

# PandaX-30T预研 电子学进展

何昶达，上海交通大学  
代表PandaX-30T电子学组  
2021. 08. 17

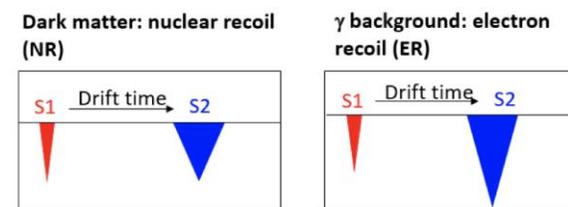
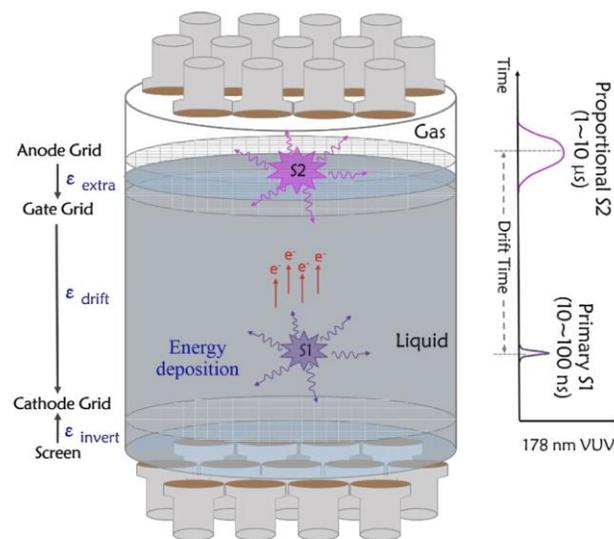
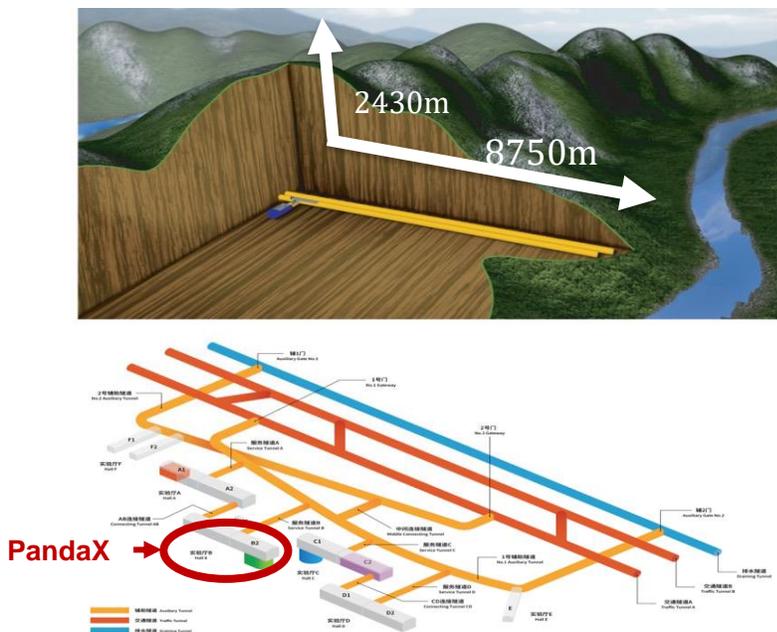
# 提纲

---

- PandaX电子学和DAQ简介
- 李政道研究所平台PandaX-30T预研项目  
电子学和DAQ总体设计
- 波形采集卡 (v3) PandaX-4T现场测试
- 波形采集卡 (v3) 和新PMTs测试
- 总结

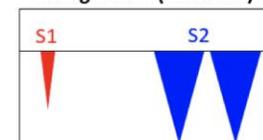
# PandaX液氙暗物质实验

- PandaX是低环境本底的二相氙型暗物质探测实验。位于中国锦屏地下实验室，主要目的是探测WIMPs粒子、无中微子双贝塔衰变等。
- 主要原理是通过WIMPs粒子与氙相互作用产生闪烁光子和电离电子（电场加速后在气氙产生电致发光），通过光电倍增管捕捉两个光信号对其进行分析。



$$(S2/S1)_{NR} \ll (S2/S1)_{ER}$$

Multi-site scattering background (ER or NR)



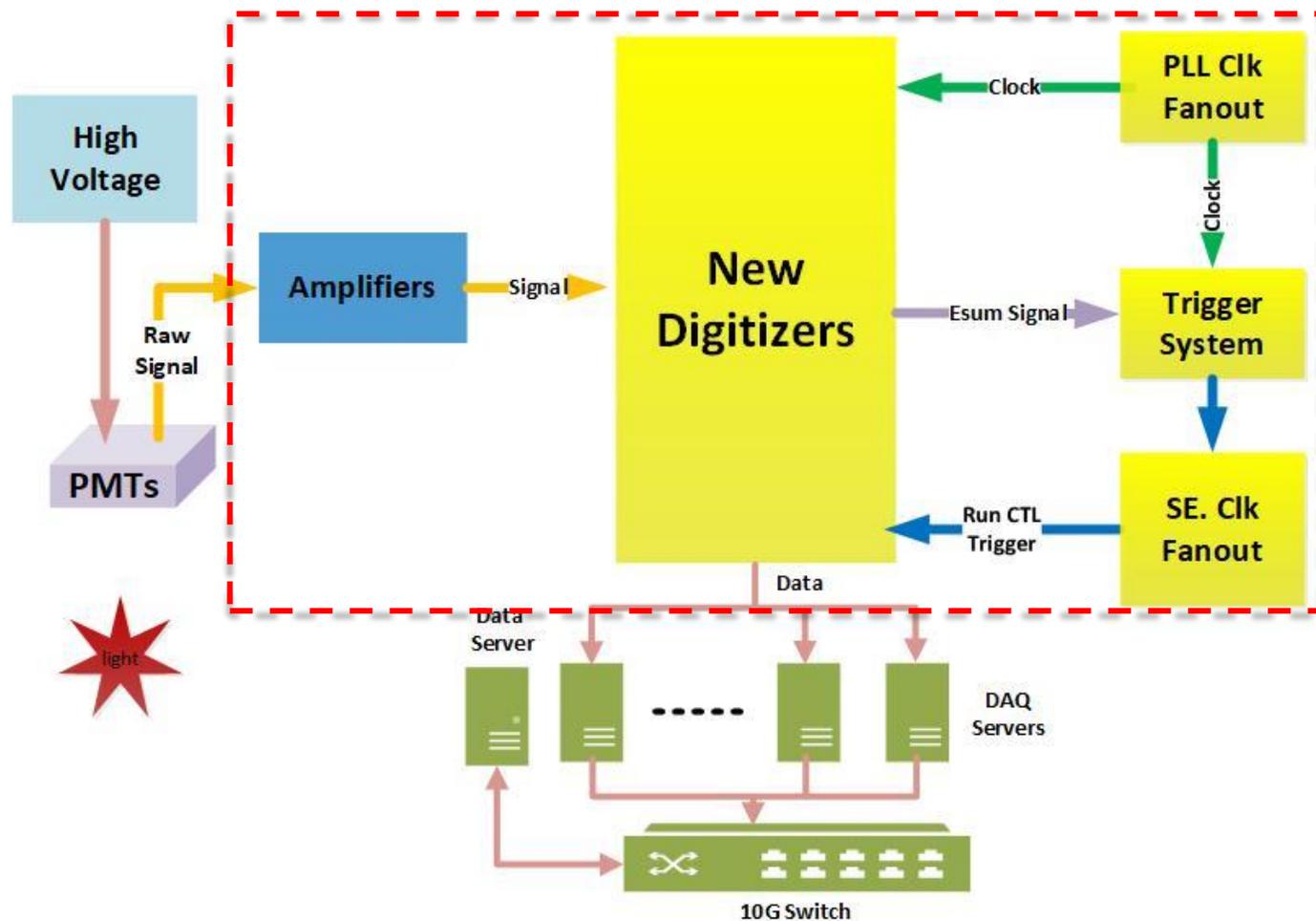
# PandaX暗物质实验 电子学和DAQ的发展

实验	光电管通道	波形采集卡	触发和DAQ	数据传输	优缺点
PandaX-II	183	V1274 (100MS/s)	全局外部触发 (一个窗口采集S1+S2)	菊花链 (70MB/s)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 带宽可控;</li><li>• S2触发阈值对DM探测不利</li></ul>
PandaX-4T	473	V1725 (250MS/s)	无触发读出	并行传输 (>450MB/s)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 无S2触发阈值</li><li>• 带宽要求高</li><li>• 刻度数据电子学 busy 导致丢包</li></ul>

