

UMA ABORDAGEM DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTA DE BAIXO CUSTO PARA ESTUDO DE MICROCONTROLADORES

¹Everson Osvanir da Silva; ²Roberto Alexandre Dias

^{1,2}Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, Curso superior de tecnologia em sistemas eletrônicos, Departamento Acadêmico de Eletrônica
Av. Mauro Ramos, 950
CEP: 88020-300, Florianópolis – SC
Email: ¹everson@nersd.org
²roberto@cefetsc.edu.br

Resumo: *O uso de ferramentas computacionais, bem como o uso da internet, têm suma importância para o desenvolvimento de soluções que visam o suporte à educação à distância, proporcionando novos desafios ao processo ensino-aprendizagem. Partindo deste princípio, este artigo apresenta uma abordagem de experimentação remota de baixo custo para estudo de microcontroladores, que faz parte do projeto intitulado Ambiente Virtual de Experimentação Remota (AVER), desenvolvido através de uma bolsa de iniciação científica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina (CEFETSC). O artigo irá apresentar um resumo de alguns projetos voltados às áreas de experimentação remota e ensino a distância e, em seguida, mostrará em detalhes a solução proposta para o desenvolvimento do projeto envolvido. Para solução do problema proposto foi desenvolvido um protótipo de hardware para gravação e execução remota de programas para microcontroladores da família PIC fabricado pela empresa Microchip e desenvolvido uma interface Web integrada ao ambiente virtual de aprendizagem Moodle para que os alunos possam interagir com os experimentos remotos.*

Palavras-chave: *Experimentação remota, ensino a distância, microcontroladores.*

1 INTRODUÇÃO

A evolução da Internet, sobretudo com o advento dos acessos residenciais de banda larga, permitiu a disponibilização de novos serviços na rede, com recursos multimídia e de operação em tempo real, a um maior grupo de pessoas.

Aplicações de colaboração em rede, com e-mail, bate-papos virtuais, fóruns de discussão, vídeo-conferência, *vídeo streaming* e vídeo sobre demanda, estão tornando-se cada vez mais acessíveis à sociedade.

Na mesma proporção, a evolução da microeletrônica e de sistemas digitais embarcados permite que diversos dispositivos sejam integrados às redes TCP/IP como a Internet.

Dentro deste cenário, o emprego da Internet como suporte à educação à distância, tem proporcionado novos desafios ao processo de ensino-aprendizagem. A utilização das tecnologias citadas anteriormente proporciona um ambiente promissor de intercâmbio de informações entre professor-aluno e entre aluno-aluno, sem barreiras de tempo e espaço.

Dentro deste contexto, um caso particular da educação à distância é a possibilidade de execução de experimentos práticos de laboratório de forma remota, o que veio a se denominar *experimentação remota* (TRENTIN e SANTOS, 2000).

Segundo GOMES e DE SOUZA (2000) e WISINTAINER (1999), um laboratório de experimentação remota consiste de conjunto de instrumentos, kits de desenvolvimento, software de simulação, interligados através de uma rede local de comunicação de dados que pode ser acessada através de uma rede remota através da Internet. A Figura 1 ilustra o modelo geral de um laboratório de experimentação remota.

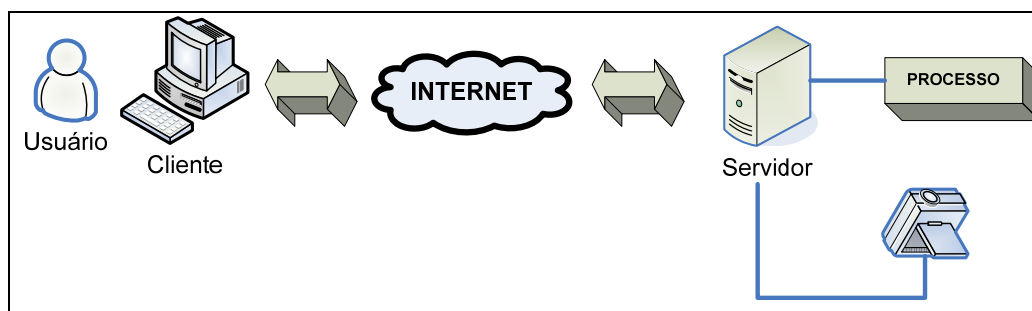


FIGURA 1 - Modelo Geral de Um Laboratório de Experimentação Remota.

Segundo SILVA (2001) e CHELLA (2006), as vantagens da utilização da experimentação remota são:

- Permitir interações com o mundo físico, o que garante que os resultados obtidos são os mesmos que se obteria localmente;
- Permite que os usuários tenham acesso a recursos que não possuem localmente;
- Custo reduzido para a realização de experimentos reais, sobretudo quando utilizados com equipamentos e componentes de alto custo;
- Experimentos podem ser realizados a qualquer hora e de qualquer lugar, desde que se tenha um acesso à *Internet*;
- Redução dos requisitos de espaço físico nos laboratórios uma vez que não existe necessidade de presença física dos alunos nos mesmos;
- Redução nas despesas de manutenção dos laboratórios de experimentação;
- Do ponto de vista pedagógico engloba comunicação e conhecimento baseado na liberdade, na pluralidade e na cooperação de forma mais ampla possível.

Alguns autores como FERREIRA e MUELLER (2004) defendem ainda que um experimento remoto não deve ser simplesmente uma réplica de um experimento presencial. De fato uma abordagem não substitui a outra, mas ambas devem ter o mesmo objetivo: facilitar o aprendizado.

