



MÉTODO DE ENSINO DA DISCIPLINA DE “LABORATÓRIO DE MICROCONTROLADORES E APLICAÇÕES” DO CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO DA UFSCAR

Edilson Reis Rodrigues Kato – kato@dc.ufscar.br

Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia.

Departamento de Computação

Rod. Washington Luís, km 235

CEP – 13565-905 São Carlos - SP

Resumo: *Esse trabalho apresenta um método de ensino da disciplina “Laboratório de Microcontroladores e Aplicações” do curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. O método didático é utilizado nas aulas práticas do laboratório de microcontroladores as quais consistem desde a elaboração e montagem de um Kit Didático baseado na família de microcontroladores Intel 8051 até a implementação de um sistema de automação real. A abordagem propõe o desenvolvimento de um kit didático na forma incremental em uma placa perfurada através da técnica wire-wrap onde o sistema microcontrolado é implementado e testado gradualmente. A partir da implementação de um núcleo básico, que possui o microcontrolador e os circuitos de reset e clock, são implementados incrementos como a adição de leds, botões, display LCD e de um conversor analógico para digital (A/D). A partir da montagem da placa base, é proposta uma implementação prática final baseada em um sistema de automação. Dessa forma, o trabalho trata dos desafios pedagógicos do ensino de sistemas microcontrolados, de trabalho em equipe e principalmente da conciliação entre teoria e prática no ensino de microcontroladores utilizando-se de experiências e aplicações existentes no dia a dia e na indústria, tais como controles automáticos residenciais e automação de processos industriais.*

Palavras-chave: *Metodologia de Ensino, Microcontroladores, Engenharia de Computação.*

1. INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas microprocessados se tornou evidente em quase todas as áreas de aplicação com o desenvolvimento de sistemas computacionais mais compactos e eficientes. O uso de microcontroladores em aplicações do dia a dia e na indústria permitiu a implementação de sistemas automatizados dedicados e de fácil implementação, devido a todo o sistema computacional estar em uma única pastilha de



circuito integrado (*chip*) baseados em lógica digital e na discretização de sistemas analógicos. Diversas aplicações tratam desde sistemas relacionados à medicina e agroindústria até os relacionados com os sistemas residenciais e os sistemas embarcados em veículos (HAMRITA et al., 2005).

Na mesma proporção de aumento dos sistemas computacionais baseados em microcontroladores a prática pedagógica do ensino dessa disciplina, em cursos de graduação, tem evoluído, passando desde os métodos convencionais de ensino sobre aplicações e funcionalidades básicas do sistema, às práticas orientadas ao projeto baseados em aplicações do mundo real (MEEK et al., 2003) e até a proliferação de novas ferramentas educacionais, tais como kits robóticos e softwares de simulação.

Esse trabalho propõe um método de ensino de graduação no curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar da disciplina Laboratório de Microcontroladores e Aplicações. O método proposto trata os desafios pedagógicos do ensino de sistemas microcontrolados, considerando o trabalho em equipe e principalmente a conciliação entre teoria e prática no ensino de microcontroladores, utilizando experiências e aplicações existentes no dia a dia e na indústria, tais como controles automáticos residenciais e automação de sistemas discretos industriais.

O método pretende fornecer ao discente a possibilidade de projetar e implementar sistemas computacionais microcontrolados a partir de componentes e ferramentas básicas, tais como placas perfuradas, fios, componentes de hardware e softwares de edição de esquemas de circuitos eletrônicos, de forma a exercitar práticas didáticas como o trabalho em equipe, habilidade de montagem, formas de implementação prática e validação de sistemas.

A implementação do método depende da interdisciplinaridade de outras disciplinas tais como Circuitos Elétricos, Circuitos Eletrônicos e Teoria de Microcontroladores e Aplicações, oferecidas ao discente durante o curso de Engenharia de Computação.

2. APLICAÇÃO DE SISTEMAS MICROCONTROLADOS NO ENSINO

Existem várias formas de aplicação da teoria de microcontroladores ou de microcontroladores ao ensino, tanto de graduação nos cursos de 3º grau como ensino básico e médio. Alguns autores retratam o uso de sistemas microcontrolados para o apoio a disciplinas no sentido de facilitarem seu aprendizado, outros no sentido de estimularem novos conhecimentos, outros ainda destacam sistemas automatizados de baixo custo para o ensino de crianças.

Em Arefin, et al. (2007) os autores propõe um sistema baseado em um microcontrolador AT89C55WD compatível com os padrões do conjunto de instruções do 80C51 e 80C52 com uma matriz de teclas 4x4, uma matriz de *leds* 4x4 e um módulo LCD (do Inglês *Liquid Cristal Display*), com a intenção de ser um dispositivo de ensino de várias experiências de laboratório para crianças. Em seu trabalho ele propõe 4 práticas, uma de aprendizado de caracteres alfanuméricos, uma de aprendizado das cores, utilizando a matriz de *leds* colorida, uma de aprendizado de matemática (calculadora) e uma como um console de videogame.

