



ESPECIFICAÇÃO DE UMA ESTRUTURA PARA A UTILIZAÇÃO REMOTA DE UM LABORATÓRIO

Vagner G. Leitão – vagnerg@cefetpr.br

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – Departamento de Eletrônica (DAELN).
Av. Sete de Setembro 3165 – Centro
CEP 80230-901 – Curitiba - Paraná

Keiko O. V. Fonseca – keiko@cpgei.cefetpr.br

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI)
Av. Sete de Setembro 3165 – Centro
CEP 80230-901 – Curitiba - Paraná

Resumo: *As Atividades Laboratoriais são importantes para a educação tecnológica. Em geral, são nas atividades experimentais em Laboratório que as dúvidas que os alunos apresentam no estudo da teoria são eliminadas. No entanto, o custo para se disponibilizar as atividades laboratoriais, para qualquer pessoa e a qualquer tempo, requer a manutenção de uma infra-estrutura de Laboratório operando 24 horas por dia, o que é impraticável para muitas escolas. Este artigo apresenta a especificação de uma estrutura básica de um Laboratório de Comunicação que pode ser acessado remotamente a qualquer tempo através da Internet. A especificação desta estrutura baseia-se na premissa de custo reduzido através do uso de software livre e compreende os Equipamentos Laboratoriais, os Circuitos Experimentais e um Microcomputador com placa de comunicação. Um exemplo de implementação desta estrutura e uma proposta de metodologia de implementação de laboratórios de acesso remoto são aqui apresentados e discutidos. Esta proposta não pretende substituir as aulas do Laboratório Convencional, mas prover aos alunos um apoio adicional ao aprendizado a qualquer tempo e distância.*

Palavras-chave: *Laboratório remoto via Internet, Educação à distância, Acesso remoto e Educação tecnológica.*

1. INTRODUÇÃO

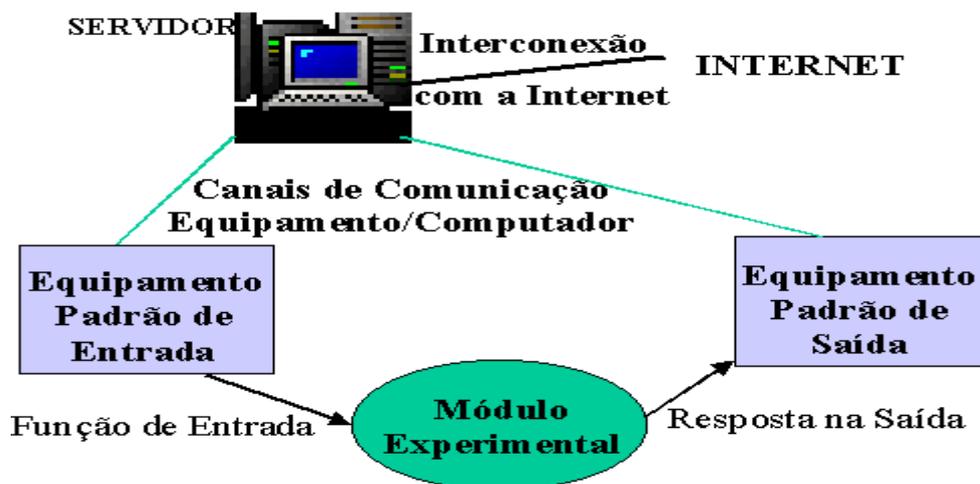
A disponibilização de um Laboratório de Acesso Remoto (via telemedição) para os cursos de Graduação em Engenharia Eletrônica, doravante denominado laboratório remoto, é atualmente possível com a utilização de um conjunto de programas livres e equipamentos amplamente disponíveis no mercado. A um custo compatível com a realidade brasileira e através da escolha da tecnologia adequada, é possível oferecer uma estrutura básica que permite, através da Internet, aos alunos executar as atividades laboratoriais, tais como, experimentação e medições em circuitos eletrônicos, de forma similar a aquela realizada presencialmente em um Laboratório Convencional. No entanto, o ensino através de um laboratório remoto requer um planejamento diferente dos experimentos convencionais bem como outros métodos de registro e análise dos procedimentos realizados pelos alunos. Ressalta-se que o laboratório remoto não é virtual – ele é real, pois os circuitos são reais bem como os equipamentos, os comandos realizados nestes e as medidas obtidas.

