

中国科学技术大学

2019 -- 2020 学年第二 学期考试试卷

考试科目: 并行计算 得分: _____

学生所在系: _____ 姓名: _____ 学号: _____

一、在我校超级计算中心部署了“瀚海 20 超级计算系统”。超算中心对该系统介绍如下。

该套无盘集群系统, 共 752 个节点, 含 30640 颗 CPU 核心、20 块 NVidia Tesla V100 GPU 卡及 60 块华为 Atlas AI 卡, 理论峰值双精度浮点计算能力达 2.52 千万亿次/秒 (2.52Pflops, CPU: 2.38PFlops, GPU: 0.14PFlops); Atlas AI 计算能力: 3840 TOPS INT8 + 15360T FLOPS FP16。其中 720 个普通双路 CPU 计算节点采用业界先进的板级液冷技术, 高效节能。

请回答以下问题:

- (1) 常见的并行计算机结构模型有哪些? 你觉得“瀚海 20”属于其中哪一类?
- (2) 结合高性能计算的应用领域, 请举例说明我校在超算应用方面的需求。
- (3) 高性能计算机的能耗问题是受到普遍关注的重要问题, “瀚海 20”使用了“板级液冷技术”。请根据你的理解, 举例说明一种能够用于降低能耗的计算机技术。
- (4) 理论峰值双精度浮点计算能力达 2.52 千万亿次/秒。请问“理论峰值”的含义是什么? 实际运行中什么情况下有可能接近该理论峰值?

二、请画出两种互连网络的示意图: 4-立方、8 个叶节点的胖树。分别说明画出的这两个互连网络的网络规模、节点度、网络直径。

三、试推导出 Amdahl 定律。一个在 p 个处理器上运行的并行程序的加速比是 $p-1$, 根据 Amdahl 定律, 它的串行分量为多少?

四、求解下面线性方程组

$$\begin{bmatrix} 1 & & & & \\ a_2 & 1 & & & \\ & a_3 & 1 & & \\ & & \ddots & \ddots & \\ & & & a_n & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

试设计一个时间为 $O(\log n)$ 的 PRAM 并行算法。

五、利用 Canon 乘法求出下列矩阵之积 $A \times B$ ，请写出计算过程。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 2 & 4 \\ 5 & 0 & -7 & 3 \\ 3 & 1 & -9 & 0 \\ 6 & 8 & 5 & 3 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} -1 & -4 & 8 & -3 \\ 10 & 5 & -2 & 9 \\ 0 & 1 & 5 & -1 \\ 4 & 8 & 5 & 2 \end{pmatrix}.$$

假定 $A_{4 \times 4}$ 和 $B_{4 \times 4}$ 已加载到如下所示的 4×4 处理器阵列上。

$A_{0,0}$	$A_{0,1}$	$A_{0,2}$	$A_{0,3}$
$A_{1,0}$	$A_{1,1}$	$A_{1,2}$	$A_{1,3}$
$A_{2,0}$	$A_{2,1}$	$A_{2,2}$	$A_{2,3}$
$A_{3,0}$	$A_{3,1}$	$A_{3,2}$	$A_{3,3}$

$B_{0,0}$	$B_{0,1}$	$B_{0,2}$	$B_{0,3}$
$B_{1,0}$	$B_{1,1}$	$B_{1,2}$	$B_{1,3}$
$B_{2,0}$	$B_{2,1}$	$B_{2,2}$	$B_{2,3}$
$B_{3,0}$	$B_{3,1}$	$B_{3,2}$	$B_{3,3}$

六、基于蝶式计算原理的 FFT 在二维 mesh 连接和蝶式网络连接的处理器上均可并行实现。

- (1) 请问哪种实现效率较好？并给出原因。
- (2) 蝶式网络连接的处理器在真实的并行计算机系统并不常见，这是否会影响 FFT 在蝶式网络连接上的并行实现实际中的使用？为什么？

七、计算两整数数组之内积的串行代码如下：

```
Sum = 0;
for(i = 0; i < N; i++)
    Sum = Sum + A[i]*B[i];
```

选取 ①相并行；②分治并行；③流水线并行；④主-从行并行；⑤工作池并行等五种并行编程风范中的任意两种，写出如上计算内积的并行代码段（伪代码即可）。

八、用 MPI 实现 C 语言程序代码，并行求一组（规模为 N）浮点数的和（不考虑精度范围）。