



中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics
Chinese Academy of Sciences



季度考核报告

王传烨

指导老师：李筱婷、严雄波

导师：叶竞波

Electronics

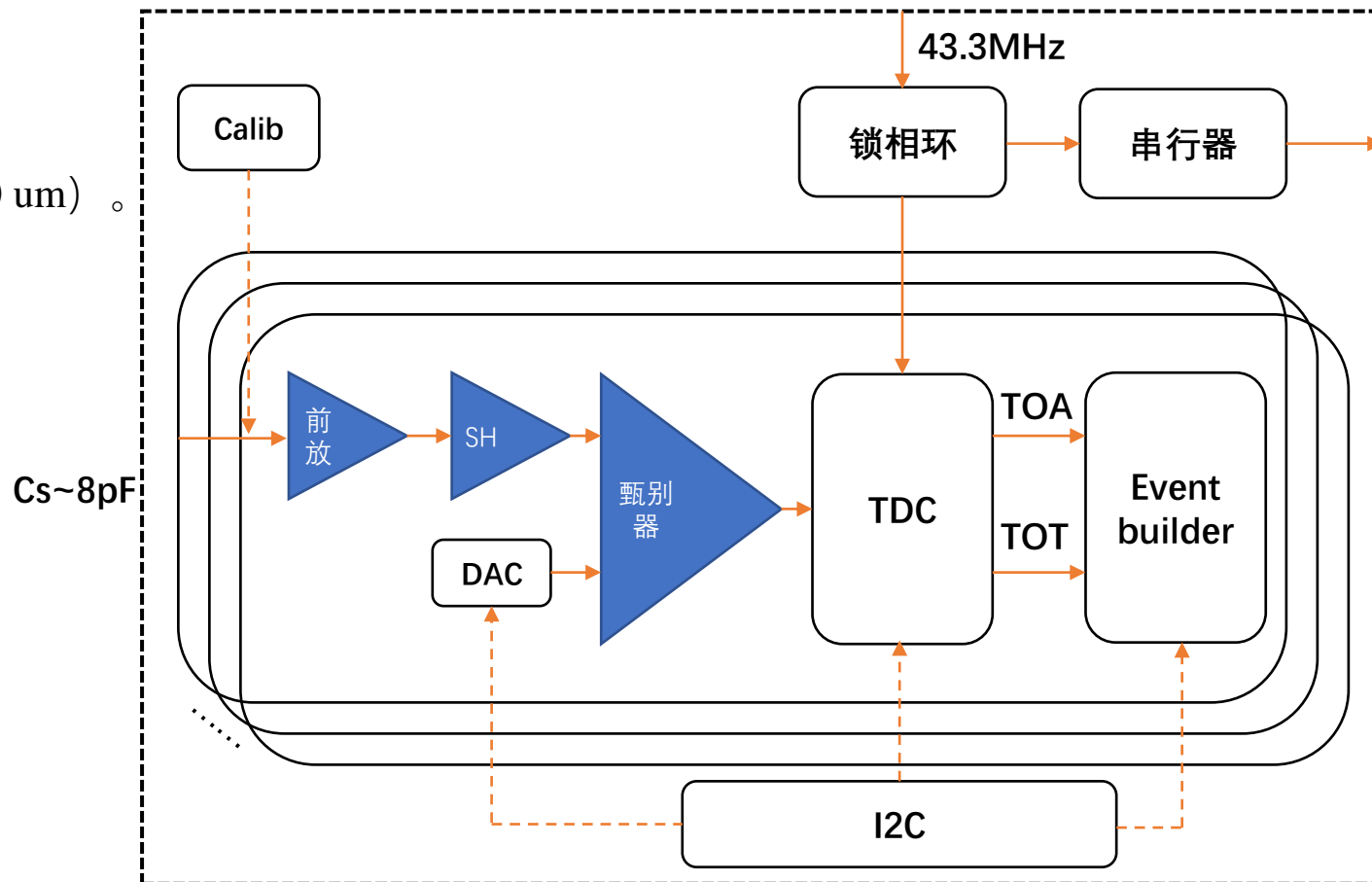
■ 项目背景

➤ CEPC外围径迹探测器——OTK

- 传感器——AC_LGAD;
- 高精度时间（系统50 ps）和高位置分辨（10 μm ）。

➤ OTK读出芯片（LATRIC）芯片性能需求：

- 小面积，128通道，单通道高度100 μm ;
- 低功耗，单通道功耗20 mW;
- 高分辨，时间分辨30 ps。



LATRIC框图

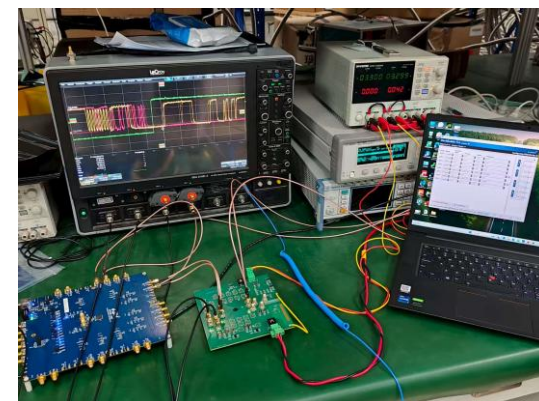
