



基于FELIX的微结构气体探测器 读出电子学系统研究

沈仲弢

中国科学技术大学

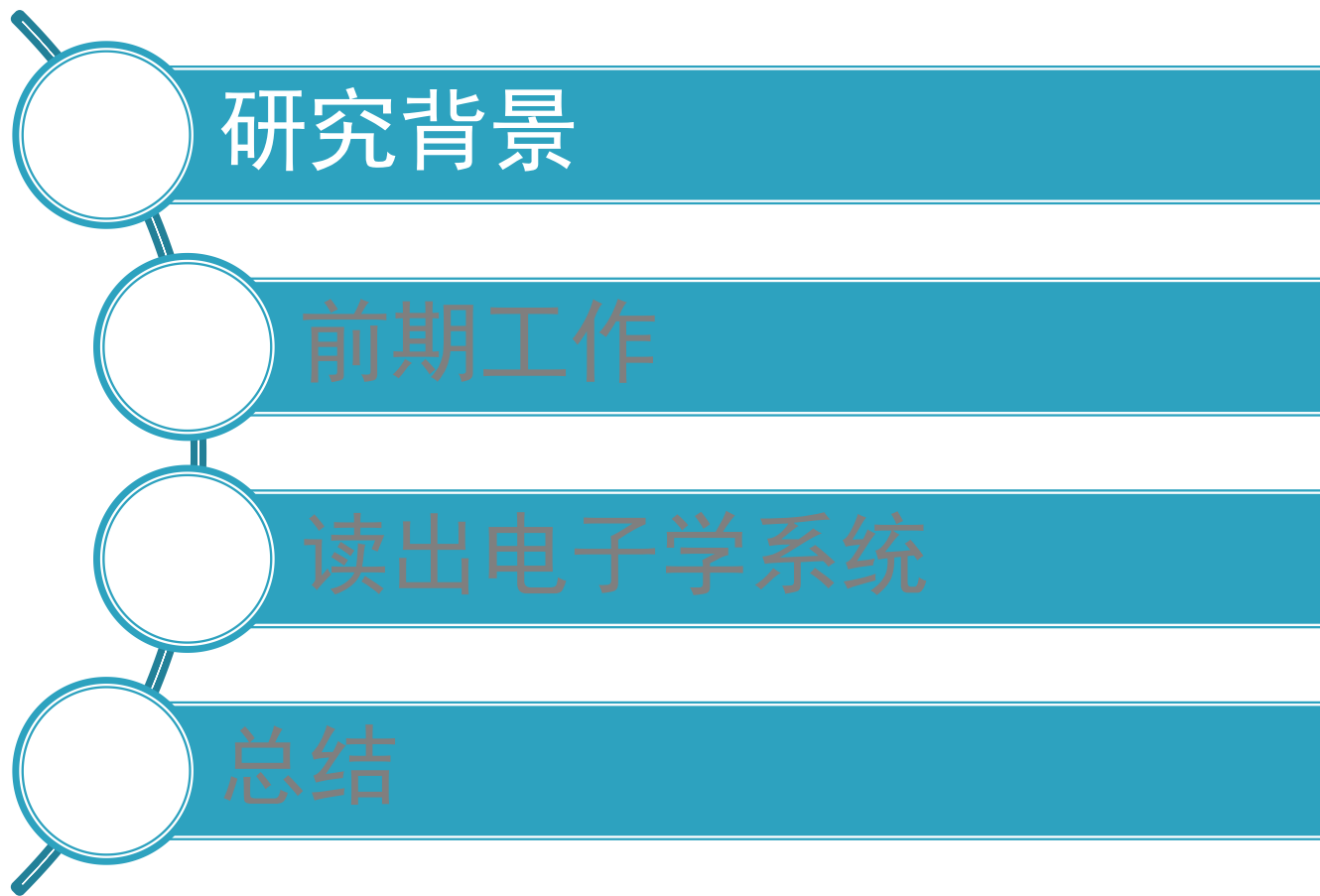
核探与核电子学国家重点实验室

2019.10.18 东莞

UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA

STATE KEY LABORATORY OF PARTICLE DETECTION AND ELECTRONICS

目录



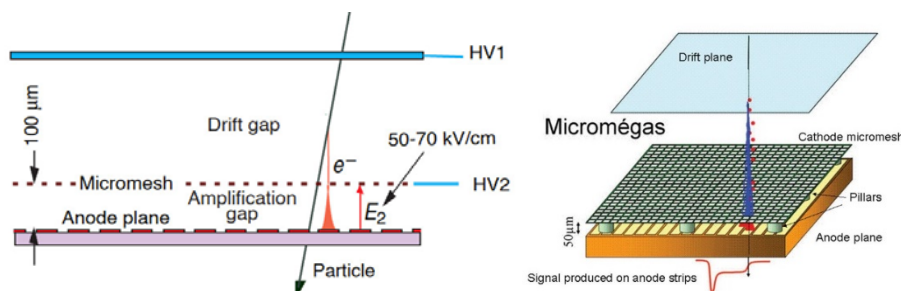
微结构气体探测器

■ 分类

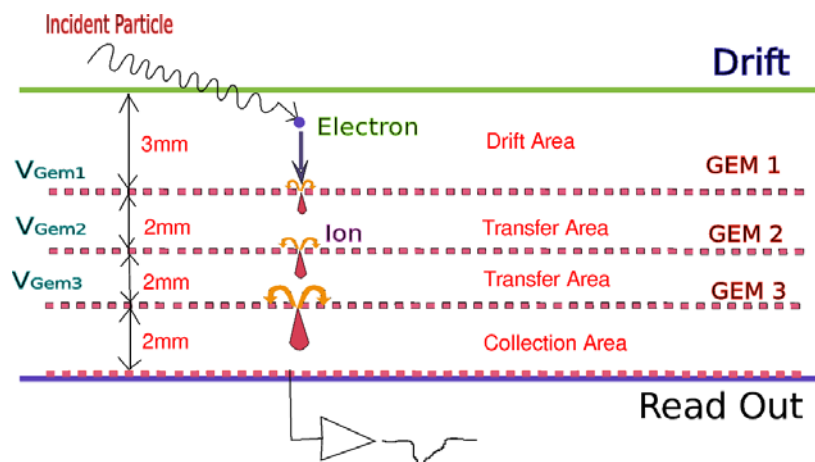
- ◇ 微网结构（Micromegas、Bulk MM、Microbulk MM等）
- ◇ 微孔结构（GEM、THGEM、RETGEM、Micro-Hole等）

