



中国科学技术大学

University of Science and Technology of China

LHAASO WCDA读出电子学前端ASIC芯片的测试与评估

梁宇¹, 赵雷¹, 邬维浩¹, 刘建峰¹, 于莉¹, 秦家军¹

1. 核探测与核电子学国家重点实验室, 中国科学技术大学近代物理系

2014/08/14

主要内容



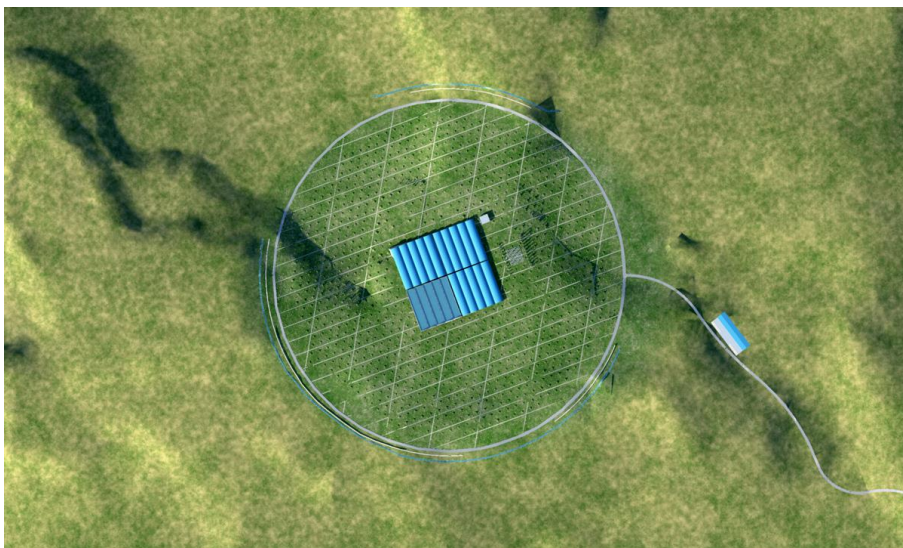
中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

- 背景及芯片介绍
- 测试平台及方法
- 时间精度测试结果
- 电荷精度测试结果
- 总结



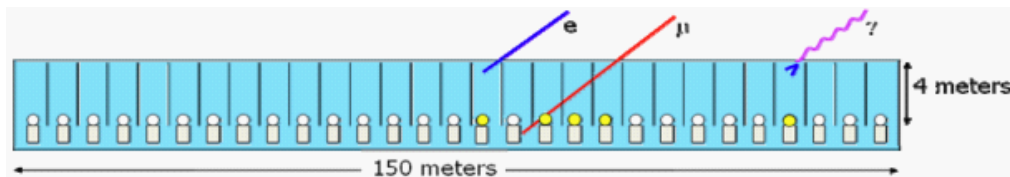
- ✓ 背景及芯片介绍
- 测试平台及方法
- 时间精度测试结果
- 电荷精度测试结果
- 总结

大型高海拔空气簇射观测站 (LHAASO) Large High Altitude Air Shower Observatory



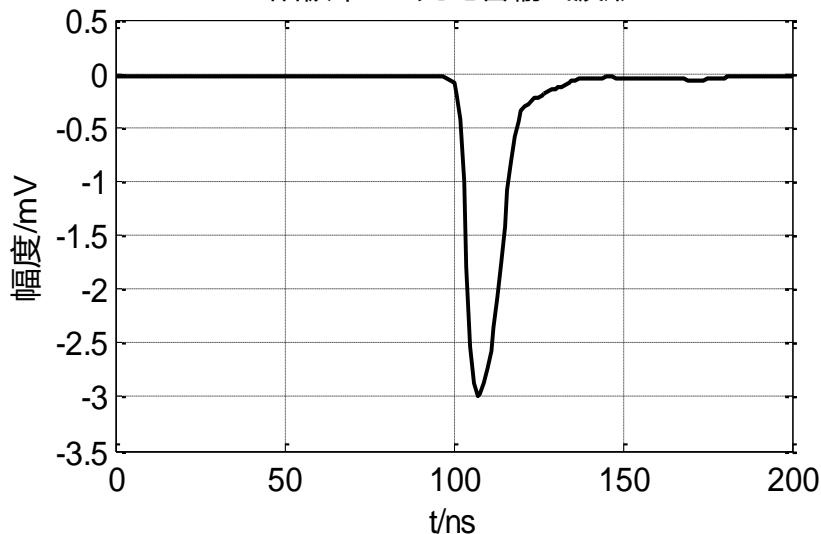
- 主要探测广延大气簇射产生的次级粒子
- 科学目标：
 - 高能宇宙线起源以及相关宇宙演化、
 - 高能天体演化及暗物质研究
- 主要实验装置
 - WCDA (9万平方米)
 - KM2A探测器 (1km²)
 - μ 子探测器
 - 电子探测器
 - 大气切伦科夫望远镜
 - 空气簇射芯探测器阵列

水切伦科夫探测器阵列 Water Cherenkov Detector Array (WCDA)