Outra aplicação de sistemas microcontrolados para a educação de crianças é proposto por (BLIKSTEIN & SIPITAKIAT, 2011), onde os autores discutem os princípios de projeto de plataformas de ensino utilizando microcontroladores, tratando não somente o hardware mas também o software a ser dedicado ao ensino de crianças. Foram avaliadas duas plataformas computacionais baseadas em microcontroladores para



o ensino, o modelo *Cricket* e o modelo *Breakout*. O modelo *Cricket* foi criado no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) (MARTIN & RESNICK, 1993) e é baseado no Kit LEGO *Mindstorms* e o modelo *Breakout* criado em Ivrea Institute na Itália, em 2005, a partir de uma plataforma Arduino e o hardware apresentava grande flexibilidade de implementações devido ao acesso de todos os pinos individualmente, os quais poderiam ser configurados de forma que o microcontrolador pudesse ser “encaixado” em qualquer placa dedicada ao aprendizado. As comparações realizadas mostraram que embora seja de grande flexibilidade e facilidade de novas implementações, o modelo *breakout* não apresentava certos requisitos cruciais para o aprendizado das crianças, tais como tarefas que não necessitam de um conhecimento mínimo de eletrônica (como analógico x digital, Gnd x PWM x Vcc (Gnd – do inglês Ground, PWM - Modulação por Largura de Pulso do inglês *Pulse Width Modulation*), corrente contínua x alternada, necessidade de resistores *pull up e pull down*, entre outros) para a sua execução. Uma conclusão interessante é que as plataformas baseadas no framework *breakout*, devido à necessidade do apelo comercial se tornaram compatíveis, e até mesmo parecidas com o modelo *Cricket*, adicionando elementos como *drives* de motores e sensores independentes, como a placa Babuino, a Robotuino e a ProtShield (BLIKSTEIN & SIPITAKIAT, 2011).

Montagnoli et al. (2009) propõe o uso de um módulo didático para ensino da teoria de controle utilizando um software supervisor desenvolvido através da linguagem C Sharp, com uma placa de aquisição de dados via USB (do inglês *Universal Serial Buffer*), um controle digital microcontrolado e uma planta de um motor de corrente contínua e respectivo acionamento. No microcontrolador é implementada na forma digital a estratégia de controle proporcional, integral e derivativo (PID), mas com a possibilidade de alteração do módulo de controle por qualquer outro tipo de controlador. A ideia é substituir ferramentas comerciais, relativamente de alto custo para serem implantadas em cursos de graduação. Dessa forma, além de trazer os benefícios ao ensino da teoria de controle através de aplicações práticas com um custo muito reduzido, permite o total acesso a qualquer parte do sistema, inclusive pelos discentes que podem além da teoria de controle desenvolver habilidades à discretização destes.

Quanto ao ensino de microcontroladores, as pesquisas se concentram principalmente na graduação de ensino superior e profissionalizante. Alguns métodos são descritos e principalmente relatos a respeito de experiências realizadas em escolas de nível superior.

Hamrita et al. (2005) relatam a respeito de quatro disciplinas de graduação desenvolvidas na Universidade da Georgia para discentes de cursos multidisciplinares de Ciência de Computação, Engenharia Biológica, Engenharia Agrícola e Física. As disciplinas são Introdução aos Microcontroladores, Sistemas Embarcados, Introdução à Robótica e Microcontroladores Avançados. A ideia é fornecer aos discentes dos cursos o conhecimento e as ferramentas necessárias para desenvolverem atividades de aprendizado manuais, intelectuais e em equipe voltados aos problemas de sua área de atuação. Na disciplina de Sistemas Embarcados, o aluno tem a possibilidade de projetar a placa em softwares de simulação e projeto de placa de circuito impresso, implementar a placa utilizando elementos corrosivos sobre uma placa de cobre e técnicas soldagem. Depois alguns componentes, como um acelerômetro e um conversor analógico digital são introduzidos para se estabelecer a prática de um sistema embarcado. Nas disciplinas de introdução aos microcontroladores e microcontroladores avançados, são utilizadas placas montadas com os microcontroladores da Motorola 68HC11, onde estes foram escolhidos devido a existência de grande suporte didático existente e ao bom poder de



processamento para as atividades práticas propostas. Existe um simulador onde os discentes desenvolvem os projetos de software a partir do hardware da placa, utilizando matrizes de teclados e *leds*, além de utilização de um LCD *on board* da Hitachi HD44780. As práticas tratam do controle de motores de corrente contínua com as estratégias PID e PWM. De acordo com os autores as disciplinas foram muito bem avaliadas chegando a uma taxa de aceitação de 72% dos discentes que consideram o curso como excelente e que 81% concordam que aprenderam muito no curso.

