



第六届“复微杯”全国大学生电子设计大赛

支持快速傅里叶变换的 AI 引擎设计与实现

数字赛道命题一

1 赛题简介

快速傅里叶变换（FFT）是一种重要的频域分析方法，在信号处理、通信系统等领域有着广泛的应用。卷积运算和矩阵乘法运算则是神经网络中常用的基本运算，广泛应用于特征提取、模式识别等任务。随着人工智能、大数据分析和数字信号处理等领域快速发展，能够高效处理快速傅里叶变换、卷积运算和矩阵乘法运算等复杂算法的电路已成为一种迫切的需求。

本赛题要求参赛者设计出一款支持快速傅里叶变换算法的 AI 引擎，使其电路能够支持快速傅里叶变换、卷积运算和矩阵乘法运算。参赛者可通过合理设计 FFT 在 AI 引擎的运行算法，提高硬件资源利用率等方法，尽可能达到最高的性能。参赛者需要输出 RTL code 和书面报告。本次大赛将分为初赛与决赛两个阶段进行，初赛阶段将根据 RTL code 和书面报告进行打分，并依据初赛情况决定进入决赛的队伍数量。

2 赛题要求

2.1 功能要求

初赛赛题：支持快速傅里叶变换的 AI 引擎设计实现与仿真

I. AI 引擎

本赛题要求参赛者设计一个 AI 引擎，其输入/输出数据的数据精度可采用 INT16 或者 FP16 等数据格式，其中 AI 计算必须支持卷积运算和矩阵乘法运算。要求 AI 引擎的峰值算力不小于 100 GOPS。使用 Verilog 语言进行实现，并完成功能仿真验证。对于卷积运算，要求至少支持 kernel size 等于 3x3 和 1x1 的情况。初赛报告需要说明该电路的参数支持情况。

II. 快速傅里叶变换

本赛题要求参赛者复用 AI 引擎的计算单元，例如 MAC 阵列，实现 FFT 算法的支持。输入/输出数据的数据精度与 AI 计算保持一致，且要求至少支持 512 点，1024 点，2048 点和 4096 点 FFT。为了在 AI 引擎上高效地运行 FFT 算法，参赛者可在 AI 引擎中增加额外的辅助模块，以提供必要的支持，但不能采用完全独立于 AI 引擎的单一模块实现 FFT 算法。参赛者应合理地规划硬件资源，通过设计 FFT 在 AI 引擎上的运行算法，尽可能达到最高的计算性能。要求 AI 引擎运行 4096 点 FFT 算法的速率至少达到 15000 FPS (Frames Per Second)。其中，FFT 速率，指的是每秒钟运算 FFT 的次数。例如，每秒钟完成 10 次 4096 点 FFT 运算，速率即为 10 FPS。

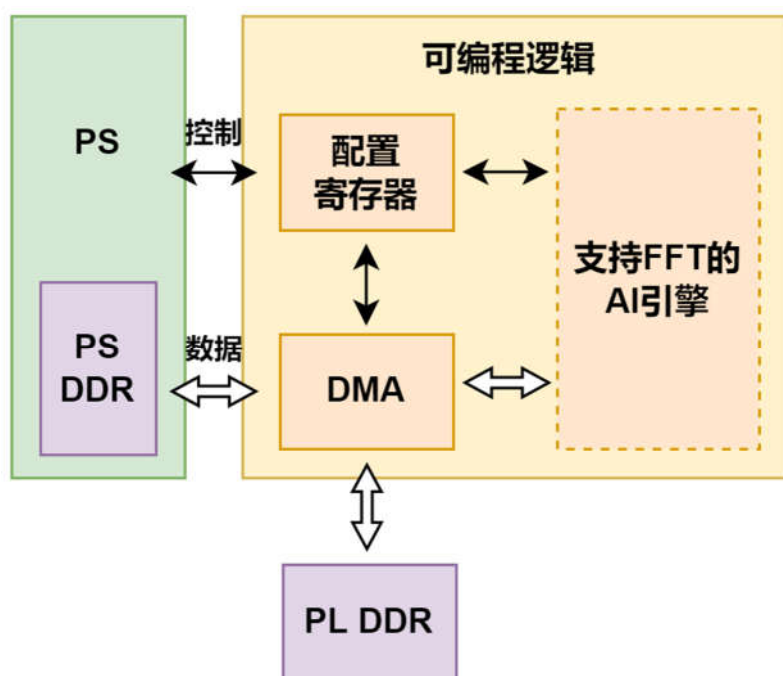
决赛赛题：电路的 FPGA 实现和系统测试

III. 硬件实现

要求在我司 PSOC 上实现支持快速傅里叶变换的 AI 引擎的系统方案，该芯片包含处理系统 (Processing System, PS) 和可编程逻辑 (Programmable Logic,

PL) 两部分。如下图所示，处理系统可以将一层计算的输入数据写入到 PS 端的 DDR 中，然后通过 DMA 模块将数据写入到 PL DDR 中。PS 通过控制端口配置 PL 端的寄存器，启动 AI 引擎进行计算。AI 引擎通过 DMA 模块完成输入/输出数据的访问。电路的计算结果需要与软件的仿真结果进行匹配。对于能够成功完成如上要求的参赛队伍，则根据运算速度，逻辑资源占用率以及是否有加分项进一步评比。

其中赛题组会提供一个示例工程，包括接口互连模块，以及软件端硬件控制和数据传输的驱动函数。参赛者只需要按照接口要求，完成 AI 引擎的设计，以及处理系统中的用户程序即可。



其中加分项包括但不限于：能在 PSOC 上部署完整的网络模型，支持多种数据精度，电路能够运行到较高的频率，电路结构具有灵活性，进行了额外的性能分析和测试（瓶颈分析、与其他平台的对比等等），对我司的 PSOC 芯片及相应的 EDA 软件提出了合理的意见和建议。

2.2 输出要求（初赛）

- 1) 书面报告，包括方案设计和电路实现两部分（要求详见章节 3）。
- 2) 算法研究的软件工程。
- 3) 电路实现的 RTL code 与仿真工程。

2.3 输出要求（决赛）

- 1) 书面报告，包括系统集成方案与测试报告。
- 2) 系统集成的软件工程。
- 3) 系统集成的 FPGA 工程。

3 报告模板

一， 实现方案研究

1. 业界研究情况
 - 1.1.背景综述
 - 1.2.
- 2.研究内容
 - 2.1.研究内容 1
 - 2.1.1.研究内容
 - 2.2.2.研究结论
 - 2.2. 研究内容 2
 - 2.2.1.研究内容
 - 2.2.2.研究结论
- 3.总结

二， 电路实现方案

- 1.模块综述
 - 1.1.功能综述
 - 1.2.结构框图
- 2.数字模块实现方案
 - 2.1.接口定义
 - 2.2.xx 子模块
 - 2.2.1.模块功能
 - 2.2.2.接口定义
 - 2.2.3.实现方案
 - 2.3.xx 子模块
 - 2.4.仿真结果
- 3.总结

三， 系统集成部分

- 1.系统方案
 - 1.1.功能综述
 - 1.2.结构框图与工程实现结果（主频， 资源占用情况）
- 2.系统测试

-
- 2.1.功能测试
 - 2.2.性能测试
 - 3.总结

4 评分标准（初赛）

初赛总分 100 分，评分标准如下。

项目		主要内容	分数
数字模块实现 方案	书面报告	实现方案研究	20
		电路实现方案	25
	RTL code	功能正确	15
		实现高效性	10
		代码风格	5
其他		报告内容简洁准确、逻辑清晰	10
		创新性、专项突出等加分项	15
合计			100

5 赛事安排

5.1 参赛队伍要求

每支参赛队伍控制在 4 人以内。

5.2 赛事流程

阶段	时间	内容
初赛		根据本赛题要求完成并提交相应设计和书面报告 确定决赛队伍
培训		对进入决赛的队伍进行相应培训
决赛		统一上机决赛
答辩		决赛答辩，确定名次与奖项

注：具体安排以组委会通知为主。