No entanto, algumas considerações devem ser levadas em conta quando se empregam ferramentas virtuais de aprendizagem, segundo MENDES e FIALHO (2005):

- Acarretar uma falsa geração de habilidades e destrezas relacionadas ao saber fazer;
- A comodidade no manuseio de ferramentas virtuais, a ausência de riscos de danificação real de equipamentos e dispositivos.

Uma alternativa de suporte ao ensino à distância na área tecnológica, de uma maneira geral seria o emprego de ferramentas de simulação, no entanto, algumas desvantagens desta abordagem podem ser citadas:

- Erros de aproximação entre os modelos de simulação e os sistemas físicos, acarretando diferenças de desempenho entre a experimentação real e a simulação;
- Ausência de efeitos não determinísticos da compatibilidade eletromagnética nos sistemas simulados e que são encontrados em sistemas reais (como susceptibilidade a ruídos, efeitos transitórios);
- Controle total de variáveis, inclusive dos defeitos e imperfeições programáveis nos simuladores, pode gerar no estudante uma possível insegurança ou indeterminação em situações práticas reais.

Dentro deste cenário foi desenvolvido no Núcleo de Engenharia de Redes e Sistemas Distribuídos, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina o projeto de iniciação científica intitulado “Ambiente Virtual de Experimentação Remota – AVER”, com o objetivo de proporcionar a estudantes de cursos profissionalizantes na área de eletrônica um ambiente de experimentação remota via Internet, empregando ferramentas de colaboração (e-mail, chats, fóruns de discussão); ferramenta Web para acesso ao laboratório de experimentação remota, integrada a um ambiente virtual de aprendizagem AVA-Moodle, recentemente empregada na Instituição.

Neste projeto, privilegiaram-se soluções de baixo custo, como o emprego de microcomputadores antigos que seriam descartados; software livre de código aberto (sistema operacional Linux, linguagem de programação PHP e C) e hardware de baixo custo (kits de desenvolvimento de microcontroladores).

No capítulo 2 será apresentada uma revisão de literatura sobre os trabalhos relacionados com experimentação remota. No capítulo 3 e 4 será apresentada a solução proposta pelo projeto AVER. No capítulo 5 serão confrontadas as idéias dos autores apresentados no capítulo 2 com a proposta do projeto. Por fim, no capítulo 6 e 7 será discutida a avaliação do ambiente realizada por alunos do Curso Superior de Sistemas Eletrônicos do CEFET-SC e as considerações finais do trabalho.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

O tema experimentação remota já vem sendo desenvolvido há muito tempo em nível mundial. No entanto, a expansão e socialização da Internet, com a evolução dos acessos de banda larga incrementou o desenvolvimento destas iniciativas. Existem diversos laboratórios de experimentação remota consolidados. Entre eles podemos citar:

Laboratório de experimentação remota da Universidade de Carnegie Mellon: permite experimentos com circuitos eletrônicos reais isolados, ou para controle de um motor. Uma câmera de vídeo coloca a disposição imagens dos equipamentos em uso. Alguns circuitos são restritos a alunos matriculados em determinadas disciplinas (SILVA, 2001).

Laboratório de experimentação remota da Universidade de Western Austrália: é constituído de um robô industrial e permite a manipulação de objetos com o uso de uma

garra. O usuário pode especificar as coordenadas desejadas para o movimento e a operação de abrir ou fechar a garra. Imagens de vídeo do robô são disponíveis (SILVA, 2001).

Laboratório de experimentação remota da Universidade de Brasília: É composto por um manipulador de dois graus de liberdade, ao qual está acoplada uma câmera de vídeo. Permite que se visualizem áreas específicas de um ambiente pela movimentação do manipulador. As coordenadas do movimento são selecionadas pelo usuário.

RExLab – O Laboratório de Experimentação Remota da Universidade Federal de Santa Catarina: É constituído de uma placa que contém um microcontrolador 8051 e permite que programas em *assembly* sejam executados no 8051. Extensões foram feitas para o microcontrolador PIC17C43 e os resultados gerados podem ser visualizados por meio de uma câmera WISINTAINER (1999).

Laboratório da Universidade do Tennessee- Chattanooga: É constituído de várias plantas reais, e permite que se realizem experimentos de identificação ou controle. Pode-se especificar o tipo de sinal de comando e os parâmetros de um controlador PID (Proporcional Integral Diferencial). Apresenta seus resultados na forma de gráficos ou dos dados gerados no experimento. Dispõe ainda de um vasto conjunto de textos relativos à *Teoria de Controle* e dos experimentos em si. Utiliza o *LabView*, uma ferramenta de software voltada as aplicações de aquisição de dados.

Muitas teses de doutorado e artigos técnico-científicos foram publicadas recentemente. A seguir uma lista, não exaustiva, de trabalhos relacionados.

Em CHELLA (2006) é apresentada uma arquitetura de hardware e software para experimentação remota na área de eletrônica básica. Neste trabalho foi adotado um modelo de experimentação baseado na Internet, utilizando interface Web para interação com os experimentos e uma aplicação dedicada para interação com instrumentos digitais (osciloscópios, voltímetros, freqüencímetros, amplificadores de medição), que dispõe de interface GPIB (*General Purpose Interface Bus*). A conexão dos kits de experimentação com a ferramenta emprega a interface serial no padrão USB, através de uma placa de controle ligada às placas de experimentais.

