

Implantação de laboratório acadêmico de microcontrolador em Instituição de Ensino Superior

Ubiratan Lopes

Aluno do Curso de Ciência da Computação da Faculdade Comunitária de Campinas - Unidade 2

Bolsista do Programa de Iniciação Científica - PIC

e-mail: ubiratan@cemeq.unicamp.br

Tatiane Regina Bonfim

Doutora em Engenharia Elétrica e Computação - UNICAMP

Coordenadora dos cursos de Ciência da Computação e Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Faculdade Comunitária de Campinas - Unidade 2

e-mail: tatiane.regina@unianhanguera.edu.br

Resumo

Este trabalho visa o estudo dos microcontroladores de diversas empresas do mercado, a fim de selecionar o mais adequado para o desenvolvimento de uma plataforma de *hardware*, com tecnologia atual e contendo baixo custo, para utilização em sala de aula. Trata-se de um projeto simples e didático voltado ao estudo dos periféricos internos do microcontrolador, de abordagem clara e objetiva, aproveitando ao máximo estes recursos com o intuito de otimizar o andamento das aulas em laboratório.

Palavras-chave: laboratório de microcontrolador, plataforma de *hardware*, protótipos didáticos, tecnologia.

Introdução

Atualmente existem muitos fabricantes de microcontroladores e se faz necessário definir um microcontrolador de um determinado fabricante como padrão e utilizá-lo como plataforma de estudo. Tendo em vista que seus periféricos internos são geralmente semelhantes, apesar da grande quantidade de modelos e fabricantes, são requeridos estudos específicos de análise da tecnologia com ênfase na didática para se atingir um grau de satisfação positivo no aproveitamento acadêmico e garantir uma melhor assimilação do conteúdo pelo aluno.

Os laboratórios de microcontroladores são

Abstract

This work aims at the study of the microcontrollers of diverse companies of the market, with the objective to select the most adequate for the development of the platform, of the hardware with current technology and low cost, for use in classroom. This is a simple and didactic project directed to the study of the internal peripherals of the microcontroller, with the clear objective, using to the maximum these resources with intention to optimize the course of the lessons in laboratory.

Key-words: laboratory of microcontroller, didactic archetypes, platform of the hardware, technology.

fundamentais nas instituições de ensino superior pois esta disciplina consta na grade curricular dos cursos das áreas de tecnologia como engenharias, ciência da computação e os demais cursos correlatos à tecnologia digital. A demanda por profissionais com o conhecimento em desenvolvimento e programação em microcontroladores tem sido muito enfatizada nesta última década, devido ao baixo custo e ao estado de arte que a tecnologia atingiu. Os laboratórios acadêmicos vêm desmistificar sua utilização dando ao aluno a prática necessária para que o mesmo tenha conceitos fortemente edificados, formando assim uma cultura voltada ao desenvolvimento de aplicações de dispositivos “inteligentes” ou microcontrolados.

A construção de conjuntos de desenvolvimento em microcontroladores, proposta neste trabalho, facilitará a assimilação do conhecimento pelo aluno e permitirá a vivência prática exigida pelo mercado de trabalho, que requer profissionais da área de tecnologia de informação com conhecimento em microcontroladores, tanto em *hardware* como em *software*.

O objetivo deste projeto é realizar estudos nos microcontroladores das diversas empresas do mercado, que agreguem tecnologia, arquitetura, simplicidade, facilidade de gravação, recursos disponíveis, periféricos e ferramentas de alto nível, a fim de selecionar um microcontrolador de uma determinada empresa que seja adequado para a construção de uma plataforma de desenvolvimento - *hardware*, para utilização em aula de laboratório de microcontrolador.

Microcontrolador

O microcontrolador, de acordo com TOCCI et al. (2003) é um tipo mais especializado de microcomputador projetado para ser um microcomputador dedicado ou um controlador interno que ajuda a monitorar e controlar as operações de uma máquina, uma parte de um equipamento ou um processo. O microcomputador é o menor tipo de computador que consiste de um *chip* de microprocessador, *chips* de memória e *chips* de interface entrada/saída em conjunto com dispositivos de entrada/saída. Os microcomputadores foram desenvolvidos como resultado de um enorme avanço na tecnologia de fabricação de circuitos integrados, que tornou possível encapsular mais e mais circuitos digitais em um pequeno *chip*.

