Os Servos - Biônica - Robôs Móveis Autônomos



www.mecatronicafacil.com.br

MECATRÔNICA FÁCIL

SABER

ANO 1 - Nº3 - MARÇO/2002 - R$ 8,50

Como construir um robô utilizando o LEGO Dacta



Desenvolva projetos com o

BASIC STEP

Trabalhando com Plásticos

ISSN 1676-0980

A Teoria do Ar Comprimido - Os Transistores como Chaves

NAS BANCAS



http://www.saberelectronica.com.br

Editora Saber Ltda.
Diretores
Hélio Fittipaldi
Thereza M. Ciampi Fittipaldi

MECATRÔNICA FÁCIL
www.mecatronicafacil.com.br

Mecatrônica Fácil
Editor e Diretor Responsável
Hélio Fittipaldi

Editor Assistente
Paulo Gomes dos Santos

Publicidade
Eduardo Anion - Gerente
Ricardo Nunes Souza

Conselho Editorial
Alexandre Capelli
Juliano Matias
Newton C. Braga

Colaboradores
Ettore Barros
José Carlos Amadeo
José Francci Júnior
Luís Henrique C. Bernardes
Newton C. Braga
Octávio Nogueira

Agradecimentos
Edacom Tecnologia

Impressão
W.Roth

Distribuição
Brasil: DINAP
Portugal: Electroliber

MECATRÔNICA FÁCIL
(ISSN - 1676-0980) é uma publicação da Editora Saber Ltda. Redação, administração, números atrasados, publicidade e correspondência:
R. Jacinto José de Araújo, 315
CEP.: 03087-020 - São Paulo SP - Brasil
Tel.: (11) 296-5333
6192-4700

Empresa proprietária dos direitos de reprodução:
EDITORA SABER LTDA.
Associada da ANER - Associação Nacional dos Editores de Revistas e da **ANATEC** - Associação Nacional das Editoras de Publicações Técnicas, Dirigidas e Especializadas.
Tiragem: 30.000 exemplares

ANATEC
PUBLICAÇÕES ESPECIALIZADAS
www.anatec.org.br

ANER

EDITORIAL



Nesta edição trazemos até você uma matéria sobre o *kit* 9790 Robolab, da LEGO Dacta. Este *kit* vem sendo adotado em um número cada vez maior de escolas que desejam implementar a Mecatrônica em seus cursos. Isto porque se trata de um material extremamente versátil e muito fácil de utilizar. Versátil, pois com ele é possível construir diversos tipos de robôs diferentes, capazes de realizar as mais variadas ações. Isto porque, além das tradicionais peças de LEGO, ele conta com diversas outras peças tais como polias, engrenagens, rodas, esteiras, mangueiras, motores, sensores, além do cérebro, o tijolo RCX, onde são armazenados os programas que orientarão o robô.

Além de versátil, o *kit* é fácil de usar, pois além de contar com um manual contendo as instruções básicas para a montagem de algumas estruturas, o software para a programação é extremamente amigável, pois é totalmente visual.

O preço do *kit* não é muito acessível, sendo mais viável para as instituições que desejem aplicá-lo em treinamentos. Por outro lado, achamos que seria bom que os leitores ao menos o conhecessem e tivessem uma idéia do que ele é capaz de fazer. Desta forma, aqui está o artigo sobre o LEGO Dacta. Espero que apreciem e se não for possível à maioria das pessoas adquiri-lo, que pelo menos as instituições de ensino descubram o seu valor e passem a adotá-lo em seus cursos, mesmo que estes não contemplem diretamente a Mecatrônica, pois o kit pode perfeitamente servir para tratar, por exemplo, de vários temas da Física, tais como o princípio da alavanca, o momento angular, o torque, a conservação de energia e de momento, entre muitos outros. Isto tudo através de uma forma lúdica, que vem mostrando ser uma forma de aprendizado muito rica e eficiente em qualquer disciplina.

Continuamos recebendo centenas de *e-mails* nos prestigiando e contribuindo para a melhora das nossas publicações. Infelizmente, não é possível publicar todos na revista, mas procuramos escolher aqueles que trazem comentários que possam servir ao maior número de pessoas. A seção do leitor deste mês, portanto, está muito rica, e esperamos continuar recebendo todo esse apoio da parte dos nossos leitores.

Nesta edição você notará que não há mais a pesquisa, mas pode continuar mandando as suas sugestões, comentários e críticas por carta ou e-mail, que nos esforçaremos ao máximo para tornar esta revista cada vez melhor.

Paulo Gomes dos Santos

Atendimento ao leitor: a.leitor.mecatronicafacil@editorasaber.com.br

Os artigos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores. É vedada a reprodução total ou parcial dos textos e ilustrações desta Revista, bem como a industrialização e/ou comercialização dos aparelhos ou idéias oriundas dos textos mencionados, sob pena de sanções legais. São tomados todos os cuidados razoáveis na preparação do conteúdo desta Revista, mas não assumimos a responsabilidade legal por eventuais erros. Caso haja enganos em texto ou desenho, será publicada errata na primeira oportunidade. Preços e dados publicados em anúncios são por nós aceitos de boa fé, como corretos na data do fechamento da edição. Não assumimos a responsabilidade por alterações nos preços e na disponibilidade dos produtos ocorridas após o fechamento.

ÍNDICE

Seção do Leitor 3

Notícias 7

Construindo um Robô com o LEGO Dacta

O objetivo deste artigo é mostrar, em linhas gerais, como funciona o *kit* 9790 Robolab, da LEGO Dacta, construindo um robô capaz de detectar um obstáculo através de suas antenas e desviar-se do mesmo. 9

Robôs Móveis Autônomos

Imagine robôs com meios próprios de locomoção, sensores e computação embarcada que são projetados para realizar suas tarefas dispensando a intervenção ou supervisão humana, e sem que tais tarefas estejam explicitamente programadas. Neste artigo, o autor aborda a evolução e a estrutura dos robôs móveis autônomos, o que constitui a área mais desafiadora da pesquisa em Inteligência Artificial. 17

Os Servos

Os servos são encontrados em diversas aplicações que envolvem controle eletrônico de movimentos. Aqui o autor analisa o funcionamento dos servos (servomotores) e dá algumas informações para a elaboração de projetos práticos com finalidade didática ou experimental. 24

Basic Step – 1ª parte

Esta série de artigos irá apresentá-lo a um dos microcontroladores mais fáceis de utilizar, o BASIC Step 1. Ele é um conjunto sofisticado de componentes eletrônicos, montado em uma pequena placa, podendo ser programado para executar praticamente qualquer tipo de automação e controle necessários nos dias de hoje. 30

Biônica – A Eletrônica Imita a Vida

A Biônica é a ciência que procura criar equipamentos que imitem formas vivas. As maravilhas da tecnologia que são geradas pelo homem e a que a Natureza já usa há milhões de anos, são os assuntos deste artigo. 36

Coletando Sinais pela Porta Paralela

Esta é a 3ª parte da série "Linguagem LOGO para Robótica e Automação", onde o autor mostra como utilizar essa linguagem para manusear as entradas da porta paralela a fim de realizar uma série de automações. 40

A Teoria do Ar Comprimido

Neste artigo, que é a 3ª parte da série "Automação Pneumática", é tratada em maior profundidade a teoria do ar comprimido. São apresentadas mais algumas características da nossa atmosfera e são também discutidas a importância da qualidade do ar comprimido, bem como quais as propriedades que garantem essa qualidade. 46

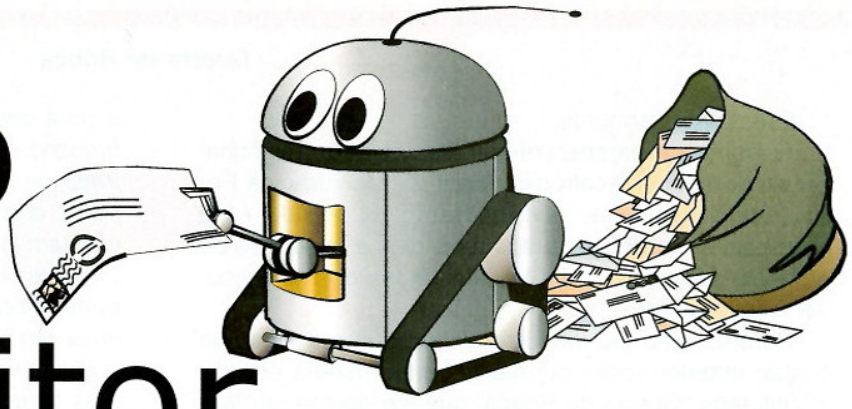
Trabalhando com Plásticos – 2ª parte

Este artigo continua dando uma série de "dicas" aos leitores que desejam aprender a trabalhar com plásticos para incrementar os seus projetos de Mecatrônica. Aqui é abordado como fazer um corte redondo, tanto interno como externo, e também como fazer curvas e dobras com o plástico. 52

Os transistores como chaves

Os semicondutores de potência são uma solução importante para o controle de dispositivos elétricos que produzem força. Neste artigo, que é a terceira parte da série "Eletrônica Básica para Mecatrônica", é abordado o uso de transistores bipolares e FETs no controle de motores e outras cargas de corrente contínua que possam ser utilizadas nos projetos de Mecatrônica. 55

Seção do Leitor



VM-1

Olá, primeiramente gostaria de parabenizá-los pela Revista e por ensinarem a fazer um carrinho mais fácil, desta vez.

Estou enviando uma foto do VM-1 construído por mim. O seu chassi e carenagem foram feitos de arame. Na verdade, toda sua estrutura é de arame, as rodas eu tirei de um carrinho de brinquedo disponível, e ele foi coberto por papel-manteiga. Tudo isso para deixá-lo bem leve. Eu não consegui comprar a ponte de terminais e por isso tive que usar apenas solda.



Sua eficiência foi comprovada numa minicorrida que promovemos entre três carrinhos, onde os demais foram feitos nos moldes aconselhados pela Revista e o meu carrinho foi o vencedor, deixando os outros bem distantes, pois é um carro muito leve feito de arame e papel-manteiga.

Gostaria de agradecer a vocês da revista Mecatrônica Fácil por dar a todos os leitores essa oportunidade.

Obrigado pela atenção, Felipe Mansoldo.

Caro Felipe,

Nós é que agradecemos pelo apoio e incentivo. Estamos publicando a foto do seu protótipo para que os leitores tenham mais uma opção de montagem. Procuramos estimular os leitores a buscar soluções diferentes para as montagens mostradas nas revistas, pois sabemos da dificuldade em encontrar materiais para a construção dos protótipos. Parabéns!

