



RELÉ DIGITAL BASEADO EM ARQUITETURA 8051 COM FUNÇÃO DE SOBRETENSÃO E SUBTENSÃO

Daniel Lima e Silva

Universidade de Araraquara, Departamento de Ciências Administrativa e Tecnológica, Araraquara – SP,
daniellimaesilva@gmail.com

Prof. Msc. Alexandre Munhoz

Universidade de Araraquara, Departamento de Ciências Administrativa e Tecnológica, Araraquara – SP,
le_mu@hotmail.com

Resumo: Este trabalho apresenta o projeto e o desenvolvimento de um relé digital baseado no microcontrolador da família 8051 para um sistema elétrico de potência de 500kV, passando pela aquisição e condicionamento do sinal analógico e desenvolvimento do algoritmo para as funções de sobretensão e subtensão. O desenvolvimento deste sistema apoiou-se no uso de ferramentas tais como: ISIS PROTEUS, para o estudo teórico, modelagem e a simulação, bem como MCU 8051 IDE para desenvolvimento do algoritmo a ser executado pelo microcontrolador em ambiente de simulação. Os resultados experimentais mostram que há a possibilidade de construção de um relé digital microcontrolado com desempenho próximo aos relés comerciais.

Palavras-chave: Micro controlador; Relé Numérico; Relé Digital; 8051.

DIGITAL RELAY BASED ON 8051 ARCHITECTURE WITH OVERVOLTAGE AND UNDERVOLTAGE FUNCTION

Abstract: This work presents the design and development of a digital relay based on the 8051 family microcontroller for an electrical power system of 500kV, through the acquisition and conditioning of the analog signal, development of the algorithm for the overvoltage and undervoltage functions, and prototype fabrication. The development of this system was based on the use of tools such as: ISIS PROTEUS, for theoretical study, modeling and simulation, as well as MCU 8051 IDE for developing the algorithm to be executed by the microcontroller in a simulation environment. The experimental results show that there is the possibility of building a microcontrolled digital relay with performance close to commercial relays.

Key-words: Microcontroller; Numeric Relay; Digital Relay; 8051.

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Elétrico de Potência (SEP) continua expandindo e se tornando mais complexo. Para atender o anseio da sociedade por uma energia de qualidade, ao longo do tempo novos conceitos e equipamentos foram introduzidos de forma a atender essa demanda. Como por exemplo, disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores, para-raios e sistemas de proteção.

O sistema de proteção é um conjunto de equipamentos composto por relés de proteção, relés auxiliares, equipamentos de teleproteção e acessórios destinados a realizar a proteção em caso de falhas elétricas, tais como curtos-circuitos, e de outras condições anormais de operação dos componentes de um sistema elétrico. Os sistemas de proteção desempenham papel fundamental para a segurança elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN), e devem ter requisitos mínimos para garantir que cada instalação de transmissão contribua para o atendimento ao desempenho e aos critérios estabelecidos nos Procedimentos de Rede [16].

Durante o fornecimento de energia elétrica condições intoleráveis de operação podem surgir. Quando estas ocorrem, o sistema deve estar protegido de forma a minimizar os possíveis danos aos equipamentos e causar o mínimo impacto possível aos seus usuários.

Para se ter a dimensão da importância de um sistema de proteção, podemos pensar em qual seria a consequência de uma atuação indevida ou até uma não atuação. Um erro assim pode dar origem a um efeito de desligamento em cascata, atingindo diversas partes do sistema, o qual poderá culminar em um blackout, ocasionando prejuízos econômicos aos consumidores residenciais, comerciais e industriais que utilizam a energia elétrica em seus sistemas.

Não esquecendo dos danos materiais ao SEP como um todo, pois situações faltosas prolongadas podem danificar linhas de transmissão, transformadores e até os geradores. Portanto, quanto maior a eficiência na detecção e isolamento das situações anormais, mais estável será o sistema de uma maneira geral.

Um dos equipamentos pertencente ao sistema de proteção é o relé. O Relé Digital é um dispositivo aplicado em todas as partes de um sistema de potência e em conjunto com fusíveis e disjuntores desempenham uma função vital na proteção de sistemas elétricos contra defeitos e condições anormais[18].

O desenvolvimento de um relé digital em plataforma “open source” abrirá caminho para que estudantes possam ter contato com esse tipo de técnica/tecnologia que até então ficava restrita a fabricantes e Agentes do Setor Elétrico.

Partindo desse pressuposto, a questão de pesquisa deste trabalho é: Seria possível desenvolver um relé digital micro processado com as características modernas usando um microcontrolador 8051?

Usando uma amostra de tensão da rede como parâmetro a ser supervisionado, será retificado esse sinal alternado em contínuo e entregue em um conversor analógico – digital. Após a conversão os dados digitais serão disponibilizados no microcontrolador onde será processado.