Em Ma et al. (2010) os autores propõem um kit didático baseado em um microcontrolador AVR de baixo custo para ser utilizado em laboratório de graduação de um curso de Engenharia Mecânica e em práticas “em casa”. O Kit proposto possui além do microcontrolador mais 16 módulos que podem ser utilizados a partir de sua conexão com o processador através de conectores específicos “*jumpers*”. Os módulos principais são o de um display LCD, um teclado básico, um módulo de display de 7 segmentos, comunicação serial e uma barra com 8 diodos emissores de luz (LED – *Light Emitter Diode*). Os módulos são disponibilizados aos discentes de acordo com a prática em laboratório e a possibilidade de alimentação com uma fonte que pode variar de 8 a 12Vcc permite sua portabilidade fora do laboratório. Os autores descrevem o uso do AVR principalmente devido à possibilidade do circuito integrado (CI) permitir a sua programação, através da utilização de seu canal de comunicação de programação (ISP do inglês In System Programming), isto é, tornando possível realizar mudanças no código ou no projeto com facilidade (JAMES, 1993) (BONNETTI, 1999).

Em Choi (2008), o autor descreve o ensino de microcontroladores no curso de Engenharia Elétrica da Universidade North Florida, nos EUA. Mais especificamente detalham as fases de ensino, a abordagem pedagógica e a prática nos laboratórios, para uma troca de plataforma de ensino que era antes baseada na placa Axion CME-12BC e que foi alterada para o Kit da *Freescale* com o *debugger CodeWarrior* e o módulo microcontrolador CSM12C32 (MONTAÑES, E. 2005). No trabalho o autor detalha tanto a abordagem na teoria com o uso do *debugger CodeWarrior* para que os discentes compreendam o funcionamento interno do microcontrolador como a documentação baseada ainda em manuais e tutoriais da *Freescale*. O Kit utilizado no laboratório possui também vários módulos, no entanto a proposta é de que os discentes construam seus próprios módulos a partir de projetos propostos. Os módulos são montados pelos discentes com o uso de uma placa de circuito eletrônica sem os componentes, onde os componentes necessários ao projeto são soldados pelos discentes. Vários módulos são montados, como o de LCD, o de *leds*, comunicação serial, PWM, etc. O módulo do microcontrolador utiliza o processador MC9S12C32. Alguns exemplos de projetos de classe desenvolvidos pelos discentes são: pequenos robôs móveis que desviam de obstáculos, sistema de alarme de colisão, rede de comunicação de controladores, interface com teclado e display, leitor de cartão magnético, entre outros. O autor utiliza uma taxa de facilitação de aprendizado, obtida através da opinião dos discentes sobre o curso e uma taxa de avaliação da facilidade do instrutor para analisar o desempenho da troca de plataforma de ensino e os resultados mostram que foram obtidos bons resultados, no entanto o autor ressalta que embora seja boa a análise realizada o material didático poderia ser mais bem elaborado para facilitar o aprendizado pelo aluno.

Em Ferlin & Pilla Jr. (2004) os autores utilizam uma metodologia que trata do ensino de microprocessadores em várias disciplinas do curso, as quais totalizam 160 horas durante um ano e utilizam os microcontroladores baseados na família do microcontrolador 8051 da Intel em uma fase do curso. Na primeira disciplina os discentes implementam partes da arquitetura do microcontrolador 8051 no *proto-o-board*



e entendem seu funcionamento. Em seguida implementam em linguagem de desenvolvimento de hardware (HDL do inglês *Hardware Description Language*) no Kit didático Altera UP1 em uma FPGA (*Field Programmable Gate Array*) simulando o funcionamento do microcontrolador completo implementado. No próximo semestre, outra disciplina do curso utiliza microcontrolador 8051 efetivamente, implementado no *proto-o-board* uma aplicação prática com o *chip* da família do 8051. Inicia-se a montagem com um circuito de *clock* e *reset*, além de botões e *leds*, em seguida é adicionada uma RAM externa, uma interface serial, um conversor analógico para digital e digital para analógico e um LCD para monitorar a implementação do projeto. Os autores citam que diversos kits têm sido desenvolvidos para agilizar o processo de montagem dos experimentos e salientam que os resultados obtidos são bastante satisfatórios, onde os discentes utilizam a base experimental do kit desenvolvido para desenvolverem seus trabalhos de conclusão de curso.

