



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、李怀申

导师：叶竞波

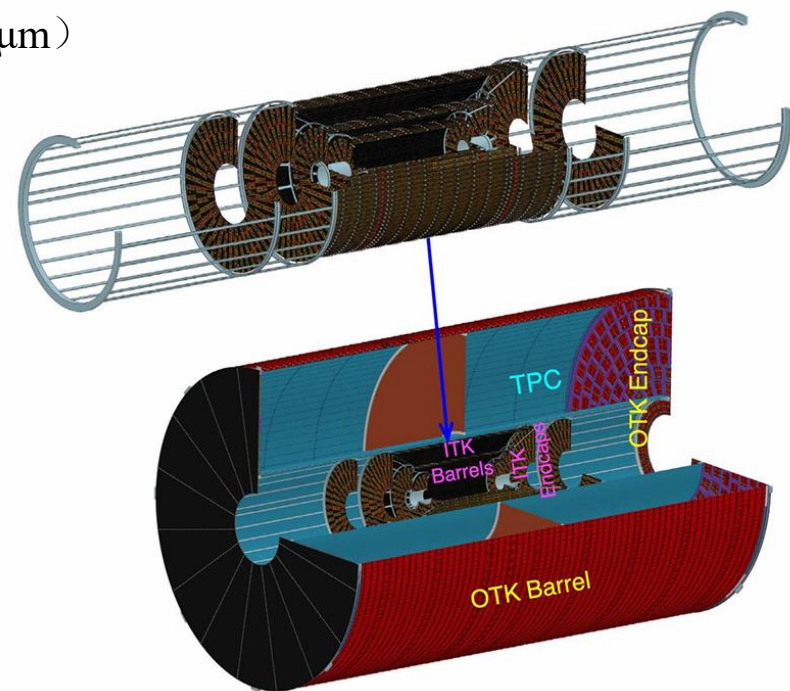
Electronics

◆ 外围径迹探测器

- CEPC实验中tracker系统的最外围部分
- 使用AC-LGAD传感器同时实现高精度时间分辨（50 ps）和位置分辨（10 μm ）

◆ LATRIC

- LGAD 128通道时间测量读出芯片
- 指标需求:
 - 高时间分辨（芯片30 ps, sensor 40 ps）& 自刻度功能
 - 单通道高度100 μm , 匹配LGAD的pitch
 - 探测器制冷要求芯片低功耗
 - ...



■ LATRIC0（单通道版本，四月流片，已基本完成测试，与LGAD联合测试进行中）

■ LATRIC1（八通道版本，十月流片，预计26年3月开始测试）

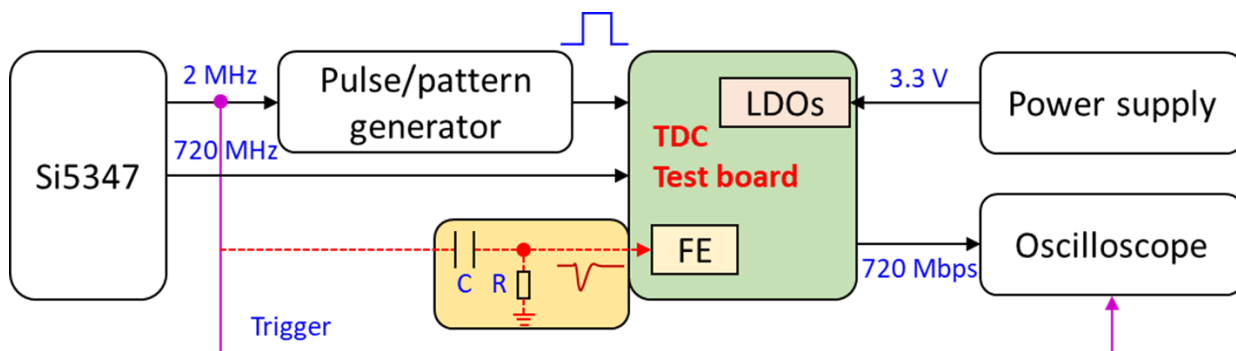
■ 测试系统

➤ Pulse测试模式（程控）

- 一个720 MHz的时钟（Si5347）同时供给串行化器和TDC（时间数字转换器）；720 MHz时钟四十分频后用作TOA测量参考时钟
- 一个2 MHz的时钟（Si5347）用于触发脉冲/码型发生器（81130A）；输出脉冲信号的宽度和相对延迟均可独立调节
- 测量结果显示，脉冲宽度的jitter为15.8 ps，相对延迟的jitter为14.2 ps
- 通过重复测量，将TDC输出的编码数据取平均值并舍入后，用以绘制传输特性曲线