Em FREITAS *et al* (2004) é apresentado o emprego do Laboratório de Ensino Remoto de Automação da UnB. Este trabalho discute aspectos de seleção de tecnologias de hardware e software necessários à implementação do ambiente de experimentação remota na área de automação e mecatrônica. São discutidos os critérios de seleção de linguagens de programação, gerenciadores de bancos de dados e, apresentado o modelo geral do ambiente de experimentação remota da UnB. Este trabalho ilustra o uso da experimentação remota neste laboratório na área de automação do nível de fluidos em reservatórios, através do projeto e implementação de controladores PID, tudo executado remotamente, via Internet.

Em CROCOMO (2003) é apresentada uma abordagem de prototipação de circuitos eletrônicos elementares de forma remota (circuitos RC série/paralelo e amplificadores transistorizados). Nesta abordagem os componentes eletrônicos são interligados a uma matriz de interconexão de circuitos, que pode ser roteada remotamente a partir dos diagramas esquemáticos. O roteamento corresponde às coordenadas de interligação dos componentes eletrônicos na matriz. Uma aplicação, através do emprego de CGIs (*common gateway interface*), envia os dados de roteamento para um circuito de controle que comuta um conjunto de reles ligados a cada nó da matriz de interconexão. Com isso, são configurados os circuitos eletrônicos a serem experimentados. Para visualização dos resultados, os nós roteados da matriz podem ser conectados as entradas de uma placa de aquisição de dados, que por sua vez podem ser amostrados através da aplicação LAbView.

A integração de ferramentas de colaboração com ambientes de experimentação remota foi abordada em DA SILVA (2006). Neste trabalho foi apresentada uma abordagem do emprego da experimentação remota integrada a ferramentas colaborativas como suporte das atividades de ensino-aprendizagem em cursos de educação à distância. Neste trabalho uma extensa análise da teoria pedagógica subjacente ao ensino colaborativo à distância foi apresentada, a fim de subsidiar uma proposta de arquitetura de um laboratório de experimentação remota. Como estudo de caso, foi apresentada a arquitetura RexNET, do Laboratório de Experimentação Remota da UFSC (RexLAB).

A proposta de um modelo de laboratório de Experimentação Remota, para o ensino da teoria de controle foi apresentado em SILVA (2001). Neste trabalho foi feita uma análise dos requisitos para execução de experimentação remota na área de controle analisando-se os experimentos realizados no laboratório de controle do departamento de engenharia elétrica da Universidade Federal do Pará (UFPA). Para reproduzir remotamente os experimentos encontrados no laboratório presencial, a abordagem propõe uma abordagem de três camadas, onde uma aplicação cliente via Web, disponibilizada aos alunos, interage com um servidor centralizado. Este por sua vez se comunica com um servidor gerenciador de experimentos, que por sua vez se conecta a uma placa de interfaceamento com o experimento a ser executado. O servidor centralizado ainda agrega ferramentas colaborativas como servidor Web com hipertextos explicativos, chat on-line, gerenciamento de tarefas. Para validação do modelo vários experimentos na área de controle foram disponibilizados.

3 DESCRIÇÃO DA PROBLEMÁTICA

A proposta do presente trabalho visa analisar as abordagens de experimentação remota existentes na literatura, para proposição de um modelo geral de laboratório de experimentação remota via Web, que pudesse ser suficientemente genérico para ser empregado como suporte ao ensino-aprendizado em cursos de educação à distância na área de eletroeletrônica.

Mais especificamente, buscou-se uma abordagem de baixo custo, empregando hardware barato e computadores muitas vezes considerados obsoletos e descartados em algumas instituições de ensino. Além disso, outro critério considerado foi privilegiar software de domínio público e de código aberto, reduzindo custos de implantação e favorecendo a interoperabilidade e livre distribuição da solução. Como requisito final, a proposta deve contemplar o emprego de ferramentas virtuais de colaboração, facilitando seu emprego em cursos de educação à distância ou semi-presenciais.

4 SOLUÇÃO PROPOSTA

O projeto AVER propõe uma incitativa de agregar um conjunto de ferramentas computacionais que auxiliem o processo de ensino e aprendizagem em disciplinas na área de eletroeletrônica, em cursos de formação profissional, alicerçados nos modelos de aprendizagem construtivista e cooperativista. Para tanto, o Projeto AVER emprega uma infra-estrutura virtual de aprendizagem composta de três componentes básicas, de acordo com a Figura 2.