Este trabalho apresenta o projeto e o desenvolvimento de um relé digital baseado no microcontrolador da família 8051 para um sistema elétrico de potência de 500kV, passando pela aquisição e condicionamento do sinal analógico e desenvolvimento do algoritmo para as

funções de sobretensão e subtensão. Está estruturado nas etapas de planejamento, simulação computadorizada e testes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A auto-indução publicada por J. Henry em 1832 abriu caminho para que em 1837 William Fothergill Cooke, Charles Wheatstone e Edward Davy apresentassem um novo componente, o relé. O primeiro a receber a patente foi Davy em 1838 [3].

Os primeiros relés aplicados ao SEP foram os eletromecânicos que possuíam por princípio de funcionamento a interação eletromagnética entre correntes e fluxos. A segunda geração de relés foram os de estado sólido baseados na tecnologia de dispositivos semicondutores.

A geração de relés atual conhecidos por numéricos, computacionais ou digitais começou seu desenvolvimento na década de 60 com o desenvolvimento da tecnologia digital. Tal dispositivo é gerenciado por um microprocessador específico, controlado por um software, onde os dados de entrada são digitalizados [4].

O *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) define o relé como “um dispositivo elétrico projetado para responder a condições de entrada prescritas e que, após a ocorrência de condições específicas, causa operações de contato elétrico ou mudança abrupta nos circuitos elétricos associados”. Devem ter, em condições normais ou durante perturbações, características de sensibilidade, seletividade, rapidez e confiabilidade operativa, a fim de que seu desempenho não comprometa a segurança do sistema elétrico [8].

Quando da implantação de um sistema de Proteção Digital há uma busca pelas vantagens que esses equipamentos oferecem, como por exemplo:

Relés digitais já foram de 10 a 20 vezes mais caros comparados aos relés de estados sólidos. Mas com o avanço da tecnologia e ganhos com escala de produção sua velocidade de processamento aumentou substancialmente e o custo dos relés digitais foi drasticamente reduzidos[4].

É possível habilitar no relé, funções que fazem o monitoramento de seus sistemas tanto de software quanto de hardware, garantindo assim que quando o relé sofrer algum defeito ele será detectado. Dependendo do nível de falha ele pode gerar um alarme ou até mesmo ser colocado fora de serviço. Esta característica é um dos mais importantes argumentos técnicos a favor desses relés[4].

Os microcomputadores e a tecnologia digital se tornaram a base da maioria dos sistemas empregados em subestações. De medições, passando por comunicação de dados, telemetria e controle são praticamente realizados fazendo-se uso da tecnologia digital. Nas subestações modernas, os relés digitais devem ser integrados naturalmente nesses sistemas. Enfatizado também o crescimento da disponibilidade de comunicação via fibra óptica com a crescente utilização dos cabos chamados *Optical Ground Wire* (OPGW) pelas companhias de energia[4].

O relé digital é um equipamento flexível, além de executar sua função primordial que é a proteção, ele pode ser programado para executar diversas funções como por exemplo: medição, monitoramento, controle, localização de faltas e etc. Este relé pode ainda, como

citado, possuir características adaptativas, modificando sua atuação em várias funções, para torná-las mais adequadas às condições dos SEPs[4].

Com os relés convencionais torna-se incompatível o aprimoramento do desempenho da proteção de sistemas elétricos através de ferramentas inteligentes como: Redes Neurais Artificiais, Logica Fuzzy, Agentes e Algoritmos Genéticos[4].

Basicamente, um relé é sensibilizado pelas grandezas da frequência, da tensão e da corrente a que está submetido[5]. As funções de tensão têm por objetivo detectar condições anormais de tensão e garantir um bom funcionamento e a integridade dos equipamentos.

Os sistemas elétricos de potência têm como limite a tensão máxima de operação durante a ocorrência de uma falta. Após o retorno do sistema para o regime permanente, os valores de tensão máxima não devem superar o valor de 110% da tensão nominal. [5].

Em linhas de transmissão de extra-alta tensão esta proteção tem uma função sistêmica, isto é, para desligar trechos do sistema afetados por sobretensão, geralmente provocadas por excesso de potência reativa na região [10].

A função de subtensão atua quando a tensão cair abaixo de um valor ajustado. Esta função pode ser utilizada como proteção para equipamentos que não podem operar com tensão abaixo de um certo limite (geralmente máquinas rotativas) [10].

A proteção de subtensões tem por finalidade proteger as máquinas elétricas, principalmente os motores e os geradores, das quedas de tensão que possam danificar esses equipamentos e também tem por objetivo retirar de operação os grandes geradores elétricos quando estes estão na iminência de perda de estabilidade [5].