- 共4个面积为150 x 150 m²的水池
- 水池注满纯水，水池底部安装900个光电倍增管
- 共3600路高灵敏度光电倍增管读

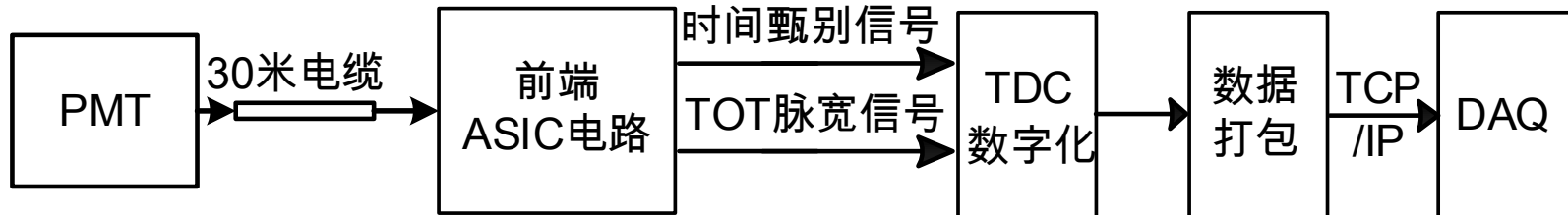
阳极单P.E.光电管输出波形

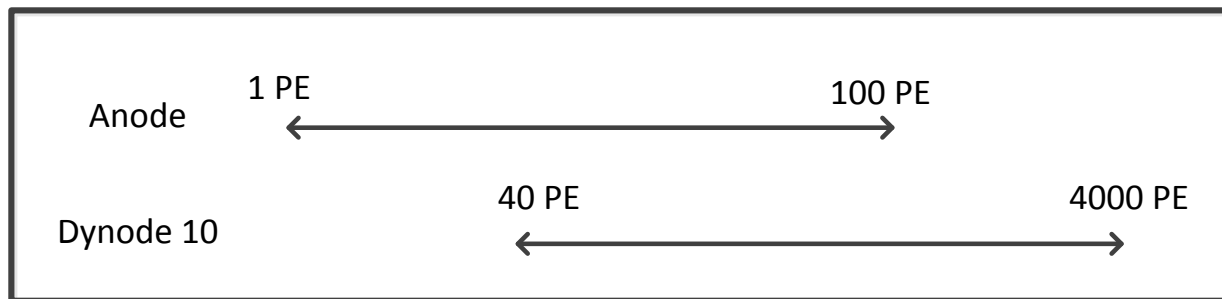


- 前沿4.6 ns, 后沿16 ns
- 经30 m电缆后, 前沿5.3 ns, 后沿21 ns
- PMT输出信号主要频率成分集中在70 MHz以下

设计指标要求

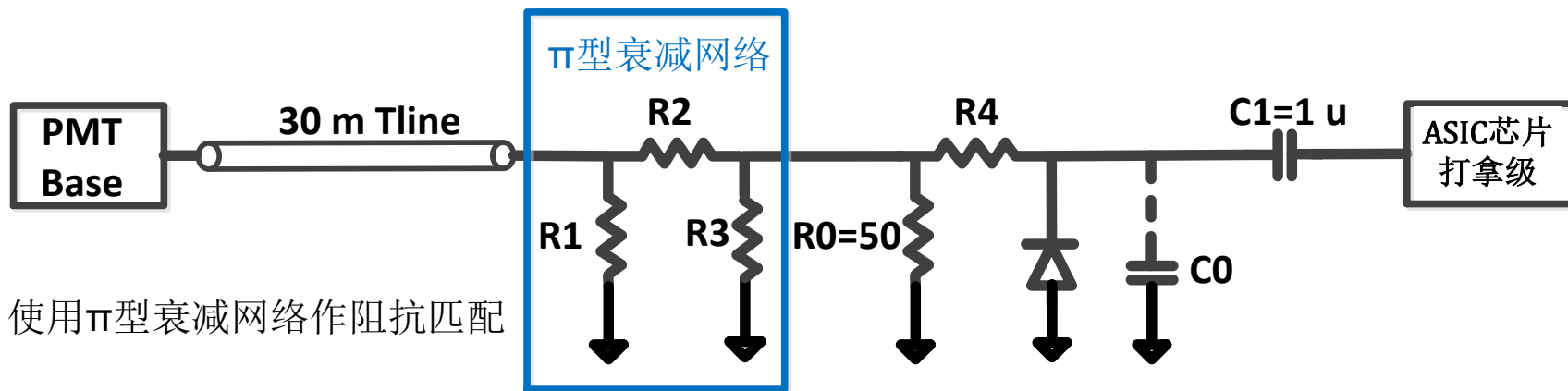
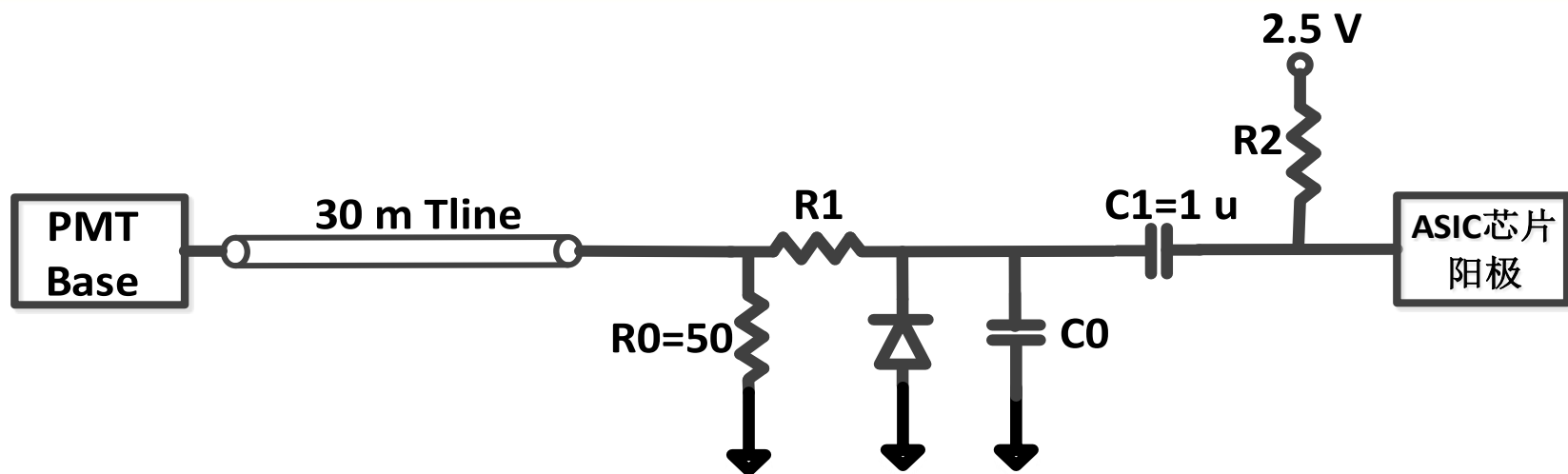
设计需求	设计指标
时间测量RMS	0.5 ns
电荷测量动态范围	1 PE~4000 PE PMT输出电压范围 SPE: D10: 2.4 mV Anode: 3 mV
电荷测量精度	3% (单光子30%)



