

# PRÁTICA LABORATORIAL À DISTÂNCIA UTILIZANDO SISTEMA ILAB

**Eberval Oliveira Castro<sup>1</sup>; Mauro Vanderlei de Amorim<sup>2</sup>; Marcos Tadeu R. de Araújo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Faculdade Anhanguera de Jundiaí - FAJ  
Rua do Retiro, 3000 - Bairro Retiro  
CEP: 13209-002 – Jundiaí, SP – Brasil  
eberval.oliveira@unianhanguera.edu.br

<sup>2</sup> Faculdade Anhanguera de Jundiaí / Faculdade Anhanguera de Campinas - Unidade 3  
Rua Luiz Otávio, 1313 - Taquaral  
CEP 13087-018 – Campinas, SP – Brasil  
maurinhoamorim@uol.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Av. dos Portugueses S/N – Campus do Bacanga  
CEP 65085-580 – São Luís, MA – Brasil  
[rezende@dee.ufma.br](mailto:rezende@dee.ufma.br)

**Resumo:** *Com a expansão do mercado de educação à distância surgem importantes ferramentas que podem ser usadas em apoio aos métodos clássicos de ensino. Descreve-se aqui a aplicação da tecnologia iLAB como alternativa ao ensino exclusivamente presencial de engenharia e, neste contexto, o sistema pode ser usado na forma de laboratório à distância para o desenvolvimento de práticas em linguagem de montagem (Assembly), microcontroladores e controle digital de processos. O iLAB oferece acesso remoto seguro (via SSH) a microcontroladores de arquitetura CISC e RISC e possui versatilidade por suportar a utilização tanto de clientes UNIX/LINUX quanto Windows. Embora em sua concepção original permita aplicações diversas no âmbito industrial, do ponto de vista pedagógico, pode-se verificar diversas vantagens em seu uso, como por exemplo, a interação em processos industriais remotos com monitoramento das respostas online.*

**Palavras-chave:** *ensino à distância, ensino de engenharia, controle digital, microcontrolador, sistema interativo.*

## 1. INTRODUÇÃO

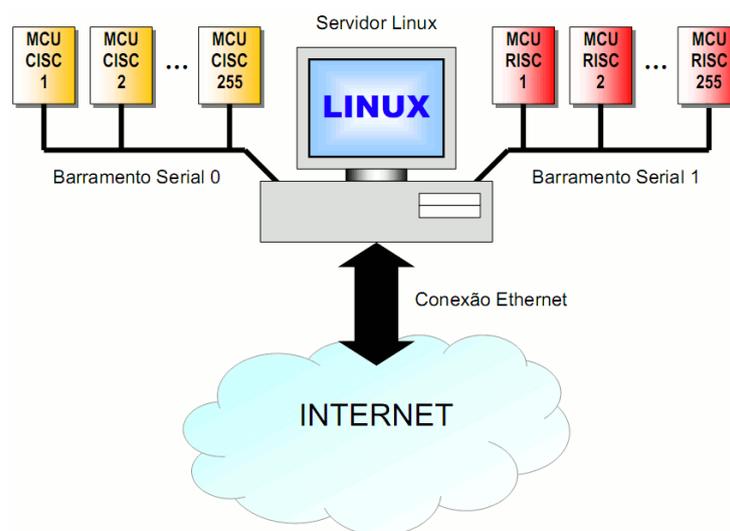
Desde o surgimento dos computadores, no século passado, vê-se uma gigantesca revolução tecnológica cujo crescimento é tão veloz que dificulta ou mesmo inviabiliza previsões para futuros não muito próximos. Baseando-se em tendências, especialistas de todo o mundo têm tentado compreender as mudanças que provêm o surgimento de novas tecnologias. Propostas têm sido apresentadas no sentido de oferecer acesso remoto a recursos laboratoriais (AKTAN *et al.*, 1996; ARAÚJO, M.T.R., 1999).

