效增强了系统的扩展性和移植性,降低研发成本和研发时间。

### 3.2 仪器仪表领域

在 PXI 仪器方面,研发人员采用基于 MIPS 的 3A3000 系列芯片和基于 Linux 内核的麒麟操作系统开发了面向仪器系统的 PCI 扩展(PXI, PCI extensions for instrumentation)设备的驱动程序<sup>[10]</sup>,实现了设备初始化、启动、读写控制、中断处理和释放卸载等功能模块,将其应用于 PXI 仪器设备 AMC4311(5.5 位数字多用表)验证了驱动程序的正确性和可用性。

在传感检测方面,研究人员采用了具备超声波时间测量、超声波脉冲发生器、测温单元、串口、红外收发器等功能的龙芯 LS1D 作为核心器件<sup>[11]</sup>,通过辅以温度测量、红外通信、NB-IOT 等外围电路实现了基于超声波方法的热量变化监测功能,为火力发电远程监督诊断提供了低成本、高精度、易操作的数据采集方案。

### 3.3 气象服务领域

在监测设备方面,研发人员以浪潮 DL3010 计

算机(龙芯 3A 处理器内核)和麒麟操作系统为基础开发平台<sup>[12]</sup>,实现了气象雷达工作控制和状态监测、回波数据采存储集与分析处理等功能,实际测试方位处理分辨率为 $0.5^\circ$ ,方位控制精度 $\leq 0.1^\circ$ ,仰角控制精度 $\leq 0.1^\circ$ 。

在气象预测方面,研发人员将 X86 平台下的中尺度气象预报模式 MM5 所需的 MPICH 等各类支撑软件库移植到基于 MIPS 技术路线的龙芯 3A 平台<sup>[13]</sup>,经过对比 X86 平台和龙芯 3A 平台分析结果可以得出:对应站点常规气象要素及其垂直剖面时间序列仿真预测结果可信且差异不大。

### 3.4 航天装备领域

在航天运载方面,研究人员采用龙芯 1C300B 芯片搭建了基于 FlexRay 总线的航天运载火箭信号采编器通信接口单元<sup>[14]</sup>,经测试验证接收数据与发送数据传输无误,丢帧率、错帧率和误码率均为零,测试参数可以满足航天运载火箭数据的高效稳定传输需求。在宇航特殊环境下,龙芯宇航级抗辐照 CPU 应用于北斗装备星,同时在光纤陀螺、太阳敏感器、地球敏感器等均形成了典型的应用解决方案<sup>[15]</sup>。

### 3.5 电子消费领域

在医疗电子方面,研发人员以 MIPS 指令集的 32 位微控制器芯片为核心控制单元<sup>[16]</sup>,采用 4 通道数字控制模拟电子开关管理模数转换芯片,实现了十二导联心电图监测采集(ECG, electrocardiogram)功能,ECG 数据可用于心脑血管疾病的早期监测和后期诊断。

在协同办公领域,研发人员采用基于 MIPS 架构的 600MH 处理器的无线同屏器应用于会议应用系统<sup>[17]</sup>。无线同屏器实现了基于 Wi-Fi 网络的跨平台同屏显示功能,为无纸化移动 OA 系统提供了高速、稳定、便捷的会议解决方案。

## 4 结束语

信息技术产业具有高技术、高投入、高风险、高创新、高渗透等产业特点,因此,产业化是一个系统化的持续性工程。在人才培养方面,可通过设立专

业化课程体系、搭建校企联合实训、项目化毕业课题培养等方式进一步加速人才队伍建设;在技术研究方面,可通过设立开放性研究课题基金、开展技术能力竞赛、开展专业开源社区服务等方式引导科研人员“学技术、用技术、讲技术、传技术”;在行业应用方面,可采取设立迁移适配奖励基金,搭建虚拟开发团队,将产业商业能力赋予合作中小企业等方式增强伙伴粘性,实现开放、联合、共赢的处理器产业生态。

## 参考文献

- [1] 沙岩. 基于 MIPS 指令集的编译系统的设计与实现[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2015.
- [2] 赵静, 王弦, 王奔, 等. 基于神经网络的多类别目标识别[J]. 控制与决策, 2020, (8): 2037-2041.
- [3] 陈锋, 张智, 李琴剑. FCD 大数据并行处理的动态任务调度算法[J]. 中国科学技术大学学报, 2018, 48(9): 718-722.
- [4] 张凌浩, 桂盛霖, 穆逢君, 等. 基于后缀树的二进制可执行代码的克隆检测算法[J]. 计算机科学, 2019, 46(10): 141-147.
- [5] 李闻天. 远程教学实验管理平台设计和实现[D]. 南京: 南京邮电大学, 2019.
- [6] 畅丽红, 裴焕斗, 杨佩宗. 基于龙芯平台的物联网实验系统的设计[J]. 现代电子技术, 2018, 24: 183-186.
- [7] 张晓敏, 马鹏飞. 基于国产软硬件平台的指控计算机设计[J]. 航天控制, 2020, 38(2): 74-80.
- [8] 黄文理, 叶晨. 32 位国产 MCU 在电动车控制系统中的应用[J]. 智能物联技术, 2018(1): 40-44.
- [9] 陈嵘. 基于 FPGA 的雕刻机 32 位运动控制器设计[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2019.
- [10] 杜影, 朱元元, 刘康丽, 等. 基于龙芯平台的 PXI 设备驱动设计[J]. 计算机测量与控制, 2019, 27(11): 163-166.
- [11] 任博. 基于龙芯技术的超声波热量表[J]. 仪器仪表用户, 2018, 10: 17-19.
- [12] 程兵. 基于龙芯的气象雷达终端系统控制软件设计[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2019.
- [13] 吴其重, 程华琼. 中尺度天气模式在龙芯通用 CPU 平台的移植和应用[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2019(1): 11-18.
- [14] 马威, 姚静波, 胡云龙, 等. FlexRay 总线运载火箭信号采编器接口设计[J]. 集成电路应用, 2020(6): 4-7.
- [15] 胡伟武. 自主 CPU 发展道路及在航天领域应用[J]. 上海航天, 2019, 36(1): 1-9.
- [16] 李刚. 基于 MIPS 的 MCU 便携式十二导联心电图采集系统的设计与实现[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2019.
- [17] 杜勇成. 无纸化移动办公系统在泉州高速公路的应用[J]. 中国交通信息化, 2019(增刊 1): 97-101.