Projetos de Leitores e Eventos de Mecatrônica

Meu nome é Flavio Dalpino e sou leitor assíduo da Revista Saber Eletrônica há alguns anos, e agora da Mecatrônica Atual. Gostaria de sugerir para uma futura edição da revista Mecatrônica Atual que fossem publicadas fotos de robôs desenvolvidos pelos leitores, assim como vocês publicam dicas e circuitos na Saber Eletrônica.

Minha segunda sugestão seria a própria divulgação de uma competição de Robótica ou porque não apenas uma "feira" de divulgação? Isso dá oportunidades a outras pessoas e não somente a alunos de Universidades, que provavelmente não são nem 1% dos leitores das revistas. Obrigado por sua atenção.

Flavio Dalpino

Prezado Flávio,

O espaço está aberto para os leitores que quiserem mandar fotos dos seus robôs. Dependendo do projeto, ele pode até se transformar num artigo. Quanto aos eventos, procuraremos divulgá-los na medida que consigamos as informações. Fique atento às nossas edições e também ao nosso site ***(http:www.mecatronica-facil.com.br)****.*

Guerra de Robôs

Prezados Senhores,

Gostaria de parabenizá-los pela iniciativa de publicar as revistas "Mecatrônica Atual" e "Mecatrônica Fácil". Creio que essas revistas serão de grande valia nas salas de aula, ajudando na escolha e execução de projetos, sejam eles nas Universidades ou nas Escolas Secundárias.

Porém, sinto-me obrigado a fazer uma crítica: Na edição anterior vocês publicaram uma matéria especial intitulada "Guerra de Robôs" que me deixou um tanto preocupado. Robôs deveriam ser usados principalmente para auxiliar o homem e para executar tarefas insalubres, perigosas ou aquelas que ele não poderia executar. Assim, competições do tipo "combates de robôs" deveriam ser repudiadas por todas as pessoas que trabalham com o ensino ou a divulgação de assuntos relacionados à Robótica. Em um passado não muito distante, esse tipo de competição era mais difundido, mas ao perceberem a barbárie que ela representa, muitos competidores passaram a procurar outros modos decompetição, muito mais pacíficos, saudáveis e inteligentes, tais como o futebol de robôs, as competições do tipo "enduro" ou o "rally de regularidade", onde os participantes têm a oportunidade de testar seus conhecimentos em estratégias de controle, sensoriamento, navegação e projetos, por exemplo. Deve-se lembrar que, apesar de não existir uma definição rígida para robôs, eles podem ser definidos como máquinas que são capazes de obter informações sobre o ambiente ao seu redor e sobre si próprios, atuando nesse ambiente de alguma forma (manipulando objetos ou movendo-se, por exemplo). Onde estão incluídas estas características em uma "guerra" de robôs controlados por rádio? São apenas "carrinhos de controle remoto" com capacidade de destruição, bem diferentes dos robôs teleoperados conhecidos, que possuem todo um suporte sensorial e estratégias de controle bem elaboradas.

Espero que as próximas matérias tratem os robôs com "mais respeito", incentivando os jovens a realizarem projetos e competições valorizando principalmente a paz e a real utilidade dessas máquinas que tanto nos fascinam. Muito obrigado e, mais uma vez, parabéns pela idéia dessas Revistas.

Fransérgio Leite da Cunha, Msc.

Caro Fransérgio,

De fato, existem muitas controvérsias a respeito do termo robô e a definição que você nos apresentou é bastante pertinente, tanto que acreditamos ser a mais aceita.

Concordamos que, à primeira vista, o termo Guerra é muito forte e parece incentivar a violência, mas analisando-se por outro lado, perceberemos que se refere a uma competição sem quaisquer danos para o ser humano ou para o meio ambiente e apesar de não se tratar de máquinas tão sofisticadas quanto outras disputas com robôs autônomos, esse tipo de competição tem se mostrado bastante eficiente no desenvolvimento das habilidades de seus montadores, que podem ser utilizadas em outros projetos. É preciso levar em conta também que essa facilidade promove a popularização da Mecatrônica, visto que é mais simples construir uma máquina radiocontrolada (que podemos ludicamente chamar de robô) do que um robô autônomo. Acreditamos que muitas pessoas que hoje constróem máquinas sofisticadas, passaram anteriormente pelo rádiocontrole.

Logo, é muito importante compartilhar com os leitores estes pontos de vista diferentes, uma vez que queremos contribuir não apenas com a formação técnica dos nossos leitores mas também com a sua formação crítica. Todos os tipos de competições têm as suas vantagens e desvantagens. Nossa obrigação é procurar divulgar os rumos pelos quais a Mecatrônica vem se desenvolvendo no país.

Aqui quem vos escreve é o engenheiro eletrônico Roberto Mathias, sou formado pela PUC-RS, pós-graduado em Física e especialista em Robótica pela UFRGS. Atualmente sou professor das disciplinas de Eletrônica Digital e Eletrônica Analógica no Curso de Informática Industrial e Eletrônica da FUNTEL (Fundação do Ensino Técnico de Londrina) e tenho um Clube de Robótica *(Didaki Robotics Competition)* onde trabalho conceitos de Física, Mecânica e Programação Logo com crianças a partir de nove anos, e também com alunos de engenharia da UNOPAR. Li a reportagem sobre a Batalha de Robôs e achei muito interessante, pois é justamente o trabalho que fazemos aqui em Londrina há dois anos. A nossa primeira batalha de robôs ocorreu no ginásio IPOLON, no dia 1º de setembro de 2001, a qual foi documentada pela Globo nos Jornais do meio dia e à noite. A segunda batalha foi realizada no Shopping Catuaí (maior shopping do norte do Paraná), no dia 22 de dezembro de 2001. Atenciosamente,

Eng. Roberto.

Caro Roberto,

Certamente a idéia de duelo entre robôs deve ser tão antiga quanto o próprio surgimento dos robôs no Brasil. Este tipo de evento vem se popularizando muito rapidamente, apesar de continuarem, na maioria das vezes, atrelados à escolas e outras instituições de ensino. A tendência porém, é que estas competições passem a ser organizadas também por grupos de robótica que vêm surgindo em várias partes do país.

Minha experiência



Olá pessoal, me interessei em comprar a edição de dezembro por referência de um amigo e pela Editora Saber, pois já fui um colecionador da "Saber Eletrônica", no final da década de 70. A riqueza no detalhamento das explicações torna assimilável até os itens mais complexos desta área. A simplicidade também é outro ponto fundamental da revista e se destaca nos artigos "VM-1" e "Controle de um LED pela porta paralela", pois qualquer projeto mais complexo requer conhecimentos fundamentais que são exercitados nesses arquivos.

Verifiquei que alguns leitores estão questionando o preço dos *kits*. Segue então a experiência que tive com uma montagem desse tipo. Trabalho com Manutenção Industrial desde 1985, mas há alguns anos fiz uma atualização no SENAI ANCHIETA, que dá ênfase em Automação Industrial. No projeto de formatura, nós, (eu e mais cinco integrantes do grupo), propusemos automatizar um balizamento utilizando um microcontrolador da família 8051. Para minimizar a parte mecânica usamos um carrinho de controle remoto e desenvolvemos a parte elétrica partindo dos motores de direção e de tração. Para referência de deslocamento fixamos numa das rodas um *encoder* feito com partes de um *mouse* e engrenagens de mecanismo de toca-fitas, pois um encoder verdadeiro era caro e as dimensões dos encontrados comercialmente não eram adequadas.

Desenvolvemos muito nossas habilidades de manuseio com plásticos e com cola térmica. Usamos um sensor de proximidade para localizar, medir e posicionar o carro em relação à vaga encontrada (este foi emprestado pela empresa de um dos integrantes do grupo). Através de uma sinalização de LEDs definimos a interface com o sistema sabendo as etapas e as decisões do mesmo. Além de estarmos limitados com custos, estávamos pressionados com o prazo de entrega projeto, a formatura, etc. Somos muitos gratos pelos professores da época. Como o prazo não é o caso de alguns leitores, aconselho que pesquisem ao máximo os tópicos que vão abordar, pois quanto maior for o domínio sobre eles, mais numerosas serão as opções de desenvolvê-los, adequando assim os custos envolvidos. Boa sorte a todos e não desistamdos seus objetivos, pois nada se compara com a sensação de ver um projetofinalizado. Parabéns pela Revista.

Waldir.

Caro Waldir,

Obrigado por compartilhar conosco e com os demais leitores a sua experiência. Certamente ela servirá de estímulo a muitos leitores que se deparam com dificuldades na execução de seus projetos. A solução dessas dificuldades gera o desenvolvimento de habilidades que vão além do próprio projeto. A pesquisa realmente é fundamental para a execução dele. Procuramos trazer aos leitores o máximo de informações, mas mesmo assim, é impossível esgotar um assunto em um único artigo. Isto se torna mais evidente em alguns artigos que descrevem a montagem de projetos passo-a-passo, onde nem sempre fornecemos muitos detalhes teóricos a respeito dela, a fim de não confundir o montador inexperiente. Sendo assim, é muito válida a dica e certamente será útil para os nossos leitores.

Identificação

Olá, e parabéns!!!

Adorei as revistas "Mecatrônica Fácil" e "Mecatrônica Atual". O propósito é ótimo, o conteúdo muito interessante, a área promissora, a linguagem é clara, e ótima a impressão. Espero poder assiná-las em breve.

Nas próximas edições gostaria de encontrar informações sobre sensores para mini-robôs, principalmente aqueles que permitem fazer com que o robô "enxergue".

E antes que eu me esqueça, gostaria de compartilhar minha identificação com a ilustração do artigo sobre a linguagem LOGO.

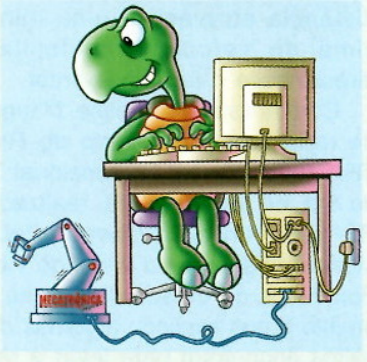
Rogério Schneider

Prezado Rogério

Ficamos felizes em saber que estamos sendo úteis. No momento não estamos disponibilizando as assinaturas, mas acreditamos que isso será feito em breve. Quando isso acontecer, pode ter certeza de que será amplamente divulgado nas nossas revistas e também no nosso site ***(http:/www.mecatronicafacil.com.br)****.*



Quanto a sua sugestão esperamos abordar mais sensores desse tipo em artigos futuros. De certa forma, o sensor ultrasônico utilizado no robô Octa-I permite que que ele "enxergue" os obstáculos e desvie deles. Quanto a sua identificação, gostaríamos de compartilhá-la com os demais leitores, pois acreditamos que não foi apenas você que sentiu essa identificação...