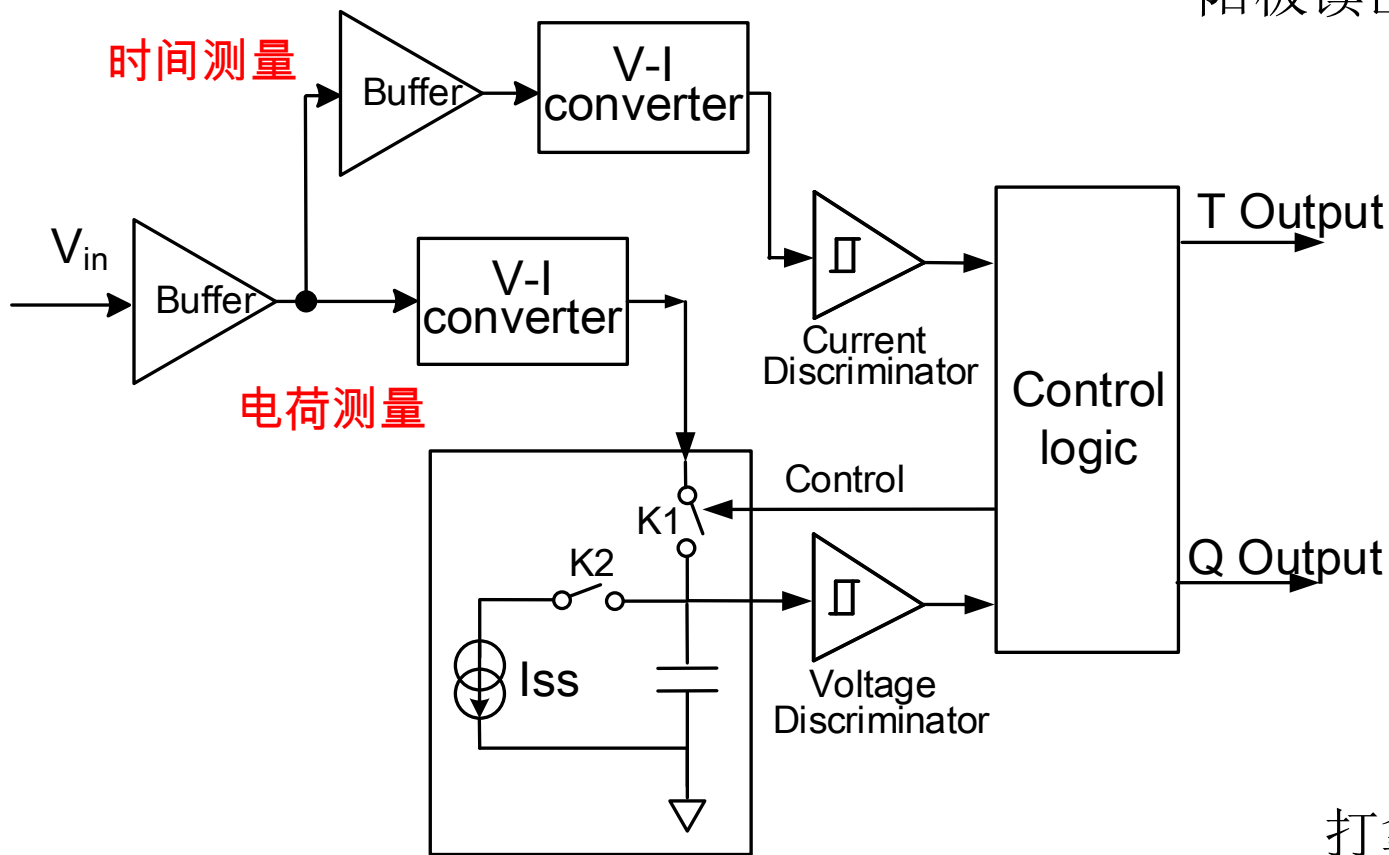


- 前沿定时：
 - 阳极通道
- 电荷测量：
 - 阳极通道：1PE~100PE
 - 打拿极通道：40PE~4000PE
- 芯片内部主体采用电流型TOT技术
- 30m长电缆传输与4000倍动态范围
 - 较高的阻抗匹配精度及片外过压保护电路
- 整体技术路线：
 - 片外使用电阻做50欧阻抗匹配，在芯片内部先作前置放大，再使用VI转换电路将电压信号转换为电流信号后，使用电容充放电方案处理。

