

APLICAÇÃO DE COMPUTADORES NA OPERAÇÃO E CONTROLE DE REATORES DE PESQUISA

por

Adalberto J. Soares, Paulo R. B. Monteiro, Eduardo W. Pontes

RESUMO -- Este artigo descreve uma unidade eletrônica especialmente desenvolvida para controlar, de forma automática, a potência do reator IPEN/MB-01. A unidade utiliza 5 placas desenvolvidas segundo o padrão STD, com parâmetros de controle ajustados através de potenciômetros. O artigo descreve, ainda, a forma como um microcomputador foi utilizado para simular o processo nuclear, gerando sinais que permitiram analisar o comportamento da unidade controladora durante o seu desenvolvimento.

INTRODUÇÃO

O advento dos microprocessadores estabeleceu um marco na área de instrumentação e controle. O seu desenvolvimento determinou uma profunda mudança nos conceitos até então utilizados para controle de processos. A versatilidade demonstrada pelos micros, associada ao desenvolvimento de técnicas apropriadas, levaram o microprocessador a substituir, com inúmeras vantagens, funções que até então eram específicas de instrumentos analógicos. A principal vantagem foi o fato de viabilizar a integração das diversas áreas de uma instalação, através da automação e do compartilhamento de informação por meio de redes de comunicação. Além disso, a capacidade apresentada pelas unidades de processamento, de permitir a execução simultânea de várias funções, fez com que um único instrumento digital substituisse vários instrumentos analógicos, diminuindo consideravelmente o volume ocupado pelos painéis de controle.

Um reator de pesquisa, embora seja uma instalação de pequeno porte, também possui processos que devem ser monitorados e controlados, e, como não poderia deixar de ocorrer, sua filosofia de operação e controle também sofreu alterações com o advento dos microprocessadores. Nesse tipo de instalação, todas as áreas instrumentadas permitiram a aplicação de microprocessadores. Entre elas' destacamos:

- Comando de motores de passo para movimentação de mecanismos com barras de controle e/ou segurança
- Indicadores de posição de barras
- Monitores de níveis de radiação
- Sistemas de aquisição e registros de dados

- Unidades de controle automático

Este artigo descreve uma unidade de controle automático, digital, especialmente desenvolvida para aplicação no reator de pesquisas IPEN/MB-01, bem como o conjunto "Software-hardware" utilizado para ajuste do mesmo.

Unidade de Controle Automático

A unidade de controle automático, desenvolvida para aplicação no reator IPEN/MB-01, constitui-se num equipamento que tem a função específica de manter a potência num nível pré-estabelecido; muito embora sua construção permita a implementação de programas com diferentes configurações de controle.

A unidade, cuja arquitetura é mostrada na figura 1. é composta de cinco placas interligadas através de uma placa mãe (que se constitui no "bus" de comunicação). As placas foram desenvolvidas segundo o padrão STD, e são descritas a seguir:

Fonte de Alimentação FA01

Consiste de uma fonte de alimentação linear, montada em placa padrão STD, com as seguintes características:

- Alimentação de entrada: 115 VAC, 60 Hz,
- Saídas: + 5V/3A
+ 12V/250mA
-12V/250mA
- Proteção contra curto circuito e sobre aquecimento em todas as fontes, e contra sobre tensão em +5V.
- Sinal para indicação de queda da rede: sinal TTL em nível lógico zero, disponível para interrupção da CPU'

Conversor A/D de 12 Bits

O conversor A/D de 12 bits é uma interface eletrônica utilizada para digitalização de sinais analógicos. É constituída basicamente por um multiplex de 8 canais diferenciais, interligados a um conversor A/D de 12 bits, conforme mostrado na figura 2. A interface permite amostrar sinais nos intervalos 0 a 1 ou 0 a 10 volts, sendo o intervalo selecionado por meio de "jumpers", e apresenta um tempo de aquisição de aproximadamente 30 microsegundos por canal.

A interface tem, além do multiplex e do conversor A/D, um conversor DC/DC, responsável pela geração de + 15 volts, necessários para alimentação dos diversos circuitos da placa.

Gerador de Sinais

A placa geradora de sinais, também desenvolvida segundo o padrão STD, é uma interface utilizada para gerar sinais de comando para movimentação dos mecanismos que seguram as barras de controle do reator. Os mecanismos são movimentados por um motor de passo que é comandado por uma unidade de potência. A placa geradora de sinais fornece, para a unidade de potência, a frequência de rotação do motor, bem como os sinais que estabelecem a direção de movimentação. Os sinais são gerados por um conjunto de contadores CTC - Z80A, formatados em onda quadrada e fornecidos na forma diferencial.