■ 特点

- ◇ 良好的时间、空间分辨能力
- ◇ 一定的抗辐照性能
- ◇ 价格较低、可大面积生产



MM探测器原理



三层GEM探测器原理

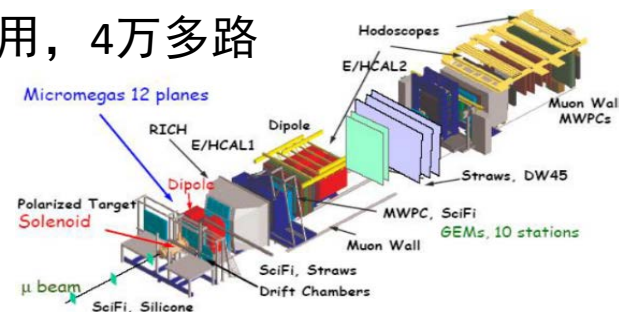
应用

■ 粒子物理

- ◇ COMPASS实验, MM&GEM、第一次大规模使用, 4万多路
- ◇ T2K实验, Bulk MM, 2万多路
- ◇ ATLAS、CMS升级等, 百万量级
- ◇ CEPC强子量能器数字化方案, 千万量级

■ 其他应用

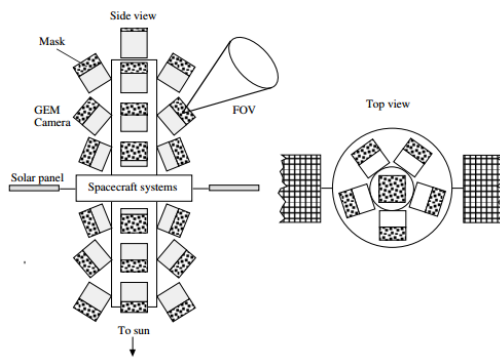
- ◇ 空间天文、医学成像、安全监测等



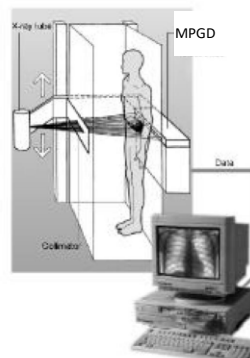
COMPASS



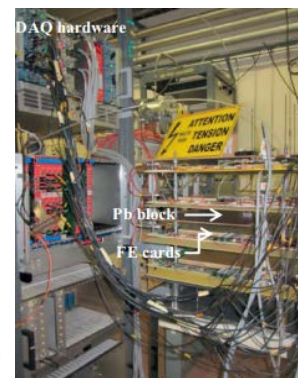
为ATLAS升级研制的1mx1m MM探测器



空间X射线探测系统



医学成像系统



宇宙线成像系统

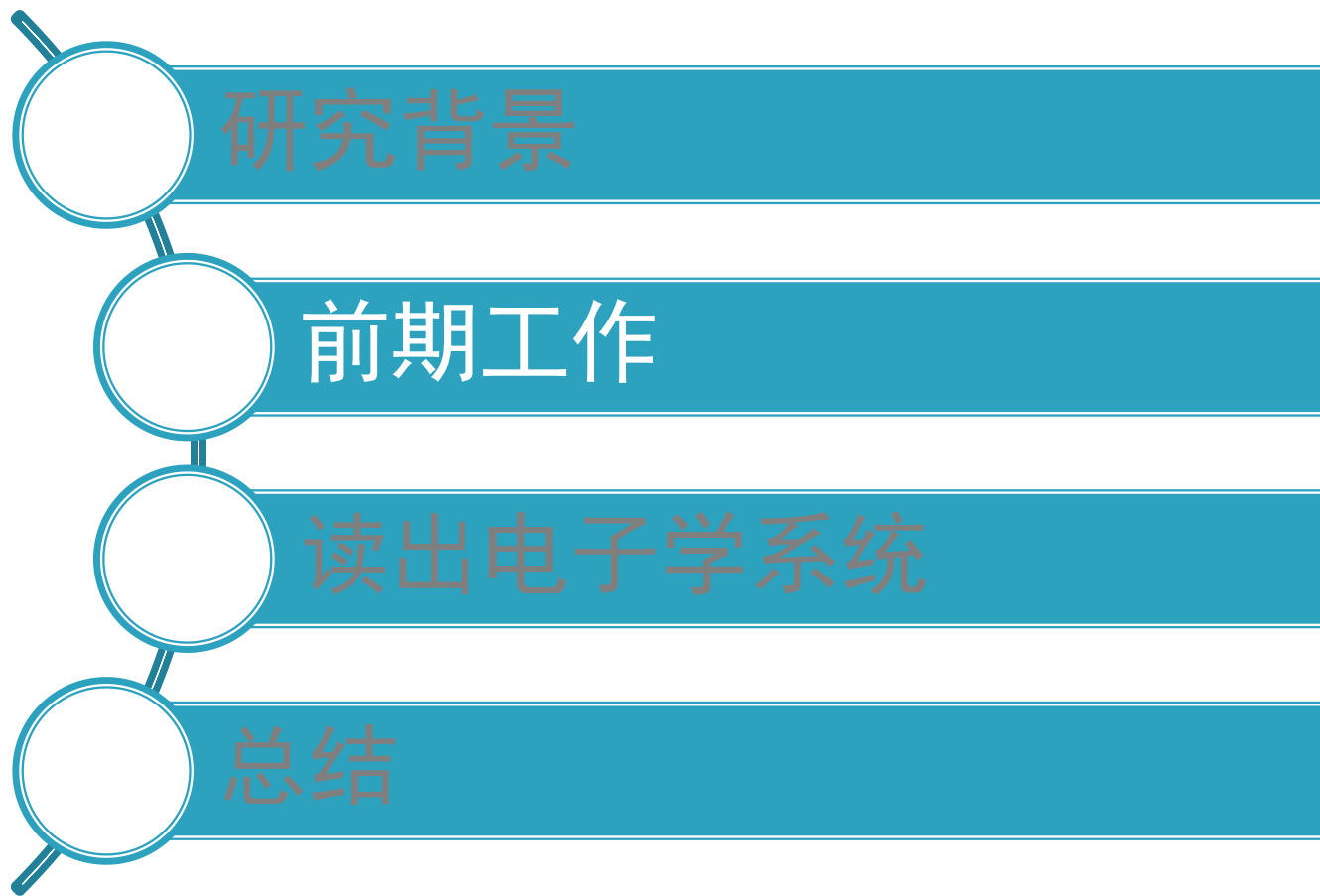
相关前端读出ASIC

名称	输出	通道数	成形时间	噪声	动态范围
APV25	模拟	128	50ns	250 e + 36 e/pF	20fC
AGET	模拟	64	50ns ~1000ns	550 e + 10 e/pF	10pC
VA140	模拟	64	6.5us	100 e + 7 e/pF	200fC
VATA160	模拟	32	2us	2140 e + 30 e/pF	13 pC
Beetle	模拟	128	25ns	500 e + 50 e/pF	17.5fC
VMM	模拟	64	25ns~200ns	5000 e @ 200 pF	2 pC
GASTONE	数字	64	200ns	800 e + 40 e/pF	200fC
VFAT2	数字	128	22ns	650 e + 50 e/pF	18.5fC
CASAGEM	模拟	16	20~80ns	2000 e @ 50pF	1pC
MICROROC	数字	64	75~200ns	0.24fC@80pF	500fC/200fC
国内...					

