

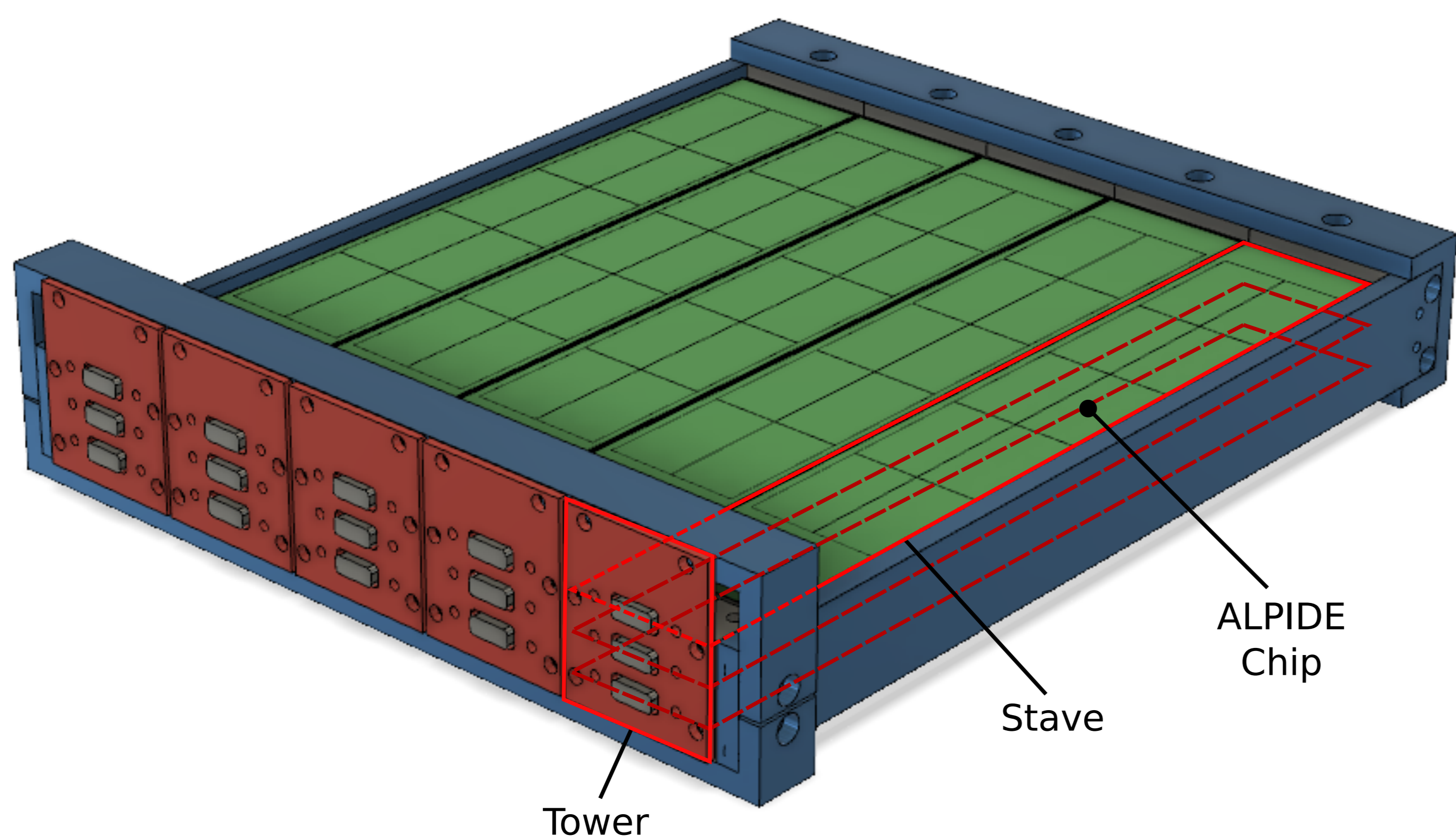
## Sommario

Diversi esperimenti di fisica delle astroparticelle richiedono l'utilizzo di rivelatori compatti ed a basso consumo per utilizzo in missioni spaziali, al fine di poter osservare fenomeni altrimenti schermati dall'atmosfera terrestre o legati all'interazione di astroparticelle con la ionosfera. Per la misura della traiettoria di particelle è molto comune l'uso di tracciatori basati su rivelatori al silicio. In ambito spaziale si tratta tipicamente di microstrips, ma al fine di ottenere una maggiore risoluzione angolare e per l'assenza di degenerazione nella stima della posizione è interessante valutare l'utilizzo di tracciatori a pixel.