芯片前端耦合电路



阳极读出通道示意图

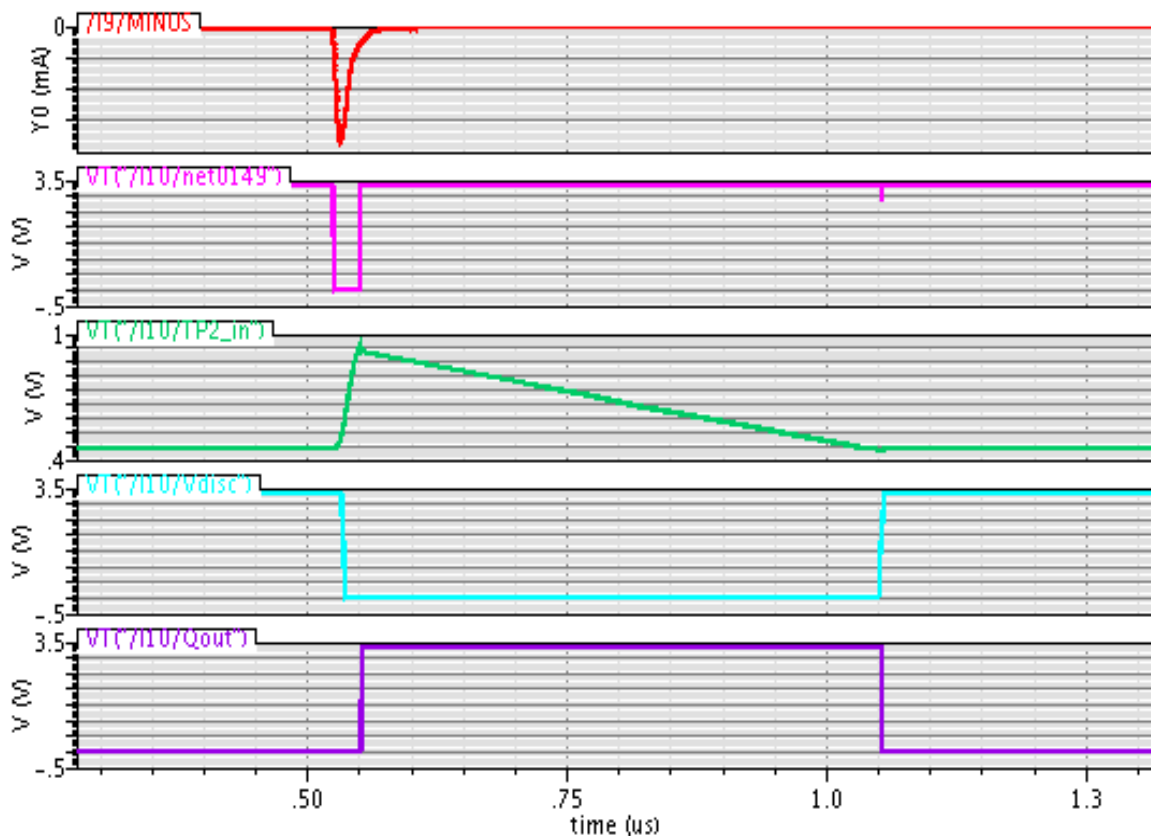


打拿级读出通道结构与阳极读出通道类似

关键节点仿真波形



Transient Response



输入信号

时间甄别信号

积分电容信号

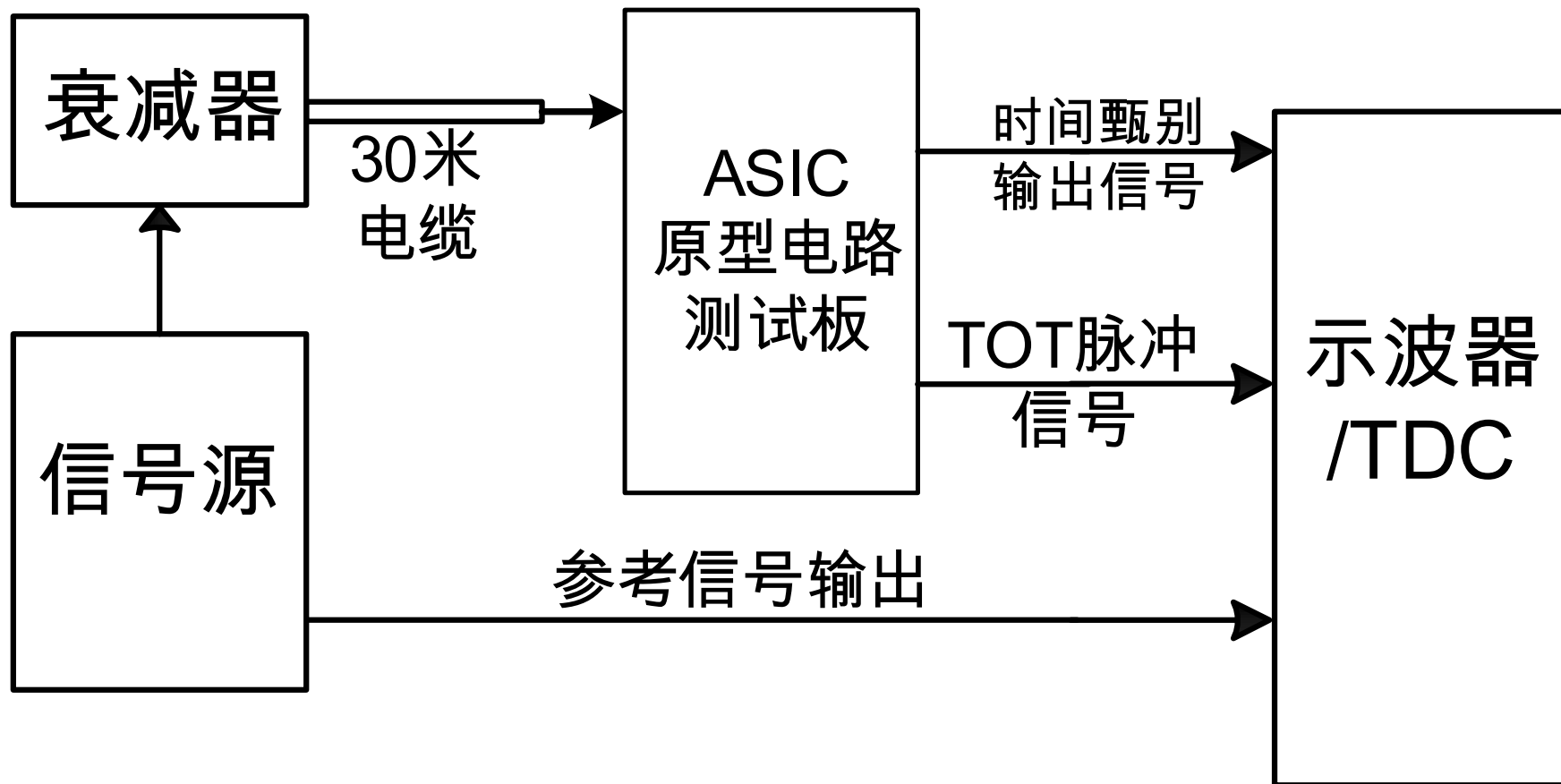
电压甄别器输出信号

电荷TOT输出信号

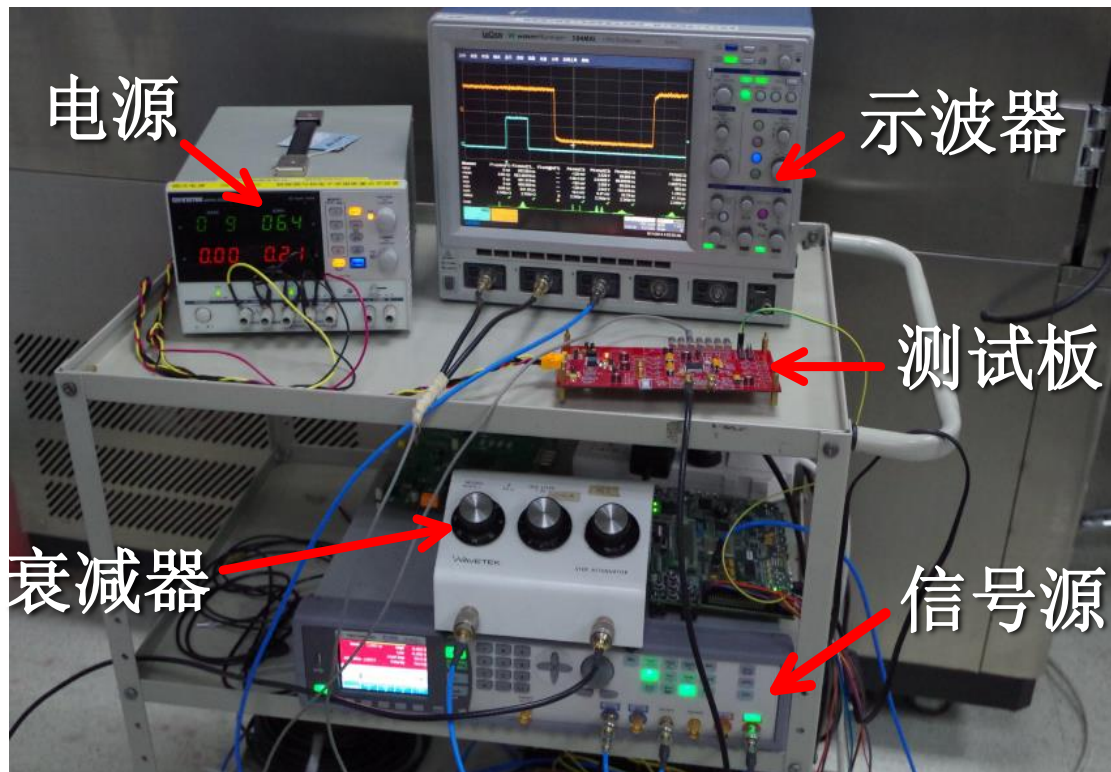