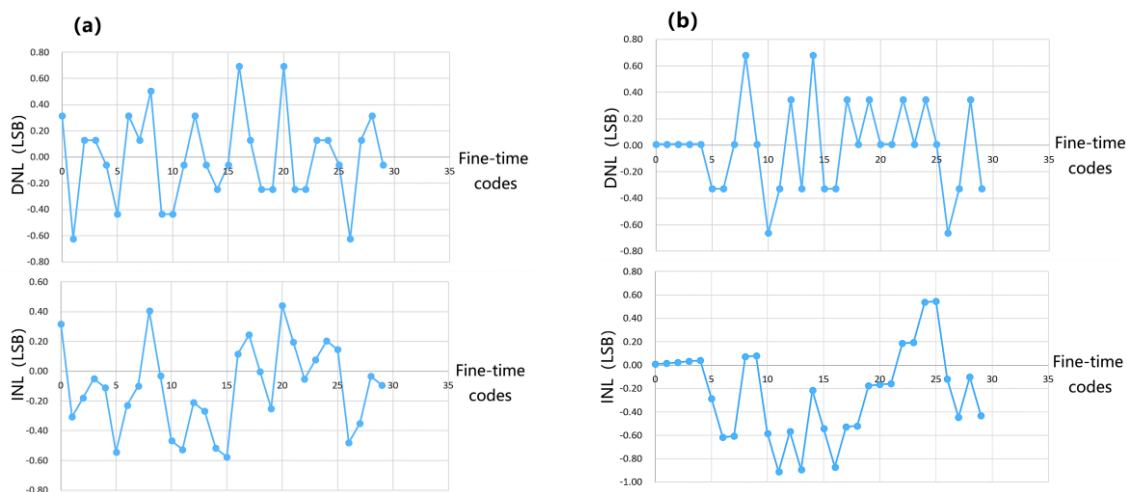
➤ 前端模式（功能性测试）

- 前端（FE）与时间数字转换器（TDC）集成功能验证，用无源RC差分电路来生成模拟信号，作为前端电路的输入

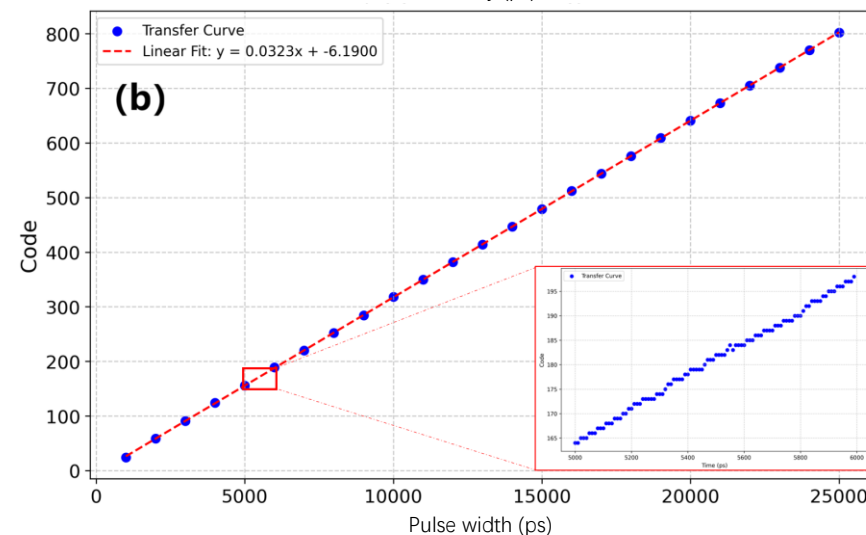
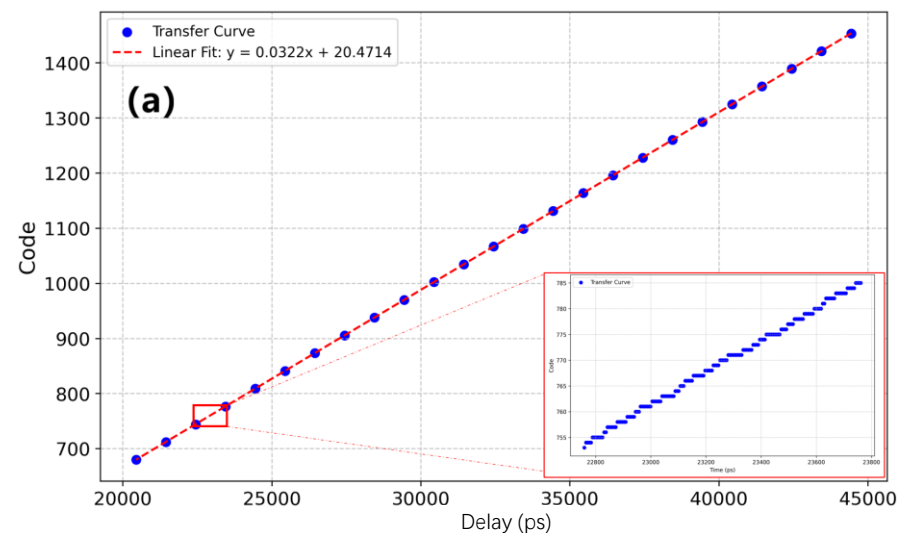