Este trabalho apresenta a aplicação da plataforma híbrida (ARAÚJO, M. T. R., CASTRO, E. C. FARIAS, M.F.S, CARVALHO, A., 2002) chamada iLAB, como alternativa ao ensino presencial de engenharia. Neste contexto, o sistema pode ser usado na forma de laboratório à distância para o desenvolvimento de práticas em linguagem de montagem (Assembly) e microcontroladores. O iLAB oferece acesso remoto seguro (com criptografia baseada em

algoritmo assimétrico) a microcontroladores de arquitetura CISC (*Complex Instruction Set Computer* – Computador com Conjunto Complexo de Instruções) e RISC (*Reduced Instruction Set Computer* – Computador com Conjunto Reduzido de Instruções). Esta plataforma mostra-se versátil por permitir a utilização tanto de clientes UNIX/LINUX quanto Windows. Embora em sua concepção original este sistema permita aplicações diversas, no âmbito pedagógico, pode-se verificar diversas vantagens em sua utilização, como por exemplo, a interação em processos industriais remotos, visualizando respostas *online*.

## 2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O iLAB consiste em um sistema de interconexão através de um servidor/host utilizando barramentos seriais em uma adaptação do protocolo RS232C. Tal sistema permite a interconexão de dispositivos como microcomputadores, microcontroladores e DSPs (*Digital Signal Processor* – Processador de Sinais Digitais), em rede, observando os fatores desempenho, segurança e baixo custo. Esta arquitetura é baseada na topologia híbrida de rede estrela-barramento, que apresenta características vantajosas como a escalabilidade e simplicidade de implementação (STALLINGS, 2000; ARAÚJO, 1999; TANEMBAUM, 1997). A rede é híbrida também em relação à arquitetura de processamento, fazendo uso de microcontroladores tanto CISC quanto RISC, cuja associação segue tendências tecnológicas mundiais. A figura 1 ilustra a arquitetura do sistema iLAB.



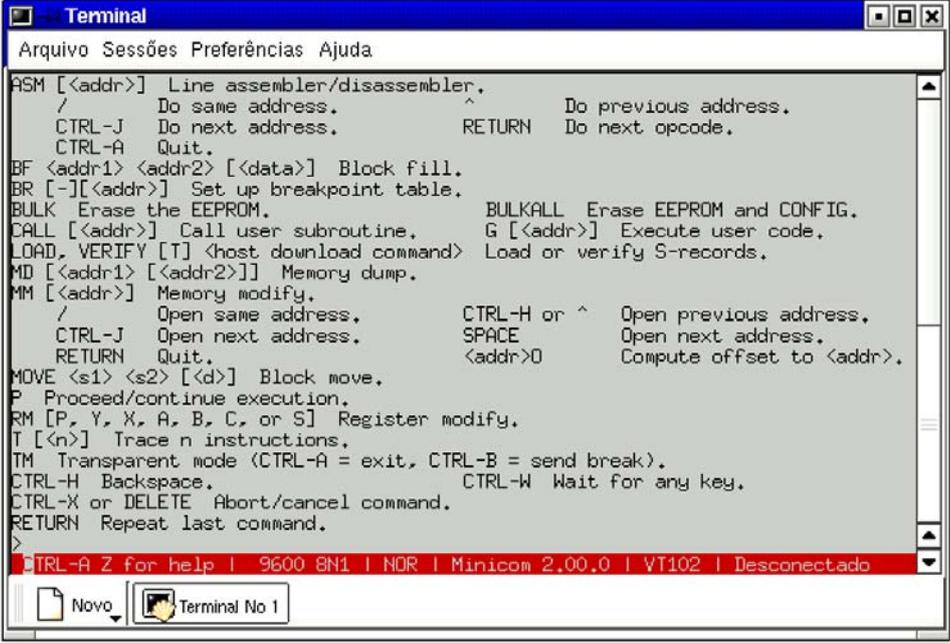
**Figura 1** – Topologia da plataforma iLAB. Em amarelo, à esquerda, encontra-se o barramento CISC e em vermelho, à direita, o barramento RISC.

O sistema iLAB consiste de uma arquitetura baseada na interconexão entre redes seriais de microcontroladores em um servidor que permite acesso na LAN (*Local Area Network* – Rede de Dimensão Local) Ethernet do laboratório, podendo inclusive ser disponibilizar tais recursos na Internet, de maneira estável e segura, a fim de alocar e executar aplicações, e possibilitar controle supervisão de processos, tudo isso de maneira remota. As características de segurança, estabilidade e livre distribuição, tornaram o sistema operacional Linux ideal para a realização desta tarefa: permitir o acesso aos microcontroladores via servidor-host.