Este artigo apresenta uma estrutura mínima para a implementação de um laboratório remoto e uma implementação de experimento de um laboratório de ensino de eletrônica e comunicações baseado nesta estrutura. A especificação da estrutura e o exemplo de implementação não se limitam aos laboratórios de ensino de engenharia eletrônica: a abordagem aqui apresentada pretendeu ser genérica o suficiente para ser aplicável a outras áreas de engenharia. A apresentação deste artigo segue a seguinte ordem: a seção 2 apresenta a estrutura básica de um laboratório remoto, a seção 3 os requisitos do sistema para um desempenho aceitável, a seção 4 descreve a implementação prática de um Laboratório Remoto em funcionamento no CEFET-PR e uma proposta de metodologia para planejamento da implementação de um laboratório utilizando outros conjuntos de equipamentos. A seção 5 tece alguns comentários sobre a implementação e a seção 6 termina com uma breve conclusão sobre o sistema implementado.

2. ESTRUTURA MÍNIMA DE UM LABORATÓRIO DE TELEMEDIÇÃO

A estrutura mínima de acesso a equipamentos e experimentos via telemedição a partir da Internet consiste basicamente em um microcomputador com acesso à Internet, as conexões dos Equipamentos Laboratoriais com as Placas de Comunicação do microcomputador e as conexões dos Equipamentos Laboratoriais com os Módulos Experimentais (Figura 1).

Figura 1 – Estrutura Básica.



O microcomputador que mantém uma conexão ativa com a Internet e a comunicação com os equipamentos é mostrada na Figura 1. Os equipamentos utilizados podem ser divididos em *Equipamentos Padrões de Entrada* e *Equipamentos Padrões de Saída*. Os *Equipamentos Padrões de Entrada* são responsáveis por enviar uma determinada excitação ao *Módulo Experimental*, com determinada amplitude, frequência e fase. Os *Equipamentos Padrões de Saída* são responsáveis por registrar a resposta à excitação dos *Módulos Experimentais* pelos *Equipamentos Padrões de Entrada*. Os *Módulos Experimentais* são módulos ou circuitos eletrônicos utilizados para uma determinada prática laboratorial.

Outros componentes necessários para a implementação de um Laboratório Remoto são os softwares que executam no microcomputador: aqueles que permitem que as pessoas possam, de qualquer parte, ter acesso aos experimentos nos Módulos Experimentais disponíveis e os programas que permitem a comunicação com o Equipamento Padrão de Entrada e o Equipamento Padrão de Saída. O sistema operacional deve executar os softwares necessários para a conexão com a Internet e para a comunicação com os Equipamentos de Padrões de Entrada e Saída através de protocolo de comunicação adequado. Para tanto, o sistema operacional deve também ser compatível com o hardware de comunicação com a Internet e com os Equipamentos Padrões de Entrada e Saída. Por exemplo, ao se utilizar uma placa de comunicação que utilize uma interface *GPIB (General Purpose Interface Bus)*, o sistema operacional deverá prover os dispositivos necessários de controle e acesso a esta placa.

Em resumo, uma especificação mínima de estrutura de um laboratório remoto abrange:

- Uma conexão com a Internet, software e hardware de comunicação.
- O Módulo Experimental.
- Os pontos de medida
- Os Equipamentos Padrões de Entrada e Saída.
- Os dados das experiências realizadas pelos alunos, disponíveis para o professor.
- O Guia da experiência para o professor e o aluno.

Cada componente da estrutura mencionada anteriormente deve ser integrado para compor o Sistema de Acesso Remoto ao Laboratório.

3. CARACTERÍSTICAS SATISFATÓRIAS PARA UM LABORATÓRIO REMOTO

São consideradas características importantes de um laboratório remoto a sua representação (virtual) ao aluno de seus equipamentos e experimentos disponíveis, sua operação e manutenção e o controle de acesso aos experimentos e equipamentos.

3.1 A representação do Laboratório: os experimentos e seus resultados

A forma de apresentação do Laboratório remoto para o aluno é através de utilização de qualquer Navegador, que permita exibir o conteúdo de páginas pessoais. O aluno pode interagir com as informações apresentadas na interface das seguintes maneiras: ler as informações referentes à prática, escolher um caminho a seguir, informar os valores dos parâmetros disponíveis, quando solicitado e visualizar ou imprimir os resultados da prática. Estas informações consistem no guia da experiência. Traçando um paralelo com um laboratório real, os alunos, geralmente, seguem um procedimento sugerido pelo professor para a execução do Experimento. Da mesma forma, um Laboratório provido de Acesso Remoto pode estabelecer uma lista das medições a serem feitas nos Circuitos ou Módulos Experimentais. Uma forma de apresentar/gerar a seqüência de medidas aos alunos é através da técnica denominada *DIL (Distributed Interactive Learning)* em KHALIFA e LAM (2002).



O guia do experimento via acesso remoto deve ser elaborado com cuidado e requer a utilização de regras que limitem procedimentos que danifiquem os equipamentos.

