

## 并行计算机体系结构期末考试

2019 年 6 月 11 日

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

题号	1	2	3	4	5	总分
分数	15	20	20	20	25	100
得分						

1. (15 分) 请简要介绍计算机体系结构的 Flynn 分类并举例。

2. (20 分) 基于监听的 MESI 协议是一种经典的 Cache 一致性协议。请简要介绍 MESI 协议中各个状态的含义，并说明从 I 到 S 或 E 状态，以及从 M 到 I 或 S 状态转换的规则。

3. (20 分) GPU 已经成为计算加速的常用部件，其加速计算的过程通常有 3 个阶段：(1) 从主存拷贝输入数据到显存；(2) 启动 GPU 上的 kernel 函数进行大规模数据并行计算，产生输出数据；(3) 拷贝输出数据到主存。假设某个计算程序 GPU 上的 kernel 函数平均每个双精度浮点运算访问显存 0.1 字节，消耗输入数据 0.01 字节，产生输出数据 0.001 字节。如果该计算程序使用 Nvidia 的 Tesla V100 带 NVLINK 接口（技术规格见下表）来加速，那么性能瓶颈将会出现在那个阶段？如果采用 PCIE 接口的话，瓶颈又会出现在哪里？

双精度处理性能	7.8T(NVLINK), 7T(PCIE) FLOPS
NVLINK 带宽	300GB/s
PCIE 带宽	32GB/s
显存带宽	900GB/s

4. (20 分) Infiniband 互连网络由于其高带宽低延迟的特性，在超级计算机中得到了广泛应用。请问相对于以太网，Infiniband 互连网络的主要靠什么做到高带宽低延迟的？请简要回答。

5. (25 分) 下图是当前排名第一和第二的超算 Summit 和 Sierra 半个计算结点结构图。这两个超算都采用了 3 层  $k$  度胖树作为互连拓扑，利用 100Gbps 的

Infiniband 交换机分别连接了 4608 个和 4320 个计算结点，每个结点 2 个 22 核 Power9 微处理器，6 个或 4 个英伟达 Volta V100s 计算加速卡。(1) 请估算 k 的值；(2) 请估算 Summit 和 Sierra 的峰值性能（可只考虑 GPU 性能）；(3) 请分析 Summit 和 Sierra 的瓶颈所在。