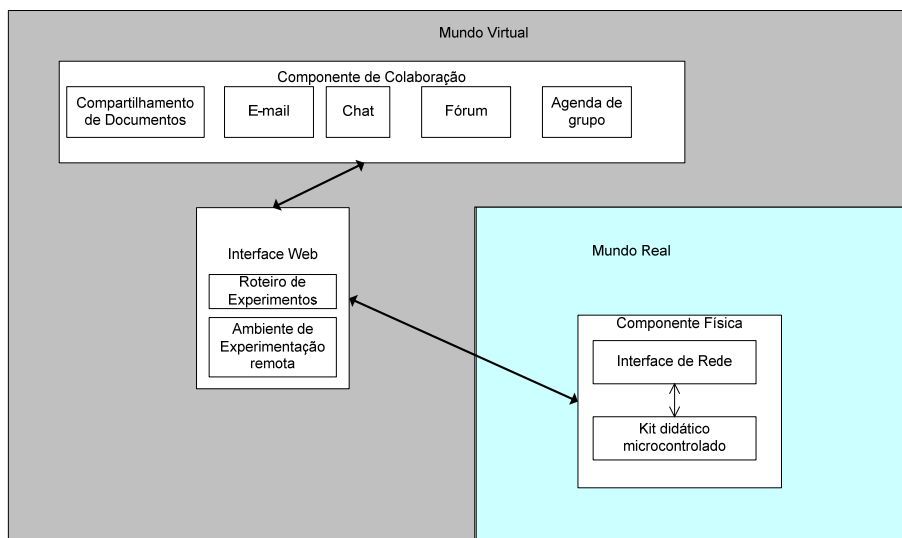


FIGURA 2 – Infra-estrutura do Projeto AVER.

4.1 Componente de colaboração

O modelo cooperativista de ensino permite que o aprendiz seja capaz de trocar idéias, conflitar opiniões em busca de novos conhecimentos. Neste sentido, o módulo de cooperação atua como um ambiente central, a partir do qual o aluno terá acesso a todas as tecnologias do AVER. Nesta componente serão empregadas de forma integrada, as principais ferramentas de colaboração. O modelo cooperativo é muito útil para trabalhos em grupo, possibilitando que diferentes grupos possam testar diferentes hipóteses, e assim, ter um contato mais “real” com os conceitos envolvidos com os problemas em estudo.

Desta forma, o projeto incorporou o Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem AVA-Moodle, criado por DOUGIAMAS (2008), que dispõe de vários os recursos de interatividade tais como, chat, fórum, wikis, armazenamento de arquivos, enquetes, questionários, entre outros. Como este ambiente já foi adotado pelo programa Universidade Aberta do CEFET-SC, foi utilizado para ter acesso a todos os recursos que o projeto AVER proporciona, desde a documentação do projeto até o protótipo funcional que poderá ser testado por qualquer pessoa interessada.

4.2 Interface WEB

É composta de uma página Web dinâmica que guia o estudante na execução de roteiros de experimentos previamente elaborados pelo tutor ou pelo próprio estudante. A partir deste ambiente, o usuário pode testar projetos de eletrônica digital remotamente, podendo interagir com as entradas do microcontrolador e visualizar em tempo real a resposta em suas saídas através da câmera ou recuperar para a página web os dados estáticos nas saídas do microcontrolador. Esta componente possui também o controle de acesso aos kits disponíveis, permitindo que apenas um usuário utilize um kit de cada vez. De forma básica, a página WEB dispõe dos recursos mostrados na Figura 3.

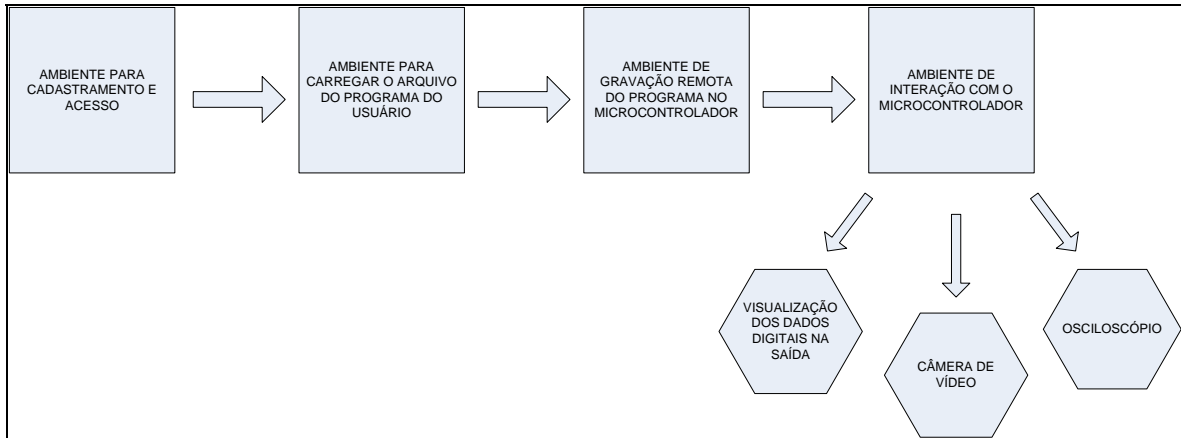


FIGURA 3 – Principais recursos disponibilizados na interface WEB.

A página de execução possui três abas para manuseio de um kit de didático para microcontrolador: a aba de carregamento do arquivo do código do programa para o microcontrolador pelo usuário, a aba de gravação remota e a aba de interação com o microcontrolador. Esta última, mostrada na Figura 4, possui um painel de controle dos estados dos pinos de entradas, um painel de visualização remota dos sinais digitais dos pinos de saídas e uma interface de visualização em tempo real através de uma câmera de vídeo. Posteriormente, poderá ser acessado um painel remoto de um equipamento de medição, tal como, um osciloscópio digital.

