

# Monitoração Online do Sistema de Filtragem de Primeiro Nível do ATLAS

Herman Pessoa Lima Júnior<sup>1</sup>, José Manoel de Seixas<sup>2</sup>

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Georges Schuler<sup>3</sup>, Ralf Spiwoкс<sup>4</sup>, Nick Ellis<sup>5</sup>, Philippe Farthouat<sup>6</sup>

CERN

## Resumo

O ATLAS é um experimento de propósito geral para detecção e gravação de colisões próton-próton no acelerador de partículas LHC (Large Hadron Collider) localizado no CERN. Devido à alta taxa de colisões do LHC e ao elevado nível de ruído de fundo, o sistema de filtragem, que seleciona os eventos interessantes a cada colisão, é fundamental para o ATLAS. O sistema de filtragem reduz a taxa inicial de 1 bilhão de eventos por segundo para apenas 100, que serão armazenados definitivamente. O presente trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema de monitoração online, inserido no Nível-1 de filtragem, que irá monitorar o padrão dos sinais de trigger provenientes do sistema de calorimetria e dos detectores de Múons.

## 1 Introdução

O Sistema de Filtragem do ATLAS é dividido em três níveis distintos. O Nível 1 é o primeiro nível de filtragem [1], recebendo uma taxa de eventos de 40 MHz (correspondente a taxa de colisão dos pacotes de prótons). O processamento no Nível 1 é executado por hardware dedicado, utilizando microprocessadores, FPGAs, memórias FIFO, etc. Os eventos considerados interessantes pelo Nível 1 são enviados ao Nível 2 a uma taxa máxima de 75 kHz. O último nível de filtragem (Event Filter) recebe os eventos filtrados pelo Nível 2 a uma taxa máxima de 1 kHz. Este nível reduz a taxa de eventos para aproximadamente 100 Hz, que corresponde a quantidade de eventos que será armazenada definitivamente em mídia não volátil. Os níveis 2 e 3 de filtragem do ATLAS são implementados em software contendo algoritmos avançados de filtragem.

---

<sup>1</sup>Email: herman.lima.junior@cern.ch

<sup>2</sup>Email: seixas@lps.ufrj.br

<sup>3</sup>Email: Georges.Schuler@cern.ch

<sup>4</sup>Email: Ralf.Spiwoкс@cern.ch

<sup>5</sup>Email: Nick.Ellis@cern.ch

<sup>6</sup>Email: Philippe.Farthouat@cern.ch

## 2 O Nível 1 do Sistema de Filtragem do ATLAS

O Nível 1 de filtragem é o sistema que recebe diretamente os sinais provenientes dos detectores. Os objetivos básicos do Nível 1 são:

1. Realizar a primeira filtragem dos eventos candidatos enviados pelos sub-sistemas Calorímetro e Múon, reduzindo a taxa inicial de eventos de 40 MHz (taxa de colisão dos pacotes) para, no máximo, 75 kHz.
2. Determinar e fornecer informação sobre a Região de Interesse (RoI) para guiar a filtragem no Nível 2.

A latência máxima permitida para o Nível 1 é de  $2.5 \mu\text{s}$ . Este é o tempo máximo para que o Nível 1 produza o sinal aceita/rejeita para o Nível 2, a partir da colisão próton-próton. Os sub-sistemas que compõem o Nível 1 são:

1. Trigger do Calorímetro: recebe 7200 sinais analógicos dos detectores e seleciona três classes de eventos: elétrons/fótons e hádrons/taus com alto momento transversal ( $p_T$ ), e jatos com alta energia total (ET).
2. Trigger do Múon: recebe no total mais de 800000 sinais dos detectores e procura por Múons através da análise dos padrões de colisões na região de interação.
3. Processador Central do Trigger (CTP): combina a informação referente aos diferentes tipos de objetos e toma a decisão final aceita/rejeita do Nível 1. Esta decisão é baseada na satisfação de um ou mais itens de um menu de trigger com 96 itens, cada um sendo uma combinação de exigências sobre o dado de entrada.
4. Controle, Temporização e Distribuição: distribui sinais de controle à eletrônica de front-end, incluindo o clock do LHC e o sinal de decisão do Nível 1 (L1A). Esses e outros sinais são codificados e transmitidos através de fibra ótica.

A Figura 1 ilustra o diagrama em blocos do Nível 1 de filtragem do ATLAS.

## 3 O Sistema de Monitoração do CTP - CTPMON

O CTPMON é um dos módulos que compõem o sub-sistema CTP no Nível 1 de Filtragem do ATLAS. As principais funções do CTPMON são:

- Monitoração dos 160 sinais de trigger recebidos pelo CTP a cada 25 ns (espaçamento entre os pacotes de prótons no feixe do LHC). Estes 160 bits contém informação de discriminação relativos a multiplicidade e a energia dos eventos ocorridos nos sub-detectores do ATLAS.

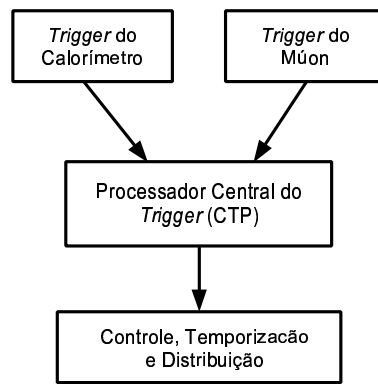


Figura 1: Diagrama em blocos do Nível 1 do Sistema de Filtragem do ATLAS

- Detecção de possíveis pacotes de prótons defeituosos ou mesmo vazios, no feixe.
- Determinação da luminosidade do feixe para cada um dos 3564 pacotes de prótons.