Normalmente, os sistemas elétricos toleram tensões em níveis de até 80% do valor nominal por período de aproximadamente 2s. A proteção deve atuar para valores inferiores [5].

A norma IEEE C37.2-1996 [7] define nomenclatura das funções de proteção, onde 27 é Subtensão ou Undervoltage relay e 59 é Sobretensão ou Overvoltage relay.

Os relés de sobretensão são aparelhos destinados à proteção de sistemas elétricos submetidos a níveis de tensão superiores aos valores máximos, que garantam a integridade dos equipamentos elétricos em operação [5]. Ele pode operar enviando sinais de alarmes, de chaveamento para banco de capacitores e, dependendo das características do sistema ou do equipamento a ser protegido, enviar comando de abertura para disjuntores [10].

Os níveis máximos de tensão admitidos num sistema de potência são de 110% do valor nominal, devendo-se admitir como ajuste do relé valores não inferiores a 115% para unidades temporizadas e 120% para unidades instantâneas [5]. Para Maezono [10] a função de sobretensão normalmente é ajustada para operar para valores de tensão entre 1,20 e 1,25pu da tensão nominal da linha.

Os relés de subtensão são aparelhos destinados à proteção de sistemas elétricos submetidos a níveis de tensão inferiores aos valores mínimos que garantam as necessidades mínimas dos equipamentos elétricos em operação.

Os níveis mínimos de tensão admitidos num sistema de potência são de 80 a 90% do valor nominal, devendo-se admitir como ajuste do relé valores não inferiores a 90% para unidades temporizadas e 80% para unidades instantâneas [5].

Os Procedimentos de Rede são documentos de caráter normativo elaborados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) com participação dos Agentes do setor elétrico e aprovados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Para a expansão do Sistema Interligado Nacional (SIN) os Agentes do setor elétrico devem atender a certas obrigatoriedades, entre elas:

As proteções principal e alternada de todos os terminais da LT devem ter proteção para sobretensões (59) nas três fases com elementos instantâneo e temporizado independentes. Os elementos instantâneos devem operar somente para sobretensões que ocorram simultaneamente nas três fases e os elementos temporizados devem operar para sobretensões sustentadas em qualquer uma das três fases [16].

As linhas de transmissão de alta e extra-alta tensão devem possuir proteção trifásica para sobretensões com unidades instantâneas e temporizadas. As unidades instantâneas devem operar para sobretensões que ocorram simultaneamente nas 3 fases, e as unidades temporizadas devem atuar para sobretensões sustentadas em qualquer uma das fases. Como se trata de proteção de caráter sistêmico, seus ajustes e necessidades de esquemas associados à teleproteção devem ser definidos pelo ONS [14].

O ONS define como proteções de caráter sistêmico as proteções: de sobretensão, sobrefrequência, subfrequência, bloqueio por oscilação, disparo por perda de sincronismo, religamento automático e salienta que são fundamentais para a segurança operacional do Sistema Interligado Nacional – SIN [15].

Para empreendimentos já em operação ou para novas instalações o processo para elaboração e Definição da necessidade de proteções de caráter sistêmico e de adequação das existentes segue os seguintes passos:

O ONS, em conjunto com os agentes de operação, realiza os estudos elétricos para a definição da necessidade de implantação de proteções de caráter sistêmico e de adequação das existentes e elabora o Relatório de Implementação de Proteções de Caráter Sistêmico e de Adequação das Existentes e o Relatório de Parametrização e Ajustes das Proteções de Caráter Sistêmico, com recomendações, quando da integração de novas instalações na Rede de Operação, conforme o Submódulo 21.2 (Estudos pré-operacionais de integração de instalações da Rede de Operação), e quando da elaboração do Relatório de Análise de Perturbação – RAP, conforme Submódulo 22.3 (Análise de perturbação) [15].

O relé será implementado tendo como base um microcontrolador. Microcontrolador é um componente eletrônico que já tem incorporados ao seu invólucro vários blocos, sendo que os mais simples possuem apenas a CPU e a memória de programa, permitindo desta forma a construção de sistemas compactos e tão poderosos quanto aos baseados em microprocessadores. Assim obtemos vantagem tanto no tamanho reduzidos como na facilidade de software, dado que seus periféricos são vistos pela CPU interna como memória [19].

As partes básicas de um microcontrolador são [6]: microprocessador (CPU), memórias não-voláteis (RAM, SRAM, DRAM, Flash RAM), portas de entrada e saída (portas de comunicação paralela, serial, conversores analógicos/digitais, conversores digitais/analógicos etc.).

No início da década de 1980, a INTEL lançou uma nova família de microcontroladores, a 8051, de 8 bits. Inicialmente ela lançou o 8051 com ROM interna

programável de fábrica, o 8751 com EPROM interna programável pelo usuário e o 8031 com necessidade de ter chips de EPROM externa. Após alguns anos, a família se expandiu para o 8052, que tem um timer a mais que o 8051 e suas variações: 8752, 8032 e 8052-Basic [12].