- 较优的电子学系统需要兼顾外部触发和无触发两种触发方式
- V1725无法在同一个外部触发下采集S1+S2信号

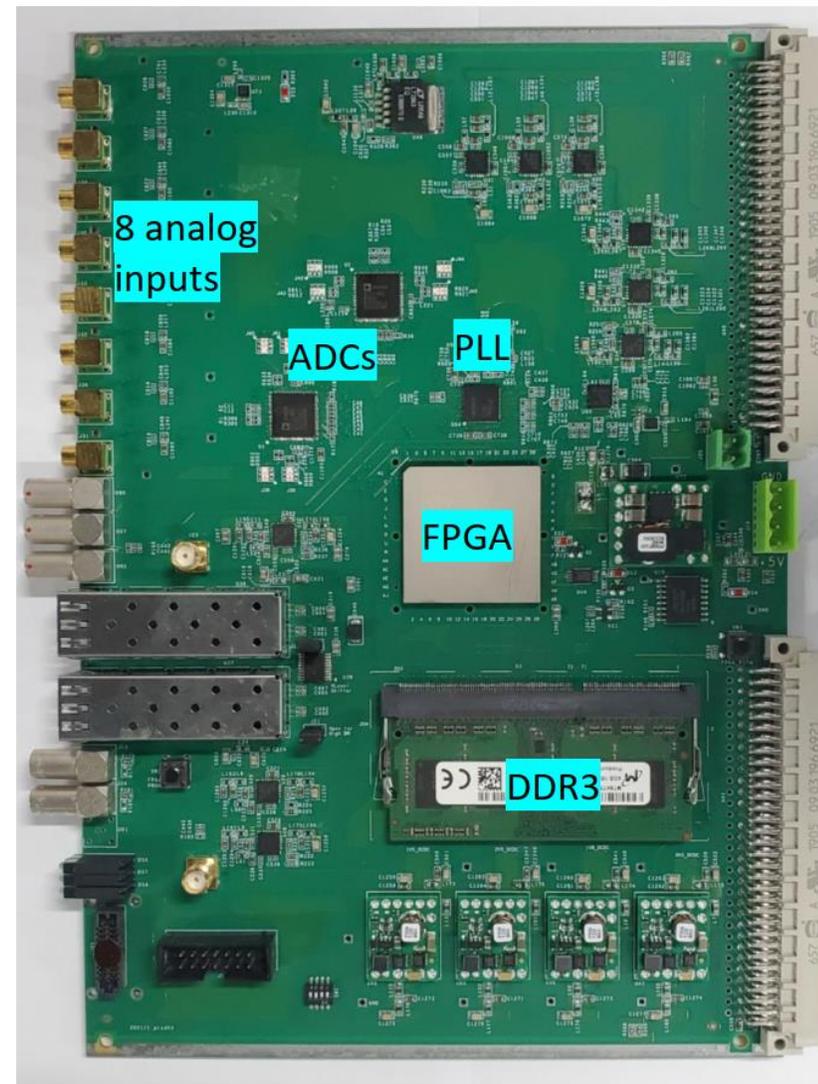
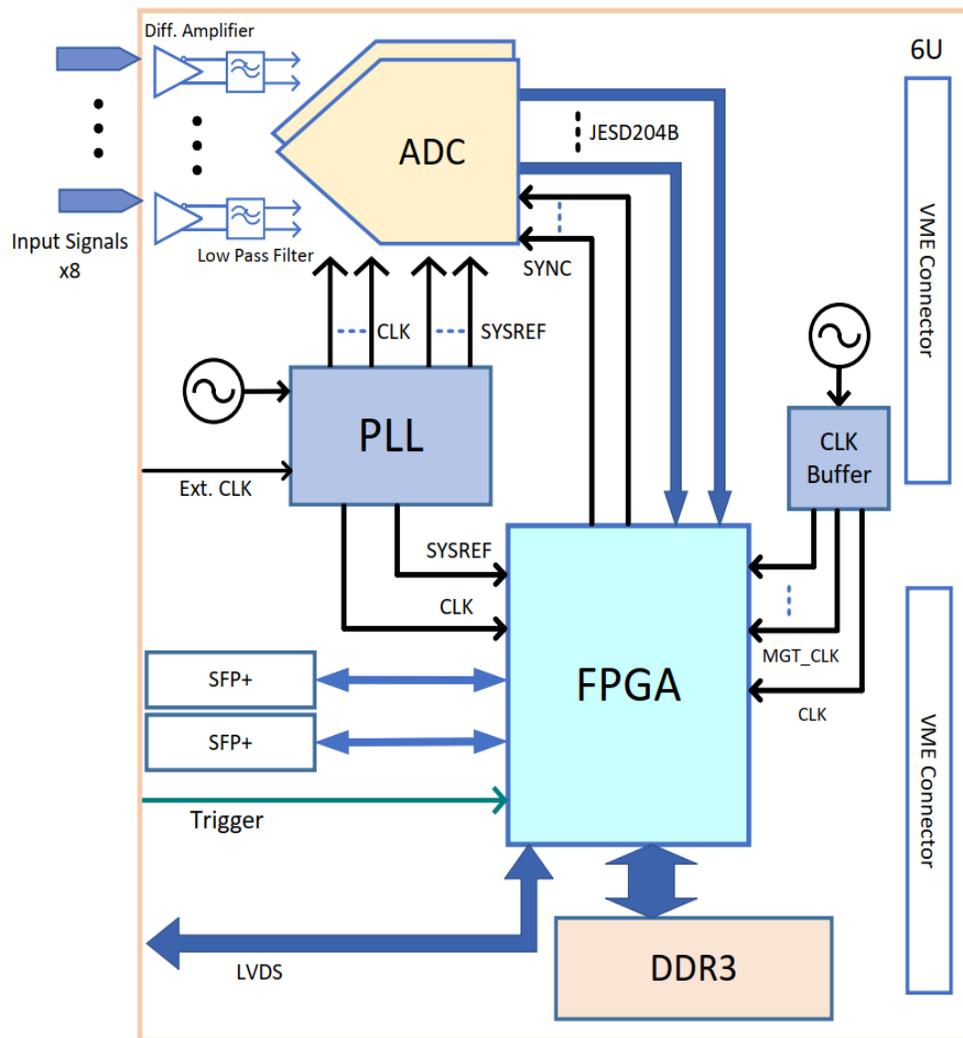
# PandaX-30T预研 电子学+DAQ 总体设计