Segundo TOCCI et al. (2003), os microcontroladores são microcomputadores porque usam um *chip* de microprocessador como a CPU, porém são muito menores que os computadores de propósito geral porque seus dispositivos de entrada/saída são muito menores. Alguns dos dispositivos de entrada/saída, assim como a memória, são implementados no mesmo *chip* do microprocessador. Os microcontroladores são empregados em diversas aplicações de controle de aparelhos, máquinas de atendimento automático, fotocopiadoras, instrumentação médica e outros.

Análise dos microcontroladores disponíveis no mercado

Para a verificação do microcontrolador mais

adequado para se tornar a plataforma de desenvolvimento, foram selecionados alguns dos fabricantes seguindo os seguintes critérios:

1. Microcontroladores de 8 bits;
2. Disponibilidade no mercado Brasileiro;
3. Tecnologia da memória de programa - *flash ram*;
4. Facilidade de gravação na memória de programa;
5. Meio de gravação;
6. Custo da interface de desenvolvimento do fabricante;
7. Facilidades na interface de desenvolvimento;
8. Custo do compilador para a linguagem C;
9. Engenharia de *hardware* empregado no microcontrolador;
10. Periféricos do microcontrolador;
11. Custo do componente.

As empresas selecionadas foram: Holtek, Microchip, Texas Instrumentos, Motorola, Rabbit, Atmel, Zilog e SM semicondutores.

Todos os fabricantes fornecem gratuitamente, em seus *sites* para *download*, as interfaces de desenvolvimento integradas (IDEs), porém algumas têm apenas o compilador *assembly* como padrão e não aceitam a linguagem C, outras têm o compilador C como padrão, outros têm o *assembly* e a linguagem C como opção, e em algumas empresas a construção do compilador C para alguns modelos de seus microcontroladores é terceirizada, havendo, portanto, um custo na implantação do laboratório.

Estudo dos periféricos internos do microcontrolador

O microcontrolador de 8 bits, após um levantamento dos microcontroladores disponíveis no mercado, foi determinado como sendo o mais adequado a ser utilizado em instituições de ensino por se tratar de um dispositivo de menor complexidade e muito utilizado pela indústria e ideal para iniciantes.

Os periféricos dos microcontroladores de 8 bits são na sua maioria semelhantes, havendo inovações inseridas pelos fabricantes buscando diferenciar seus produtos. Em geral os microcontroladores contêm internamente os seguintes periféricos:

1. Gerenciadores de inicialização;
2. Portas de entrada e saída;
3. Comunicação serial;
4. Temporizadores;
5. Comparadores analógicos;

6. Memória EEPROM.

Os periféricos são muitos versáteis, dando ao sistema grande potencial, redução de espaço e custo, e tornando o sistema um requisito de *software* pelo reduzido custo do *hardware* e alto grau de tecnologia disponível. Estes periféricos contêm inúmeros subconjuntos de *hardware*, aumentando a versatilidade e sua complexidade e, conseqüentemente, exigindo um estudo mais detalhado e aprofundado para se ter o completo domínio e subsídio para implantar aplicações mais coesas.

Pelos estudos realizados foi verificado que todos os fabricantes de microcontroladores requerem, para a instalação das IDEs (interfaces de desenvolvimento integradas), os seguintes equipamentos e *softwares*:

1. PC Pentium com 128Mbytes de RAM, 20 Mbytes de disco rígido;
2. *Windows 98* ou superior;
3. As IDEs de cada fabricante;
4. Simulador dos respectivos microcontroladores.

Cabe ressaltar que algumas IDEs de certos fabricantes não suportam o *Windows 98* e somente o *Windows XP*, e existem vários projetos de IDEs para plataforma LINUX, que não serão abordados neste trabalho.

As interfaces integradas de desenvolvimento (IDEs) fornecidas pelos fabricantes foram instaladas para avaliação dos recursos disponibilizados e, após a instalação, foi possível verificar que cada IDE tem suas particularidades inovadoras e deficiências particulares. Em geral foi constatado que todas são satisfatórias. Foram instaladas as IDEs dos seguintes fabricantes: Microchip, Zilog, Holtek, Stmicroeletrônica e Atmel.

Os compiladores disponibilizados e as linguagens de programação utilizadas nos microcontroladores foram testados com aplicativos simples e foi verificado, através dos testes, que eles contêm particularidades inovadoras e deficiências particulares. Em geral foi constatado que todos os compiladores são bons.

