山东高等技术研究院
SHANDONG INSTITUTE
OF ADVANCED TECHNOLOGY

基于Citiroc1A的多通道SiPM读出电子学

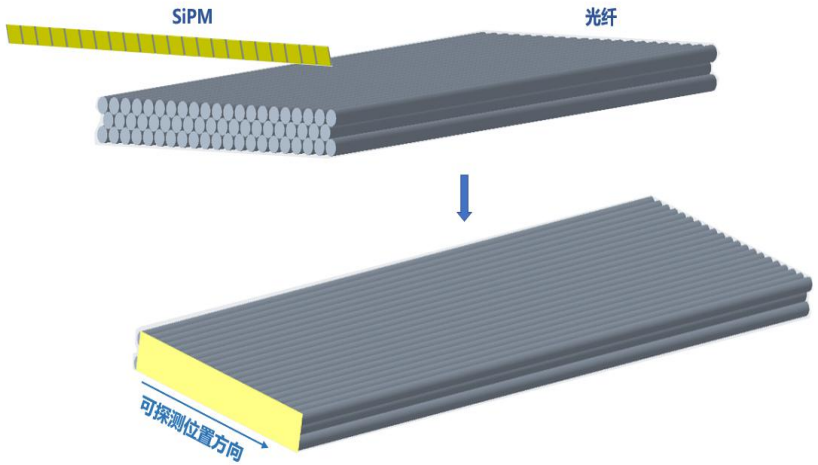
王泓博 吴子兵 李慧玲 胡坤
任祥祥 许伟伟

2024.07.16

目录

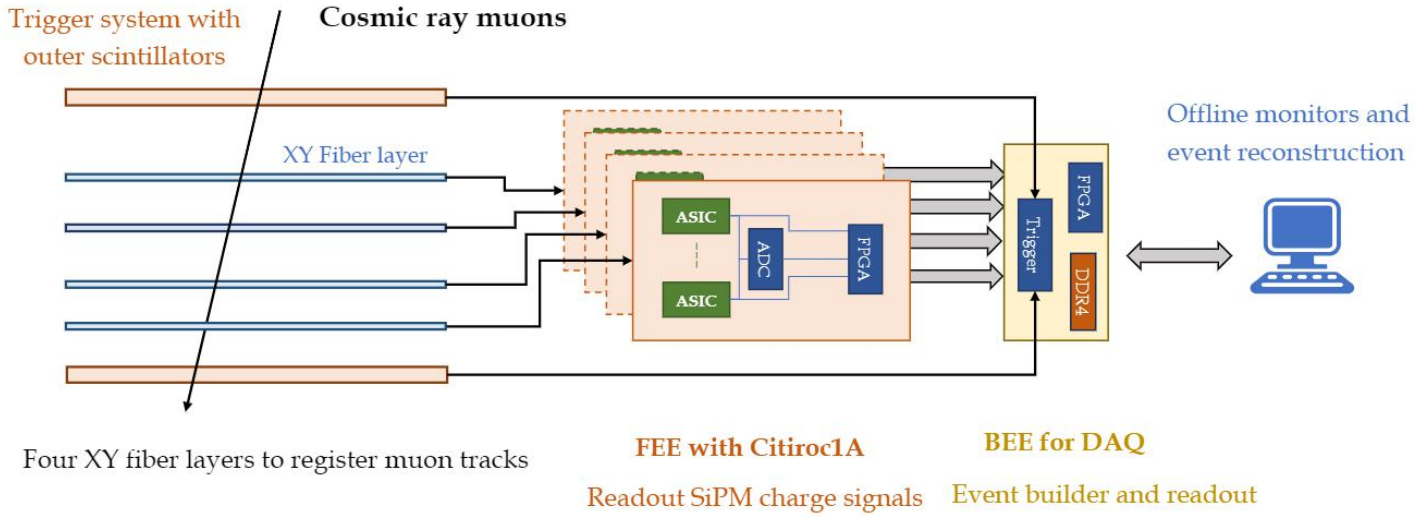
塑闪光纤探测器

- 结构：塑料闪烁光纤探测主体和1维SiPM光电转换器件；
- 最小塑闪光纤直径125μm，更高的颗粒度和位置分辨能力，读出通道数增多
- 需要达到分辨光子峰的能力，动态范围需要达到200-300pe的电荷量。