性能测试(Pulse测试模式)

- TOA TOT 的DNL INL $< \pm 1$ LSB;
- 拟合LSB toa ≈ 31.1 ps, 拟合LSB tot ≈ 31.0 ps
- 标定LSB cal ≈ 31.1 ps
- 标定LSB与拟合LSB非常接近, 验证了自刻度的有效性



(a) TOA DNL & INL (b) TOT DNL & INL



(a) TOA转移曲线 (b) TOT转移曲线

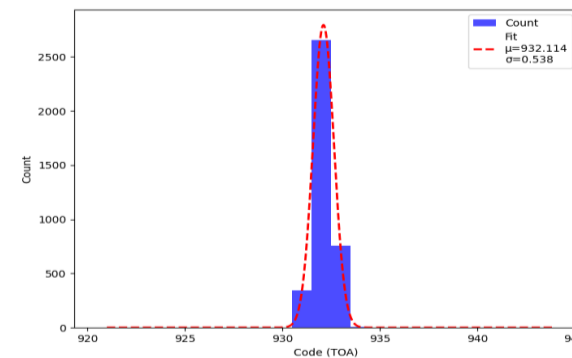
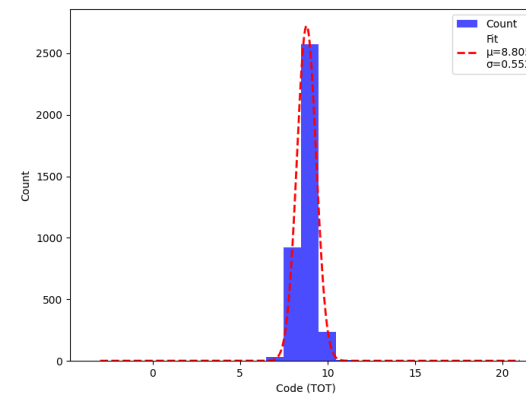
■ 性能测试(前端模式)