Os métodos de gravação dos microcontroladores foram analisados e foi verificado que os mesmos estão convergindo para o padrão JTAG¹ especificado pela IEEE², porém todos incorporam métodos de baixo custo. Os métodos de gravação utilizam as portas seriais, paralelas e USB³.

Estudo da plataforma de desenvolvimento padrão

As plataformas de desenvolvimento dos seguintes fabricantes foram adquiridas para testes práticos:

1. Zilog, o kit Z8encore000zc0;

2. Microchip, MÓDULO2;

3. Atmel, EMBMEGA32C14P, AVR-MT-128, JTAGAVRU1 e ISPAVRP2.

A plataforma escolhida para desenvolvimento padrão, após os testes realizados com vários microcontroladores, foi o microcontrolador AVR da ATMEL. A motivação para esta escolha como plataforma de desenvolvimento padrão deve-se aos itens citados abaixo:

1. Engenharia de *hardware*;
2. Arquitetura *Harward*;
3. Arquitetura ortogonal;
4. Tecnologia RISC;
5. *Pipeline*;
6. 1MIPS por 1MHz;
7. Baixo custo;
8. Grande capacidade de memória de programa;
9. Grande capacidade de memória de dados;
10. Grande quantidade de periféricos.

O modelo Atmega 8 foi escolhido para implantação devido ao custo, encapsulamento, grau de complexidade, dimensão e disponibilidade.

A plataforma de desenvolvimento da Zilog é uma ferramenta boa para o estudo, mas ela não fornece a IDE para avaliação prévia e trabalha em 3.3V, dificultando o uso de dispositivos como o LCD. Seu custo é de US\$ 100,00. A gravação do dispositivo apresentou muitas falhas. Sua memória é segmentada, porém é muito grande e disponibiliza muitos periféricos. Esta plataforma utiliza o encapsulamento PLCC-52, que é muito bom para o emprego em protótipos, pela facilidade em sua conexão e a disponibilidade de soquetes comercializados.

A plataforma de desenvolvimento da Microchip - modelo 2, foi desenvolvida pela empresa Mosaico do Brasil, para fins didáticos. Ela é composta de vários itens para ensaios de seus periféricos, porém seu custo é elevado, de R\$ 589,00. A fonte, o gravador e *softwares* usados nos exercícios acompanham a plataforma. A IDE é muito boa e, como ela é disponibilizada livremente, foi possível testá-la antes de adquirir a plataforma de desenvolvimento. Sua memória é segmentada e a configuração de seus pinos de E/S não são independentes. Seu simulador é ótimo, contendo muitas opções que facilitam a depuração do aplicativo. A linguagem C não está disponível até a versão atual, sendo necessário adquiri-la de terceiros, aumentando o custo nesta implantação.

A plataforma de desenvolvimento da Atmel e o modelo para o atmega 32 possui uma IDE muito simples e contém muitos recursos que facilitam a implementação e a depuração dos aplicativos. A plataforma do atmeg32

tem o custo de U\$ 37,50 e a plataforma do atmega128 de U\$ 54,00. O atmega 128 é uma plataforma bem compacta e muito elegante e é excelente para implantação em laboratório por conter inúmeros acessórios contidos em uma simples placa. O atmega 32 não tem nenhum acessório contido nele, porém apresenta seus conectores expondo todos seus pinos ao exterior facilitando a implantação de *hardwares* para utilizá-lo.

O gravador JTAGAVRU1 para gravação por JTAG, padrão adotado IEEE, tem o custo de U\$ 38,99. O gravador paralelo ISPAVRP2 tem o custo de U\$ 6,95.

A IDE do Atmel não disponibiliza recursos para gravação via porta paralela, sendo necessário utilizar *softwares* de terceiros. Comumente utiliza-se o *software* gratuito PONY para Windows XP. Não foram estudados *softwares* para plataforma LINUX, porém para o Atmel existem muitos recursos neste sistema operacional.

Plataforma de hardware padrão

A elaboração da plataforma de *hardware* padrão, seguindo o método proposto, está ilustrado na Figura 3.1.