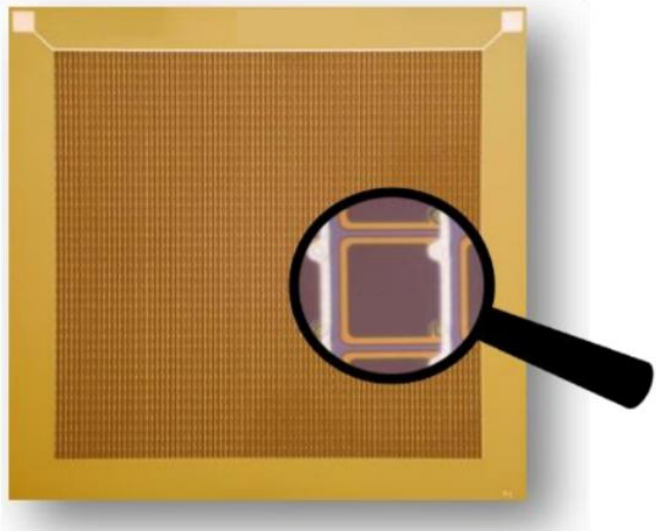
三层光纤构成一层平面

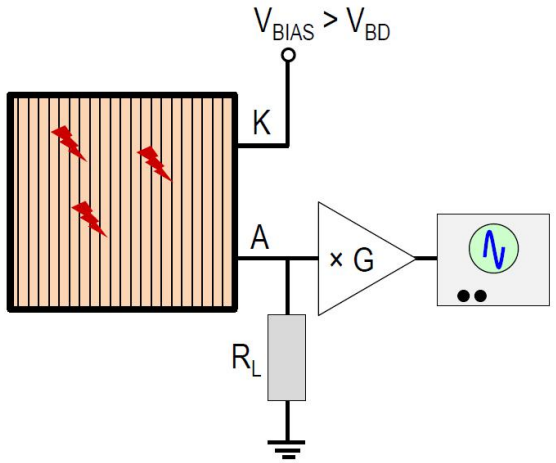
两层平面交叠构成一层探测器

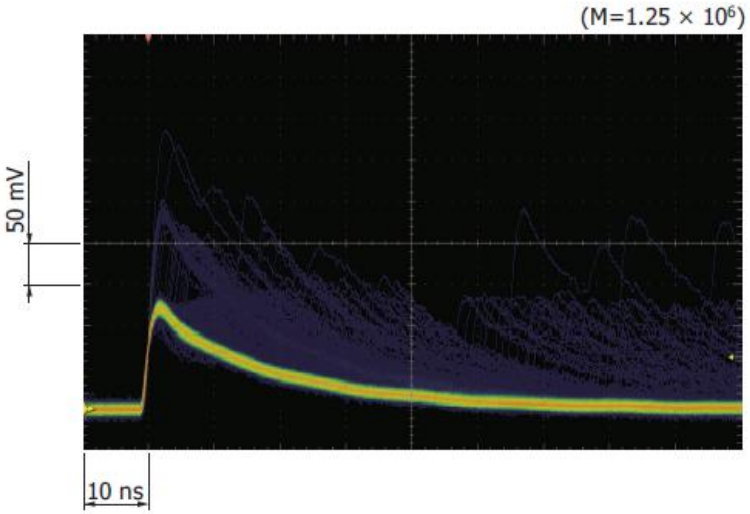


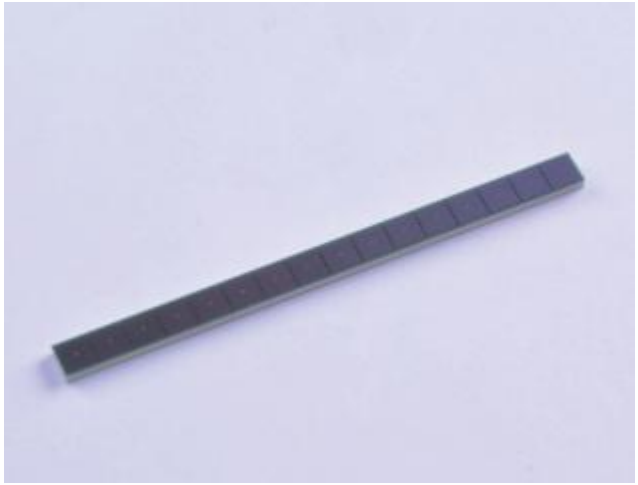
探测器结构

硅光倍增器