- 自研电子学设备要支持无触发+外部触发的DAQ采数
- 前放，波形采集卡，时钟分发板，触发板等电子学设备全部自研

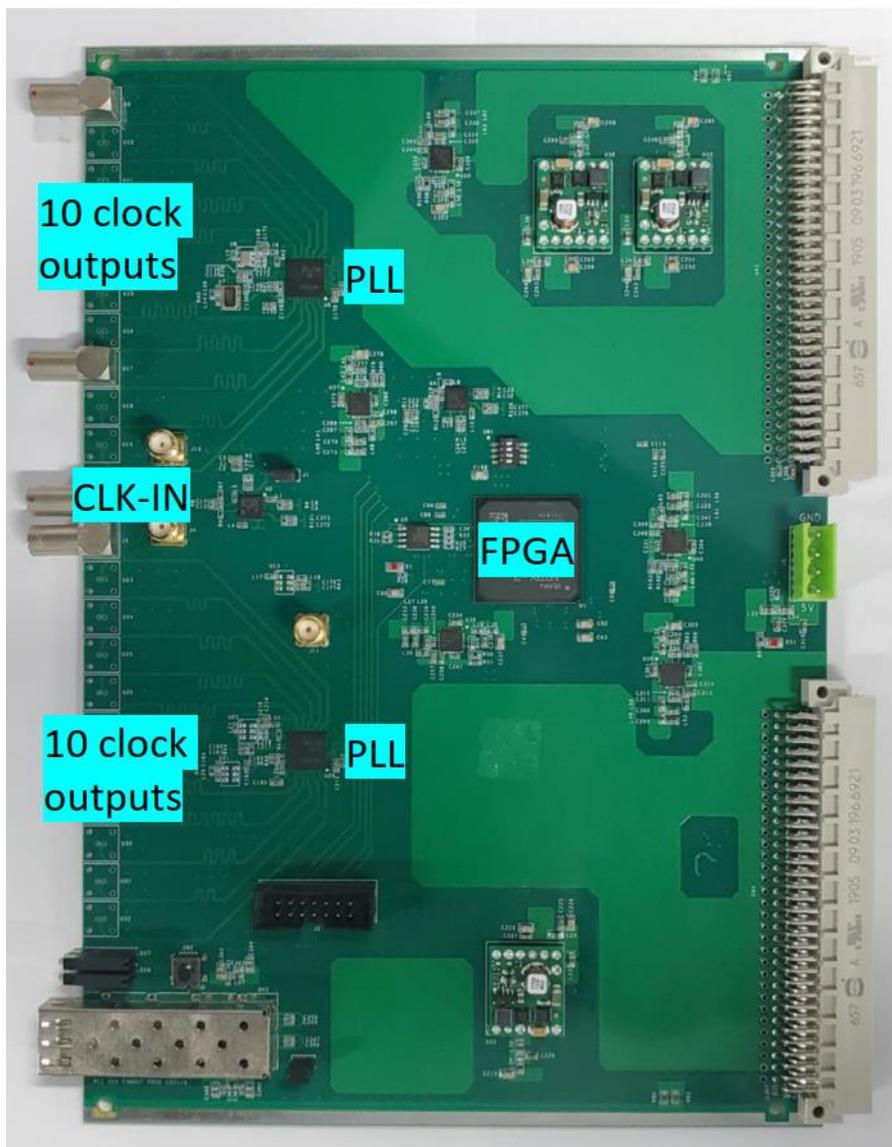


# 波形采集卡 (第三版)

- 6U vme标准插件, 8通道, 500MS/s, 14bit
- DDR3可以缓存较长的波形
- 双光口: 向DAQ传输数据; 向触发系统传输实时波形



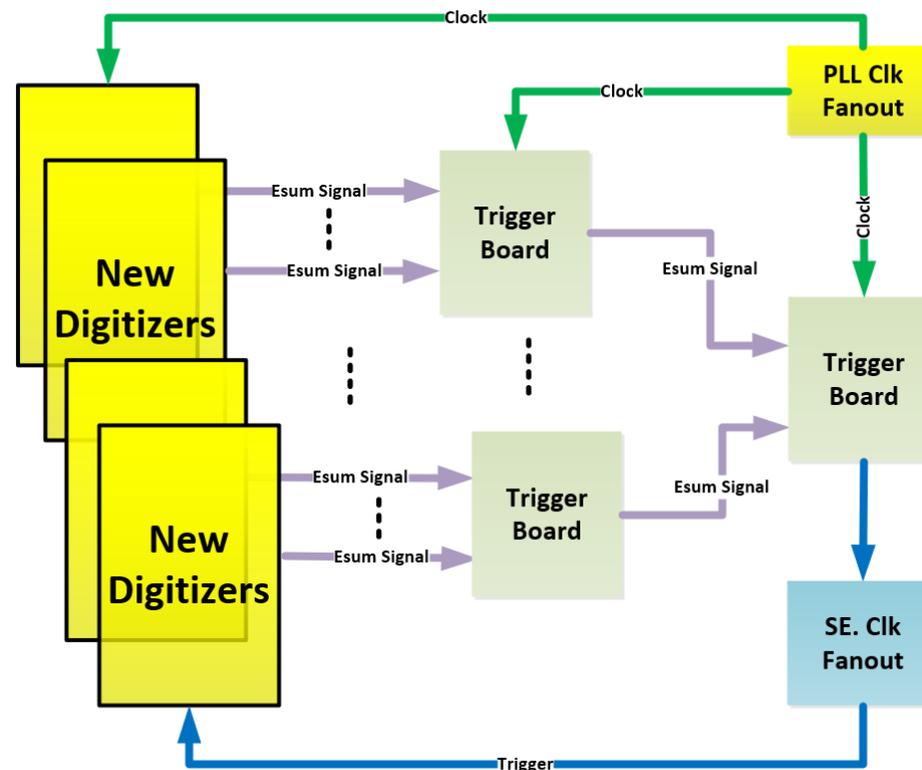
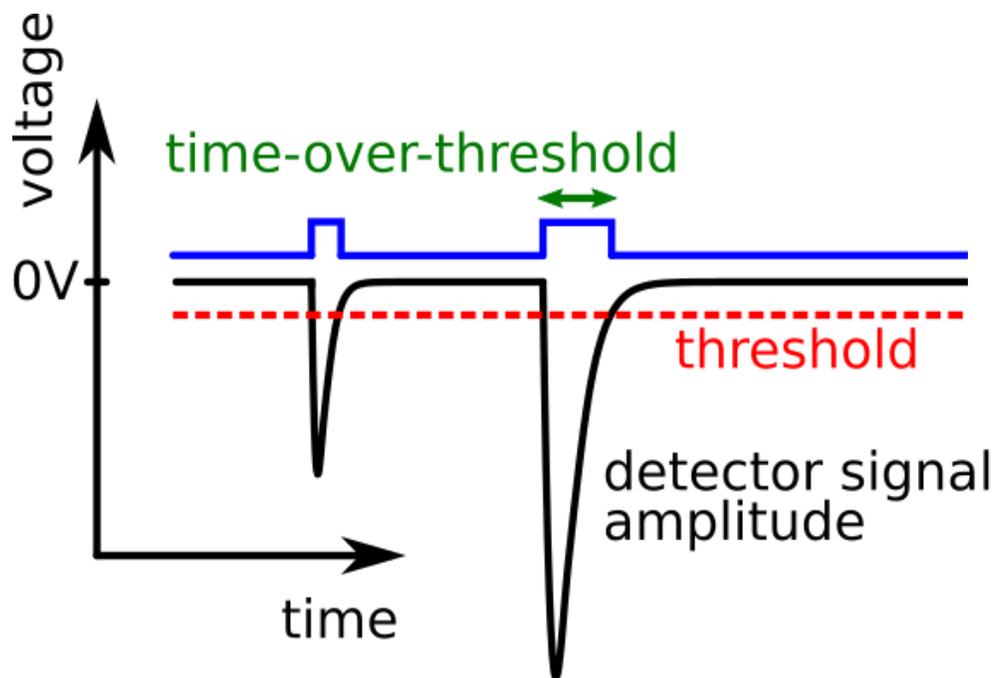
# 锁相环(PLL)时钟分发板



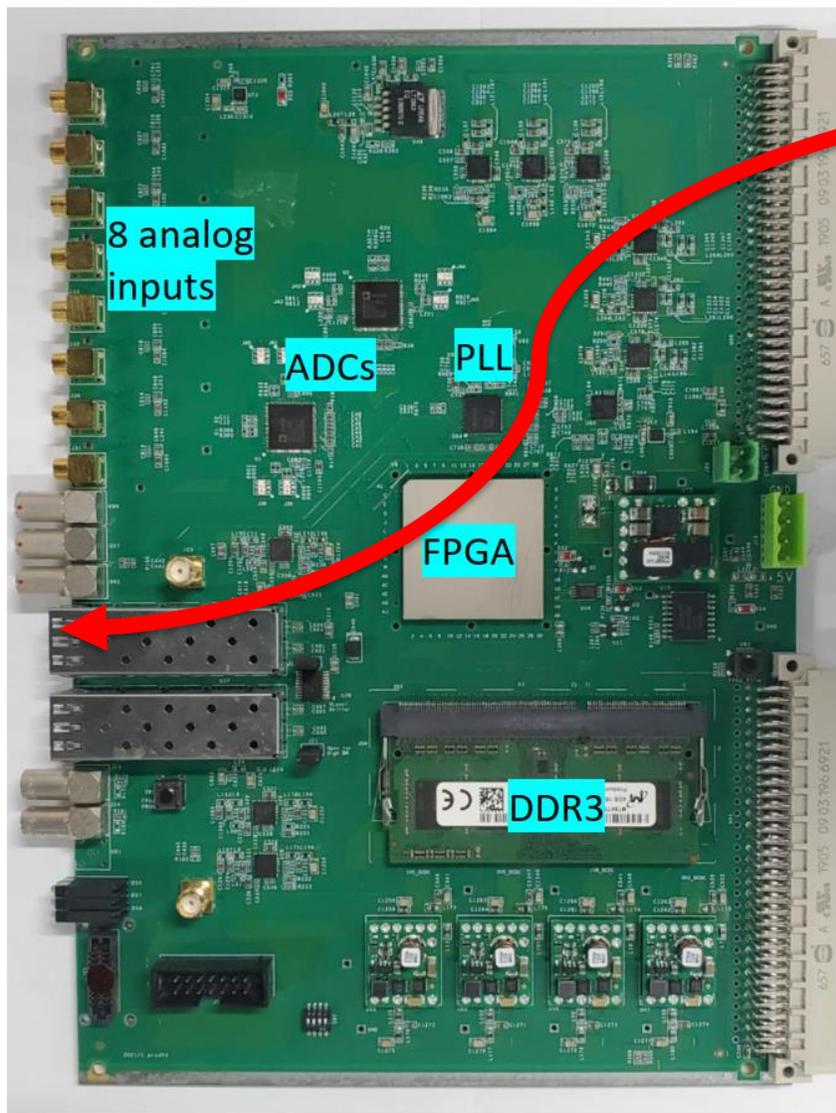
- 给波形采集卡的PLL芯片提供同步时钟信号
- 确保板间时钟同步
- 最多20路输出，可以级联