Oggetto di questo studio è lo sviluppo di un tracciatore a tre strati basato sul chip CMOS ALPIDE. Con un totale nell'ordine di 100 chips ed i requisiti parecchio stringenti in termini di consumo elettrico e potenza computazionale disponibile tipici di una missione spaziale, la lettura di tale tracciatore pone delle sfide che possono essere superate solo tramite lo sviluppo di una soluzione parallela basata su Field Programmable Gate Arrays (FPGA). In questo lavoro si descrive lo sviluppo di un dimostratore per valutare e quindi implementare il sistema di acquisizione dati del tracciatore tramite un singolo chip FPGA a basso consumo.

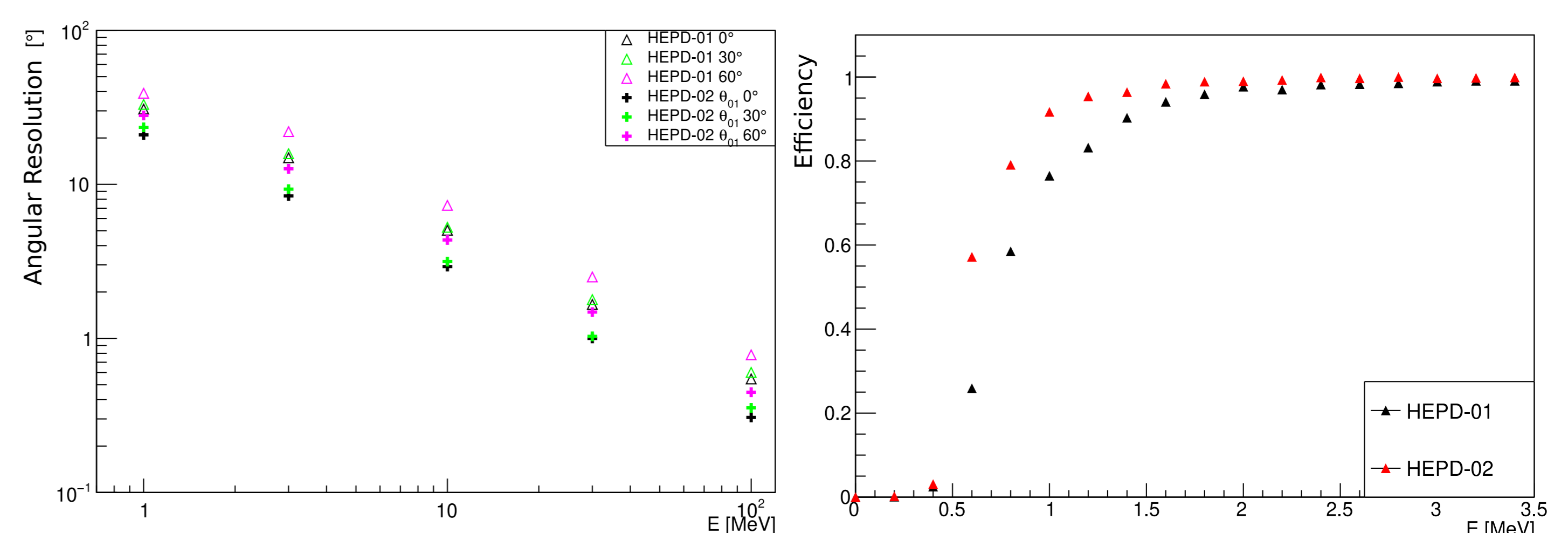
## Il tracciatore

Il tracciatore è progettato per offrire un buon grado di modularità e rilassare i requisiti in termini di banda dati e potenza assorbita. Il sistema, rappresentato nella figura di seguito, è composto da 5 torri con trigger indipendente per ogni torre. Una torre è a sua volta suddivisa in 2 doghe (staves) ognuna composta da 10 sensori ALPIDE divisi in due colonne (semi-doghe) da 5 elementi.