- 背景及芯片介绍
- ✓ 测试平台及关键节点波形
- 时间精度测试结果
- 电荷精度测试结果
- 总结

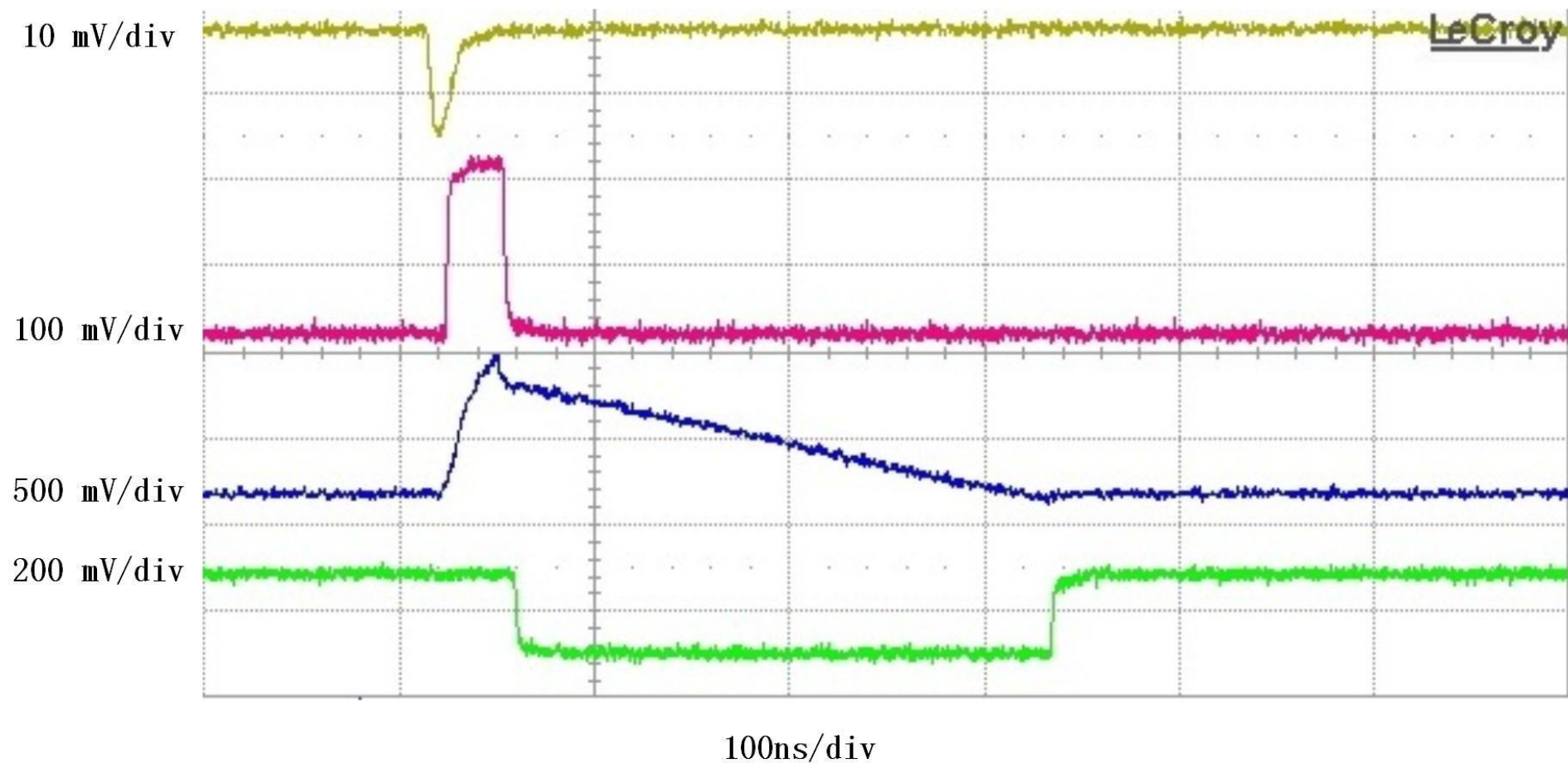
测试结构框图



测试实物图



关键节点波形





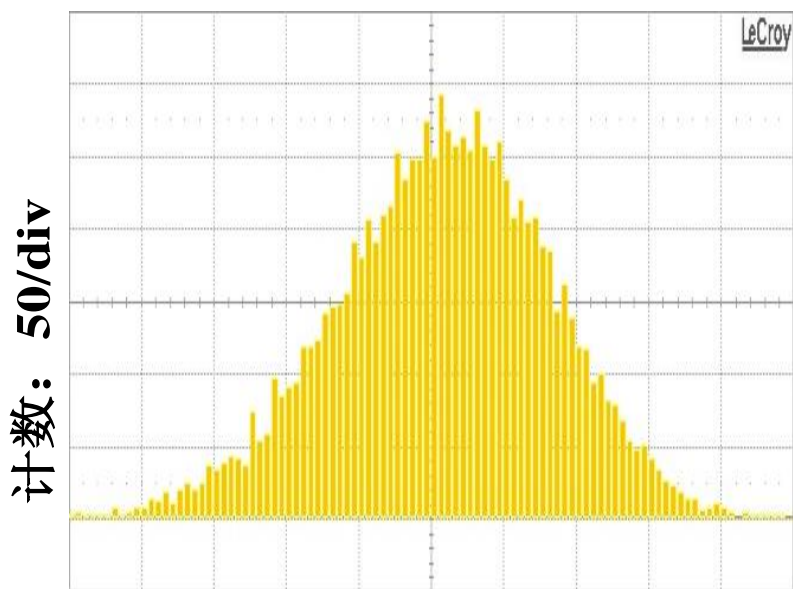
- 背景介绍
- 测试平台及方法
- ✓ 时间精度测试结果
- 电荷精度测试结果
- 总结