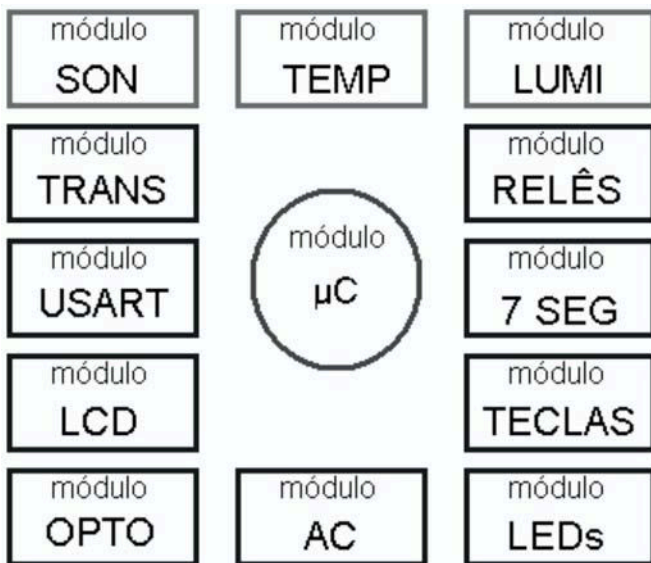


Figura 3.1 - Vista geral do sistema proposto

O protótipo foi desenvolvido em uma matriz de contatos, como ilustrado na Figura 3.2, e depois em uma placa padrão com *wire-up*, como ilustrado na Figura 3.3.

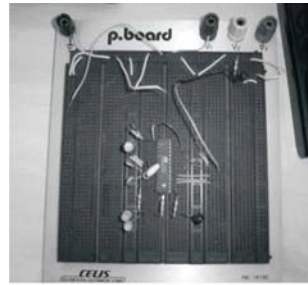


Figura 3.2 - Protótipo em matriz de contatos

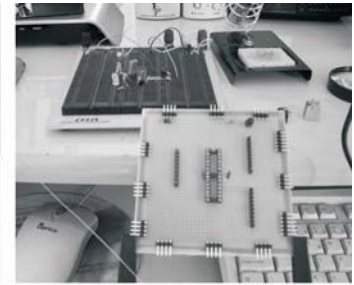


Figura 3.3 - Protótipo em placa padrão com wire-up

Após a execução de testes de funcionalidades, que foram bem sucedidos, a placa padrão foi confeccionada definitivamente por processo caseiro. O lado da solda da placa padrão está ilustrado pela Figura 3.4 e, na Figura 3.5, está ilustrada a placa pelo lado dos componentes. Nas duas figuras as placas não estão corroídas e somente o circuito está transferido.

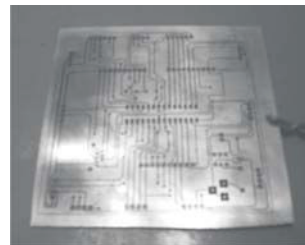


Figura 3.4 - Verso da placa

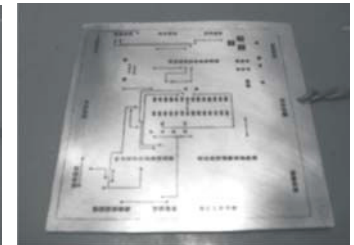


Figura 3.5 - Frente da placa

Na Figura 3.6 estão ilustrados o esquema elétrico e a placa corroída e envernizada pelo lado dos componentes e, na Figura 3.7, estão ilustrados o esquema e a placa corroída e envernizada pelo lado da solda.

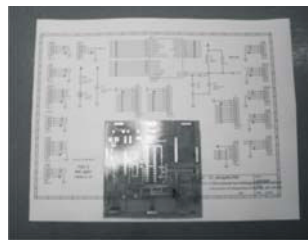


Figura 3.6 - Placa ilustrada pelo lado dos componentes

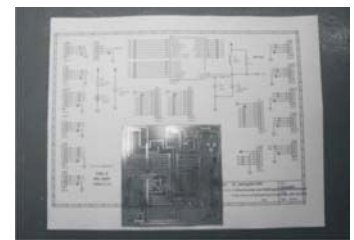


Figura 3.7 - Placa ilustrada pelo lado da solda

A plataforma foi composta por treze módulos de fácil conexão com o módulo C, que estão enumerados abaixo:

1. Módulo microcontrolador - Jaguatirica;
2. Módulo USART - Tamandua;
3. Módulo 7 segmentos - Vaga-lume;
4. Módulo LEDs - Sábua;
5. Módulo LCD - Quati;
6. Módulo teclado - Tiziu;
7. Módulo relê - Jibóia;
8. Módulo opto-acoplador - Borboleta;

9. Módulo AC - Coleirinha;
10. Módulo transistor - Bico-de-lacre;
11. Módulo sensor temperatura - Oca;
12. Módulo sensor luminosidade - Arco-e-flecha;
13. Módulo sensor sonoro - Plânctons.

