

DESENVOLVIMENTO DE UMA UNIDADE TERMINAL REMOTA PARA APLICAÇÕES EM SISTEMAS DE CONTROLE DISTRIBUIDOS UTILIZANDO O PROTOCOLO MODBUS

José Reinaldo Machado Filho – josereinaldom@gmail.com
CEFET-MG, Departamento de Eletroeletrônica
Rua José Peres, 558
36.700-000 – Leopoldina – Minas Gerais

Lindolpho Oliveira de Araújo Junior – lindolpho@leopoldina.cefetmg.br
CEFET-MG, Departamento de Eletroeletrônica
Rua José Peres, 558
36.700-000 – Leopoldina – Minas Gerais

Resumo: *Com a crescente demanda por sistemas de controle distribuídos que sejam confiáveis, robustos, de fácil utilização e que ao mesmo tempo apresentem um preço acessível com relação às suas aplicações, torna-se evidente a necessidade do desenvolvimento e estudo das aplicações dos equipamentos de hardware e software utilizados nestes sistemas. Devido à rápida disseminação e aos benefícios oriundos de tais sistemas, assim como ao crescimento do mercado na área, foi desenvolvida uma unidade terminal remota (UTR) que utiliza o protocolo Modbus para comunicação entre dispositivos, com o objetivo primário de ser utilizada em conjunto a um SoftPLC, podendo ser aplicada para fins didáticos e de pesquisas relacionadas à área. O protótipo passou pelos testes preliminares e encontra-se em fase de ajustes finais para sua disponibilização para uso em atividades de ensino e pesquisa no CEFET-MG.*

Palavras-chave: *Sistemas de Controle Distribuídos, Unidade Terminal Remota, SoftPLC, Modbus*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, existe uma vasta gama de aplicações para os sistemas de controle distribuídos, sendo que estes são cada vez mais utilizados em ambientes industriais de maneira confiável e amigável aos operadores, o que leva à necessidade de sua introdução e exploração no meio acadêmico.

A medição, controle e dispositivos atuadores clássicos de sistemas de controle eram baseados puramente em princípios físicos (mecânicos, hidráulicos, pneumáticos e elétricos), sendo frequentemente utilizados em sistemas ou dispositivos que operavam sem a necessidade de comunicação com outros sistemas e que atuavam em sistemas de automação relativamente simples (DIEDRICH *et al.*, 2000). No entanto, sistemas distribuídos apresentam

maior complexidade e um grande leque de funções em relação aos sistemas que operam individualmente, já que estes são capazes de comunicar-se em redes de comunicação através de diversos protocolos existentes atualmente. Através destes protocolos de comunicação, é possível controlar e monitorar sistemas distribuídos com a utilização de determinados equipamentos, como remotas em conjunto a um software que permita atualização e verificação de dados do sistema, por exemplo. Portanto, é necessário encontrar-se soluções viáveis para o controle destes casos.

Uma solução de controle que vem se tornando bastante comum são controladores programáveis baseados em computadores industriais e/ou pessoais, utilizados para controle por meio de softwares “SoftPLC”, controladores implementados via software. A utilização dos computadores em conjunto com o SoftPLC dá ao sistema de controle maior flexibilidade, capacidade de monitoramento e armazenamento, além de permitir cálculos mais complexos quando comparados aos controladores programáveis tradicionais (LIMA *et al.*, 2013).

Assim, com os benefícios provindos de sistemas controlados remotamente e a possibilidade de utilização das remotas em conjunto com SoftPLC, não apenas no meio industrial, mas também para fins didáticos, havendo uma ampla camada de aplicações como em laboratórios remotos, projetos de pesquisa e desenvolvimento, assim como a possibilidade de aperfeiçoamento da mesma em projetos como TCC’s, torna-se evidente a importância do desenvolvimento e estudo de novas tecnologias baseadas nestes princípios.

Portanto, este trabalho apresenta o desenvolvimento do módulo escravo de uma unidade terminal remota, com o objetivo de trabalhar em conjunto a um SoftPLC em sistemas descentralizados utilizando o protocolo Modbus RS-485 para comunicação, tornando possível a implementação e utilização do protocolo Modbus TCP/IP e podendo ser aplicada de diferentes maneiras para o ensino.

