

# 第九届“龙芯杯”全国大学生计算机系统能力培养大赛

## 团体赛技术方案

### 一、评价方式的基本说明

第 1 条 除本技术方案特别要求、规定和禁止事项外，各参赛队自行决定 CPU 微架构、演示方案等。

第 2 条 大赛鼓励各参赛队综合运用各种知识（如流水线、超标量、预测、Cache 等）并充分利用实验板硬件资源以尽可能提高 CPU 运行性能。

第 3 条 大赛鼓励各参赛队综合运用多种知识去构思并实现一个综合性的软硬件系统，以展示构造系统的想象力与能力。

第 4 条 为展示参赛队伍的设计水平、增加竞赛的对抗性以及体现“自主可控”的设计理念，进入决赛的参赛队还需要再实现若干由大赛组委会定义的指令。

### 二、初赛评分标准

第 5 条 比赛内容。开发支持 LoongArch 基准指令集的微系统。

1. 初赛阶段的 LoongArch 微系统使用 FPGA 片内存储器即可。
2. 指令存储器应不小于 8KB，数据存储器应不小于 8KB。
3. FPGA 内部集成 1 个系统计数器（用于性能测试）。
4. FPGA 支持 7 段数码管显示（用于性能测试）。
5. CPU 核能通过接口与各 I/O 设备互联通信。

第 6 条 功能测试。以正确通过的指令功能测试项数为评价依据。功能测

试分值越大越好。计算方法如下：

$$\text{功能测试得分} = \frac{\text{正确通过的指令功能测试项分值之和}}{\text{所有 LoongArch 基准指令功能测试项分值之和}} \times 100$$

第 7 条 性能测试。以 FPGA 运行基准测试程序所需时间为评价依据。性能测试分值越大越好。基本计算方法如下：

1. 各参赛队中程序执行时间最小者的性能测试分值被定义为 100 分，最大者的性能测试分值被定义为 0 分；其余各队成绩被映射至 [0, 100] 区间。

2. 程序执行时间的计算方法如下：

$$\text{程序执行时间} = \text{系统计数器周期数} \times \text{系统计数器所用时钟周期时间}$$

3. 系统计数器周期数。该值是指利用系统计数器记录基准测试程序运行的时钟周期数。计算方法如下：

$$\text{系统计数器周期数} = \text{程序执行后系统计数器值} - \text{程序执行前系统计数器值}$$

第 8 条 各参赛队总成绩计算方法如下：

$$\text{总成绩} = \text{功能测试得分} + \text{性能测试得分}$$

### 三、 决赛评分标准

第 9 条 决赛阶段的 LoongArch 微系统内部设计可以与初赛阶段的设计不同，但必须满足下列设计约束：

1. CPU 应支持核内计数器（用于性能测试）。
2. FPGA 支持 7 段数码管显示（用于性能测试）。

第 10 条 比赛内容如下：

1. 性能测试。运行基准测试程序测量 CPU 的性能。
2. 系统展示。运行操作系统（可以是大赛提供的操作系统，也可以自行选择操作系统）或应用程序的实际效果。

3. 实现自定义指令。在进行系统展示的 LoongArch 微系统基础上，在规定时间内再实现由大赛组委会定义的指令。大赛仅测试自定义功能是否正确实现。
4. 答辩。汇报设计思路并回答专家问题。

第 11 条 决赛总成绩 100 分，各分项成绩权重如下：

1. 基准测试程序运行成绩：40%
2. 系统测试运行成绩：20%
3. 自定义指令实现的成绩：10%
4. 系统展示及答辩成绩：30%

第 12 条 基准测试程序运行成绩将以 FPGA 上运行基准测试程序时处理器主频和程序执行周期数为评价依据。基本计算方法如下：

1. 基准测试程序运行成绩为处理器主频得分和程序执行周期数得分两部分得分之和，两部分各自占比 50%。
2. 计算处理器主频得分时，各参赛队中处理器主频最高者的得分被定义为 20 分，处理器主频最低者的得分被定义为 0 分；其余各队得分被映射至 [0, 20] 区间。
3. 计算程序执行周期数得分时，各参赛队中程序执行周期数最少者的得分被定义为 20 分，程序执行周期数最多者的得分被定义为 0 分；其余各队得分被映射至 [0, 20] 区间。
4. 程序执行周期数。计算方法如下：