Esta rede possui topologia híbrida do tipo estrela-barramento, seguindo o modelo da figura 1, tendo em seu nó central um microcomputador rodando o sistema operacional Linux. Além disso, o servidor possui duas portas seriais, sendo que em cada uma delas está conectado um barramento serial nos quais estão os microcontroladores, formando um

barramento serial de CISCs e outro de RISCs, embora isto não seja estritamente necessário, traz certas facilidades ao desenvolvimento do projeto ter barramentos de nós homogêneos. A figura 1 mostra a rede aqui descrita, enfatizando a possibilidade de expansão para até 510 microcontroladores, 255 em cada porta serial, utilizando-se um endereço de comprimento de um byte. Os dois tipos de microcontroladores usados foram o Motorola 68HC11 e o Microchip SX28.

O 68HC11 utiliza um programa monitor chamado BUFFALO (*Bit User Fast Friendly Aid to Logical Operation* – Pequeno Programa para Operação Lógica de Ajuda Amigável e Rápida ao Usuário) para interagir com o usuário e facilitar tarefas básicas como carregar e executar programas (MOTOROLA, 1996). Este *software* básico serve como ferramenta para realizar a programação e depuração dos microcontroladores Motorola. Como o acesso à distância, uma janela de terminal remota pode ser usada na máquina do usuário, mas não é obrigatória a utilização de modo gráfico. Esta característica é importante pois torna possível a implementação deste sistema em máquinas de *hardware* antigo e poucos recursos comparado aos PCs (*Personal Computer* – Computador Pessoal) da atualidade. A tela de ajuda do BUFFALO, ilustrada na figura 2, foi obtida acessando-se o iLAB remotamente por SSH (*Secure Shell* – Processador de Comandos Seguro) e, em seguida, utilizando o Minicom (versão 2) para realizar a comunicação via porta serial com os barramentos do servidor-host. Como toda a comunicação passa por um canal SSH criptografado, reforça-se a segurança e a privacidade das informações transmitidas através da Web.



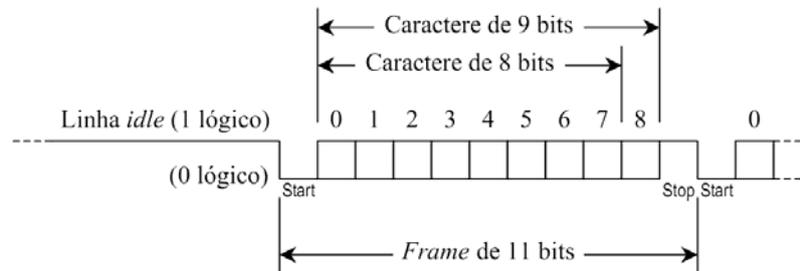
```
Terminal
Arquivo Sessões Preferências Ajuda
ASM [<addr>] Line assembler/disassembler.
/ Do same address. ^ Do previous address.
CTRL-J Do next address. RETURN Do next opcode.
CTRL-A Quit.
BF <addr1> <addr2> [<data>] Block fill.
BR [-][<addr>] Set up breakpoint table.
BULK Erase the EEPROM. BULKALL Erase EEPROM and CONFIG.
CALL [<addr>] Call user subroutine. G [<addr>] Execute user code.
LOAD, VERIFY [T] <host download command> Load or verify S-records.
MD [<addr1> [<addr2>]] Memory dump.
MM [<addr>] Memory modify.
/ Open same address. CTRL-H or ^ Open previous address.
CTRL-J Open next address. SPACE Open next address.
RETURN Quit. <addr>0 Compute offset to <addr>.
MOVE <s1> <s2> [<d>] Block move.
P Proceed/continue execution.
RM [P, Y, X, A, B, C, or S] Register modify.
T [<n>] Trace n instructions.
TM Transparent mode (CTRL-A = exit, CTRL-B = send break).
CTRL-H Backspace. CTRL-W Wait for any key.
CTRL-X or DELETE Abort/cancel command.
RETURN Repeat last command.
>
```

CTRL-A Z for help | 9600 BN1 | NDR | Minicom 2.00.0 | VT102 | Desconectado

**Figura 2** – Tela de ajuda do BUFFALO gerado por acesso remoto ao sistema iLAB a partir de console em modo gráfico no ambiente Linux.

Esta implementação do sistema iLAB utiliza dois protocolos necessários nos segmentos de rede dos microcontroladores, além da pilha de protocolos TCP/IP no segmento de rede Ethernet. No segmento dos microcontroladores, o protocolo de nível mais baixo é o RS-232C adaptado em barramento SCI. A exclusão mútua é obtida utilizando o *hardware* disponível nos microcontroladores que trazem facilidades para tal, ou seja, a porta SCI (*Serial Communication Interface* – Interface de Comunicação Serial). Esta porta possui um registrador de deslocamento capaz de transmitir *frames* de 10 e 11 bits, incluindo os bits de início (*start bit*) e de parada (*stop bit*). O tamanho do *frame* está diretamente relacionado ao

tamanho do caractere que será enviado, no caso 8 ou 9 bits adicionados aos bits de início e fim. A figura 3 mostra a estrutura do *frame* neste protocolo, cujos caracteres utilizam codificação de linha padrão NRZ-L (*Non-Return to Zero – Level*) (FOROUZAN, 2003). Todas as MCUs são mantidas em estado SLEEP e recebem sinal de WAIT quando o endereço correspondente é identificado.



**Figura 3** – Estrutura do frame do protocolo de comunicação SCI.

Na segunda camada está o formato S-RECORD (MOTOROLA, 1996) que consiste num sistema de codificação de programas e arquivos de dados em caracteres imprimíveis (ASCII) e que possam ser transportados em sistemas computacionais. Essencialmente a codificação em formato S-RECORD resulta numa seqüência de *strings* contendo informações como tipo e tamanho de gravação, posição na memória código/dados e *checksum*. É o protocolo S-RECORD que permite a programação remota de código executável, dados e informação descritiva na memória dos microcontroladores. A tabela 1 apresenta detalhes dos parâmetros do protocolo S-RECORD.

**TABELA 1** – Parâmetros do formato S-RECORD.

CAMPO	NÚMERO DE CARACTERES	CONTEÚDO
TIPO	2	Tipo S-RECORD (S0, S1, etc)
TAMANHO	2	O número de pares de caracteres da gravação, excluindo-se o tipo e o tamanho.
ENDEREÇO	4, 6 ou 8	Endereço de 2, 3 ou 4 bytes em que os código/dados serão carregados
CÓDIGO/DADOS	0-2n	De 0 a n bytes de código executável, dados carregáveis na memória ou informação descritiva
CHECKSUM	2	O complemento-de-um do byte menos significativo da soma dos valores representados pelos pares de caracteres que compõem os campos tamanho, endereço e código/dados

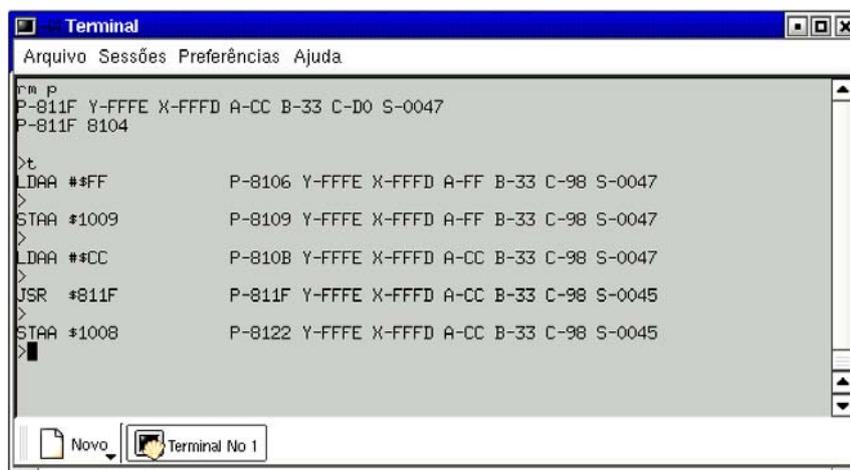
No segmento Ethernet, por sua vez, destaca-se o uso do protocolo SSH, conforme já mencionado anteriormente.

### 3. EXPERIMENTOS

A flexibilidade do sistema iLAB permite a realização de diversos experimentos remotamente. O exemplo mais simples que poderia ser citado é a execução remota passo-a-passo de um programa. Este tipo de atividade oferece ao aluno além da mesma noção obtida através de um simulador, a possibilidade de acompanhar a evolução do processo de forma remota, seja pelo sensoriamento através do próprio iLAB, ou mesmo através de uma *webcam* transmitindo *on-line* as imagens do ambiente laboratorial previamente preparado.

A figura 4 mostra um caso de execução remota passo-a-passo de um programa. Neste modo, o aluno tem acesso à instrução executada (mnemônico e dados) e os conteúdos dos registradores do sistema, incluindo apontador de instruções (P) e ponteiro de pilha (S).

Experimentos envolvendo acionamento de motor de passo e controle de semáforos já foram empregados de forma satisfatória sobre esta plataforma (CASTRO, E. O., 2002).



```
Terminal
Arquivo Sessões Preferências Ajuda
P M P
P-811F Y-FFFE X-FFFD A-CC B-33 C-D0 S-0047
P-811F 8104
>t
LDAA #FF          P-8106 Y-FFFE X-FFFD A-FF B-33 C-98 S-0047
>
STAA #1009        P-8109 Y-FFFE X-FFFD A-FF B-33 C-98 S-0047
>
LDAA #CC          P-810B Y-FFFE X-FFFD A-CC B-33 C-98 S-0047
>
JSR #811F         P-811F Y-FFFE X-FFFD A-CC B-33 C-98 S-0045
>
STAA #1008        P-8122 Y-FFFE X-FFFD A-CC B-33 C-98 S-0045
>
```

**Figura 4** – Exemplo de execução remota em modo *trace* (passo-a-passo). A cada linha o aluno pode verificar a instrução que foi executada e os conteúdos dos registradores.

### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos têm sido realizados no sentido de desenvolver uma interface gráfica amigável usando tecnologias para ambiente de rede para a alocação de recursos remotos por parte dos clientes, facilitando a preparação dos dispositivos, programação e monitoramento de resposta.

O método aqui apresentado permite reflexão e aprendizado em engenharia que transcende as paredes da escola. Isoladamente, este método pode não se mostrar eficiente pelo fato de privar o aluno do contato direto com o *hardware* do sistema. Por outro lado, a sua utilização como ferramenta de complementação de aprendizado mostra-se bastante viável e atraente.

O presente trabalho, de forma alguma, pretende esgotar o assunto, mas apenas servir de introdução a esta metodologia de apoio ao ensino presencial através de ferramentas de ensino à distância. Alguns dos desenvolvimentos aqui propostos, a exemplo da grande quantidade de elementos conectados aos barramentos, embora arquiteturalmente possíveis ainda não foram testados.

A prática laboratorial não-presencial pode sofrer resistência devido às concepções tradicionais de muitos educadores. É preciso desvencilhar-se de (pré)conceitos de didática arraigados em uma experiência de ensino exclusivamente presencial, e descobrir maneiras alternativas de se ensinar e aprender explorando as ferramentas de ensino à distância.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. T. R., CASTRO, E. C. FARIAS, M.F.S, CARVALHO, A. **Uma plataforma baseada em Linux para ensino orientado à distância.** XXX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2002.

ARAÚJO, M. T. R. **Sistema Híbrido Multicontrolado.** Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil, 1999.

AKTAN, B. BOHUS, C.A. CROWL, L.A. SHOR, M.H. **Distance learning applied to control engineering laboratories.** Education, IEEE Transactions on. (1996) Vol. 39. n. 3. p. 320-326. ISSN: 0018-9359.

CASTRO, E. O. **Rede híbrida baseada em Linux para controle de processos industriais.** Monografia (Graduação) — Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil, 2002.

FOROUZAN, B.A. **Data Communications and Networking.** McGraw-Hill, 2003.

MOTOROLA INC. **MC68HC11EVB – Evaluation board user’s manual.** 1996.

STALLINGS, W. **Computer organization and architecture.** [S.l.]: Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, USA, 2000.

TANENBAUM, A. S. **Redes de computadores.** 3a. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

## DISTANCE PRACTICE OF LABORATORY USING ILAB SYSTEM

***Abstract:** Important tools are emerging with the expansion of distance education market. These can be used to support traditional teaching techniques. This work describes the application of iLAB technology as alternative to exclusively-presential teaching of engineering. In this context, the system can be used as a remote laboratory to develop experimental practices on assembly language, microcontrollers and digital processes control. The iLAB offers remote secure access (via SSH) to CISC and RISC microcontrollers and has versatility to support either UNIX/LINUX or Windows clients. Although the original conception of this system permits several industrial applications, under pedagogic view, several advantages can be verified by use it, as example, the interaction on remote industrial processes monitoring responses online.*

***Keywords:** distance teaching, engineering teaching, digital control, microcontroller, online system.*