

基于神经网络的高时间分辨 ECAL 读出电子学研究

Thursday, August 11, 2022 11:25 AM (15 minutes)

俄罗斯重离子对撞机 NICA 上的多功能探测器 (Multi Purpose Detector, MPD) 实验是中俄重大合作项目。清华大学工程物理系与国内几所高校基本完成了该实验中电磁量能器 (Electromagnetic Calorimeter, ECAL) 第一阶段的批量生产, 并开展了针对 ECAL 下一代高时间分辨读出电子学的研究工作。在不改变硅光电倍增管 (SiPM) 和波形采样读出方案的情况下, 为了降低功耗, 并改善该系统的时间分辨能力, 我们着手开发由大动态范围模拟前放、高采样率模数转换器 (ADC) 以及神经网络特征提取电路构成的读出电子学系统, 用于 ECAL 下一阶段的升级。先期进行了各个组件的设计, 以及神经网络特征提取算法的验证。在仿真研究的基础上, 我们设计了基于分立器件的前放电路板, 通过激光注入测试了电子学系统的本征时间分辨; 同时, 我们设计了两档模拟集成电路前放, 高增益档和低增益档分别对高时间分辨和大动态范围进行了优化。为了有效处理 ADC 采样波形, 神经网络特征提取电路采用了片上系统的结构, 网络运算加速器作为一个外设挂载在 CPU 总线下。针对该片上系统, 我们进行了软/硬件协同设计和功能仿真, 并在 FPGA 平台上对读出系统的原型进行了验证。初步分析结果表明, 该系统能以较低的功耗达到项目时间分辨要求, 并且基于神经网络的方案具有更好的适配性和扩展潜力。

Summary

在本报告中, 我们首先介绍 ECAL 的项目背景, 和现有读出电子学的情况; 接着, 讨论了基于高速 ADC 和神经网络的读出电子学方案, 以及相关的软件模拟、实验数据分析工作和硬件系统的规划; 然后, 介绍各个组件的研究进展, 包括前放的测试等; 特别地, 针对神经网络特征提取, 分析了从算法到数字逻辑的实现流程, 以及 FPGA 系统的验证情况。

Primary authors: Dr 邓, 智 (清华大学); 艾, 鹏程 (清华大学)

Co-authors: Prof. WANG, Yi (Tsinghua University); Mr 郎, 子健 (清华大学); Mr 李, 昱磊 (清华大学); Mr 冉, 鑫驰 (清华大学)

Presenter: 艾, 鹏程 (清华大学)

Session Classification: Parallel Session VIII (5): Particle Detector Technology

Track Classification: 粒子物理实验技术