读出电子学需求

- 兼容性
 - ◇ 兼容不同探测器读出需求
 - ◇ 兼容不用前端ASIC
- 高数据带宽、高集成度
- 可扩展性

目 录



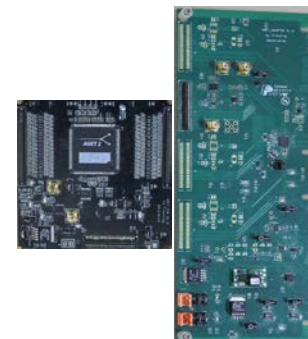
基于SRS架构的通用电子学

- 参考RD51合作组SRS架构
- 问题
 - ◇ 可扩展性有限
 - ◇ 硬件层面的兼容性

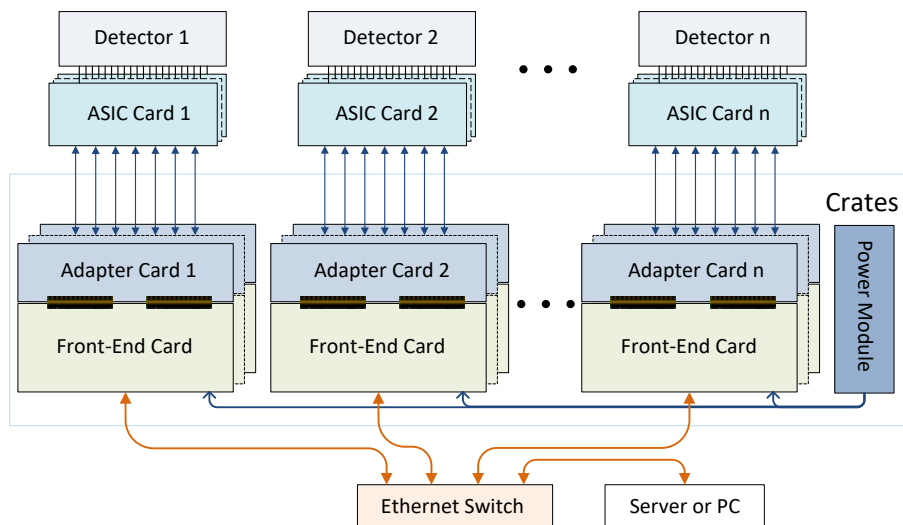
VA140-SRS



AGET-SRS

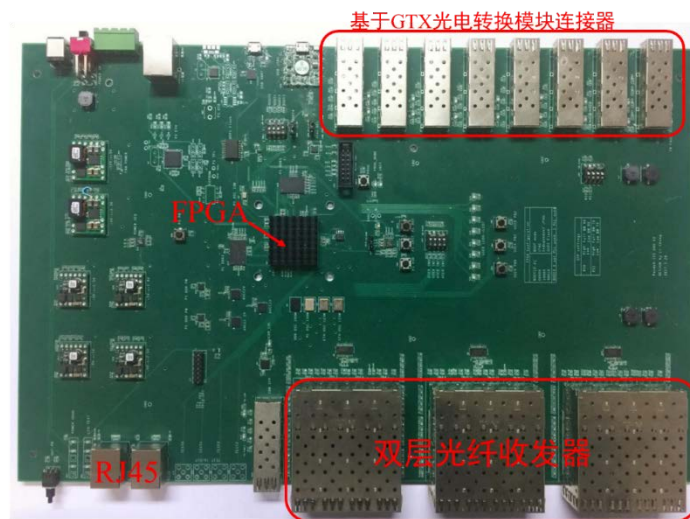
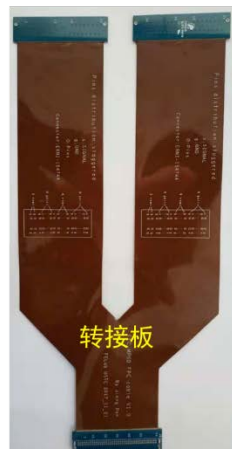
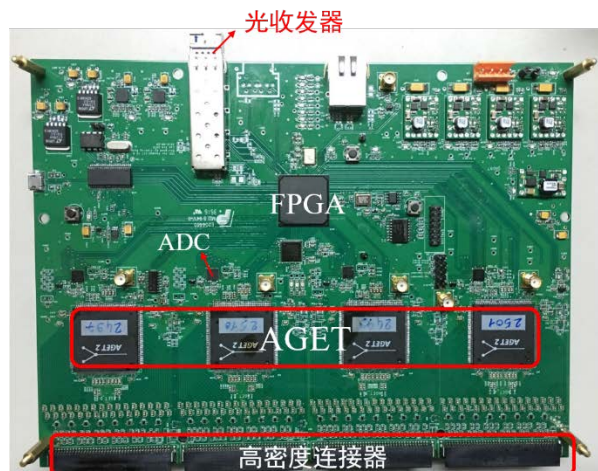
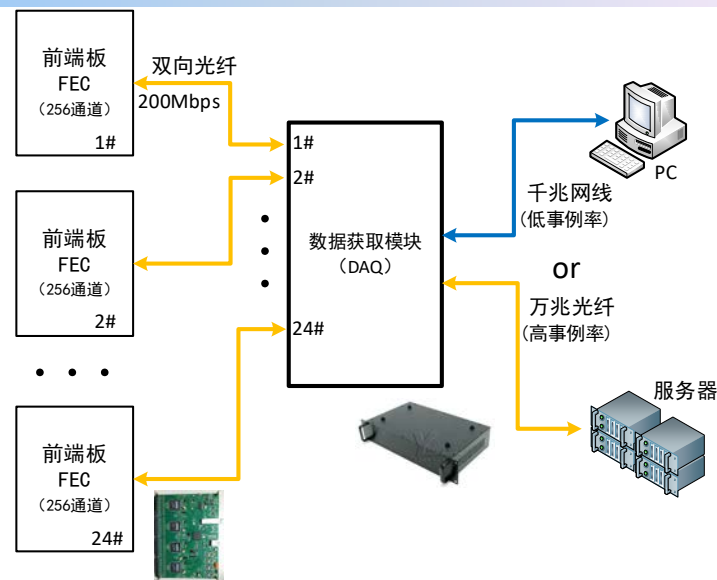