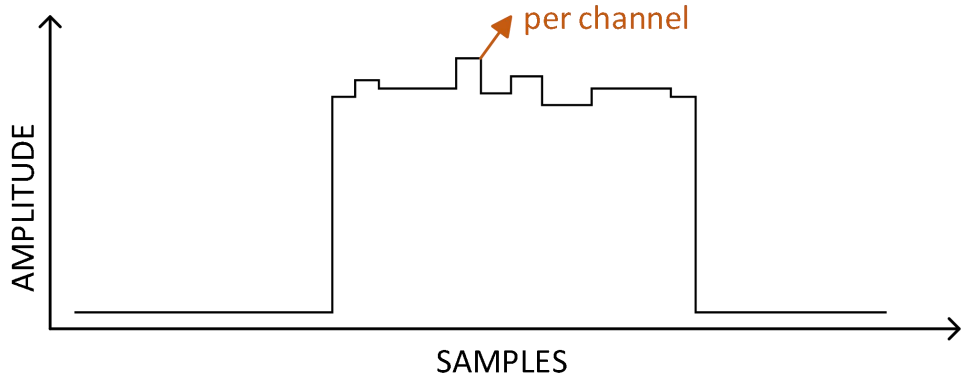


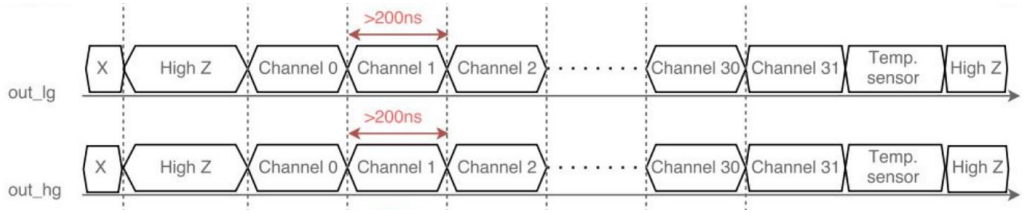


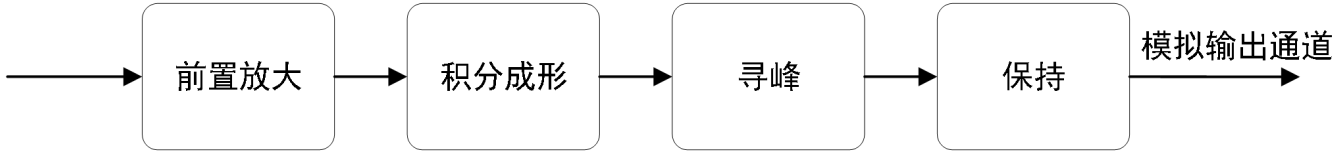
3 X 3mm & 1x16 SiPM阵列

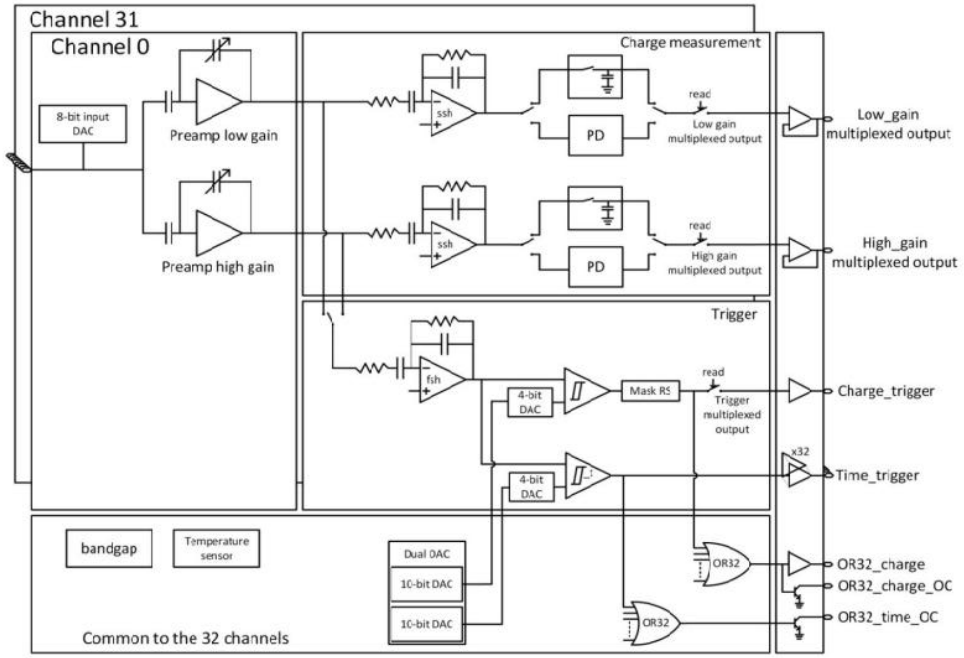
- 尺寸小
- 可响应单光子水平的信号
- 反向偏压低
- 单光子时间分辨好（<100ps）