Mais competições no Brasil – O"robô bombeiro"

Prezado Senhor,

Meu nome é André Luiz Tristão Moreira, sou coordenador técnico do Curso Técnico em Mecatrônica da Escola Técnica Rezende-Rammel, situada na cidade do Rio de Janeiro. Tenho acompanhado a revista Mecatrônica Fácil desde o seu primeiro número, encontrando artigos excelentes e de fácil entendimento e por isso, venho indicando a mesma a meus alunos.

Na revista de número dois, no artigo intitulado "Guerra de Robôs", sobre as portarias do MEC e do CREA, informo que o CONFEA está analisando as atribuições do Técnico em Mecatrônica e do Engenheiro Mecatrônico e que o Curso Técnico em Mecatrônica de nível médio (e pós-médio) já estão devidamente registrados no MEC, aqui no Rio de Janeiro, na Secretaria Estadual de Educação.

Sobre a Guerra de Robôs, gostaria de ressaltar que fiquei extremamente animado, pois há 3 anos estamos tentando aqui no Rio de Janeiro realizar um evento em nível estadual (como se pode verificar em **www.cetap.g12.br**). A Rezende-Rammel há exatamente 3 anos realiza esse tipo de competição internamente. Já tentamos organizar campeonatos com a participação de outras instituições técnicas, mas infelizmente encontramos algumas dificuldades criadas por falta de conhecimento de alguns colegas, que alegam que esse tipo de competição gera violência. Estaremos realizando a próxima competição interna no mês de maio de 2002, mais uma vez iremos tentar montar um campeonato estadual. Nossa grande dificuldade está na aquisição de componentes, visto que aqui no Rio de Janeiro existem poucas lojas e suas mercadorias não são muito variadas.

Aproveito a oportunidade para informar que, em 1998, a Escola Técnica Rezende-Rammel participou da EXPOTEC - Exposição Tecnológica das Escolas Técnicas do Estado do Rio de Janeiro, realizada pelo CEFET/RJ, na qual obtivemos o 1º lugar geral com o Projeto Mecatrônico: "Carro de Combate a Incêndio Rádio Controlado", tratava-se de um veículo rádiocontrolado no qual existia um extintor de incêndio que também era acionado via rádio. A idéia era criar um robô no qual o operador não precisasse se aproximar muito do foco do incêndio. Os passos do veículo eram controlados a distância através de uma minicâmera instalada em cima do veículo, possibilitando que o operador direcionasse o jato do extintor.

Com a obtenção desse 1º lugar, nos foi dado o direito de representar o Estado do Rio de Janeiro na MOSTRATEC - Mostra Internacional Tecnológica da América do Sul, no ano de 1999, realizada em Novo Hamburgo - RS pela Fundação Liberato (todos os anos). Durante a Mostra recebemos a visita do Comandante do Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná, que se interessou pelo projeto e nos explicou algumas dificuldades que os bombeiros encontram para levar a mangueira muito próximo do foco de incêndio. Pensando nesse problema montamos um robô mais robusto, pesando mais de 50 kg, com esteiras de aço e esguicho rádiocontrolado. Usando uma câmera protegida, o bombeiro pode, à distância, aproximar a jato principal o mais perto do foco possível. Esse projeto recebeu o nome de "O Combatente", o qual recebeu o 1º lugar geral na MOSTRATEC de 2001, propiciando-nos o direito de participar do Mundial no México em 2002. Infelizmente, no início de janeiro recebemos a notícia de que não poderíamos participar, pois os três alunos inscritos no projeto possuem mais de 18 anos e as regras do mundial não o permitem.

Desde já agradeço e peço que continue com o trabalho que vem realizando.

André Moreira

Prezado André,

Obrigado por nos prestigiar e nos indicar aos seus alunos. Esperamos poder contribuir para a formação de todos eles. Ficamos felizes em saber também que os cursos de Mecatrônica estão passando a ter o respeito que merecem, visto que é cada vez maior o número de pessoas que trabalham com essa Ciência. Esperamos que esta revista, juntamente com a "Mecatrônica Atual", possa contribuir ainda mais nesse crescimento. Quanto às competições, é questão de tempo para que elas se tornem cada vez mais populares e isso certamente proporcionará uma maior facilidade de obtenção e, principalmente, o menor custo. Até lá, a utilização de material alternativo realmente tem se mostrado a melhor solução. Esperamos que com a popularização da Robótica, os distribuidores passem a oferecer uma gama maior de componentes para favorecer a construção dos robôs.

Quanto ao "Combatente", enviamos os nossos parabéns. É uma pena vocês não terem ido ao México, mas é indiscutível a validade do projeto para auxiliar o ser humano nessas tarefas que envolvem risco de vida. Continuem assim!

CADê o AutoCAD ?

Prezados Srs.

Gostaria de saber sobre a continuidade da série de artigos sobre AutoCAD iniciada na revista Mecatrônica Fácil nº1 e sem prosseguimento na nº2. Minhas Considerações.

Jonas S.Moraes

Prezado Jonas,

A série de artigos sobre AutoCAD aplicado à Mecatrônica passou a ser publicada na revista "Mecatrônica Atual", sendo que o segundo artigo encontra-se no segundo número dessa revista.

ROBONEWS

Newton C. Braga

Robô LEGO Resolve o Problema do Cubo de Rubik (3x3x3)

O robô da foto teve sua idéia em agosto de 2000 durante um fórum sobre Mindstorms, mas foi somente em meados de abril de 2001 que o seu autor conseguiu montar uma versão "beta". Para conseguir resolver o problema o projetista teve que criar meios de movimentar o cubo em dois eixos ortogonais de 90 graus. Diversos foram os problemas encontrados pelo autor do projeto como, por exemplo, as dificuldades em se movimentar partes encontradas pelos recursos do LEGO. Isso levou à necessidade de "amolecer" o cubo com um lubrificante especial. Outra questão envolvida foi a de obter o torque necessário para todos os movimentos com as peças disponíveis no LEGO e, finalmente, lograr força suficiente das pinças para poder mover as partes do cubo. Mas, certamente, o problema maior foi implementar um software capaz de levar a solução do problema a partir de um estado inicial aleatório. Para isso foi desenvolvido um sistema de visão com uma câmera com resolução de 50 x 50 pixels, que consegue indentificar as cores das faces e convertê-las em coordenadas CIE XY de modo a poderem ser utilizadas pelo programa. Eis aí um desafio aos leitores que desejam um bom problema de Robótica e Inteligência Artificial...O autor foi J. P. Brown, que disponibilizou uma descrição detalhada de seu projeto no *site* **http://jpbrown.i8.com/cubesolver.html.**



Robôs Empregados Para Desarmar Bombas

Depois da queda da União Soviética, em 1989, um tratado entre a OTAN e o Pacto de Varsóvia levou os países a reduzir suas armas nucleares, químicas, biológicas e convencionais. Os Estados Unidos preocuparam-se, então, em utilizar robôs para desativar essas armas de forma muito mais segura.

Segundo Larry Shipers, do Departamento de Tecnologia de Sistemas do Sandia National Laboratories, de Albuquerque - NM, os robôs levam as armas até um local seguro e trabalham na sua neutralização. Se existir algum detonador ou outro elemento crítico, o robô se encarrega de retirá-lo evitando, assim, a presença de humanos que não precisam se arriscar.

"Enquanto um ser humano pode desarmar apenas uma bomba por dia, um robô pode desarmar 24 no mesmo intervalo de tempo"- afirma Larry Shipers.

Usando Lâmpadas Fluorescentes Para Ajudar Deficientes Visuais

Pacientes com TBI (*Traumatic Brain Injury* - Deficiência Cerebral Traumática) podem conseguir um grau considerável de independência física muito antes de conseguir a independência cognitiva. Um projeto desenvolvido nos Estados Unidos utiliza lâmpadas fluorescentes comuns para enviar informações a uma unidade portátil junto ao paciente, tendo sido já testada em 5 pessoas. O que se faz é modular a luz de lâmpadas fluorescentes comuns com informação digital adicional num sistema denominado PLAM (*Patient Locator and Minder)*. O sistema portátil proporciona ao paciente assistência navegacional possibilitando sua chegada ao local desejado com maior facilidade. Segundo se comprovou, o tempo gasto pelos pacientes para chegar ao local almejado foi reduzido de um atraso anterior de 4,8 minutos para 1,3 minutos mais cedo.

Motores Moleculares Podem Propulsionar Dispositivos MEMS

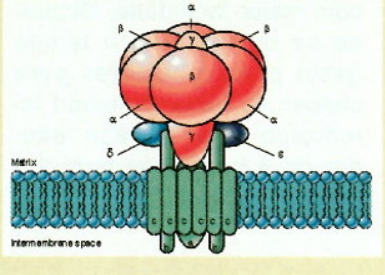
Pesquisadores informaram que conseguiram combinar moléculas orgânicas com peças de metal reduzidas para fabricar um motor capaz de movimentar peças bem maiores (dezenas de vezes mais) do que o dispositivo propriamente dito.

O professor Carlo Montemagno, de Engenharia Mecânica e Aeroespacial da Universidade da Califórnia, descreveu esses pequenos motores e outros dispositivos microscópicos numa conferência sobre Sistemas Microeletromecânicos (MEMS) com dimensões que vão da espessura de um cabelo humano até algumas poucas moléculas (em tamanho).

A chave para a fabricação desses micromotores, segundo o Prof. Montemagno, está em moléculas complexas como as que sintetizam o ATP, as quais são usadas como fontes de energia em todos os seres vivos. Seis estruturas moleculares formam o equivalente a um motor de três ciclos ou três cilindros. Essas moléculas cercam outras sete que funcionam como o eixo do motor. O dispositivo inteiro não mede mais do que 11 nanometros de altura por 11 nanometros de diâmetro - centenas de vezes menos do que a espessura de um cabelo humano.

As interações químicas fazem com que os seis cilindros funcionem em seqüência rodando o eixo.

A figura abaixo dá uma idéia daestrutura molecular deste motor.



