

为宇宙线 muon 成像设计的基于 HTM 方法的无触发电子学



李楠

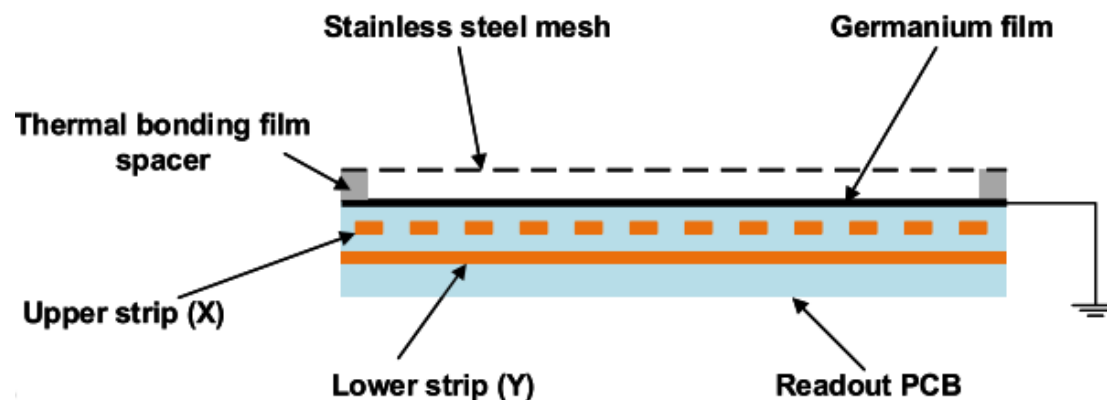
nan.li@mail.sdu.edu.cn

中国物理学会高能物理分会第十一届全国会员代表大会暨学术年会

- 动机与挑战
- DAQ系统设计
- 多板同步的实现计划
- 部分测试结果
- 总结与展望

动机与挑战

- ◆ 用于 muon 成像的光纤探测器需要多个电子学读出通道
- ◆ 多板数据同步：前端同步 & 后端同步
- ◆ 高速的数据率：每片ADC数据率最高达64Gbps
- ◆ 实时传输接收高速数据面临着一定的内存压力 & 死时间问题
- ◆ 每个时间段内各个channel数据空包问题



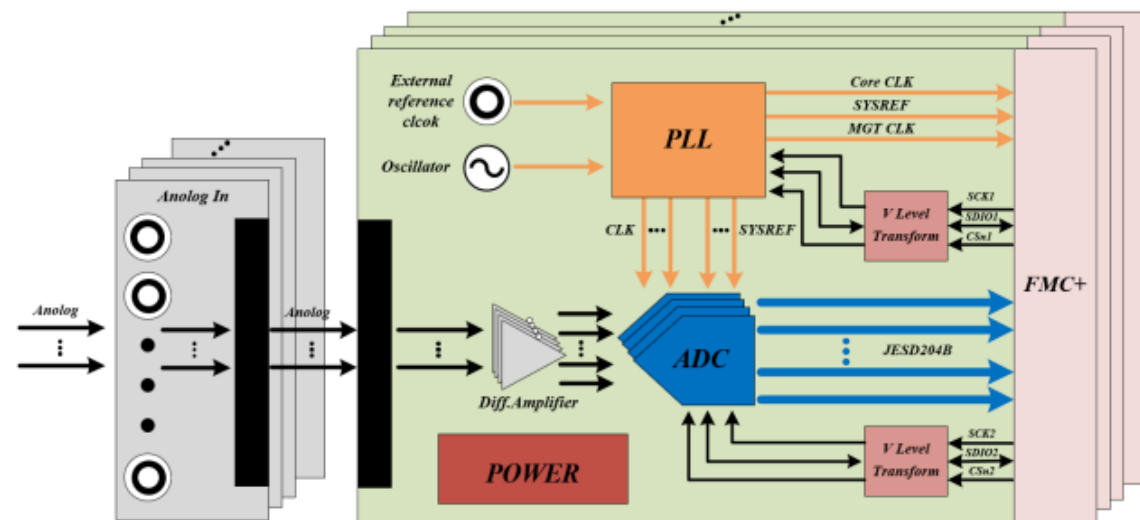
muon 成像探测器截面示意图

Reference:
[arXiv:1907.08928](https://arxiv.org/abs/1907.08928)
[arXiv:2107.09841](https://arxiv.org/abs/2107.09841)
[arXiv:2108.11804](https://arxiv.org/abs/2108.11804)