专用芯片Citiroc1A







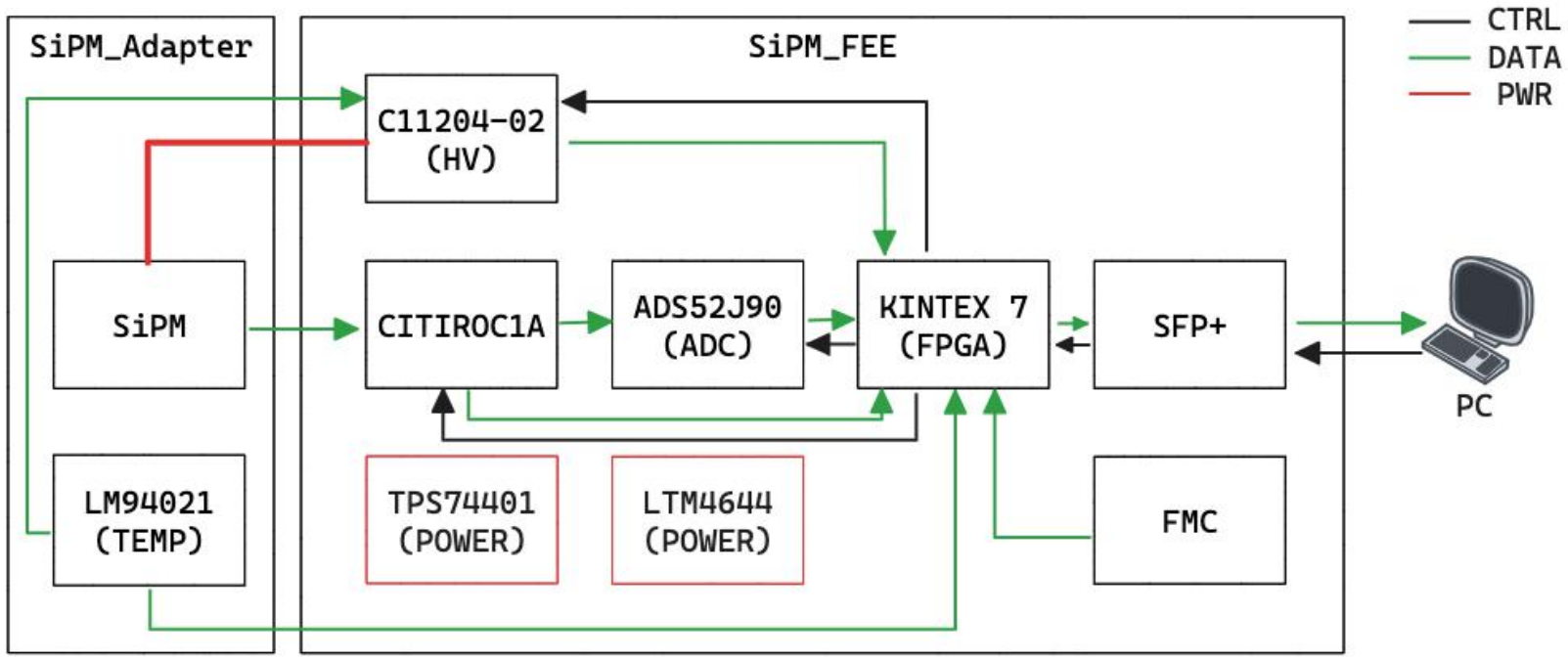


- 32通道串行模拟输出
- 动态范围0-400pC
- 积分成形可调达峰时间12.5-87.5ns
- 自动寻峰并保持
- 可触发1/3 pe

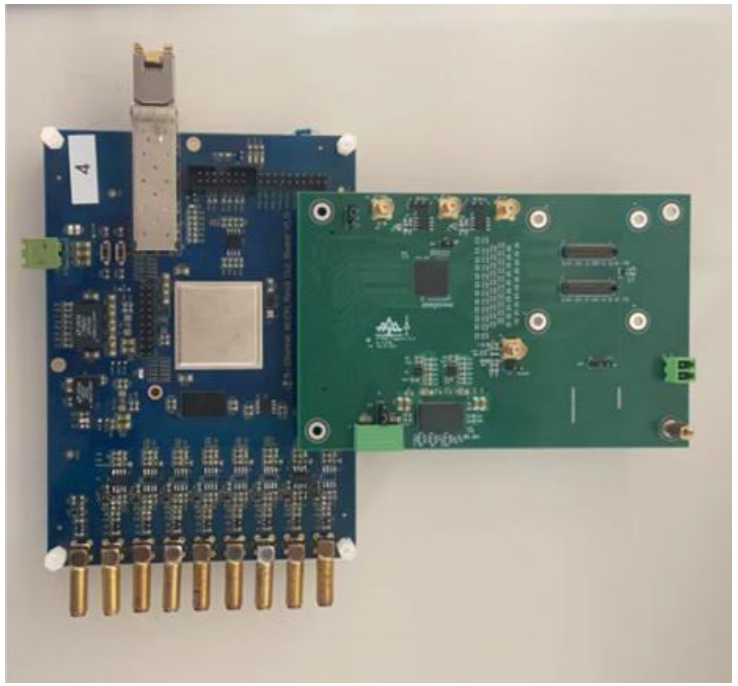
前端读出系统

前端读出系统由Citiroc1A背板与ADC母板构成，做成插拔结构

母板实现芯片控制与数据采集通信功能；背板围绕Citiroc1A进行设计，主要实现对芯片的读出



系统结构

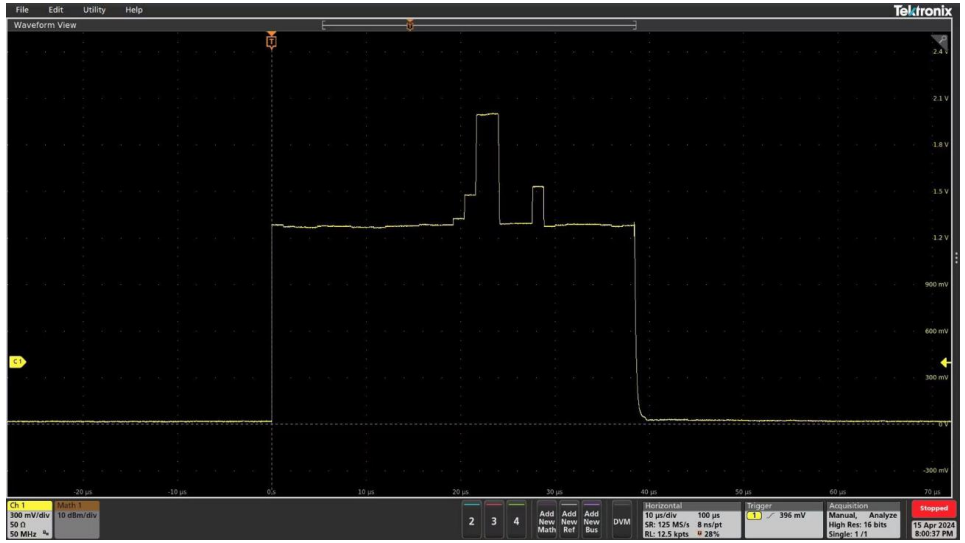


电路实物

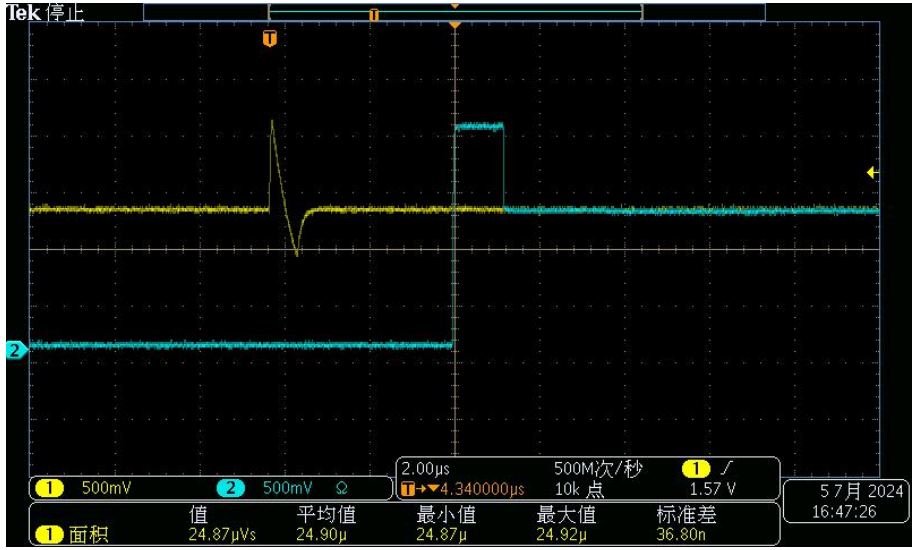
读出窗口与数据采集

◆外部触发信号开启读出窗口，将芯片模拟输出向上拉升至约1.2V，然后根据提供的读出时钟，按照一定的时间宽度将32个通道串行输出。等待全部输出完毕，输出窗口下拉回低电平。