定时精度测试结果



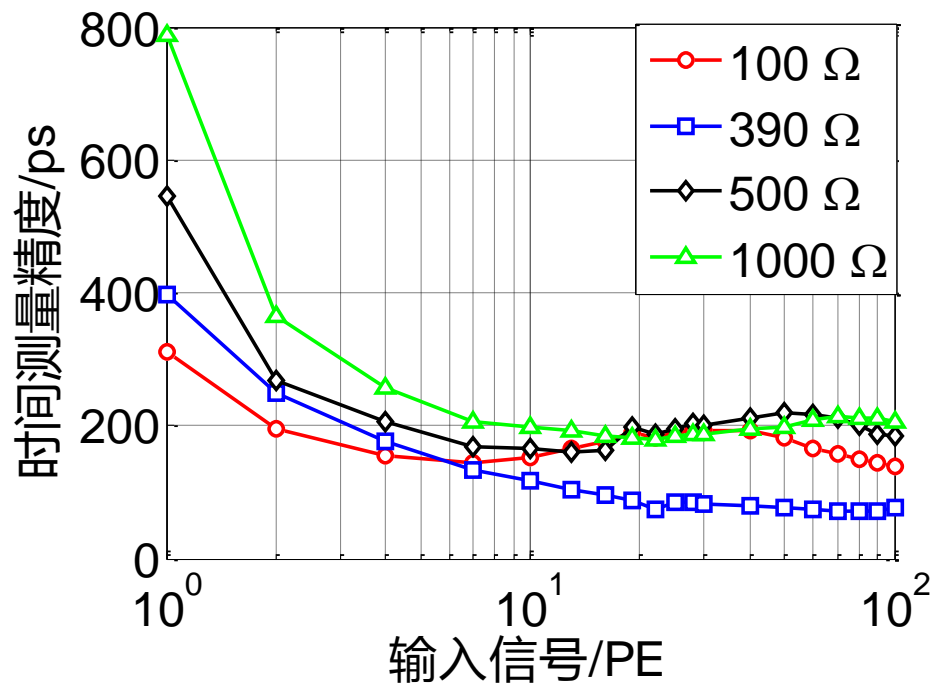
示波器测量结果

示波器延时统计直方图



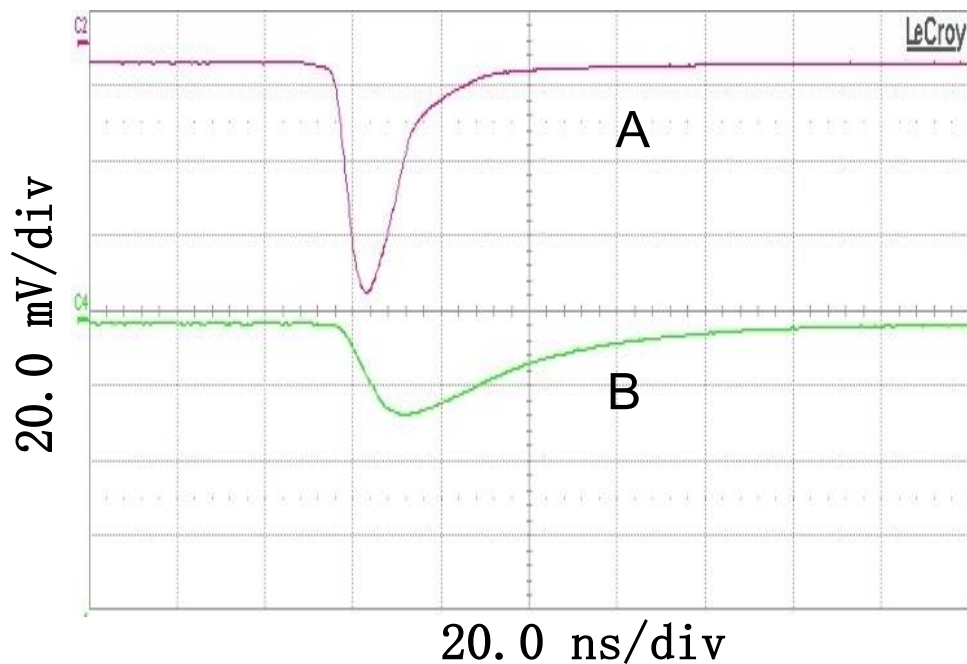
时间: 100 ps/div 10PE,
均值: 202.76 ns, RMS: 117.55 ps