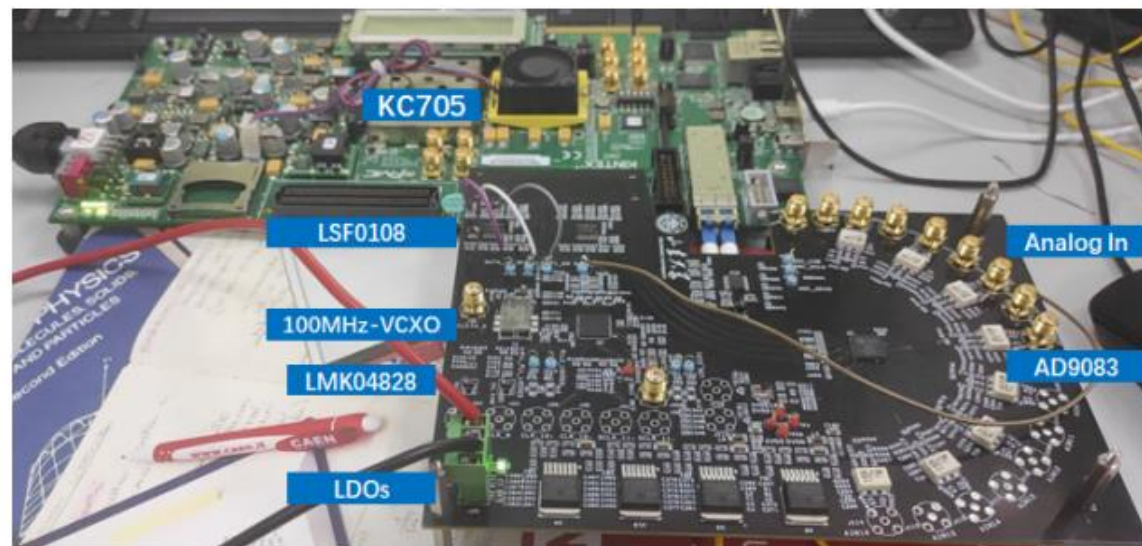
DAQ系统设计

◆ 数字化部分

- TI LMK04828
 - PLL, jitter cleaner
- ADI AD9083
 - Sample Rate : up to 2 GSPS
 - 16 analog input channels : up to 125MHz bandwidth
 - 4 digital output channels : up to 64 Gbps
 - JESD204B 传输协议
- TI LSF0108
 - 自动双向电平转换
- TI LDOs



数字化板原理图



测试板

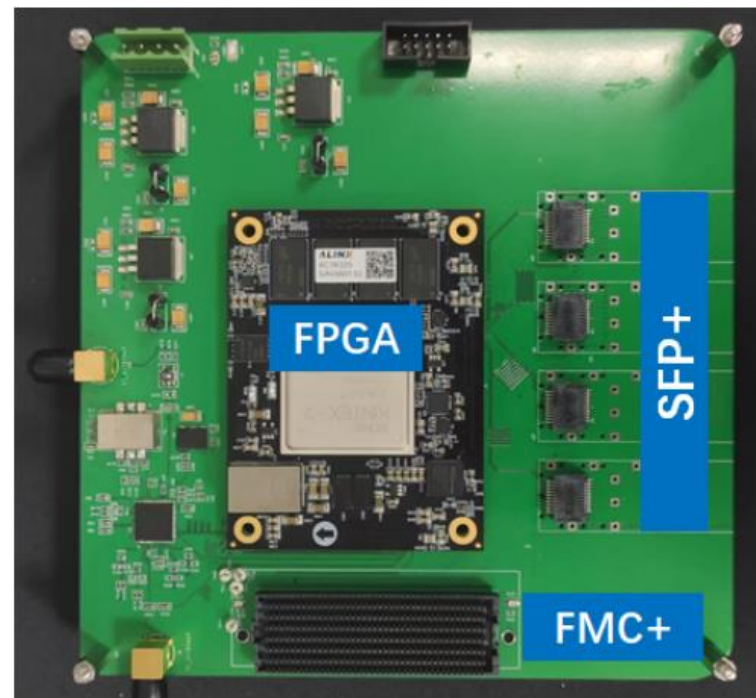
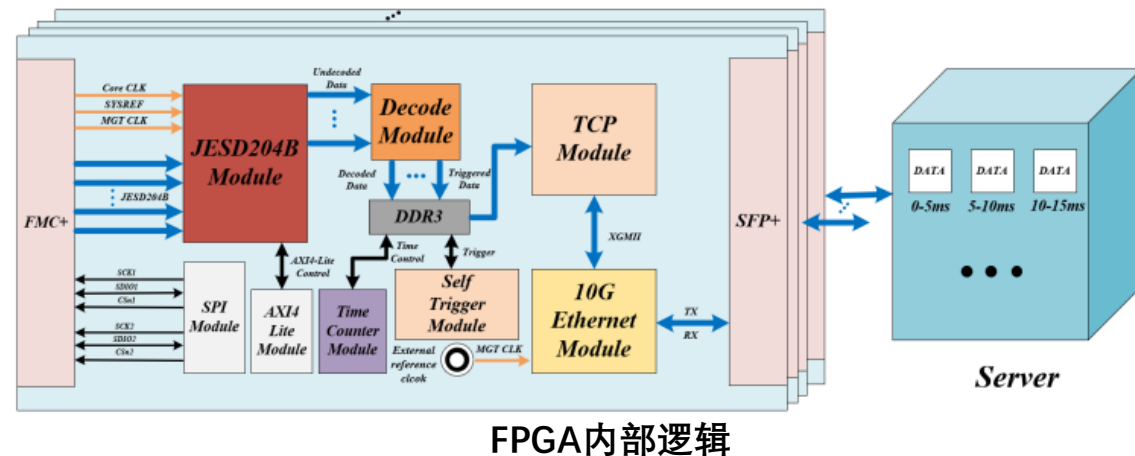
DAQ系统设计