O diagrama em blocos da Figura 2 ilustra a arquitetura básica do sistema de monitoração destacando seus blocos funcionais. O primeiro bloco no fluxo dos dados é o circuito que realiza

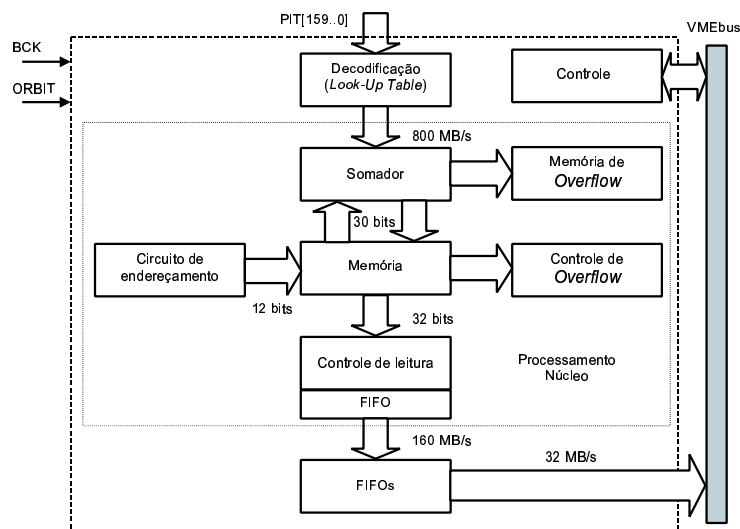


Figura 2: Diagrama em blocos do Sistema de Monitoração

a decodificação dos sinais de entrada, utilizando uma *Look-Up Table* formada por dezenas de blocos de memória ROM. Este circuito é totalmente implementado em uma FPGA da família APEX 20KE [2]. O bloco de controle contém 19 registradores de status/controlado do módulo e a interface de comunicação com o barramento VME [3], ambos implementados em uma

FPGA APEX 20KE. Máquinas de estados totalmente síncronas [4] foram implementadas em vários estágios do projeto para gerar os sinais de controle. O Processamento Núcleo realiza a histogramação dos sinais de *trigger* decodificados, além de possuir circuitos de endereçamento local e de controle de *overflow*. Este processamento é distribuído em 4 FPGAs da família Stratix, que o executam de modo paralelo. Estas FPGAs possuem a memória necessária para armazenar os dados da histogramação, assim como a lógica aritmética para processar os dados. O bloco FIFOs é um banco de 4 memórias *First In First Out* que recebem os dados de histogramação durante uma leitura do módulo pelo barramento VME.

## 4 Simulação e Implementação

Inúmeras simulações foram realizadas durante o desenvolvimento do projeto para verificar o circuito de histogramação e o processo de leitura do módulo. Estas simulações foram realizadas em ferramentas computacionais de última geração para simulação de circuitos digitais [5]. Os resultados demonstraram o correto funcionamento do circuito, incluindo os parâmetros de temporização (ex: *setup time* e *maximum frequency*). O protótipo foi implementado em uma única placa padrão VME 9U com 10 camadas de cobre. Camadas dedicadas foram utilizadas para conduzir os sinais BCK (clock) e ORBIT (lógica LVPECL), o barramento PIT e os planos de Terra e Alimentação. Neste primeiro protótipo, mostrado na Figura 3, somente uma das 4 FPGAs Núcleo foram montadas por razões de custo. Esta opção mantém a mesma funcionalidade do projeto mas somente para 40 sinais de entrada.

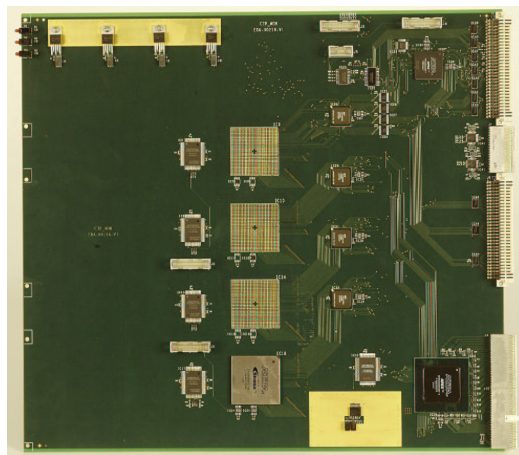


Figura 3: Protótipo do Sistema de Monitoração

## 5 Conclusão

Um sistema de monitoração do CTP foi desenvolvido para o Nível 1 de Filtragem do ATLAS. O sistema constrói histogramas dos sinais de entrada a uma frequência de 40 MHz para cada pacote de prótons do feixe de partículas do LHC. Simulações funcionais e temporais foram realizadas durante o projeto, verificando seu correto funcionamento. Testes em laboratório já foram realizados comprovando o funcionamento esperado do primeiro protótipo. Estão previstos para 2004 testes com feixe de prótons utilizando configuração similar à que será implementada no LHC.

## Referências

- [1] ATLAS Collaboration, First-level Trigger Technical Design Report, CERN/LHCC98-14, June 1998.
- [2] <http://www.altera.com>
- [3] American National Standard for VME64 Extensions, ANSI/VITA 1.1-1997.
- [4] Registered-output FSMs synchronize outputs to state transitions, Richard A. Johnson, Boeing, EDN June 4, 1998.
- [5] <http://www.cadence.com>