



LESC-86: COMPUTADOR DIDÁTICO PARA O AUXÍLIO DE PROJETO DE COMPUTADORES

Helano de S. Castro – helano@lesc.ufc.br

Mário W. P. Pereira – mario@lesc.ufc.br

Universidade Federal do Ceará – UFC, Departamento de Teleinformática - DETI

Bloco 725 – Campus do Pici – CEP 60455-970

***Resumo:** O ensino da Eletrônica Digital compreende, entre outras coisas, o desenvolvimento de habilidades de projetos de circuitos baseados em microprocessadores. Nesse sentido, iniciou-se um projeto com vistas a conceber um Computador baseado no processador 8086 da Intel, na forma de um kit didático que pudesse ser utilizado como um sistema de desenvolvimento para a disciplina de Sistemas Microprocessados do Curso de Engenharia de Teleinformática da Universidade Federal do Ceará (UFC). A principal motivação para isso deveu-se a carência de sistemas desse tipo no mercado. O LESC-86 permite que os alunos possam aprender a projetar seus próprios computadores, bem como exercitar a programação dos mesmos em linguagem de programação Assembly. A interface com o usuário é feita através de um display LCD e um teclado matricial, além de ser possível conectar o LESC-86 a um computador via interface RS-232. O primeiro passo na confecção do kit foi a criação do esquemático do projeto e uma lista de materiais a serem comprados. Com todo o kit funcionando partiu-se para a realização do software Monitor. Os protótipos iniciais, primeiramente em protoboard e depois em PCI, permitiram a detecção de vários os erros. É importante ressaltar que, embora o projeto visasse uma aplicação didática, este também corresponde a um grande projeto de Iniciação Científica, visto que, ao empregar metodologias investigativas, realizou uma inovação tecnológica, com resultados pioneiros em todo o Brasil. Tendo em vista a sua robustez e capacidade de memória, planeja-se portar o sistema operacional Linux especialmente para esse computador.*

***Palavras-Chave:** Sistemas de Computação, Microprocessador 8086, Sistemas Microprocessados.*

1 INTRODUÇÃO

O ensino na área de Engenharia demanda o treinamento do aluno em atividades de laboratório que, por sua vez, necessitam de equipamento adequado para que os objetivos didático-pedagógicos sejam alcançados. No caso do curso de Engenharia de Teleinformática da UFC, o ensino de Eletrônica Digital compreende, entre outras coisas, o desenvolvimento de habilidades de projetos de circuitos baseados em microprocessadores. Nesse sentido procurou-se, inicialmente, encontrar sistemas de desenvolvimento didáticos baseados no processador 8086 da Intel. No entanto, surpreendentemente, não se encontrou no mercado nacional, nem no mercado internacional, um sistema desse tipo. Vislumbrou-se a oportunidade de conceber um computador baseado no processador 8086 da Intel, na forma de



um kit didático que pudesse ser utilizado como um sistema de desenvolvimento para a disciplina, através do Laboratório de Engenharia de Sistemas de Computação (LESC), do Departamento de Engenharia de Teleinformática (DETI) da UFC, que possui o maior laboratório de prototipagem de placas eletrônicas da América do Sul. É importante frisar o caráter inovador do projeto, tendo em vista a inexistência de tal ferramenta no Brasil. Esse sistema permitirá que os alunos possam aprender a projetar seus próprios computadores, bem como exercitar a programação dos mesmos via a linguagem de programação Assembly.

Esse artigo descreve todo o processo de concepção, desenvolvimento e testes do computador, denominado LESC-86. Além de produzir tecnologia nacional e, particularmente cearense, o projeto enseja que a UFC não necessite adquirir kits comerciais, proporcionando uma economia para nossa universidade.

2 OBJETIVOS

Conforme foi visto na sessão anterior, existe uma grande carência por um sistema de desenvolvimento didático, no mercado comercial, que dê suporte ao treinamento prático dos alunos na área de projeto de computadores. Esse fato motivou o professor responsável pela disciplina, a propor um trabalho de monitoria que incluísse em seu programa a concepção de um sistema desse tipo. Nesse sentido, podemos dizer que os objetivos do trabalho podem ser relacionados como, objetivos gerais e objetivos específicos.

