

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

## PROJETO NEUTRINOS ANGRA - SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE ALTA-TENSÃO

**Leonardo Ferraz Feliciano<sup>1</sup>; Germano Pinto Guedes<sup>2</sup> e Paulo César Machado de Abreu Farias<sup>3</sup>**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Engenharia da Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [lekturecomp@gmail.com](mailto:lekturecomp@gmail.com)
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [germano@uefs.br](mailto:germano@uefs.br)
3. Co-orientador, Departamento de Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [pcmaf@uefs.br](mailto:pcmaf@uefs.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Instrumentação, Neutrinos, Sistemas Embarcados.

### INTRODUÇÃO

A física experimental realizou grandes progressos na construção de um panorama consistente da fenomenologia das partículas neutrinos com importante contribuição de experimentos que usam reatores nucleares como fonte de partículas (FARIAS, 2009). Este cenário abre perspectivas concretas para o uso de partículas antineutrinos como sondas confiáveis de processos físicos dos quais participam.

O Projeto Neutrinos Angra propõe a construção de um detector de partículas antineutrinos com capacidade de monitorar parâmetros significativos relacionados à atividade de reatores nucleares. De modo que a partir da análise das amostras coletadas pelo detector de antineutrinos possam ser explicitadas informações diversas inerentes ao comportamento e funcionamento de um reator nuclear (GUEDES, FARIAS, FILARDI, PEPE, 2007).

Alguns parâmetros são viabilizados pelas coletas deste tipo de partícula, como a composição isotópica do combustível e a potência térmica instantânea liberada pelo reator, que conseqüentemente são cruciais para verificação de itens das salvaguardas ditadas pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) para não-proliferação de armas nucleares, além de contribuir com informações que podem aperfeiçoar o processo de geração de energia elétrica (FARIAS, 2009).

A partir desta proposta inicial de construção do detector de antineutrinos, será necessário adquirir o domínio de técnicas instrumentais no desenvolvimento de detectores associados área nuclear. Conseqüentemente, surge a necessidade de uma tarefa como parte da solução para o desenvolvimento deste projeto. O desenvolvimento de um sistema para controle e monitoramento das fontes de alta-tensão utilizadas para alimentar os sensores (tubos fotomultiplicadores ou PMTs) responsáveis por detectar este tipo de partícula.

Então, esta etapa do projeto consiste em projetar, montar e testar um sistema microcontrolado baseado em microcontroladores da família *Microchip PIC*, para ajustar o ponto de operação (*setpoint*) da fonte de alta-tensão e adquirir os seus dados de corrente e tensão de saída. Cada unidade controladora tem a tarefa de monitorar os sinais de saída da fonte de alta-tensão e concomitantemente fazer a interação com um sistema supervisor que armazene estas informações, base de dados relacionados aos sinais de saída, e seja capaz de gerar comandos que façam a unidade controladora intervir no sinal de alimentação a fonte, em condições necessárias.

A partir de estudos e desenvolvimentos na área de sistemas embarcados, aspectos de eletrônica analógica, eletrônica digital, e desenvolvimento de *software* será possível viabilizar esta ferramenta fundamental para o desenvolvimento do sistema para monitoramento e controle de fontes de alta-tensão.

## METODOLOGIA

O sistema de controle e monitoramento da fonte de alta-tensão a que este projeto se dispôs a desenvolver, como parte da instrumentação eletrônica necessária para o Projeto Neutrinos Angra, pode ser ilustrado a partir de uma visão simplificada mostrada na Figura 1.

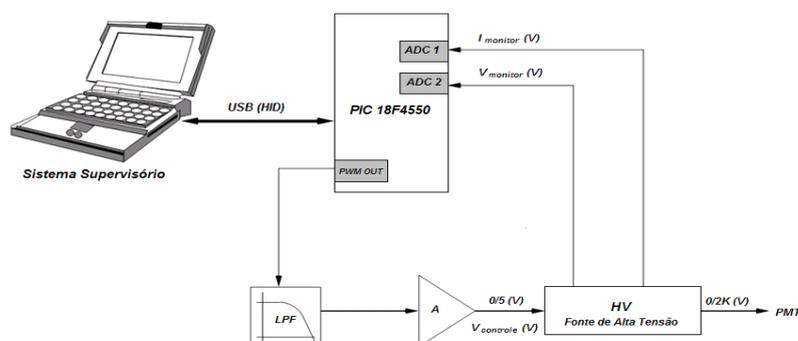


Figura 1: Proposta geral do sistema. Fonte: (GUEDES, FARIAS, FILARDI, PEPE, 2007)

Existem atualmente algumas opções de fontes e módulos integrados de alta-tensão disponíveis para uso com PMT's. Geralmente, os mais usados são módulos de eletrônica nuclear oferecidos em diversos modelos pelos fabricantes, como é o caso do sistema de alta-tensão da série *VISyN* da *Universal Voltronics* (UNIVERSAL VOLTRONICS, 2010), cujos módulos de alta-tensão são conectados à sua própria interface de controle. Ou seja, o módulo de comando da fonte já está acoplado neste modelo. Sendo então, uma solução integrada, já que não necessitará de nenhum dispositivo externo (ADC's, DAC's, circuitos externos, cabos de sinais etc). Este tipo de solução possui as desvantagens do custo alto e da falta de flexibilidade. Ao contrário do sistema aqui proposto que implementa uma solução intermediária bastante flexível e de menor custo, porém a partir dos mesmos princípios utilizados para controle e monitoramento de tais dispositivos.