Nos trabalhos analisados notas-se que tanto no ensino como no uso de sistemas dedicados baseados em microcontroladores os periféricos e as implementações são muito semelhantes, ou seja, leds, LCDs, conversores A/D e DA, etc. Nesse trabalho será descrita a metodologia de ensino de microcontroladores e suas aplicações implementada no curso de Engenharia de Computação do Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) aplicada a uma disciplina de laboratório, chamada Laboratório de Microcontroladores e Aplicações, a qual utiliza os principais componentes descritos na literatura, de forma a cobrir os principais conhecimentos utilizados para o aprendizado do discente dessa disciplina.

3. METODOLOGIA

A metodologia de ensino desenvolvida para o aprendizado de sistemas microcontrolados é aplicada ao curso de Engenharia de Computação da UFSCar através da disciplina “Laboratório de Microcontroladores e Aplicações” que em conjunto com a disciplina teórica de “Microcontroladores e Aplicações” faz parte da formação do discente na área de hardware de sistemas embarcados. A ideia básica da disciplina “Laboratório de Microcontroladores e Aplicações” é familiarizar o discente com os vários componentes necessários para projetar e construir algum sistema embarcado que possa ser utilizado no mundo real.

Um dos maiores desafios da disciplina é conciliar em um projeto de um sistema computacional embarcado os aprendizados de circuitos elétricos, eletrônicos, software básico e organização de computadores, além de desenvolver trabalho em grupo, destreza manual de montagem e uso de equipamentos.

3.1. A estrutura da disciplina

O curso de Engenharia de Computação da UFSCar possui uma série de disciplinas na área de eletrônica e hardware de sistemas computacionais, disciplinas que tratam desde eletricidade básica, circuitos elétricos, digitais e analógicos, até disciplinas que tratam de sistemas microprocessados e sua organização. Uma das disciplinas é a de “Laboratório de Microcontroladores de Aplicações”.

O objetivo da disciplina é capacitar o aluno no desenvolvimento de projetos de sistemas microcontrolados, com foco em automação de baixa complexidade, considerando aplicações de aquisição de dados analógicos e digitais e também o acionamento de dispositivos atuadores. Mais especificamente, reforçar o entendimento



dos conceitos estudados na disciplina de teoria de Microcontroladores e Aplicações, incrementar as habilidades de projeto e documentação, implementação de hardware computacional programável e promover habilidades que permitam ao aluno analisar o funcionamento de um microcontrolador e seus recursos.

A disciplina possui uma carga horária de 2 créditos que correspondem a 30 horas-aula semestrais e está localizada na matriz curricular do curso de Engenharia de Computação da UFSCar no 6º semestre.

Os requisitos recomendados são: habilidades em concepção de algoritmos, habilidades em programação de computadores, habilidades no uso de ferramentas computacionais, conhecimentos de arquitetura de computadores, álgebra booleana e sistema de numeração binário.

A ementa da disciplina tem como objetivo desenvolver projetos de sistemas microcontrolados, usando programação em linguagem de baixo e/ou alto níveis e dispositivos de acionamento e sensoriamento.

Os tópicos abordados pela disciplina incluem conversores A/D e D/A, sensores e transdutores analógicos e digitais, atuadores ou órgãos motores (válvulas; pistões pneumáticos; motores DC e motores de passo) e o projeto, implementação e testes de circuitos microcontrolados de leituras e acionamentos de dispositivos analógicos e digitais.

3.2. A metodologia proposta

Para se abordar todos os aspectos propostos pela disciplina de laboratório, a metodologia proposta para a disciplina utiliza o microcontrolador da família 8051 da Intel devido a sua vasta documentação, suporte e exemplos disponíveis, além de o microcontrolador da família 8051 da Intel permitir que o aluno inicie seu aprendizado sem se preocupar com a configuração do hardware ou a composição de instruções para se executar uma função mais complexa devido o controlador possuir uma estrutura CISC (do inglês *Complex Instruction Set Computer*), que embora possa levar o sistema a um número maior de ciclos de instrução, pouco *pipeline* e *hardware* menos “enxuto”, em termos didático favorece a facilidade de programação e aprendizado devido ao seu maior número de instruções e modos e instruções de vários formatos.

A ideia é que o discente desenvolva o hardware de um KIT do 8051, a partir da implementação de um hardware básico e desenvolva as aplicações sobre esse hardware testado e construído por eles.

Um diagrama esquemático do circuito a ser desenvolvido é fornecido inicialmente como a documentação inicial do projeto. A partir dele há o entendimento do diagrama de forma que utilizando um software de apoio para projeto de esquemas eletrônicos (Tango, Eagle, OrCad, etc...) possa ser documentado os projetos individuais de cada grupo (composto por dois discentes).

A Figura 1 ilustra o diagrama fornecido para a implementação do KIT do 8051 a ser utilizado no aprendizado de microcontroladores.

