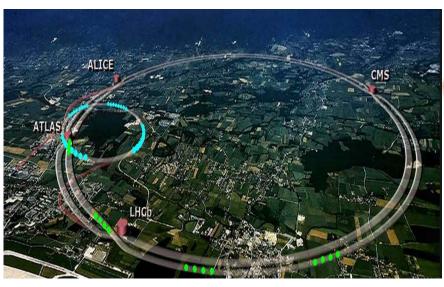
CMS实验Phase I L1触发升级进展

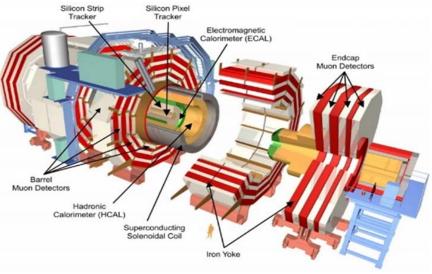
高能物理研究所-实验物理触发组 王春杰、程立波、赵京周、曹鹏程、刘振安

CLHCP2016 Workshop, 北大物理学院 2016年12月17-19日

课题背景

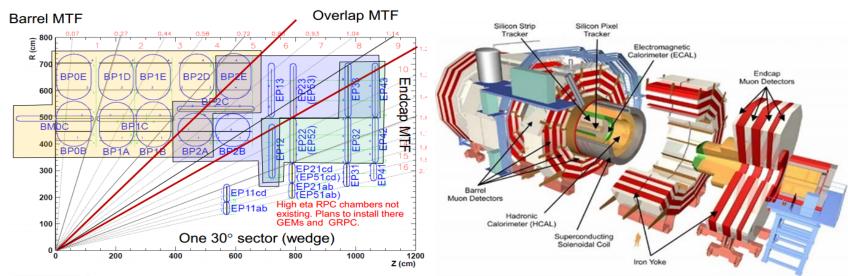
- ▶ 大型强子对撞机(LHC)是位于欧洲核子研究组织CERN的粒子加速器与对撞机, 全长27公里,穿过瑞士与法国边境,位于地下100米,提供质子与质子的对撞。
- LHC于2013年至2015年处于Phase-1升级阶段,升级之后最终达到14 TeV的对撞 能量,亮度超过2×10³⁴cm⁻²s⁻¹。
- 新的对撞亮度下,CMS实验的数据读出会大幅度增加,原有的探测器触发系统不能满足高亮度下的数据获取要求;不改变现有电子学的结构,维持小于100 KHz的触发率,通过CMS触发升级提供更精确的触发。





课题内容

- CMS一期升级任务
 - VME架构更换为MTCA架构
 - 单路数据率从1.6Gbps提升为10Gbps
 - 为方便维护新插件设计减少插件到5种
- ▶ 本课题针对CMS实验中Muon子触发系统升级
 - > 升级之后新老触发系统并行运行,兼顾老系统的需要;
 - ▶ 处理插件间数据传输率提升为10.0 Gb/s;
 - ▶ 承担RPC子探测的数据合并、触发预处理的功能;
- ▶ 本课题研究对象是位于端盖和重叠区的RPC数据触发预处理,一共有192条1.6 Gb/s RPC数据输出光纤。