A figura 3 mostra o diagrama de bloco do gerador de sinais.

Processador

O processador é a placa que contém os circuitos e componentes responsáveis pelo controle das demais placas, além de possuir o algoritmo de controle. Contém um microprocessador Z80A, com 2 a 32 Kbytes de EPROM, 2 a 16 Kbytes de RAM estática, duas interfaces seriais R5232C, uma interface paralela e 4 contadores de 8 bits. O seu diagrama de blocos é mostrado na figura 4.

Seu circuito apresenta um "watch-dog" para evitar a perda de sequência do programa.

Interface de Saída Digital

A interface de saída digital nada mais é do que uma placa com 8 saídas do tipo liga/desliga, que no caso, são utilizadas para enviar sinais de sinalização e intertravamento para os demais instrumentos da sala de controle da instalação.

Características Funcionais da Unidade de Controle

A unidade de controle automático foi desenvolvida especificamente para instalação no sistema de controle do reator IPEN/MB-01. Por esta razão a unidade apresenta interligações específicas do sistema, como mostrado na figura 5b, e que são discutidas a seguir:

- Potência: Existem duas entradas para a aquisição do sinal de potência e período do reator, sendo que apenas uma delas é utilizada. A seleção do Canal a ser utilizado é feita, através do painel frontal (vide figura 5a). O sinal de entrada é proveniente dos canais nucleares que monitoram a potência e o período do reator, e é utilizado pela unidade de controle para comparação com o sinal de demanda
- Sinal para mesa de controle: conector utilizado para interligar a unidade com a mesa de controle do reator. Permite receber o comando de acionamento da unidade de

controle, e é através dele que a unidade sinaliza, na mesa de controle, a condição operacional da mesma.

- Seletor: É um sinal de saída, que comanda uma unidade que seleciona a forma de comando (automático/manual) para controle da potência do reator.
- Intertravamento: Consiste numa interligação com o sistema de intertravamento, um sistema no qual está definida a lógica de operação do reator, e que, dependendo da situação, habilita ou não alguns comandos, entre eles o de seleção da unidade de controle automático, e o comando de acionamento dos mecanismos de controle.
- % de demanda: - Entrada do sinal proveniente de um potenciômetro que fica instalado na mesa de controle, e no qual é ajustada a porcentagem de demanda de potência desejada.

Os sinais de potência e período são amostrados periodicamente pelo conversor A/D de 12 bits e enviados para o processador, onde está o algoritmo de controle. Os dados são processados segundo um algoritmo pré definido, fornecendo os parâmetros de pulso e sentido de rotação para o gerador de sinais que controla o motor de passo.

O algoritmo utilizado para controle da potência do reator é mostrado na figura 6, e consiste de dois blocos básicos, a saber:

- Canal de potência: amplifica e limita a diferença entre a potência ajustada e a potência medida
- Canal de inverso de período: limita a taxa de variação da potência nuclear.

Os parâmetros do algoritmo foram otimizados objetivando a função de manutenção da potência num determinado nível, sendo inapropriados para operações de variação de potência. A unidade de controle automático permite operações de variação de potência, porém neste caso os parâmetros de controle devem ser reajustados.

Testes do Controlador

A fim de verificar a funcionabilidade da unidade de controle automático antes de sua instalação na mesa de controle do reator, a mesma foi testada utilizando-se um microcomputador da linha APPLE para simular o processo físico de reação nuclear. Para este experimento foi desenvolvida uma interface que, uma vez instalada no microcomputador, permite ao mesmo gerar sinais que simulam os sinais provenientes dos canais nucleares. A figura 7 mostra um diagrama do arranjo experimental utilizado no teste.

O programa utilizado para simular o processo físico da reação nuclear baseia-se na aproximação "prompt-jump", com seis grupos de neutrons atrasados. Partindo de uma condição de criticalidade, ou seja, reatividade zero, o programa calcula os parâmetros de regime estacionário, fornecendo, para a unidade de controle automático, um sinal proporcional a potência. A unidade de controle automático compara a potência "medida" com o valor proveniente do indicador de demanda de potência, e uma vez detectada uma diferença, a mesma é processada segundo o algoritmo de controle utilizado. O resultado do processamento é um trem de pulsos, com frequência proporcional a velocidade desejada para movimentação das barras de controle, que é enviado para o microcomputador junto com um sinal indicando a direção de movimentação (inserção ou remoção).