◆ FPGA选型：Xilinx Kintex 7

- 丰富的GTX资源

◆ FPGA内部逻辑设计

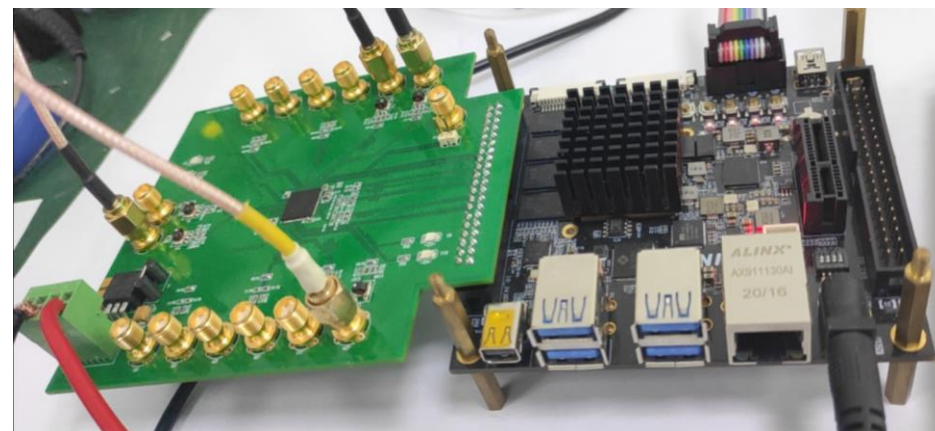
- JESD204B 接收模块
- DDR3 缓存模块
- Decode 数字解码模块
- TCP 传输模块
- Triggerless 判选模块
- 时间计数模块
- SPI 配置模块
- FMC+ & SFP+ interface