## Prestazioni

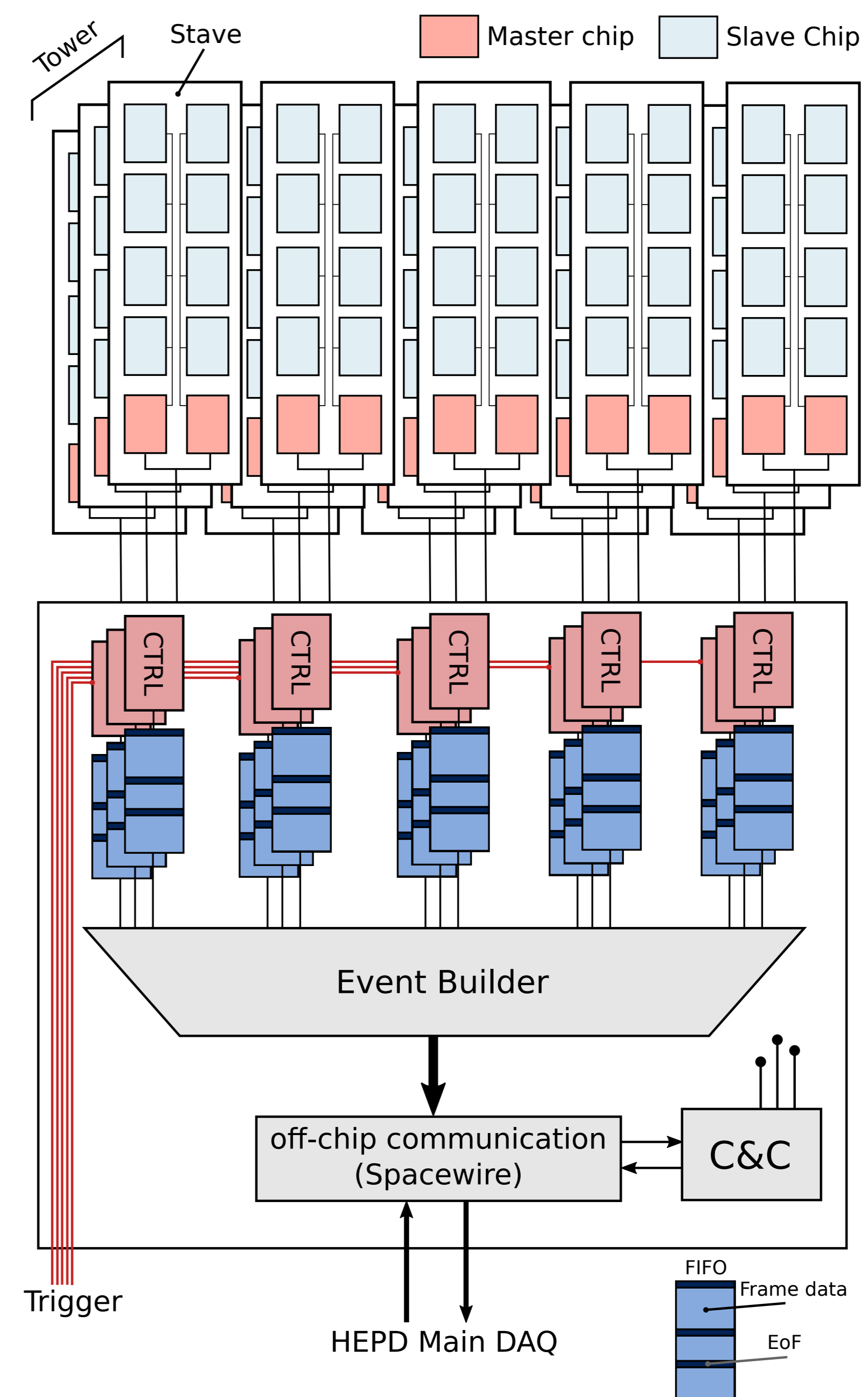
Un tracciatore basato su sensori a pixel offre un'elevata granularità grazie anche al piccolo spessore del dispositivo. Una simulazione di Geant4 per il sistema proposto mostra un miglioramento della risoluzione angolare ed una soglia di energia per gli elettroni migliore rispetto ad una soluzione basata su microstrips.



Per l'intero tracciatore la dimensione tipica di un evento attesa è di circa 150–600 bytes, con una frequenza di trigger massima di circa 10<sup>5</sup> Hz ai poli.