2. ACESSO REMOTO A SISTEMAS DE CONTROLE DISTRIBUIDOS

Os sistemas de controle de processos estabelecem o controle e a supervisão de processos de produção. Estes conectam o operador e as máquinas, e consistem de dispositivos de entrada e saída, unidades de processamento de dados, interfaces homem-máquina e sistemas de comunicação (DIEDRICH *et al.*, 2000). Em sistemas de controle que utilizam remotas, os dispositivos de entrada e saída podem ser encontrados nas mesmas, sendo que, para o caso de módulos remotos escravos, o processamento de dados é realizado de forma separada, ou seja, a remota é responsável por “ler” a situação dos dispositivos encontrados em campo, tais como sensores, comunicar-se com o módulo mestre (podendo este ser uma remota ou um software), e realizar as ações solicitadas pelo módulo mestre, como a atualização de determinada saída, por exemplo. Portanto, é possível realizar diferentes tipos de controle com a utilização de um sistema deste tipo, através de sensores ligados às entradas das remotas, e atuadores às suas saídas. O processamento do sinal de controle pode ser realizado no módulo mestre que se comunica com a remota.

Na Figura 1 é apresentada a simplificação de um sistema de controle distribuído, onde há um controlador, que no caso é o módulo mestre, podendo ser um Controlador Lógico Programável 1 (CLP) convencional ou um SoftPLC, módulos escravos do sistema, que são remotas e só se comunicam caso solicitado pelo controlador, e os periféricos encontrados em campo.

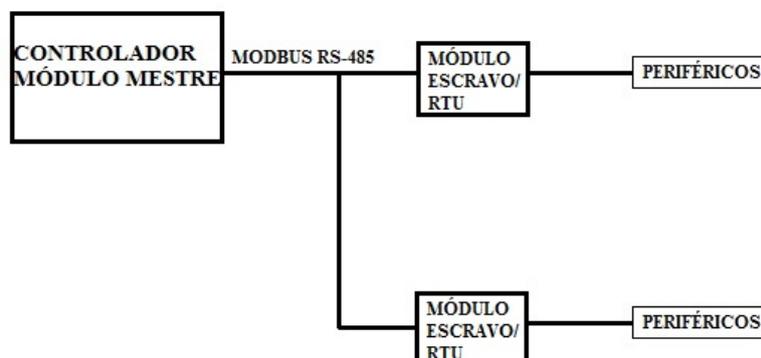


Figura 1: Sistema de Controle Distribuído.

A RTU tratada neste trabalho será utilizada como um módulo escravo de um SoftPLC comunicando-se através do protocolo Modbus e sendo capaz de ser utilizada para o ensino, em laboratórios remotos, por exemplo, o que torna possível melhor assimilação dos sistemas encontrados na prática pelos alunos, bem como o desenvolvimento de novas técnicas associadas aos protocolos de comunicação, a título de exemplificação.

2.1. SoftPLC

Os programas chamados SoftPLC's, são controladores com objetivos e funções similares às de um CLP convencional, porém, todo o processo de programação, processamento de dados e armazenamento de programas é realizado através de um software, o que pode ser mais viável dependendo das aplicações, devido ao rápido crescimento das tecnologias em computação e ao preço relativamente acessível de computadores.

Um exemplo de SoftPLC é o software ProPLC®, que foi desenvolvido pelo CEFET-MG, tendo como finalidade principal a automação de máquinas e equipamentos, bem como a utilização em processos de menor porte. Porém, pode ser utilizado como ferramenta para o ensino de sistemas de controle distribuído baseado no padrão IEC 61499 (LIMA *et al.*, 2013).

2.2. RTU-Remote Terminal Unit

Conforme definido pelo ANSI (*American National Standards Institute*), o termo RTU (*Remote Terminal Unit*), ou Unidade Terminal Remota, refere-se a um equipamento de uma estação remota de um sistema supervisório, e o termo sistema supervisório engloba todos os equipamentos de controle, indicadores e equipamentos associados à telemetria em uma estação mestre, assim como todos os dispositivos complementares em estações remotas (SMITH & BLOCK, 1993).

Assim, uma remota trata-se de uma “extensão” de determinado controlador em um sistema, podendo este ser ou não baseado em PC. Uma remota contém interface para diversos tipos de periféricos, como entradas analógicas, entradas e saídas digitais, saídas a relé com o objetivo de acionar cargas de potência e saídas a PWM, bem como entradas e saídas específicas como uma entrada para termopar, por exemplo.



Um módulo remoto escravo permanece em um estado de “*stand by*” até que alguma ação seja solicitada através da utilização do dispositivo mestre, podendo se dar através de determinadas leituras de sensores presentes em suas entradas analógicas ou alterações diretas no sistema através de atuadores, como o acionamento de determinadas saídas para fins de controle.