APV25-SRS

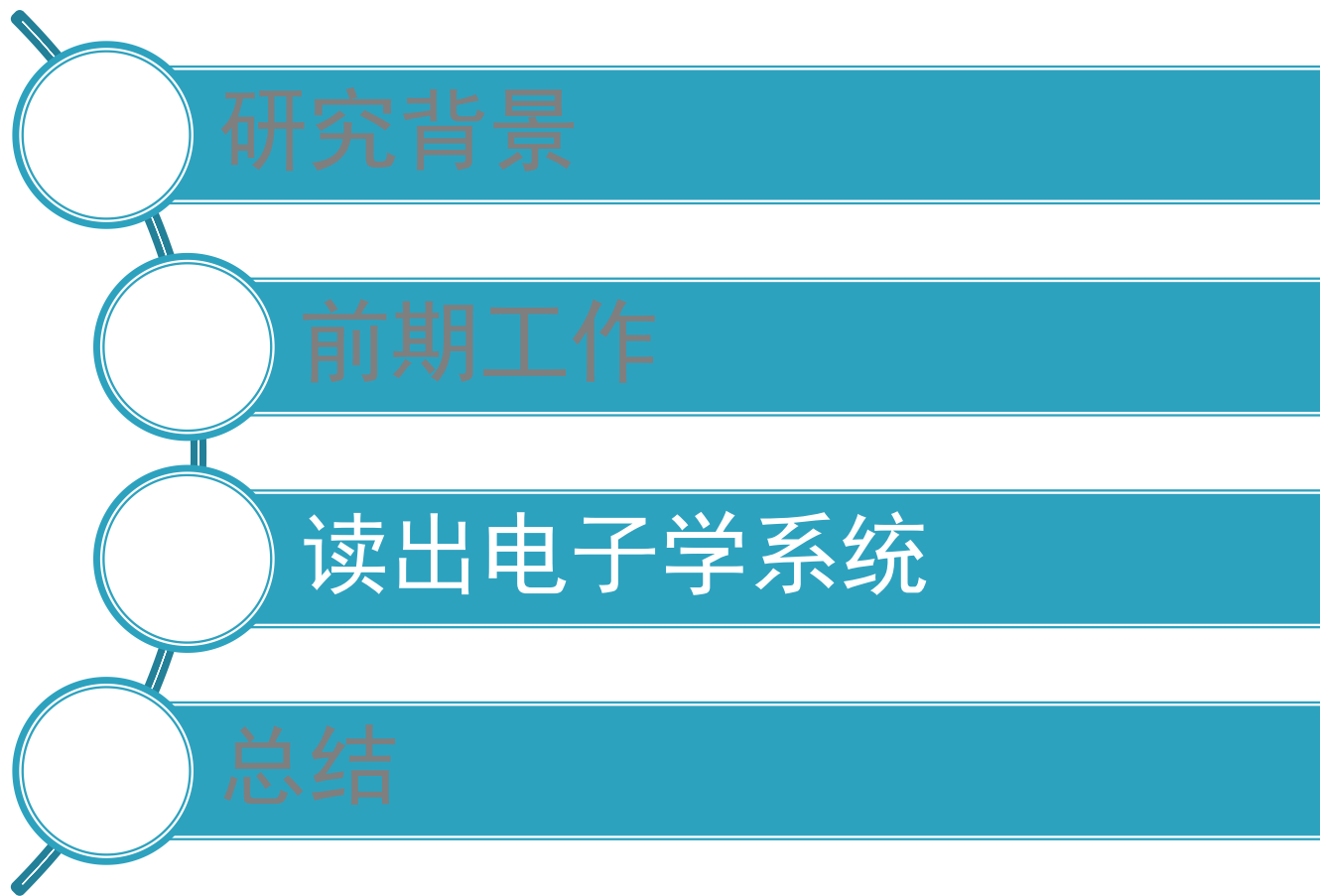


基于AGET的通用读出电子学

- 目前在国内已得到较为广泛的应用
- 详见封常青老师报告

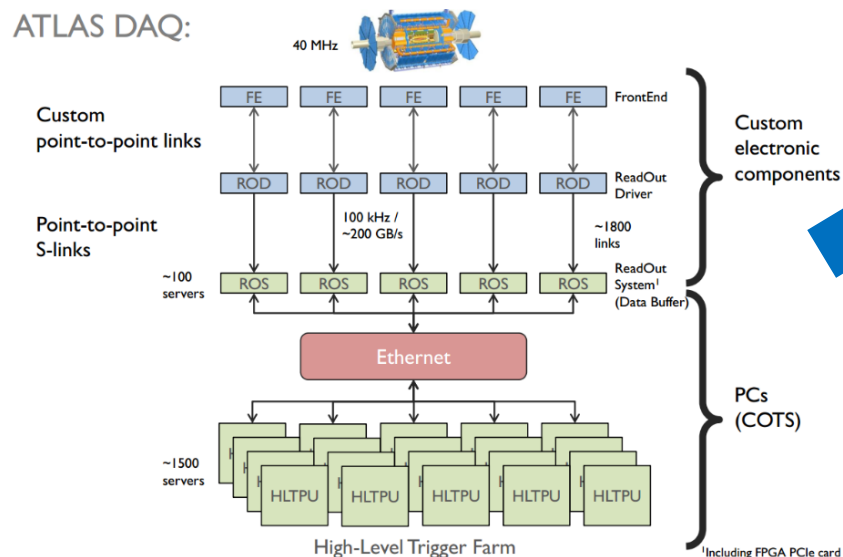


目 录



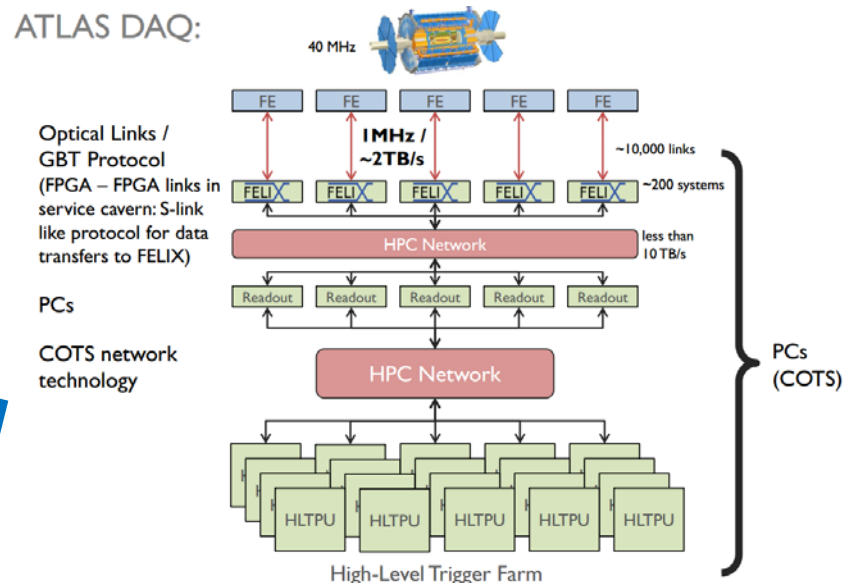
FELIX (FrontEnd Link eXchange)