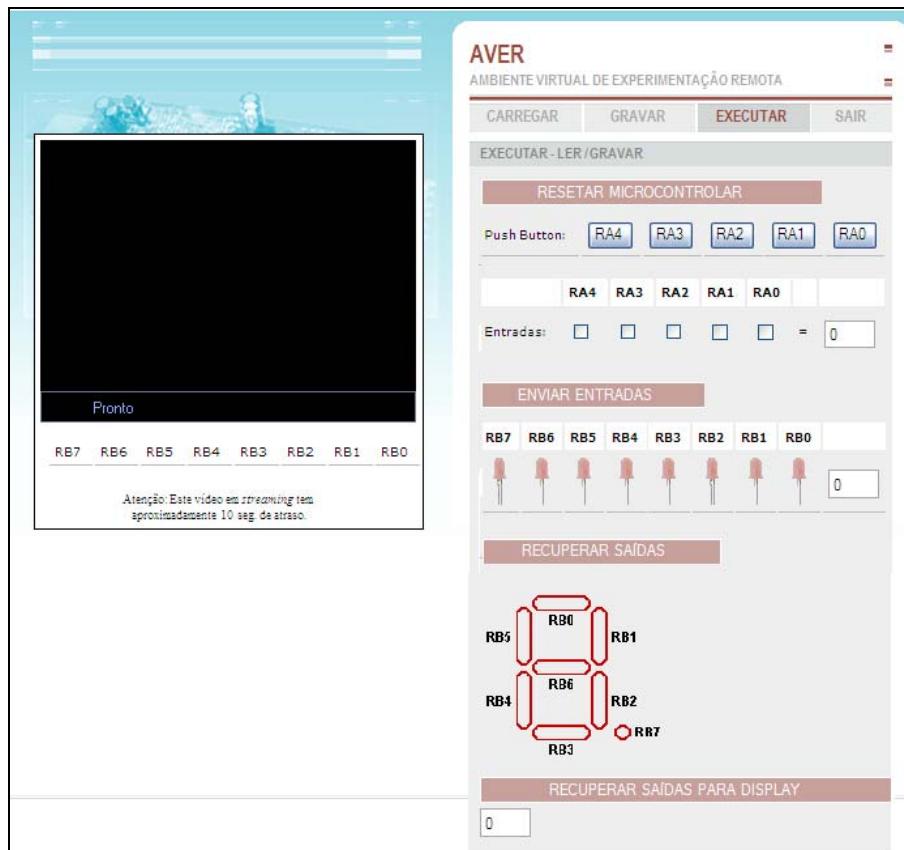


FIGURA 4 – Ambiente integração para execução de experimentos.

4.3 Componente Física

Esta componente agregada ao ambiente de aprendizado possibilita ao aprendiz uma experiência mais efetiva. Uma interface de comunicação de dados, neste caso um computador, conectará kits didáticos de experimentação na área de eletroeletrônica à Internet. Neste projeto, como estudo de caso, foi construído um protótipo para experimentação remota de kits didáticos para ensino da disciplina “Microcontroladores”, presente nos cursos das áreas de eletrônica, eletrotécnica, automação industrial e telecomunicações.

4.3.1 Microcontrolador PIC

Os microcontroladores da família PIC, fabricados pela empresa *Microchip Technology*, são projetados com base na arquitetura Harvard e utilizam um conjunto de instruções reduzido (RISC). Esse tipo de arquitetura possui as vias de dados e de instruções de programa trafegando separadamente, assim como são separados os barramentos de endereços das memórias de programa e de dados. Isto torna o processamento mais rápido, pois no mesmo instante em que uma instrução está sendo executada, a próxima pode ser buscada na memória de programa. Os microcontroladores desta família podem funcionar com frequências de até 40MHz. Eles são divididos em três grupos, diferenciados pela capacidade de armazenamento em cada localidade da sua memória de programa: 12 bits, 14 bits e 16 bits.

O modelo do microcontrolador utilizado para o protótipo de um kit didático de experimentação foi o PIC16F628A. Este possui apenas 35 instruções para programação de firmware e o modo de gravação é compatível com o padrão RS-232 (serial). Ele possui também duas portas de entrada e saída de 8 bits, denominadas RA e RB. A escolha deste componente teve como critério a vasta documentação encontrada na internet e em livros, além de ser comum a utilização deste microcontrolador em cursos de formação profissional na área de eletrônica.

O software utilizado para a gravação deste microcontrolador foi o PICPROG, desenvolvido por HYVÄTTI (2008). Este programa é gratuito e fácil de ser encontrado na Internet. O motivo para a escolha do PICPROG, dentre os outros softwares gratuitos, é porque o mesmo roda em ambiente Linux, possui o código aberto, o que permitiu a sua personalização ao projeto AVER e é executado em linha de comando, facilitando o desenvolvimento dos scripts de CGI-BIN.

4.3.2 Arquitetura de Hardware

O hardware tem como elemento principal o microcontrolador PIC16F628A, explicado anteriormente, ele é composto de uma interface para gravação, e de uma interface de comunicação paralela com o computador. Este é conectado a um computador e as trocas de informações são feitas via Internet. O diagrama da Figura 5 mostra detalhadamente a arquitetura do hardware.