- 用于FE-TDC集成的功能验证 (LGAD联合测试正在进行中)
- 初步结果表明整体功能无异常

■ 功耗

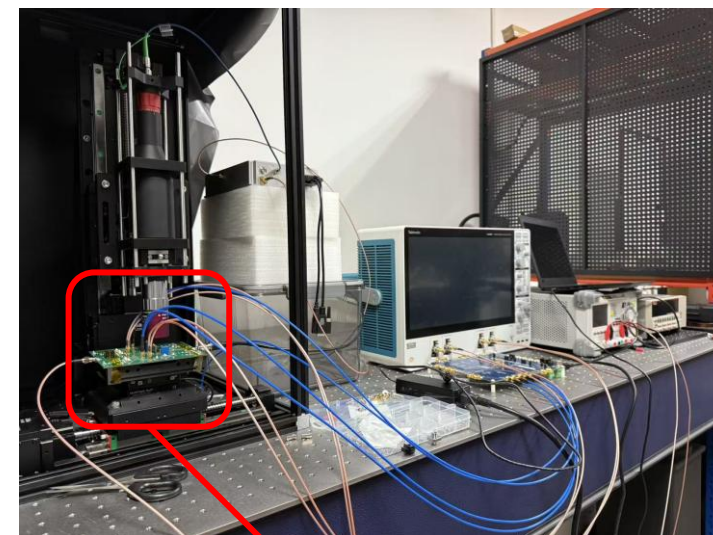
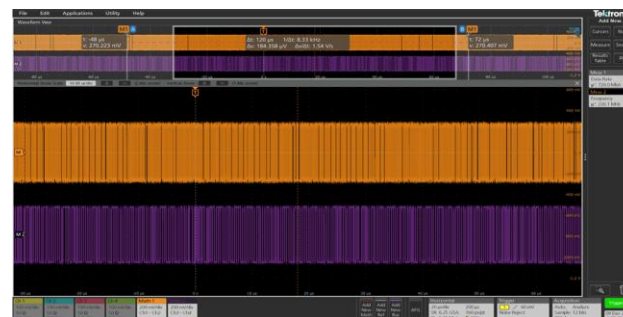
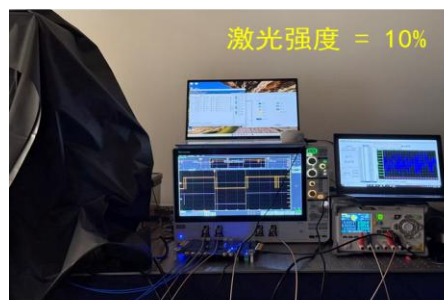
- 前放功耗 $4.9 \text{ mA} * 1.2 \text{ V}$
- TDC核的功耗与事例率相关, 1 MHz事例率下总功耗 6.24 mW

Blocks	Event rate	Operating current
TDC part	2 MHz	~ 0.5 mA
	1 MHz	~ 0.3 mA
	500 kHz	~ 0.1 mA
Pre-amplifier		~4.9 mA



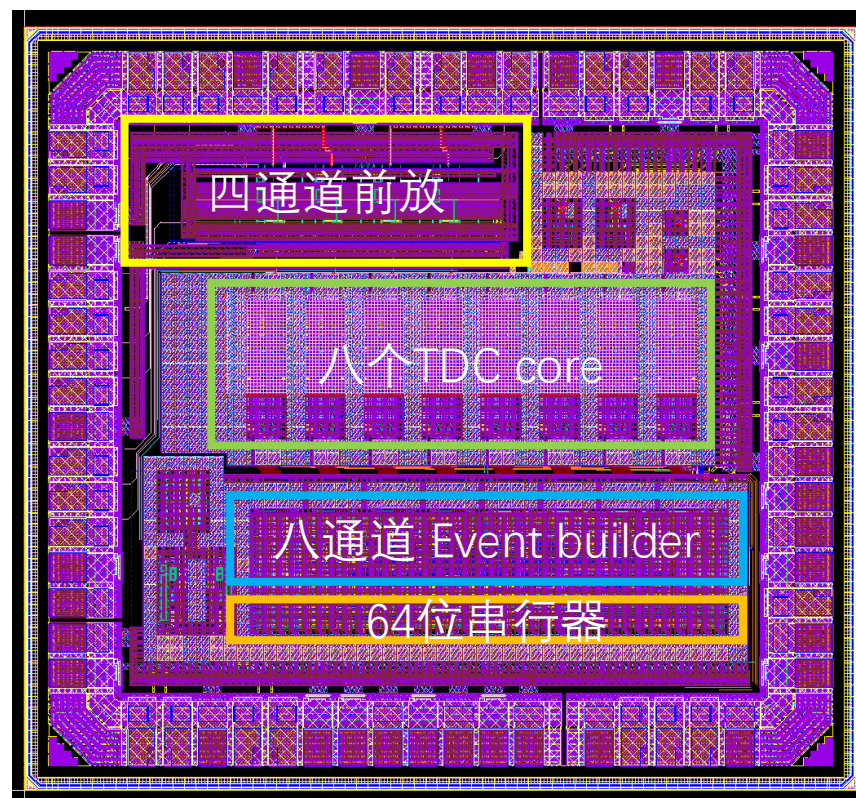
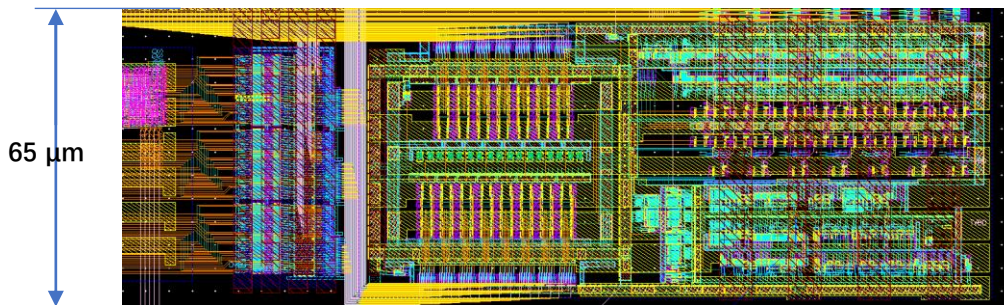
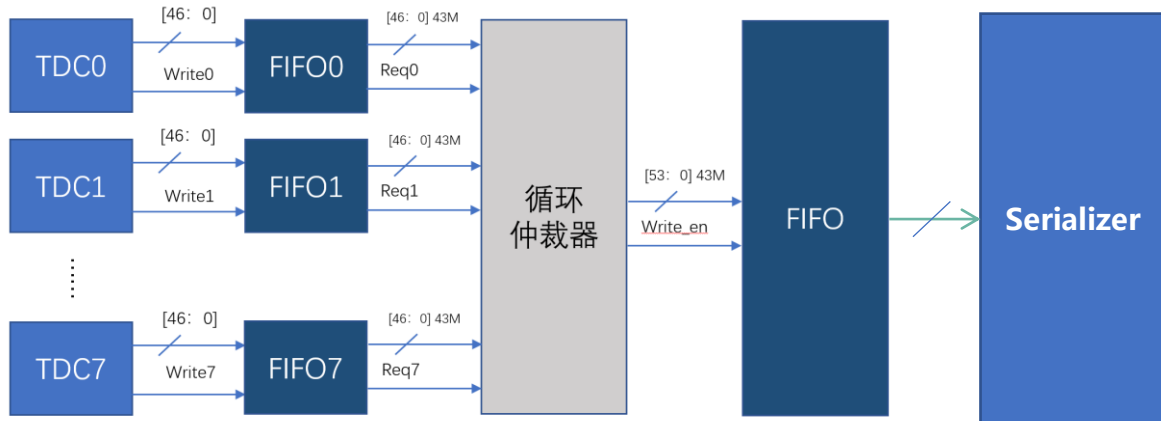
■ 参与联合测试