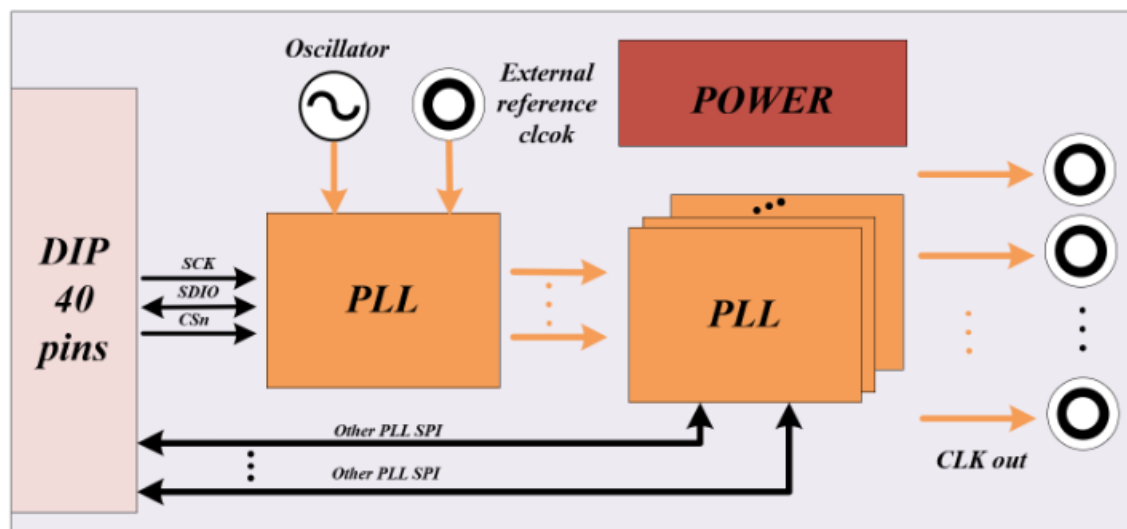
多板同步的实现计划

◆ 前端同步

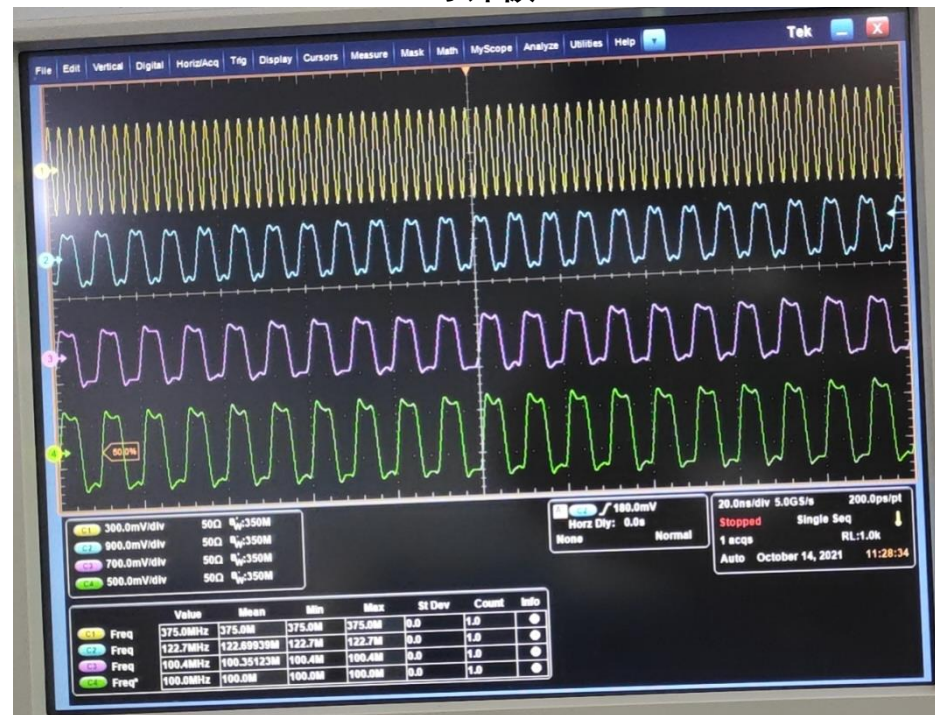
- TI LMK04828
- 板载晶振 & 外部参考时钟
- 同源时钟输出



时钟板



时钟板原理图

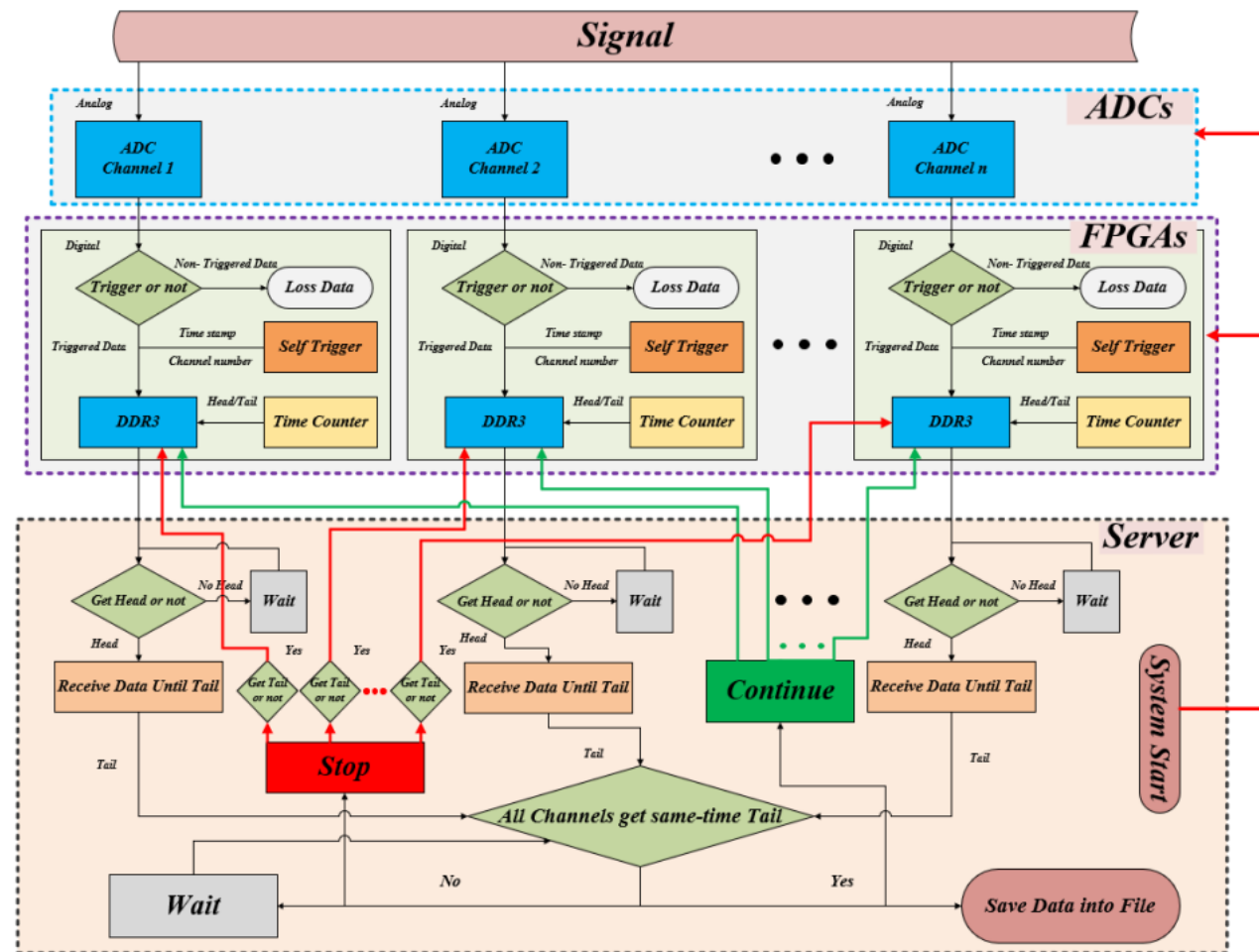


时钟板测试

多板同步的实现计划

◆ 后端同步

- Triggerless method (FPGA)
 - 设定阈值判断截取感兴趣的信号
- Time stamp & channel number (FPGA)
 - 根据时间戳信息判断数据包顺序
- Head-Tail Marking (HTM) method (FPGA)
 - 根据包头包尾的信息判断是否完成一个数据包的接收
- Sorting algorithm (Server)
 - 根据数据包携带的信息，对各个 channel 接收的数据包进行判选分类和存储