不同幅度下时间测量精度

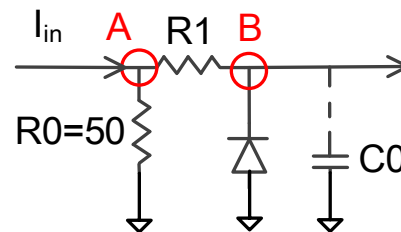


通过多次测量统计芯片时间甄别输出和参考信号之间的延时，测得芯片的时间测量精度

定时精度测试结果



A:过压保护电阻R1之前输入信号波形
B:过压保护电阻R1之后输入信号波形
R1:阻值为1K

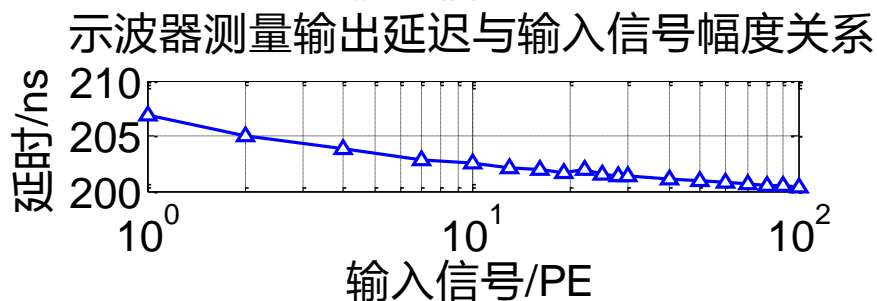
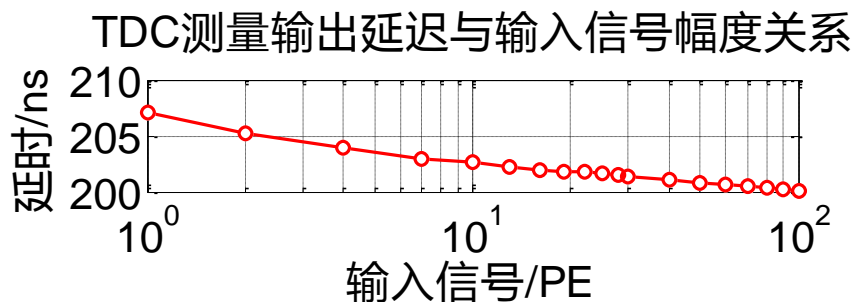
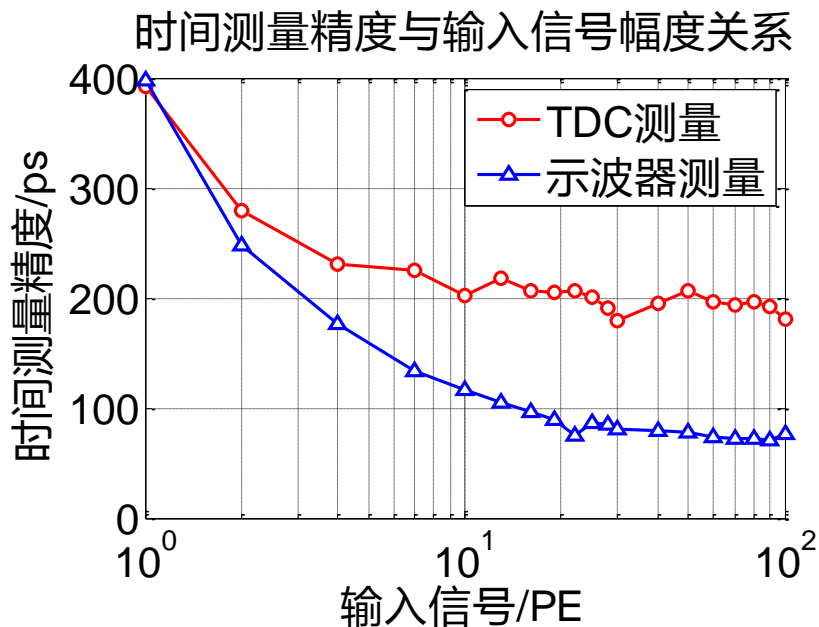