2.1 Objetivos Gerais

Prover os alunos de uma ferramenta para a melhoria do aprendizado da disciplina de Sistemas Microprocessados, do curso de Engenharia de Teleinformática. Essa ferramenta deverá ser acompanhada de uma metodologia para o ensino da disciplina, em termos de práticas de laboratório, que possibilite a simulação e desenvolvimento de programas em linguagem de programação Assembly.

2.2 Objetivos Específicos

Projetar, construir e testar um computador didático, baseado no processador 8086, da família X86 da Intel. O computador deve possuir todos os recursos necessários para contemplar os objetivos gerais, além de ser equipado com recursos que possibilitem seu uso em projetos finais de curso dos alunos. Desta forma, o computador construído e testado possui a seguinte especificação:

- PROCESSADOR 8086 INTEL;
- Memória RAM 1MB
 - Dois bancos de memória 512kbit cada;
- Memória EPROM UV 1MB
 - Dois bancos de memória 512kbit cada;
- Interface Serial (8251);
- Interface Paralela (8255);
- Contador/Temporizador programável (8254);
- Controlador de Interrupções (8259);
- Fonte de Alimentação 5V Externa;

- Circuito Gerador de Clock e Reset (8284);
- NMI ativada por push-button;
- Sistema de I/O isolado;
- Display LCD 16x2;
- Software Monitor.

A figura abaixo representa um diagrama de blocos do computador didático com a especificação acima. A interface com o usuário é feita através de um display LCD e um teclado matricial, além de ser possível conectar o LESC-86 a um computador via interface RS-232 com o uso de um programa terminal, como por exemplo o HyperTerminal do Windows.

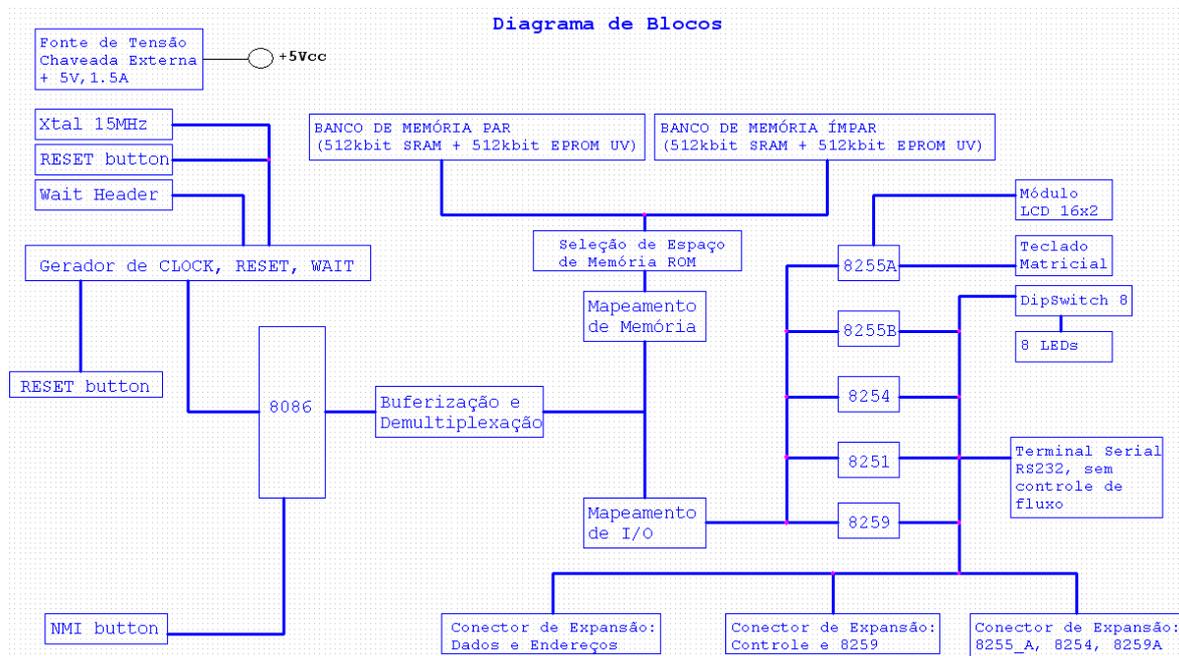


Figura 1 - Diagrama de blocos do LESC-86.

Como forma de permitir o aluno interagir com o computador, foi também desenvolvido uma ferramenta de auxílio para o debug de programas Assembly a serem executados no LESC-86, denominado de Monitor (8086 Monitor, Paterson Technology).

3 METODOLOGIA

As etapas de criação do computador didático LESC-86 tiveram como base os requisitos e as especificações gerados para o mesmo (representado pelo diagrama de blocos da Figura 1, e discutidos na sessão 2), e criados na concepção do projeto, sendo divididas em duas partes principais e seqüenciais: o desenvolvimento dos sete computadores que foram manufaturados e o desenvolvimento do software Monitor (8086 Monitor, Paterson Technology).

O primeiro passo na confecção do kit foi a criação do esquemático do projeto, baseado nos esquemas elétricos encontrados em BREY (2004/05) e INTEL CORPORATE (1987),

usando o programa Orcad da empresa Cadence, no qual se pode fazer todo o mapeamento das ligações elétricas dentre os componentes do projeto. Ao final da criação do esquemático, foi gerado uma lista de materiais a serem comprados para a montagem do primeiro protótipo do LESC-86.

O primeiro protótipo foi montado em um Protoboard (Figura 2), a fim de ter uma melhor flexibilidade na mudança das ligações elétricas, se necessário, e por ser mais uma montagem de baixo custo.

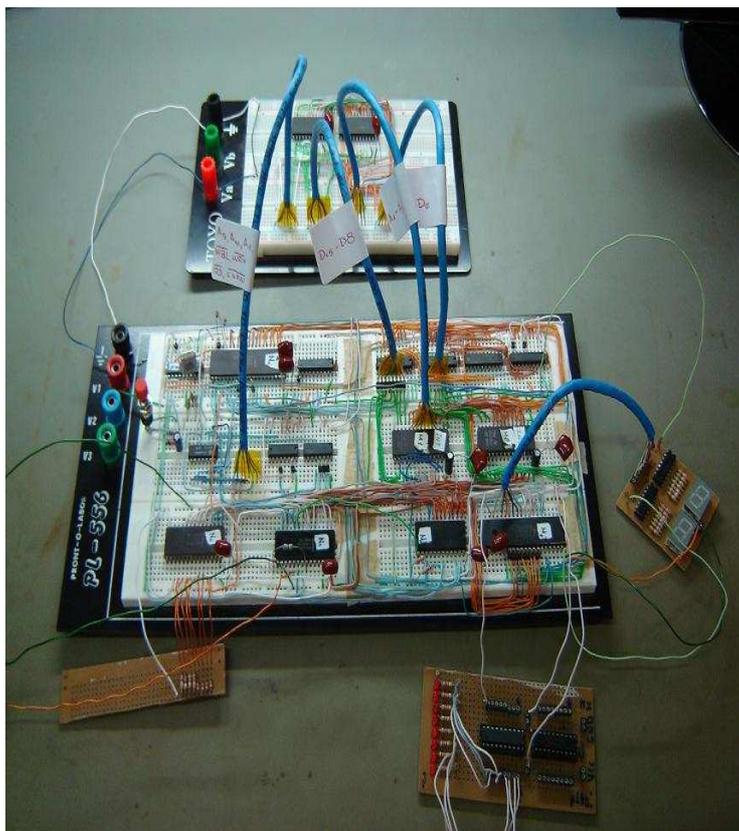


Figura 2 - Primeiro protótipo do LESC-86, realizado em placa tipo “Protoboard”.

Nesse processo, a metodologia de projeto compreendia a verificação do diagrama esquemático que, se necessário era corrigido, após os testes específicos para a validação do referido bloco, e no caso de insucesso, detecção e correção de erros, conforme mostra o diagrama da Figura 3. Utilizando este processo, o primeiro protótipo, com as funções básicas de funcionamento, foi validado.

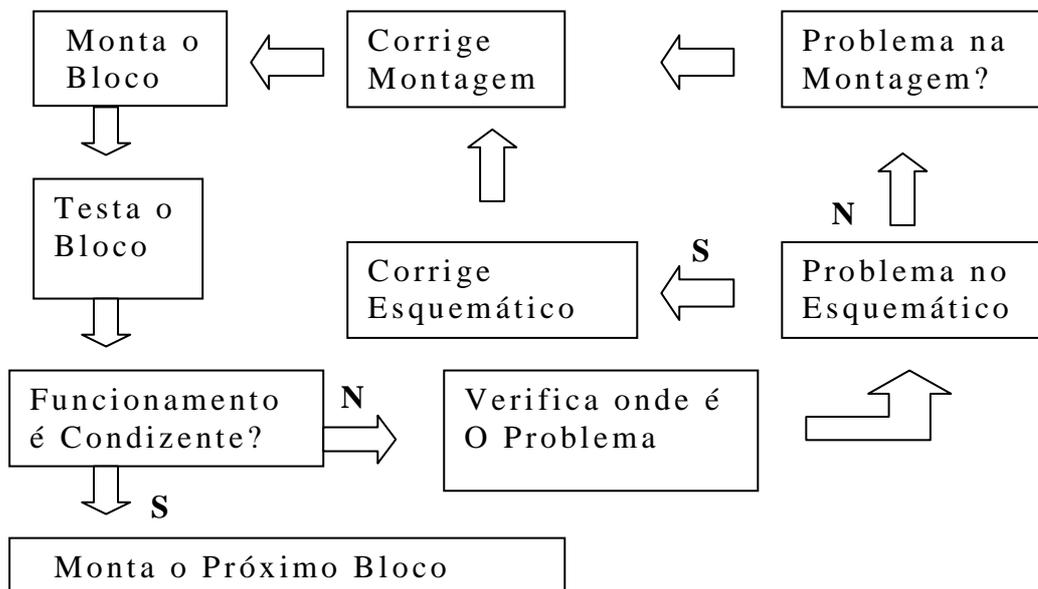


Figura 3 - Diagrama de blocos da metodologia empregada na validação do LESC-86.

Após o sucesso na montagem em Protoboard partiu-se para o desenvolvimento de um protótipo do computador em uma placa de circuito impresso (PCI), como mostra a Figura 4. Para o projeto e concepção da PCI do LESC-86, utilizou-se o software Allegro, da empresa Cadence.

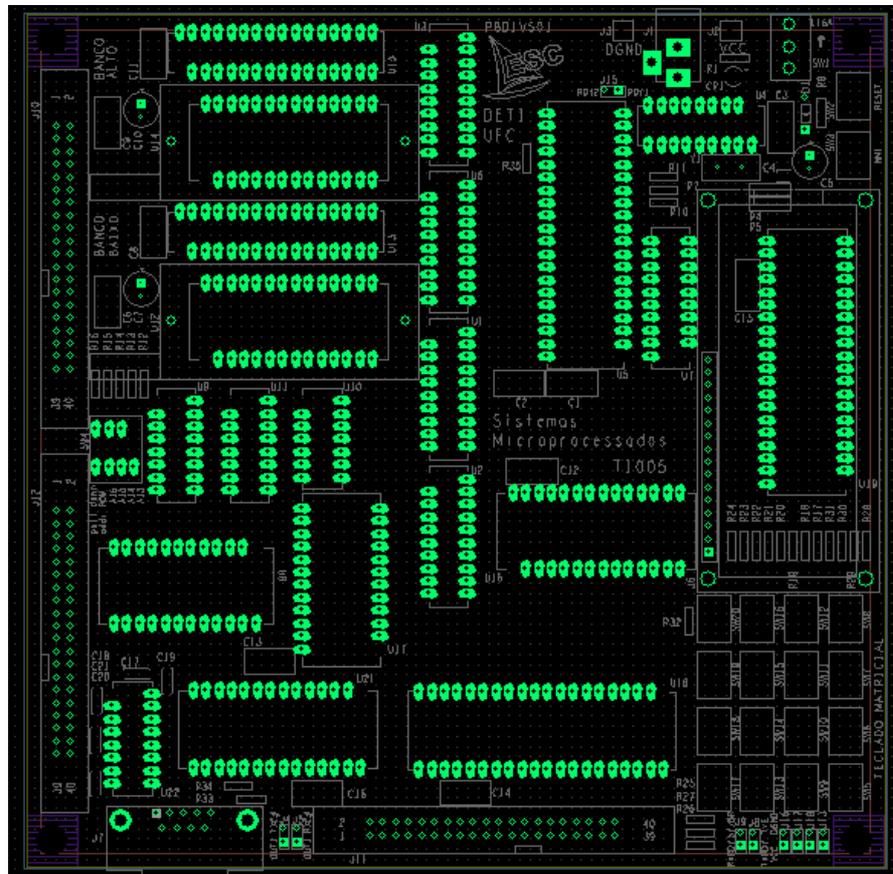


Figura 4 - O projeto da placa-mãe do LESC-86.

Utilizou-se o maquinário do LESC (Laboratório de Engenharia de Sistemas de Computação) para a confecção, máquinas de prototipação de PCI semi-automáticas, como fresadora (PROTOMAT M60), metalizadora (CONTAC III) e prensa (MULTIPRESS III) (Figura 5).



Figura 5 - Fabricação da PCI do computador LESC-86, no LESC/UFC.

Com um protótipo operacional e totalmente testado, o próximo passo foi a manufatura de sete placas-mãe do LESC-86, para serem usados na disciplina de Sistemas Microprocessados. Esse número levou em conta a quantidade de 12 alunos no laboratório, sendo cada computador para dois alunos. A sétima placa deve ser usada pelo monitor da disciplina, para preparar as práticas de laboratório com base nos programas apresentados em HYDE (2003).

Com todas as placas funcionando partiu-se para a realização do software Monitor (8086 Monitor, Paterson Technology), conforme discutido na sessão 2, usou-se o programa Emu8086 da empresa Emu8086, o qual possibilitou a simulação do software Monitor (8086 Monitor, Paterson Technology) nas configurações a serem utilizadas pelo computador, como ilustrado na Figura 6.

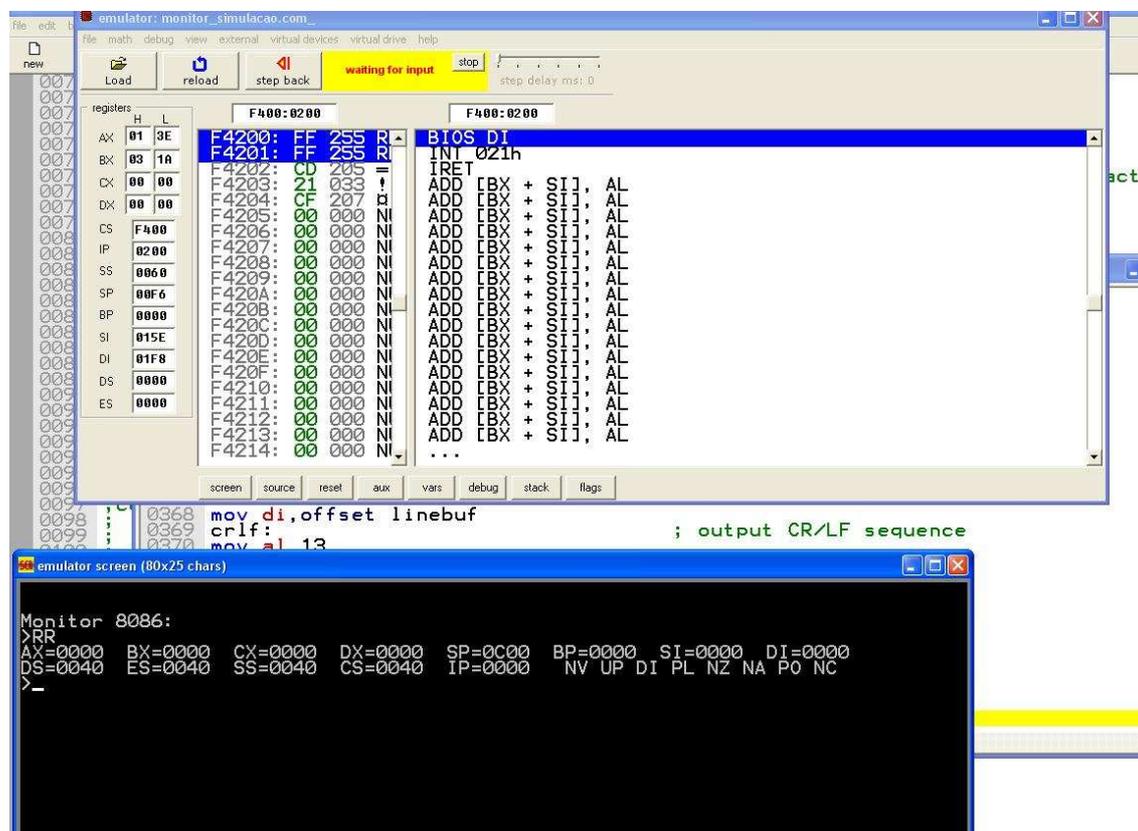


Figura 6 - Software Monitor desenvolvido e testado para funcionar como software de auxílio aos alunos, no uso do LESC-86.

4 RESULTADOS

Ao longo do desenvolvimento do LESC-86, os resultados se mostraram excelentes, principalmente nas várias etapas de montagem e validação, seguindo os passos citados na sessão anterior. Isso se deveu à metodologia empregada, que primou pela excelência do projeto lógico do computador, bem como a validação passo a passo dos blocos tanto de hardware, como de software.

Todos os circuitos lógicos funcionaram perfeitamente, bem como a parte elétrica do sistema. Os protótipos iniciais, primeiramente em protoboard, e em seguida em PCI, permitiram a detecção de todos os erros encontrados, sejam de projeto, ou de implementação.

Como resultado final, a UFC pode se orgulhar de possuir o primeiro kit de desenvolvimento de computadores para aplicações didáticas, o LESC-86, totalmente concebido, implementado e testado nas dependências do Laboratório de Engenharia de Sistemas de Computação (LESC), como fruto de um trabalho de iniciação a docência. É importante ressaltar que, embora o projeto visasse uma aplicação didática, o LESC-86 também corresponde a um grande projeto de iniciação científica, na medida em que, ao empregar metodologias investigativas, realizou uma inovação tecnológica, com resultados pioneiros em todo Brasil. A Figura 7 mostra o produto final desse projeto de iniciação à docência, o LESC-86. É importante salientar que, além da parte visível do projeto, o hardware, existe todo um outro grande esforço de desenvolvimento representado pelo software Monitor (8086 Monitor, Paterson Technology), que reside nas memórias do computador, além, é claro, de um manual de práticas, com base em HYDE (2003), que começou a ser gerado, e que será utilizado no laboratório.