◆成形信号的幅值与峰保持信号的幅值一致。

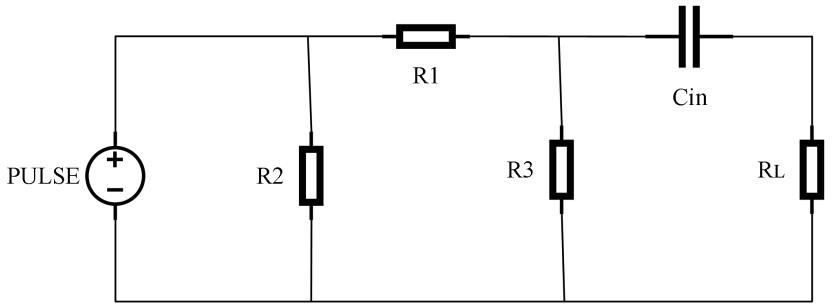


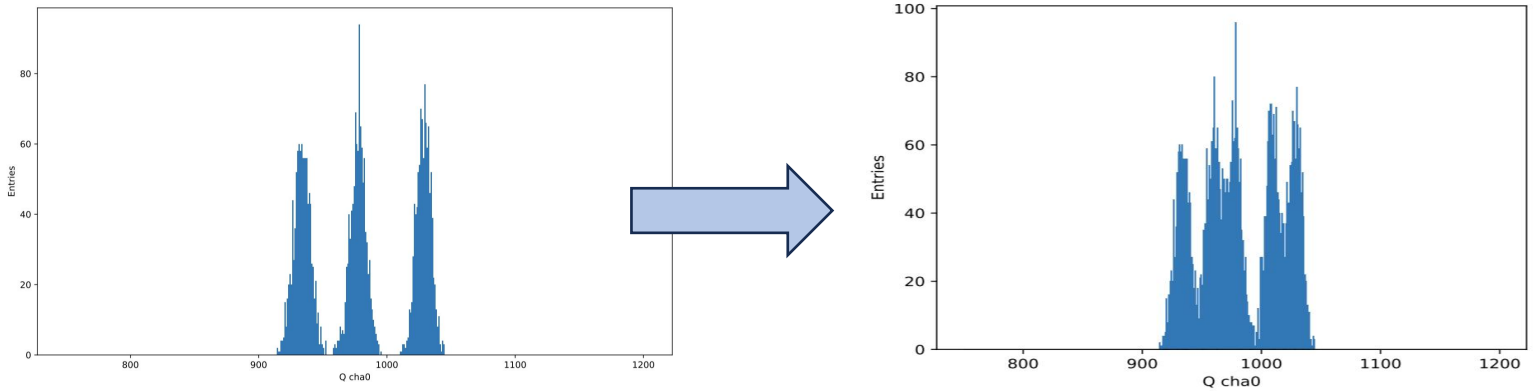
示波器数据窗口



成形信号与峰保持信号

电荷注入测试系统分辨

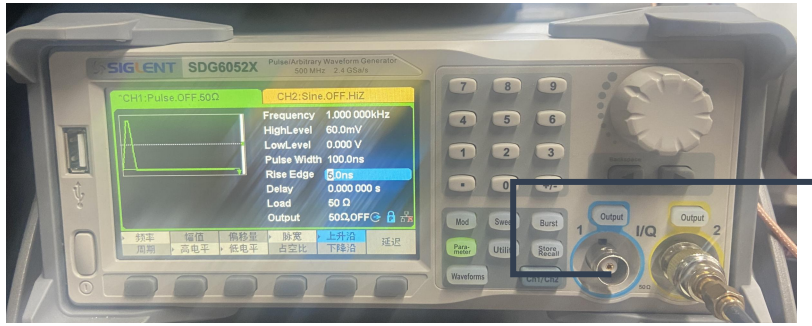


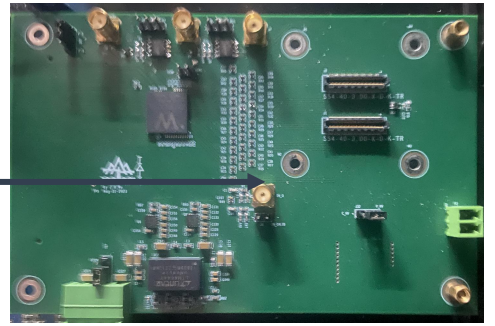


0.10pC步长　　渐进的电荷注入能谱　　0.05pC步长

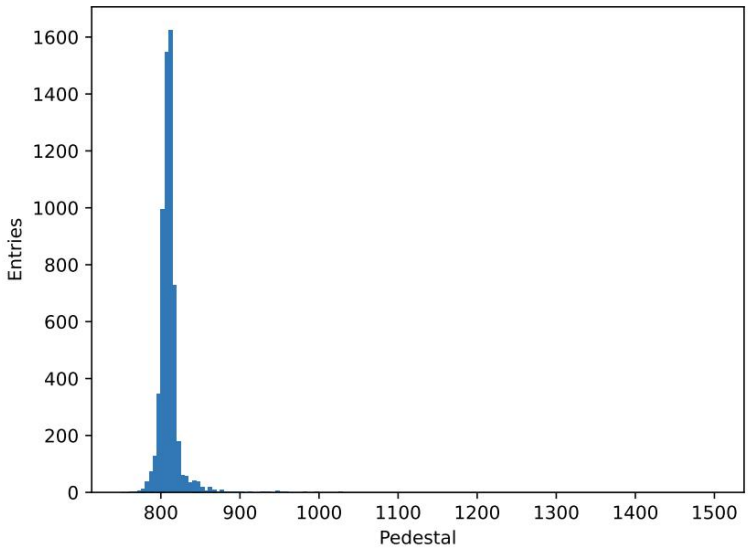
可分辨0.1pC

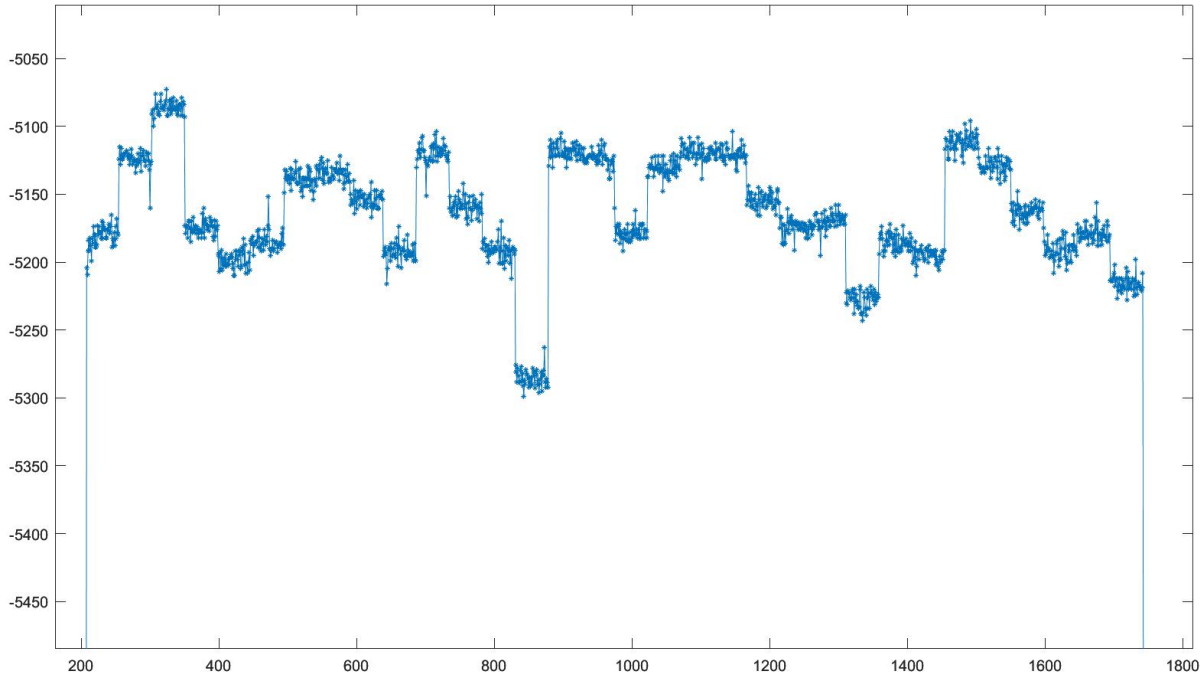
- **背板留出了通道0作为电荷注入的测试通道**
- **通过LTspice模拟电荷注入**
- **通过前端读出系统采集处理数据，得到能谱**
- **验证了系统的单光子的分辨能力（在10^6增益下约为0.32pC）**