程序执行周期数 = 程序执行后核内计数器数值 - 程序执行前核内计数器数值

第 13 条 系统测试成绩将以 FPGA 上启动系统运行结果作为评价依据：

1. 按照指定方式成功启动典型 bootloader（如 U-Boot、PMON）并完成指定功能操作，系统测试运行成绩得分为 5 分；
2. 按照指定方式成功启动典型教学操作系统（如 ucore）并完成指定

功能操作，系统测试运行成绩得分为 10 分；

3. 按照指定方式成功启动 Linux 操作系统，系统测试运行成绩得分为 15 分；
4. 按照指定方式成功启动 Linux 操作系统并完成指定功能操作，系统测试运行成绩得分为 20 分。；

#### 四、 参赛作品提交

第 14 条 各参赛队初赛阶段需要在大赛网站提交完整的设计内容：

1. LoongArch 微系统硬件设计的完整工程文件(必须包含全部源代码、FPGA 管脚分配文件、FPGA 二进制下载文件)
2. LoongArch 微系统设计报告。

第 15 条 如果决赛阶段的硬件设计与初赛阶段的硬件设计有任何不同，均需要再次提交完整的设计内容。

第 16 条 如果需要使用第三方 IP 或者借鉴他人的部分源码，必须在设计报告中予以明确说明。

第 17 条 参赛队必须严守学术诚信。一经发现代码抄袭或技术抄袭等学术不端行为，取消参赛队的参赛资格。

#### 五、 测试程序

第 18 条 大赛提供的基准测试程序包括功能测试程序和性能测试程序，分别用于测试 LoongArch 微系统能否执行正确的基准指令集及其性能。

第 19 条 自定义指令测试程序为汇编程序，仅用于测试自定义指令实现的正确性。自定义指令测试程序与性能测试无关。

#### 六、 软硬件系统规范

第 20 条 LoongArch 基准指令集是龙架构 32 位精简版指令集的子集，

只包括基础整数指令、例外与中断等特权指令功能，不含基础浮点指令及 TLB MMU 相关特权指令功能。

第 21 条 自定义指令由大赛组委会在决赛阶段发布。

1. 自定义指令为基础整数指令。
2. 自定义指令包括：计算、分支与访存三大类。
3. 自定义指令符合 LoongArch 指令架构基本设计理念。

第 22 条 大赛提供一个小型操作系统供各参赛队在决赛阶段选用。各参赛队也可自行选择操作系统，以充分展示 LoongArch 微系统的全系统功能和应用水平。

第 23 条 为确保大赛提供的测试程序可以正确运行，LoongArch 微系统必须在下列方面符合第 27 条中的“龙芯架构 32 位精简版参考手册”：

1. 存储器地址空间。
2. I/O 设备地址空间。

第 24 条 大赛指定的 FPGA 实验设备主要参数如下：

1. FPGA 型号：XILINX 公司 Artix-7 FPGA。
2. DDR3 SDRAM：16 位，128MB。
3. SPI FLASH：4MB。
4. RS-232 UART 接口：1 个。
5. 7 段数码管：8 个。
6. 拨动开关：8 位。

第 25 条 EDA 及软件开发环境如下：

1. 大赛指定龙芯体系结构教学实验平台作为 LoongArch 运行环境。
2. 大赛指定龙芯 LoongArch32 精简版交叉编译工具链为编译工具。

3. 大赛指定 Vivado2023.2 为 FPGA 综合工具。
4. 除编译工具和 FPGA 综合工具为大赛指定外,各参赛队可使用其他各种开发工具。

## 七、 大赛网站

第 26 条 大赛网站网址为: [www.nscscc.com](http://www.nscscc.com)。

第 27 条 大赛网站提供多种软件开发工具及设计资料,包括但不限于下列内容:

1. 龙芯架构 32 位精简版参考手册。
2. LoongArch 基准指令集测试程序及其文档。
3. 龙芯体系结构教学实验平台体系结构规范。
4. 龙芯 LoongArch32 精简版交叉编译工具链使用手册。
5. 小型操作系统源代码及工程文件、编译说明、系统加载说明等。
6. IP 核(AMBA 总线控制器、DDR3 SDRAM 控制器、FLASH 控制器、计数器控制器、UART 控制器、PLL 等)及编程规范。
7. 部分 IP 核调用的 Verilog HDL 参考样例程序。
8. AMBA 接口规范及使用参考样例程序。