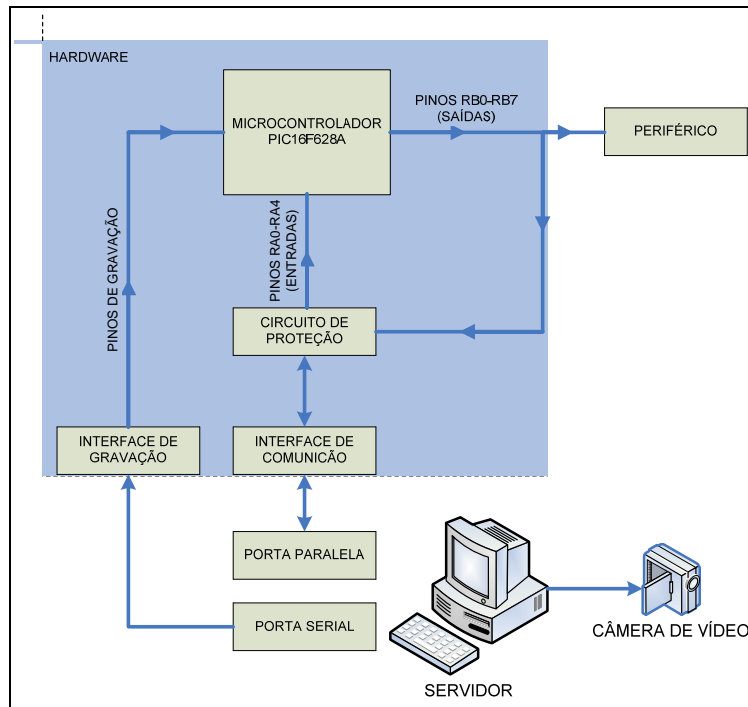


Figura 5 – Diagrama de blocos da arquitetura do hardware.

Dentro do bloco do hardware da figura tem-se a interface de gravação em que é conectado na porta serial do computador. Ela possui a parte do programador serial baseado nos projetos de gravadores de baixo custo *JDM programmer*, encontrado facilmente na internet e citado pelo autor ZANCO (2005). O gravador baseia-se também na chamada gravação *in-circuit*, ou seja, é possível gravar o firmware e executá-lo na mesma placa. O programador serial necessita de pelo menos quatro pinos do microcontrolador para o processo de gravação. Estes pinos são compartilhados através de um circuito com relés para que no processo de execução do microcontrolador possam ser liberados para uso. Abaixo são mostrados os significados desses pinos de gravação:

- RA5/MCRL: Tensão de programação. Para que o PIC entre em modo de programação a tensão nesse pino deve ser aproximadamente 13Vcc.
- RB4: Em processo de gravação este pino fica ao GND.
- RB6: *Clock* de comunicação serial imposto pelo gravador.
- RB7: Dados na comunicação serial, que podem ser impostos pelo gravador (escrita) ou pelo próprio PIC (leitura).

O outro bloco do *hardware* consiste na interface de comunicação, que através da porta paralela do computador é lido e escrito dados nas portas de entrada ou saída do microcontrolador. A placa é composta por um *buffer 74LS244* de saídas *tristate* e uma *latch 74LS373*. É nesta interface que é determinado quando o hardware está em processo de gravação ou execução e, quando no processo de execução, está recebendo dados do computador para o barramento de entrada do microcontrolador ou enviando dados do barramento de saída do microcontrolador para o computador. Este controle é feito pelos bits de controle da porta paralela do computador.

Outro detalhe desta interface de comunicação é que para ser manipulada remotamente foi preciso determinar quais pinos que serão usados como entrada ou saídas. Desta forma, os pinos RA0 ao RA4 (o pino RA5 será usado apenas para RESET e os pinos RA6 e RA7 para o oscilador de 4MHz) são utilizados apenas como entradas de dados, e os pinos RB0 ao RB7 são utilizados, necessariamente, como saídas de dados. Por proteção, a placa é composta por um circuito *bufferizado* (representado na figura pelo bloco do circuito de proteção) entre os pinos de entrada e saída que protegem o microcontrolador e o circuito em geral contra má configuração desses pinos, no software desenvolvido pelo usuário. Sendo assim, se o usuário não configurar corretamente esses pinos, via software, a visualização remota não funcionará corretamente, entretanto, não comprometerá o circuito eletrônico. As saídas também estão ligadas a uma barra de LEDs, indicado na figura pelo bloco de periférico, que indicam os estados dos pinos para o usuário através de uma câmera de vídeo.

Plataforma de desenvolvimento

Esta plataforma consiste de um computador que possui porta serial e paralela em que será conectado o kit didático, uma câmera de vídeo e o software que gerencia todas as aplicações. A adoção destas interfaces de comunicação (serial e paralela) possibilitou o emprego de computadores antigos, que não dispõem nativamente de interface USB, atendendo o requisito de reaproveitamento de computadores considerados obsoletos para outras aplicações.

Como o intuito do projeto é desenvolver uma aplicação de experimentação remota de baixo custo, foram adotados softwares livres e gratuitos. Sendo assim, o computador servidor, em que o kit didático está conectado, foi instalada uma distribuição do Linux e nela foi instalado o PICPROG. O outro software é o servidor web Apache para gerenciar a página desenvolvida em linguagem PHP. Por último, tem-se a porção de software de controla o hardware.

A porção de software que controla o hardware são basicamente três programas desenvolvidos em linguagem C que permitem gerenciar as trocas de informações entre o usuário e hardware. Os códigos do programa são executados através da interface *Common Gateway Interface* (CGI-BIN), invocados a partir da aplicação WEB escrita em linguagem PHP. O fluxograma dos códigos é mostrado na Figura 6.