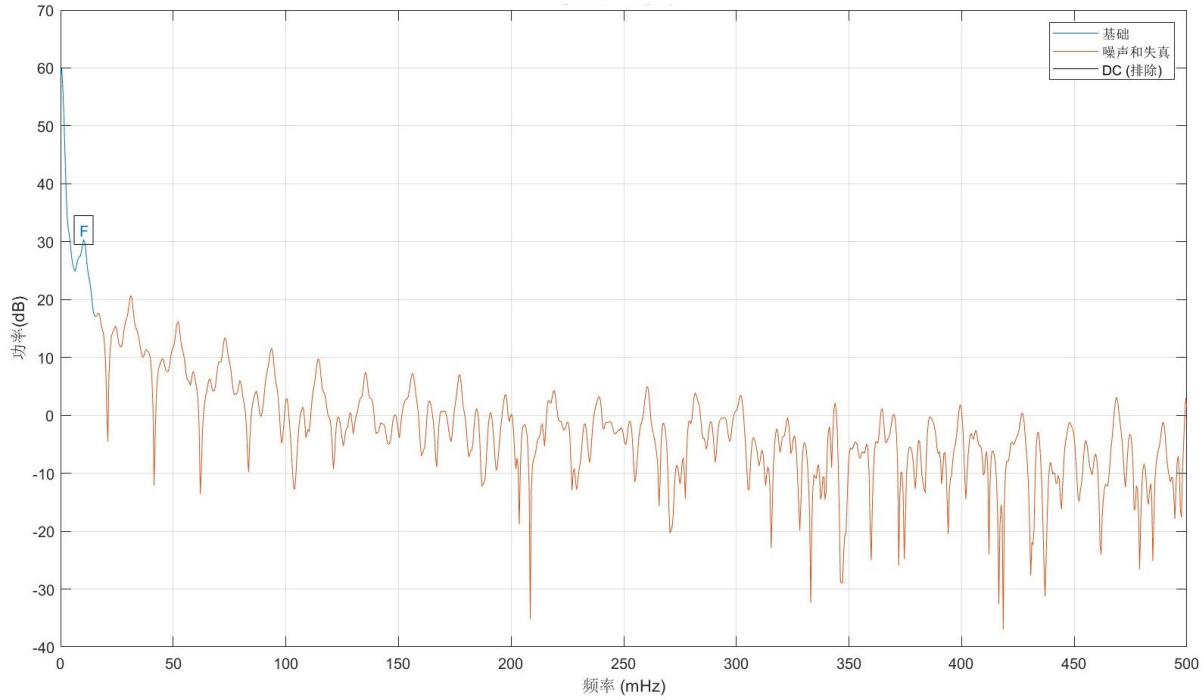




通道一致性与噪声



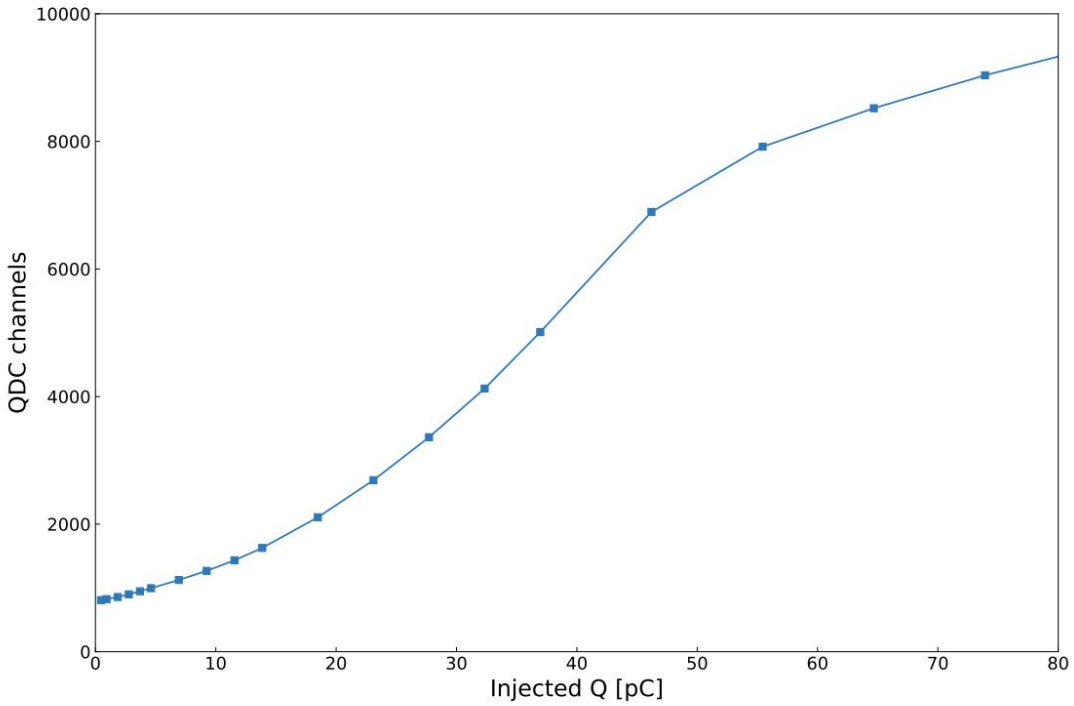




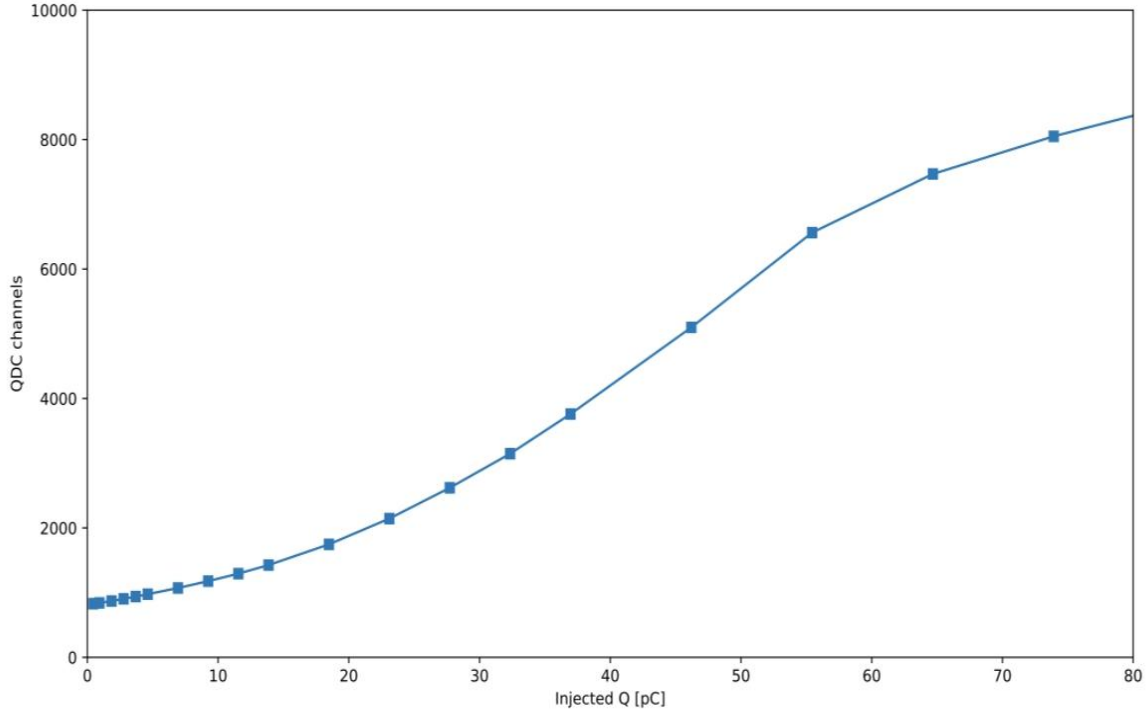
将SiPM连接至读出系统，加压56.75V，完全避光，基线的半高宽为0.92mV；

系统动态范围

- 调整芯片内部前放的增益会改变芯片的动态范围；
- 随着注入电荷量增大，输出开始饱和，增益设置越小整体动态范围区间越大；
- 增益的改变对低电荷量下的线性影响较小，但是较小的增益会影响分辨能力。