■ 面向ATLAS升级开发的读出系统



升级前：

L1筛选事例率~100kHz, 数据率~200GB/s

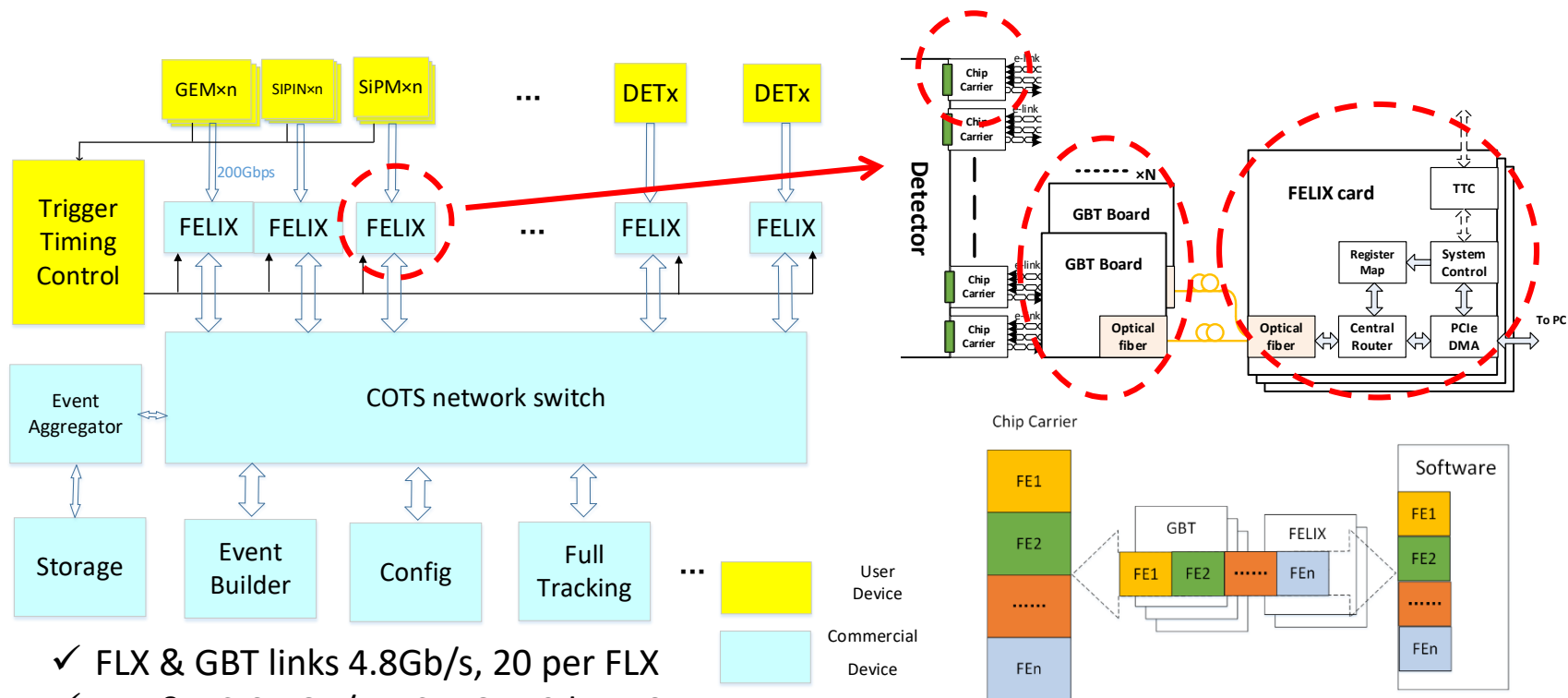


升级后:

L1筛选事例率~1MHz，数据率~2TB/s

FELIX系统架构

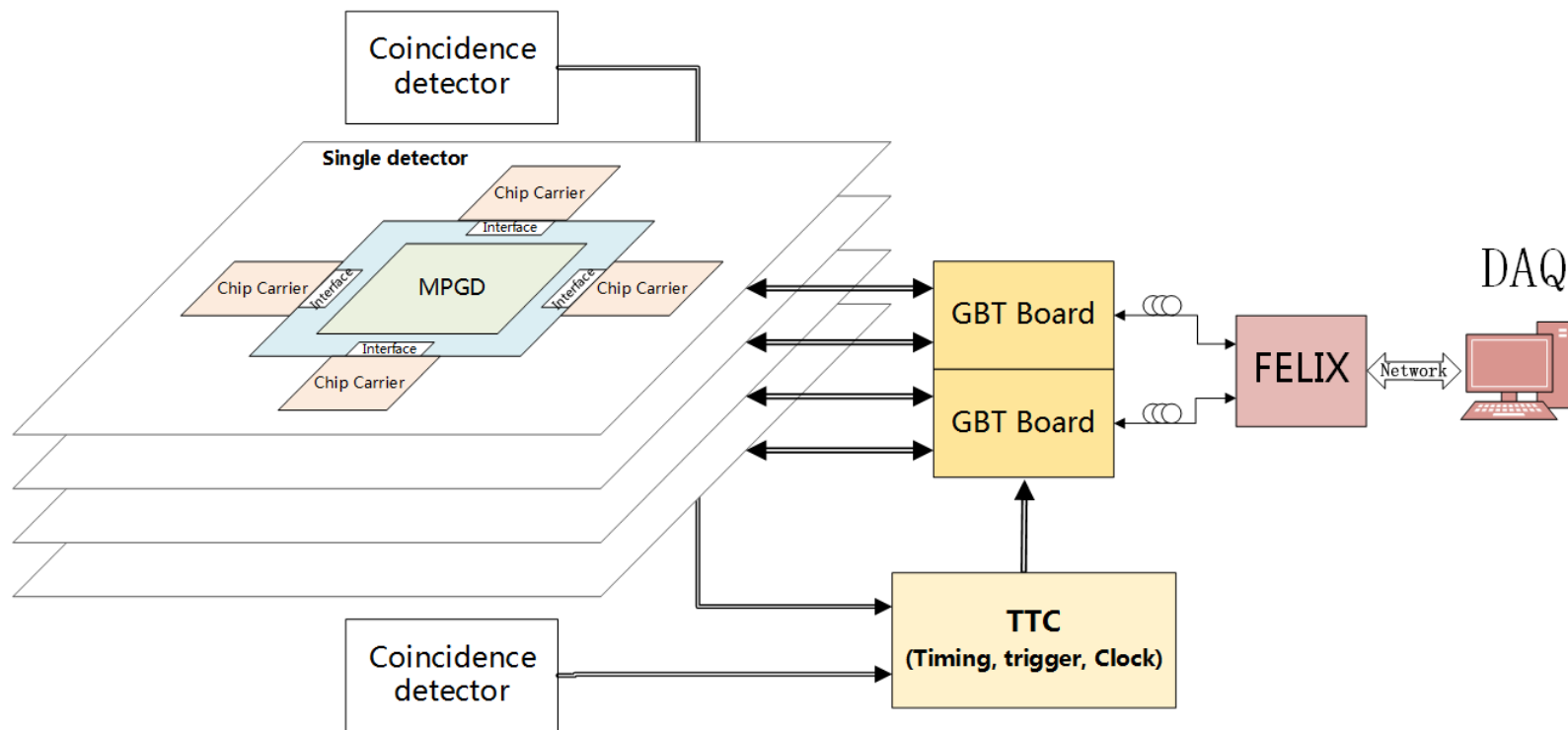
- 超大数据量通信：100Gpbs量级。
- 通用性：适用于不同探测器。
- 可扩展性：简单调整即可适应不同工作要求。
- 实用性：商业器件，统一架构，开发时间短、成本低、来源稳定，适合长期使用。



