



PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM BRAÇO ROBÓTICO DE BAIXO CUSTO: UMA PLATAFORMA MULTIDISCIPLINAR PARA MOTIVAÇÃO DO TRABALHO EM GRUPO

Alexandre da Silva Simões – asimoes@fasp.br

Pier Franco Ricchetti – pier@fasp.br

FASP – Faculdades Associadas de São Paulo

Rua José Antônio Coelho, 879 – Paraíso

04011-062 – São Paulo - SP

Resumo: *Habilidades freqüentemente exigidas de um aluno de engenharia são: i) capacidade de abstração; ii) visão interdisciplinar; iii) habilidades de trabalho em grupo, e principalmente: iv) criatividade. Entende-se, portanto, que um curso moderno de engenharia deva oferecer o seu alunado atividades capazes de desenvolver tais habilidades. Em contrapartida, não é incomum encontrar - particularmente ao final do ciclo básico - um corpo discente desmotivado devido a razões como: i) estudo de ferramentas e soluções para problemas ainda não conhecidos; ii) priorização do ensino das técnicas em detrimento do exercício da criatividade; iii) ensino básico em descompasso com o cotidiano do engenheiro. Este trabalho relata a experiência do desenvolvimento de um braço robótico simples e de baixo custo implementado nas disciplinas circuitos digitais II e eletrônica fundamental para o curso de engenharia da computação. Além de se apresentar como plataforma motivante e interdisciplinar para o desenvolvimento e aplicação do conhecimento técnico, este projeto propicia a introdução de uma série de conceitos e problemas novos ao universo dos estudantes de engenharia.*

Palavras-chave: *trabalho multidisciplinar, motivação, robótica, eletrônica.*

1. INTRODUÇÃO

Independente da habilitação ou modalidade, algumas das habilidades freqüentemente exigidas de um aluno de engenharia são: *i)* capacidade de abstração; *ii)* visão interdisciplinar; *iii)* habilidade de trabalho em grupo; *iv)* criatividade. Questões relacionadas à melhor forma de estimular tal desenvolvimento vêm sendo extensivamente colocadas e tendem a estender-se ainda por muito tempo, visto que não há consenso sobre as metodologias que efetivamente levam a um aumento do desempenho acadêmico nesse sentido. Desta forma, chega-se à recorrente conclusão que cabe ao docente avaliar continuamente o grau de contribuição potencial (e efetivo) de sua disciplina nesse desenvolvimento.

A experiência mostra que grande parte dos problemas aparentemente independentes encontrados no ensino podem ser superados através do aumento da motivação do corpo discente. A motivação do aluno com o curso de engenharia é peça chave no sentido de desenvolver seu leque de habilidades. Contudo, é comum encontrar particularmente ao final do ciclo básico dos cursos de engenharia um corpo discente desmotivado. As razões são diversas mas em geral estão ligadas a questões como: *i)* estudo de ferramentas e soluções para problemas ainda não detectados; *ii)* priorização do ensino das técnicas em detrimento do exercício da criatividade; *iii)* ensino básico em descompasso com o cotidiano do engenheiro. Além destas questões, erguem-se outras com relação à segmentação do ensino nas várias disciplinas, que tendem a oferecer uma formação em discordância com o objetivo de formar um engenheiro capaz de lidar com problemas do mundo real.

Algumas das estratégias para o aumento da motivação do corpo discente têm sido o desenvolvimento de programas de iniciação científica e o incentivo à participação em torneios e maratonas, entre outros. Um caminho alternativo no sentido de desenvolver esta motivação vem das atividades e trabalhos multidisciplinares. Esta estratégia apresenta como características principais: *i)* contribuição para a alteração da visão segmentada do curso; *ii)* baixa demanda de tempo adicional em comparação com as demais estratégias.

No presente trabalho aborda-se um projeto multidisciplinar desenvolvido conjuntamente nas disciplinas circuitos digitais II e eletrônica fundamental do curso de engenharia da computação da FASP no primeiro semestre de 2003. O objetivo maior é levar o conjunto de alunos de uma sala a implementar um único robô manipulador com fins didáticos a um baixo custo para a instituição. Esta motivante plataforma, além de proporcionar o desenvolvimento dos aspectos técnicos ligados às disciplinas em questão, também se apresenta como um ambiente propício para o fortalecimento das habilidades de trabalho em grupo e de muitas outras habilidades freqüentemente exigidas do engenheiro.