A Honda Apresentou o seu Novo Robô Humanóide ASIMO para Alugar

A Honda Motor Co. Ltd. apresentou uma nova versão do robô humanóide ASIMO, que deverá estar disponível para aluguel no Japão. Essa nova versão traz diversas melhorias em relação à anterior, apresentada em novembro de 2000 como, por exemplo, uma tecnologia de movimento mais flexível que viabiliza seu uso em áreas públicas.

Os avanços introduzidos no ASIMO possibilitam maior liberdade de movimentos, tais como subir e descer escadas e rampas. Além disso, ele pode reconhecer comandos de voz dos clientes.

A tecnologia *i-Walk*, implementada no robô, permite uma maior mobilidade com um controle de movimentos em tempo real em 3-D.

O reconhecimento de voz que anteriormente era feito por um computador externo, agora está embutido no próprio robô.



O ASIMO ainda pode reconhecer a direção de onde vem um comando de voz habilitando-se para virar-se para a pessoa que o comanda e seguir os comandos que ela dá. Com boa capacidade de visão e visibilidade o ASIMO (através de um controlador portátil) pode ser comandado a uma distância de dezenas de metros.

Os leitores podem assistir filmes do ASIMO em ação em: **http://world.honda.com/ASIMO/movies/** ou ter mais pormenores do robô no *site* da Honda em **http://world.honda.com/news/2001/c011112.html**

LED Detecta Substâncias Químicas

Cientistas da Universidade de Buffalo (EUA) implantaram centenas ou possivelmente milhares de sensores químicos em uma pastilha semicondutora de LED. O trabalho desses cientistas foi publicado na revista *Analytical Chemistry* de 1º de março de 2001.

O novo tipo de sensor é baseado em *xerogels,* que são vidros porosos desenvolvidos por um processo sol-gel no qual uma solução especial reage de modo a formar um polímero poroso. O xerogel resultante é um material rígido como o vidro, mas possui uma intrincada rede de nanopóros. O mesmo grupo científico havia desenvolvido uma técnica para aprisionar proteínas nesses xerogels. Inicialmente, Eun Jeong Cho, da UB, conseguiu colocar um desses xerogels de apenas 1/25000 polegada de diâmetro no topo de um *chip* de LED. A idéia é transformar o LED em um sensível detector de substâncias químicas. Segundo os criadores do dispositivo, será possível implantar sensores para dezenas ou milhares de substâncias químicas num LED, obtendo-se assim tanto o sensor quanto o indicador em único invólucro.



Construindo um robô com o LEGO Dacta

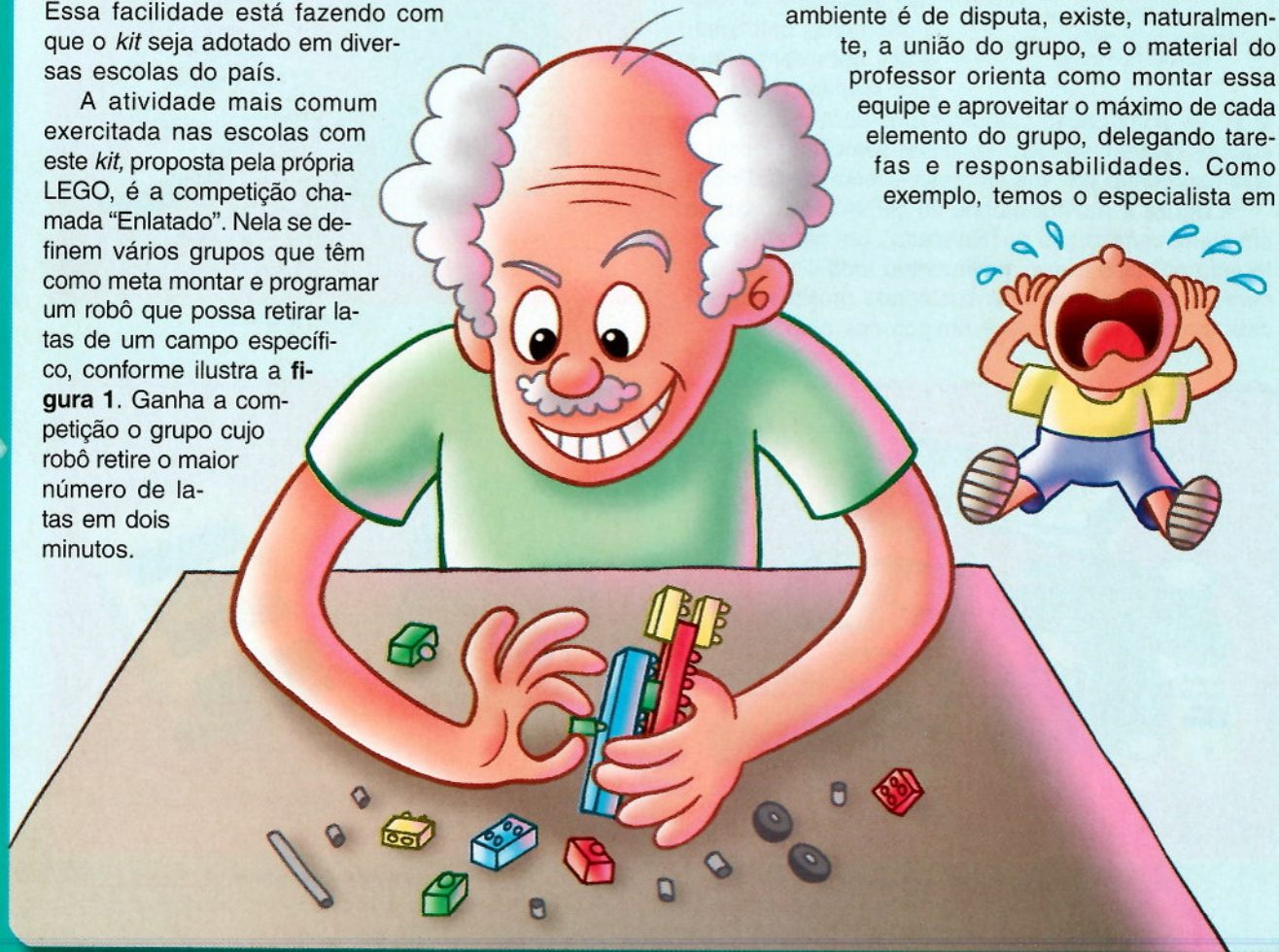
Luiz Henrique Corrêa Bernardes

Competição! Palavra chave para estimular o aprendizado em Mecatrônica e, nesse quesito, o *Kit 9790 Robolab* da LEGO Dacta dá um *show* em termos didáticos e facilidade de uso. O objetivo deste artigo é mostrar como funciona em linhas gerais este *kit,* construindo um robô capaz de detectar um obstáculo através de suas "antenas" e desviar-se do mesmo. O ponto forte deste material é a simplicidade em projetar e desenvolver os programas para controle do robô. Essa facilidade está fazendo com que o *kit* seja adotado em diversas escolas do país.

A atividade mais comum exercitada nas escolas com este *kit,* proposta pela própria LEGO, é a competição chamada "Enlatado". Nela se definem vários grupos que têm como meta montar e programar um robô que possa retirar latas de um campo específico, conforme ilustra a **figura 1**. Ganha a competição o grupo cujo robô retire o maior número de latas em dois minutos.

Um Guia de Atividades chamado "Notas do Professor", inclui informações detalhadas sobre a competição "Enlatado", bem como a descrição e especificação para nove competições (desafios) adicionais.

O interessante no material é que nada vem "pronto", ou seja, tudo está desmontado e os manuais dão apenas sugestões de como fazer alguns tipos de acionamento e de programação. Portanto, a criatividade e a percepção são exigidas ao máximo. Como o ambiente é de disputa, existe, naturalmente, a união do grupo, e o material do professor orienta como montar essa equipe e aproveitar o máximo de cada elemento do grupo, delegando tarefas e responsabilidades. Como exemplo, temos o especialista em



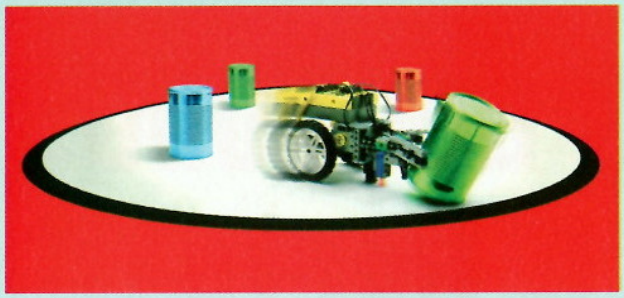


Figura 1 - Competição "Enlatado".

"comunicação", que é o encarregado por promover a equipe e o evento. Essa pessoa terá que utilizar e desenvolver outros conhecimentos, além daqueles que estão relacionados à Mecatrônica.



Figura 2 - Vencedores da competição "Enlatado" do SENAI Sorocaba.

Para os alunos pode ser uma experiência muito gratificante, pois eles vão, de certa forma, gerenciar um projeto complexo do começo ao fim, além de lidar com dificuldades técnicas e de relacionamento com pessoas, sem contar que tudo isso tem uma "pitada" de competição, considerando-se que todas as equipes querem vencer. Qualquer semelhança com a vida real dentro de uma empresa é mera coincidência!

A **figura 2** mostra alunos do SENAI de Sorocaba em plena competição do "Enlatado", um grande evento feito na escola que movimentou todo o corpo discente e docente além da sociedade próxima da escola (parentes, vizinhos e amigos dos alunos).



Figura 3 - O conjunto Desafio em Grupos.

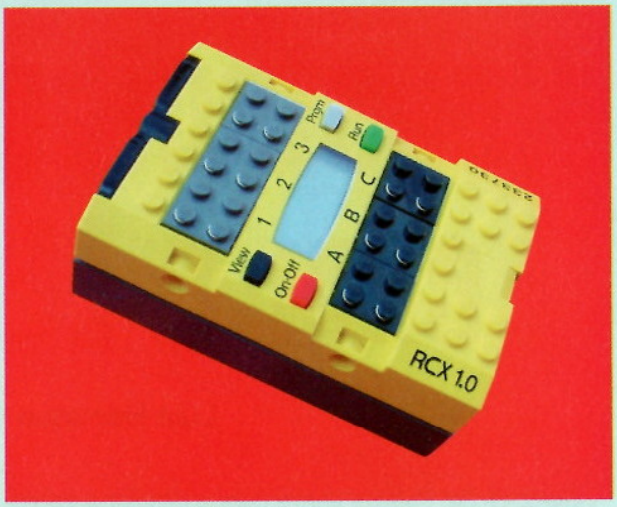


Figura 4 - O tijolo RCX.