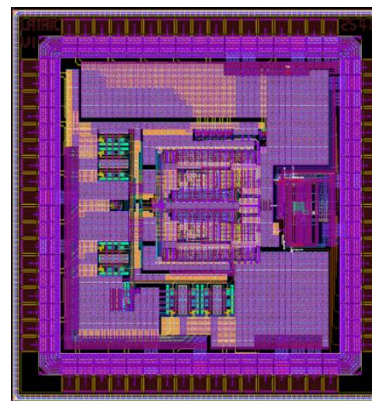
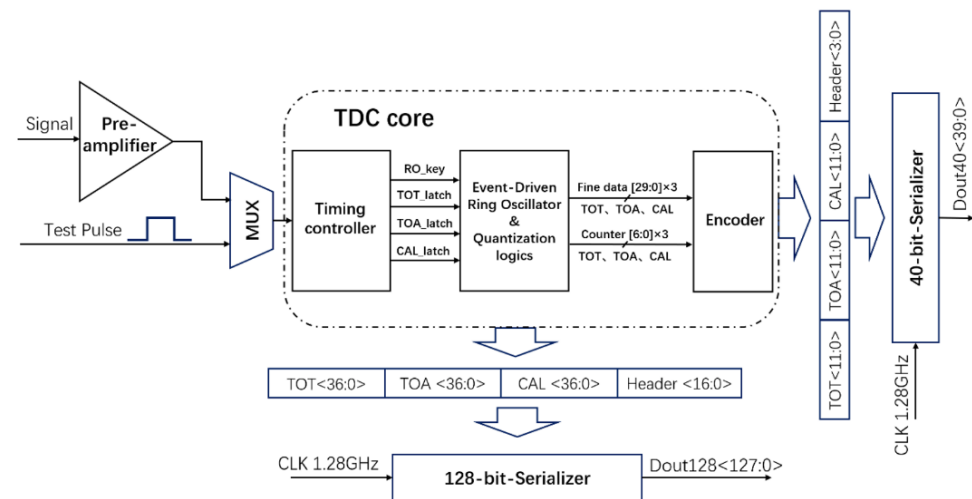
■ 测试芯片LATRIC0

➤ 芯片结构

- 为实现核心模块功能验证，包括前放、TDC、编码器、128位串行器、40位串行器五部分；
- Test pulse 与前放输出选通后作为待测信号；
- TDC的量化输出编码前后分别由128位串行器、40位串行器串行输出，两者对照用于气泡问题研究，以及Encoder可靠性验证；

➤ 测试方案

- 时钟板触发信号发生器，调整skew和pulse width 扫描TOA和TOT转移曲线；

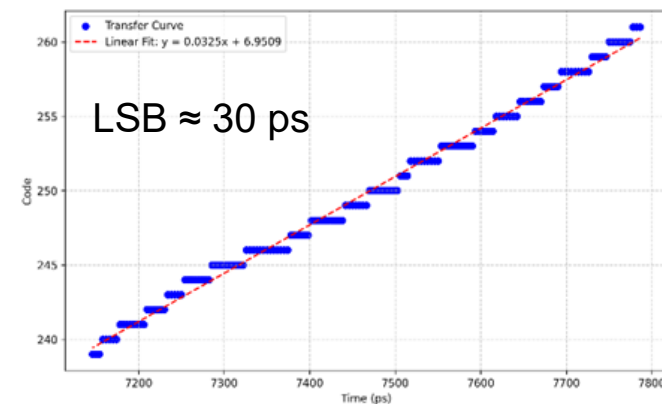
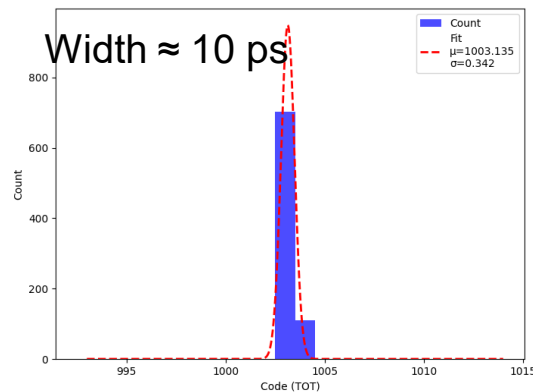
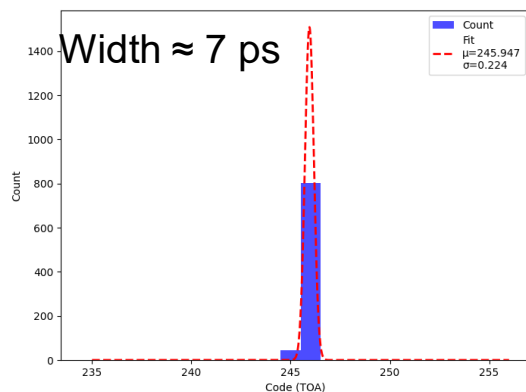


