

中国科学技术大学

2015 -- 2016 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、在题为“美国学者盗用超级计算机挖比特币，不够付电费”的新闻中，报道了一位学术研究人员利用了两所美国大学的超级计算机来挖掘比特币，但是战绩实在是可怜，只挖到了 12 到 16 枚比特币。新闻中有以下描述

《比特币杂志》的编辑 Brian Cohen 介绍说，现在市场上有了性能强劲的比特币挖矿机，高校的超级计算机性能无法和挖矿机相提并论，另外利用超级计算机挖掘比特币也缺乏常识，这些高性能计算机耗电量巨大，而所挖到的比特币价值，还不够支付计算机的电费。

- (1) 请举例说明当前高性能计算领域的主流应用领域。
- (2) 如新闻中报道，针对特定应用，高性能计算机的性能表现可能不如特定的专用计算系统。请分析原因。除“挖掘比特币”的应用外，请举出另一个类似的应用。
- (3) 高性能计算机的能耗问题是受到普遍关注的重要问题，也是相关领域学者开展研究的对象。请举例说明一项可能有助于降低能耗的技术方案。

二、在“国家超级计算广州中心”主页上有以下文字介绍。

国家超级计算广州中心主机系统“天河二号”是国防科技大学承担的国家“863”计划和“核高基”国家重大专项攻关项目，在广东省和广州市支持下，于 2013 年 6 月在长沙研制成功。天河二号一期系统采用“CPU+MIC”的“微架构”计算系统，自研制成功后以峰值计算速度每秒 5.49 亿亿次、持续计算速度每秒 3.39 亿亿次双精度浮点运算优越性能，在超级计算机 500 强排名榜上，连续五次位居榜首。

随着本中心业务的快速发展，天河二号用户的多样性日益体现，为了更好地支撑用户应用的多态性，国家超级计算广州中心通过对部分天河二号的计算结点进行技术改造，实现了天河二号“CPU+GPU”的异构计算环境。目前，天河二号具备了支撑“CPU+MIC/GPU”的多态异构计算环境。其中“CPU+GPU”异构计算环境的基本配置如下：

硬件环境 我中心为天河二号的两个机柜（共 256 个计算结点）配置了 GPU 卡。其中每个计算结点包含 2 个 Xeon E5 12 核心的多核中央处理器（CPU）和 1 个 GPU 卡。每个计算结点拥有 128GB 内存（2 个 CPU 共用）。天河二号中所配的 GPU 卡型号为 NVIDIA Tesla M2050，

为单 GPU 设计,峰值双精度浮点运算能力高达 515GFLOPS,单精度浮点运算能力为 1.03TFLOPS,卡上配备 3GB GDDR5 显存,显存位宽 384bit,显存峰值带宽 148GB/s,显卡最大功耗则为 225W。此“CPU+GPU”异构计算环境的单结点双精度浮点运算峰值性能可达 0.9253TFLOPS,两个机柜的双精度浮点运算峰值性能可达 236.8844 TFLOPS。

- (1) 请说明“峰值计算速度”和“持续计算速度”的含义。
- (2) 请推断“天河二号”的体系结构模型。简述该模型的基本特点。
- (3) 假设使用“天河二号”整机资源,以穷举法进行 SAT 问题(可满足性问题)的求解。穷举法的时间复杂度为 $O(2^n)$ 。当 $n=100$ 时,试估算所需计算时间的数量级。写出估算过程,计算结果不要求精确。

三、并行计算中加速比一般不超过计算所使用的处理器的个数。在一些情况,也会出现超线性加速的情况,请举例说明何时会产生超线性加速比的情况。

四、A 是一个规模为 n 的整数数组。A 中任意两个元素均不相等,欲求出其中最小值对应的下标 i 。试在 PRAM-CRCW 模型上,设计一个常数时间的并行算法。如果使用 PRAM-CREW 模型,运行时间如何?

五、阅读以下并行程序。

```
#include "mpi.h"
#include <stdio.h>
#include <math.h>

double f(double a)
{
    return (4.0 / (1.0 + a*a));
}

int main(argc,**argv)
{
    int done = 0, n=100, myid, numprocs, i;
    double PI25DT = 3.141592653589793238462643;
    double mypi, pi, h, sum, x, a, startwtime, endwtime;
    MPI_Init(&argc,&argv);
    MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD,&numprocs);
    MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD,&myid);

    if (myid == 0)
        startwtime = MPI_Wtime();
    h = 1.0 / (double) n;
    sum = 0.0;
```

```

for (i = myid + 1; i <= n; i += numprocs) {
    x = h * ((double)i - 0.5);
    sum += f(x);
}
mypi = h * sum;
MPI_Reduce(&mypi, &pi, 1, MPI_DOUBLE, MPI_SUM, 0, MPI_COMM_WORLD);
if (myid == 0) {
    printf("pi is %.16f, Error is %.16f\n", pi, fabs(pi - PI25DT));
    endwtime = MPI_Wtime();
    printf("wall clock time = %f\n", endwtime-startwtime);
}
MPI_Finalize();
}

```

- (1) 请简述该程序的基本逻辑和功能。
- (2) 描述程序中使用到的 MPI 群集函数的功能，说明函数中参数的含义。
- (3) 程序中输出 pi 的精度会随着进程数增加如何变化？
- (4) 以此程序为例，简述并说明 Amdahl 定律和 Gustafson 定律的含义和适用条件。

六、请写出 SIMD-TC 上的矩阵乘法的一种并行算法描述。分析该算法的时间复杂度。

七、队列是一种常用的基本数据结构，有多种实现方式。队列支持对于其中元素的先进先出的访问，一般实现包含的操作有：初始化队列、元素进队列、元素出队列、判断队列是否为空、返回队列中元素个数等。

试考虑在共享存储环境中实现支持多个进程进行共享访问的队列。请给出设计和实现方案并分析方案的优点和缺点。实现部分用伪代码形式给出。