# 触发系统总体设计

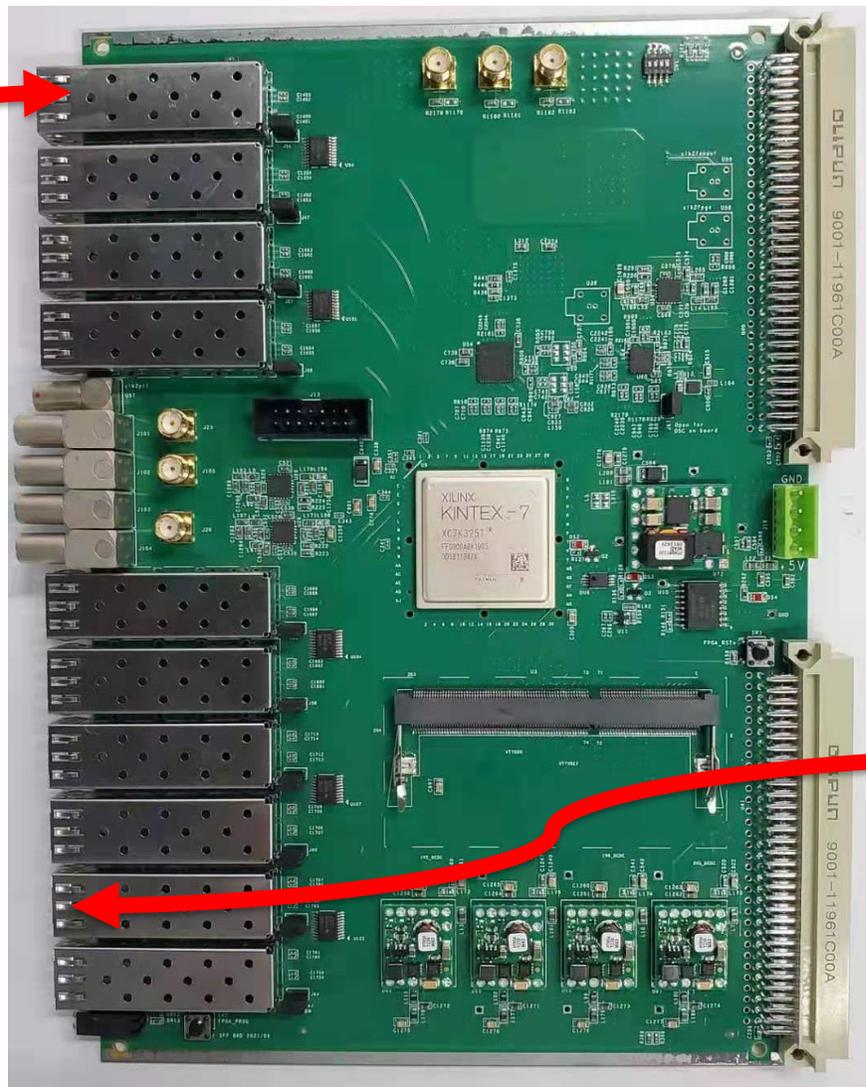
- PandaX-II外部触发采用ToT信号加和，丢失了波形幅度信息
- 新的触发系统采用实时波形相加，保留了波形信息



