



南開大學
Nankai University

计算机学院
并行程序设计调研报告

关于并行体系结构的调研

姓名：张惠程
学号：2112241
专业：计算机科学与技术

2023 年 3 月 10 日

摘要

本文将对并行体系结构的分类，发展进程进行调研，调研主流的 CPU 并进行横向对比，以及苹果多代 CPU 之间性能算力的对比，最后调研主流 CPU 在超算上的应用。

关键字：并行架构 CPU 超算

目录

1 并行体系结构调研	1
1.1 并行体系结构的定义	1
1.2 并行体系结构的分类	2
1.2.1 Flynn 分类法 [2]	2
1.2.2 冯氏分类法	2
2 主流 CPU 调研	2
2.1 苹果系列 CPU	2
2.1.1 Apple A14	2
2.1.2 Apple M1	2
2.2 Intel 系列 CPU	3
2.2.1 Intel Core i9-12900	3
2.2.2 Intel Core i9-13900	3
2.3 AMD 系列 CPU	3
2.3.1 AMD Ryzen 9 5900X	3
2.3.2 AMD Ryzen 9 7900X	4
3 主流最新 CPU 横向对比	4
4 总结分析	4

1 并行体系结构调研

1.1 并行体系结构的定义

计算机体系结构是指根据属性和功能不同而划分的计算机理论组成部分及计算机基本工作原理、理论的总称。并行性是指计算机系统具有可以同时进行多于两个运算或操作。并行体系结构是指许多指令能同时进行的体系结构，一般从时间和空间两方面考虑。

1.2 并行体系结构的分类

1.2.1 Flynn 分类法 [2]

Flynn 分类法，是基于指令流和数据流的数量对计算机进行分类的方法。一系列修改那些流经数据处理单元的数据（数据流）的命令，可以被认为是一个指令流。以下是四种不同的情况：

单指令流单数据流（SISD）——传统的计算机包含单个 CPU，它从存储在内存中的程序那里获得指令，并作用于单一的数据流（本例中就是一个指令处理一条数据）。

单指令流多数据流（SIMD）——单个的指令流作用于多于一个的数据流上。SIMD 的一个例子就是一个数组或向量处理系统，它可以对不同的数据并行执行相同的操作。

多指令流单数据流（MISD）——用多个指令作用于单个数据流的情况实际上很少见。这种冗余多用于容错系统。

多指令流多数据流（MIMD）——这种系统类似于多个 SISD 系统。实际上，MIMD 系统的一个常见例子是多处理器计算机，如 Sun 的企业级服务器。

1.2.2 冯氏分类法

设每一个时钟周期 t_i 内能处理的二进制位数为 P_i ，则 T 个时钟周期内平均并行度为 $P_a = (P_i)/T$ （其中 i 为 1, 2, ..., T ）。平均并行度取决于系统的运行程度，与应用程序无关，所以，系统在周期 T 内的平均利用率为 $= P_a/P_m = (P_i)/(T \cdot P_m)$ 。用平面直角坐标系中的一点表示一个计算机系统，横坐标表示字宽（ N 位），即在一个字中同时处理的二进制位数；纵坐标表示位片宽度（ M 位），即在一个位片中能同时处理的字数，则最大并行度 $P_m = N \cdot M$ 。

四种不同的计算机结构：

字串行、位串行（简称 WSBS）。其中 $N=1$ ， $M=1$ 。

字并行、位串行（简称 WPBS）。其中 $N=1$ ， $M>1$ 。

字串行、位并行（简称 WSBP）。其中 $N>1$ ， $M=1$ 。

字并行、位并行（简称 WPBP）。其中 $N>1$ ， $M>1$ 。

2 主流 CPU 调研

2.1 苹果系列 CPU

以下将介绍苹果系列的 CPU[1]

2.1.1 Apple A14

Apple A14 Bionic 具有 6 内核，具有 6 线程和最大频率为 3.00 GHz 的时钟。CPU 在 1 个内存通道中支持高达 6 GB 的内存。Apple A14 Bionic 在 Q3/2020 中发布。

2.1.2 Apple M1

Apple M1 是苹果公司研发的处理器芯片，于 2020 年 11 月 11 日在苹果新品发布会上发布，适用于部分 Mac、iPad 设备。Apple M1 的制程为 5 纳米，内置 8 核 CPU，集成 4 个高性能大核心以及 4 个高效能小核心；此外，Apple M1 还内置了 8 核 GPU（部分机型为 7 核）以及神经网络引擎，采用的是 hybrid (big.LITTLE) 架构。事实上，M1 可以被视为超高规格 A14，采用大核心 Firestorm 架构和小型核心 Icestorm 架构，与 A14 对比，M1 的大核心已经从双核扩展到四核。

参数指标	Apple A14	Apple M1
核心数	6	10
指令集	ARMv8-A64 (64 bit)	ARMv8-A64 (64 bit)
架构	hybrid (big.LITTLE)	hybrid (big.LITTLE)
CPU 频率	3.00GHZ	3.20GHZ
GPU 频率	1.00GHZ	1.30GHZ
GPU 加速频率	None	None
制造工艺	5nm	5nm
最大显存	8GB	32GB
TDP 功耗	6W	30W

表 1: Apple A14 与 Apple M1 参数对比

2.2 Intel 系列 CPU

2.2.1 Intel Core i9-12900

Intel Core i9-12900 具有 16 内核，具有 24 线程和最大频率为 5.10 GHz 的时钟。2 内存通道支持高达 128 GB 的内存。Intel Core i9-12900 已在 Q1/2022 中发布。