As fontes de alta-tensão utilizadas nesta solução são equipamentos com funções simplificadas em relação à citada anteriormente (módulos integrados de alta-tensão). Serão utilizadas fontes da fabricante *iseg*® dos seguintes modelos: NHQ 212M e NHQ 232M. Ao contrário do modelo da *Universal Voltronics*, estas fontes não têm módulos integrados de controle, elas dão apenas a possibilidade de comando externo via sinal analógico (NHQ 212M) e ou sinais de rede CAN (NHQ 232M), cujo comando externo será enviado por um sistema microcontrolado acoplado como elemento de comando destas fontes.

Para este sistema de controle e monitoramento da fonte de alta-tensão, será implementada a solução proposta inicialmente no documento *Angra Note 002-2007* (GUEDES, FARIAS, FILARDI, PEPE, 2007), que consiste em desenvolver um sistema baseado em microcontroladores da família Microchip PIC (PIC18F4550), para ajustar o ponto de operação (*setpoint*) da fonte alta-tensão e adquirir os seus dados de corrente e tensão de saída.

O *firmware* (*software* embarcado no microcontrolador para controle de operações) será capaz de realizar o monitoramento das variáveis de saída da fonte ( $I_{\text{monitor}}$  e  $V_{\text{monitor}}$  - Figura 1), e conseqüentemente o controle da mesma, em um ciclo contínuo. Sendo válido ressaltar que estes sinais de saída são destinados ao microcontrolador em níveis de tensão que vão de zero a cinco volts. Na verdade estes valores de tensão são linearmente proporcionais aos valores reais de níveis de alta-tensão enviados à PMT.

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

O microcontrolador tem a tarefa de receber estes dois sinais analógicos ( $I_{\text{monitor}}$  e  $V_{\text{monitor}}$ ) através de dois pinos de entrada do chip configurados como canais do ADC, de modo que converta este sinal numa amostra digital, utilizando a resolução 10 bits para o modelo PIC 18F4550 (MICROCHIP, 2004).

De posse dos valores das amostras dos sinais  $I_{\text{monitor}}$  e  $V_{\text{monitor}}$ , o microcontrolador os transmitirá para o sistema supervisorio através de uma comunicação USB do tipo HID. Por sua vez, o sistema supervisorio analisa estes dados e retorna para o microcontrolador um valor de tensão de controle que deve ser enviado à fonte de alta-tensão. Este novo valor de tensão de controle na verdade só será modificado caso haja alguma condição anômala identificada pelo sistema supervisorio. Ou seja, o sistema supervisorio envia um valor de tensão de controle a partir do monitoramento e análise dos sinais de saída  $I_{\text{monitor}}$  e  $V_{\text{monitor}}$ .

Para gerar os sinais analógicos de realimentação e de controle foram adicionadas rotinas de geração de perfis em rampa do sinal de *setpoint* do módulo de alta-tensão. Como o PIC18F4550 não possui conversor digital analógico (DAC) integrado, a tensão DC de controle foi gerada a partir de um sinal PWM de 1Khz e submetido a um filtro passa baixa de 1ª ordem.

Portanto, a solução aqui proposta ilustra o ponto-de-vista de uma única unidade controladora acoplada a uma fonte de alta-tensão. Porém, segundo o projeto original de construção do detector do Projeto Angra, deverão existir dezenas de PMT's dentro do detector para abranger totalmente a área encarregada. Assim, deverão existir várias fontes de alimentação interconectadas em uma rede.

A cada grupo de quatro fontes, estas serão ajustadas por uma unidade controladora e por sua vez cada unidade controladora deve se comunicar com um barramento que estará conectado com outras unidades controladoras. Tal comunicação entre estas unidades controladoras e este barramento de comunicação será via protocolo CAN, configurando-se uma rede CAN de unidades controladoras.

Então, neste sistema existem três componentes importantes. A unidade controladora formada pelo microcontrolador e a eletrônica analógica associada, responsáveis pela aquisição e controle de sinais. Em seguida, o sistema supervisorio que gerencia as ações da unidade controladora (para tal controle é preponderante a comunicação CAN entre unidades controladoras e USB entre a unidade controladora e o PC). E por último, o módulo de alta-tensão que é ajustado pela unidade controladora e responsável por fornecer sinais analógicos de realimentação ao microcontrolador.