- 联合测试取数成功
 - LGAD高压供电150V
 - 1064nm 激光 (24.63MHz)
 - 激光强度 10% -> 100%
- FPGA 数据获取开发中



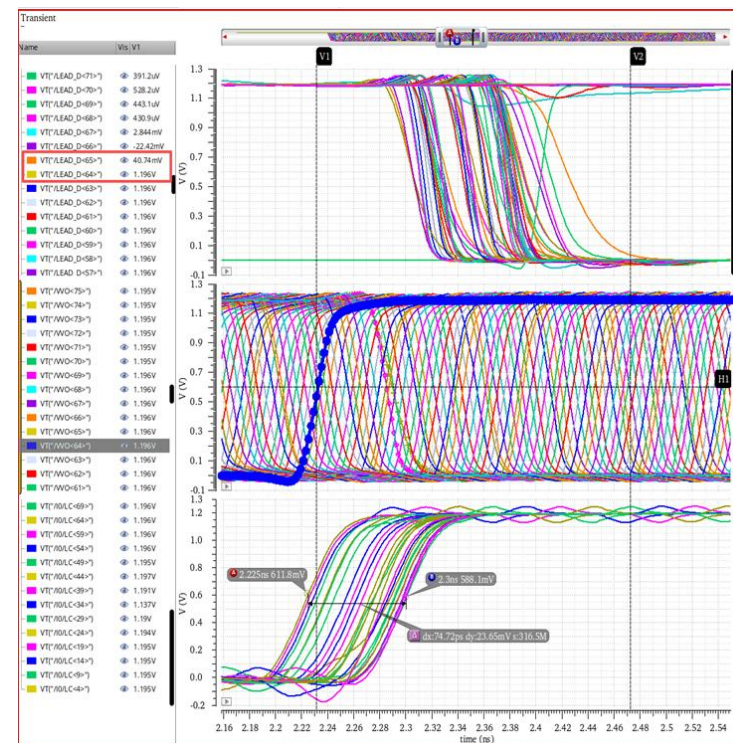
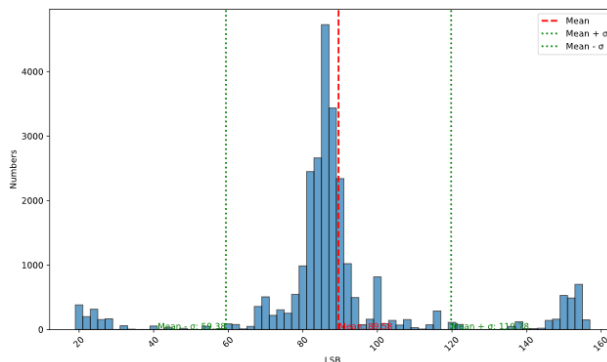
■ LATRIC1框图及版图