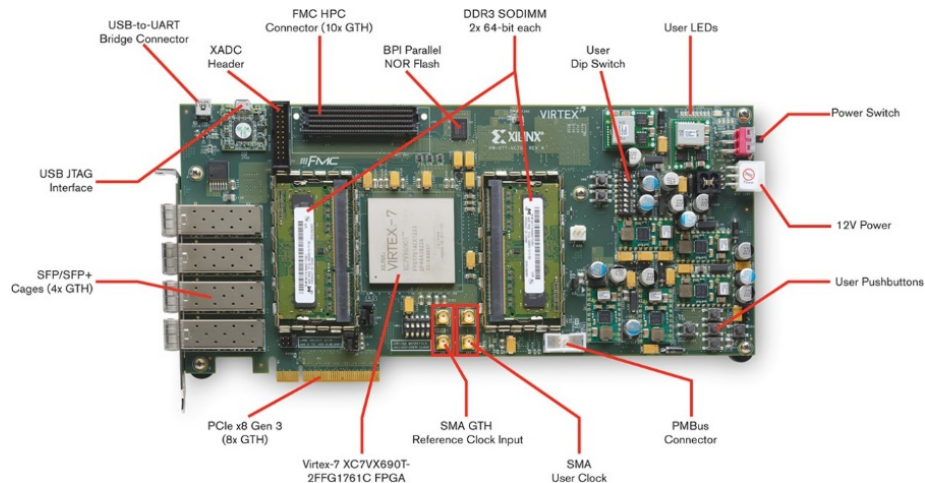
- ✓ FLX & GBT links 4.8Gb/s, 20 per FLX
- ✓ FLX & PC 6.4GB/s, PCIe GEN3 lane 8
- ✓ FELIX & COTS switch 40Gb/s × 2