A partir do diagrama esquemático são identificados os elementos necessários à primeira prática de laboratório, ou seja, os sistemas de reset e *clock* do microcontrolador, o regulador de tensão e o *leds* de visualização da saída.

Os discentes recebem uma placa perfurada de desenvolvimento e é iniciada a montagem dos elementos utilizando-se a técnica de *wire-wrapping*, ou seja, em soquetes especiais são enrolados os fios que realizam a ligação de um ponto ao outro do circuito. O uso dessa técnica permite uma montagem de circuitos microprocessados para

protótipos sem a necessidade de soldas, evitando-se a solda “fria” executada pelo discente (um dos principais problemas encontrados nas montagens de circuitos microprocessados) e o uso do *proto-o-board*, também não indicado devido ao mau contato e a falta de robustez do circuito, isto é, qualquer movimentação indesejada pode soltar a fiação ou gerar um mau contato para esses circuitos.

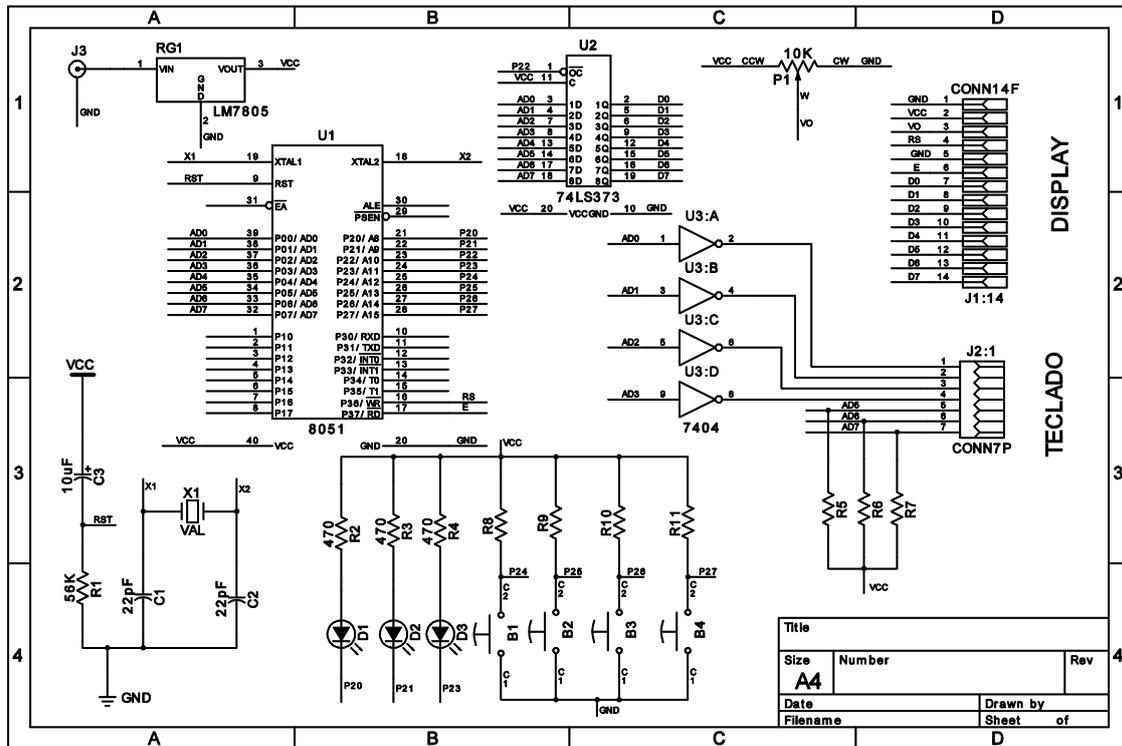


Figura 1 – O esquemático do sistema completo a ser desenvolvido

A Figura 2 ilustra a placa perfurada com os conectores especiais para *wire-wrapping* e as suas ligações, junto com a ferramenta de enrolar e desenrolar utilizada pelos discentes na disciplina.

O primeiro programa a ser implementado é o de acendimento dos *leds* em sequencia, esse programa é desenvolvido em conjunto com a disciplina de teoria de Microcontroladores e Aplicações e possui dois propósitos iniciais no laboratório, o primeiro é de verificar se o circuito de *reset* e *clock* foram implementados com sucesso, e o segundo é o do aluno acessar as saídas do microcontrolador na forma visual acendendo e apagando os *leds* na sequencia.

Para a implementação do programa, são disponibilizados postos de programação contendo o software de edição e compilação e o programador do microcontrolador. Nesses postos o aluno pode implementar o sistema em um simulador, testar seus programas compilando-os no próprio simulador e gravando o circuito integrado do microcontrolador. Essas ferramentas são apresentadas ao discente como a plataforma de desenvolvimento dos programas de forma que sempre haja a simulação dos programas antes de serem gravados nos dispositivos.