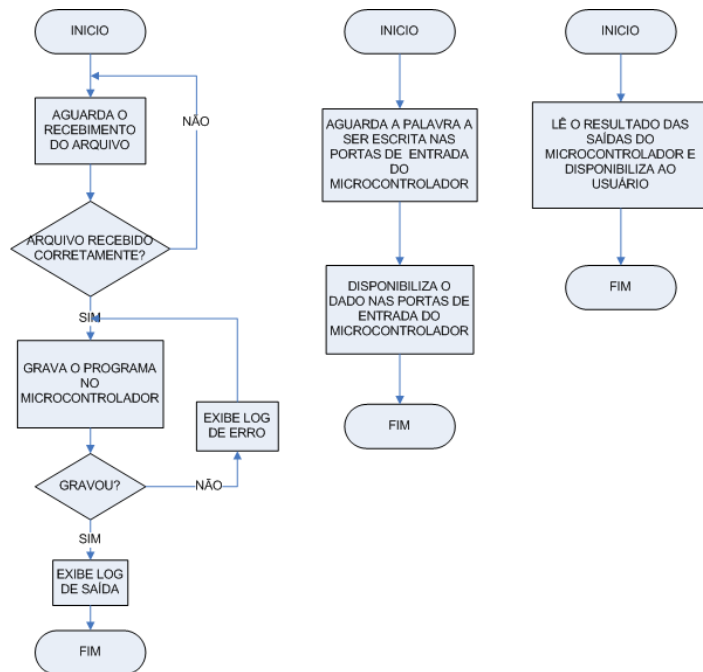


Figura 6 – Fluxograma dos códigos do software de gerenciamento dos experimentos

O primeiro programa serve para receber o arquivo do código de programação do microcontrolador. Ele testa se o arquivo foi recebido corretamente e depois verifica a gravação, se houver algum problema ele gera uma mensagem de erro na página web, se tudo ocorrer bem exibe uma mensagem de saída confirmando a gravação. O segundo programa captura um dado escrito na interface web e envia para as portas de entrada do microcontrolador e, por último, o terceiro programa lê os estados das portas de saída e envia para a interface web.

5 DISCUSSÃO

A diretriz principal do projeto busca uma solução de baixo custo, utilizando ferramentas computacionais gratuitas e componentes de hardware baratos. Partindo deste princípio, foram analisados trabalhos de autores que desenvolveram projetos que abordam temas sobre experimentação remota e educação à distância, e algumas das soluções adotadas pelos autores colaboraram para o desenvolvimento do projeto AVER.

Conforme apresentada no capítulo 2, boa parte dos projetos citados utiliza uma abordagem parecida. Muitos deles empregam como meio de visualização das experimentações uma câmera de vídeo acoplada ao projeto. Outros utilizam como meio de interação do usuário com a experimentação uma interface WEB interativa e, ainda o emprego de CGI-BIN para execução de comandos remotos. Têm-se também autores que incorporaram ao seu trabalho um ambiente de colaboração onde o usuário pode ter acesso a uma área de discussão e a toda documentação do projeto. Desta forma, procurou-se aplicar esses tipos de abordagens utilizando recursos de software gratuitos e de hardware de baixo custo. Sendo assim, foi desenvolvido um modelo de experimentação remota incorporando três abordagens: ambiente de colaboração; interface WEB e interface de experimentação

física. Visando, portanto, uma ferramenta para o ensino à distância de cursos de formação profissional.

6 VALIDAÇÃO

A fim de validar a abordagem proposta, o ambiente foi disponibilizado para um grupo de 15 alunos do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Eletrônicos do CEFET-SC. Destes 60% estão cursando a disciplina Microcontroladores. Foram elaborados um guia de utilização do ambiente e um roteiro com duas experimentações práticas que serviriam de base para os alunos testarem o projeto. Toda esta documentação foi disponibilizada no ambiente AVA-Moodle, que também foi avaliado pelos os alunos com relação a todos os recursos e textos colocados à disposição do público interessado.

A coleta da avaliação foi feita através de um questionário em que o aluno pode opinar sobre o uso da experimentação remota no processo de ensino e aprendizagem. Pode avaliar também a usabilidade e a aplicação de toda a estrutura do projeto AVER e, ao final do questionário, foi deixado um espaço para o aluno tecer alguns comentários que possa ser útil para a melhoria do AVER em projetos futuros.

Todos os alunos que participaram da avaliação consideram que a ferramenta desenvolvida auxilia no processo de ensino e aprendizagem presencial da disciplina de microcontroladores, atuando como ferramenta de apoio. Além disso, todos consideram que a ferramenta, também pode ser empregada em cursos não presenciais.

Todos os alunos consideram que o emprego de experimentação remota, confere mais realismo aos procedimentos, permitindo a visualização de resultados que poderiam ser mascarados pelos procedimentos de simulação, como efeitos transitórios e erros de aproximação dos modelos de simulação.

Do ponto de vista da usabilidade, todos consideraram a interface Web simples e auto-explicativa. O material de apoio (tutoriais, esquemas e diagramas) foi considerado adequado, mesmos para os alunos que ainda não haviam cursado a disciplina de microcontroladores.

Os alunos argumentaram a necessidade de serem acrescentados novos exemplos, com cenários mais representativos e que explorassem os efeitos visuais, como experimentação com LEDs conectados às portas de saída do microcontrolador.

A maioria dos alunos considera importante a continuidade dos trabalhos, aumentando o número de kits disponíveis e o suporte a outros modelos de microcontroladores. Acreditam ainda, que a abordagem adotada poderia ser modificada para que o sistema proposto pudesse ser empregado no gerenciamento de dispositivos via Web, em aplicações de automação industrial e residencial.