2.3. Protocolo Modbus

O protocolo Modbus é um dos protocolos utilizados na indústria de automação e é largamente utilizado. Este protocolo também é utilizado como protocolo de comunicação padrão em diversos instrumentos de controle na área de automação, tais como PLC's, motores e diversos tipos de IHM's. O protocolo Modbus é integrado em produtos por seus fabricantes para que estes produtos possuam uma forma de interface de comunicação aberta com outros dispositivos (XU *et al.*, 2008).

Em sistemas distribuídos, é visível a necessidade de comunicação entre o controlador e os periféricos encontrados em campo, mais particularmente entre os dispositivos mestres e os módulos escravos que podem ser ligados a sensores e atuadores. Esta comunicação pode ser feita através dos pacotes do protocolo Modbus, que é um protocolo *open source* e permite o desenvolvimento para acessos via TCP/IP e ethernet. Tais protocolos são o RS-232, RS-485 e o Modbus TCP/IP. Neste trabalho serão abordados os pacotes RS-485 e TCP/IP.

O pacote RS-485 utiliza comunicação serial e é um método de comunicação assíncrona, sendo possível para o módulo mestre tanto enviar quanto receber dados a uma ou mais remotas instaladas em campo e interligadas a periféricos. Estas remotas podem estar localizadas a distâncias relativamente longas do módulo mestre e a comunicação é feita pela utilização de cabos de par trançado e por via de endereçamento dos periféricos com os quais se deseja comunicar.

Já no pacote TCP/IP, a comunicação entre os dispositivos mestre e escravo funciona por desenvolvimento de um modelo cliente/servidor, sendo que este pode ser adaptado com a utilização de conversores para que seja possível a comunicação com dispositivos que possuam somente acesso à comunicação por RS-485, tornando assim, a comunicação com diversos equipamentos encontrados atualmente no mercado, possível.

3. ARQUITETURA E PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA RTU

A remota desenvolvida tem como objetivo principal trabalhar em conjunto com um SoftPLC, porém, esta pode ser utilizada para fins didáticos, como em laboratórios remotos por exemplo, podendo ainda ser alvo de novos projetos de pesquisa e desenvolvimento, assim como trabalhos de conclusão de curso (TCC).

O protocolo Modbus foi utilizado para realizar a comunicação entre a remota e o módulo mestre, no caso, um SoftPLC, por este ser um protocolo *open source*, que está no mercado há um tempo relativamente grande, possibilitando fácil acesso a informações sobre o mesmo, e pelo fato de muitos equipamentos encontrados atualmente utilizarem ou terem suporte para o mesmo.

Para o processamento de dados pela RTU, foi utilizado um microcontrolador Microchip PIC, por apresentar uma boa confiabilidade e desempenho, preço acessível e por

haverem atualmente diversos materiais instrucionais, publicações e obras apresentando diferentes aplicações relacionadas aos mesmos.

3.1. Princípio de Funcionamento da RTU

O funcionamento da remota é realizado de maneira a fazer com que ela se comunique com o dispositivo mestre apenas quando solicitado, podendo haver diversos módulos escravos conectados a um único dispositivo mestre. A comunicação é dada de forma assíncrona, sendo possível enviar instruções para a remota o obter-se leituras do *status* das saídas da mesma. Na Figura 2 é exibido um diagrama contendo um módulo mestre, que pode ser um SoftPLC ou uma remota, e módulos escravos que são ligados a periféricos como sensores e atuadores.

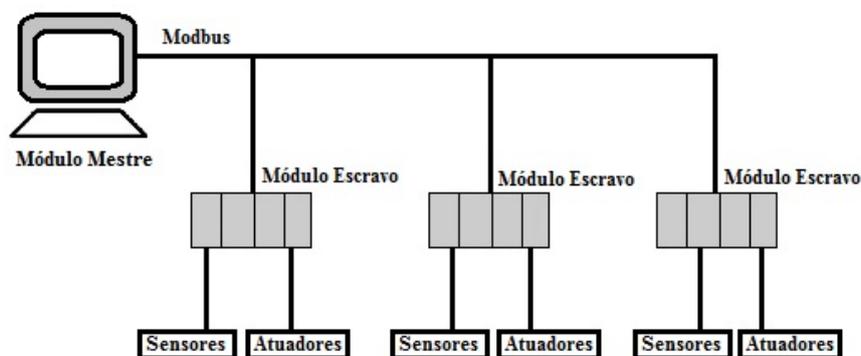


Figura 2: Diagrama contendo um sistema de RTU's mestre/escravo.