O microcomputador transforma o trem de pulsos em velocidade de movimentação das barras de controle, calculando, a seguir, a reatividade e a potência resultantes da mesma. O valor de potência e período são enviados novamente para a unidade de controle automático, realimentando o sistema.

Os testes realizados mostram que, uma vez ajustada para uma dada potência, a unidade de controle automático mantém a mesma dentro da faixa de $\pm 0,5\%$.

Conforme mencionado, os parâmetros do algoritmo foram otimizados objetivando a função de manutenção da potência num determinado nível, não sendo apropriados para operações de variações de potência. A figura 8 mostra o resultado obtido com a unidade, quando a potência ajustada foi alterada de 60 para 80%. Como podemos observar a unidade levou a potência final para o valor desejado, porém com uma sobrepotência acima da desejável, como era de se esperar, já que, para esta função, os parâmetros de controle devem ser reajustados.

Referências

- 1 FURTADO, P.A.X, MACHADO, E.L., "otimização dos parâmetros do sistema de controle", relatório interno R611050024 (1986).
- 2 MARAGNI, M.G., MOREIRA, J.M.L., " Simulador para controle automático", relatório interno R611715350 (1988).
- 3 POOLE, D.H., HEAVEN, S.H., MONAGHAN, v.a., "Renewal of safety circuitry on a zero-energy research reator using microprocessor units", Nuclear Energy, vol 27, n 1, pp 31-36 (1988).

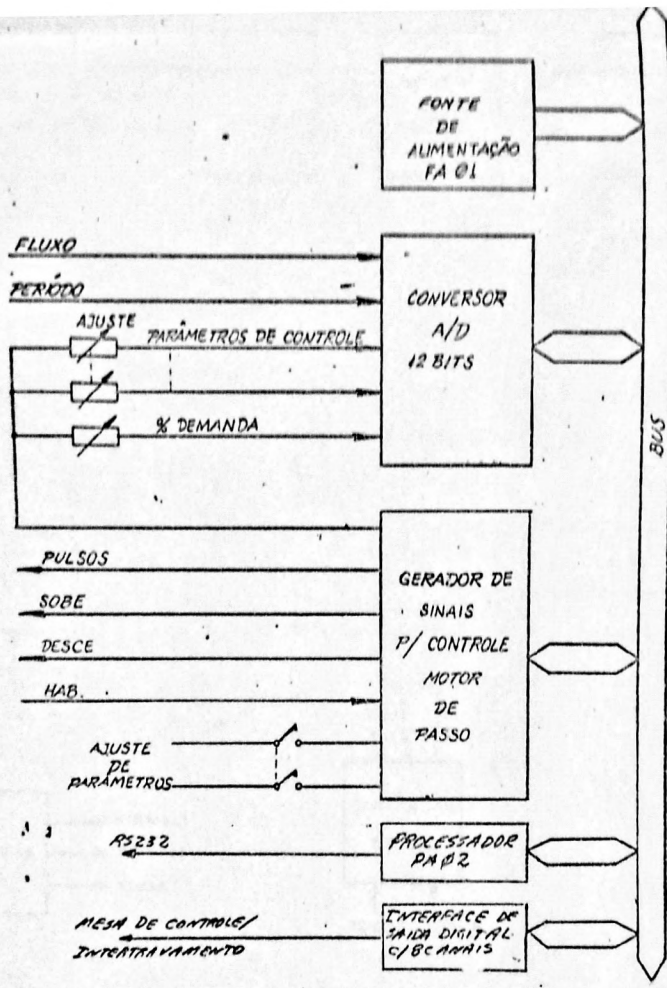


Figura 1. - Arquitetura da unidade de controle automático.