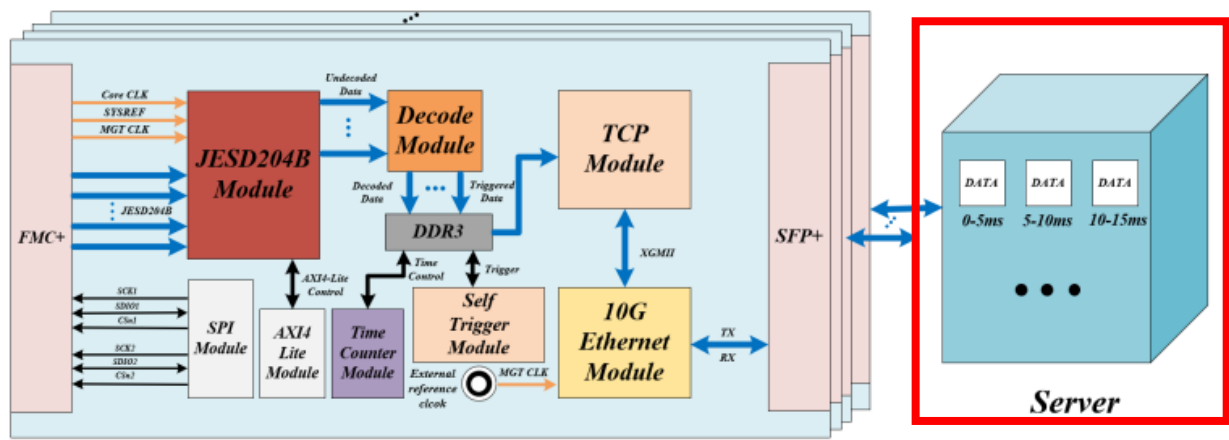


后端同步原理

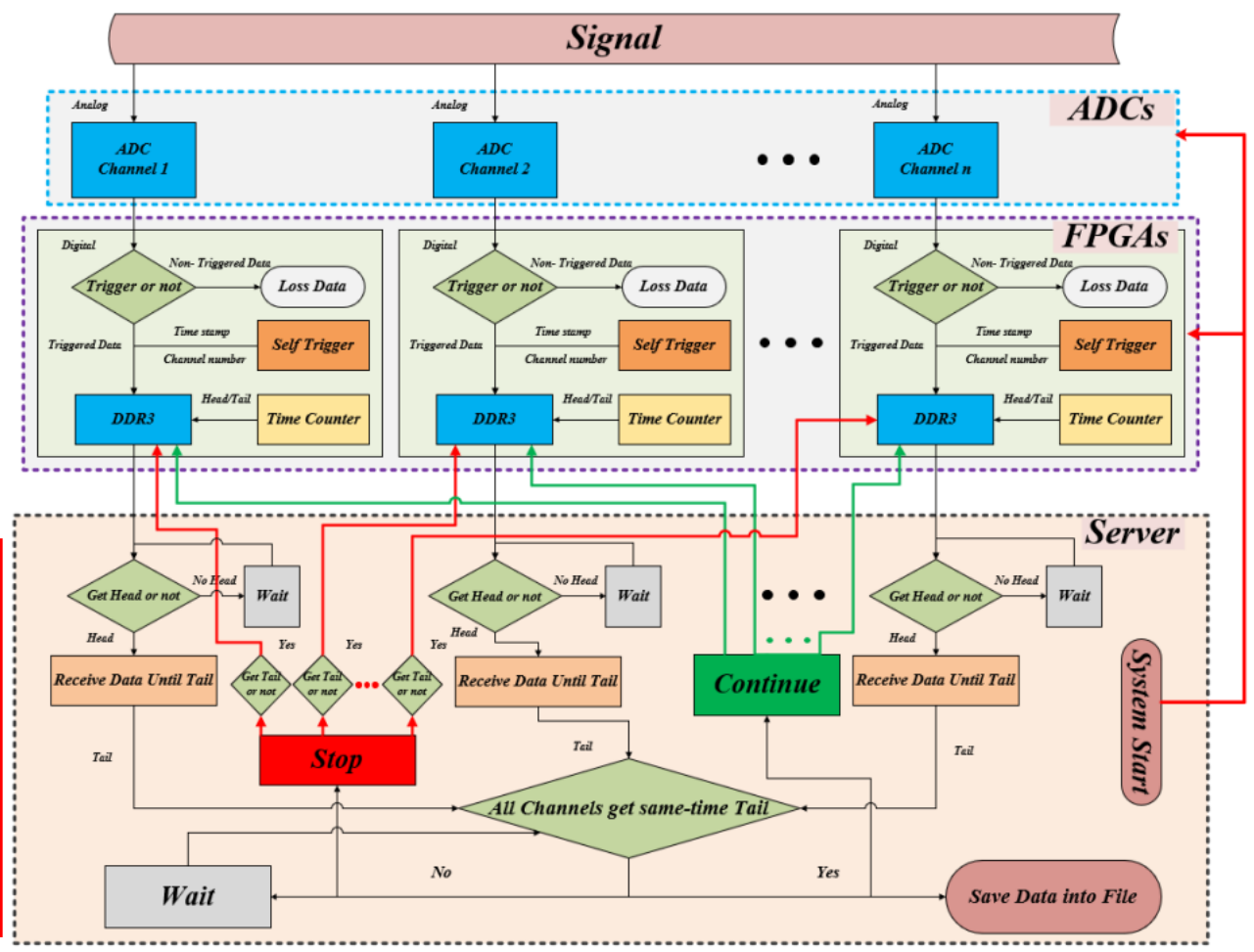
多板同步的实现计划

◆其它

- Discrimination algorithm (Server)
 - 解决空包问题
- DDR3
 - buffer pool
- 压缩数据包大小
 - 减小Server单次数据接收存储压力



