

Sistema de adquisición de datos del instrumento TGI del proyecto Quijote para el estudio de la radiación de fondo de microondas del Big Bang

Artículo cedido por National Instruments



www.ni.com

Autor: Yolanda Martín Hernando, Miguel Núñez Cagigal, Noemí González Cobos y Teodora Viera Curbelo. Instituto de Astrofísica de Canarias

"El hardware y software de National Instruments ha permitido el desarrollo de un sistema complejo en un tiempo significativamente corto. Los grandes retos del sistema, como la sincronización y el tratamiento de altas tasas de datos, se han resuelto de forma rápida y robusta con las soluciones de NI."

El Reto

La adquisición de los datos obtenidos en los 31 polarímetros que componen el instrumento TGI para el telescopio Quijote, muestreados simultáneamente a 160KHz y sincronizados con la señal de control de los conmutadores y con el telescopio. Los datos adquiridos serán preprocesados en tiempo real y enviados a un terminal externo que se encargará de su almacenamiento.

La Solución

Los requerimientos de adquisición y procesado se consiguen gracias al uso de la plataforma NI PXI-1044 junto con 8 módulos de adquisición PXI-4495 que permiten sincronizar el muestreo de múltiples canales con precisión. La sincronización con el telescopio se implementa con NI-TimeSync sNTP y el control de los conmutadores de fase se realiza con un módulo RIO PXI-7813R sincronizado a través del backplane del PXI.

Introducción

QUIJOTE (Q U I JOint TEnerife) es un experimento para el estudio de la radiación de fondo de microondas o Cosmic Microwave Background (CMB). Su objetivo es caracterizar la polarización del CMB y otras emisiones galácticas y extragalácticas en el rango de frecuencias de 10-40 GHz y en grandes escalas angulares.

QUIJOTE cubrirá un área de cielo de 10.000 grados cuadrados, con una sensibilidad de 1-2 μ Kelvin y una resolución angular de 1°. El telescopio



Figura 1. Telescopio Quijote durante su instalación en el observatorio del Teide.

contará con varios instrumentos trabajando en distintas bandas frecuenciales de 11 a 40GHz. Estas medidas complementarán en baja frecuencia las del satélite Planck y permitirán la corrección de contaminación galáctica de los datos del satélite. Asimismo, las medidas obtenidas con Quijote serán las más sensibles obtenidas para la caracterización de la emisión de sincrotrón y la emisión anómala de microondas en nuestra galaxia para esas frecuencias.

El segundo instrumento de QUIJOTE, el TGI (o instrumento de 30 GHz) se dedicará principalmente al estudio de los modos B de origen primordial. Con la detección de los modos B se podría confirmar la idea de la inflación, que afirma que el universo después del Big Bang pasó por una etapa inicial muy breve de expansión acelerada. El TGI estará equipado con 31 polarímetros que trabajarán en el rango frecuencial de 26-36GHz. El diseño actual de un polarímetro del TGI incluye un polarizador fijo y conmutadores de fase de 90° y 180° para generar cuatro estados de polarización.

Objetivos

El sistema de adquisición del instrumento TGI deberá muestrear a 160KHz

y simultáneamente los 4 canales de salida de cada uno de los 31 polarímetros, asegurando una sincronización precisa entre los 124 (4x31) canales muestreados y el telescopio. Además, el sistema generará las señales de control de los conmutadores de fase, que a su vez deberán estar correctamente sincronizadas con la adquisición. Por otra parte, el gran volumen de datos adquiridos fuerza a realizar parte del procesado en el propio sistema de adquisición, de forma que se reduzca la tasa de datos enviados al terminal externo que se encarga de su almacenamiento.

Arquitectura

Para la implementación del sistema de adquisición del instrumento TGI se ha elegido una arquitectura basada en tres subsistemas:

- PXI-RT host, encargado de la adquisición, procesado y envío de datos,
- PXI-FPGA para el control de los conmutadores de fase,
- PC con la interfaz de usuario.

LabVIEW 2013 es el software utilizado para el desarrollo de los distintos subsistemas y se ha optado por una arquitectura de tipo gestión de mensajes en cola o QMT (Queued Message Handler) tanto para la interfaz

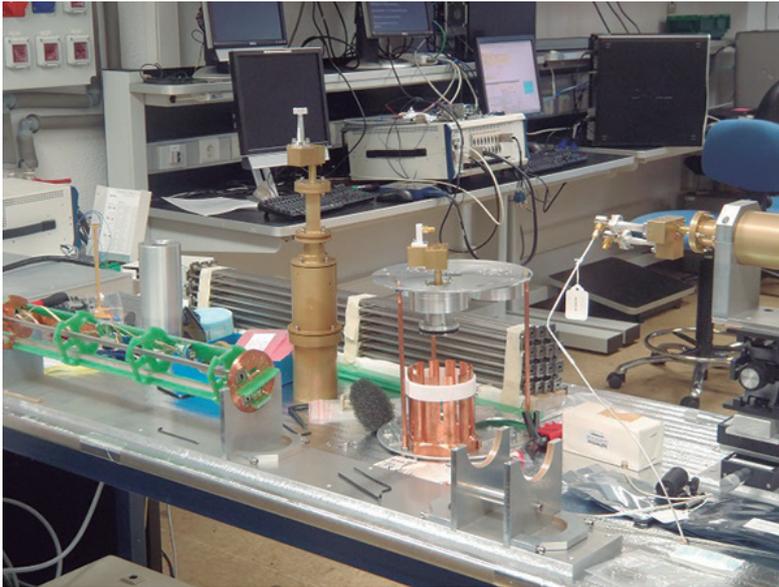


Figura 2. Instrumento TGI: antena, polarizador y transductor ortomodal.

de usuario como para el RT host. Esta arquitectura destaca por su flexibilidad y permite un sencillo incremento de los comandos y funcionalidades del sistema para futuras actualizaciones del instrumento.