## RESULTADOS

Ao final deste projeto, tem-se como produto final uma unidade microcontrolada que quando conectada a um computador, este, será capaz de reconhecê-la como um dispositivo USB, estando pronto para iniciar uma conexão de transmissão de dados, e por sua vez, o sistema microcontrolado realizar as operações de controle e monitoramento de sinais elétricos.

Vale ressaltar que o conector USB além de ser o elemento de comunicação entre o microcontrolador e o computador, ele também é a fonte de alimentação do circuito que envolve o microcontrolador e o circuito externo, proporcionando ao circuito uma tensão de 5V DC. Como o conector USB supriu a necessidade de alimentação do circuito da unidade controladora, então não foi necessário nenhum tipo de alimentação ou fonte externa ao circuito desenvolvido.

O computador com o *software* do sistema supervisorio instalado tem a opção de iniciar uma transmissão de dados entre o computador e a unidade microcontrolada. Com o software “conectado” ao dispositivo (a unidade controladora) este começará a captar as variáveis do processo e enviar via USB para a porta de comunicação do computador.

De posse dos dados, valores correspondentes aos sinais de  $I_{\text{monitor}}$  e  $V_{\text{monitor}}$ , estes, são analisados pelo sistema supervisorio pra em seguida enviar um sinal de retorno para a unidade controladora. Como ela é responsável diretamente pelo controle do *setpoint* e aquisição de sinais de saída ( $I_{\text{monitor}}$  e  $V_{\text{monitor}}$ ) e o *software* supervisorio que gerencia todas as operações do microcontrolador, este acaba por comandar através de uma comunicação USB toda a operação de monitoramento das variáveis e controle da alimentação do sistema de alta-tensão.

Antes de iniciar o monitoramento do sistema é necessário configurar o sistema de alta-tensão irá operar. O usuário tem a opção de indicar o nível de tensão de controle mínimo e máximo que o sistema pode atuar (*range*), no caso desta fonte será necessariamente entre 0 e 5V. Para operações em diferentes condições, o usuário poderá ajustar a faixa de tensão que as variáveis externas devem atuar.

Durante o monitoramento das variáveis  $I_{\text{monitor}}$  e  $V_{\text{monitor}}$ , se algumas destas operarem numa faixa de valores diferentes do configurado, o sistema supervisorio analisará a diferença de forma a corrigir tal valor proporcionalmente ao erro, iniciando uma intervenção no sinal de controle da fonte de alta-tensão, podendo apenas enviar um sinal de tensão de controle que faça com que seja corrigida aquela determinada variável ou até mesmo desligar a fonte de alta-tensão, como anteriormente citado.

Portanto, o sistema microcontrolado desenvolvido é capaz de monitorar variáveis de um processo correspondentes a sinais de tensão  $I_{\text{monitor}}$  e  $V_{\text{monitor}}$ , gerenciando-os através de um software supervisorio que faz uma comunicação via protocolo USB com uma unidade controladora. Por sua vez, o software supervisorio gerencia estes sinais controlando seus valores e enviando à unidade controladora os comandos para ajuste da fonte de alta-tensão. Assim, automatizando os processos de controle e monitoramento dos módulos de alta-tensão necessários para o detector de antineutrinos, em desenvolvimento no Projeto Neutrinos Angra.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de controle e monitoramento da fonte de alta-tensão foi capaz de alcançar seus objetivos inicialmente estabelecidos, comunicação USB com *host*, monitoramento e controle de um sistema externo.

Apesar do sistema microcontrolado aqui proposto estar acoplado a uma fonte de alta-tensão, no qual desenvolvem funções de controle e monitoramento, este equipamento poderia

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

desenvolver estas mesmas tarefas sobre qualquer outro sistema que necessite de controle, e monitoração e análise de variáveis advindas externamente.

Podendo o núcleo deste sistema, posteriormente, servir para outras etapas do Projeto Neutrinos Angra, para aquisição e controle de variáveis como temperatura, umidade, pressão, entre outras que possam ser condicionantes para alguma fase de construção do detector de antineutrinos ou até mesmo outras tarefas/execuções com características semelhantes onde haja demanda por automatização destes tipos de processos.

## REFERÊNCIAS

FARIAS, P. C. M. A. Projeto Neutrinos Angra - Sistema de Controle e Monitoramento de Alta-Tensão. 2009. Projeto aprovado pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação da Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009.

G.P. Guedes, P.C.M.A. Farias, V.L. Filardi, I.M. Pepe. *Front-end electronics integration for the Angra Project central detector*. Angra Note 002-2007. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 2007.

MICROCHIP. PIC18F4550 Datasheet, DS39632B. Microchip. 2004. Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632D.pdf>. Acessado em 07/06/2010.

UNIVERSAL VOLTRONIC. High Voltage Power Suplply. Universal Voltronic. 2010. Disponível em: <http://www.voltronics.com/products/NEWVISyN/index.php>. Acessado em 27/09/2009.