## Pipeline di lettura del tracciatore

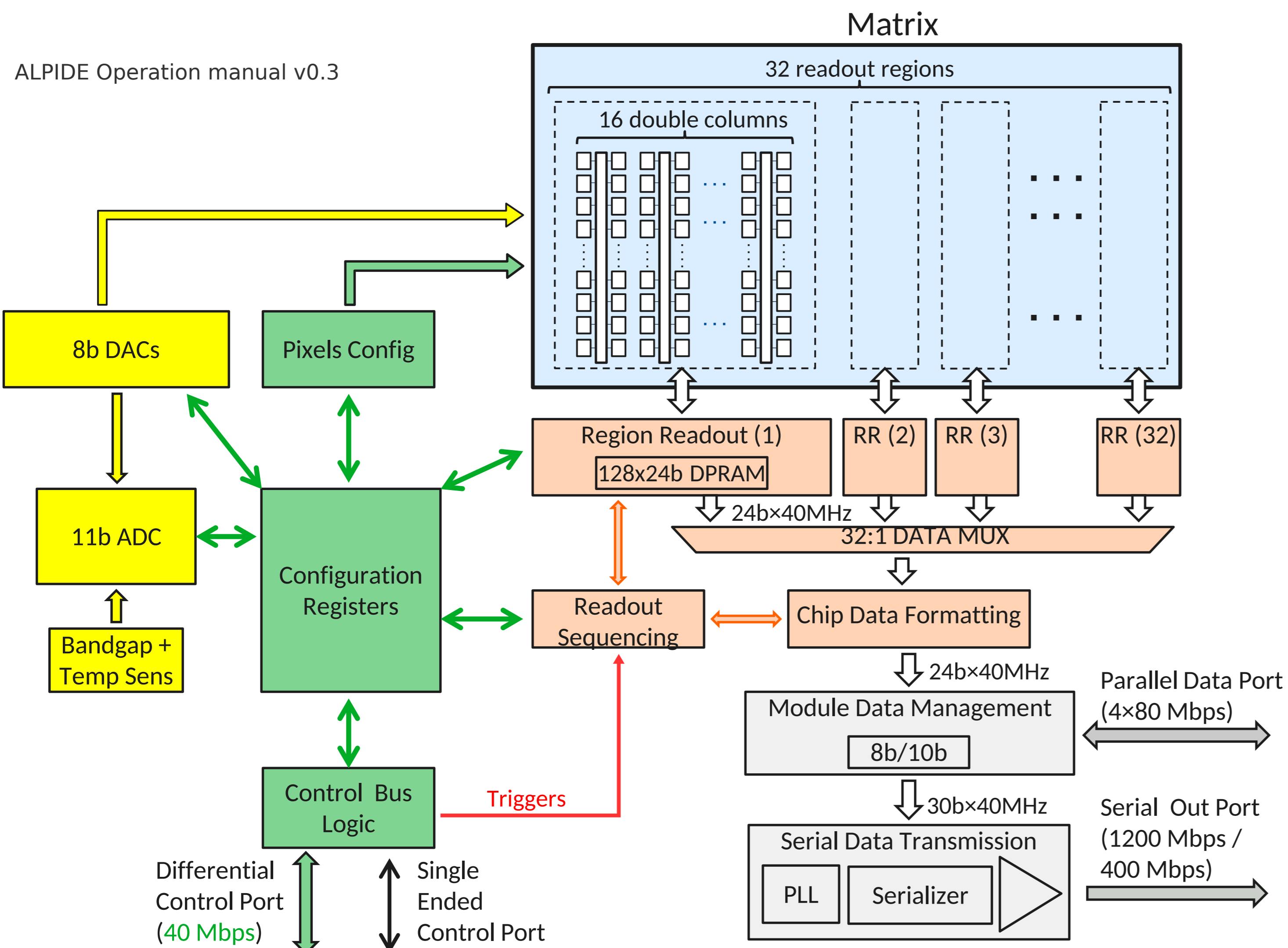
I sensori in una singola semi-doga sono inseriti nello stesso bus locale e i due master condividono la stessa Control Port. Per limitare il budget energetico, l'obiettivo è di eseguire la lettura dell'intero tracciatore con un singolo chip FPGA a basso consumo con assorbimento non molto superiore ad 1 W.



## Il sensore ALPIDE

ALPIDE è un sensore monolitico CMOS sviluppato nel contesto dell'esperimento ALICE. Le principali caratteristiche sono:

- ▶ Matrice di 512 × 1024 pixels con output binario e soglia programmabile.
- ▶ Fino ad 8 sensori possono essere concatenati in una struttura Master-Slave.
- ▶ Tre interfacce esterne con due possibili canali di lettura:
  - ▷ Una linea seriale veloce LVDS con un datarate fino a 1.2 Gbps.
  - ▷ Quattro linee parallele ad 80 Mbps per la comunicazione tra master e slave sul bus locale.
  - ▷ Una Control Port che offre anche un canale di lettura dei dati.
- ▶ Consumo minimo di 18.5 mW cm<sup>-2</sup> (71 mW per chip se la linea seriale veloce è disattiva).
- ▶ Basso material budget (spessore di 50 μm).



- ▶ La lettura dei dati dai sensori è eseguita tramite la Control Port per limitare il consumo energetico; controllo, trigger e dati condividono la stessa linea seriale.
- ▶ Per ottenere una velocità di lettura sufficiente, ogni dogha è letta in parallelo registrando i dati in un buffer FIFO dedicato.
- ▶ Un formatter impacchetta gli eventi registrati da trasmettere alla Main DAQ.
- ▶ Un modulo di Command&Control decodifica i comandi dalla DAQ e configura i sensori all'accensione.

Un prototipo di questo sistema è già sotto test con una singola dogha.