1. **Desenvolvimento do Projeto**

O sistema de detecção de múons conta com 3 partes principais: o detector, a eletrônica de Front-End (FEE) e a unidade de aquisição de dados unificada (DAQ).

O detector é composto de um conjunto de tiras cintilantes plásticas, os cintiladores. Cada tira conta com um filamento de fibra ótica WLS (Wavelength Shifter) acoplado em seu interior e uma fotomultiplicadora SiPM (Silicon Photomultiplier) em sua extremidade.

Os cintiladores são feitos de um material fluorescente, cujos átomos emitem fótons ao serem ionizados por uma partícula carregada que o atravessa, nesse caso, os múons a serem detectados. O sinal luminoso é então guiado até a extremidade da tira, chegando à SiPM, onde é transformado em um sinal elétrico correspondente.

O sinal gerado é então tratado pela eletrônica de Front-End. O pulso de saída da SiPM é primeiro acoplado e amplificado, chegando então ao discriminador. Esse é basicamente um comparador, com uma tensão de referência previamente escolhida. Quando o sinal amplificado atinge esse limiar, a saída do comparador vai para alto. Isso é feito com o intuito de discernir uma detecção real, ou seja, um sinal com amplitude suficiente para caracterizar uma excitação do cintilador por uma partícula, dos sinais de ruído presentes no circuito. A saída do comparador é então alimentada em um buffer que, por fim, repete o sinal digital de detecção daquele canal e o alimenta numa entrada de uma unidade FPGA no DAQ, responsável pela contagem de pulsos.

O DAQ abrange sensores de temperatura, pressão, umidade, campo magnético e acelerômetro (para verificar a ortogonalidade do experimento com a superfície) para monitoramento das condições de contorno do experimento, leitura de tensões e correntes relevantes no circuito, relógio digital, GPS, um módulo de comunicação Ethernet, um módulo para leitura e escrita de cartão microSD para armazenamento de dados, um microcontrolador ESP32 e um FPGA.

O FPGA recebe os sinais digitais de detecção de múons que vêm da FEE em suas entradas, sendo responsável pela contagem de detecções individuais em cada canal, assim como detecções simultâneas entre dois ou mais canais. Cada uma dessas contagens é realizada por um tempo predeterminado de aquisição (TAQ). Ao fim desse tempo, o bloco de contagens é então enviado para um microcontrolador.

O microcontrolador é responsável pela aquisição, processamento, armazenamento e envio de todos os dados obtidos no experimento, como leituras de sensores e, principalmente, as contagens de pulsos. Ele se conecta a um PC via USB, recebendo e enviando leituras de dados, status do experimento e variáveis de configuração e controle.

A firmware executada pelo microcontrolador se comunica continuamente com o FPGA, esperando confirmação de que o último bloco de contagens foi processado. Quando isso ocorre, essas contagens são lidas e compiladas com os dados dos sensores e demais ICs de interesse a intervalos regulares, sendo elaborado um dataframe que é gravado no microSD e enviado para um servidor no CBPF em tempo real, via módulo Ethernet. Esses dados também são enviados ao PC, que pode ser monitorado remotamente através do software TeamViewer.

* 1. **Módulo Detector**
     1. **Cintiladores**

O microcontrolador é responsável pela aquisição



Figura: Montagem mecânica da tira cintilante com fibra wavelength shifter

* + 1. **Fibra Óptica WLS**

O microcontrolador é responsável pela aquisição

* + 1. **Silicon Photomultiplier**

O microcontrolador é responsável pela aquisição

* 1. **Eletrônica de Front-End**

O microcontrolador é responsável pela aquisição

* 1. **Módulo DAQ**

O microcontrolador é responsável pela aquisição

* 1. **Firmware do FPGA**

O microcontrolador é responsável pela aquisição

1. **Firmware do ESP32**

O microcontrolador é responsável pela aquisição

1. **Software de controle via PC**

O microcontrolador é responsável pela aquisição