Figura 7 - Resultado final do projeto de Iniciação à Docência. LESC-86, o primeiro computador, no Brasil, para uso didático em disciplinas de Projetos de Computadores, para uso na disciplina de Sistemas Microprocessados, que tem como código, junto à Pró-Reitoria de Graduação, TI005.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora estejamos satisfeitos com os resultados do projeto, novos planos para uso do LESC-86 estão sendo elaborados. Devido à sua robustez, capacidade de memória, planeja-se portar o sistema operacional Linux, especialmente para esse computador, e embarcá-lo na sua memória, de acordo com o proposto no livro *Building Embedded Linux Systems* e no site ELKS. Além disso, outro projeto visa o emprego de FPGA's para interfacear o LESC-86 com outros circuitos eletrônicos, tais como monitores de vídeo, impressoras, entre outros.

Apesar do projeto e implementação do LESC-86 ter sido motivado pela oportunidade de uso como um kit didático para a disciplina de Sistemas Microprocessados, outras disciplinas poderão utilizá-lo como ferramenta de laboratório. Além disso, esse projeto inspirou o professor orientador a conceber outros kits de desenvolvimento para outras disciplinas que não possam ser beneficiadas pelo LESC-86.

A concretização desse projeto, além de ter proporcionado um grande impacto positivo na disciplina para a qual ele foi pensado, proporcionou a oportunidade do aluno de iniciação à docência trabalhar em conteúdos da disciplina, dado que o uso do LESC-86 demandou um profundo estudo em toda sua teoria. Além disso, as freqüentes discussões com o professor o levaram a reprogramar a disciplina, de forma a potencializar o uso do computador, provocando uma modernização em seu conteúdo.

Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos ao Departamento de Engenharia de Teleinformática (DETI) que forneceu todo apoio necessário para a criação deste trabalho, principalmente na figura do LESC (Laboratório de Engenharia de Sistemas de Computação), chefiado pelo professor Helano de S. Castro, que ministra a disciplina de Sistemas Microprocessados no Departamento de Teleinformática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREY, Barry B. **Intel Microprocessors: 8086/8088, 80186, 80286, 80386, 80486, Pentium, Pentium Pro Processor, Pentium II, Pentium Architecture, Programming, and Interfacing.** Ed. Pearson Education Ltd., 2004/05.

Cadence Design Systems. **Cadence PCB Design.** Disponível em:
<http://www.cadence.com/products/pcb/Pages/default.aspx>
Acesso em: 18 jun. 09.

ELKS, sourceforge.net. **The Embeddable Linux Kernel Subset.** Disponível em:
<http://elks.sourceforge.net/index.html> Acesso em: 18 jun. 09.

HYDE, Randall. **The Art of Assembly Language.** Ed. No Starch, 2003.

INTEL CORPORATE. **Microprocessor and peripheral handbook.** Ed. Intel Corporation, 1987.



Paterson, Technology. **8086 Monitor Instruction Manual**. Disponível em: <http://www.patersontech.com/Dos/manuals.aspx> Acesso em: 18 jun. 09.

Yaghmour, Karim. **Building Embedded Linux Systems**. Ed.O'Reilly, 2003.

LESC-86: EDUCATIONAL COMPUTER FOR THE COMPUTERS PROJECT AID

***Abstract:** This paper describes the conception and implementation of a computer meant to be used as a laboratory tool for the discipline of Microprocessor Systems, in the undergraduation course of Teleinformatics Engineering of Federal University of Ceará. The computer, named LESC-86, is based on the Intel 8086 microprocessor and has the main interfaces found on other didactic computer systems. The reason for its choice is due to the fact the it has the main features found on the Intel X86 family, without the complexities of the more sophisticated X86 Pentium family. Besides the development of the computer platform, we also implemented a small Monitor program meant to be used by the student as a software interface unit. A technical manual, as well as a experiments manual were developed to be used by the laboratory instructor. The whole system was fully tested and is complete operational, being already in use in the course it was meant for. Besides its use as a laboratory tool the teaching purposes, LESC-86 can also be used as a development system, given its wide number of interfaces. As a next step we plan to port Linux operating system onto LESC-86. No other such a educational kit was found to be developed in Brazil or abroad.*

***Key words:** Computer System, 8086 Microprocessor, Microprocessing systems, computer educational kit.*