协议实现“虚拟通道”传输

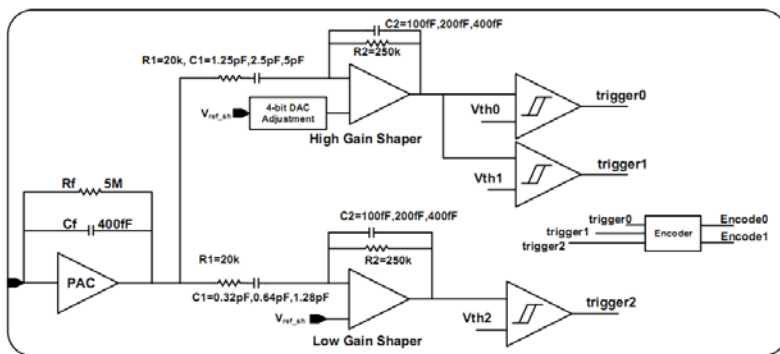
基于FELIX的MPGD读出电子学系统



硬件实现



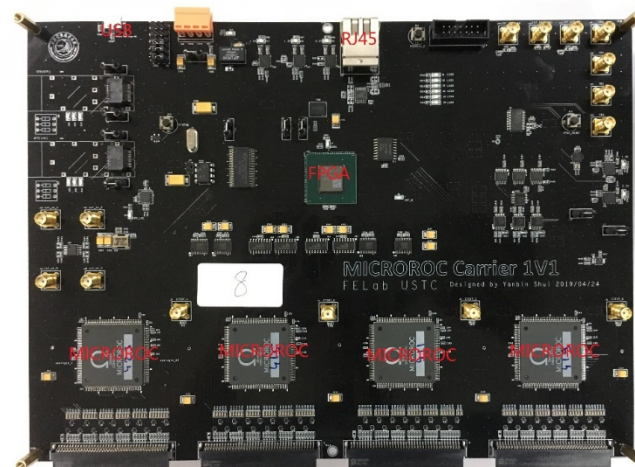
FELIX Card: VC709



MicroRoc

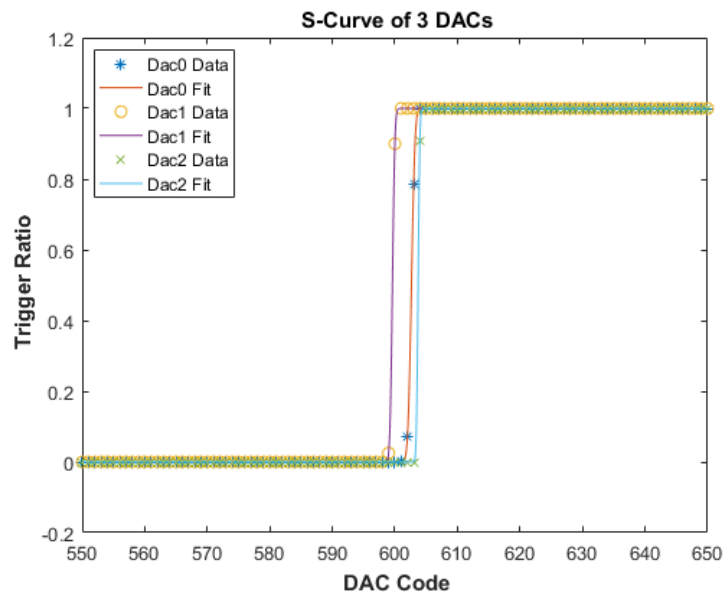


GBT Board

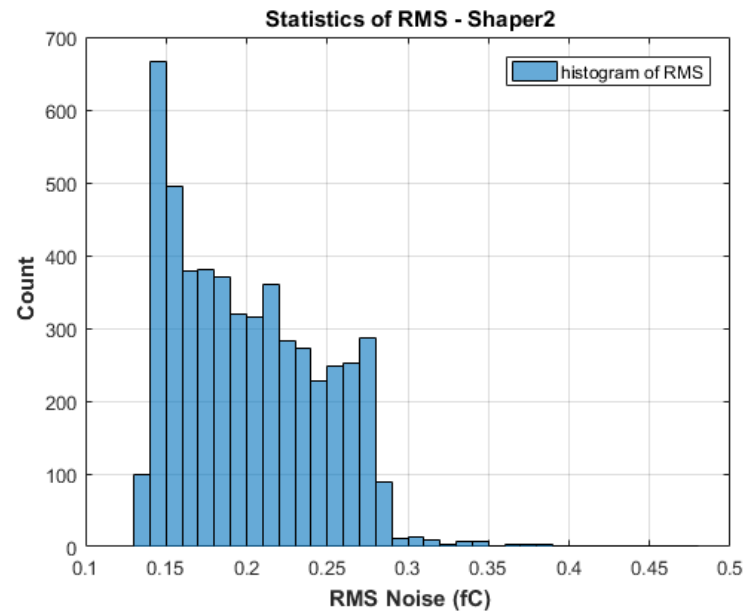


Chip Carrier

电子学测试



单通道“S曲线”测试结果



4608通道噪声水平

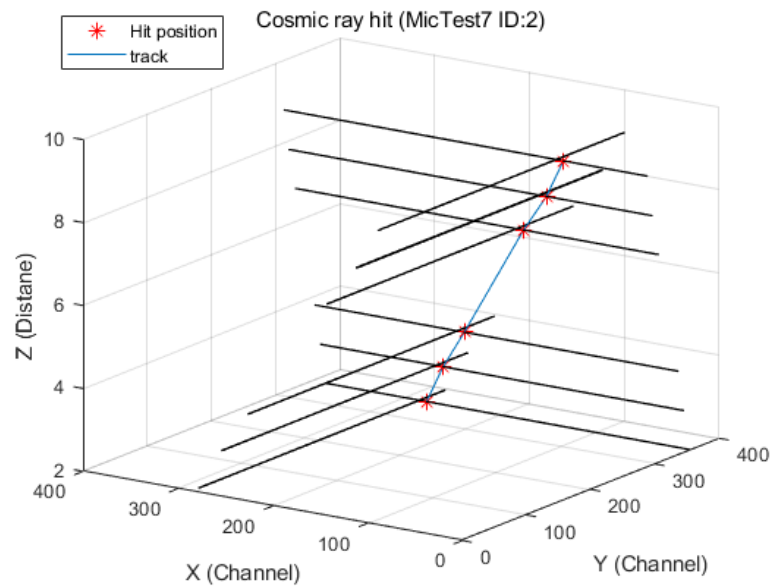
探测器联调



柔性转接板，直接读出



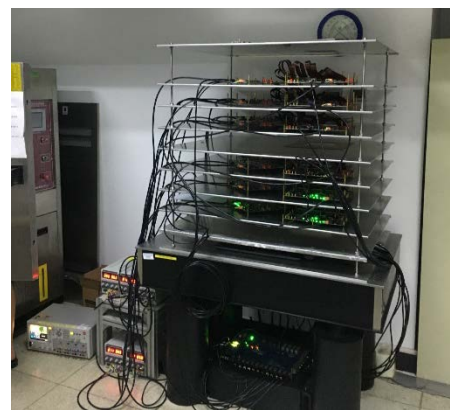
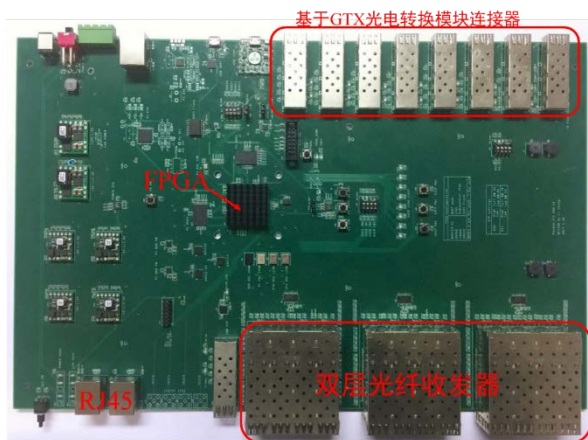
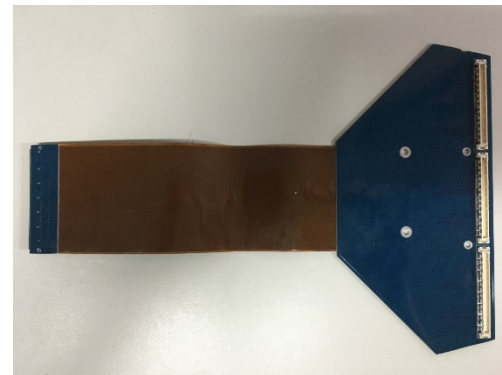
6层MM探测器联调, 中科大张志永老师提供