压缩数据包大小

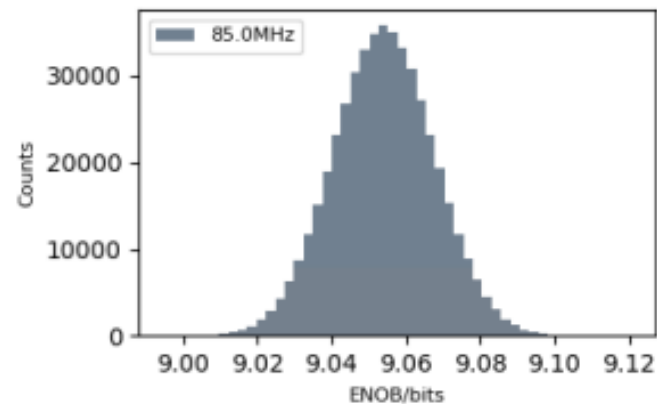
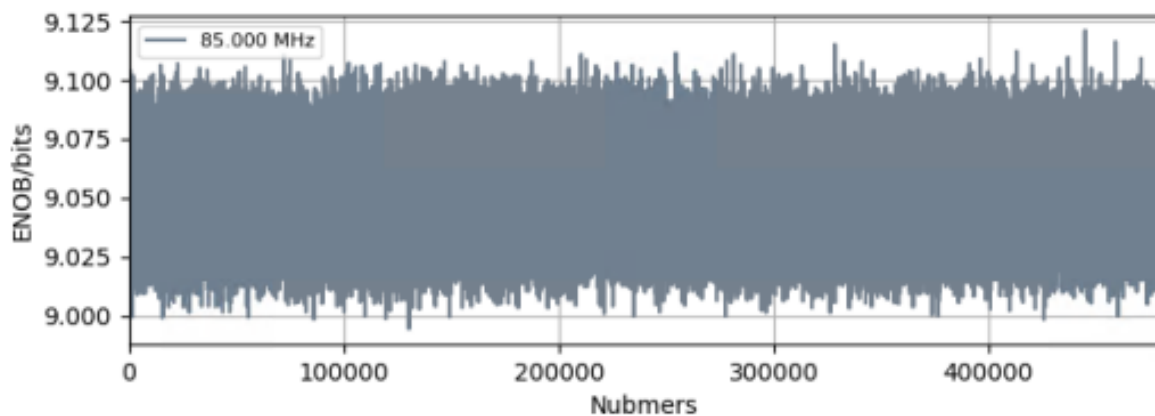
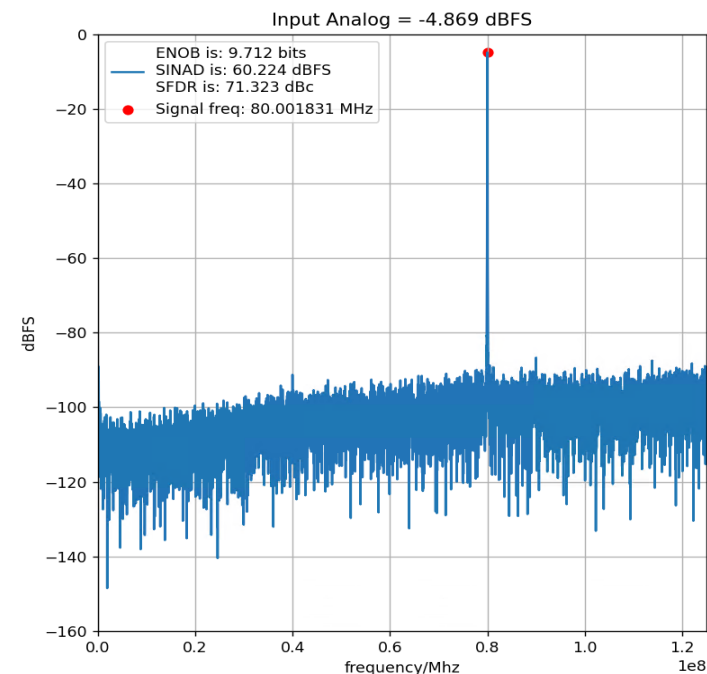