O próximo passo é o entendimento e a implementação dos botões de pulso de forma que o discente implemente os botões no hardware e valide a sua implementação através de um programa que simplesmente acende o *led* correspondente ao botão pressionado.

Visto que foram implementados no KIT três *leds*, três botões serão utilizados para acender cada um individualmente e o quarto botão apaga os três *leds* acesos.

A Figura 3 ilustra o código simples a ser desenvolvido para teste da primeira prática. Para os *leds* poderem acender de forma sequencial não há a necessidade ainda de se entender sobre os comandos de temporização do microcontrolador, sendo que nessa fase de implementação no laboratório a disciplina teórica pode não ter abordado o tema ainda, assim utiliza-se uma rotina de consumo de tempo para que se possa entender a noção temporal de funcionamento dos ciclos de instrução.

Em seguida é integrado ao KIT do 8051 um LCD (Display de Cristal Líquido), conforme o esquemático da Figura 1, utilizando um buffer de apoio composto pelo CI 74LS373. Esse LCD é implementado conforme a pinagem descrita no esquemático, no entanto na prática é implementado diretamente no *display*.

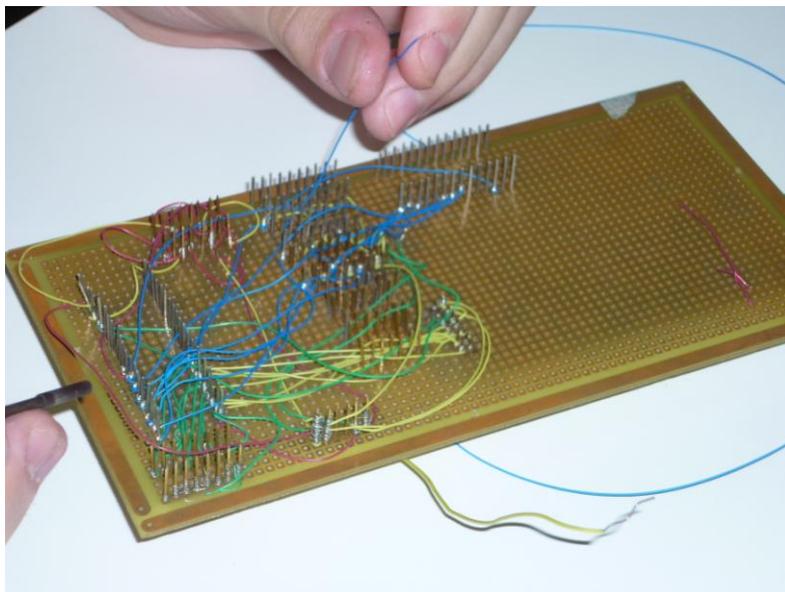


Figura 2 – Placa de desenvolvimento com os conectores especiais para *wire-wrapping*.

<pre> \$mod51 org 0 volta: mov a,#0ffh mov p2,a clr p2.0 call tempo call tempo setb p2.0 clr p2.1 call tempo call tempo setb p2.1 clr p2.2 call tempo call tempo setb p2.2 </pre>	<pre> clr p2.3 call tempo call tempo setb p2.3 sjmp volta tempo: mov R0,#080h volta1: mov R1,#08FFh djnz R1,\$ djnz R0,volta1 ret end </pre>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 3 – Código em *assembly* do microcontrolador 8051 para o teste dos *leds*.

A implementação do LCD é validado também com um programa simples de apoio onde os discentes escrevem seus nomes e o número do registro acadêmico. Esse programa é desenvolvido também com o apoio da disciplina teórica de ensino de microcontroladores.

O último elemento a ser implementado no KIT do 8051 é o conversor Analógico para Digital (conversor A/D). O conversor A/D implementado é o ADC0808 um conversor com 8 entradas analógicas multiplexadas e com resolução de 8 bits. O teste de funcionamento do conversor é realizado com a utilização de um potenciômetro para simular uma entrada analógica. O potenciômetro é ligado no Vcc em uma das extremidades e no GND na outra. A variação entre 0 e 5Vcc capturada pelo ADC e convertida em uma escala de 0 a 9 mostrada no display. Para a implementação do ADC, já é necessária a implementação de uma programação que envolva os temporizadores e as interrupções do microcontrolador, a qual é desenvolvida também em conjunto com a disciplina teórica.

A Figura 4 ilustra o KIT do 8051 com todos os elementos montados, isto é, os *leds*, os botões de pulso, o LCD e o conversor ADC0808.