A apresentação do Laboratório remoto pode utilizar a técnica *DIL*, não apenas para introduzir a teoria, mais também para aceitar dados fornecidos pelo aluno, como também exibir os resultados da experiência. Caso o resultado observado não satisfaça aos alunos, estes podem retornar ao formulário de dados e fornecer um novo conjunto de dados, os quais acarretarão um novo conjunto de resultados. A possibilidade de fazer o experimento prático quantas vezes os alunos desejem, busca incentivá-los para a análise das diferentes condições de trabalho dos experimentos até que estes entendam completamente os seus significados.

3.2 Operação e manutenção do sistema

Os equipamentos e módulos experimentais no Laboratório Remoto devem garantir que os valores medidos tenham uma precisão tal que os resultados obtidos não possam levar os alunos a obterem conclusões não satisfatórias quanto ao experimento. Falhas na medidas não podem ser aceitas e as medições devem ter a mesma confiabilidade de um Laboratório Convencional. Se erros de leitura ocorrem nos equipamentos utilizados no experimento, estes devem ser registrados pelo sistema e informado ao aluno que houve erro na medição realizada. É desejável a existência de uma rotina a ser chamada pelo sistema operacional que periodicamente verifique o estado operacional dos equipamentos e o funcionamento dos Módulos experimentais, preferencialmente nos períodos de inatividade do sistema.

Deve-se garantir o acesso exclusivo ao canal de comunicação. Os equipamentos e o programa que buscam e enviam as informações devem ter a capacidade de identificar a utilização do canal, mesmo por outros aplicativos do sistema. A garantia de acesso exclusivo é necessária já que o sistema operacional a ser utilizado deve ter a possibilidade de tratar processos simultaneamente e aceitar conexões de diversos usuários de pontos diferentes na Internet. A capacidade de aceitação de conexões pela Internet deve ser no mínimo o mesmo número de alunos em uma sala de laboratório convencional.

De acordo com GILLET *et al* (2001) “Quando um laboratório oferece serviços com uma flexibilidade de 24 horas de acesso, é necessário tomar certas precauções para assegurar a segurança e a continuidade do serviço”. Isto requer controlar o acesso físico de pessoas ao laboratório onde os equipamentos se localizam, permitir serviços de limpeza somente na presença de pessoal técnico, entre outros. Os equipamentos, o computador e os experimentos laboratoriais devem utilizar sistemas de no-break para evitar danos permanentes ao sistema, no caso de problemas com o sistema de energia do laboratório real.

4. UMA IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DE UM LABORATÓRIO REMOTO

Esta seção descreve uma implementação prática do Laboratório Remoto no Laboratório de Comunicações do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR). A implementação inicial contou com muito poucos recursos, de forma que a estrutura utilizada para fazer este funcionar veio de equipamentos de pouco uso na instituição e computadores antigos com pouca capacidade de processamento e memória. A estrutura de rede foi a mesma utilizada por professores e alunos da instituição, com o microcomputador de laboratório com acesso direto através da Internet. Os equipamentos e o microcomputador foram abrigados em uma sala com acesso controlado de pessoas e o conjunto básico está ligado a um sistema de no-break. O Módulo Experimental utilizado no sistema foi um filtro passa faixa, composto



por um indutor e um capacitor, no qual o resultado da realização de sua resposta em frequência é exibido no navegador.

4.1 Os componentes da estrutura

O sistema operacional

O sistema operacional que executa no microcomputador deve ter seu código fonte disponível para que a interface de comunicação entre as portas de comunicação do microcomputador e os equipamentos possa ser desenvolvida. A escolha recaiu sobre o sistema operacional *Linux*. Este sistema pode rodar em máquinas com capacidade limitada de processamento e ter todo o código fonte disponível na Internet além de ser licenciado sem a necessidade de pagamento de qualquer taxa, *GNU (GNU's Not Unix) GPL (General Public License)*. O *kernel* utilizado na implementação exemplo é da versão 2.2.19, conseguido da Distribuição *Linux Slackware 8.0* (WELSH - 2001).

O nó internet

Uma placa de rede padrão *Ethernet* com capacidade de transmissão de 10 Mbit/s está embutida na placa mãe do microcomputador (Servidor) e configurado um endereçamento válido da rede internet. A placa de rede do servidor está conectada a uma porta de um *switch*, que encontra-se ligado na rede do CEFET-PR e possibilita o acesso de entrada e saída para a Internet.

O hardware do servidor

O sistema utiliza um processador Pentium 100 MHz, com uma memória RAM de 40 Mbytes e um Disco Rígido de 1.2 Gbytes, que corresponde ao sistema em funcionamento atual.

Todo o hardware é compatível com o sistema operacional *Linux*. A placa de rede e as portas de comunicação (RS-232C) foram reconhecidas na inicialização do sistema após a compilação de um novo *kernel*. Neste ponto, todo hardware necessário para o sistema está configurado e pronto para ser utilizado pelos aplicativos e programas disponíveis no sistema, que provêm respostas as conexões solicitadas, via Internet, e rodam os programas para conversar com os equipamentos através dos canais de comunicação.

