



9月-12月考核报告

报告人：杨宣政

导师：朱科军

中国科学院高能物理研究所 触发与数据获取组

2024年12月27日



◆ HEPS-BPIX4 DAQ

- ◆ 触发功能集成
- ◆ 远程传输功能开发
- ◆ 性能优化
- ◆ 异构平台的优化部署设计
- ◆ 100Hz 整机测试

◆ 其他工作

◆ 工作总结与下一阶段计划

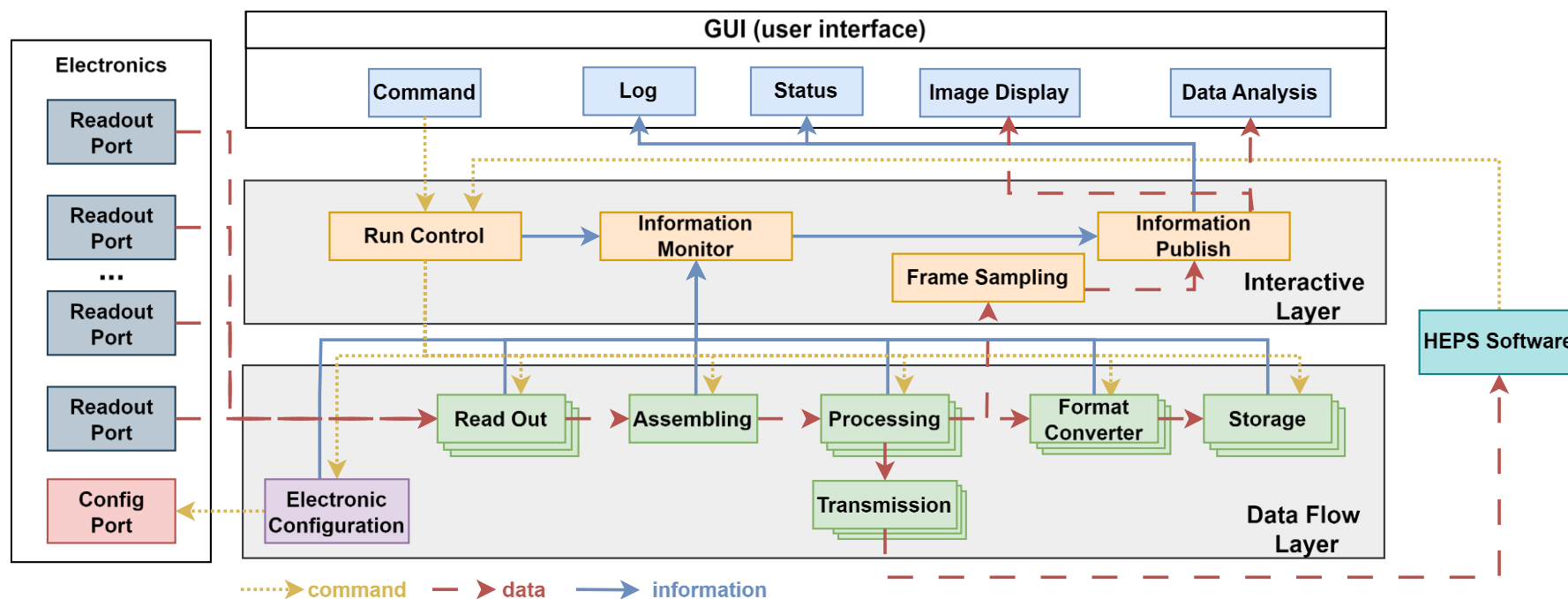


研究背景

HEPS-BPIX4 6M 是高能所正在进行自主研发的第四代硅像素探测器

- 工作围绕 HEPS-BPIX4 6M DAQ展开研究
- 25年1月目标：整机100Hz(双阈值)运行

HEPS-BPIX4 6M DAQ框架设计

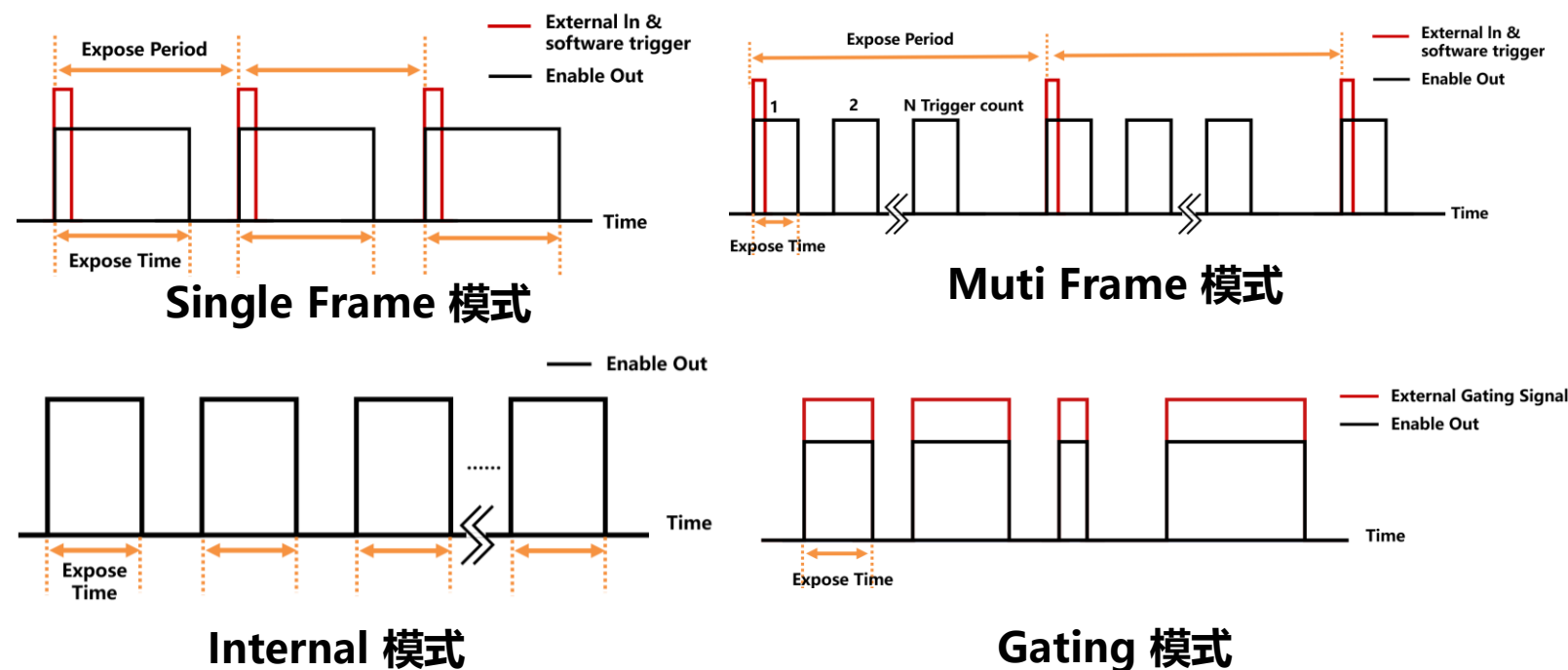




触发功能集成

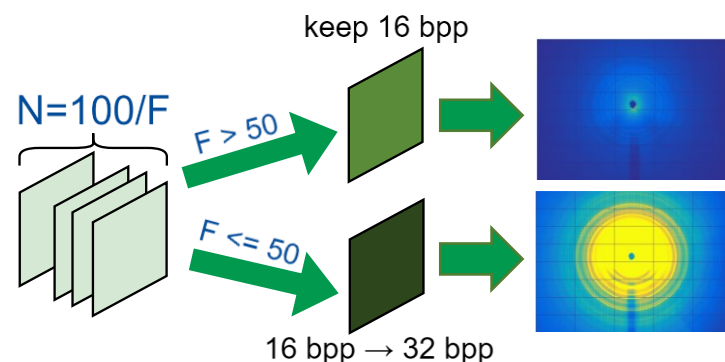
触发：保障探测器与光源同步操作 → 精准采集数据