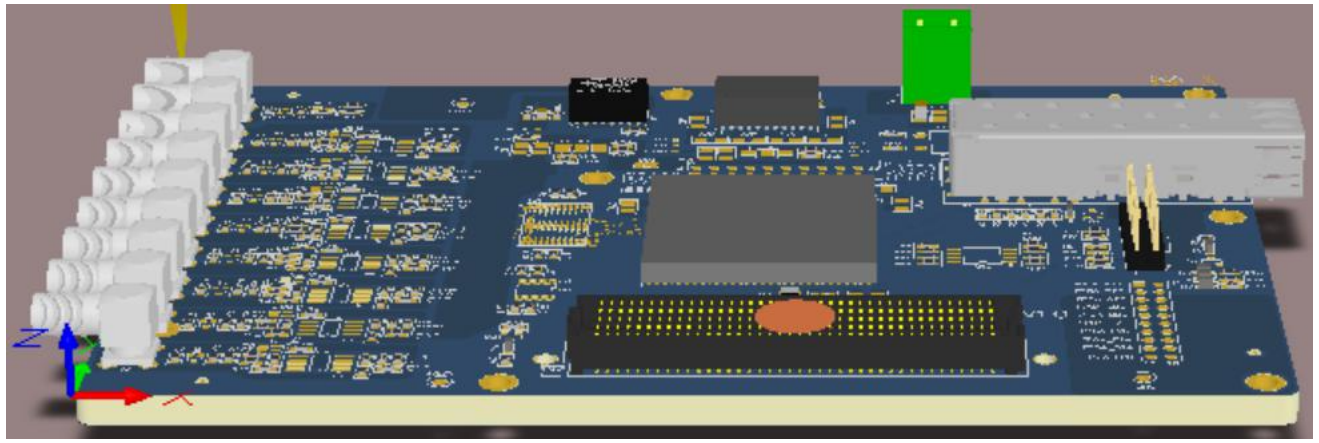


增益46.15V/V



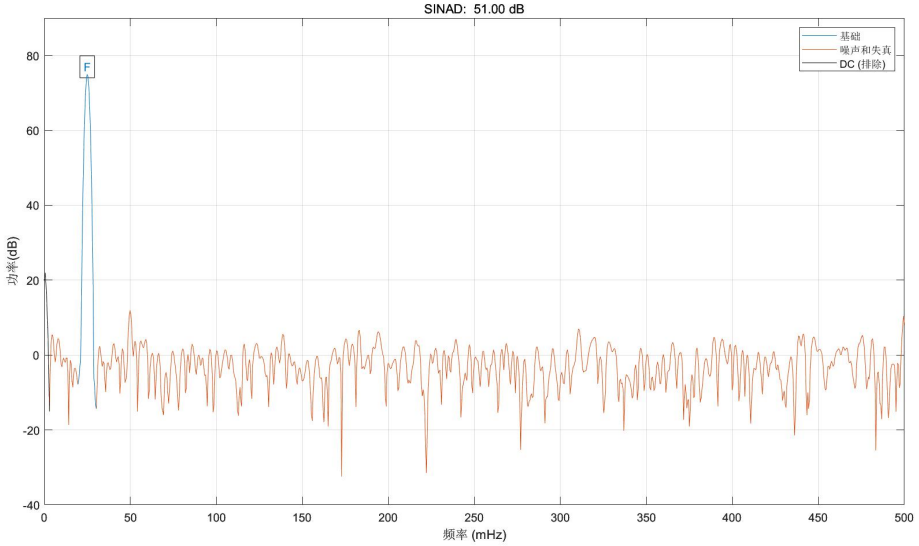
增益20V/V

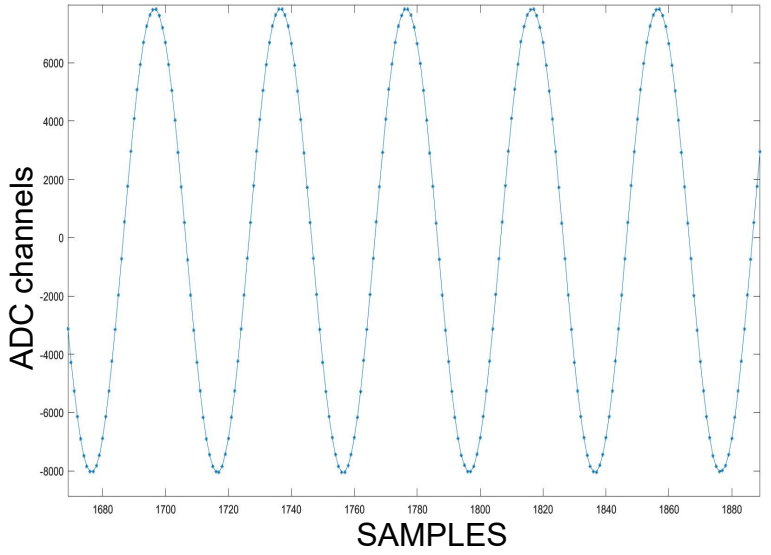
ADC母板

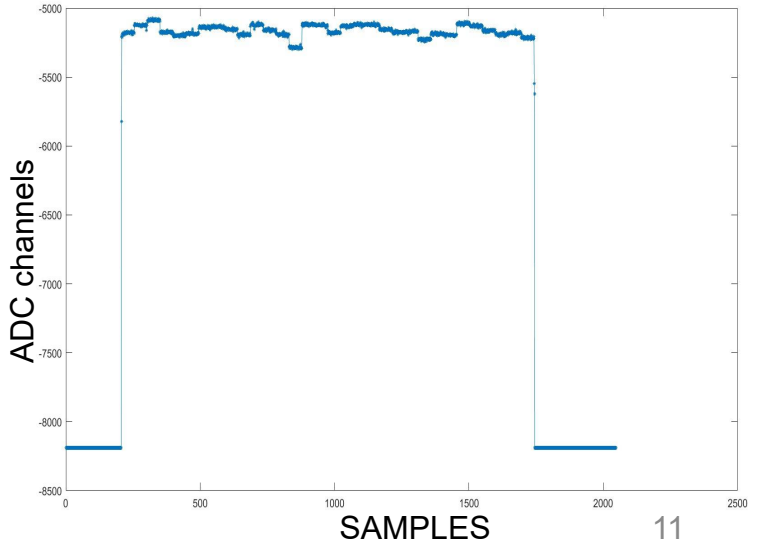


ADS52J90（parameter）	value
Channels（input）	8,16,32
MAX rate	200MSPS (10bit)
Resolution	10, 12, 14bit
Interfacing	LVDS, JESD204B
SNR	61, 70, 73.5dBFS (10,12,14bit)