O presente artigo encontra-se organizado da seguinte maneira: a seção 2 descreve as características físicas do robô manipulador proposto. A seção 3 aborda a proposta pedagógica. A seguir, a seção 4 descreve os resultados obtidos com a aplicação da metodologia. Finalmente a seção 5 apresenta as considerações finais deste trabalho.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO ROBÔ

2.1 O projeto mecânico

O projeto da estrutura física do robô envolve dois tópicos principais e correlacionados: a arquitetura e o material a ser utilizado. A utilização de materiais convencionais para a confecção de robôs manipuladores usualmente encontra-se fora das possibilidades orçamentárias da maioria das instituições de ensino. O leque de materiais alternativos com custos mais atrativos utilizados para a montagem de robôs com finalidades didáticas inclui

principalmente a madeira (SOARES, 2002) e materiais plásticos (JÚNIOR, 2002). Em particular o poliestireno tem se mostrado um plástico de fácil manuseio, razoável rigidez mecânica e efeito final agradável, o que o fez deste o material adotado neste trabalho.

Uma grande quantidade de arquiteturas para robôs manipuladores encontra-se disponível na literatura da área. PAZOS (2002) e FRANCHIN (2003), por exemplo, apresentam uma visão geral de boa parte dessas arquiteturas. Embora não existam grandes restrições do ponto de vista didático à arquitetura adotada, são cuidados importantes em sua escolha: *i*) o baixo peso próprio do robô (o aumento no peso próprio do robô fará necessário um acionamento elétrico de maior potência); *ii*) a observação das necessidades de transmissão mecânica de energia (correias, engrenagens, etc.), evitando complicações mecânicas demasiadas na montagem.

Muito embora o projeto mecânico de um robô com esta natureza seja uma tarefa afim ao engenheiro, o trabalho aqui proposto não tem como foco principal tal desenvolvimento (esta tarefa é deixada para um público mais afim à grande área da Engenharia Mecânica). Uma sugestão prudente nesses casos é consultar revistas destinadas a hobistas na área de robótica, que freqüentemente apresentam idéias atrativas nesse sentido. A arquitetura utilizada baseou-se fortemente em JÚNIOR (2002), caracterizando um robô manipulador semi-esférico e 3 graus de liberdade, com uma garra de dois dedos.

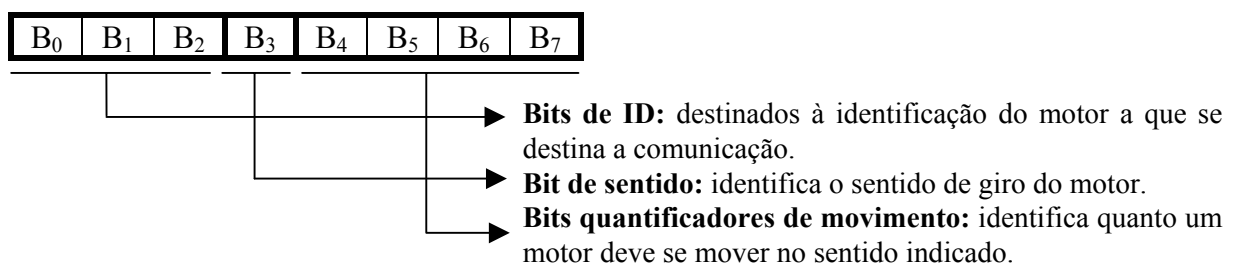
2.2 Atuadores

Para o acionamento do braço diversos motores podem ser utilizados: motor de passo, motor DC, servomotor realimentado em posição, servomotor realimentado em velocidade, entre outros. No trabalho proposto, foram utilizados 01 servomotor realimentado em velocidade (Tato), 01 motor DC com caixa de redução (Saber Marketing 6V 1A) e 01 motor de passo (Astrosyn 7V 1,2A 1.8° 23LM-K005-20). As razões para a utilização desses motores serão discutidas à frente.

De forma a contribuir com o baixo custo do sistema, estes motores podem ser encontrados com relativa facilidade - e em geral em excelente estado - em lojas especializadas na revenda de peças usadas (sucata). Alternativamente servomotores são encontrados em abundância em lojas de aeromodelismo. É recomendável sempre que possível a utilização de caixas de redução de forma a aumentar o torque dos motores.