- BPIX4 探测器通过软件或外部触发信号实现硬件触发
- DAQ 设定参数并配置，实现不同触发模式



新增帧频加和积分功能

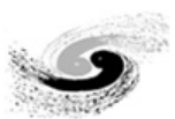
- DAQ 将多帧数据加和成一帧



- 合理设置加和逻辑，提升动态范围，充分利用带宽

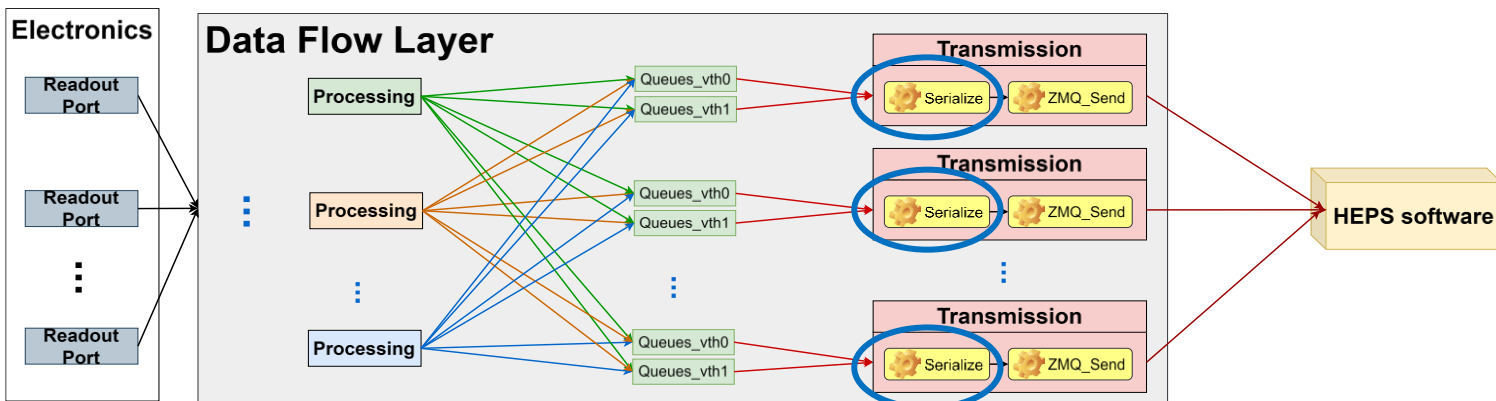
应用于 Muti Frame 模式

触发功能全部集成并完成验证

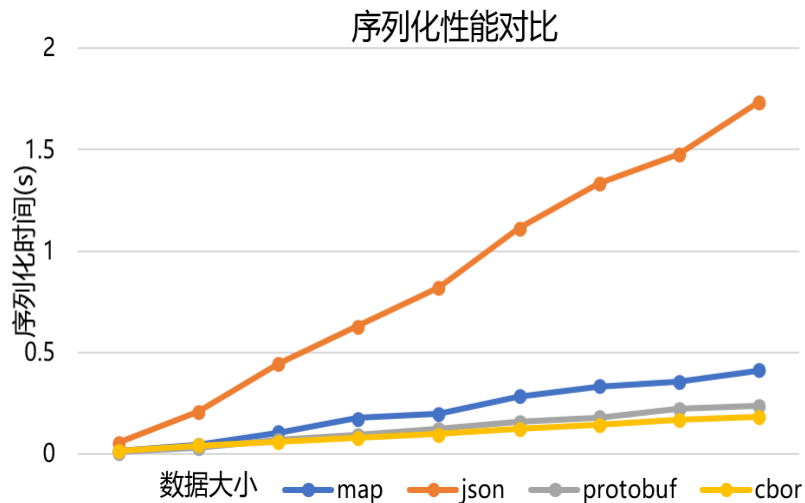


远程传输功能开发

数据发送前做序列化（HEPS
软件要求）→ 与其他探测器格
式统一，便于后端数据解析



调研多种常用的序列化方法



尝试不同序列化策略：

数据特征会导致序列化速度产生差别，Cbor 序列化二进制数据效果最佳

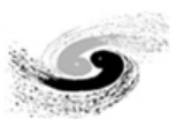
	转字符串后序列化	直接二进制序列化
CPU	Intel(R) Xeon(R) Gold 6326 CPU @ 2.90GHz	
Json	78.5MB/s	28MB/s
Cbor	137.5MB/s	687.5MB/s
100/1k Hz 预计所需核数	16 / 160	3.2 / 32

Cbor 性能满足100Hz需求



模拟源 → DAQ → 接收脚本
测试结果：5传输线程实现
100 Hz 稳定网络传输

序列化方案由JSON → CBOR：数据链通过验证，性能满足100Hz需求



100Hz 整机测试

100Hz 功能稳定性测试

- 模拟源 → DAQ → 接收脚本
- 测试脚本: start -> ... -> terminate 循环
- 对 DAQ 各功能进行测试

测试方案设计

模拟源	daqheps服务器
DAQ	heps01服务器
处理/存盘/传输线程	6/6/7
带宽	2400MB/s (~100Hz)
脚本循环次数	100次
1-Idle%	10%
预计占用核数	13