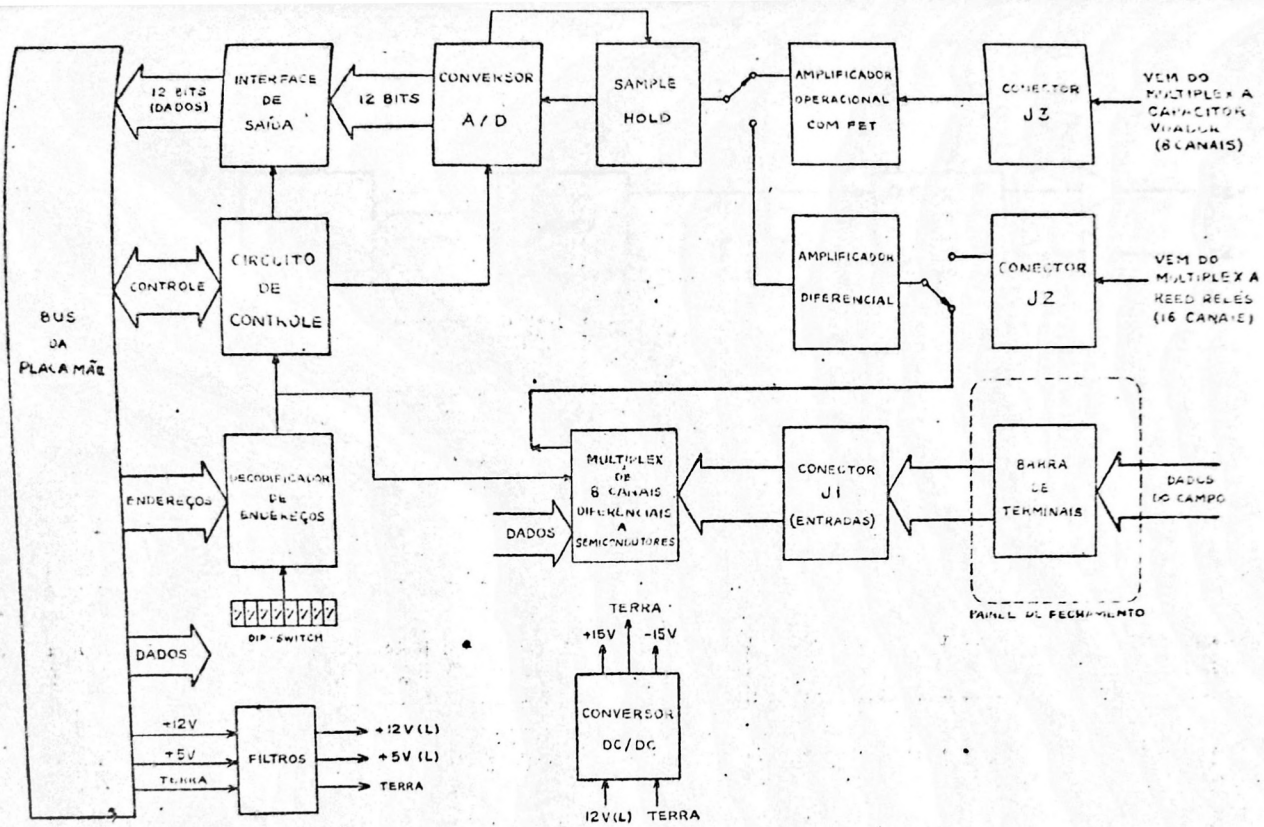


Figura 2. - Arquitetura do conversor A/D de 12 bits.

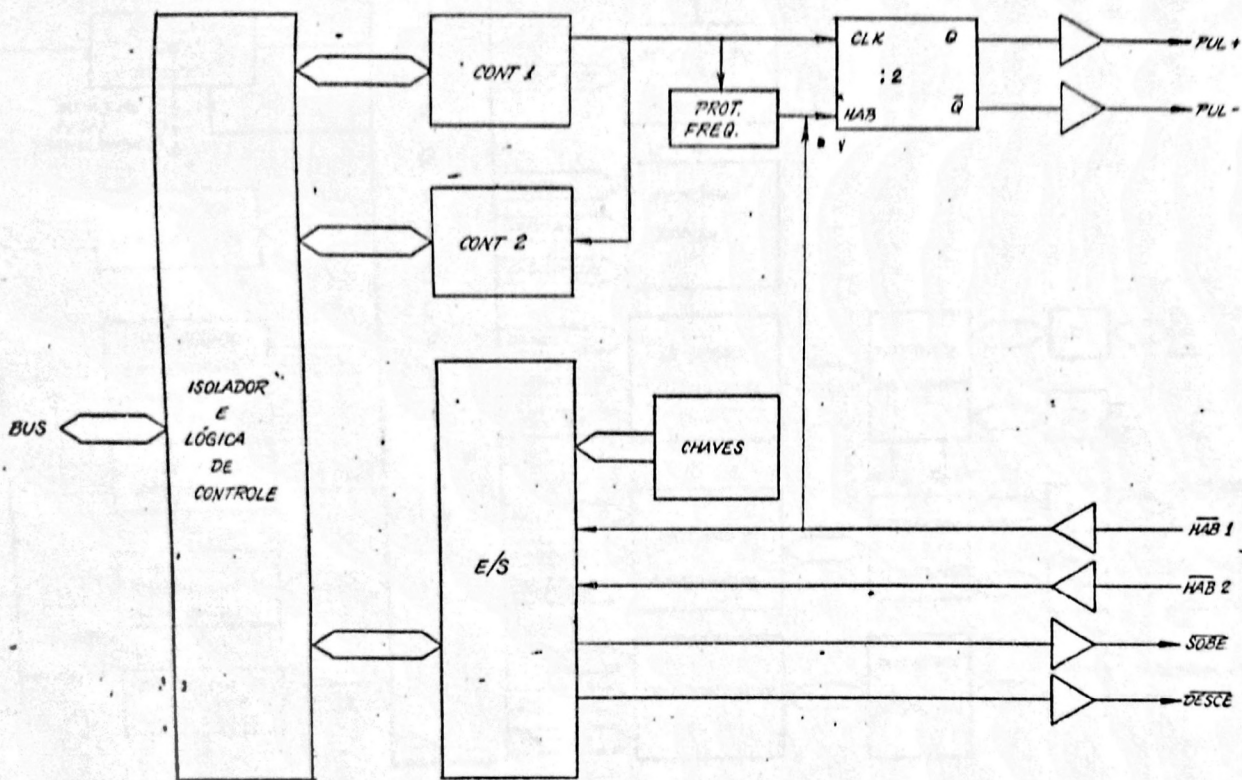


Figura 3, - Arquitetura da placa geradora de sinais.

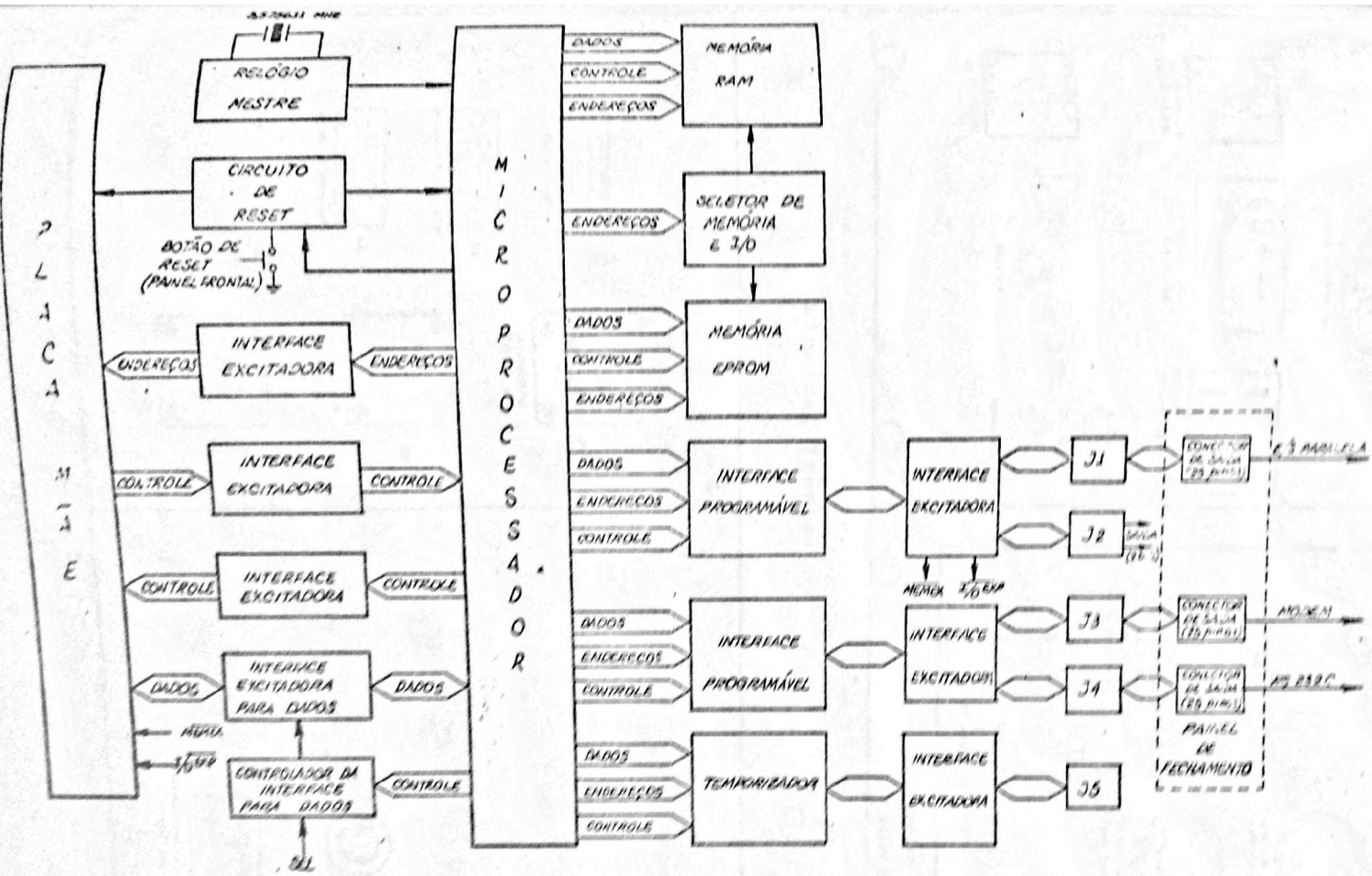


Figura 4. - Arquitetura da unidade de processamento (processador).

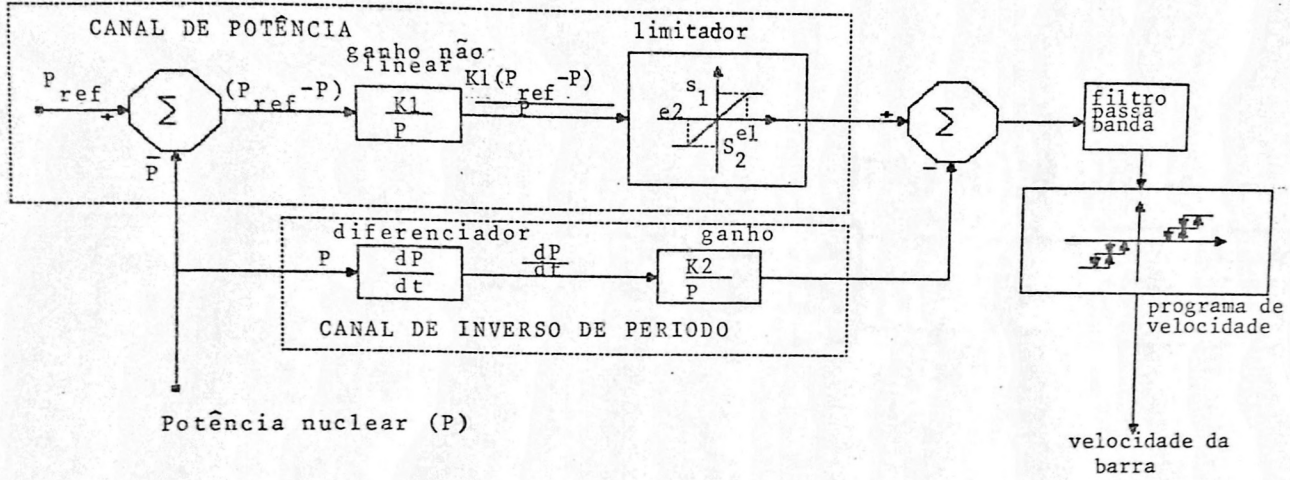


Figura 6. - Algoritmo utilizado para controle.

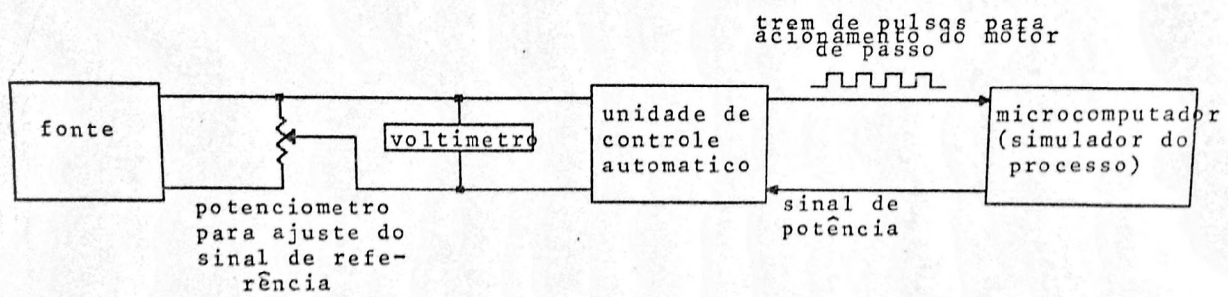


Figura 7. - Diagrama do arranjo experimental utilizado no desenvolvimento da unidade de controle automático.

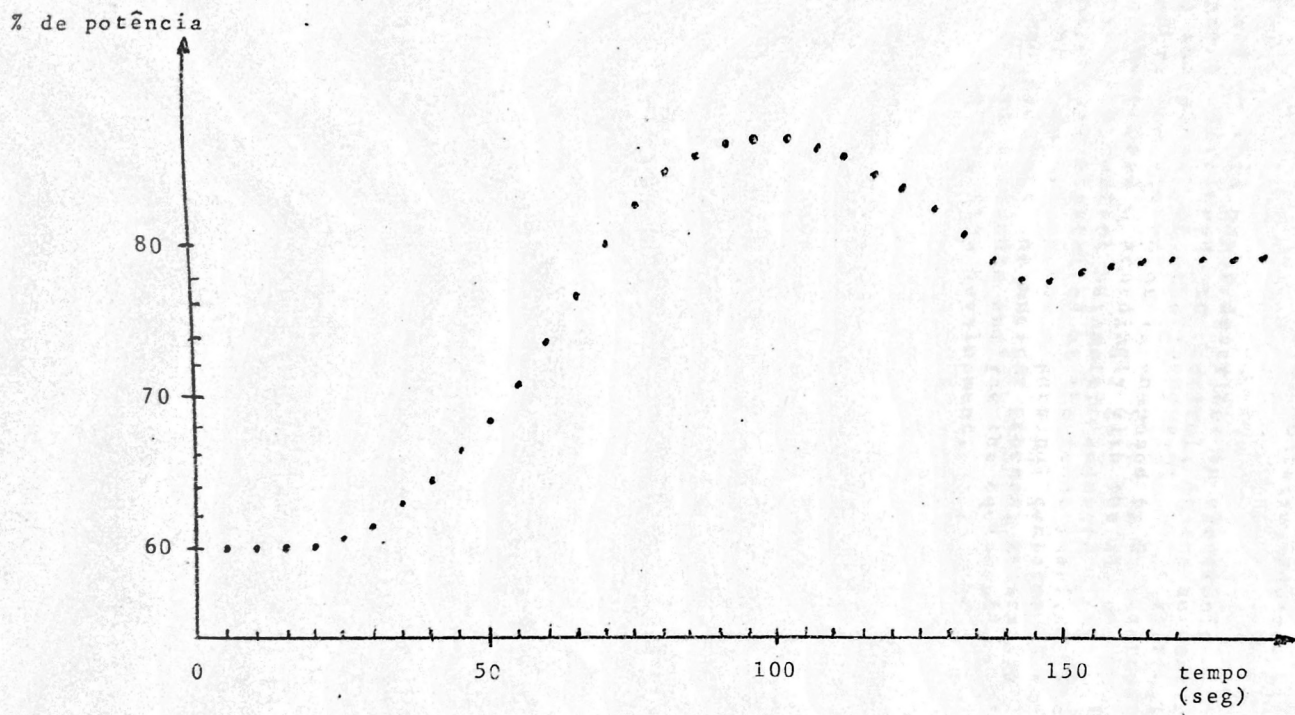


Figura 8. - Resposta da unidade de controle automático a uma variação de 60 para 80% no sinal de demanda de potência.

APPLICATION OF COMPUTERS IN
RESEARCH REACTORS CONTROL AND
OPERATION

by

Adalberto J. Soares, Paulo R.B. Monteiro, Eduardo W. Pontes

Abstract -- This paper describes an electronic equipment developed to control, in the automatic mode, the power of the IPEN/MB-01 critical assembly. The equipment is composed by 5 circuit plates developed accordingly with the STD standard, and have the control parameter adjusted by potentiometer installed at the front panel. The paper also describes how a personal computer was used to simulate the nuclear process, generating signals that allowed to analyze the equipment's response during it's development.