2.3 Controle

Para o controle dos motores foram adotadas duas plataformas distintas: o controle via estação de trabalho (PC) e o controle através de um *joystick* (simulador utilizando um microcontrolador). O PC utilizado foi um Pentium com ambiente MS-Windows® e o microcontrolador utilizado foi o ATMEL AT89S8252, da família 8051. Tarefas como a escolha da linguagem de programação mais adequada e a isolação entre o computador e o robô foram deixadas a cargo dos alunos. A comunicação foi limitada ao sistema *simplex* paralelo de 8 bits. O protocolo utilizado na comunicação foi o mostrado abaixo:





3. A PROPOSTA PEDAGÓGICA

3.1 Aspectos gerais

Em um aspecto mais restrito, uma vez que o trabalho está voltado para disciplinas da área de eletrônica, a idéia básica é o desenvolvimento dos circuitos para o acionamento do robô. Em um aspecto mais abrangente, esta proposta de trabalho visa desenvolver as habilidades de pesquisa e trabalho em grupo. Baseado nestas considerações foram estabelecidos os seguintes parâmetros para o projeto:

- ***Critério de avaliação:*** o projeto e a implementação do robô foram avaliados de forma conjunta nas disciplinas envolvidas;
- ***Assistência dos professores:*** os circuitos para a solução de cada um dos problemas não foram fornecidos pelos professores. Apenas livros básicos da área de eletrônica foram recomendados. Desta forma, criou-se um incentivo à criatividade dos alunos para a solução de problemas a partir da aplicação das técnicas vistas na teoria de cada uma das disciplinas ou à pesquisa do estado da arte;
- ***Escolha dos motores:*** do ponto de vista técnico, em condições normais servomotores realimentados em posição (para um robô de pequeno porte) e motores de passo (para um robô com maior desempenho) seriam escolhas adequadas para o projeto. Contudo, os motores utilizados em cada uma das conexões do robô não foram escolhidos segundo este critério. A escolha proposital de motores aparentemente inadequados para o projeto é parte integrante da proposta pedagógica, buscando desenvolver a criatividade dos alunos na confecção de circuitos não usuais a partir dos problemas detectados;
- ***Limitação do material:*** os componentes utilizados pelos alunos na confecção dos circuitos foram limitados aos disponíveis em laboratório, com poucas exceções devidamente analisadas. Desta forma, vincula-se a solução dos problemas à aplicação de componentes e teorias abordadas em aula. Via de regra foi vetada a utilização de circuitos microprocessados ou microcontrolados, exceto para um dos grupos ao qual foi solicitado especificamente um desenvolvimento com microcontrolador (abordado a seguir);
- ***Escolha do grupo de trabalho:*** Os alunos dividiram-se em grupos de trabalho segundo seu interesse e habilidades pessoais pelos tópicos apresentados.

Embora a proposta de trabalho tenha sido lançada no início do período letivo de um curso semestral, sua implementação foi concentrada no segundo bimestre utilizando em média 02 horas semanais (carga horária bimestral do laboratório das disciplinas).

3.2 A divisão de tarefas e o desafio do trabalho em grupo

Reunido o material necessário e lançado o desafio, a sala foi particionada em 05 grupos distintos. A figura 1 ilustra a divisão dos trabalhos no conjunto do projeto. A tabela 1, a seguir, destaca cada um dos grupos de trabalho e suas tarefas específicas. Na distribuição dos motores foram utilizados basicamente critérios de seleção segundo peso e torque (motores mais pesados foram deixados mais próximos à base do robô). Assim, o servomotor foi designado para a garra principalmente por seu pequeno porte, o motor DC foi designado para o “cotovelo” por sua boa relação peso/torque e o motor de passo, mais pesado, foi deixado na base do sistema. A utilização do motor de passo em outras articulações faria necessária, por exemplo, a utilização de mecanismos de transmissão (correias, engrenagens, etc.).