No estudo da implantação de uma plataforma padrão, inicialmente foi utilizado um simulador de *hardware*, que é uma versão demo do PROTEUS VSM Atmel AVR da empresa Canadense, e que é comercializada no Brasil pela Anacom. Devido ao alto custo da licença deste *software*, esta solução foi considerada inviável para ser implantada na instituição, reforçando a utilização de uma plataforma de *hardware* padrão, proporcionando ao aluno a prática necessária e a um baixo custo.

Para a construção de uma plataforma padrão, circuitos impressos foram cotados junto a TEC-CI, localizada em São Paulo.

A Tabela 1 apresenta o custo da confecção de PCIs, relacionando sua dimensão com a quantidade solicitada.

Tabela 1 - Custo em função da dimensão x quantidade

DIMENSÃO (mm)	PEÇAS	PREÇO (R\$)
54,28 x 63,48	3	126,14
54,28 x 63,48	5	76,81
54,28 x 63,48	10	39,91
113,97 x 147,30	3	92,50
113,97 x 147,30	5	56,05
113,97 x 147,30	10	29,05
120 x 140	100	16,53
120 x 140	200	14,68
120 x 140	300	14,06

De acordo com a tabela 1 foi detectado que é inviável a construção de protótipos para ensaio e foi verificado que, quanto maior for a quantidade de placas, mais o custo fica acessível, sendo a dimensão um fator não determinante do custo. Devido a este fato, foi detectada a necessidade de alternativas, como a matriz de contatos, que é muito boa para projetos pequenos, rápidos e de poucos componentes.

Para o desenvolvimento do protótipo, utilizando matriz de contato, foi utilizado o *software* roteador EAGLE da CADSOFT, para gerar o *layout* do *hardware* desenvolvido. O EAGLE foi escolhido devido ao fato de gerar os arquivos para confecção nos padrões mais conhecidos do mercado (*gerber*), e por ser de fácil utilização. Uma vez gerados estes arquivos, basta enviá-los via e-mail a qualquer empresa de PCI para a confecção.

Tendo em vista que é inviável a confecção de pouca quantidade de PCI por terceiros, foi utilizado o processo caseiro de confecção de PCI muito difundido atualmente, o papel *transfer*. O papel *transfer* consiste em uma folha de papel fotográfico, no formato A4, o qual recebe a impressão do *layout*, por meio de uma impressora ou por meio de máquina de fotocópia. A impressora mais adequada para esta função é a impressora a laser, devido à qualidade da impressão. Após o *layout* estar impresso no papel *transfer*, ele é transferido do papel *transfer* para a PCI, que deve ser devidamente preparada, por aquecimento. A preparação da PCI é feita pela limpeza da superfície metalizada com álcool isopropílico e palha de aço, não podendo haver gordura ou poeira nesta superfície.

Através do método de transferência por aquecimento realizado por um ferro de passar roupa, foram construídos quatro protótipos de boa qualidade.

O *software* roteador do aplicativo PROTEUS foi utilizado para gerar automaticamente a PCI, a partir do esquemático produzido nele, e as ligações definidas no esquemático foram geradas com alguns cliques. Para que o produto final seja confiável e de qualidade, é exigido do projetista de PCI muito conhecimento e prática, chegando a utilizar 50 horas na confecção dos módulos propostos. Com o intuito de diminuir ao máximo o custo na confecção do PCI, os módulos foram adequados ao mínimo tamanho possível e, sempre que possível, foram utilizadas placas de face única, com trilhas em apenas um lado da placa.

Algumas mudanças no *hardware* foram realizadas para adequá-lo a realidade comercial do Brasil. Os conectores idealizados foram os conectores USB, tipo A, para PCI e, por serem produtos dificilmente encontrados no comércio brasileiro, principalmente em baixa quantidade, foram substituídos pelos conectores em linha simples - *SIL* com quatro vias, que são facilmente encontrados e de baixo custo.

Após a definição do *hardware* e da PCI, a ênfase do trabalho foi dada no acabamento do conjunto didático para microcontrolador, ou seja, a parte mecânica. Esta etapa apresenta o maior desafio para o projeto, por ser o de maior custo e por possuir poucas alternativas interessantes. Primeiramente foram definidos os requisitos considerados mais importantes para a instituição. Estes requisitos estão descritos a seguir:

- 1- Facilitar o controle de entrada/saída do conjunto da biblioteca;
- 2- Facilitar o manuseio em laboratório;
- 3- Garantir o funcionamento do *hardware*, quanto à estática;

- 4- Conter pouca ou nenhuma abstração de *hardware*;
- 5- Conter requisitos para explorar todos os recursos do microcontrolador;
- 6- Ser voltado ao ensino e ser didático.

Para o desenvolvimento deste trabalho, a fim de cumprir os requisitos descritos acima, foi necessário realizar estudos nas atividades de laboratórios e suas exigências. A seguir são descritos os pré-requisitos do laboratório de microcontrolador, os problemas encontrados no laboratório e os métodos laboratoriais.

Pré-requisitos para a implantação de um laboratório de microcontroladores

As instituições de ensino não exigem dos discentes qualquer pré-requisito em seus cursos na área de tecnologia. Os alunos têm conhecimentos heterogêneos e, na maioria das vezes, não têm conhecimento nas áreas que escolheram para graduar. Sendo assim, as instituições têm uma função importante na formação dos alunos com relação aos aspectos tecnológicos, desde o comportamental até o prático.

No desenvolvimento deste projeto é considerado que os alunos não têm habilidade alguma com as necessidades intrínsecas de um laboratório de microcontroladores e, sendo assim, é importante que os conceitos básicos adequados aos procedimentos em laboratório de eletrônica e *firmware* sejam introduzidos paulatinamente, enfatizando sempre que possível as precauções no controle da energia estática e a cautela com os instrumentos eletrônicos, criando assim uma postura técnica e responsável no laboratório.

No ambiente laboratorial acadêmico de microcontrolador é muito importante que haja controle dos instrumentos, dos *softwares* e dos *hardwares* utilizados em aula. Para os instrumentos é necessário que haja cuidado no manuseio, pois possuem um custo alto e são muito sensíveis ao choque mecânico e sobre tensão. Para o *software* é necessário ter o cuidado com a instalação e com os direitos autorais. Para o *hardware* é necessário ter o cuidado referente ao manuseio, por ser muito sensível à energia estática e à tensão.

Existe uma série de instrumentos e componentes eletrônicos mínimos e necessários ao aprendizado em eletrônica e microcontrolador que dão base para que o aluno tenha uma visão geral dos novos conceitos e para que possa, de acordo com sua necessidade ou criatividade, conseguir desenvolver através de pesquisa. A seguir são listados os instrumentos comumente

utilizados em aula nos laboratórios:

1. Multímetros;
2. Osciloscópios;
3. Fonte de 5 volts;
4. Fonte regulável de 0 a 24 volts;
5. Gerador de ondas;
6. Computador.

Este trabalho propõe, para a implantação de um laboratório de microcontrolador, o desenvolvimento dos módulos de *hardware* que são:

1. O módulo da CPU;
2. 13 módulos acessórios, apresentados na figura 3.1.

Neste projeto não há a necessidade de qualquer componente externo, pois todos foram incorporados aos 13 módulos, possibilitando utilizar todos os recursos do microcontrolador em questão.

Com a utilização da plataforma padrão é possível otimizar o andamento das aulas em laboratório, pois o aluno não terá que se apegar às peculiaridades da montagem do projeto e poderá se ater às partes mais técnicas do projeto. Com o uso desta plataforma, o custo com instrumentos e investimentos com componentes eletrônicos é minimizado.

Partindo sempre da premissa de que a maioria dos alunos não tem experiência com o ambiente laboratorial de microcontrolador, foi proposto um trabalho com os alunos em três fases:

1. Na primeira fase será utilizada a interface integrada de desenvolvimento padrão do próprio fabricante como: editor, compilador e simulador, no qual o aluno terá o primeiro contato com a nova tecnologia, podendo experimentar as facilidades contidas na integração existente neste tipo de ferramenta. Utilizando o editor para gerar seus códigos, o compilador para verificação de erros e o simulador para verificação da execução do código, os alunos poderão experimentar as vantagens destas ferramentas de desenvolvimento;
2. Na segunda fase serão utilizados *softwares* simuladores de *hardwares*, *firmwares* e instrumentos, dando ao aluno a oportunidade de experimentar novas tecnologias de desenvolvimento;
3. Na terceira fase serão utilizadas plataformas padrão de desenvolvimento em microcontrolador e de *hardware*, acessórios pré-elaborados para o uso em aula, sendo um auxílio ao professor, e que poderão ser utilizados especialmente para testes dos diversos dispositivos internos, a fim de fixar os conceitos e facilitar o desenvolvimento das

aplicações dos alunos.

A linguagem utilizada será a linguagem C para o desenvolvimento em aula, que é um *software* largamente empregado em sistemas microcontroladores e devido aos motivos citados abaixo:

1. Por ser disciplina integrante da matriz curricular do curso;
2. Por ter sido assimilada pelos alunos ao longo dos semestres anteriores;
3. Por ser amplamente difundida em aplicações em microcontrolador;
4. Por ser pré-requisito na indústria;
5. Pela facilidade de entendimento.

Problemas laboratoriais

A implantação de um laboratório de microcontrolador pode seguir conceitos distintos, variando para cada opção escolhida e apresentando pontos positivos e negativos para cada uma. Estas opções são descritas a seguir.

1. Custo de implantação;
2. Custo de manutenção;
3. Controle;
4. Tempo de utilização real (demora para utilização);
5. Área ocupada;
6. Conhecimento;
7. Aprendizagem;
8. Instrumentos;
9. Acessórios requeridos.

Custo de implantação

Esta é uma das principais preocupações deste projeto, a fim de viabilizá-lo. O custo da implantação pode ser elevado quando se observam os problemas com a ótica de uma instituição educacional do porte do Grupo Anhanguera, que contém vários laboratórios, onde se faz necessário utilizar estas precauções, podendo chegar a requerer milhões de reais para sua implantação em suas unidades. Neste sentido, foi proposta a utilização de componentes de fabricação nacional ou que tenham a distribuição bem fundamentada em nosso país, e foram subtraídos os recursos necessários para o controle da energia estática com a confecção de *hardware* isolado do contato humano.

Na precaução anti-estática foram utilizados dois conceitos básicos - o portátil e o fixo. No portátil, o conjunto é composto por uma manta anti-estática, ilustrada na Figura 4.1, e uma pulseira de aterramento, ilustrada na Figura 4.2. O conjunto completo aberto é

ilustrado na Figura 4.3 e, na Figura 4.4, é ilustrado o uso do material anti-estático, que tem a dimensão de 60 x 60 cm (aberta) e 20 x 20 cm (dobrada).



Figura 4.1: Manta dobrada



Figura 4.2: Pulseira



Figura 4.3: Manta e pulseira



Figura 4.4: Uso do sistema

No fixo, o conjunto é composto por uma manta de camada dupla com pulseira e bornes, ilustrada na Figura 4.5. Na Figura 4.6 são ilustrados os bornes, na Figura 4.7 é ilustrada a manta recortada em um tamanho fixo, na Figura 4.8 é ilustrado um rolo da manta a ser recortado e na Figura 4.9 é ilustrada a utilização do material anti-estático por um técnico.



Figura 4.5: Manta com pulseira e bornes



Figura 4.6: Bornes



Figura 4.7: Manta cortada



Figura 4.8: Rolo da manta

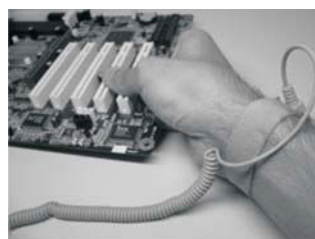


Figura 4.9: Uso do sistema

A estimativa para o custo, por bancada, é de R\$ 130,00.

Custo de manutenção

Em eletrônica são duas as maiores preocupações que se deve observar no laboratório quando se trabalha com estes tipos de componentes - a energia estática e a fonte de alimentação, dado que qualquer um dos dois pode danificá-los. Neste sentido, é necessário isolar o *hardware* da energia estática e a conexão das fontes de energias.

Controle

Para facilitar o controle foram criados módulos não tão diminutos para poderem acomodar uma etiqueta contendo códigos de barras para controle pela biblioteca como se fosse um livro qualquer, onde o código ficaria sendo:

- 1- código da unidade
- 2- código do módulo

Os cinco primeiros dígitos do código de barras são referentes à unidade e os cinco próximos dígitos são referentes ao módulo, conforme ilustrado na Figura 4.10.



Figura 4.10: Código de barras para o controle

Tempo de utilização real

Este tópico é o de maior ganho por utilizar o conceito de *hardware* específico, sendo muito prático para o aluno utilizá-lo, pois é preciso apenas conectá-los entre si e entre o PC para carregar o programa desenvolvido.

Área ocupada

Pelo tamanho dos módulos propostos é requerida uma área muito pequena para acomodá-los. Com a especialização que foi incorporada nestes módulos não será necessária a utilização de salas especiais como um laboratório de *hardware*, podendo ser utilizada a sala de informática ou o laboratório de *software*, podendo assim individualizar sua utilização devido ao fato de que sempre será necessário utilizar um PC para confeccionar seus aplicativos e para transferí-lo para o microcontrolador. Com este projeto, na realidade atual

da instituição, o aluno poderá adquirir uma ótima prática laboratorial de microcontrolador.

Conhecimento

O projeto foi desenvolvido para não necessitar de nenhum pré-requisito, sendo que o aluno receberá todo o conhecimento necessário durante o desenvolvimento da disciplina.

Aprendizagem

Com este projeto espera-se que seja passado ao aluno o maior grau de aprendizagem possível e em um menor tempo. Pensando nisto é que foram propostos módulos para que, somente com o fato de ter que conectar os módulos, o aluno trabalhe os conceitos de *hardware* e a necessidade de *software* para o mesmo.

Instrumentos e acessórios

Este projeto foi concebido com o intuito de oferecer um custo mínimo, requerendo poucos ou nenhum instrumento ou acessório para tanto, e para isso, foram desenvolvidos nos *hardwares* recursos para substituí-los.

Métodos laboratoriais

Os métodos mais comuns utilizados no aprendizado em eletrônica que podem ser utilizados no laboratório de microcontrolador são os seguintes:

1. Montagem em matriz de contatos;
2. Programas de simulação;
3. Placa padrão de desenvolvimento.

Para o primeiro caso, na montagem em matriz de contatos, é exigido um grau de atenção muito grande do aluno além da excessiva carga horária para a montagem antes do uso realmente desejado.

Para o segundo caso, na utilização de programas de simulação, é utilizado um *software* como ferramenta de simulação de microcontrolador, atualmente muito poderoso e interessante. Estes *softwares* serão utilizados para a verificação do código e sua interação com outros dispositivos externos, antes da implementação física do projeto. Este caso tem um custo elevado para as instituições de ensino.

Para o terceiro caso, na utilização da placa padrão de desenvolvimento, que é a solução mais coerente e viável economicamente, desde que o projeto seja planejado, desenvolvido e concebido pela instituição, e devidamente planejado para o ensino em aula.

Conclusão

Com a implantação de uma plataforma padrão para o estudo de microcontroladores, na realidade atual da instituição, o aluno poderá adquirir uma ótima prática laboratorial e a um baixo custo.

Com este projeto espera-se que seja passado ao aluno o maior grau de aprendizagem possível e em um menor tempo. Pensando nisto é que foram propostos módulos para que, somente com o fato de ter que conectar os módulos, o aluno trabalhe os conceitos de *hardware* e a necessidade de *software* para o mesmo.

Referências Bibliográficas

- DA SILVA JR., V. P. *Aplicações Práticas do Microcontrolador 8051*. Editora Érica. 2004.
- DE SOUZA, D. J.; LAVÍNIA, N. C. *Conectando o PIC - Recursos Avançados*. Editora Érica. 2003.
- MOKARZEL, M. P.; CARNEIRO, K. P. M. *Internet Embedded - TCP/IP para Microcontroladores*. Editora Érica. 2004.
- NICOLOSI, D. E. C.; BORTOLIM, S. A.; SCAFF, M. T. *Microcontroladores Holtek - Teoria e Prática - Baseado nas Famílias I/O (HT48) e A/D (HT46)*. Editora Érica. 2004.
- SCHUNK, L. M.; LUPPI, A. *Microcontroladores AVR - Teoria e Aplicações Práticas*. Editora Érica. 2001.
- SCHILDT, H. *C Completo e Total*. Pearson. 1997.
- TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S. *Sistemas Digitais - Princípios e Aplicações*. Pearson - Prentice Hall. 8ª Edição. 2003.

Notas

¹ O padrão JTAG (Joint Test Action Group) é uma comunicação serial que permite encadear diversos componentes e assim testar ou programar cada um deles através de uma única interface com quatro fios.

² IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

³ USB (Universal Serial Bus).

Recebido em 29 de junho de 2007 e aprovado em 01 de agosto de 2007.