Figura 5 - Torre de transmissão.

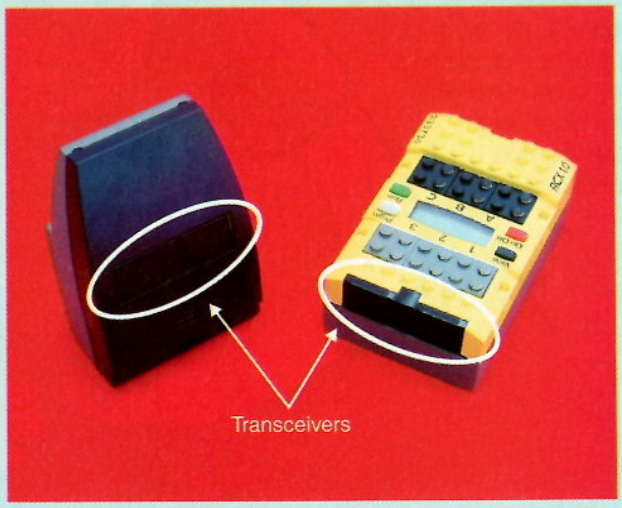


Figura 6 - Os transceivers.

O conjunto Desafio em Grupos é composto por aproximadamente 700 peças **(figura 3)**. A seguir, detalharemos as principais:

A **figura 4** exibe o Tijolo RCX, que é o "cérebro" do sistema. Nele, armazenamos os programas que serão executados. Ele tem os *drivers* de acionamento dos motores, gerencia os sensores e também toca música.

A **figura 5** apresenta a torre de transmissão. Ela é ligada ao PC (ou Macintosh) através de um cabo serial. Os dados são transmitidos e recebidos do Tijolo RCX por meio de luz infravermelha (como nos controle remotos de TV). A **figura 6** ilustra em detalhes onde fica o *transceiver* tanto da Torre como do tijolo RCX.

A **figura 7** detalha os conjuntos de engrenagens disponíveis, com as quais conseguimos até montar um eixo com diferencial **(figura 8)**. Essas engrenagens são facilmente montadas em conjunto com os dois motores disponíveis **(figura 9)**.

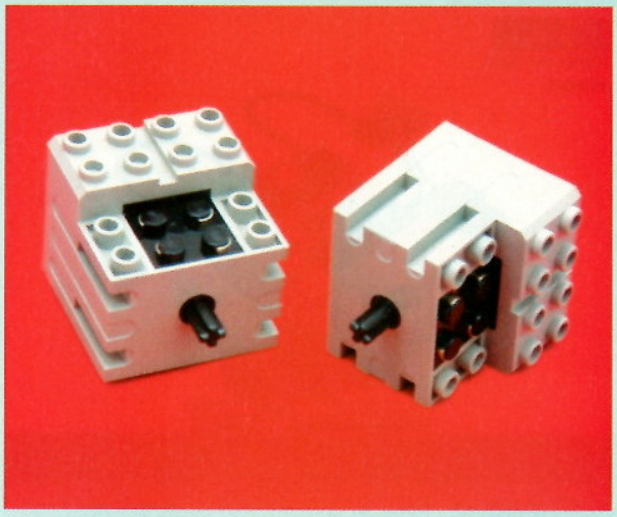


Figura 9 - Motores disponíveis.

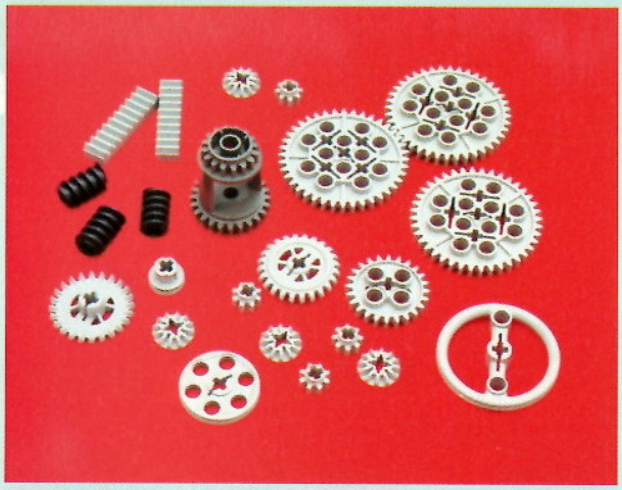


Figura 7 - Conjunto de engrenagens.

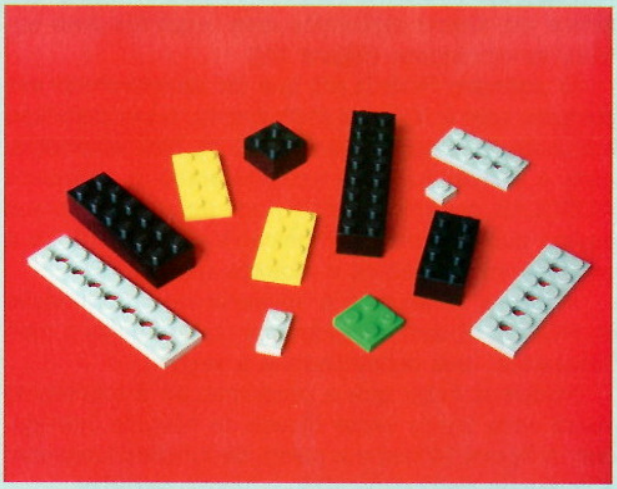


Figura 10 - Tradicionais peças de LEGO.

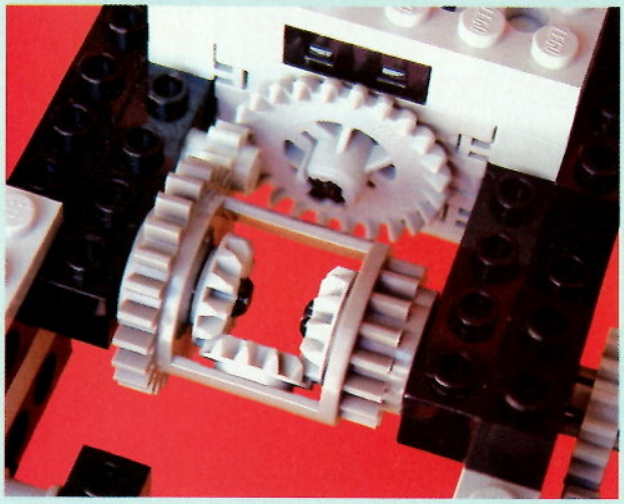


Figura 8 - Eixo diferencial montado com as engrenagens.



Figura 11 - Algumas peças para requintar a montagem.

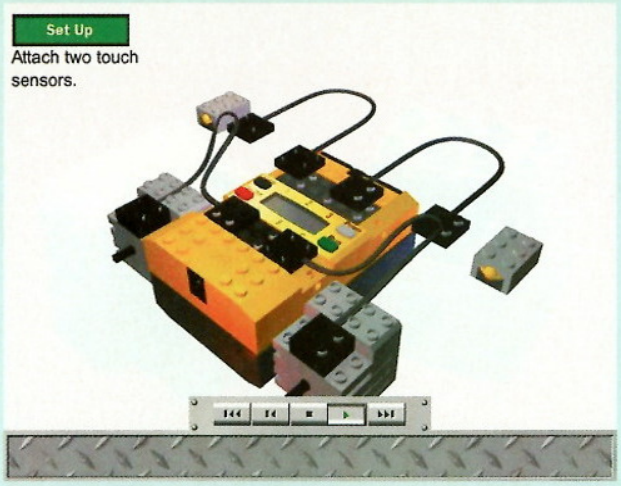


Figura 12 - Filme de apresentação do ROBOLAB.

Além dos tradicionais blocos do LEGO **(figura 10),** temos até alguns elementos com requintes para enfeitar as montagens **(figura 11)**.

O software ROBOLAB que foi desenvolvido em conjunto com a National Instruments, é um poderoso ambiente de programação visual de fácil aprendizagem e utilização. Uma vez instalado o ambiente ROBOLAB, podemos assistir a um pequeno filme que ensina como fazer a comunicação com o RCX e a conexão com sensores e motores **(figura 12)**.

A **figura 13** anuncia o ambiente de programação do ROBOLAB com um programa que gerencia o robô "bate-volta", que construiremos a seguir.

Podemos notar que a programação é totalmente visual onde temos vários blocos de funções interligados. A **figura 14** ilustra a paleta de funções junto com a janela de ajuda explicando a função **reverter**.

A **tabela 1** mostra as funções utilizadas no nosso programa.

Na seqüência, vamos mostrar como construir um robô utilizando este programa.

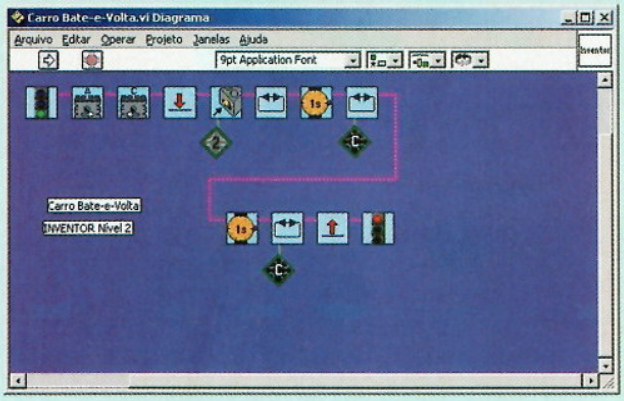


Figura 13 - Ambiente de programação do ROBOLAB.

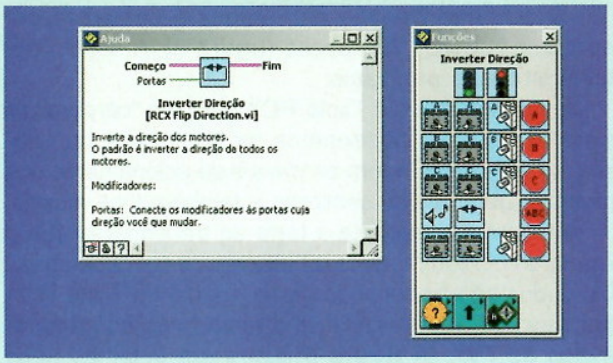


Figura 14 - Paleta de funções junto com a janela de ajuda explicando a função reverter.