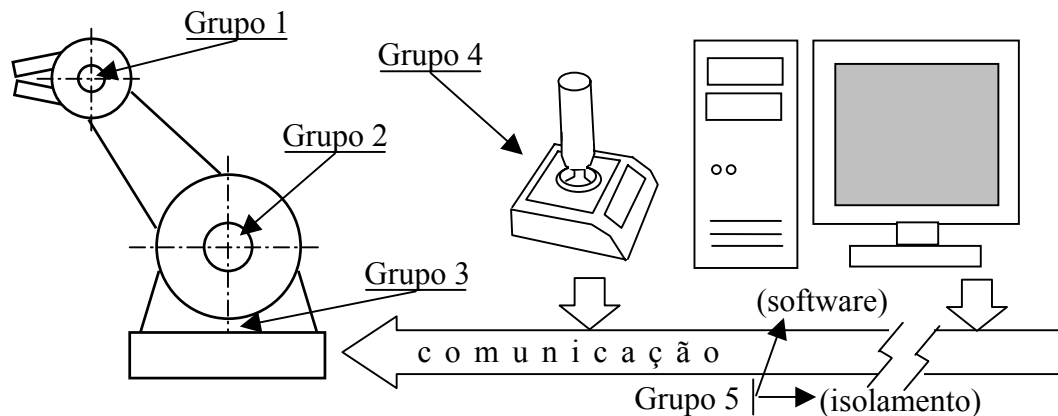


Figura 1 - Diagrama geral do projeto e divisão dos trabalhos.

Tabela 1 - Os grupos de trabalho e suas tarefas.

Grupo	Tarefa
01	Acionamento do servomotor realimentado em velocidade acoplado à garra do robô.
02	Acionamento do motor DC acoplado ao “cotovelo” do robô.
03	Acionamento do motor de passo, acoplado à base do robô.
04	Desenvolvimento do circuito para acionamento do robô utilizando um microcontrolador.
05	Desenvolvimento do software para acionamento do robô via computador e interface de isolamento.

4. ANÁLISE DO DESEMPENHO DA METODOLOGIA

4.1 Aspectos técnicos

O projeto proporcionou aos alunos a oportunidade de contato com uma ampla gama de tópicos da grande área de eletrônica que não seriam abordados em profundidade nas disciplinas. Mais do que isso, proporcionou o exercício da criatividade e a pesquisa para a solução de problemas. A tabela 2, abaixo, apresenta algumas das características técnicas apresentadas pelos grupos de trabalho nas soluções para os problemas encontrados.

Tabela 2 - Soluções dos problemas por grupos de trabalho.

Grupo	Características técnicas principais da solução
01	Aplicação de técnicas PWM, conversão A/D e D/A, temporizadores.
02	Aplicação de circuito a relés e transistores para correntes elevadas, interfaceamento entre circuitos analógicos e digitais.
03	Aplicação de dispositivos lógicos programáveis, temporizadores.
04	Utilização de emuladores, aplicação de técnicas da engenharia de software para organização do código, integração hardware/software.
05	Uso de circuitos optoeletrônicos, uso de técnicas da engenharia de software para organização do código, integração hardware/software.

O braço robótico serviu também como plataforma para a introdução e aplicação de conceitos de diversas disciplinas do âmbito da engenharia, tais como: comunicação de dados, física, mecânica, eletromagnetismo, conversão eletromecânica de energia e teoria de controle e engenharia de software.

Na figura 2 um dos circuitos desenvolvidos pelos alunos para o projeto é apresentado. Trata-se do circuito para controle do robô utilizando microcontrolador (simulador de *joystick*). Observando que se trata de um trabalho desenvolvido, simulado, implementado e testado ao final apenas de disciplinas introdutórias da área de eletrônica, tal desenvolvimento certamente indica um substancial aumento do desempenho potencial do aluno em disciplinas subsequentes como microprocessadores e arquitetura de computadores.

