

基于 ROACH2 的数据采集终端设计

基于 ROACH2 的数据采集终端设计

张来宇¹, 李正伟¹, 廖国福^{1,2}, 师昊礼¹, 段然³, 张馨心³

1. 中国科学院高能物理研究所, 2. 中国科学院大学, 3. 中国科学院国家天文台

摘要: 微波动态电感探测器 (Microwave Kinetic Inductance Detectors, MKID) 是一种基于超导材料的低温探测器, 可应用于光学、X 射线等波段的光子探测读取、暗物质的探测、单光子计数以及天线耦合等众多研究领域; 在亚毫米波天文学领域, 也有着良好的应用前景。

MKID 探测器阵列工作时需要室温读出终端发出多载波激励信号, 每个载波对应一个谐振器也即一个 MKID 探测器, 光子信号作用于探测器后会改变超导体的阻抗, 通过谐振电路可以将阻抗的改变转为谐振频率和幅度的改变, 从而达到探测光子的目的。

本文的工作基于 ROACH2 硬件平台, 主要 FPGA 固件开发工作包括三部分: 多载波信号的产生、高速 ADC 数据采集及缓存、10Gb 网络数据传输。服务器端的程序包括 ROACH2 硬件控制和网络数据接收。FPGA 固件使用 MATLAB 中的 Simulink 进行设计、仿真, 使用 casper_xps 编译文件, 文件编译生成后缀名为 .bof 的可下载文件, 可通过上位机程序上传到 ROACH2 平台的相应文件夹中, 通过 Python 脚本远程控制文件在 ROACH2 上执行。

DAC 多载波信号的产生采用直接数字式频率合成器 (Direct Digital Synthesizer, DDS) 技术实现, DAC 型号为 DAC5681, 工作频率为 512MHz, 采用两片 DAC 芯片实现 I/Q 两路数据输出。在 MKID 读出时, 产生的载波频率分辨率要好于微波谐振器的半高宽。在本文中, 产生 DAC 的数据缓冲区长度为 16384, 可获得 31.25kHz 的频率分辨率。数据存储在 ROACH2 板载的 QDR SRAM 中。

ADC 型号为 ADS54RF63I, 12bit, 工作频率为 512MHz, 采用两片 ADC 实现 I/Q 采样。ROACH2 的工作频率为 128MHz, 每个时钟 FPGA 接收 96bit 数据。通过 CASPER 的 10GbE 模块将数据发送至服务器进行后续处理, 为获取最大的数据传输速率, 需将 10GbE 的数据缓冲区全部用满, 根据 CASPER 10GbE 模块的数据手册, 能处理的最大数据量为 1088 个 64 位数据。设计数据缓存模块, 通过 UDP 协议将数据发送至上位机服务器。

服务器上的万兆网卡通过光纤与 ROACH2 的板载 SFP+ 连接, 采用 UDP 协议接收高速采集信号。

最终在 ROACH2 上实现了 DAC 梳妆谱数据产生、ADC 高速数据采集, 10Gb 网络数据传输, 可以完整采集、传输 ADC I/Q 数据, 终端可用于后续 MKID 探测器室温读出的验证。

通讯作者: 张来宇, 中国科学院高能物理研究所, 13681385567, zhangly@ihep.ac.cn

Primary author: Mr 张, 来宇 (中国科学院高能物理研究所)

Co-authors: Mr 廖, 国福 (中国科学院高能物理研究所, 中国科学院大学); Mr 师, 昊礼 (中国科学院高能物理研究所); Mr 李, 正伟 (中国科学院高能物理研究所); Mr 段, 然 (中国科学院国家天文台); Ms 张, 馨心 (中国科学院国家天文台)

Presenter: Mr 张, 来宇 (中国科学院高能物理研究所)

Track Classification: 核电子学及其应用的研究成果