DAQ自检功能正常, 生成数据正确

探测器系统优化

- 部分模块亮度过高 → DAQ 检测寄存器是否复位
- 运行控制命令升级 → DAQ 高速响应
- 实现一次配置多次run

100 Hz 整机触发功能测试

数据源	探测器整机
DAQ	heps01服务器
处理/存盘/传输线程	6/6/7
帧率	~100Hz
1-Idle%	10%
预计占用核数	13

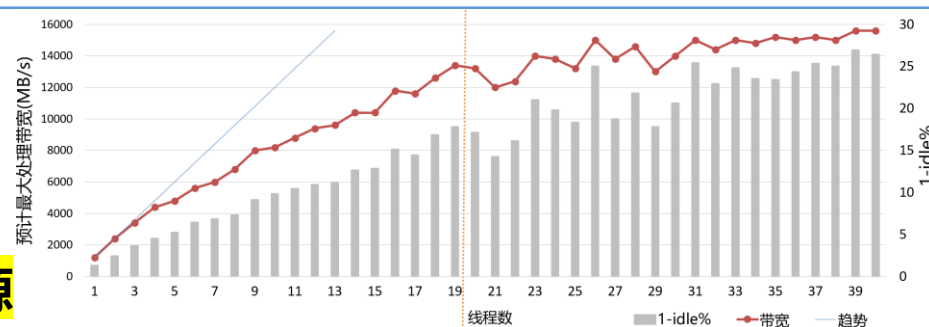
探测器整机完成100Hz功能调试, 下月初将运往怀柔线站部署安装, BPIX4 DAQ 准备就绪



性能优化

针对未来 1KHz 性能需求，展开研究

- 测试 DAQ 在不同处理线程数下的性能，在处理线程 >19 时：
- 带宽增长趋缓，加线程已无法显著提高性能，而服务器存在**空闲资源**



寻找当前性能瓶颈，制定性能优化策略

显卡遮挡CPU1散热口，温度升高CPU降频： 设置CPU亲和性，提高风扇转速

处理器温度报警		
Set PWM: 30% → 80%		
	CPU0 温度	CPU1 温度
500 Hz	50°	80° (降频)
500 Hz(CPU亲和)	63° ↑	62° ↓

对各模块性能进行测试：排除读出和组装，锁定瓶颈在**处理模块**

测试情况	
DAQ的Cpu占用%	3943%
整机1-idle% (负载包括模拟源)	39.6%
线程数	40
测试带宽	24000MB/s
运行时间	<800s
空的recvQueue	2 (共20个, 其余18个队列内的帧数量<20个且不上升)
空的processQueue	23 (共40个, 其余17个队列内元素数量不断上升)

读出组装不该是瓶颈：否则各recvQ内剩余帧数会不断上升

优化处理模块**内存分配策略**：避免频繁内存分配和释放，提升内存使用效率

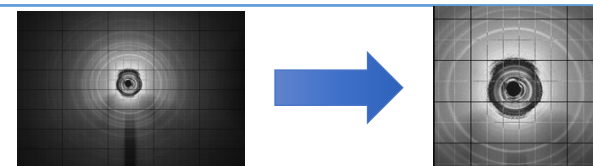
测试情况	
DAQ的Cpu占用%	2583%
整机1-idle% (负载包括模拟源)	29%
线程数	30
带宽	20000MB/s
运行时间	2h+

DAQ 最大处理带宽达到 889 Hz，需要进一步提高性能满足1KHz 需求



异构平台的优化部署设计

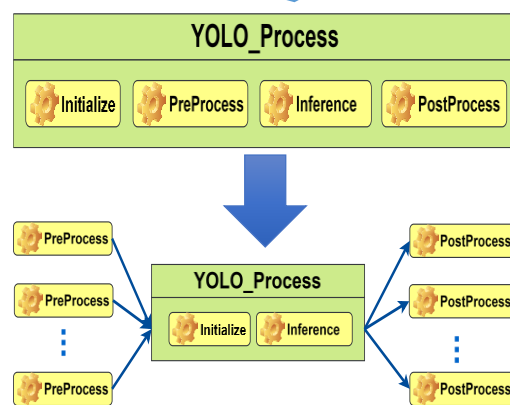
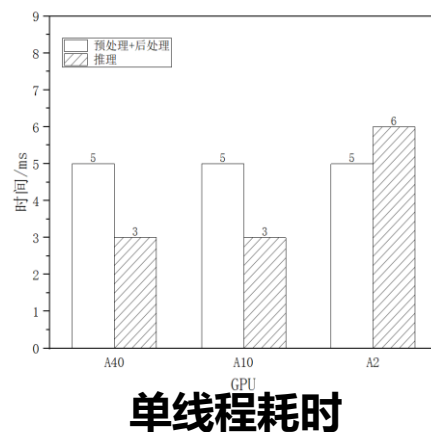
在 BPIX4 DAQ 上集成深度学习方法 —— 实时在线图像压缩