- 优化了TDC core, 改善DNL、INL, 八个TDC核, 其中四个有前放
- 通道高度100 μm , 匹配硅微条LGAD pitch
- 数字部分Event build用于协调多通道数据输出, 应对“瞬态”高事例率的情况
- 优化了编码逻辑
- 增加了14位时间戳 (相对于第几个时钟周期进行的测量)



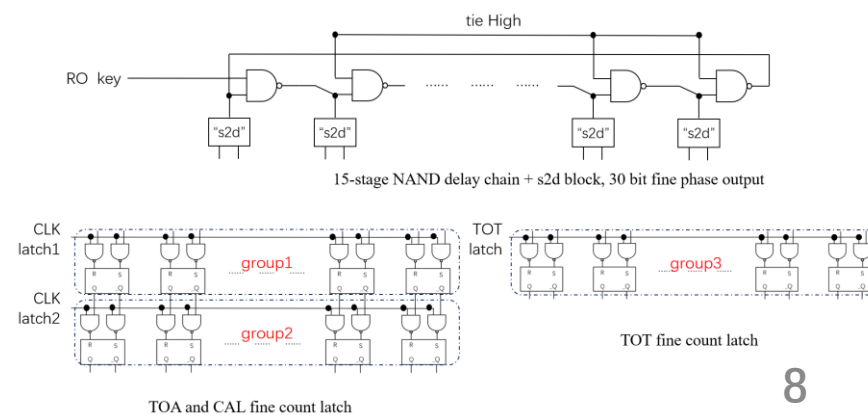
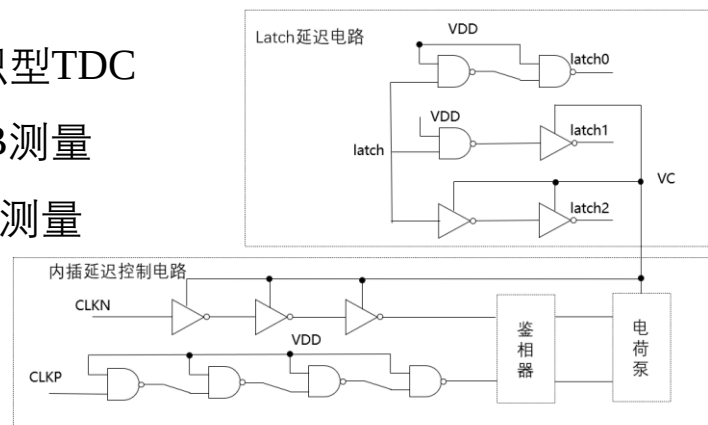
■ xpdTDC

- xpdTDC0 已实现约 5.2 ps LSB, 但测量精度差, 存在气泡问题, 现已完成问题定位
- 优化了锁存信号扇出、优化了量化及锁存结构
- 设计了可实现连续信号测量controller设计 (死时间小于1ns)



■ LATRIC_i (黄文豪)

- 基于LATRIC0 设计的时间交织型TDC
- 三级压控“内插”实现 10 ps LSB测量
- 事例驱动型环振, 实现低功耗测量



■ 其他工作

- TWEPP 文章投稿 latric0 设计及测试相关
- CEPC 2025 报告 latric0 进展
- 专利：李筱婷；**王传烨**；严雄波；叶竞波，一种新型时间测量内插电路，CN2025110109371，实质审查中

■ 后续安排

- xpdTDC (5.2ps LSB TDC)设计，预计26年四月流片
- LATRIC_i (专利方案TDC)设计，预计26年四月流片
- 26年三月 LATRIC1 测试

Thank you!