# 触发板：接受8个Digitizer的Esum 波形，再级联输出

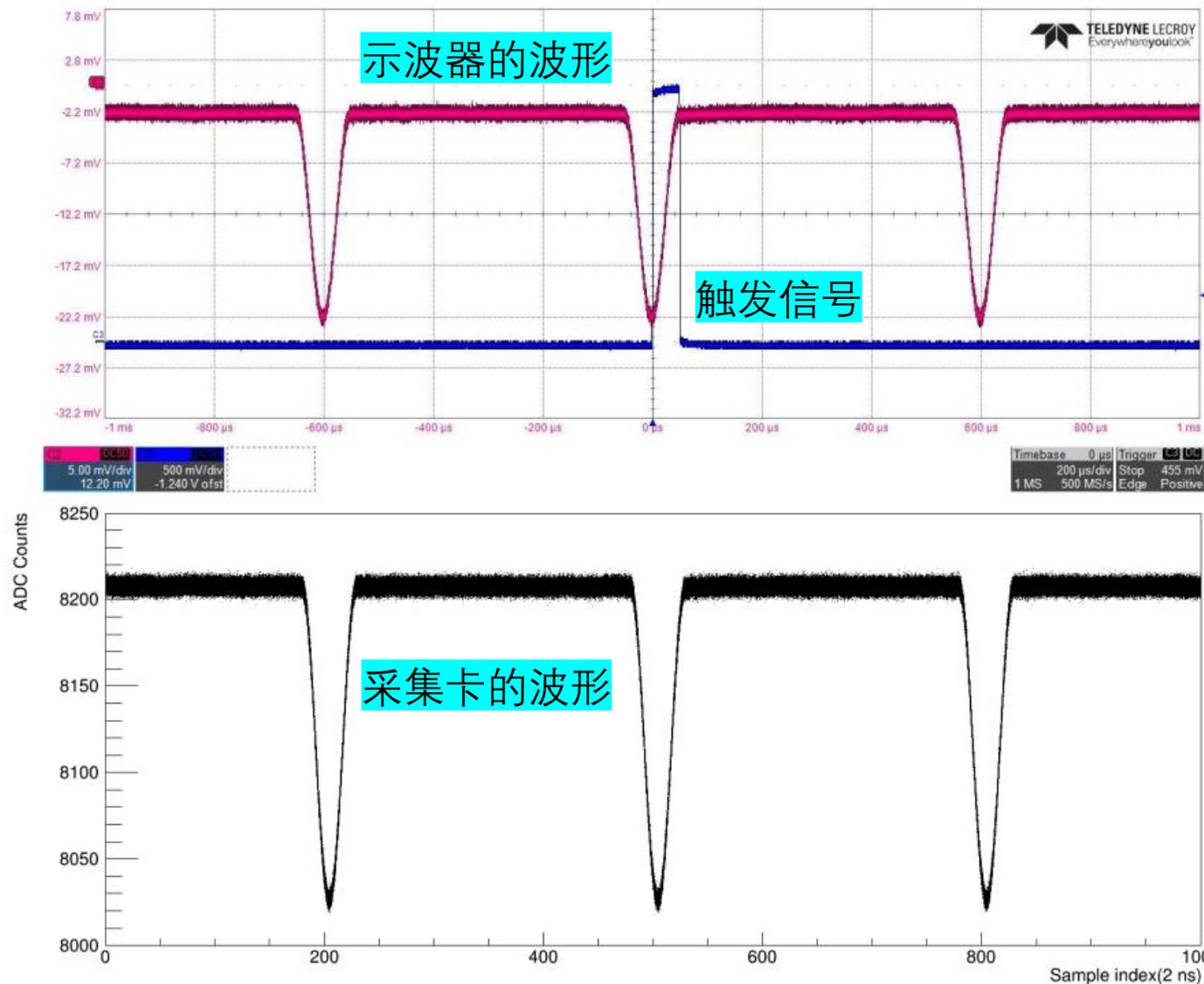


$\sum$  Data



下一级  
触发板

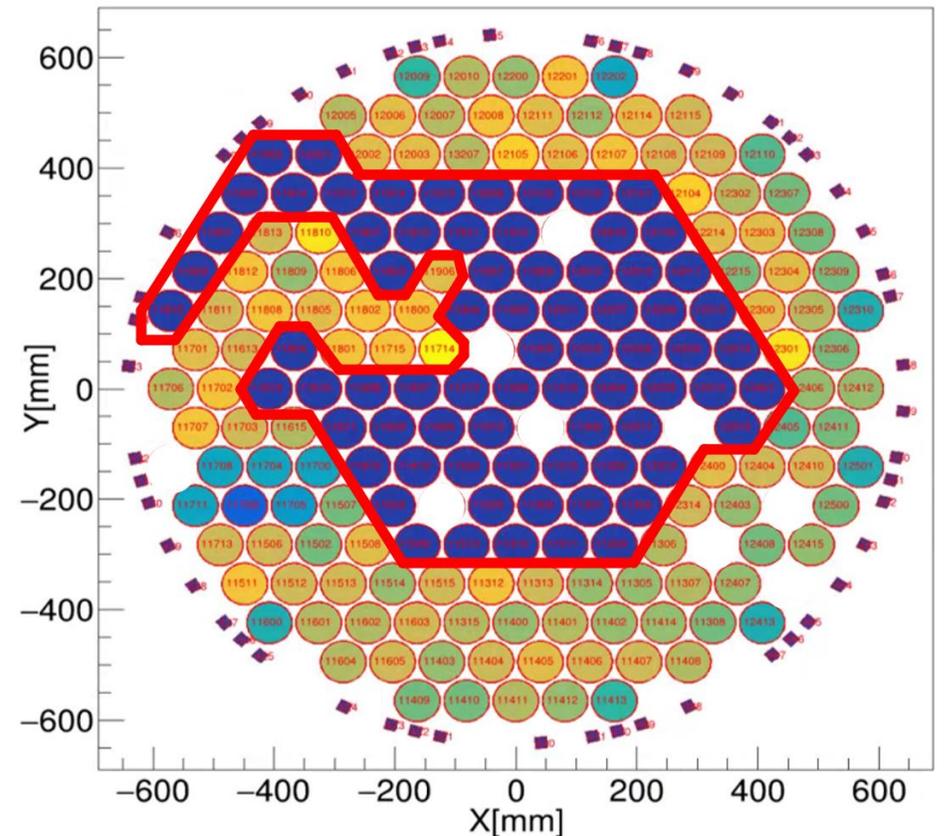
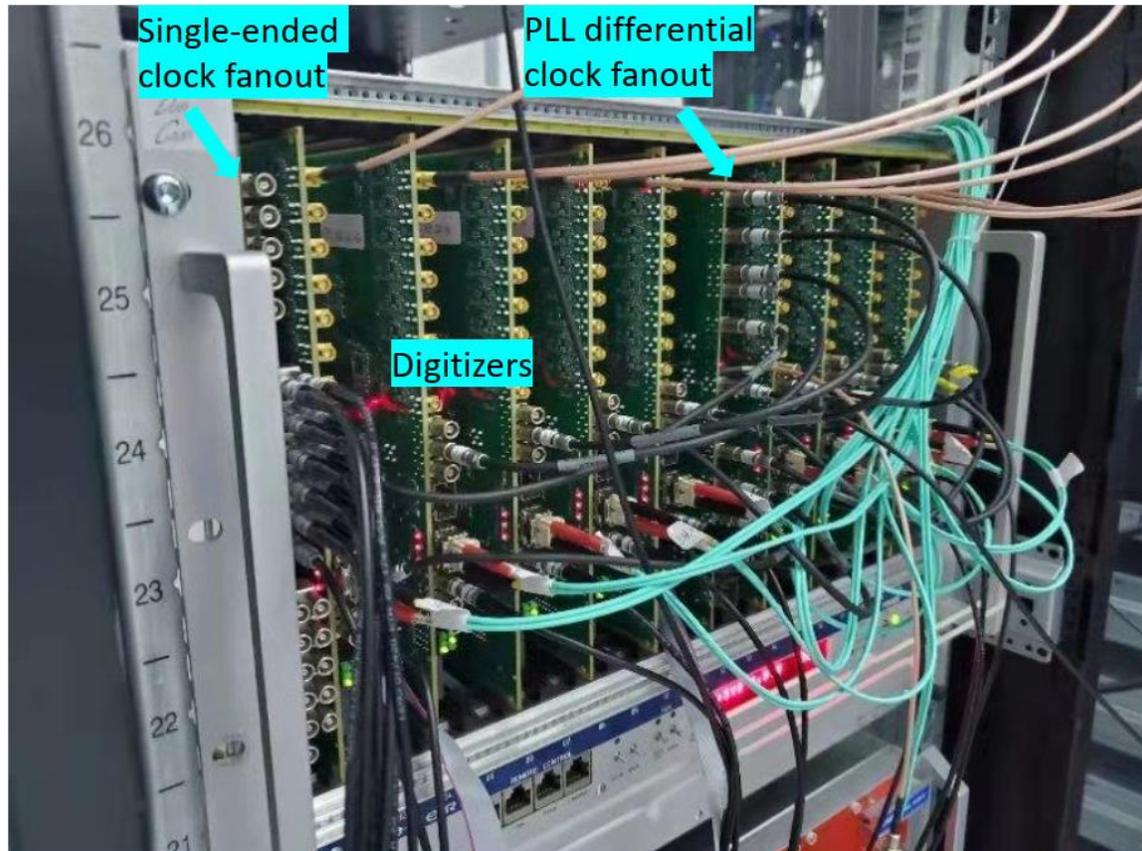
# 验证外部触发读出，2ms 长波形全读出



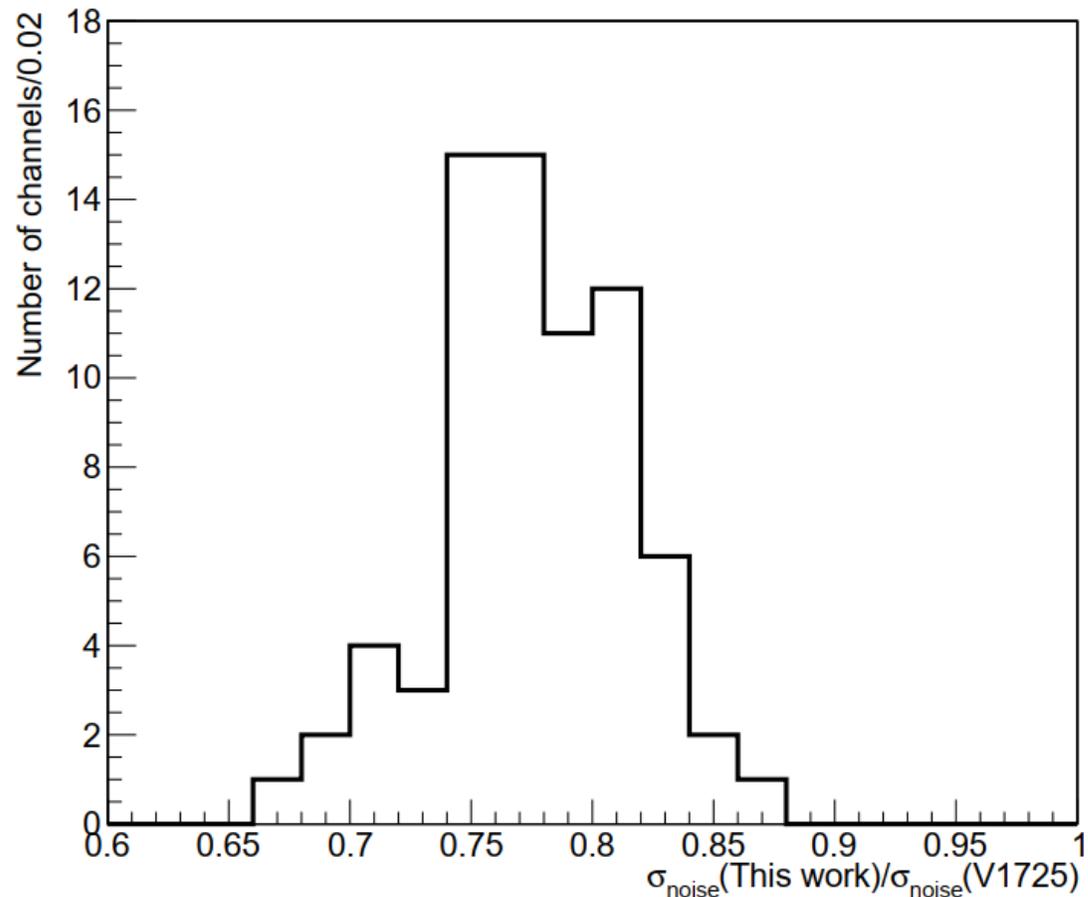
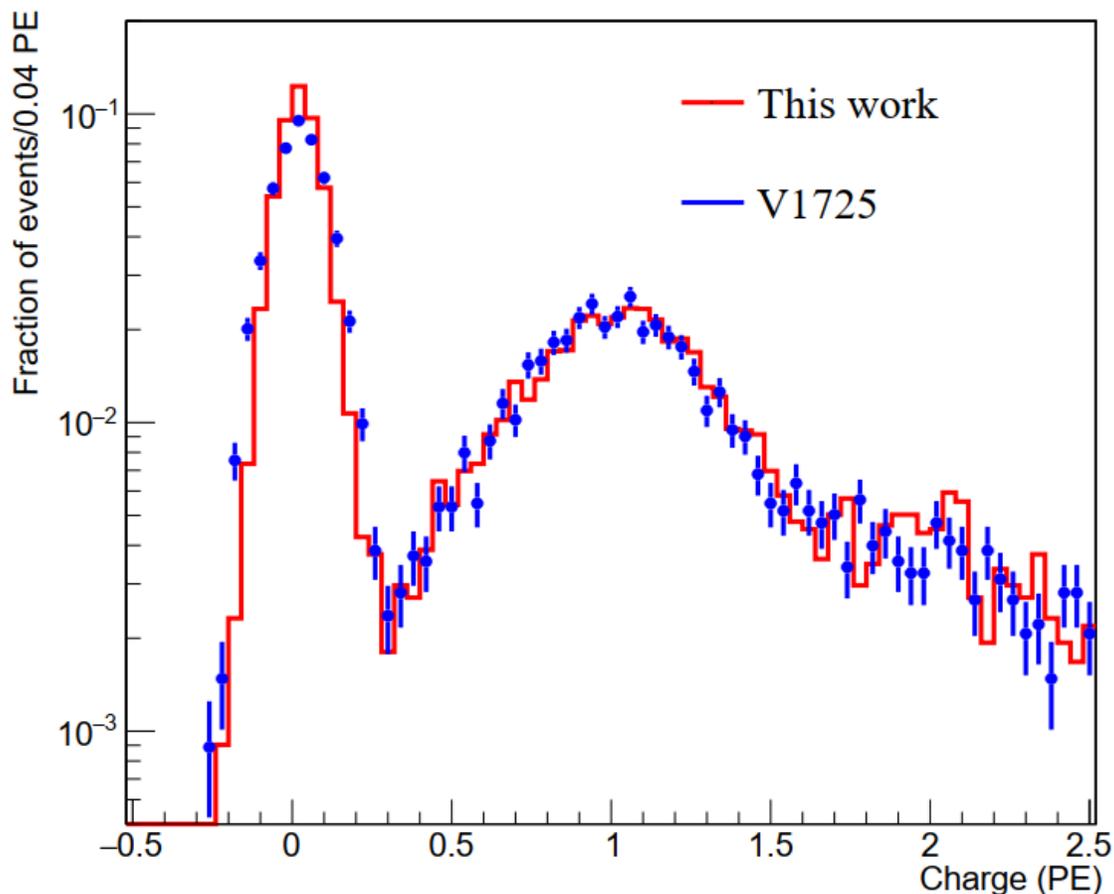
- 实现了大容量DDR3的的实时缓存和读取
- 从原理上验证了每个外部触发信号，可以读出完整的S1+S2信号
- 最终数据测试需要在PandaX-4T实验上和触发板一起验证