单线程存在性能瓶颈

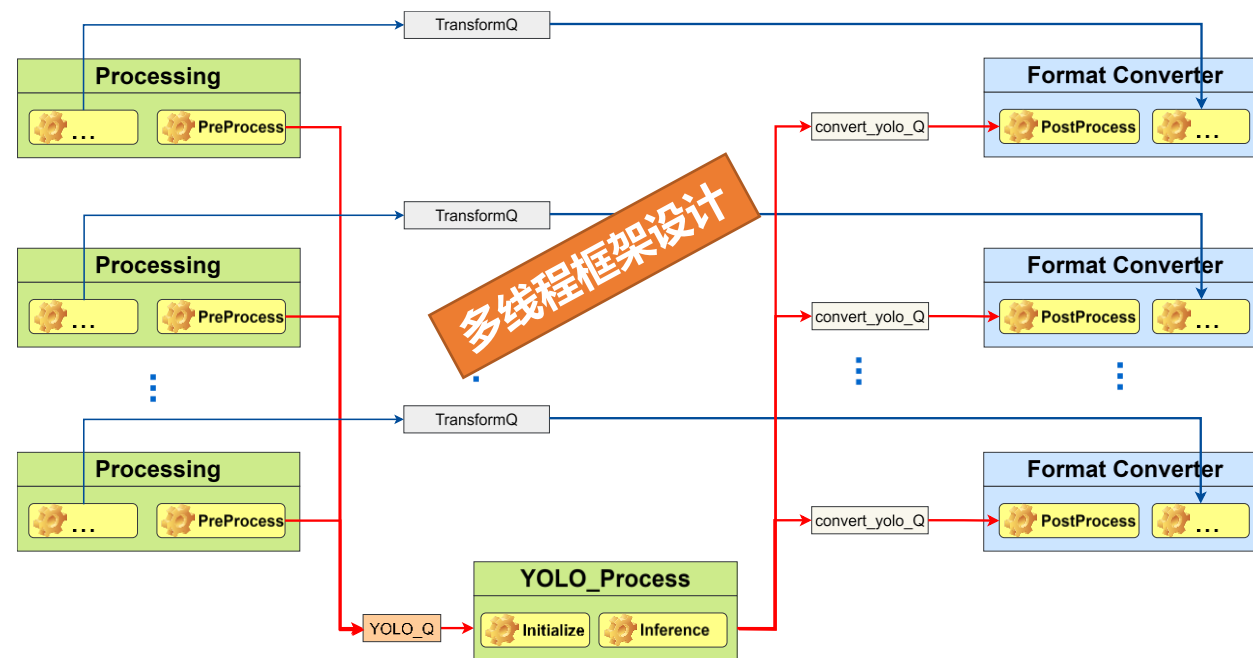
- 预处理+推理+后处理耗时 8ms
- 无法满足 100 Hz 需求 ($<5\text{ms}$)

功能子模块解耦 → 拆分后重新封装



推理模块无法多线程 → 定制数据流框架：

- 预处理、后处理模块多线程执行，推理模块单线程执行



框架完成修改，推理结果正确



- **Design and Implementation of DAQ System for HEPS-BPIX4**
- **Early Access ✓**

Publisher: IEEE

- 接手晓照师兄的工作
- 将GPU加速数据处理功能部署在最新版本 DAQ

- EIGER探测器采用Lz4和BsLz4压缩数据
- 调研BsLz4(lz4+bitshuffle)压缩效果

上光测试数据	lz4	bslz4
压缩比	1.24444	1.30076 ↑
压缩速度 (MB/s)	450.416	354.466 ↓

目前相比Lz4无明显优势，计划进一步研究



总结与下一步计划

工作总结

- 集成 BPIX4 DAQ全部的触发功能
- 完成 BPIX4 DAQ 远程传输功能开发
- 实现BPIX4 DAQ 在线图像压缩功能部署
- DAQ功能完成自检, 100Hz 探测器整机联调测试通过
- 优化 BPIX4 DAQ 性能

下一步计划

- 针对1KHz目标对BPIX4-DAQ性能进行优化
- 测试实时在线图像压缩多线程性能
- 调研BPIX4 数据压缩

THANKS