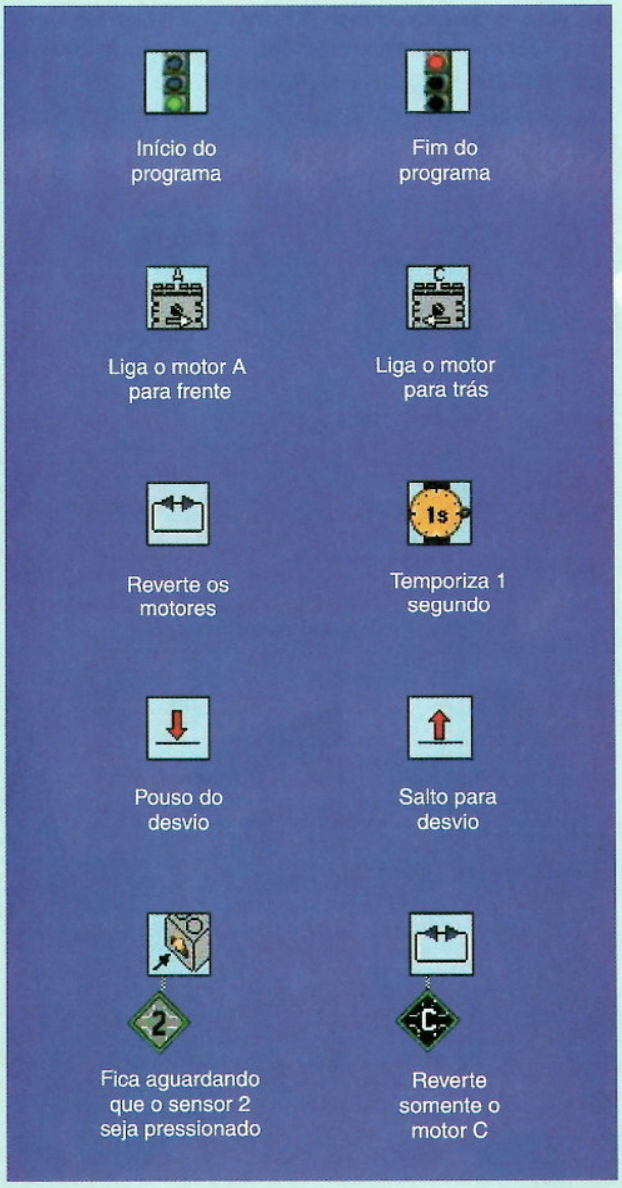
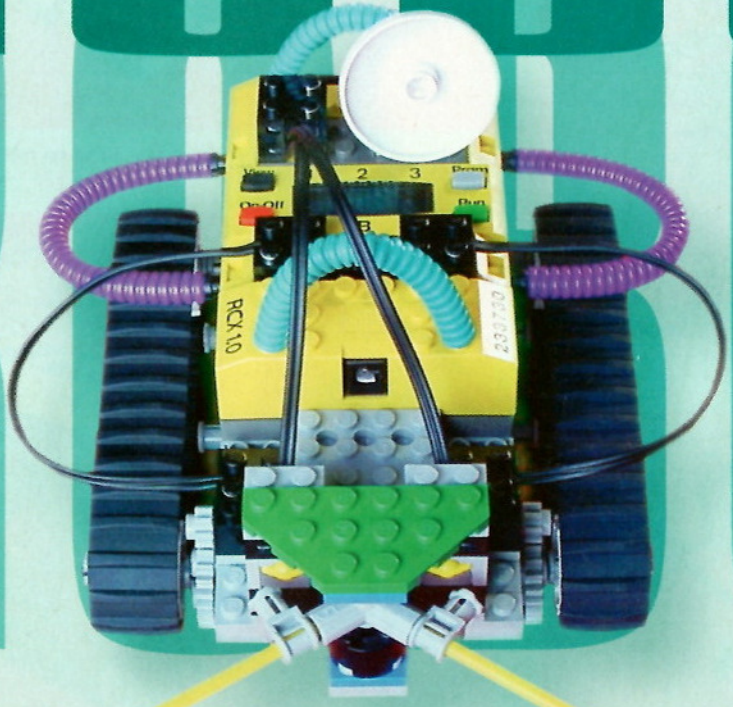


Tabela 1 - Comandos utilizados no programa do robô.

MONTAGEM DO ROBÔ



Quando abrimos a caixa pela primeira vez, ficamos assustados! São muitas peças, mais de 700. Passado o susto, vem a dúvida: como seria o nosso robô? Não tínhamos nenhum projeto de um robô totalmente pronto. Dispunhamos somente do material da Lego que sugere alguns modelos de bases de robôs e seu tipo de acionamento. Após várias discussões e tentativas, chegamos a um consenso: o nosso robô teria esteira e seria do tipo bate-volta, um robô bonito do tipo explorador marciano, fácil de montar e programar, como pode ser observado na nesta página. Então, mãos à obra!

Comece a montar um conjunto de tração de uma esteira com as peças exibidas na **figura 15,** observe que próximo de uma das rodas temos uma engrenagem que irá se acoplar ao motor mais adiante. Monte dois conjuntos simétricos. Em seguida, construa uma base com os motores e engrenagens de tração. A **figura 16** ilustra as peças utilizadas. Agora chegou a hora de juntar as duas partes de tração com os motores, veja a seqüência nas **figuras 17 e 18.**

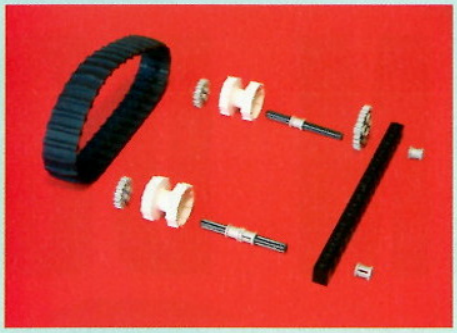


Figura 15 - Peças para a montagem de um conjunto de tração de uma esteira.

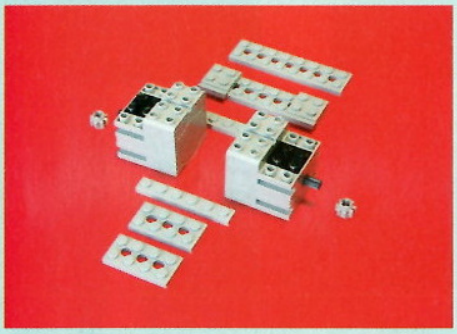


Figura 16 - Peças para a montagem dos motores.

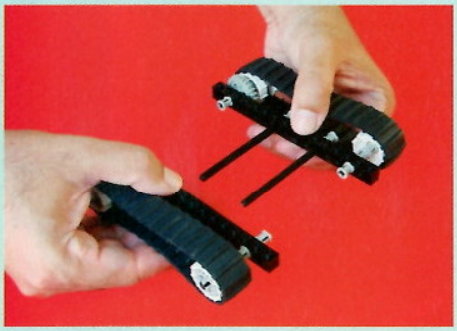


Figura 17 - Encaixando os dois conjuntos de tração.

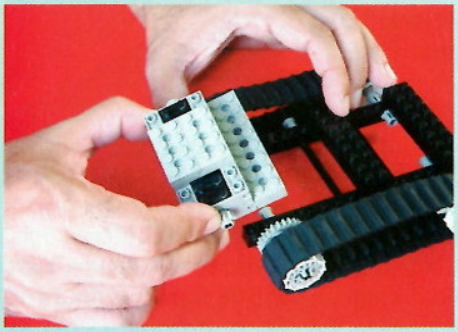


Figura 18 - Montando os motores na base de tração.

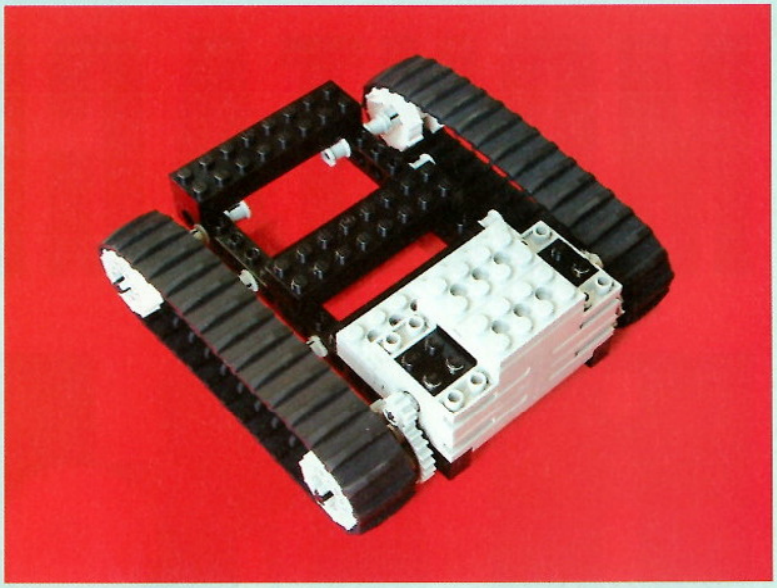


Figura 19 - Base do robô.

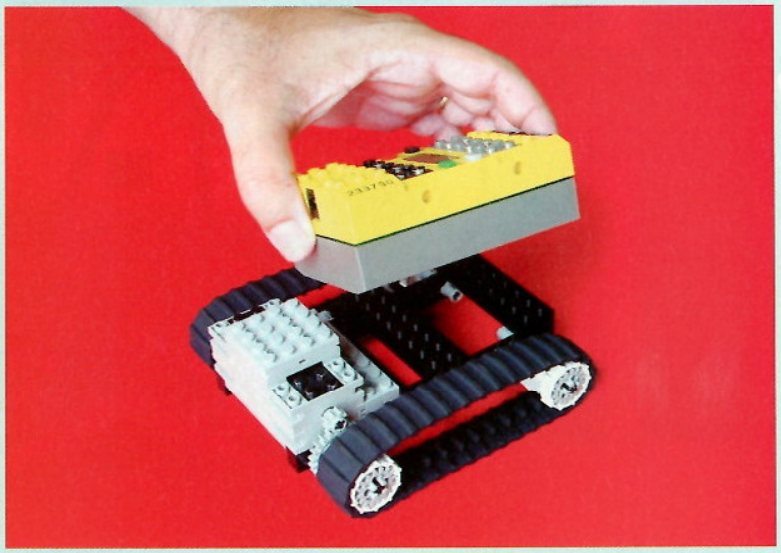


Figura 20 - Colocando o tijolo RCX na base do robô.