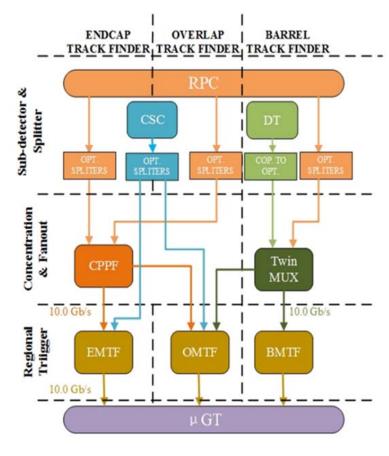


CLHC: CMS实验Phase I L1触发升级

2016/12/17

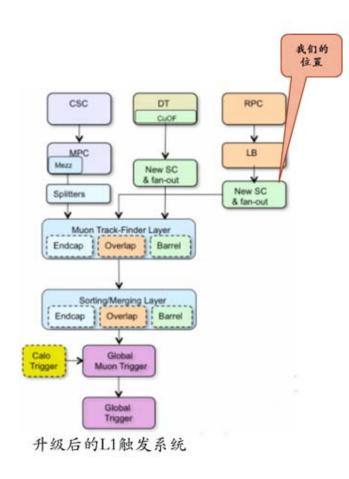
CMS Phase 7 L1 触发升级

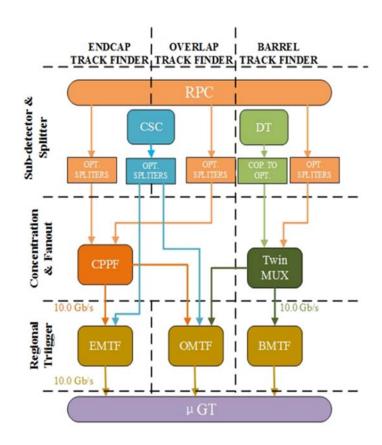
- 高能所触发升级的任务
 - 2013年初才参加
 - 承担L1触发的硬件设计和软件开发
 - 具体任务是设计1.6Gbps数据到 10Gbps的数据合并与提速并提供 出发与处理的功能和扇出功能
 - CPPF (Concentration, Pre-Processing and Fanout) 插件
 - 并建立L1 Muon触发的CPPF系统





µ多L1触发升级:TwinMUX+CPPF



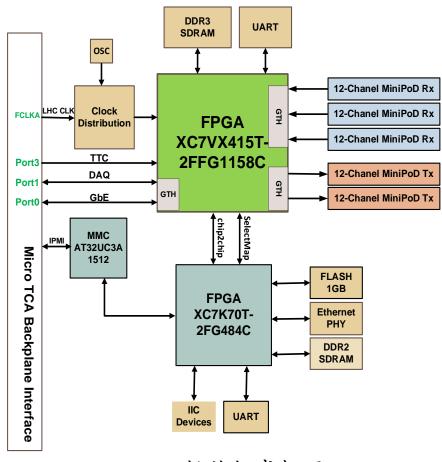


TwinMUX: concentrati on for Barrel DT and RPC CPPF: Concentrati on, Pre-Process, Fan-out system for Endcap RPC



CPPF插件设计方案

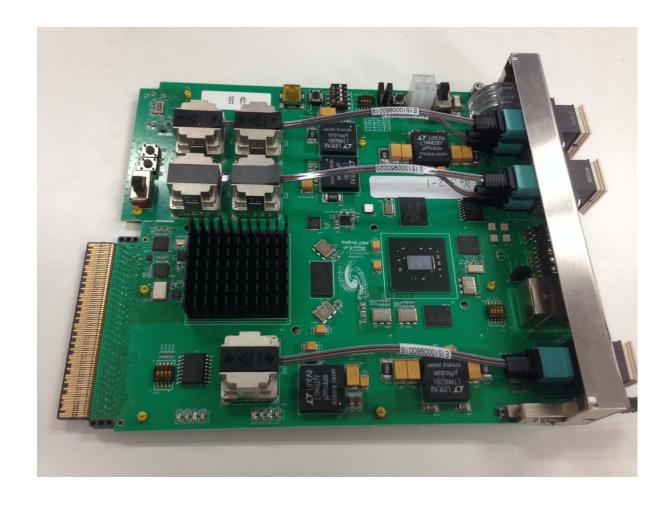
- 数据带宽
 - 支持 360Gb/s 输入数据带宽
 - 支持 240Gb/s 输出数据带宽
- XC7VX415T-2 (Virtex-7)
 - 作为核心处理器
 - 集成有48路 GTH Transceiver, 单路速率最高可达13.1 Gb/s。
- XC7K70T-2 (Kintex-7)
 - 作为控制处理器,起到配置管理插件的作用
- AT32UC3A1512 (Atmel)
 - 作为插件的管理控制器(MMC, Module Management Controller)



CPPF插件组成框图



设计完成的CPPF插件



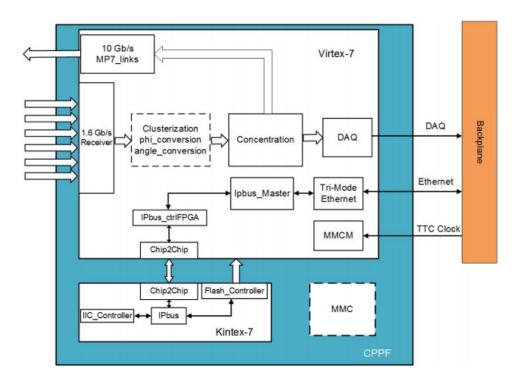


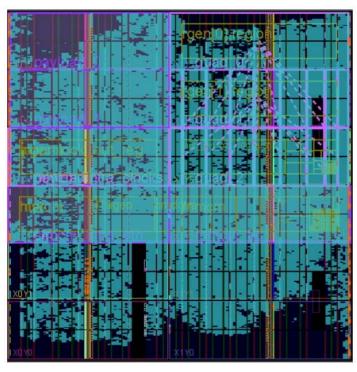
已生产的部分CPPF插件 (未安装面板和光缆)





触发预处理固件



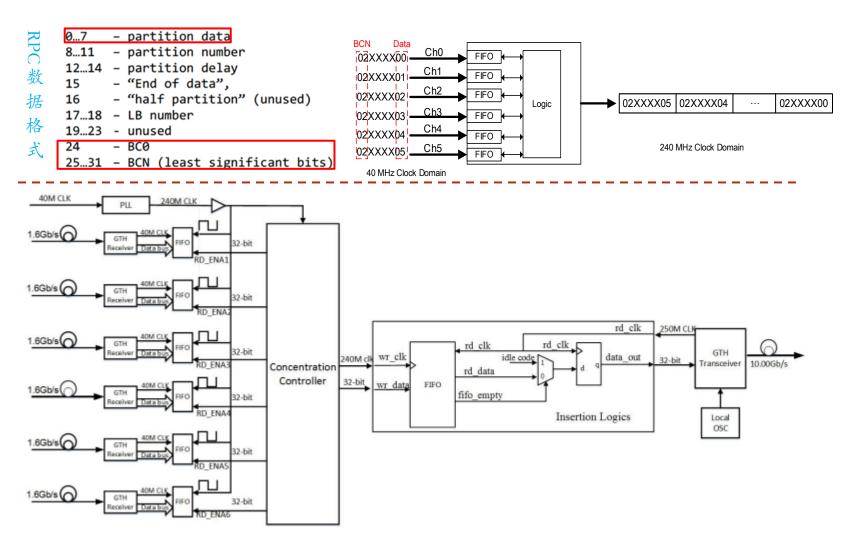


CPPF插件预处理固件框图

固件Implementation版图



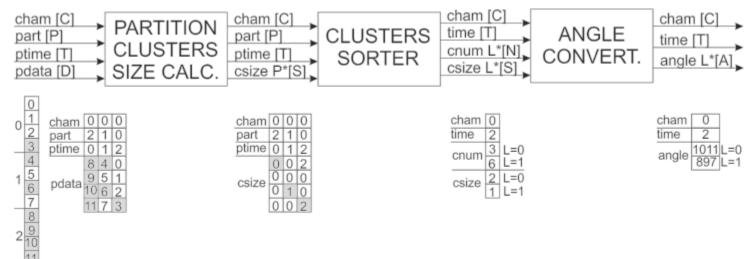
1.6 Gb/s数据的接收与同步对其



Trìgger Lab

数据预处理,与数据合并

- 处理功能
 - RPC数据的恢复+粗团寻找+角度计算的角度转换,实现与整体 固件的结合。
 - 1.6G角度生成后10G合并与扇出

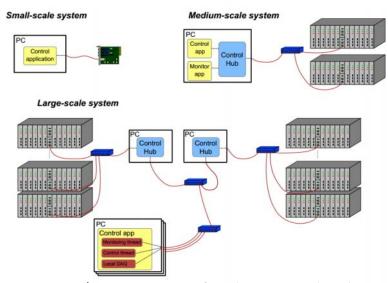


RPC角度装换示意图



基于IPbus上位机控制软件

- IPbus协议
 - 针对CMS实验, CERN开发的一款基于UDP的可靠以太网传输协议, 实现对 µTCA机箱的远程控制。
 - 基于IP访问硬件设备,采用A32/D32总线标准
- 上位机
 - μHAL: C++ Micro Hardware Access Library, 提供访问 FPGA固件中寄存器和RAM 的接口
 - XML语言定义寄存器和RAM 的地址
 - 采用Python脚本的方式控制 CPPF插件