保证足够的时间测量精度R1的阻值最终选为390 Ω

定时精度测试结果



TDC测量结果



过压保护电阻:390Ω

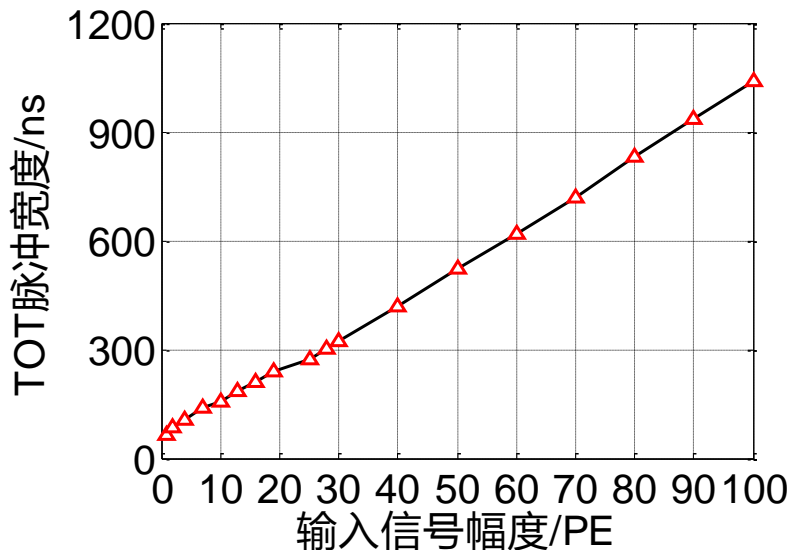


- 背景及芯片介绍
- 测试平台及方法
- 定时性能测试结果
- ✓ 电荷精度测试结果
- 总结

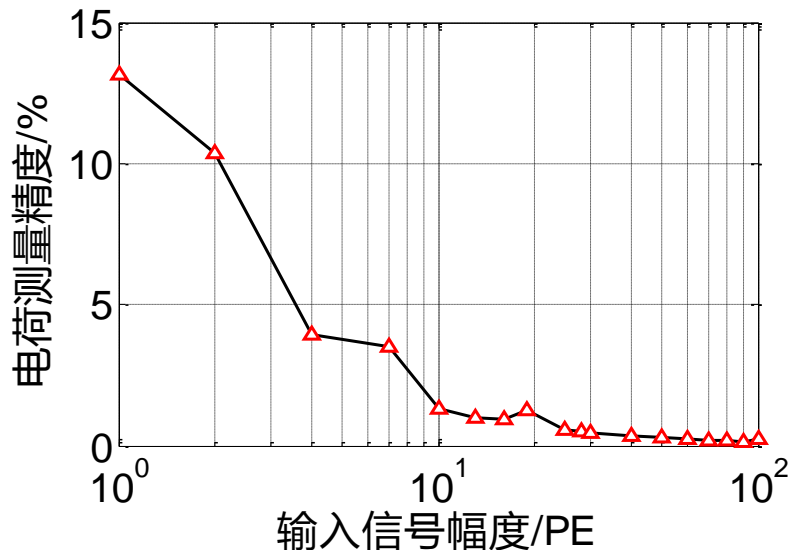
电荷精度测试结果



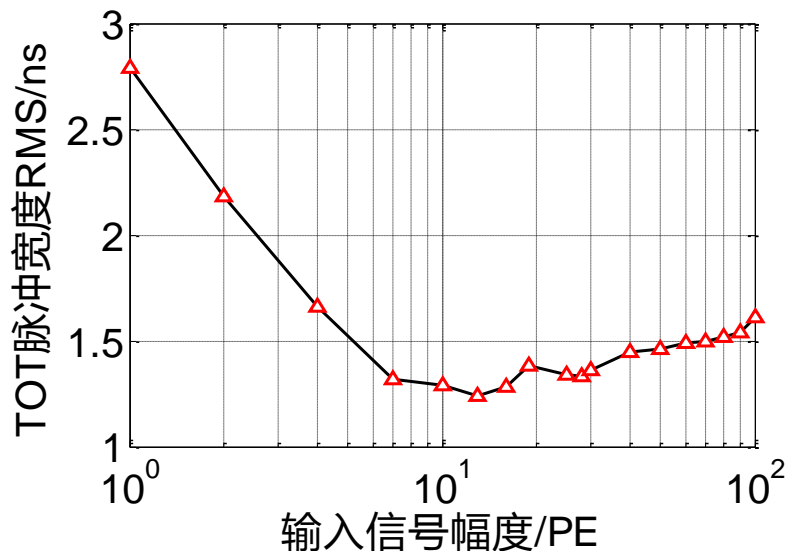
TOT脉冲宽度与输入信号幅度的关系



电荷测量精度与输入信号幅度的关系



TOT脉冲宽度RMS与输入信号幅度的关系



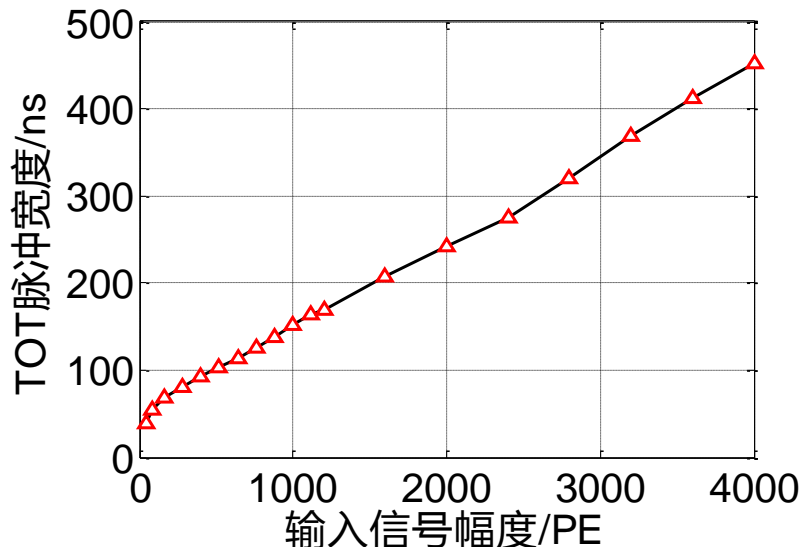
通过多次测量统计TOT脉冲宽度的平均值和RMS值得到芯片的电荷测量精度。

阳极读出通道电荷精度测试结果
1PE精度好于15%，大信号精度好于3%

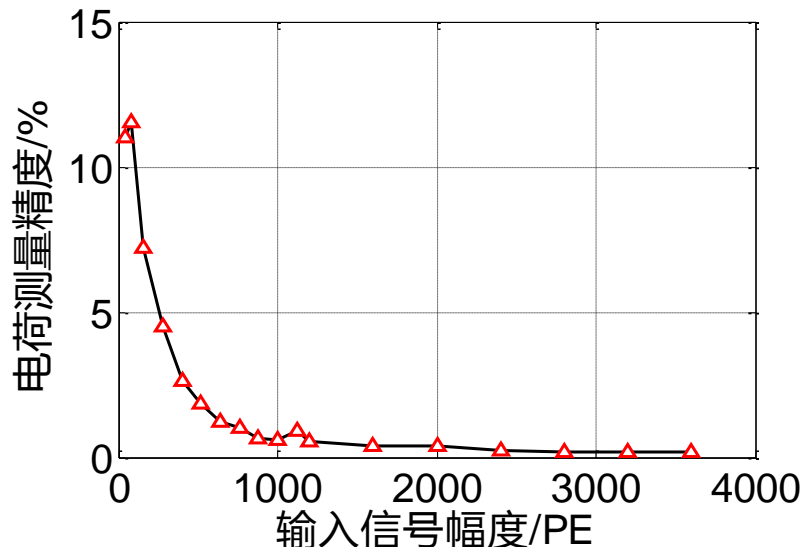
电荷精度测试结果



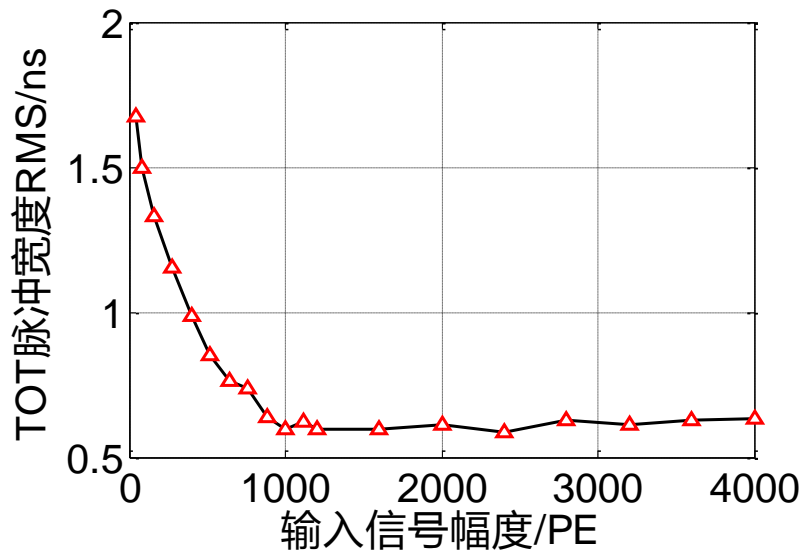
TOT脉冲宽度与输入信号幅度的关系



电荷测量精度与输入信号幅度的关系



TOT脉冲宽度RMS与输入信号幅度的关系



打拿级读出通道电荷精度测试结果
大信号电荷测量精度好于3%

主要内容



- 背景及芯片介绍
- 测试平台及方法
- 定时性能测试结果
- 电荷精度测试结果
- ✓ 总结

- 本文针对LHAASO WCDA读出电子学前端ASIC芯片做了介绍并测试其主要时间及电荷测量性能
- 时间测量精度好于400 ps
- 电荷测量精度小信号时好于15%，大信号时好于3%
- 正在进行单通道进一步改进及多通道集成



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

Thank You