Os equipamentos

Existe uma quantidade limitada de equipamentos com interfaces de comunicação externas no CEFET-PR. Experimentos laboratoriais simples exigem pelo menos um Equipamento Gerador de Funções e Equipamento de Medida de Sinais. Na implementação exemplo escolheu-se um multímetro HP 34401A e como Equipamento Gerador de Funções um HP 3325B, o que permitiu fazer um simples experimento de resposta em frequência nas áreas de eletrônica e telecomunicações.

O multímetro escolhido pode se comunicar com o mundo externo via três interfaces básicas: seu próprio mostrador, a interface padrão RS-232C e a interface *GPIB*. As interfaces que interessam a este sistema são a RS-232C e a *GPIB*, pois estas possibilitam comunicação com outras interfaces eletrônicas. A interface *GPIB* permite, através de um único barramento de dados, a comunicação com diversos equipamentos que podem ser acessados por um

endereçamento previamente determinado. No entanto, como não havia disponível nenhuma placa de interface padrão GPIB, a interface RS-232C foi utilizada para o estabelecimento da comunicação entre o servidor e os equipamentos. A interface RS-232C foi projetada para estabelecer uma conexão ponto a ponto entre dois equipamentos. Desta forma, é necessário que o servidor disponha de tantas portas quanto forem o número de equipamentos que se pretenda interligar. No multímetro a taxa de transmissão, bits de dados, paridade e controle de fluxo da RS-232C foram configurados via no painel frontal do equipamento. O controle de fluxo pode ser ajustado para funcionamento por hardware ou por software: optou-se por um controle por hardware com as linhas de controle *DTR* (*Data Terminal Ready*) e *DSR* (*Data Set Ready*) (HEWLETT PACKARD - 1992) via comandos de acordo com a sintaxe da linguagem *SCPI* (*Standard Comands for Programmable Instruments*). Através desta linguagem todos os comandos acessíveis através do painel frontal do equipamento são produzidos bem como um conjunto de comandos não disponíveis através do painel frontal.

A linguagem *SCPI* utiliza apenas caracteres codificados de acordo com o código *ASCII* (*American Standard Code for Information Interchage*) para o envio e recebimento de informações utilizadas pelo programa que realiza a troca de informações com os equipamentos. Existe a possibilidade do equipamento enviar informações à porta de comunicação do computador com diversas formatações e os dados serão entregues a porta de comunicação de acordo com o comando anteriormente enviado ao equipamento.

O equipamento utilizado como Equipamento Gerador de Funções foi um HP 3325B. Este equipamento permite que sejam estabelecidos um conjunto de valores de frequências, amplitudes e fases para um determinado sinal a ser gerado. As interfaces que se encontram no multímetro são as mesmas que se encontram no gerador de funções. A configuração da interface RS-232C do gerador de funções deve ser ajustada no painel traseiro, através da configuração de chaves, antes do equipamento ser utilizado. É necessário configurar o tipo de controle de fluxo da RS-232C, pois se o controle de fluxo por hardware for habilitado, as linhas de controle devem ser periodicamente lidas pelo programa. O controle de fluxo para o programa foi por hardware, apesar do incremento da codificação de programação necessária. Uma característica diferenciada do controle de fluxo por hardware deste equipamento é que este não aceita comandos através da interface RS-232C em que este se encontra conectado. O programa deve verificar periodicamente um registro interno do equipamento através da utilização de comandos específicos. O equipamento utiliza as linhas de controle da interface RS-232C denominadas *RTS* (*Request to Send*) e a linha *DTR* (*Data Terminal Ready*), das quais, pelo menos uma deve ser lida periodicamente pelo programa.

A linguagem utilizada para comunicação com o equipamento HP 3325B é própria do gerador de funções, porém utiliza um conjunto de caracteres pertencentes ao código *ASCII*, que permite a utilização de comandos simples para ajuste das configurações necessárias para sua utilização. A composição dos comandos para o gerador de funções segue algumas regras que devem ser respeitadas. O manual do gerador de funções recomenda que o equipamento permaneça ligado pelo menos 30 minutos antes da utilização, para obtenção de grande estabilidade em frequência.

Para ambos equipamentos, as conexões através dos cabos que interligam as portas de comunicação exigiram a confecção de cabos próprios para cada equipamento, devido ao tratamento diferenciado dado às linhas de controle da interface RS-232C por cada um.