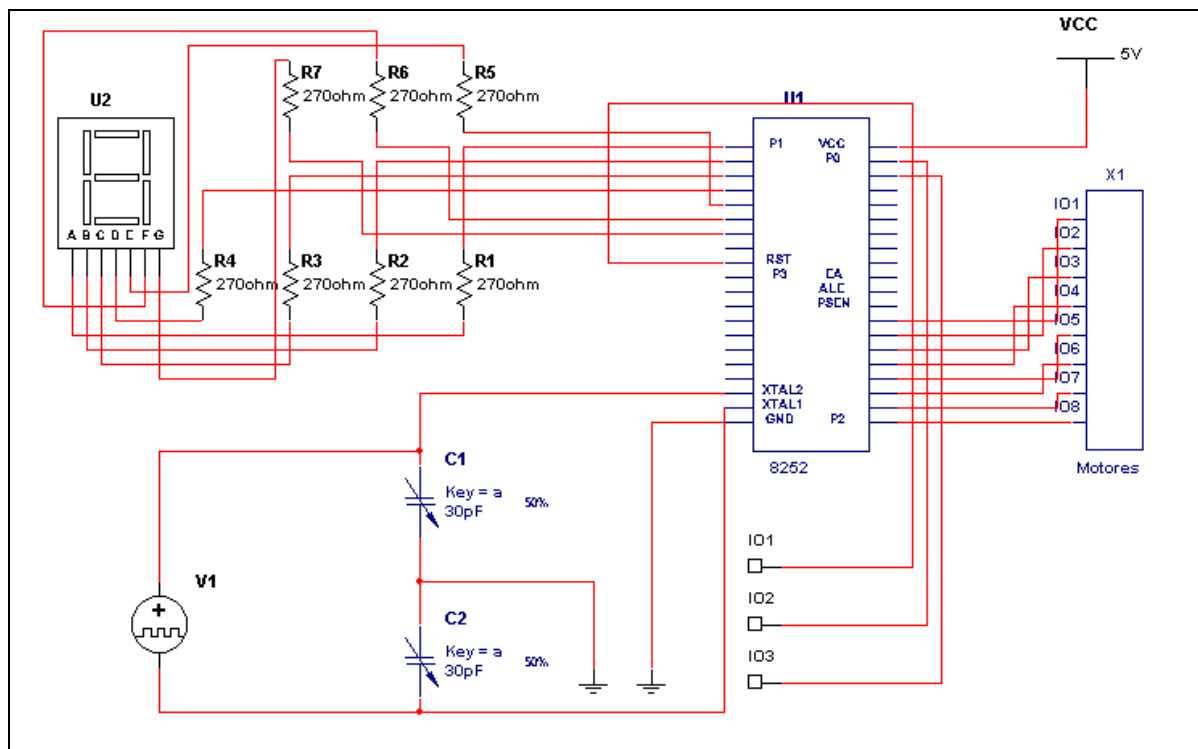


Figura 2 - Esquemático do circuito microcontrolado desenvolvido para simulação de *joystick*.

4.2 Aspectos pedagógicos

Abaixo descreve-se o perfil pedagógico obtido com o projeto proposto:

- **Estabelecimento da relação teoria/prática:** a proposta de trabalho proporcionou a verificação prática dos conceitos teóricos abordados em aula sem a metodologia clássica dos experimentos pré-programados. Os problemas encontrados na abordagem clássica dos laboratórios foram via de regra os mesmos problemas detectados na abordagem construtivista. Sua solução, contudo, não foi realizada de forma mecânica;
- **Aumento da dedicação:** A motivação para o trabalho com a robótica - área tradicionalmente capaz de motivar o corpo discente - aliada à necessidade de solução específica de cada um dos problemas provocou um aumento substancial na frequência dos alunos às dependências da instituição em horários extra-classe;
- **Aumento do interesse pela pesquisa:** A falta de subsídios diretos dos professores para a solução dos problemas particulares e a escassez de material diretamente aplicável aos diversos problemas provocou maior envolvimento do aluno com a pesquisa como um todo, motivado pela necessidade de solucionar seu problema;

- **Amadurecimento profissional:** visto que a falha de um dos grupos em atingir seu objetivo implicaria no insucesso de todo o projeto, os alunos envolvidos mostraram grande amadurecimento durante o período de desenvolvimento, efeito da responsabilidade a que foram submetidos. A vivência desta situação corriqueira na vida profissional do engenheiro em um ambiente acadêmico é certamente uma experiência válida para o futuro profissional. O modelo clássico dos experimentos pré-programadas certamente não permitiria tal nível de amadurecimento em igual período;
- **Aumento da autoconfiança:** o receio inicial dos alunos relacionado ao projeto foi substituído pelo desejo coletivo de concretizar o projeto. Alunos que inicialmente julgaram a tarefa impossível tiveram sensível aumento da autoconfiança. Na avaliação dos docentes esta é uma característica extremamente positiva, visto que permite a formação de um engenheiro mais consciente de sua capacidade de trabalho e aberto a novos desafios;
- **Busca por ferramentas:** durante os desenvolvimentos foi grande o envolvimento dos alunos com ferramentas da área de engenharia adequadas aos diversos propósitos (simuladores de circuitos elétricos, simuladores de componentes específicos, emuladores, softwares para PLDs, etc.);
- **Exercício da criatividade:** dada a abordagem de fornecer ao aluno um problema não muito usual ao invés de uma solução para um problema nunca encontrado, as saídas técnicas encontradas para os problemas foram em geral bastante criativas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um aspecto geral, considerando-se um conjunto de alunos sem conhecimentos específicos sobre o domínio adotado (robótica) o resultado obtido foi considerado surpreendentemente satisfatório com o tempo disponível. Em um aspecto mais amplo, além das contribuições técnicas, a proposta teve contribuições significativas para a vida profissional dos futuros engenheiros. Do ponto de vista do docente, esta metodologia acarretou um aumento substancial na carga de estudos complementares necessários e na quantidade de dúvidas trazidas pelos alunos, o que corrobora os aspectos positivos da proposta também para a atualização do docente.