De uma maneira geral, apesar da pequena amostra de avaliadores, os resultados do projeto foram considerados adequados e produziram um nível de satisfação muito bom.

A ferramenta foi empregada também na disciplina Sistemas Microprocessados, ministrada no Curso Superior de Tecnologia de Sistemas Eletrônicos do CEFET-SC, onde os alunos puderam confrontar os resultados de simulação com a experimentação remota. Na opinião dos alunos, o uso da experimentação remota flexibilizou a execução dos programas, não exigindo a instalação no PC de ferramentas específicas para gravação e execução dos programas.

O uso de um ambiente de colaboração favoreceu o desenvolvimento dos projetos, pelo compartilhamento do conhecimento e códigos, favorecendo o processo de avaliação do aprendizado pelo professor. A utilização do AVA-Moodle, permite que os alunos postem na ferramenta tarefas e atividades agendadas pelo professor que opcionalmente podem ter os resultados compartilhados entre os alunos.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O projeto AVER apresentou um modelo de experimentação remota de baixo custo voltado ao estudo de microcontroladores, que tem como objetivo principal dar uma contribuição ao ensino não-presencial em cursos de formação profissional voltado para a área de eletrônica. Muitos projetos na área de experimentação remota já foram publicados, desta forma este o trabalho buscou aplicar a soluções já existentes para desenvolver uma ferramenta que auxilie, juntamente com outras formas de ensino, o desenvolvimento do aprendizado à distância que em cursos de formação profissional.

É importante salientar que este projeto fez parte de uma bolsa de iniciação do Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, sendo que pesquisas na área de experimentação remota é um assunto novo na instituição. Desta forma, foi procurado desenvolver um modelo de experimentação remota que possuísse três componentes básicas: ambiente de colaboração, interface web e componente física. A pesquisa produziu um protótipo desenvolvido que foi submetido a uma avaliação por um grupo de alunos do curso Superior de Tecnologia em Sistemas Eletrônicos para que, em trabalhos futuros, possa ser melhorado.

Com relação a trabalhos futuros, algumas idéias já foram pensadas para aperfeiçoar o sistema. Uma delas é desenvolver kits de experimentação remota para outros microcontroladores, tais como, 8051 e AVR. Outra é desenvolver um barramento de comunicação para interligar vários kits em um mesmo computador.

8 BIBLIOGRAFIA

CHELLA, M. T. **Arquitetura para laboratório de acesso remoto com aplicações educacionais**. 2006. Tese (doutorado) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CROCOMO, L. F. **Prototipagem de circuitos eletrônicos em tempo real, via internet, com aplicações no ensino de eletrônica**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DA SILVA, J. B. **A utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem.** 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Gestão do Conhecimento) - Faculdade de Engenharia de Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DOUGIAMAS, M. **Home Page do criador do Moodle.** Disponível em: <<http://dougiamas.com/>>, acessado em: abril de 2008.

FERREIRA, J. M.; MUELLER, D. **The MARVEL EU project: A social constructivist approach to remote experimentation.** in 1st Remote Engineering and Virtual Instrumentation International Symposium, Villach - Austria, 2004, 11p.

FREITAS, A. A. de; BAUCHSPIESS, A.; BORGES, G. A. Laboratório de Ensino de Automação Remoto da UnB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DA ENGENHARIA, 32, 2004, Brasília. **Anais.** Brasília: 2004. p. 1-12.

GOMES, A.V.; DE SOUZA, F. da F. Uma ferramenta de auxílio a educadores no processo de ensino-aprendizagem a distância via Web. In: ICECE'2000, CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ENSINO DE ENGENHARIA E COMPUTAÇÃO, 2000, São Paulo. **Anais.** São Paulo: SENAC, 2000. CD-ROM.

HYVÄTTI , J. **Jaakko Hyvätti Picprog 1.8.3 documentation.** Disponível em: <<http://hyvatti.iki.fi/~jaakko/pic/picprog.html>>, acessado em: abril de 2008.

MENDES, M. A.; FIALHO, F. A. P. Experimentação tecnológica prática a distância. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 12, 2005, Florianópolis. **Anais...**

SILVA, O. F. **Mídias e tecnologias instrucionais para o ensino/aprendizado de sistemas de controle.** 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TRENTIN, M. A. S.; SANTOS, A.V. dos. The virtual laboratory. In: ICECE'2000, CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ENSINO DE ENGENHARIA E COMPUTAÇÃO, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SENAC, 2000. CD-ROM.

WISINTAINER, M. A. **Rexlab: Laboratório de Experimentação Remota com o Microcontrolador 8051.** 1999. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

ZANCO, W. Da S. **Microcontroladores PIC – uma abordagem prática e objetiva.** 1. Ed. São Paulo: Érica, 2005. 364 p.

A LOW COST REMOTE EXPERIMENTATION APPROACH FOR MICROCONTROLLERS STUDY

Abstract: The use of computational tools and Internet has vital importance in the support distance learning applications. This work shows a remote experimentation approach for microcontrollers study, in the scientific initiation project of Federal Technological Education Center of Santa Catharina, called *Virtual Remote Experimentation (AVER)*. In this paper we discuss several correlate works. A growth description of our proposed solution in remote experimentation was presented. This approach uses a hardware kit for firmware programming and execution in PIC based microcontrollers and a Web based application to user interaction.

Key-words: *Remote experimentation, distance learning, microcontroller.*