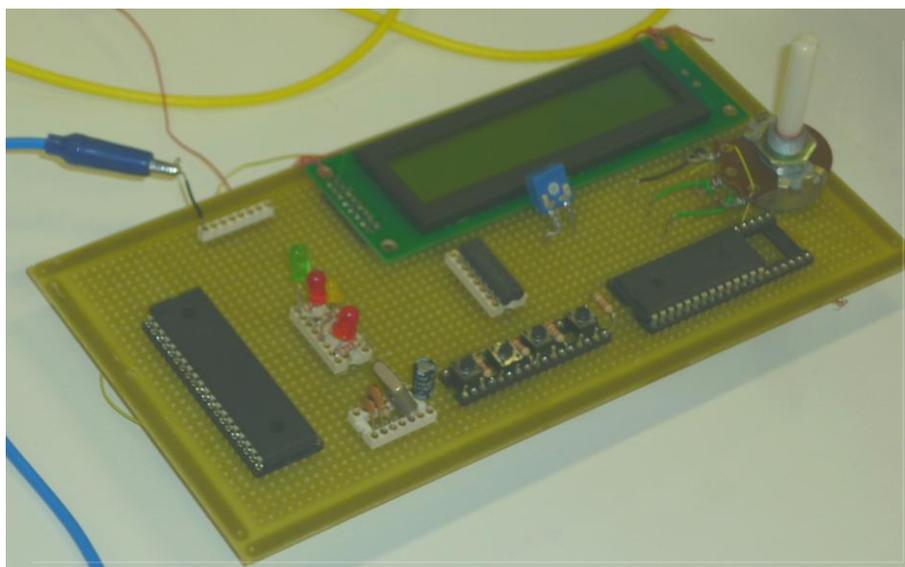


Figura 4 – Kit do 8051 montado.

Ao fim da primeira parte da disciplina de laboratório, o aluno concluiu o Kit do 8051. A próxima etapa da disciplina é a implementação no KIT 8051 de um sistema de automação de baixa complexidade baseado nesses elementos e em outros elementos fornecidos ao discente, como chaves fim de curso, sensores indutivos e óticos, atuadores como motores de corrente contínua, motores de passo e solenoides. Os discentes são estimulados a incluírem em seus trabalhos a comunicação serial, como forma de integração do sistema ao mundo real e o uso de interrupção de forma que as tarefas básicas dos periféricos, como display e teclados não influenciem no funcionamento do programa principal.

O experimento final pode ser sugerido pelo discente, de forma que o docente consiga avaliar a solicitação e estabelecer se seu grau de dificuldade e tempo de execução é pertinente à execução em tempo hábil até o final da disciplina. Também são



sugeridos uma série de possíveis experimentos pelo docente, caso os discentes não tenham nenhuma sugestão. Os experimentos sugeridos são listados abaixo:

- 1 – Implementar teclado numérico (telefone) para jogos numéricos (Memória-2 jogadores), calculadora, código Morse, etc.
- 2 – Controle de acesso (controle de acesso por senha).
- 3 – Computador de bordo de automóveis, como mostrador de nível digital, acionamento diversos, sistema de injeção eletrônica, etc.
- 4 – Acionamento de motor de passo, mesa posicionadora x e y, esteira transportadora controlada, etc.
- 5 – Implementação de entrada e saída analógica para controle de nível, controle de temperatura, etc.
- 6 – Jogos utilizando botões e display, como jogo caça níqueis, genius, etc.
- 7 – *Timers* programáveis.
- 8 – Automatizações como máquina de empacotar, semáforo inteligente, controlador de câmera via PC com motor de passo, etc.

Através da montagem completa do Kit do 8051 nas quatro etapas anteriores e da apresentação do trabalho final implementado na placa desenvolvida pelo discente, este é avaliado de acordo com os critérios de entrega no prazo, projeto esquemático em CAD apropriado, montagem e execução do trabalho final e documentação fornecida.

Ao fim da disciplina e após a avaliação do projeto final o Kit do 8051 é desmontado, e como não houve a utilização de componentes soldados na placa perfurada, os componentes são disponibilizados para a próxima turma da disciplina para um novo ciclo de implementação seguindo a metodologia proposta.

4. CONCLUSÕES

As práticas desenvolvidas passo a passo e a prática final que conduz o discente ao projeto, simulação, implementação e validação do sistema proposto, além de promover o seu comprometimento e sua auto-organização de forma que suas metas sejam atingidas fornece a motivação com que o discente realize tarefas em grupo dentro e fora do laboratório e extrapolando a carga horária obrigatória da disciplina.

Para esse tipo abordagem observou-se que o conhecimento fornecido pela teoria foi determinante para a implementação do Kit do 8051 básico e da prática final, visto que a aprendizagem e o desenvolvimento do *software* no laboratório seria impraticável devido à carga horária de 30 horas semestrais. Somente ajustes e adequações ao *software* puderam ser observadas durante a implementação da metodologia no laboratório.