2.2.2 Intel Core i9-13900

Intel Core i9-13900 具有 24 内核，具有 32 个线程和最大频率为 5.60 GHz 的时钟。CPU 在 2 个内存通道中支持高达 128 GB 的内存。Intel Core i9-13900 在 Q1/2023 中发布。

参数指标	Intel Core i9-12900	Intel Core i9-13900
核心数	16	24
线程	24	32
指令集	x86-64 (64 bit)	x86-64 (64 bit)
架构	Alder Lake S	Raptor Lake S
核心架构	hybrid (big.LITTLE)	hybrid (big.LITTLE)
CPU 频率 (加速频率)	2.10 GHz (4.10 GHz)	3.20 GHz (5.20 GHz)
GPU 频率 (加速频率)	0.30 GHz (1.55GHZ)	0.30GHZ(1.65GHZ)
制造工艺	10nm	10nm
最大显存	32GB	64GB
TDP (PL1) 功耗	65W	65W
TDP (PL2) 功耗	202W	219W

表 2: Intel Core i9-12900 与 Intel Core i9-13900 参数对比

2.3 AMD 系列 CPU

2.3.1 AMD Ryzen 9 5900X

AMD Ryzen 9 5900X 具有 12 内核，具有 24 个线程和最大频率为 4.80 GHz 的时钟。CPU 在 2 个内存通道中支持高达 128 GB 的内存。AMD Ryzen 9 5900X 在 Q4/2020 中发布

2.3.2 AMD Ryzen 9 7900X

AMD Ryzen 9 7900X 具有 12 内核，具有 24 线程和最大频率为 5.60 GHz 的时钟。2 内存通道支持高达 128 GB 的内存。AMD Ryzen 9 7900X 已在 Q4/2022 中发布。

参数指标	AMD Ryzen 9 5900X	AMD Ryzen 9 7900X
核心数	12	12
线程	24	24
指令集	x86-64 (64 bit)	x86-64 (64 bit)
架构	Vermeer (Zen 3)S	Raphael (Zen 4)
核心架构	normal	normal
CPU 频率	3.70 GHz	4.70GHz
加速频率频率 (1 核心)	4.80GHZ	5.60GHZ
加速频率频率 (全部核心)	4.50GHZ	5.40GHZ
GPU 频率 (加速频率)	none	0.40GHZ(2.20GHZ) (1.55GHZ)
制造工艺	none	5nm
最大显存	none	8GB
TDP (PL1) 功耗	105W	170W
TDP (PL2) 功耗	142W	230W

表 3: AMD Ryzen 9 5900X 与 AMD Ryzen 9 7900X 参数对比

3 主流最新 CPU 横向对比

参数指标	AMD Ryzen 9 7900X	Apple M2 Max	Intel Core i9-10980XE
核心数	12	8	18
线程	24	8	36
指令集	x86-64 (64 bit)	ARMv8-A64 (64 bit)	x86-64 (64 bit)
架构	Raphael (Zen 4)	M2	Cascade Lake
核心架构	normal	hybrid (big.LITTLE)	normal
超线程技术	是	否	是
超频	是	否	是
CPU 频率	4.70 GHz (5.60 GHz)	3.50 GHz (2.80 GHz)	3.00 GHz (4.80 GHz)
GPU 频率 (加速频率)	0.40GHZ(2.20GHZ)	1.40GHZ	none
制造工艺	5nm	5nm	14nm
最大显存	8 GB	24GB	none
TDP (PL1) 功耗	170W	22W	165W
TDP (PL2) 功耗	230W	none	none

表 4: AMD,Apple,Intel 最新 CPU 参数对比

4 总结分析

通过调研，苹果公司的 CPU 发展方向是由其自主研发的 ARM 架构 CPU 代替原先使用的英特尔 x86 架构 CPU。苹果公司在 2016 年推出了第一款自研的 ARM 架构处理器 A10 Fusion，用于其移动设备产品中。在 2020 年底，苹果公司推出了第一款自研的 ARM 架构处理器 M1[3]，用于 Mac 电脑

产品中，标志着苹果将其产品全面转向自研 ARM 架构 CPU。ARM 架构，这种架构具有低功耗、高效能和优秀的安全性能，可用于多种设备，包括 Mac 电脑、iPad 和 iPhone 等。

Intel 公司注重性能方面的表现，且开发新技术，例如超线程和 Turbo Boost，以提高 CPU 的性能和效率。Intel 推出了多个处理器系列，包括 Core i 系列、Xeon 服务器处理器和 Atom 嵌入式处理器等。

AMD 的发展方向主要是提高 CPU 的性能和效率，同时推出新的架构和技术。比起苹果在单核性能方面出色，AMD 在多核方面表现优秀。

参考文献

- [1] Vaibhav Dalakoti and Diptamon Chakraborty. Apple m1 chip vs intel (x86). *EPRA International Journal of Research and Development (IJRD)*, 7(5):207–211, 2022.
- [2] R. Duncan. A survey of parallel computer architectures. *Computer*, 23(2):5–16, 1990.
- [3] Zixuan Zhang. Analysis of the advantages of the m1 cpu and its impact on the future development of apple. In *2021 2nd International Conference on Big Data Artificial Intelligence Software Engineering (ICBASE)*, pages 732–735, 2021.