La comunicación entre RT Host e interfaz de usuario se realiza mediante Network Streams. Este método de comunicación está diseñado para la transmisión sin pérdidas en comunicaciones con un nivel de transferencia de datos alto, como el requerido en este proyecto. Las características de Network Streams en términos de transferencia de datos y latencia son similares a TCP, pero su implementación es más sencilla optimizando así el tiempo de desarrollo de la solución final.

RT Host

El RT host es el núcleo del sistema y se encarga de la adquisición, procesamiento y transmisión de los datos científicos obtenidos en los polarímetros. El hardware para este subsistema incluye un chasis NI PXI-1044 junto con el procesador embebido PXI-8109 y 8 módulos de adquisición PXI NI-4495. Este hardware, junto con el software LabVIEW y el driver NI-DAQmx, permite muestrear los 128 canales del instrumento a 160 KHz con un bajo nivel de ruido y una sincronización precisa. Los dos núcleos del controlador embebido PXI-8109 proporcionan una gran capacidad de procesamiento que permiten el pretratamiento de los datos en tiempo

real, disminuyendo así la tasa de datos a enviar de 160KSamples/s por canal a 4 KSamples/s. Las 8 tarjetas NI-4495 se encuentran sincronizadas en modo "reference clock", que se realiza de forma transparente para el desarrollador y permite implementar en un periodo de tiempo significativamente rápido una solución de sincronización de gran precisión y sin derivas temporales. Finalmente, el RT host está sincronizado con el servidor NTP del telescopio mediante NI-TimeSync SNTP.

FPGA: Control de los conmutadores

Este subsistema está encargado de la generación de las señales de control

de los conmutadores de fase de cada uno de los 31 polarímetros a una frecuencia de 16 KHz u 8 KHz, configurable por el usuario. Cada conmutador posee 16 posibles estados, lo que se traduce en una señal de control de 4 bits por conmutador, siendo necesarias 124 salidas de control (31x4). Para su implementación se ha optado por un módulo NI PXI-7813R con hasta 160 salidas digitales y una FPGA para realizar el control.

La sincronización de este módulo con la adquisición de datos se realiza mediante el uso de las líneas del chasis PXI.

PC e interfaz de usuario

La interfaz de usuario proporciona no sólo la interfaz gráfica con el usuario sino también el envío de comandos y la recepción del housekeeping y los datos científicos enviados por el RT host. Asimismo, este subsistema se encarga del almacenamiento en disco de los datos científicos según el formato requerido. La solución seleccionada para este subsistema es un PC para el cual se ha desarrollado una aplicación de LabVIEW.

Resultados

El hardware y software de National Instruments ha permitido el desarrollo de un sistema complejo en un tiempo significativamente corto. Los grandes retos del sistema, como la sincronización y el tratamiento de altas tasas de datos, se han resuelto de forma rápida y robusta con las soluciones de NI. 

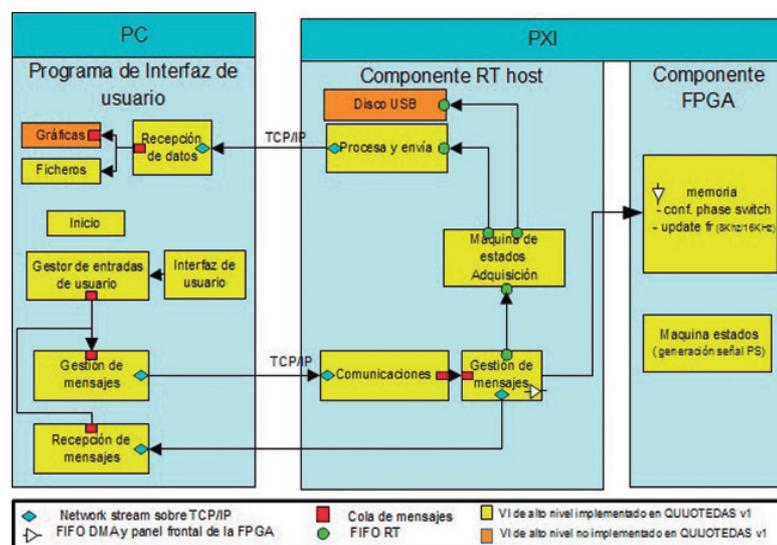


Figura 3. Arquitectura del sistema de adquisición y control de los conmutadores de fase del instrumento TGI.