# 验证无触发读出

- 2021年6月在PandaX-4T上搭建了一套8x9通道的电子学系统
- 连接72个Bottom PMTs (红线内)
- 采集了光刻度, 以及放入Pu-C 中子源后的本底run数据



# 单光子刻度数据，新采集卡和V1725的比较

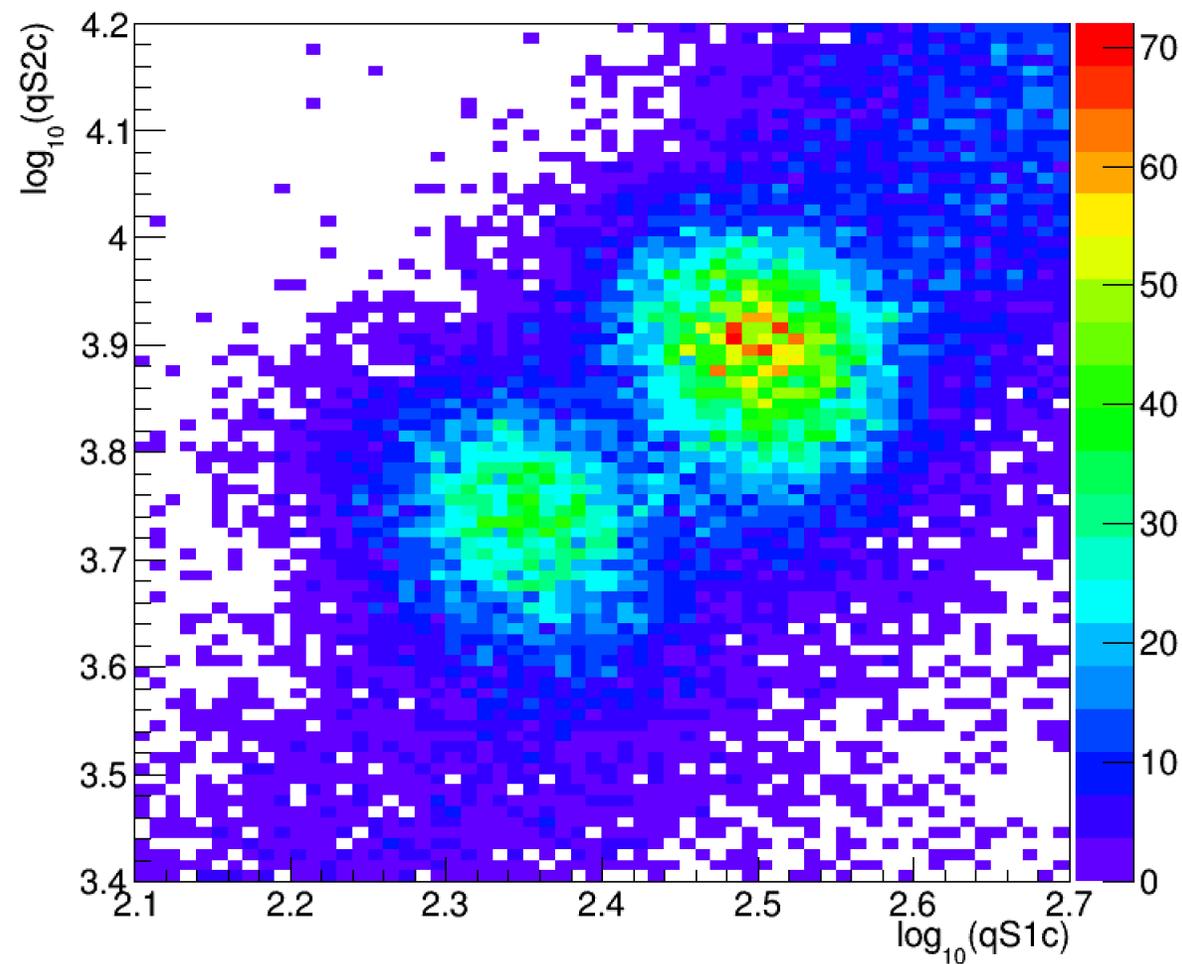
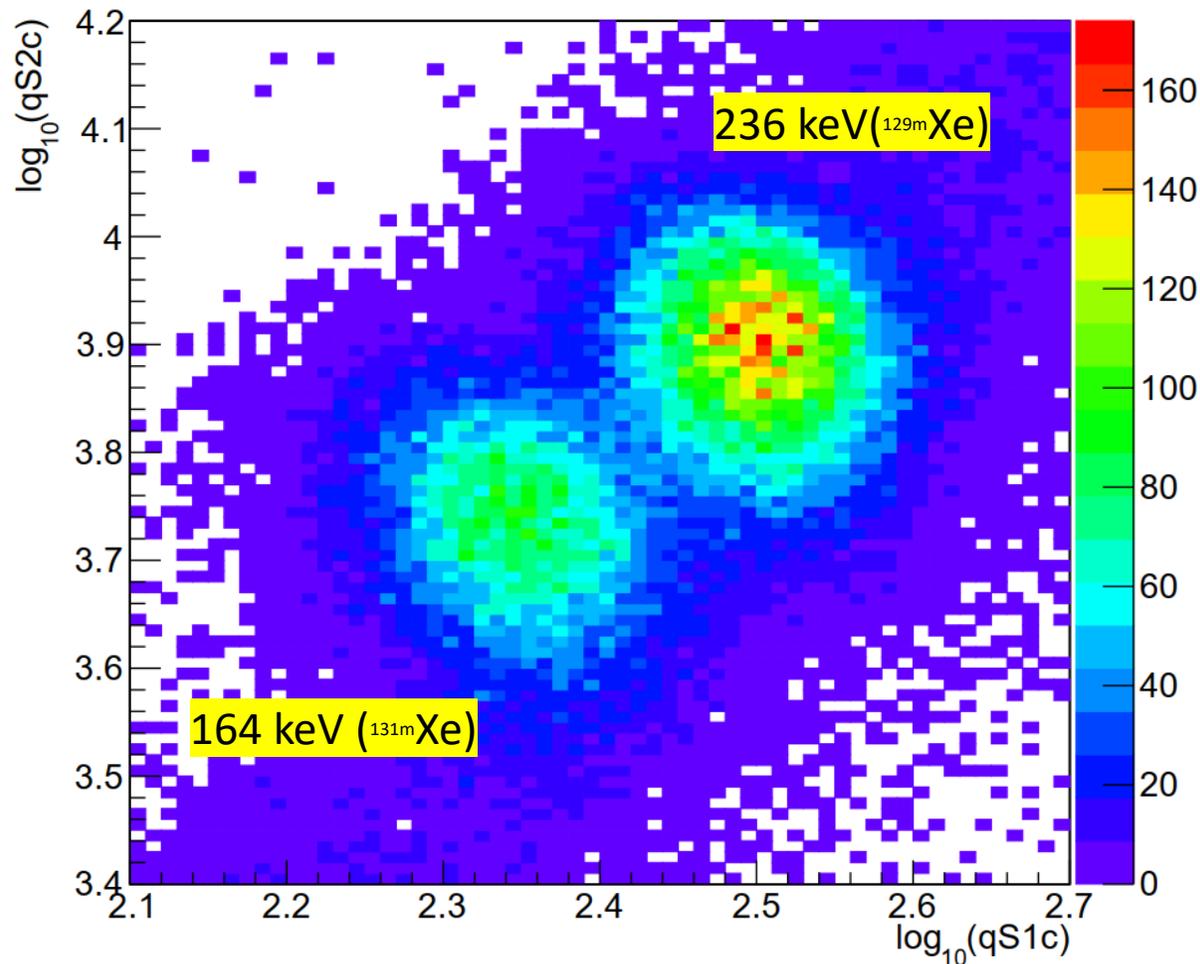