Tipicamente o 8051 tem internamente [6][1]:

CPU de 8 bits otimizada para aplicações de controle;

Poderosa capacidade de processamento booleano (opera com bits)

64 kbytes de endereçamento de memória de programa (ROM);

64 kbytes de endereçamento de memória de dados (RAM);

Entradas de interrupção externa;

Instrução direta de divisão e multiplicação;

Dois timers/contadores de 16 bits;

Quatro ports de I/O;

4 Kbytes de memória de programa interna (ROM)

RAM interna de uso geral de 128 bytes e 128 bytes correspondentes aos registradores especiais.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Sinal analógico a ser medido

A aquisição da referência de tensão no SEP é feita através de um Transformador de Potencial (TP). Ele é capaz de reduzir a tensão do circuito para níveis compatíveis com a máxima suportável pelos instrumentos de medição. Em seu circuito primário (entrada) é conectada a tensão a ser medida, sendo que no secundário (saída) será reproduzida uma tensão reduzida e diretamente proporcional a do primário.

A tensão proveniente do secundário do TP passará por um transformador de 127V/12V, reduzindo a tensão para valores mais adequados. Na saída do transformador a tensão senoidal será convertida em contínua através de um retificador de onda completa.

3.2 Condicionamento do Sinal Analógico

Para o condicionamento do sinal analógico que será enviado para o conversor analógico-digital serão utilizados quatro amplificadores operacionais em arranjos diversos.

Seguidor de Tensão – Também conhecido como *buffer*, essa configuração é o que apresenta características mais próximas das ideais, em termos das impedâncias de entrada e de saída. Este circuito apresenta uma altíssima impedância de entrada e uma baixíssima impedância de saída. [17].

Subtrator – Esse circuito permite que se obtenha na saída uma tensão igual à diferença entre os sinais aplicados, multiplicada por um ganho. [17].

Amplificador Inversor – Esse circuito linear apresenta controlabilidade do ganho de malha fechada através do circuito de realimentação negativa e seu sinal de saída é 180° defasado em relação ao sinal de entrada. [17].

Inversor – Amplificador Inversor de ganho unitário com seu sinal de saída 180° defasado em relação ao sinal de entrada. [17].

3.3 Conversor Analógico-Digital - ADC

Um ADC converte sinais do mundo real em números digitais para que computadores ou processadores digitais possam adquirir, armazenar, processar, analisar e mostrar os resultados das medidas.

O ADC 0804 da Intersil é um conversor por aproximações sucessivas de 8 bits ($2^8 = 256$), com o range de tensão de entrada de 0V à 5V.

Seu pino CS/ está conectado ao GND mantendo sempre o chip habilitado. Para que seja iniciada o ciclo de conversões o pino WR/ deve fazer uma transição de nível alto para baixo, zerando os registradores e fazendo com que o pino INTR/ seja levado para nível alto. Enquanto CS/ e WR/ estiveram em nível baixo o conversor estará em estado de reset.

Entre 1 a 8 ciclos após pelo menos um desses pinos realizarem a transição de nível alto para nível baixo a conversão irá começar. Após ser completa a conversão o INTR/ fará uma transição de nível alto para nível baixo, podendo ser usado essa transição como interrupção para o microcontrolador [9].

3.4 Microcontrolador

O modelo do microcontrolador usado nesse trabalho é o ATMEL AT89S52 configurado para usar o port P0 para receber os dados oriundos do ADC0804 e o port P2 conectado ao display LCD.

Os pinos P1.5, P1.6 e P1.7 foram configurados para controlar do LCD através dos pinos RS, RW e E, respectivamente.

Para configurar a interface de controle do ADC0804 com o microcontrolador, foram utilizados os pinos P3.0, P3.1 e P3.2 conectados aos pinos INTR/, WR/, RD/, respectivamente.

Quando o algoritmo identifica que a tensão está operando dentro de uma faixa proibida ele envia um sinal de desligamento para o disjuntor. Esse sinal é enviado através do pino P3.3.

3.5 Display LCD

Módulos de display LCD de caracteres alfanuméricos são interfaces de comunicação visual muito úteis. Eles se encontram em quase todos os aparelhos domésticos, eletroeletrônicos, automóveis, instrumentos de medição etc.

Aqui ele será usado para que quem estiver interagindo com o relé possa saber qual o valor da tensão real naquele momento. E em caso de atuação da proteção será apresentado no LCD qual proteção foi operada.

3.6 Algoritmo

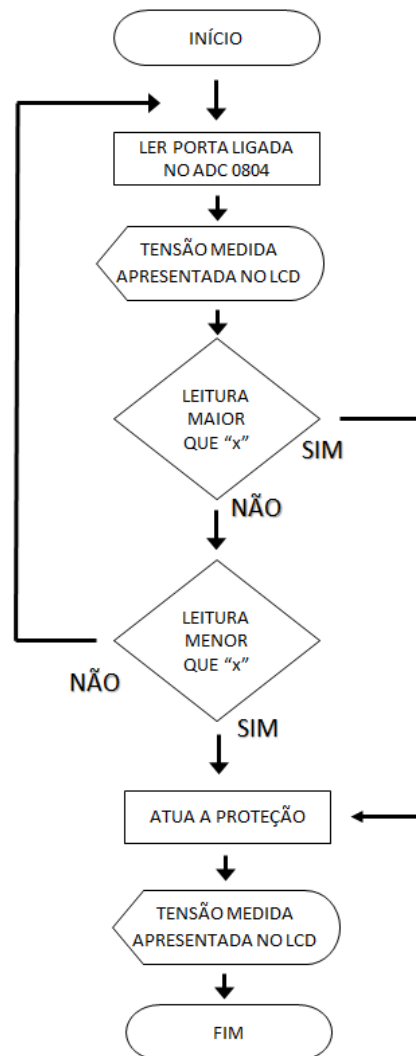


Figura 1 – Fluxograma do algoritmo (Fonte própria).

O algoritmo foi desenvolvido em linguagem Assembly na IDE MCU 8051 e conta com sequência de inicialização do LCD, controle de início e término do ciclo de conversão do adc0804, banco de dados com 256 entradas para comparação com valor medido, rotina de decisão para saber se a medição está ou não em zona de atuação e rotina para atuação da proteção.

3.7 Esquemático Proposto

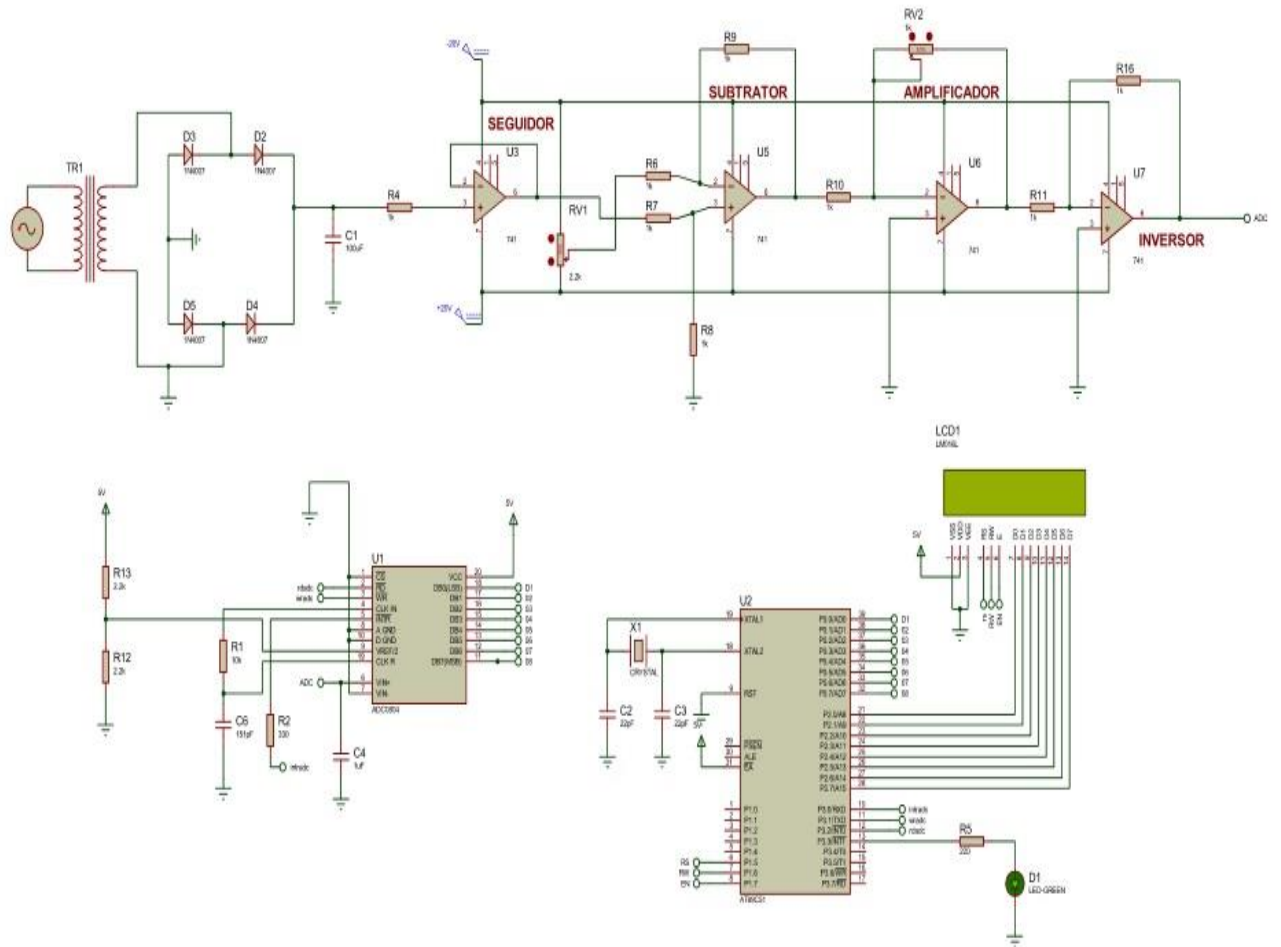


Figura 2 – Esquema Elétrico (Fonte própria).

Diagrama elétrico com estágios de aquisição do sinal CA, conversão para CC, tratamento para estabilização e ajuste de offset, conversão analógica-digital, processamento e apresentação de resultados.

4 RESULTADOS

Através de simulação no programa ISIS Proteus foi possível obter dados quanto ao desempenho do projeto proposto.

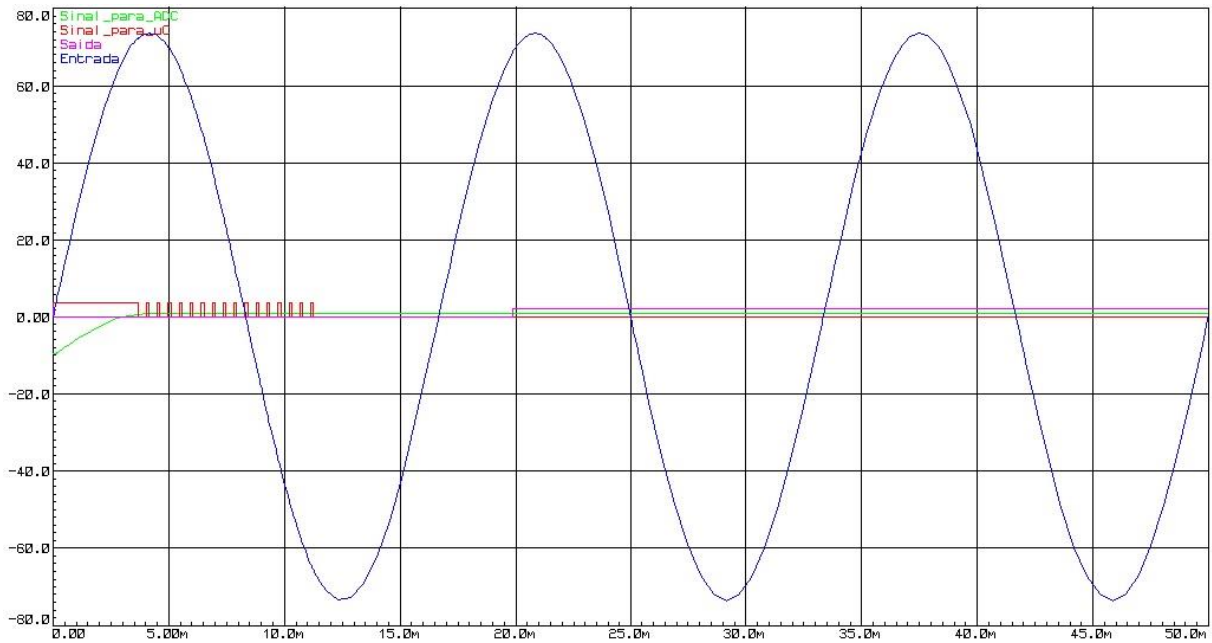


Figura 3 – Sinais analógicos e digitais (Fonte própria).

No mesmo gráfico está inserido o sinal senoidal de entrada, o sinal contínuo após o tratamento, o sinal de início da operação do conversor analógico-digital e por fim o sinal indicando a atuação da proteção.

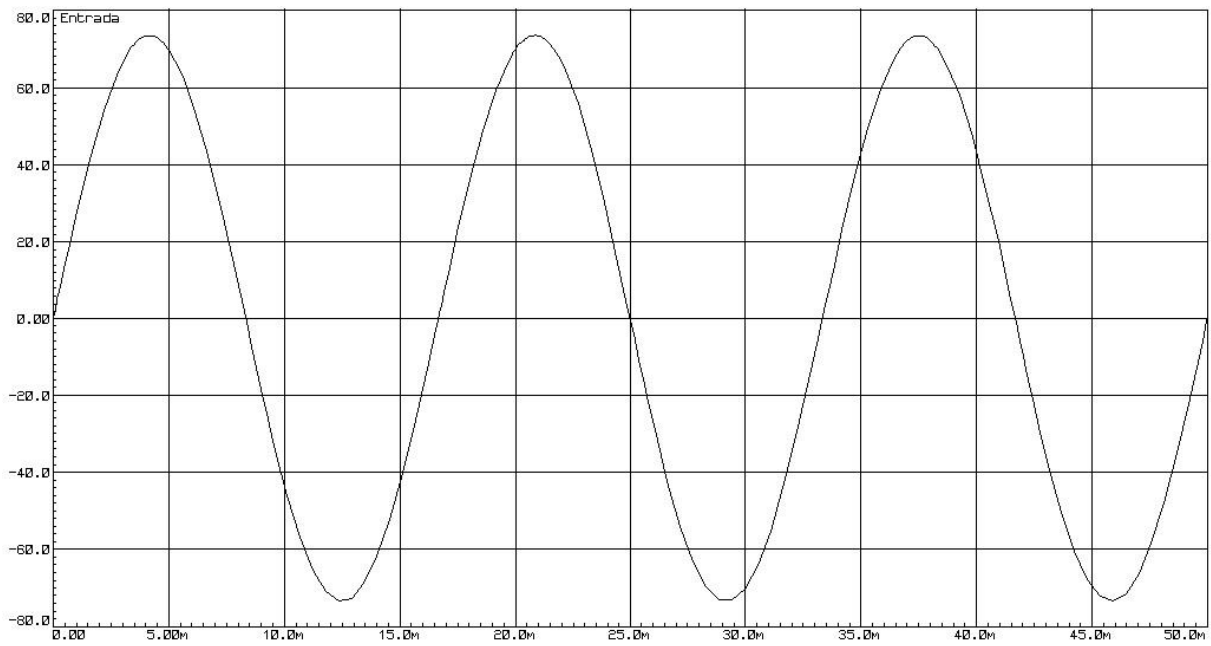


Figura 4 – Sinal analógico de entrada (Fonte própria).

Na figura 4 é apresentado o sinal senoidal de tensão proveniente do secundário do Transformador de Potência (TP). Essa é a amostra de tensão entregue ao relé para ser processada e calculado se a tensão está dentro da faixa em que deve ocorrer a atuação da proteção de subtensão ou sobretensão.

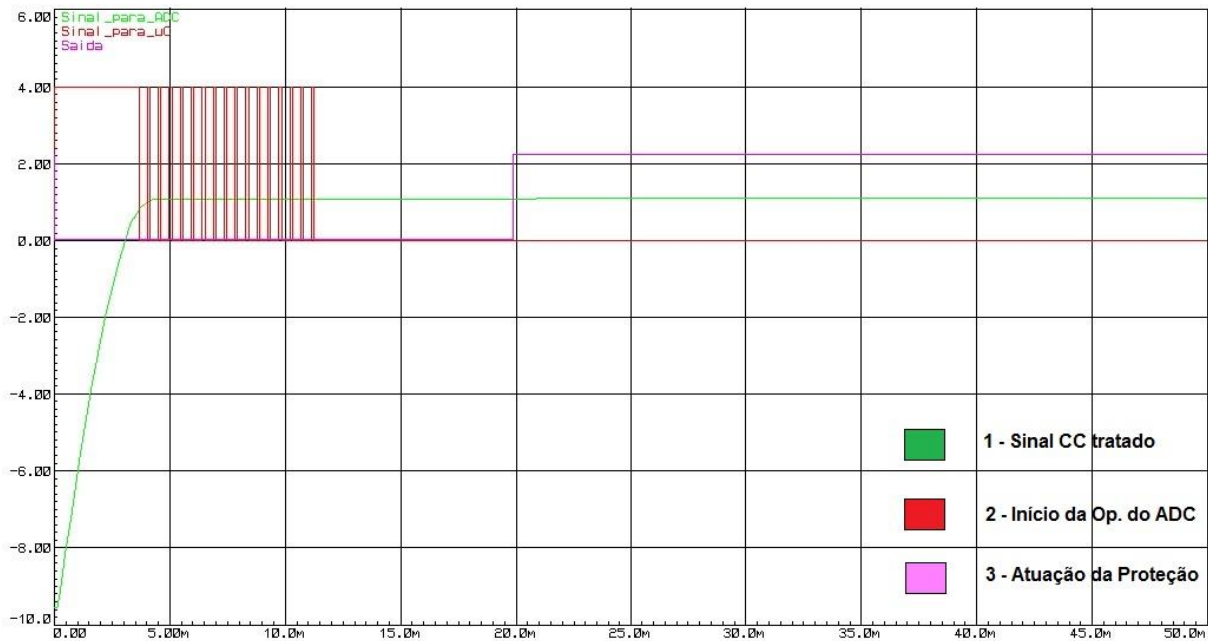


Figura 5 – Sinais analógico CC e sinal digital (Fonte própria).

O sinal senoidal após ser convertido em contínuo e tratado é apresentado na curva 1. Ele demora em torno de 4.66ms para se tornar estável e pronto para ser convertido em dados digitais.

A curva 2 apresenta o sinal do conversor analógico-digital mostrando que o início da conversão se dá em 4,16ms.

Ao ser iniciado o sistema estabiliza o sinal de entrada, inicia a conversão analógica-digital, e o microcontrolador definir se a tensão está em faixa de atuação da proteção e então há o envio de um sinal de controle para execução dessa ação. Esse sinal é apresentado pela curva 3 e atua em 20ms.

5 CONCLUSÃO

No Brasil os Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema (O.N.S) recomendam que o tempo de atuação dos relés de proteção quando de configuração para operação instantânea não exceda os 100ms.

Podemos observar que o resultado da simulação nos coloca com um tempo de atuação em torno de 20ms. Levando em consideração que o equipamento está sendo iniciado e processando a informação para em seguida decida operar ou não conforme necessidade, o desempenho do equipamento está satisfatório.

Após o resultado das simulações, concluiu-se ser perfeitamente possível a construção de um relé digital micro controlado baseado em 8051 para aplicações em Sistemas de Potência.

Futuros trabalhos que venham seguir essa linha podem implementar melhorias no algoritmo fazendo-o ficar mais enxuto e diminuindo o tempo de processamento, no hardware tornando-o mais robusto, além de medir corrente e frequência para aumentar o números de funções do Relé.

REFERENCIAS

- [1] Nicolosi, D. E. (2008). *Laboratorio de microcontroladores: familia 8051: treino de instruções, hardware e software*. São Paulo: Erica.
- [2] Atmel Corporation. (2008). Datasheet: AT89S52 8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash.
- [3] Braga, N. C. (2017). *Relés: Circuitos e aplicações*. São Paulo: Newton C. Braga.
- [4] Coury, D. V., Oleskovicz, M., & Giovanini, R. (2007). *Proteção Digital de Sistemas Elétricos de Potência: Dos Relés Eletromecânicos aos Microprocessados Inteligentes*. São Carlos - SP: EESC-USP.
- [5] Filho, J. M., & Mamede, D. R. (2014). *Proteção de Sistemas Elétricos de Potência*. Rio de Janeiro - RJ: LTC.
- [6] Gimenez, S. P. (2002). *Microcontroladores 8051: Teoria do hardware e do software / Aplicações em controle*. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- [7] IEEE C37.2-1996. (s.d.). *Standard Electrical Power System Device Function Numbers and Contact Designations*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- [8] IEEE C37.90-1978. (s.d.). *IEEE Standard for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- [9] Intersil Americas Inc. (2002). Datasheet: ADC0803, ADC0804.
- [10] Maezono, P. K. (2006). *Proteção de Sistemas Elétricos - Proteção de Linhas de Transmissão*. São Paulo: Virtus Consultoria e Serviços LTDA.
- [11] Monaro, R. M. (2007). *Sistema de Aquisição de Dados para um Relé de Proteção Digital de Baixo Custo*. Trabalho de conclusão de curso de graduação, UFSCAR, São Carlos, SP, Brasil.
- [12] Nicolosi, D. E. (2007). *Microcontrolador 8051: detalhado*. São Paulo: Erica.
- [13] ONS. (2002). Procedimentos de Rede - Submódulo 21.2 - Estudos Pré-Operacionais de Instalações da Rede de Operação. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [14] ONS. (2011). ONS RE 3/109/2011 - Filosofias das Proteções das Linhas de Transmissão de Tensões Iguais e Superiores a 345 KV. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [15] ONS. (2017). Procedimentos de Rede - Submódulo 11.7 - Proteções de caráter sistêmico. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [16] ONS. (2017). Procedimentos de Rede - Submódulo 2.6 - Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [17] Pertence Junior, A. (2003). *Eletrônica Analógica: amplificadores operacionais e filtros ativos: teoria, projetos, aplicações e laboratório*. Porto Alegre - RS: Bookman.
- [18] Silva, M. G. (2012). *Avaliação de Desempenho de Relés de Proteção Digitais*. Trabalho de conclusão de curso de graduação, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [19] Silva, V. P. (2003). *Aplicações Práticas do Microcontrolador 8051*. São Paulo: Erica.
- [20] Texas Instruments. (2015). Datasheet: ADC080x 8-Bit, μ P-Compatible, Analog-to-Digital Converters.
- [21] Xavier, B. C. (2007). *Ampliação de uma subestação de 500kV associada à expansão do sistema elétrico*. Trabalho de conclusão de curso de graduação, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.