Pronto, já temos uma base montada **(figura 19)**, nela iremos colocar o tijolo RCX com o sensor de infravermelho virado para a traseira do robô (a frente é onde estão os motores), veja detalhe na **figura 20.**

A **figura 21** ilustra a colocação de um suporte que irá fixar o conjunto de antenas do robô cujas peças são mostradas na **figura 23**. Isso feito, vamos ligar os motores ao tijolo RCX **(figura 22)** e colocar os sensores de microchave **(figura 24)**.

Agora podemos colocar o conjunto das antenas em seu lugar, conforme mostra a **figura 25**. Feito isso, vamos fazer as ligações entre o tijolo RCX e os sensores conforme **figuras 26 e 27**. Para finalizar a montagem mecânica, colocamos a base superior do suporte das antenas ilustrado na **figura 28**.

Temos o robô pronto, mas para deixá-lo mais bonito e cibernético, colocamos alguns detalhes para enfeitá-lo como as mangueiras **(figura 29)** e uma antena parabólica **(figura 30).**

Para dar inteligência ao nosso robô usamos o programa já ilustrado na **figura 13**, que teve o seu funcionamento descrito anteriormente, fazendo com que o nosso robô ande para frente e, quando bater em um obstáculo, volte para trás, vire para esquerda e recomece a andar para frente.

Para transferir o programa ao robô, conecte a torre de infravermelho no PC e posicione-a de frente ao sensor de infravermelho do tijolo RCX **(figura 31)** utilizando o ambiente de programação do Robolab no PC.

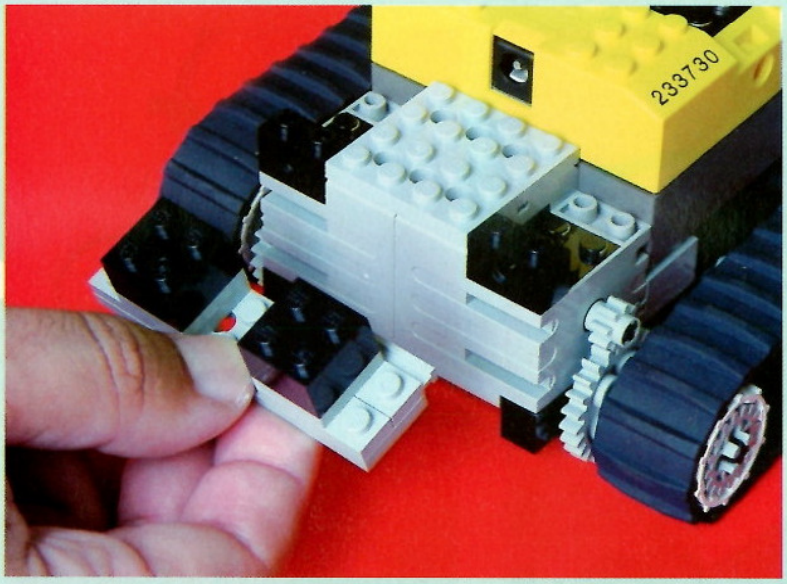


Figura 21 - Colocando a base para o conjunto de antenas.

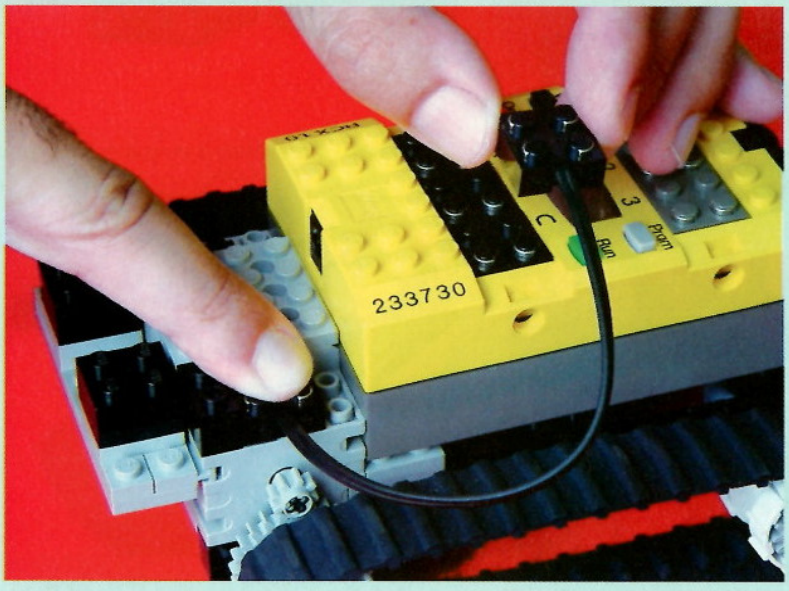


Figura 22 - Ligando o motor ao tijolo RCX.

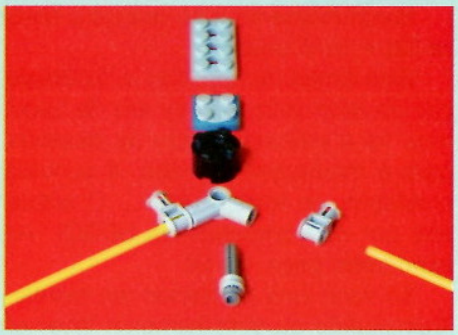


Figura 23 - Peças para a montagem das antenas.

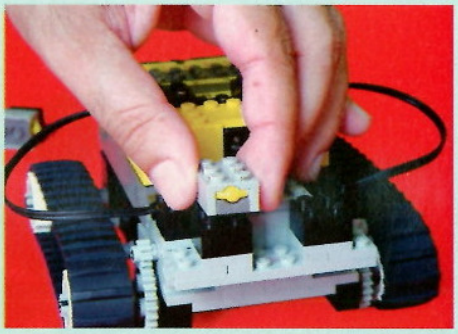


Figura 24 - Fixando o sensor.

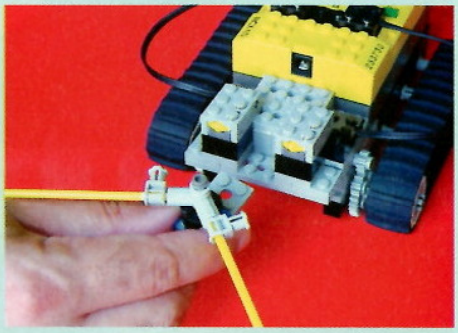


Figura 25 - Colocando o conjunto de antenas.

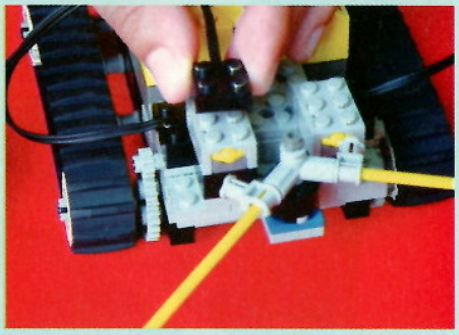


Figura 26 - Fixando o fio ao sensor.

Neste momento é só colocar o nosso robô no modo "Run" **(figura 32)** e vê-lo andar!

Este artigo demonstrou a facilidade de montagem e programação do robô utilizando os *kits* da Lego Dacta. O que ele não mostrou, foi a interação entre as pessoas no laboratório da Redação para a montagem do robô. A curiosidade, as idéias surgidas, os protótipos, os testes, enfim... O ambiente ficou altamente contagiado por esta proposta da LEGO! Acreditamos ser essa a mais importante peça do *kit*.

Se você está pensando em montar um laboratório de Robótica, Treinamento ou simplesmente fazer experiências, os conjuntos da LEGO Dacta podem ser uma excelente escolha. No Brasil, você poderá encontrá-los na Edacom (**www.edacom.com.br**).

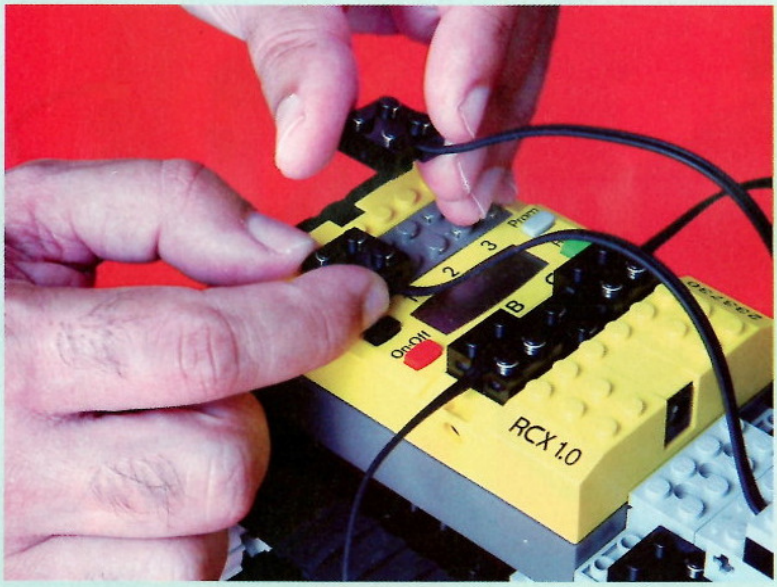


Figura 27 - Ligando os sensores ao tijolo RCX.

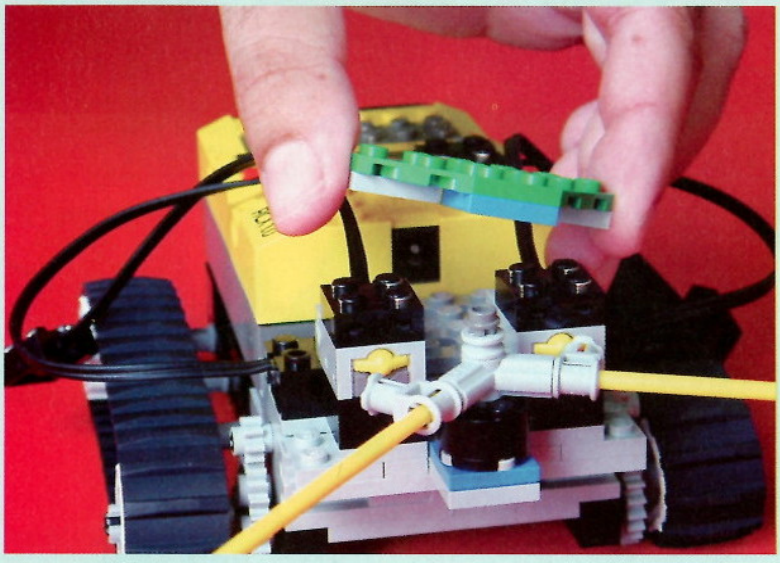


Figura 28 - Base superior do suporte das antenas.