- 单光子峰基本没有影响（主要受光电管增益波动影响）
- 基线噪声降低23%（信噪比提升30%）

# 相互验证: 不同run,和相同位置PMT的V1725比较

$\tau = 518 \text{ us}; \text{ run } 2021/6/10$

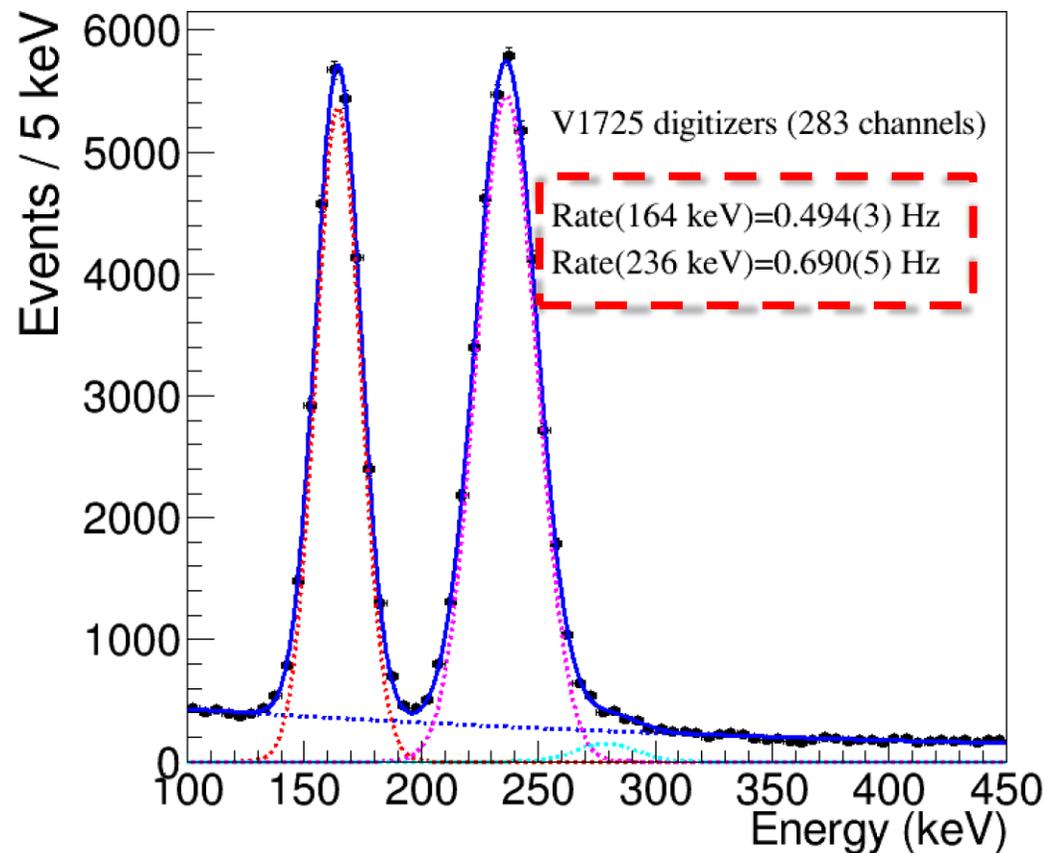
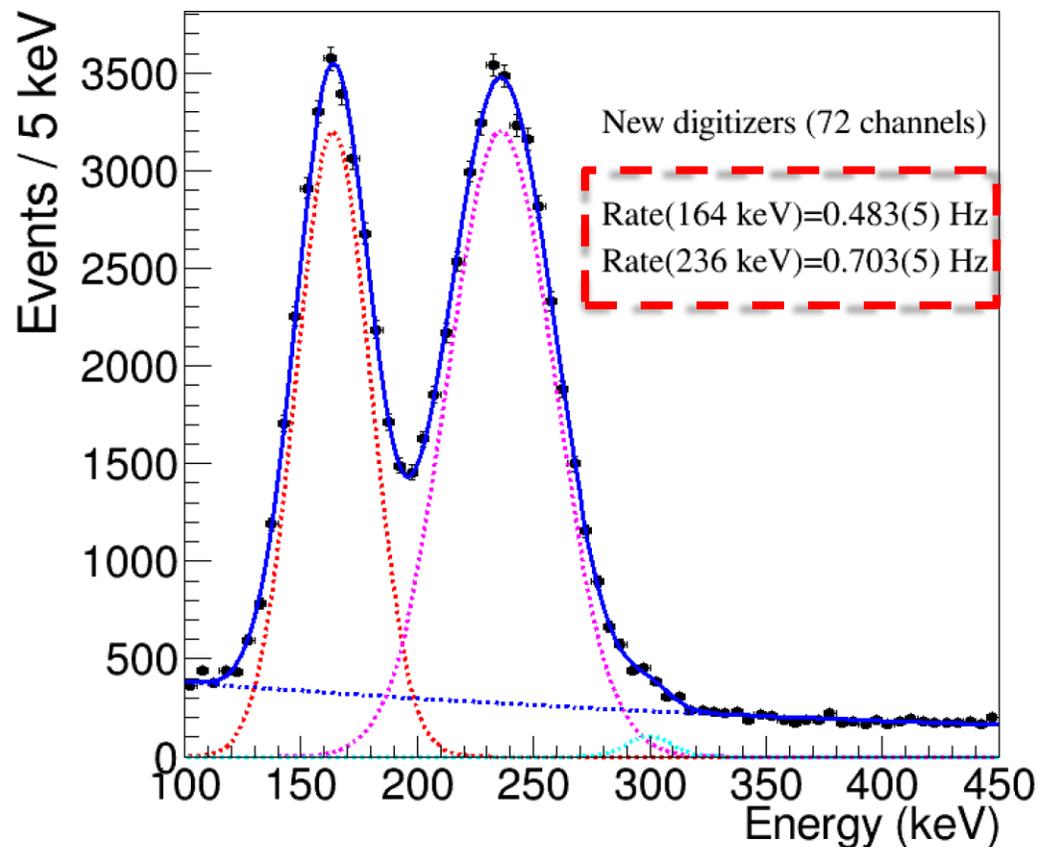
$\tau = 1250 \text{ us}; \text{ run } 3661, 2021/3/11$



新Digitizers (72通道)

V1725 Digitizers (相同72通道)

# 相互验证：同一个Run，和V1725的结果比较



- 测量到164keV和236keV事例率一致
- 相互验证了两套独立的电子学系统

# PandaX-30T预研，光电倍增管+电子学联调

- 与PandaX-4T实验中使用的3英寸光电倍增管相比，具有更小的放射性水平。
- 每个新的PMT由4个1英寸PMT阵列组成，可以提供更好的光接收覆盖率，更有利于位置测量
- PandaX-30T预研将实现1400通道的光电管阵列



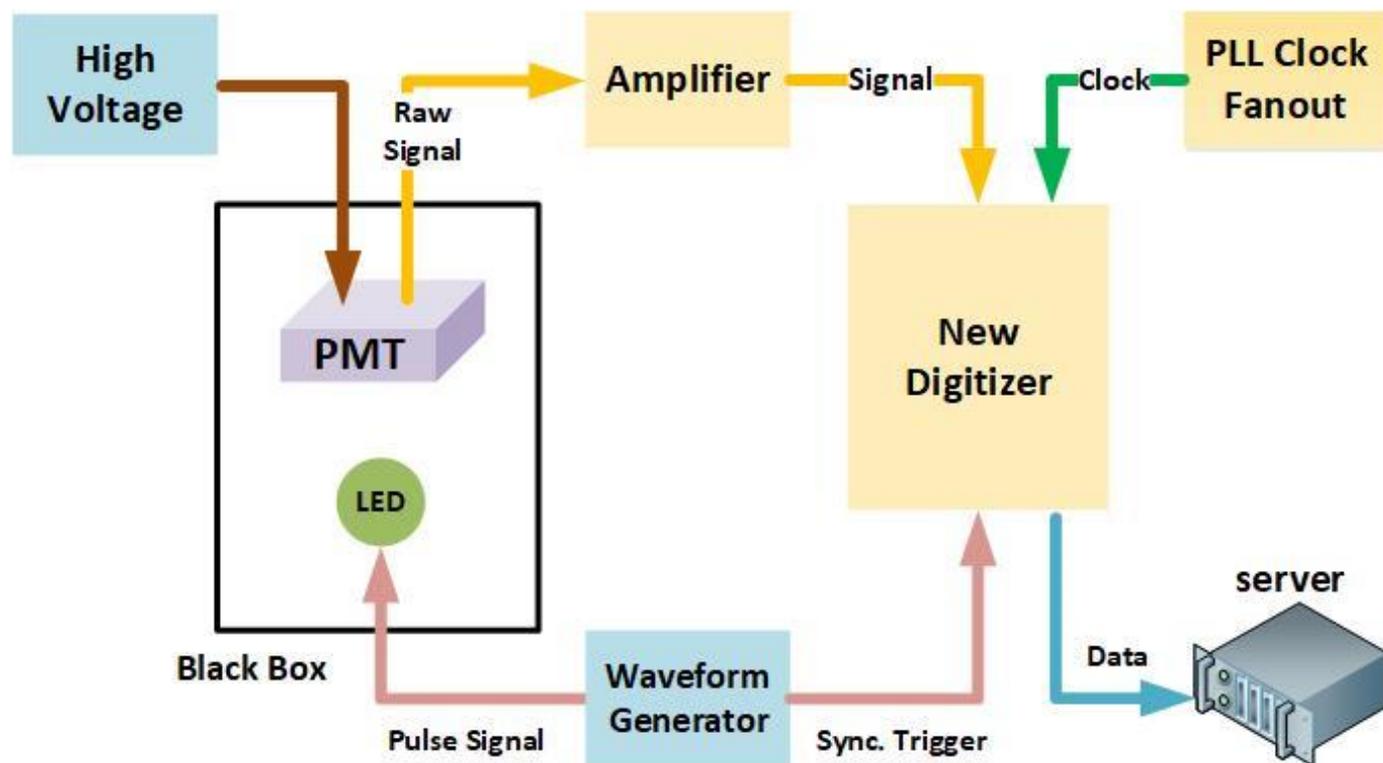
PandaX-4T 3-inch PMT



PandaX-30T R&D 2-inch PMT

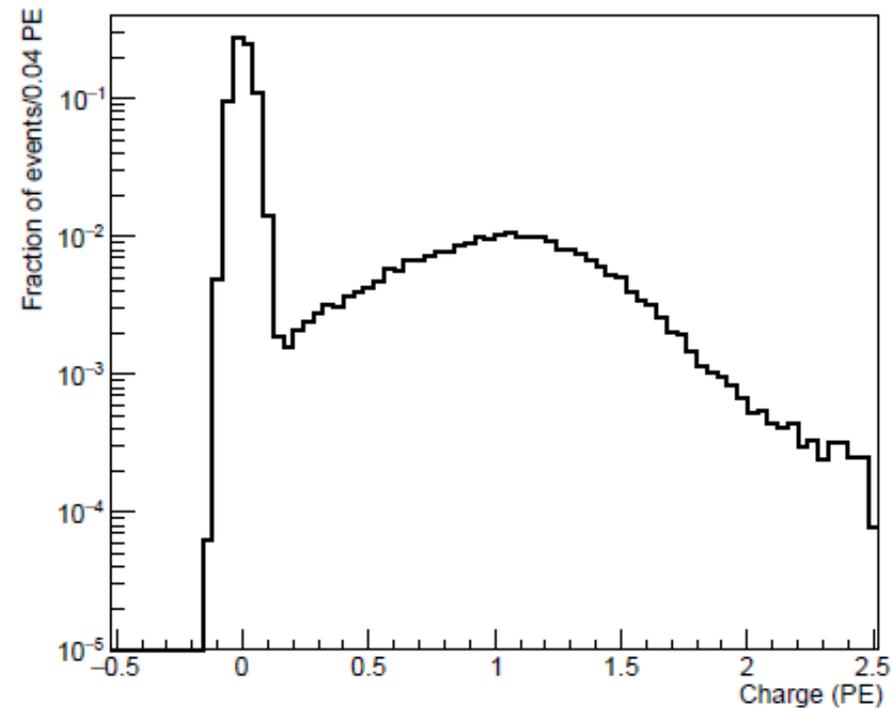
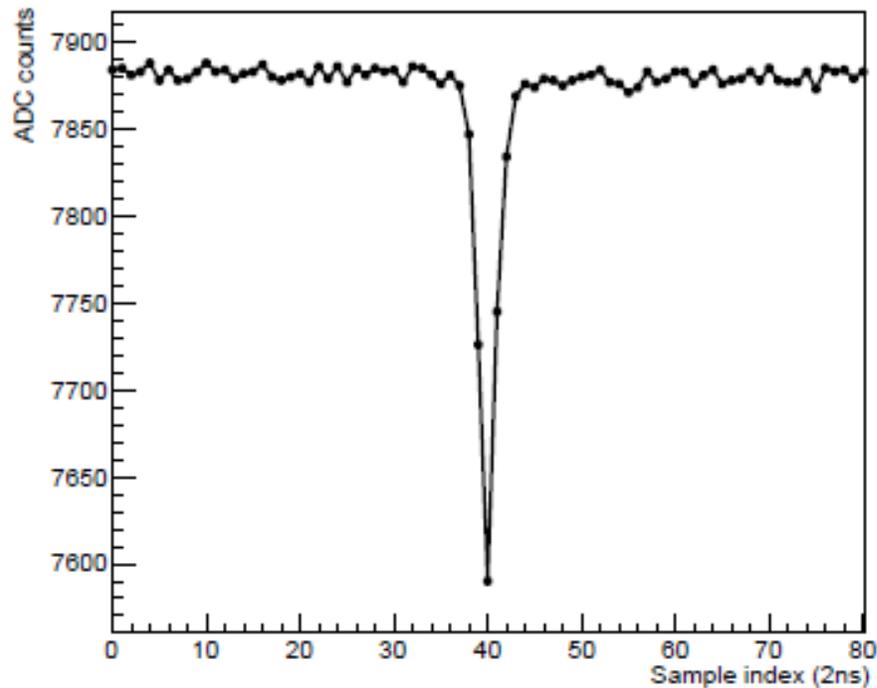
# 联合测试 新PMT (R12699-406)+新波形采集卡

- 新PMT的测试环境如图，采用外触发方式采集LED单光字信号
- PMT信号经过4倍放大器放大后输入到波形采集卡



# 测量新PMT单光子信号

- 单光子信号宽度约 10–15ns (PandaX-4T 3英寸PMT约为20–30 ns)
- 2个新PMT (8通道) 平均单光子峰宽度为39%，比PandaX-4T中的3英寸PMT高出30%



# 总结和计划

---

- 为PandaX-30T预研项目，研发了初步完整的电子学系统
  - 整个系统兼顾外部触发，以及无触发读出，满足不同的实验需要
  - PandaX-4T验证了8通道 500 MS/s 波形采集卡 (v3)的无触发读出, 结果和V1725商业插件一致
  - 基于PLL芯片的时钟分发板
  - 触发板
- 计划更新PandaX-4T实验上的电子学系统+触发系统
- 更加真实的条件下进一步联合测试新的PMT+新波形采集卡 (feedthroughs, long cables), 最终实现1400通道 电子学+ DAQ的系统

# 致谢

---

- 感谢中科大电子学团队（安琪，刘树彬，封常青，沈仲弢，王淑文等）在波形采集卡开发以及测试上的支持！
- 感谢PandaX团队的支持，邬维浩在电子学上的讨论，黄周，马文博等在数据分析上的协助！