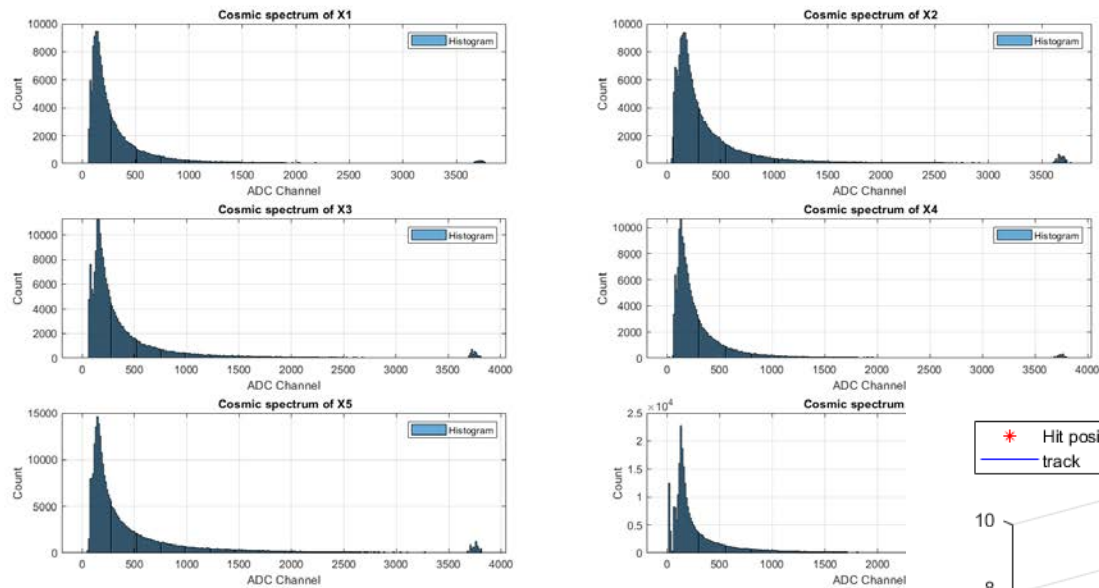
事例径迹重建

兼容AGET读出电子学系统

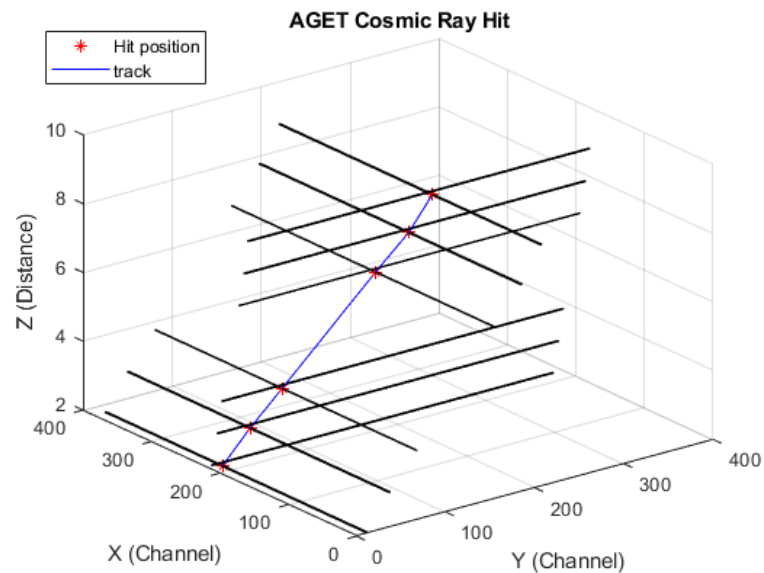
- 使用GBT协议升级DAQ逻辑，通过光纤与FELIX卡相连



联调结果

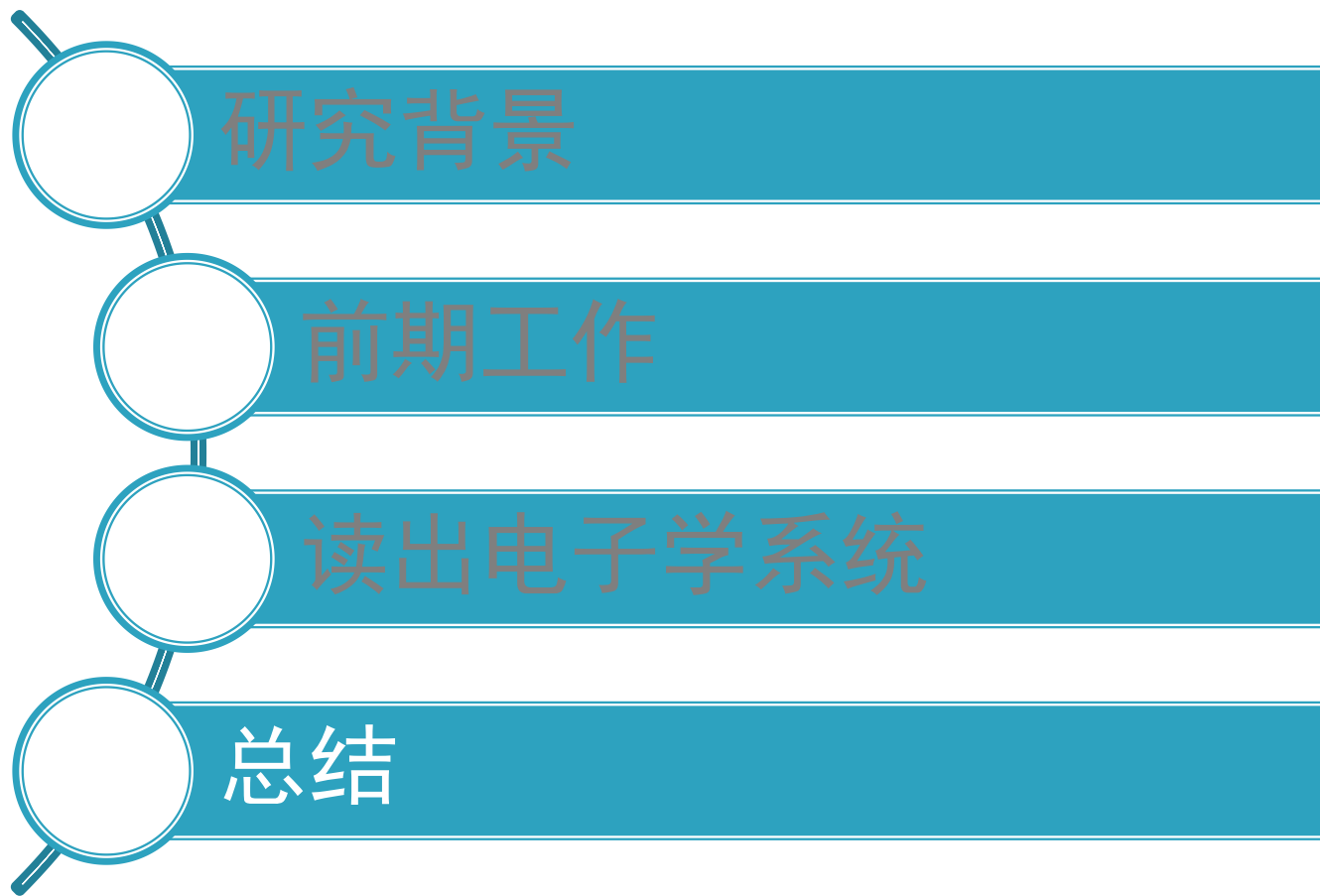


部分通道宇宙线能谱



事例径迹重建

目录



总结

- 基于FELIX和MicroRoc芯片搭建了一套针对MPGD的通用读出电子学平台，目前可支持10,000路以上的信号读出，可进一步升级到100,000路以上，可对MPGD的研发和应用提供较好的支持
- 该系统具有可扩展性和可裁剪性，能满足不同规模的应用需求
- 该系统具有较好的兼容性，容易实现对不同探测器，不同ASIC芯片的数据读出，目前已经实现对基于AGET通用读出电子学系统的兼容和扩展

谢谢