Os módulos experimentais

Existe um planejamento para o aproveitamento de módulos utilizados nos Cursos Superior da Área Tecnológica, para uso neste Laboratório Remoto. O circuito aqui experimentado é o de um filtro passa faixa, composto por um capacitor de 3,3 nF e um indutor de 470 μ H. É possível levantar a resposta em frequência deste circuito e comparar os resultados com os valores teóricos calculados através do Diagrama de Bode. Os valores de frequências são determinados pelos usuários que podem ajustar a frequência de referência, que servirá de base para todas outras frequências a serem levantadas.

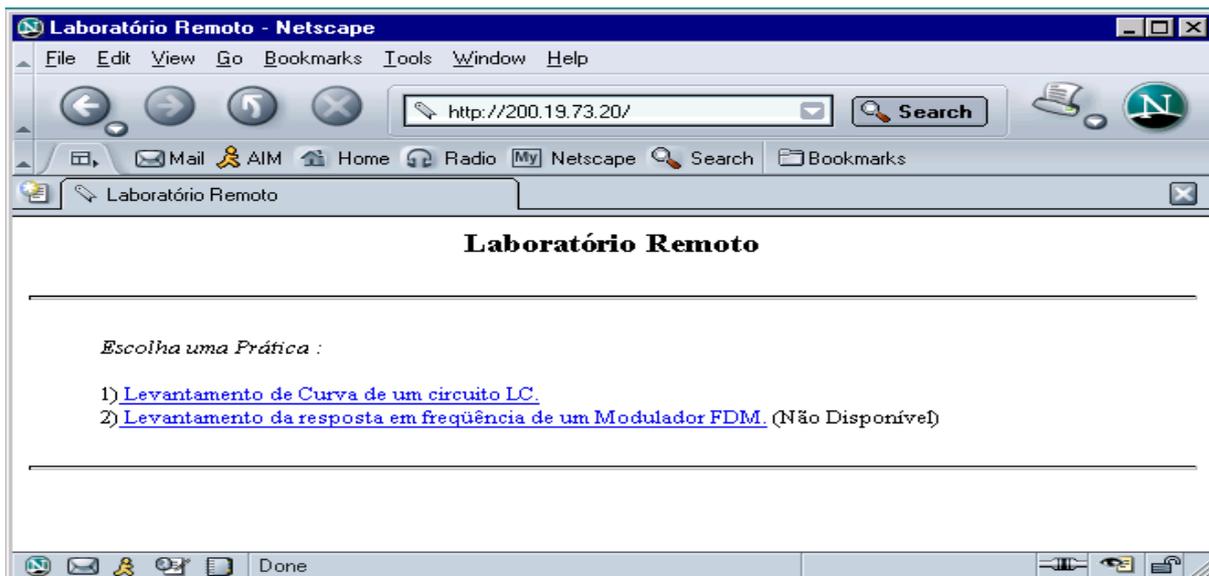
4.2 Os softwares e programas

A partir da definição da estrutura do sistema e a definição do sistema operacional, é a vez de ajustar os programas para garantirem o acesso externo, através da Internet, ao servidor. Um Servidor de Páginas deve estar ativado no servidor para tratamento das conexões externas que solicitem páginas do servidor, que são disponibilizadas ao navegador que as requisitou. O servidor de páginas utilizado é o Apache versão 1.3.20, distribuído juntamente com o pacote da distribuição Linux Slackware. O servidor de páginas Apache ativa a porta do sistema que trata das conexões *WWW (World Wide Web)* quando um pacote chega na interface de rede do servidor. Para que o sistema se torne funcional é necessário estabelecer uma conexão entre o servidor e os canais de comunicação com os equipamentos. Para atender este requisito, um programa escrito em Linguagem de Programação C foi desenvolvido. O programa escrito em C é responsável pela recepção dos valores dos parâmetros informados pelos alunos através do navegador remoto: pela programação dos comandos com os parâmetros informados pelo aluno, pela recepção da resposta dos equipamentos e pela entrega ao navegador remoto dos dados com formatação adequada. O servidor de páginas permite a execução de programas no servidor e captura as informações da saída padrão do sistema, para que esta seja direcionada para o navegador distante. Na verdade, o programa em Linguagem de Programação C é o programa chave de tratamento de dados dos equipamentos e da conversão e formatação de dados para a leitura por pessoas. Existem outros programas auxiliares que permitem o controle de fluxo de dados entre o programa em C e o servidor de páginas.

O uso da linguagem HTML (Hyper Text Markup Language)

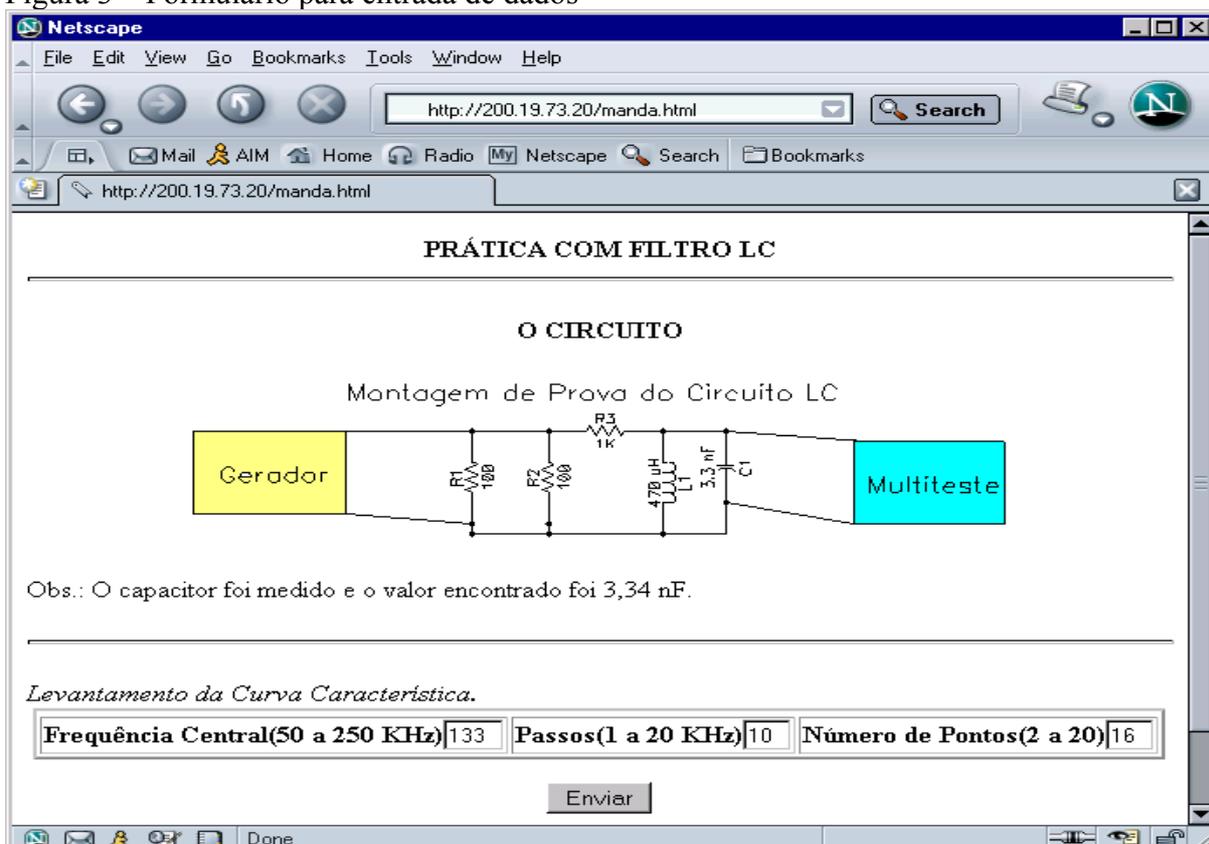
Algumas páginas do servidor de páginas foram criadas com o Microsoft Front Page (WEISSKOPF - 1998) e para outras páginas o aplicativo Wordpad do Sistema Windows foi utilizado. O programa em C é responsável pela entrega dos resultados medidos ao navegador remoto e devem existir palavras reservadas da Linguagem HTML que permitam gerar uma visualização mais confortável dos dados no navegador remoto. A página principal do servidor guia o usuário do navegador remoto, através de um menu interativo, na qual o usuário pode escolher o experimento prático desejado. A página principal do servidor é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Página inicial do sistema



A página inicial oferece duas práticas para o usuário remoto escolher. A prática laboratorial disponível é a que faz a resposta em frequência de um circuito LC. Depois da seleção do item desejado, será apresentado de que forma o circuito está interligado e algumas caixas de diálogo, que deverão ser preenchidas pelo usuário remoto (Figura 3).

Figura 3 – Formulário para entrada de dados



É possível que o usuário remoto modifique os valores padrões apresentados no formulário. Os valores que podem ser modificados são: a frequência de referência, os passos em que a frequência deve ser deslocar e o número de passos. Existe um conjunto de valores padrões que se apresentam ao entrar neste estágio. Pela visualização do circuito, o usuário

remoto pode ter uma idéia da resposta esperada para aquele experimento, se a teoria foi plenamente entendida. Quando o botão enviar é pressionado, o conjunto de informações contidas na página do usuário remoto é despachada para um programa do sistema Linux, que por sua vez aciona o programa desenvolvido em Linguagem C, que efetuará as medições e converterá os valores lidos nos equipamentos para um formato confortável de ser visualizado pelo usuário do navegador remoto. Os valores apresentados depois do envio de informações são as frequências utilizadas e o ganho em decibéis para cada frequência utilizada (Figura 4), de forma que o usuário remoto do navegador possa analisar os resultados como este fosse apresentado no Diagrama de Bode.

Figura 4 – Resultados da medição no laboratório remoto

Frequências (KHz)	Ganho(dB)
83	-8.720
93	-6.658
103	-4.536
113	-2.452
123	-0.744
133	-0.000
143	-0.468
153	-1.678
163	-3.080
173	-4.419
183	-5.629

Observe que o circuito LC tem uma frequência de ressonância que corresponde a um único valor na tabela que é bem próximo de zero. Todos os outros valores tiveram resultados negativos, significando que todas as outras frequências tiveram uma redução de potência em relação à frequência de referência utilizada. Os valores apresentados na tabela são aproximadamente os valores esperados.

O servidor de página Apache



A conexão com o servidor de páginas Apache é feita através de uma porta bem conhecida. Estas portas são tomadas pelo servidor de páginas para que se tenha a garantia que todas as conexões nesta porta serão atendidas pelo servidor de páginas Apache. Todas as conexões de rede que utilizam a porta 80 são tratadas pelo servidor de páginas e todos os acessos às páginas podem ser registrados em arquivo no servidor.

O programa principal em linguagem C

O programa é responsável pelo controle dos equipamentos do laboratório e pela entrega dos resultados do experimento ao navegador remoto. O programa é escrito em linguagem de programação C e compilada para o sistema operacional *Linux* para processadores compatíveis com a arquitetura i386. O programa principal é chamado através de um script rodado pelo interpretador de comandos do sistema operacional que passa os valores do formulário do navegador remoto para o programa principal, para que este utilize os valores. Os códigos no formato da linguagem HTML do script podem ser alterados sem que seja necessário recompilar o programa principal.

Devido ao programa rodar no sistema operacional *Linux* (GREENFIELD - 2001), um sistema multiusuário e multi-tarefa, é necessário garantir acesso exclusivo ao canal de comunicação. Os dispositivos de hardware do microcomputador somente podem ser acessados pelo super-usuário do sistema. Quando uma conexão via Internet é solicitada ao sistema, deve existir um usuário padrão para buscar e receber os dados dos equipamentos. O usuário padrão do servidor de páginas possui permissão apenas para efetuar a leitura das páginas que podem ser exibidas pelo servidor de páginas, não sendo permitido a este acesso aos dispositivos de hardware do sistema. Para solucionar este problema, o programa executável deve ter o bit de super-usuário ativado para que este possa passar a ter acesso à porta de comunicação do sistema, o que pode ser configurado com comandos comuns do sistema operacional *Linux*.

No programa principal as bibliotecas usadas são especificadas, os valores das constantes são declarados, as funções são prototipadas e a estrutura principal é escrita. As funções prototipadas tratam das linhas de controle do canal de comunicação, da base de geração de tempo (para verificar estouro de tempo), tratamento de erros e ajustar os valores padrões das portas de comunicação no caso da ocorrência de erros.

O módulo principal é responsável por: inicializar as variáveis, garantir acesso exclusivo aos canais de comunicação, abertura e fechamento do canal de comunicação, rotina de tratamento para os dados recebidos pelo programa, envio e recebimento de caracteres pelos canais de comunicação e preparo e envio dos dados a serem entregues ao navegador remoto.

A inicialização das variáveis é necessária para ajustar os valores padrões dos equipamentos e componentes internos do programa. A inicialização das variáveis determina os valores oferecidos ao usuário remoto ao acessar o formulário.

O acesso exclusivo ao canal de comunicação é conseguido usando-se um arquivo padrão de utilização de dispositivos e arquivos auxiliares a este, que possibilita ao programa saber se o dispositivo está sendo acessado, mesmo por outros programas do sistema operacional. Os arquivos auxiliares criados utilizam o próprio número do processo que o programa recebeu naquela instância para nomear o arquivo.

Rotinas que abrem e fecham os canais de comunicação, depois de garantido o acesso exclusivo a estes, são implementadas para que seja possível a utilização do canal de comunicação.

Rotinas de tratamento de dados recebidos do navegador remoto são implementadas para converter os dados em código *ASCII* para valores numéricos que possibilitem a verificação de



limites impostos na realização do experimento prático e efetuar a programação dos equipamentos de acordo com os valores informados pelos usuários.

O envio e recebimento de caracteres no canal de comunicação são as mais importantes funções a serem implementadas no programa para que torne o laboratório remoto disponível. Os equipamentos são programados para executar um conjunto de funções e o resultados dos valores previamente programados são disponibilizados neste momento. As rotinas utilizam diversas funções para que seja descartada a possibilidade de perda dos dados que fluem na porta de comunicação.

Os dados coletados pela rotina de recebimento de caracteres e a programação dos dados recebidos são utilizados para exibir seu conteúdo para o usuário do navegador remoto, de acordo com os dados previamente selecionados e enviados por este.

5. COMENTÁRIOS SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO

A implementação prática do sistema apresentado não possui flexibilidade para medir vários circuitos, simultaneamente. Se uma Matriz Comutadora estivesse disponível, seria possível implementar vários experimentos práticos, com a utilização dos equipamentos disponíveis. Com a atual disponibilidade de equipamentos, pode-se, entretanto, deixar um experimento prático disponível para uma única disciplina, entre o período de conclusão de duas atividades práticas sucessivas.

Devido ao curto período de tempo que os alunos levam para utilizar o sistema, estes podem utilizar um novo conjunto de valores para explorar o Experimento Laboratorial sem ter a necessidade de ajustar os valores dos equipamentos e fazer a conexão de cabos para várias partes do circuito.

6. CONCLUSÕES

O Laboratório Remoto fornece aos alunos uma alternativa adicional para entender os Experimentos Práticos. Eles não precisam dispor de tempo para preparo de todos os equipamentos requeridos, realizar as conexões necessárias e anotar as leituras efetuadas no formulário entregue pelo professor. Os alunos podem ser conduzidos para analisar os resultados e compará-los com os apontamentos teóricos, previamente estudados. O Experimento Prático pode ser facilmente repetido para um novo conjunto de valores, para que os alunos possam comparar os resultados obtidos e alcançar um melhor entendimento dos assuntos relacionados ao Experimento Prático.

Em relação à implementação prática, deve-se levar em conta os tempos requeridos pelos equipamentos para obtenção de resultados, o que varia de equipamento para equipamento. Os dados lidos dos equipamentos devem ser convertidos pelo programa, para que estes possam ser corretamente exibidos no navegador remoto. Os efeitos provocados pelo ruído não podem ser desconsiderados, de forma que todos os equipamentos devem ser aterrados.

Dispondo-se da mínima infra-estrutura relatada neste artigo e seguindo-se os procedimentos apresentados, é possível organizar uma implementação prática do Laboratório Remoto. Esta infra-estrutura mínima e os procedimentos apresentados podem ser melhorados se forem utilizados equipamentos com maior capacidade de processamento e maior taxa de transmissão no canal de comunicação. A maioria das universidades, certamente, dispõe desta infra-estrutura mínima para que um Laboratório Remoto esteja disponível para seus alunos.

Finalmente, um laboratório remoto não tem a pretensão de substituir um laboratório presencial, mas sim servir de ferramenta de apoio ao ensino tecnológico.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GILLET, D. et al. **Hands-on Laboratory Experiments in Flexible and Distance Learning**. Institut d'Automatique. Portal: <<http://iawww.epfl.ch/Staff/Denis.Gillet/Publications/MS00-033.Gillet.pdf>> Visitado em : 15 de outubro de 2001.

GREENFIELD, L. **The Linux Users' Guide**. Portal : <<ftp://ftp.ibiblio.org/pub/Linux/docs/LDP/users-guide/user-beta-1.pdf.zip>>. Visitado em setembro de 2001.

HEWLETT PACKARD. **HP 34401A Multimeter – Users' Guide**. Manual Part Number: 34401-90003. junho 1992.

HEWLETT PACKARD. **Operating Manual HP 3325B Synthesizer/Function Generator**. HP Part Number 03325-90015. janeiro 1992.

KHALIFA, M. e LAM R. Web-Based Learning: Effects on Learning Process and Outcome, **IEEE Trans. Educ.**, v. 45, p. 350-356, novembro 2002.

WEISSKOPF, G. **O ABC do Frontpage 97**. Traduzido por: Mariza Guedes Carvalhaes Labrada. São Paulo: Makron Books, 1998. Tradução de The ABCs of front Page 97.

WELSH, M. et al. **Linux Installation and Getting Started**. Portal: <<ftp://ftp.ibiblio.org/pub/Linux/docs/LDP/install-fguide/install-guide-3.2-pdf.zip>>. Visitado em setembro de 2001.

***Abstract** – Laboratory activities are very important to the engineering education. Students concerns about the theoretical concepts are generally solved when they come to the Laboratory. In order to make laboratory activities available to everyone at any time, it is necessary to place a background structure to support the Laboratory usage 24-hours a day. Since the associated costs to keep a 24-hours operating lab are unfeasable to many school, this paper specifies a background structure to support a full time Laboratory availability through an Internet connection. The structure comprises the Laboratory equipments and circuits used in the experiments, a computer with communication cards and a set of software that are freely available. It also presents and discusses implementation issues of an existing experimental Remote Laboratory at the CEFET-PR. The remote laboratory proposal is not intended to substitute conventional Laboratory Classes, but to open a new way of assisting students to learn even more.*

***Key-words** – Remote Laboratory, Distance Education, Web-based learning, Remote Access and Technical Education.*