后端同步原理

部分测试结果

◆ AD9083 动态性能测试

- SNR: > 60 dBFS
- ENOB 连续测试: 稳定表现 ~9.05 bits

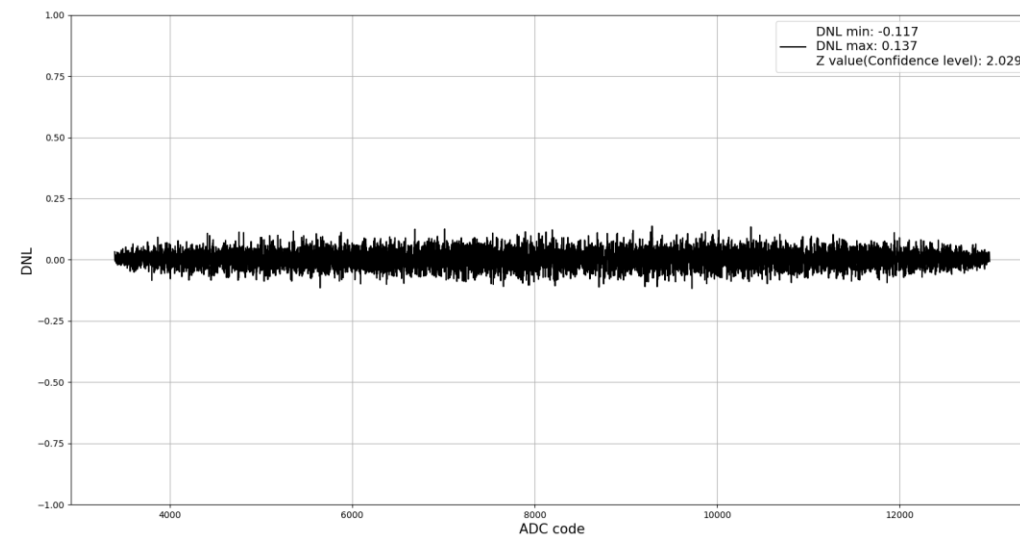
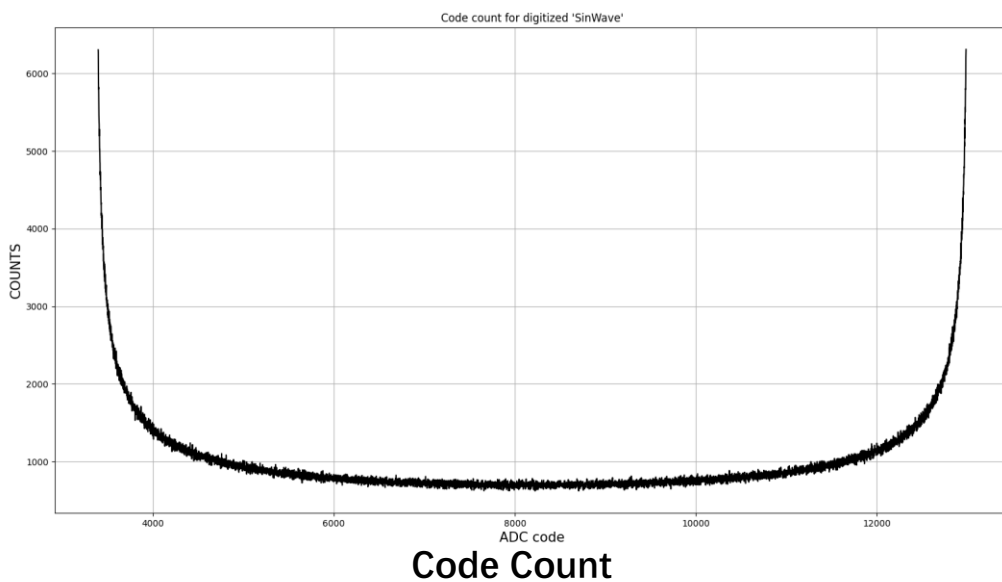


ENOB测试结果 (输入信号85MHz)

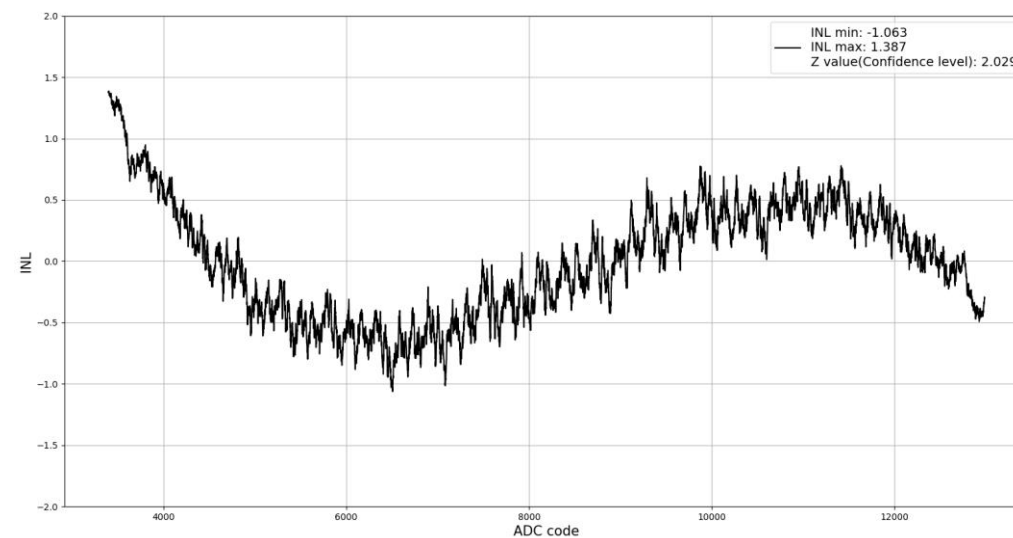
部分测试结果

◆ AD9083 静态性能测试

- DNL: -0.117 – 0.137 LSB
- INL: -1.063 – 1.387 LSB



DNL测试结果



INL测试结果

总结与展望

- ◆ 实现接收多通道信号的多板同步DAQ系统
 - ◆ DAQ系统设计
 - ◆ 多板同步的实现计划
 - ◆ ADC性能测试结果
-
- 多片ADC板的设计
 - 算法的实现

谢谢大家！