3.2. Hardware da Remota

O hardware da RTU desenvolvida conta com 4 entradas digitais opto-isoladas, 4 entradas analógicas, 2 saídas a PWM, 2 saídas a relé e ainda 4 opções de I/O's flexíveis, podendo ser configuradas como entradas ou saídas, através de software, dependendo da necessidade de aplicação. Na Figura 3 é mostrado o circuito utilizado nas entradas digitais opto-acopladas da remota.

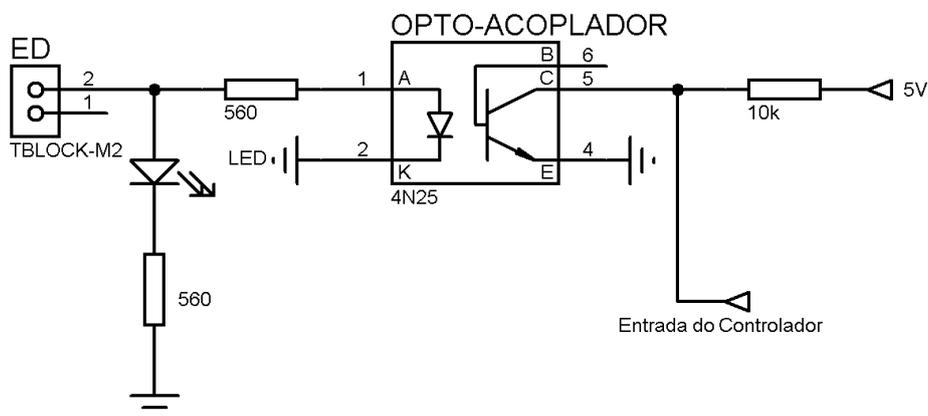


Figura 3: Circuito das entradas digitais opto-acopladas da RTU.

As entradas analógicas da remota utilizam conectores KRE e são ligadas diretamente às entradas do microcontrolador capazes de interpretar seus valores. Assim como as entradas analógicas, as saídas PWM e os I/O's flexíveis também utilizam conectores KRE conectados diretamente ao microcontrolador PIC.

Para a comunicação com a remota através do pacote RS-485 do protocolo Modbus, são utilizados conversores MAX485, e a placa da remota possui suporte para adaptação de “*shields*” e módulos para comunicação via Modbus TCP/IP. Estes módulos para comunicação via TCP/IP podem ser facilmente encontrados no mercado ou desenvolvidos em projetos de pesquisa.

Na Figura 4 é exibido o circuito utilizado nas saídas a relé da remota, com o intuito de acionar cargas de potência elevada em campo.

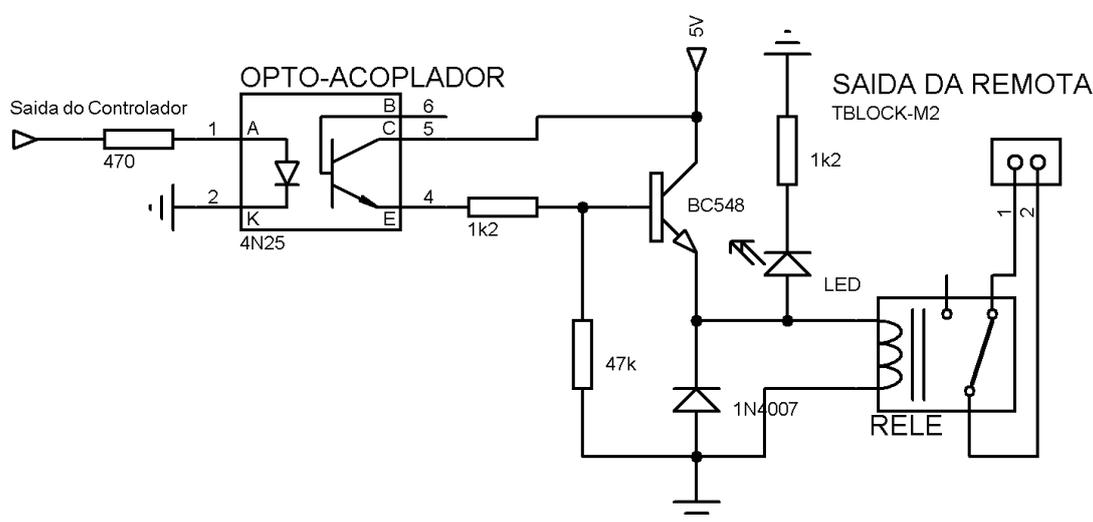


Figura 4: Circuito das Saídas a Relé implementadas na RTU.