Desta forma, pelo conjunto de características apresentadas neste trabalho, a metodologia aplicada foi considerada pelos docentes como altamente satisfatória e aplicável de maneira efetiva para a melhoria do desempenho acadêmico. Destaca-se como uma possível evolução deste trabalho o engajamento de um maior número de disciplinas no projeto, tais como desenho técnico, física e resistência dos materiais (projeto mecânico) e química (tratamento de placas). Em questões técnicas específicas, a evolução do sistema de comunicação para *half-duplex* seria desejável, ampliando o leque de possibilidades de aplicação do robô didático. Destaque-se que o projeto aqui apresentado encontra-se otimizado para motivação o público ao qual foi oferecido (engenharia da computação), mas mostra-se uma plataforma propícia para o desenvolvimento de diversas outras habilitações da engenharia.

Agradecimentos

Aos alunos das disciplinas circuitos digitais II e eletrônica fundamental do curso de engenharia da computação da FASP do primeiro semestre de 2003, pelas críticas, sugestões e pelas contribuições das mais variadas maneiras, inestimáveis para o desenvolvimento e evolução desta proposta, e sem os quais ela não teria sentido. A Ana Cristina dos Santos, coordenadora do curso de engenharia da FASP, que acolheu, motivou e apoiou esta proposta de trabalho e atuou de maneira decisiva para sua conclusão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIANCHI, R. A. C.; MOREIRA Jr., B. S.; FERRAZ, F. C.; RILLO, A. H. R. C. Operation of a robotic manipulator through the world wide web. **Revista Pesquisa e Tecnologia**. Faculdade de Engenharia Industrial da Fundação de Ciências Aplicadas, n. 17, fevereiro 1998. P. 22-27.

FRANCHIN, M. N. **Elementos de robótica**. Disponível em:
<<http://www.dee.bauru.unesp.br/~marcelo/robotica/conteudo.html>>. Acesso em 15/06/2003.

IDOETA, I. V.; CAPUANO, F. G. **Elementos de eletrônica digital**. 32ª edição. São Paulo: Ed. Érica, 2001.

JÚNIOR, J. F. A estrutura de plástico do robô manipulador. **Mecatrônica fácil**. Editora Saber Ltda. São Paulo, ano 2, n. 7, 2002.

PAZOS, F. **Automação de sistemas e robótica**. Axcel Books. Rio de Janeiro, 2002.

SILVEIRA, J. L. **Comunicação de dados e sistemas de teleprocessamento**. Makron Books. São Paulo, 1991.

SOARES, M. J. RM-1 - Robô manipulador. **Mecatrônica fácil**. Editora Saber Ltda. São Paulo, ano 2, n. 7, 2002.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S. **Sistemas Digitais - princípios e aplicações**. 7ª edição. Rio de Janeiro: LTC - Livros técnicos e científicos, 2000.

VIDAL, P. **Aplicações práticas do microcontrolador 8051**. Ed. Érica. 11ª edição. São Paulo, 1998.



PROJECT AND IMPLEMENTATION OF A LOW COST ROBOTIC ARM: A MULTIDISCIPLINARY AMBIENT CAPABLE TO MOTIVATE A STUDENT GROUP

Abstract: *Abilities frequently desirable in engineering students are: i) abstraction capacity; ii) multidisciplinary vision; iii) capacity to work in group, and mainly: iv) creativity. In this way, a modern engineering course must offer to the engineering students activities capable to develop these abilities. However, it is not uncommon to find - mainly during the basic disciplines - unmotivated students for the following reasons: i) teach of tools and solutions to solve problems not found; ii) teach of techniques contrary to the development of the creativity; iii) basic disciplines not in accord with the engineer daily. This work describes an experience with the development of a simple and low cost robotic arm jointly implemented in digital circuits II and electronics fundamentals disciplines of a computer engineering course. Moreover, this multidisciplinary project shows itself capable to motivate student groups at the same time that allows the introduction of a lot of problems and concepts that are new in the engineering students universe.*

Key-words: *multidisciplinary work, motivation, robotics, engineering.*