LATRIC-V0 layout

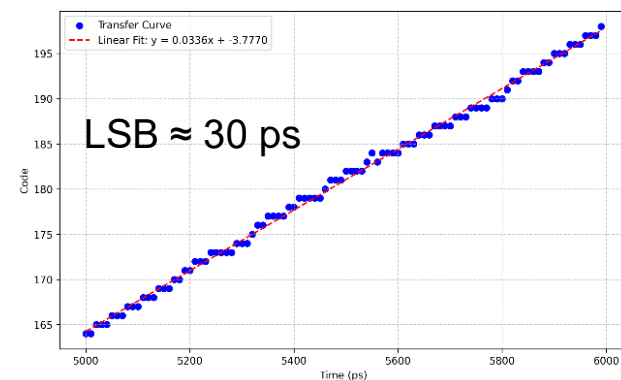
■ 测试芯片LATRICO

➤ 测试结果

- 时间分辨：拟合 $\text{LSB} \approx 29.762 \text{ ps}$ ，芯片自刻度给出 $\text{LSB} \approx 29.756 \text{ ps}$ ，满足时间分辨需求，验证了芯片自刻度功能；
- 多次测量 σ 好于 0.5LSB ；
- TDC core功耗：2M事例率 0.5mA (1.2V)，1M事例率 0.3mA (1.2V)，500k事例率 0.1mA (1.2V)
- TOT：DNL $\pm 0.7\text{LSB}$ ，INL $-0.9\text{LSB} \sim 0.6\text{LSB}$ ；
TOA：DNL $-0.6\text{LSB} \sim 0.8\text{LSB}$ ，INL $\pm 0.8\text{LSB}$ 。



TOA测试转移曲线 (step 4ps)



TOT测试转移曲线 (step 10ps)

■ 测试芯片LATRICO 指标对比

参数	需求	测试结果
工艺	SMIC55	
LSB	30ps	29.76ps
量化精度	15ps	(LSB* σ) 14.82ps
测量范围	TOT: 50ps~50ns TOA: 0~23.09ns	<ul style="list-style-type: none"> TOT 150ps~114ns (低于200ps 暂未测量) TOA 0~114ns
INL/DNL	± 1 LSB	<ul style="list-style-type: none"> TOT : DNL ± 0.7LSB, INL -0.9LSB~0.6LSB TOA: DNL -0.6LSB~0.8LSB, INL ± 0.8LSB
功耗	单通道<20 mW	<ul style="list-style-type: none"> TDC core 2M事例率工作电流 0.5mA (1.2V) 前放 4.9mA (1.2V) 多通道Event builder 10月流片后给出测量结果

■ 八通道芯片 LATRIC1 (十月流片)

➤ 单通道TDC core, layout高度 **64.2 um**, 尚余 35.8 um做通道间隔离。

➤ 单通道数据, 含时间戳: $10 + 11 + 12 + 14 + 7 = 54$ 位;

- TOT, TOA, CAL细计数均为5位;

- TOA: $(23.09 \text{ ns} + 5 \text{ ns}) / (0.024 \text{ ns} \times 30)$

≈ 39

粗计数6位 ($2^6 = 64$)

- CAL: $(23.09 \text{ ns} + 23.09 \text{ ns} + 5 \text{ ns}) / (0.024 \text{ ns} \times 30)$

≈ 71

粗计数为7位 ($2^7 = 128$)

- TOT粗计数为5位, 则量程为 $(2^5) \times (0.024 \text{ ns} \times 30) = 23.04 \text{ ns}$

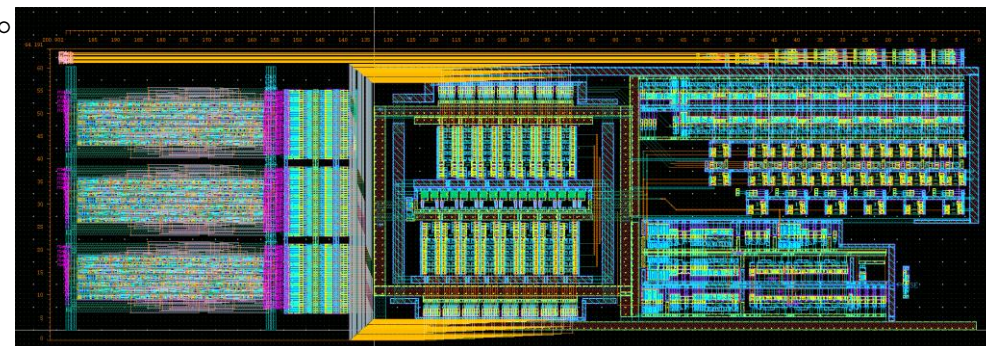
➤ 按照128通道总击中率计算串行输出速率:

- 端盖总击中率 $2.1 \times (10^5) \times 1.28 \times 3.3 = 0.887\text{M}$;

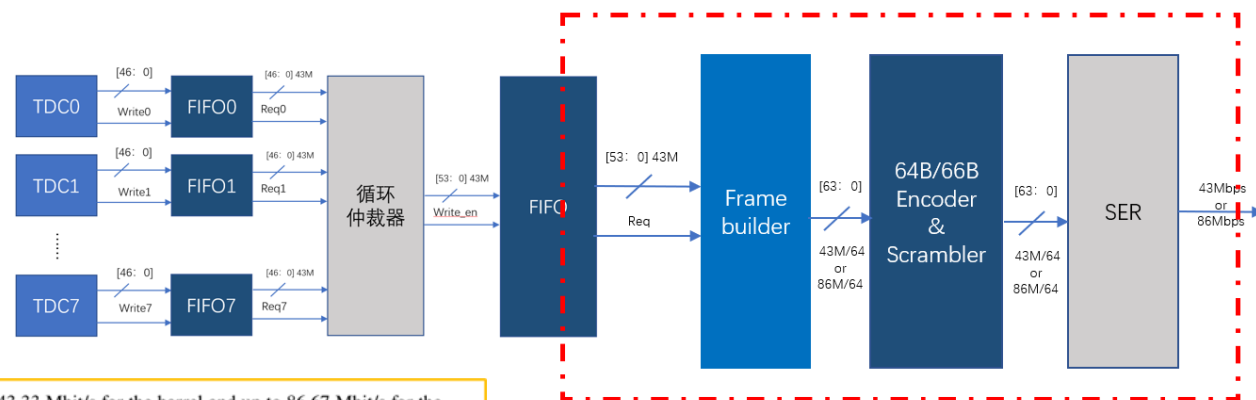
- 桶部总击中率 $8 \times (10^4) \times 1.28 \times 4.4 = 0.45\text{M}$;

- $43.3\text{M} / 64 = 0.677\text{M} > 0.45\text{M}$;

- $86.6\text{M} / 64 = 1.353\text{M} > 0.887\text{M}$;



单通道 TDC layout



Event builder框图

The supported data rate per sensor readout ASIC is up to 43.33 Mbit/s for the barrel and up to 86.67 Mbit/s for the endcap, corresponding to a maximum hit rate of $8.0 \times 10^4 \text{ Hz/cm}^2$ for the barrel (detector active area $\sim 1.28 \text{ cm} \times 4.4 \text{ cm}$ per ASIC) and $2.1 \times 10^5 \text{ Hz/cm}^2$ for the endcap (detector active area $\sim 1.28 \text{ cm} \times 3.3 \text{ cm}$ per ASIC). This detector's tolerable hit rate is ~ 5 times larger than the estimated maximum background hit rate for the OTK barrel (OTKB, $1.56 \times 10^4 \text{ Hz/cm}^2$) and ~ 5 times larger than that for the OTK endcap at Low Lumi Z (OTKE, $4.41 \times 10^4 \text{ Hz/cm}^2$), as summarized in Table 5.18.

■ 后续工作

- 十月流片，八通道LATRIC1，Event builder前端验证，及八通道顶层工作；
- TWEPP poster
- 文章

Thank you!