3.3. Possibilidades de Utilização no Ensino e Para Pesquisa e Desenvolvimento

Com o desenvolvimento do módulo escravo da RTU, novas possibilidades para a realização de projetos de pesquisa e desenvolvimento são abertas, assim como novas oportunidades para a realização de aperfeiçoamentos e novas aplicações em projetos como TCC's, iniciações científicas e extensão através do uso da RTU em conjunto com o ProPLC® desenvolvido em pequenas automações de máquinas e processos de pequeno porte.

Atualmente, com a utilização de dispositivos como uma remota, aliados aos diversos projetos de P&D existentes, torna-se possível inovar de diferentes maneiras quando se trata de sistemas relacionados a diversos tipos de controle e diferentes níveis de automação de processos. Existe também um grande leque de possibilidades relacionadas ao desenvolvimento de novas tecnologias, ao treinamento de profissionais e ensino a estudantes em sistemas de controle, o que leva a possibilidade de criação de novos sistemas e tecnologias aplicadas aos sistemas de controle distribuídos.

Além disso, o desenvolvimento de uma remota reflete diretamente no ensino, dando suporte à criação de laboratórios remotos, e à visualização do funcionamento de diferentes processos na prática, tornando a saída do ambiente de simulação possível. Os laboratórios

remotos são ambientes que funcionam online, pelos quais usuários podem operar instrumentos e coletar dados remotamente. Tais laboratórios foram implementados com sucesso em diversas universidades (MAITI *et al.*, 2014).

As possibilidades de ensino não se limitam apenas à área de controle, podendo também ser aplicada ao ensino de protocolos baseados em comunicação serial e ethernet, assim como no desenvolvimento de novos módulos e “Shields” capazes de atuar como diferentes periféricos da remota.

4. TESTES E RESULTADOS PRELIMINARES

Preliminarmente, foram realizados testes de comunicação através de simulação, com utilização do protocolo Modbus RS-485 e com o microcontrolador utilizado na remota operando em conjunto a um SoftPLC, o ProPLC® (LIMA *et al.*, 2013) desenvolvido no laboratório do grupo de pesquisa em controle, automação e energia, o que possibilitou o teste da operação da remota operando com o protocolo Modbus RS-485. Com relação ao hardware da remota, os circuitos das entradas analógicas e digitais opto-acopladas foram testados com sucesso na prática, assim como as saídas PWM e a relé. Com relação aos I/O's flexíveis, foi desenvolvido um software que possibilita sua configuração antes da utilização da remota em um sistema de automação. A Figura 5 exibe uma montagem prática realizada em um protoboard, ainda durante a fase de teste e validação, contendo um circuito com uma entrada digital opto-acoplada e uma saída à relé, utilizadas na remota. Em teste de operação de leitura e escrita através da RTU foram enviados pacotes via Modbus da RTU para o Computador e do Computador para a RTU sem apresentação de nenhuma perda. A plataforma utilizada foi um computador desktop equipado com um processador Intel® Core i5-2500k com processamento a 3.3GHz. Testes mais apurados serão realizados, em estágio futuro da pesquisa, com o objetivo de caracterização da RTU conforme normatização internacional.