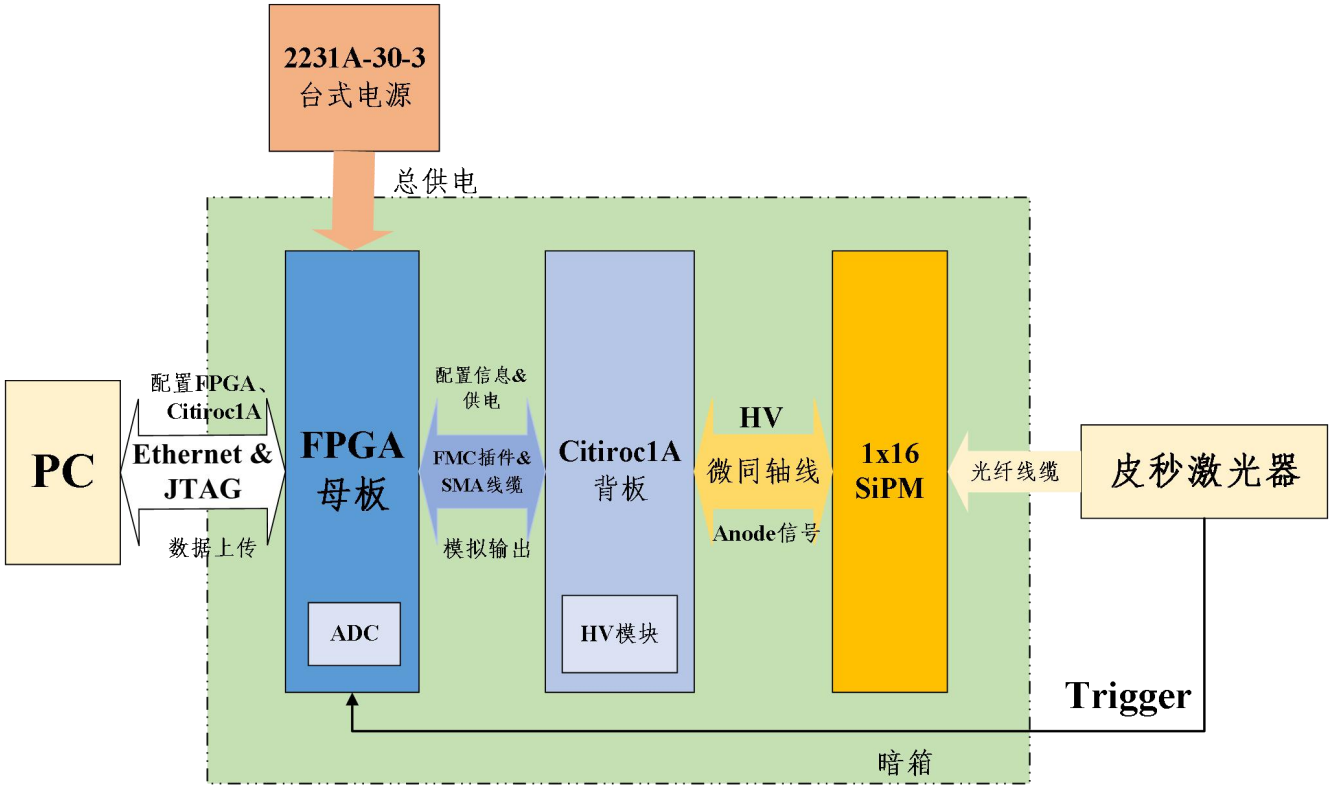
- 40MSPS，ENOB=8.0；ADC动态范围2V_{PP}(调整至0.8V至 2.8V)
- SFP+，离线处理数据





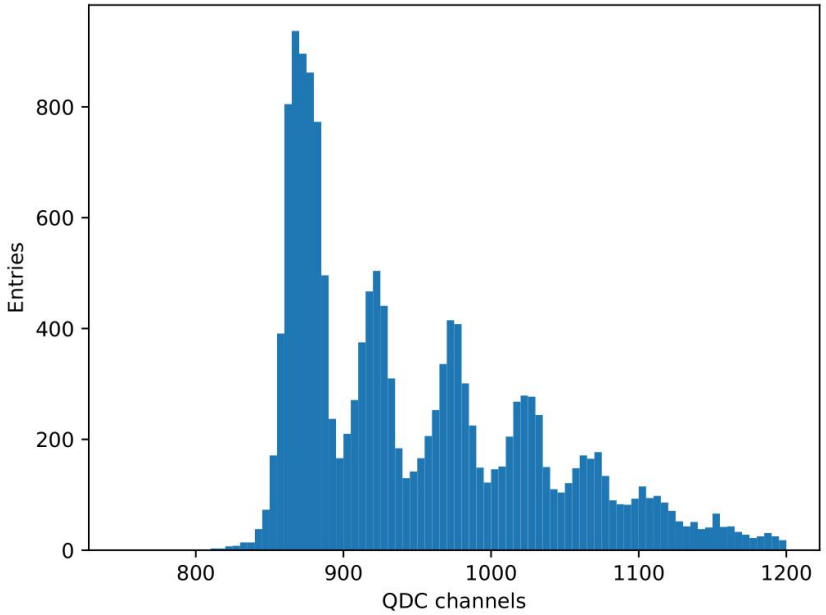


SiPM联合测试



测试环境

- 增益=46.15V/V
- 40MSPS
- 事例率=50Hz
- ENOB=8.0
- HV=56.75V



能谱

总结与展望

◆ 总结：

- 已实现前端读出系统的功能，验证了其性能符合需求。

◆ 计划：

- 针对噪声进一步优化；
- 增加Citiroc1A芯片个数实现更多读出通道的设计。

谢谢大家，敬请指正！

BACKUP

Detector Read-Out	SiPM, SiPM array
Number of Channels	32
Signal Polarity	Positive
Sensitivity	Trigger on 1/3 of photo-electron
Timing Resolution	Better than 100 ps RMS on single photo-electron
Dynamic Range	0-400 pC i.e. 2500 photo-electrons @ 10^6 SIPM gain
Packaging & Dimension	TQFP 160 – TFBGA353
Power Consumption	225mW – Supply voltage : 3.3V
Inputs	32 voltage inputs with independent SiPM HV adjustments
Outputs	32 trigger outputs 2 multiplexed charge output, 1 multiplexed hit register 2 ASIC trigger output (Trigger OR)
Internal Programmable Features	32 HV adjustment for SiPM (32x8bits), Trigger Threshold Adjustment (10bits), channel by channel gain tuning, 32 Trigger Masks, Trigger Latch, internal temperature sensor