Observou-se que a experiência prática adquirida pelos discentes permitiram que muitos adotassem em seus trabalhos de conclusão de curso o Kit do 8051 como uma base para desenvolverem seus trabalhos finais mais complexos. Através da implementação de outros periféricos os discentes puderam incrementar o circuito com maior grau de complexidade sem dificuldades.

Pode ser observado que a teoria funcionou na prática, sendo que problemas indesejados como a “solda fria” e o “mau contato” foram minimizados de forma a permitir a implementação com sucesso.

A disciplina foi oferecida para cinco turmas consecutivas do curso de Engenharia de Computação da UFSCar, sendo que a diversidade de projetos propostos e implementados foi bastante grande e 100% dos projetos finais foram concluídos com êxito dentro do prazo correto da disciplina.



5. REFERÊNCIAS

AREFIN, A. S., HABIB, K. M. M., SULTANA, R., KABIR, S. M. L., Designing a Low Cost Microcontrolled-based Device for Multipurpose Learning, 10th International Conference on Computer and Information Technology - ICCIT, Dhaka, pp 1-3, 2007.

BLIKSTEIN, P., SIPITAKIAT, A., Qwerty and the Art of Designing Microcontrollers for Children, Proceedings of the Ninth International Conference for Interaction Design and Children (IDC), pp. 234 - 237, An Arbor, Michigan, USA, 2011.

BONNETTI, D. A., Design for in-system programming, Proceedings of the 1999 ITC International Test Conference, Atlantic City, NJ, USA, pp 252 – 259, 1999.

CHOI, C., A microcontroller Applications Course and Freescale's Microcontroller Student Learning Kit , American Society for Engineering Education (ASEE), 2008.

FERLIN, E. P., PILLA JR., V., Driving the Learning: Microprocessors From Theory to Practice, Proceedings of the Information Technology Based Higher Education and Training, 2004. ITHET 2004. Istanbul, Turkey, pp. 459 – 462, 2004.

HAMRITA, T. K., POTTER, W. D., BISHOP, B., Robotics, Microcontroller and Embedded Systems Education Initiatives: An Interdisciplinary Approach. International Journal Engineering Education, vol. 21, nro. 4 pp. 730-738, 2005.

JAMES, S., Evolution of in-system programming for flash memory, Electronic Engineering, London, vol. 70, pp. 78-80, 1998.

MA, C., LI, Q., LIU, Z., JIN, Y., Low Cost AVR Microcontroller Development Kit for Undergraduate Laboratory and Take-home Pedagogies, 2nd International Conference on Education Technology and Computer - ICETC, Sanghai, p. V1-35-V1-38, 2010.

MARTIN, F., RESNICK, M., Lego/Logo and Electronic Bricks: Creating a Scienceland for Children, In Advanced Educational Technologies for Mathematics and Science. Springer, 1993.

MEEK, S., FIELD, S., DEVASIA, S., Mechatronics education in the department of mechanical engineering at the University of Utah, Mechatronics, vol 4. Nro.2 pp. 217-225, 2003.

MONTAGNOLI, A. N., OGASHAWARA, O., WATANABE, F. Y., KATO, E. R. R., MORANDIN JR. O., Módulo Didático para Ensino da Teoria de Controle. In: XXXVII Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia (COBENGE), 27 a 30 de setembro, Recife, Pernambuco, 2009.

MONTAÑEZ, E., Microcontrollers in Education: Embedded Control – Everywhere and Everyday, Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, 2005.



TEACHING METHOD OF THE DISCIPLINE OF "LABORATORY OF MICROCONTROLLERS AND APPLICATIONS" OF COMPUTER ENGINEERING COURSE OF UFSCAR

***Abstract:** This work presents a teaching method of the discipline "Laboratory of Microcontrollers and Applications" of Computer Engineering course in Federal University of São Carlos – UFSCar. The didactic method has been used in the practices of microcontrollers laboratory that composes since the designing and implementation of a didactic Kit based on Intel 8051 microcontroller family, until the implementation of a real automatic system. The approach proposes a Kit development in an incremental way using a prototype board and wire-wrap mounting technique where the microcontrolled system is mounted and tested per parts. From a basic board that have a microcontroller and circuits of reset and clock are added leds, pushbuttons, LCD display and analogical to digital (A/D) converter. At the mounting end of the basic board, an automation system is proposed to be implemented as a final work of the discipline. So this work is deal with the pedagogical challenges like work development team and learn microcontrollers theory and practice using real experiences like home and industrial automation.*

***Key-words:** Learning Methodology, microcontrollers, Computer Engineering Course.*