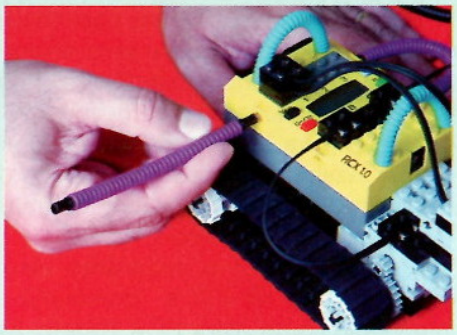


Figura 29 - Colocando as mangueiras.

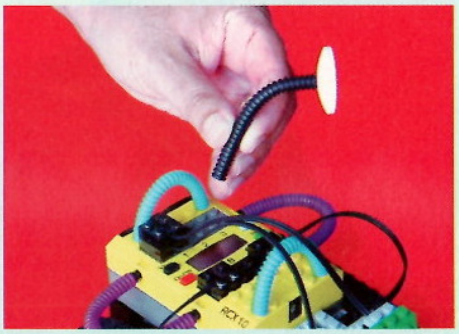


Figura 30 - Fixando a "antena parabólica"

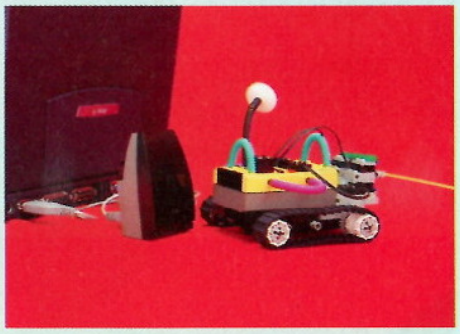


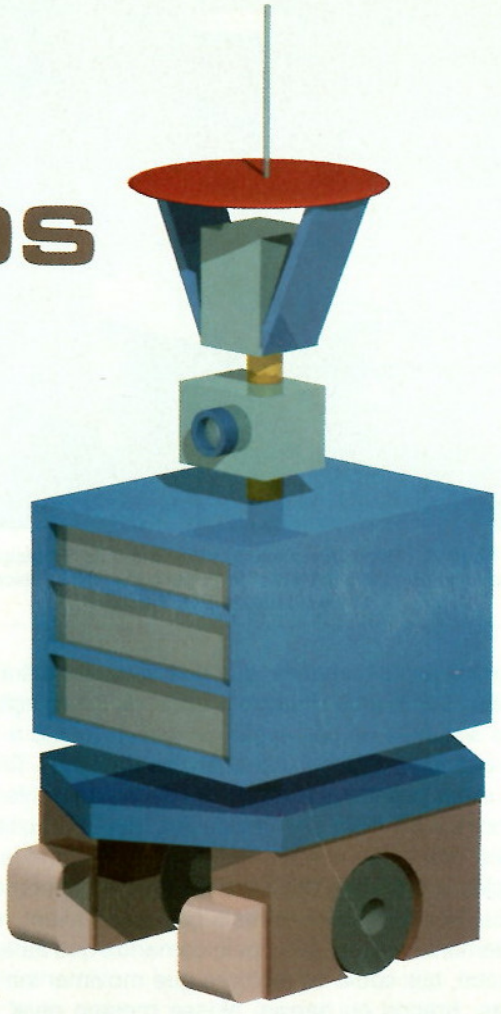
Figura 31 - Transferindo o programa para o robô



Figura 32 - Para rodar o programa, basta apertar a tecla "Run".

ROBÔ MOVÉIS AUTÔNOMOS

ETTORE BARROS



Imagine robôs com meios próprios de locomoção, sensores e computação embarcados, que são projetados para realizar suas tarefas dispensando a intervenção ou supervisão humana, e sem que tais tarefas estejam explicitamente programadas. Eles podem ser terrestres (bípedes, quadrúpedes, sobre rodas, esteiras, etc.), aquáticos, anfíbios ou aéreos.

O começo do desenvolvimento desses robôs foi marcado por interesses predominantemente acadêmicos. De fato, robôs autônomos se constituem na área mais desafiadora da pesquisa em inteligência artificial.

Embora a maioria dos robôs autônomos ainda esteja em Universidades, como no caso do robô desenvolvido pelo Grupo de Percepção Avançada da USP (***figura 1***) , começam a aparecer exemplos de robôs que executam serviços em substituição ou no auxílio aos seres humanos. Tais são os casos de robôs que já são empregados pelas indústrias aeroespacial, militar e oceânica, por exemplo, e que serão comentados adiante. Para estudantes de Computação e de algumas áreas da Engenharia, a pesquisa e desenvolvimento de robôs autônomos serve como uma excelente oportunidade de familiarização e capacitação em Mecatrônica, pois envolve o conhecimento e a integração de diversos sistemas mecânicos, eletrônicos e computacionais.

O COMEÇO

Na década de setenta, a pesquisa em inteligência artificial estava se estabelecendo em alguns centros acadêmicos e era influenciada pela Psicologia e Lógica Matemática. Desenvolvido pela Universidade de Stanford, nos Estados Unidos, o robô *Shakey* foi um notável representante dessa primeira fase. Locomovia-se sobre rodas e possuía um sistema de percepção de obstáculos constituído por um conjunto de sonares. Embora incluísse alguma eletrônica embarcada, o seu "cérebro" era constituído por um computador de grande porte que mandava comandos ao robô através de ondas de rádio. Algumas de suas ações (como o movimento de objetos, por exemplo) eram planejadas por um programa baseado em métodos de demonstração de teoremas de lógica matemática. Ou seja, dado um objetivo para o robô, este procurava uma seqüência de ações a partir de uma situação conhecida, que funcionavam como passos na demonstração lógica de que tal objetivo era atingível. Essa forma de raciocínio utilizando símbolos abstratos, é o que chamamos de **deliberação**.

Os programas que controlavam robôs dessa geração tinham uma característica hierárquica, onde os níveis superiores eram inspirados pelo raciocínio abs-

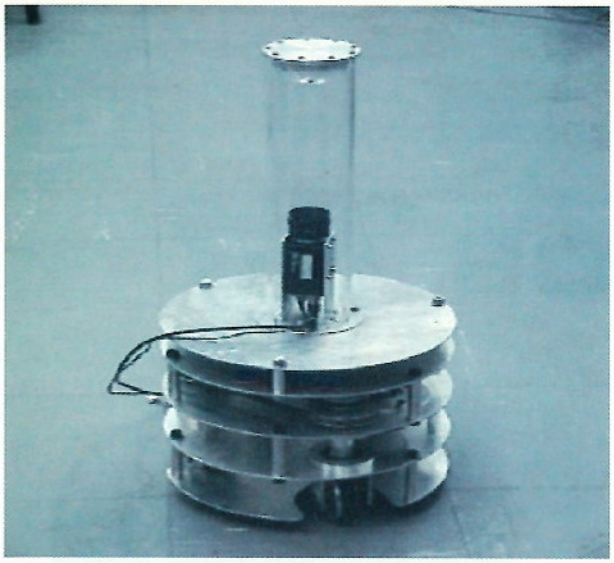


Figura 1 - Robô Desenvolvido pelo Grupo de Percepção Avançada do Departamento de Engenharia Mecatrônica da Universidade de São Paulo.

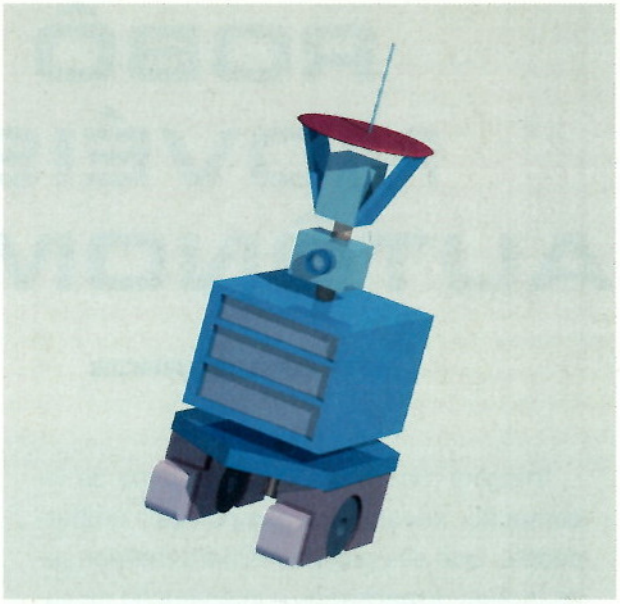


Figura 2 - Shakey, um representante da primeira geração.

trato dos seres humanos, que busca avaliar e tirar conclusões sobre uma situação a partir da informação que seus sistemas de percepção propiciam (como a visão, por exemplo), e planejar seqüências de ações. Tais planos eram passados a níveis imediatamente inferiores, responsáveis pela sua execução, que traduziam as ações propostas numa combinação de tarefas mais simples e próximas dos sistemas que movimentam os robôs. Por fim, no nível mais básico estavam rotinas diretamente responsáveis pelo comando dos atuadores do robô, tais como os motores que movimentam suas rodas, braços ou garras. Nesse mesmo nível estão as rotinas responsáveis pela aquisição dos sinais produzidos pelo sistema de percepção. Esses sinais eram processados e transformados em informações com um maior grau de abstração (por exemplo: um mapa com a representação geométrica de objetos, ou a descrição simbólica de uma situação, tal como "o objeto *x* está sobre a mesa *y*"). Cria-se assim um **modelo** do ambiente ou situação na qual o robô está inserido. Com base em avaliações sobre este modelo, o sistema de controle irá construir seus planos. Com isto, fecha-se o ciclo entre **percepção** e **ação** dentro da arquitetura de controle. Na figura 2 é ilustrada uma representação de um robô de 1ª geração.

A SEGUNDA GERAÇÃO

Uma geração posterior de robôs foi influenciada pelos campos da biologia, neurologia, estudos dos comportamentos humano, animal e suas relações com o ambiente. O projeto dos sistemas do robô enfatizava a relação direta entre estímulo (percepção do ambiente externo pelos sensores do robô) e resposta (ações do robô). Sendo assim, os programas executados eram, em geral, mais simples, procurando representar os comportamentos que se desejava que o robô apresentasse. Um exemplo desse tipo de abordagem é a arquitetura de controle por camadas representada na ***figura 3*** (proposta por R. Brooks, do MIT). Nela, cada camada representa um comportamento. