**第五届中国研究生创“芯”大赛**

**极海半导体企业命题（五稿）**

赛题一

**基于多串动力锂电池SOX（SOC、SOH、SOP）动态高精度估算的算法**

* 选题背景

发展新能源是我国应对气候变化、推动绿色发展的战略举措。国家关于“四个革命、一个合作”能源安全新战略，实现碳达峰、碳中和战略目标，支撑构建新型电力系统，加快推动新型储能高质量规模化发展要求，催生了新能源大发展的机会。

锂离子电池作为储能单元在新能源领域得到广泛应用。然而，锂离子电池系统具备容量大、串并联节数多，系统复杂的特点，加之安全性、耐久性、动力性等性能要求高、实现难度大，因此成为影响新能源推广普及的瓶颈。

电池管理系统（BMS）的重要任务是保证电池系统的设计性能，主要可分解成安全性、耐久性、动力性三大方面。BMS由各类传感器、执行器、控制器以及信号线等组成，为满足相关的标准或规范，BMS功能需求包括电池电压、电流、温度等模拟量测量、采样频率同步性、SOC、SOH、SOP估算等等。

本命题重点考察BMS的设计性能优化方案，旨在以较低的资源开销，实现或提高相关SOX的精度，保证电池系统的安全性和使用寿命，同时提高功率的识别度，优化功率的输入输出平滑性，提高系统工作的稳定性。

* 输出要求：

1. 算法设计文档（包含流程图，输入、输出）
2. MATLAB算法代码以及仿真报告
3. 针对配套的算法，对芯片关键指标定义输出结论报告

* 描述及要求：

1. 多串锂电池范围：2-100串（可选，可选用MATLAB SIMULINK内置锂电池模型）
2. 电池全寿命过程中
3. SOC估算精度4%；
4. SOH估算精度8%；
5. SOP估算精度4%；
6. 针对影响算法的芯片关键指标（ADC采样精度、采样频率、算法复杂度）），做出优化
7. 提出假设
8. 找出瓶颈
9. 提出思路
10. 验证思路

* 评审得分点：

基础分：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 类型 | 分值 | 要求描述 | 备注 |
| 1 | MATLAB建模、仿真 | 65 | 实现MATLAB建模、仿真 | 使用60-100串，得65满分 使用30-60串，得50分 使用2-30串，得40分 |
| 3 | SOC精度（X） | 5 | 实现3.5%≤X＜4% |  |
| 4 | SOH精度（Y) | 5 | 实现6%≤Y＜8% |  |
| 5 | SOP精度（Z) | 5 | 实现3.5%≤Z＜4% |  |
| 6 | ADC采样精度 | 10 | 采样精度≤14bit |  |
| 7 | 采样频率 | 10 | 采样频率≤4Hz（电池全部测量完一次） |  |
| 基础总分 | | 100 | | \*以使用60-100串建模为例 |

附加分：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 类型 | 分值 | 要求描述 | 备注 |
| 1 | 建模分 | 15 | 自行建模锂电池模型 |  |
| 2 | SOC精度（X）优化 | 10 | 实现3%≤X＜3.5% |  |
| 3 | 20 | 实现X＜3% |  |
| 4 | SOH精度（Y）优化 | 10 | 实现5%≤Y＜6% |  |
| 5 | 20 | 实现Y＜5% |  |
| 6 | SOP精度（Z）优化 | 10 | 实现3%≤Z＜3.5% |  |
| 7 | 20 | 实现Z＜3% |  |
| 8 | ADC采样精度优化 | 10 | 采样精度＜14bit | 采样精度越低，可获得越多额外加分，单项满分10分 |
| 9 | 采样频率优化 | 10 | 采样频率＜4Hz | 采样频率越低，可获得越多额外加分，单项满分10分 |
| 10 | 创新分 | 5 | 算法创新度 | 根据算法创新度加分，单项满分5分 |
| 最高附加分合计 | | 100 | |  |

* 参考文档：

[1]陈翼星.锂电池SOC估计算法研究[D].西南交通大学,2018

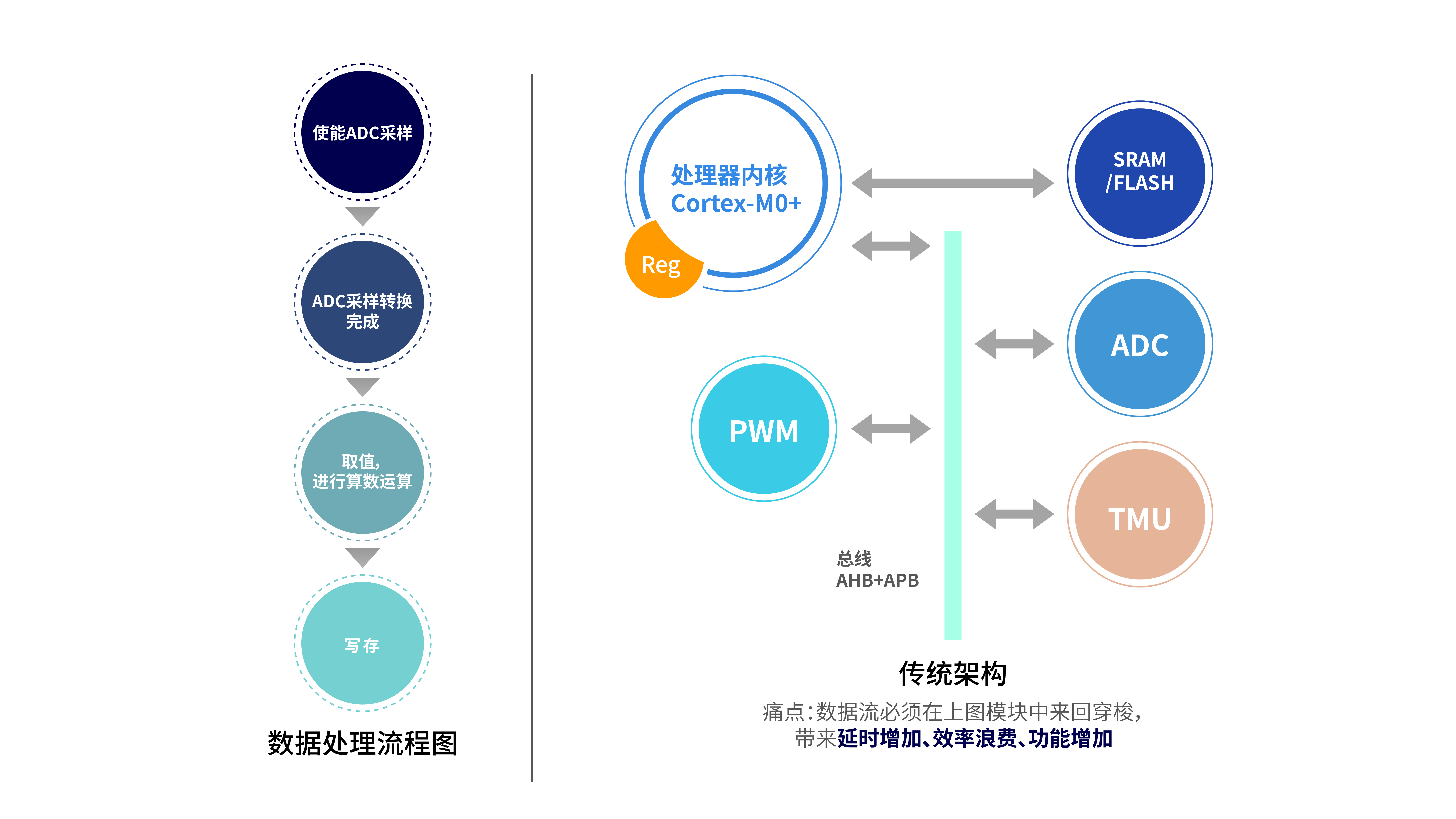
[2]刘熹,李琳,刘海龙.动力型锂电池SOC与SOH协同估计[J].太赫兹科学与电子信息学报,2020,18(04):750-755

赛题二

**高响应性信号处理SoC架构设计优化**

* 选题背景

高性能数模混合控制芯片是工业4.0落地的一个重要基础，大量的工业闭环控制，比如机械臂、滑轨、AGV等应用，都需要芯片来实现高速精准控制。

高性能数模混合控制芯片的其中一个难点，是如何对采集到的模拟信号进行高效预处理。这里涉及到**高响应性信号处理SoC架构**的创新。下图描述了工业级常见的处理架构，以及存在的痛点。

这个竞赛题目，希望同学们可以发挥创造力，解决这个痛点。

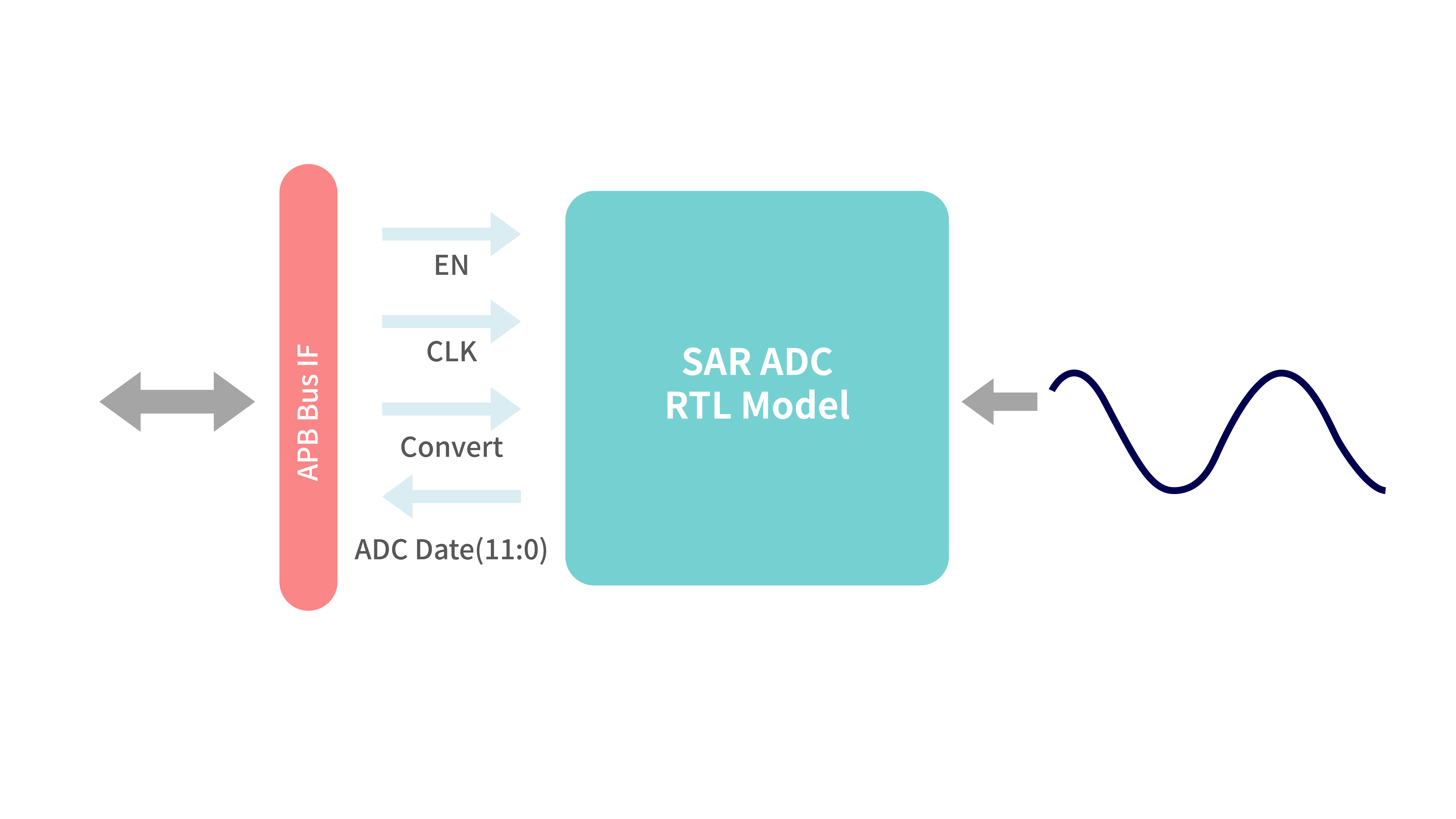
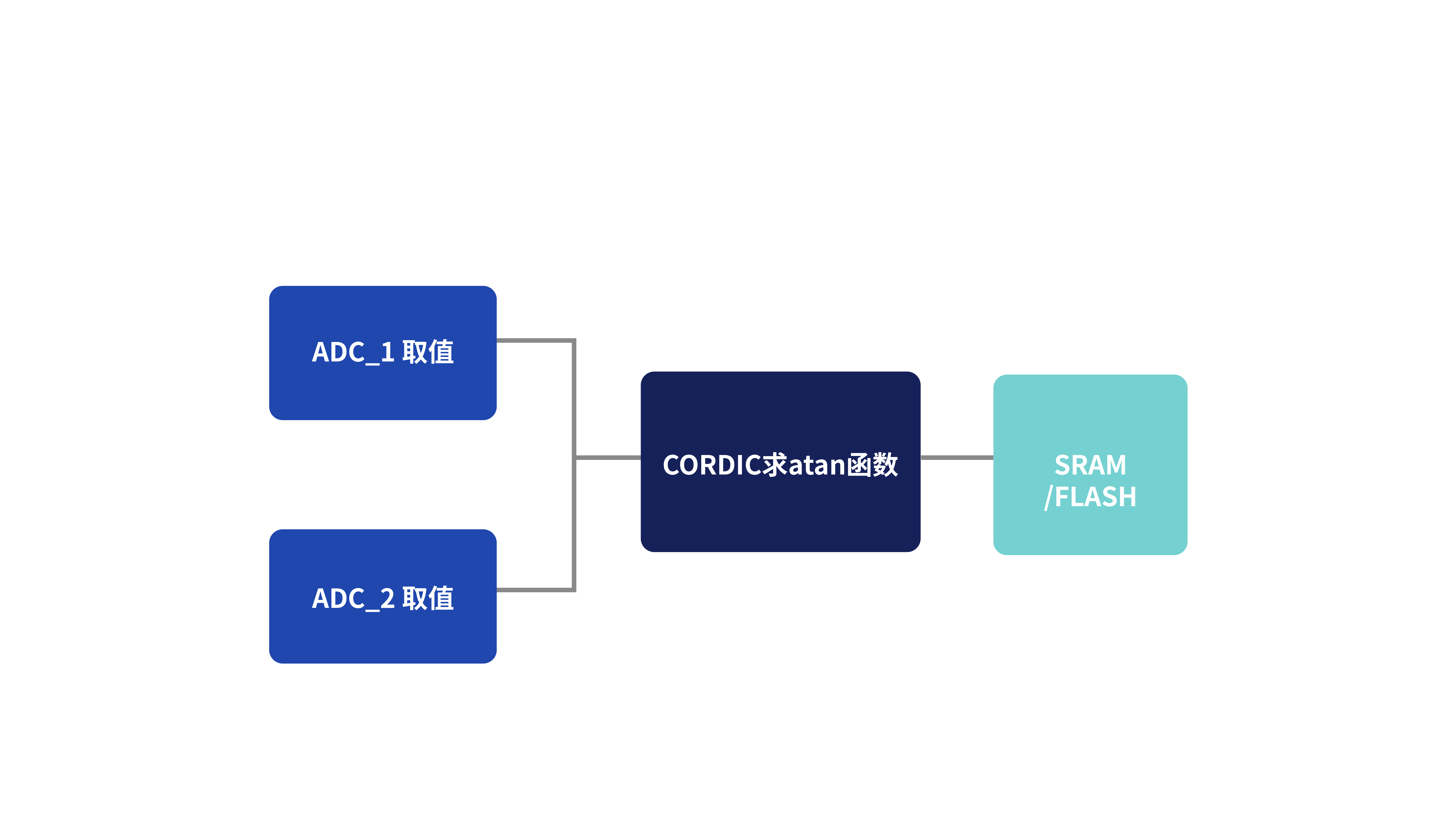
* 输出要求：

1. 完成架构起草
2. 输出RTL代码仿真报告
3. 输出FPGA原型机
4. 输出性能、资源评估报告

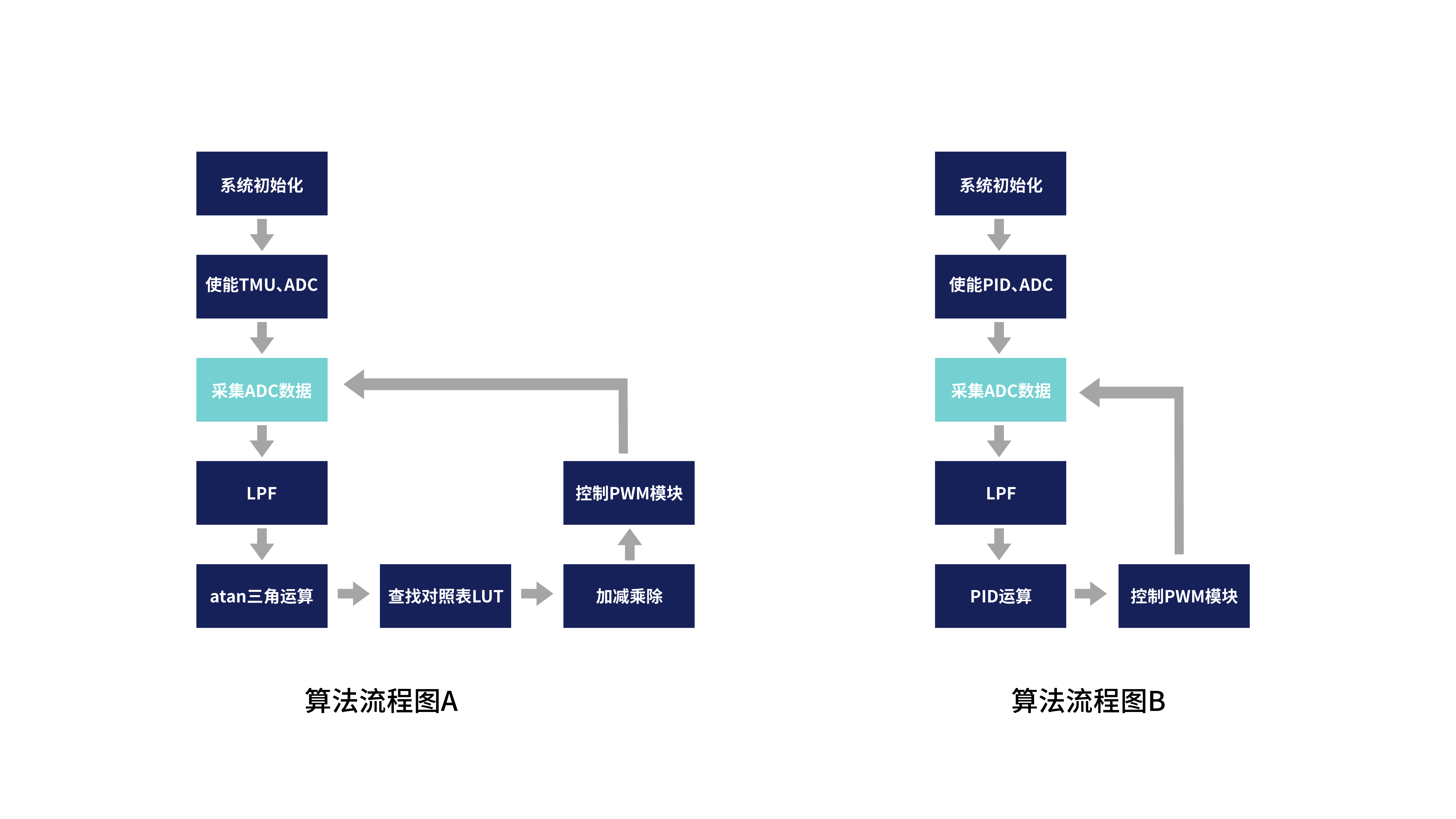
* 描述及要求：

1. 基于Arm Cortex M0+、8051或者性能相当的RISC-V处理器内核实现数模混合信号处理芯片
2. TMU运算模块建模，实现CORDIC算法加速，支持各类三角函数运算
3. 硬件CORDIC加速（atan函数）的实现（性能/功耗/面积的考虑）
4. TMU和ADC之间的数据通信（降低CPU的吞吐）
5. TMU需要包含APB控制接口
6. 12bit 12MHz SAR ADC模块建模，只要实现最简单的寻址、握手、数据交互功能

ADC模块包括（参考下图）：

1. ADC功能建模（模拟输入（real变量）🡪数字输出（寄存器变量）
2. ADC时序建模（启动数据转换—>转换完成数据写入寄存器—>输出标记或中断）
3. 根据所选用的ADC架构正确描述ADC的数据转换时间
4. ADC模块属于APB总线上的IP，需要包含APB控制接口
5. 拼接后的系统，要求能实现上图“数据处理流程图”的功能，抽象的计算通路如下：

为了鼓励同学们探索更大的优化空间，可参考如下典型算法流程图A/B对架构进行优化。鼓励同学们实现完整的PID算法。

1. 针对延时、处理器效率、面积、可迁移性4点做优化创新
2. 提出假设
3. 找出瓶颈
4. 提出思路
5. 验证思路

* 评审得分点：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 类型 | 分值 | 要求描述 | 备注 |
| 1 | 基础得分 | 60 | 完成基于传统架构的信号处理SoC芯片，实现算法A与算法B的主要功能，在给定50MHz时钟频率下测量实现算法A与算法B所消耗的总时间，给出详细的设计报告与性能测试方案。 | (1) 在实现算法A时，要求进行atan运算求出θ值在-90到90度以内精度做到误差不超过3%。 (2) 在实现算法B时，要求完成PID算法中的P、I、D三个运算功能，并且系数可调，针对0到2048的输入阶跃能跟随收敛。 |
| 2 | 延迟测评附加分 | 16 | 相比于原始版本的架构设计，在50Mhz频率下完成A/B算法一次完整运算所用时间减少的比重，给出详细的对比报告和分析报告，指出不同的优化技术对延迟优化的贡献。 | 优化方案经评审方判断有效无虚报后进行排名，优化后所用时间越少排名越靠前。  第一名得16分满分，第二名得8分，第三名得4分，其余队伍不加分 |
| 3 | 效率测评附加分 | 12 | 减少运算过程中CPU介入的机器周期 | 优化后CPU介入时间越少排名越靠前。  第一名得12分满分，第二名得6分，第三名得3分，其余队伍不加分 |
| 4 | 面积测评附加分 | 8 | 输出FPGA综合报告 | Logic Element数量越少排名越靠前。  第一名得8分满分，第二名得4分，第三名得2分，其余队伍不加分 |
| 5 | 可迁移性测评附加分 | 4 | 兼容不同内核平台 | 数量越多，排名越靠前（可并列）。  第一名得4分满分，第二名得2分，第三名得1分，其余队伍不加分 |
| 最高总分 | | 100 | 1. 评审方对测试结果有所怀疑时，参赛选手需按评审方提出的意见补充测试并给出解释 2. 如果未完全实现某项功能，根据技术报告的内容酌情给分 | |

附：

【1】CORDIC. CORDIC（Coordinate Rotation Digital Computer）算法即坐标旋转数字计算方法，是J.D.Volder1于1959年首次提出，主要用于三角函数、双曲线、指数、对数的计算。. 该算法通过基本的加和移位运算代替乘法运算，使得矢量的旋转和定向的计算不再需要三角函数、乘法、开方、反三角、指数等函数。

【2】LPF算法，可以参考公式Y(k) = Y(k-1) + LPF\_Coefficient\*(X(k) – Y(k-1))

参考文档：

1. CORDIC VLSI-IP for deep learning activation functions, github

<https://github.com/srohit0/CORDIC>

1. Hesheng Wang, Digital PID control algorithm，Department of Automation, SJTU,2016

<https://robotics.sjtu.edu.cn/upload/course/1/files/Chapter51.pdf>

* 奖项设置：

一等奖2队，奖金10,000元/队；

二等奖4队，奖金5,000元/队

* 赛题咨询邮箱：[qa@geehy.com](mailto:qa@geehy.com)