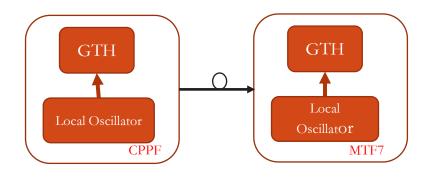


基于Ipbus的μTCA机箱控制系统拓扑结构图



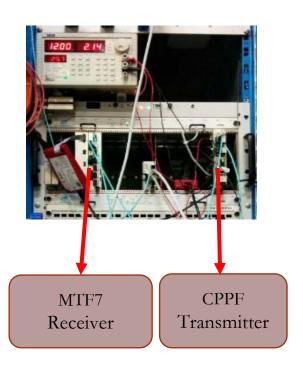
系统测试, 完成10.0Gbps传输测试

- 完成CPPF与MTF-7异步参考时钟下 10.0Gbps传输性能的测试
- 异步模式如图所示,选用本地参考时钟



• MTF-7接收板接收到的信号的眼图

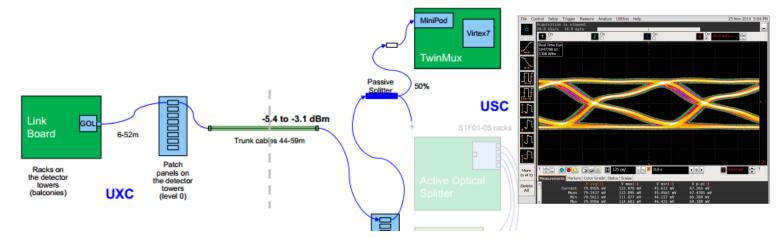






系统测试,RPC光纤数据的测试

- 测试地点
 - CMS P5实验现场
- 测试链路
 - RPC Link Board -> Passive Splitter -> CPPF
- 测试结果
 - 一共测试41条RPC光纤
 - 4条的RPC光纤在50%的分光比下有误码, 60%的分光比, 误码的光纤数更少
 - CMS实验中使用60%的分光比,误码率更低,符合实验要求





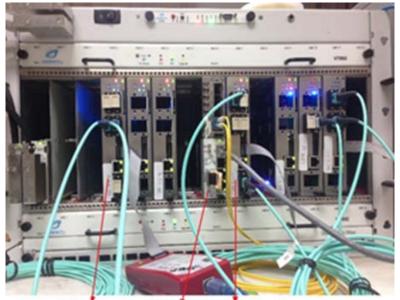
系统测试:数据合并测试

- 地点
 - 北京实验室
 - CERN CMS电子学实验室
 - 法国904大楼
- 测试
 - 单项测试
 - 发送端
 - 模拟RPC数据的发送,满足RPC 数据格式
 - 接收端
 - 接收24路1.6 Gb/s 数据,每六路合并为1路10.0 Gb/s,进行自动检测。
 - 角度转换测试
 - 综合联调测试
- 测试结果
 - 完全成功 (12月15日)

9...7 - partition data 8...11 - partition number 12...14 - partition delay 数 15 - "End of data", 16 - "half partition" (unused)

据 17...18 - LB number 19...23 - unused

格 24 - BC0



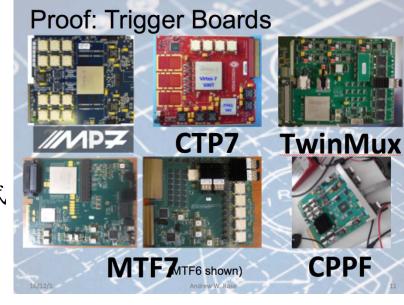
Data Source AMC 13 Concentration



高能所CMS Phase 7 L1触发升级小结

- 高能所在CMS合作中发挥了重要作用
 - CMS Phase I触发升级只有5种新插件,高能所承担了CPPF的设计
 - CPPF由高能所独立设计
 - CPPF满足MTCA新标准
 - 承担MTCA机箱CPPF系统建造
- 进展:2016年完成了预期任务
 - CPPF插件最终定型
 - CPPF完成量产与调试
 - 完成与RPC-LB, OMTF7和EMTF的联调测试
 - 正在进行软件编写与完善,
 - 基本完成了控制软件SWATCH的编写
- 2017年计划
 - 2017年2月初完成CPPF系统的调试
 - 为2017年3/4月份的系统集成做准备





谢谢大家!

CLHC: CMS实验Phase I L1触发升级

2016/12/17