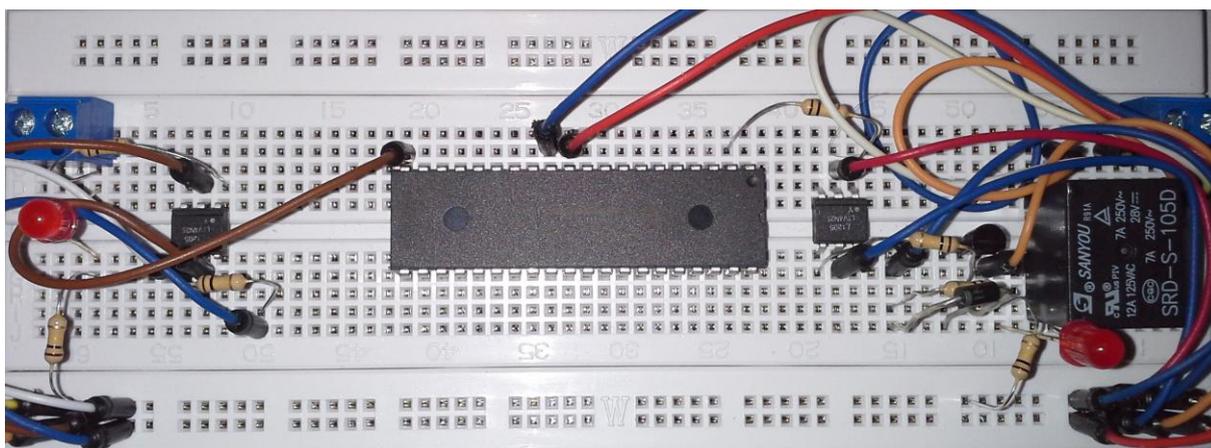


Figura 5: Circuito contendo uma entrada digital opto-acoplada e uma saída à relé.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao crescimento do número de sistemas de controle distribuídos encontrados no ambiente industrial, bem como a criação e o desenvolvimento de novas tecnologias que



apresentem opções inovadoras para o mercado tornam-se necessária. Portanto o trabalho desenvolvido é de extrema relevância para atividades de ensino, pesquisa e extensão, sendo a extensão realizada através de transferência tecnológica. Com o desenvolvimento de uma unidade terminal remota de hardware aberto e que possa ser utilizada em atividades de ensino, e em projetos de pesquisa e desenvolvimento junto a um SoftPLC, abre-se uma gama de possibilidades de implementações e aperfeiçoamentos da mesma para que esta possa ser utilizada em laboratórios remotos e módulos de ensino, podendo assim contribuir para a formação de novos profissionais.

Os testes preliminares de operação apontam para a possibilidade de adequação à normas internacionais e a possibilidade de uso em conjunto com um PLC baseado em software, no caso o ProPLC®. O fato de não ter apresentado perdas em testes de bancada não são conclusivos para validar a RTU em ambientes extremamente ruidosos como o ambiente industrial, mas revelam um cenário promissor.

Outra possibilidade que se abre com o desenvolvimento e uso desta tecnologia é a possibilidade de desenvolvimento de laboratórios remotos no CEFET-MG Campus Leopoldina, através da conexão desta pesquisa com outra pesquisa em desenvolvimento relacionada a laboratórios remotos (FERRAZ *et al*, 2013).

Agradecimentos

Os autores do trabalho agradecem ao CNPq o apoio ao desenvolvimento deste trabalho, através do edital CEFET/CNPq 57/13: PIBITI 2013/2014, bem como o suporte do CEFET-MG, Fundação Cefetminas e FNDE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIEDRICH, C.; SIMON, R.; REIDL, M. Engineering of Distributed Control Systems. IEEE, p. 661-665, 2000.

FERRAZ, A.L.F.; SILVA, M.R.; OLIVEIRA, A.R.; ARAÚJO JUNIOR, L.O. Acesso Remoto: Importância da Implementação nos Laboratórios de Ensino de Engenharia no CEFET-MG – Campus Leopoldina. Cobenge, 2013.

LIMA, L.N.; LOPES, L.C.G; ARAÚJO JUNIOR, L.O. Uso de um SoftPLC Como Ferramenta para o Ensino de Sistemas de Controle Distribuídos Baseado no Padrão IEC 61499. Cobenge, 2013.

MAITI, A.; KIST, A.A.; MAXWELL, A.D. Using Network Enabled Microcontrollers in Experiments for a Distributed Remote Laboratory. IEEE, p. 180-186, 2014.

SMITH, H.L.; BLOCK, W.R. RTU Slave for Supervisory Systems. IEEE, p. 27-32, 1993.

XU, S.; PAN, H.; REN, J.; SU, J. Design of the Modbus communication through serial port in QNX operation system. IEEE, p. 434-438, 2008.



DEVELOPMENT OF A REMOTE TERMINAL UNIT FOR APPLICATIONS IN DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS BY USING MODBUS PROTOCOL

***Abstract:** With the current and growing demand for distributed control systems that are reliable, robust, easy to use, and at the same time presents an affordable price in compare to their applications, the need to develop and study the applications of their hardware and software equipment becomes evident. Thanks to the fast dissemination and benefits of these systems, as to the growth of the field, it was developed a remote terminal unit (RTU) which uses the Modbus protocol to interact with other devices, having the primary goal of being used with a SoftPLC, and being able to be used for researches and with didactic purposes related to the field.*

***Key-words:** Distributed Control Systems, RTU, SoftPLC, Modbus*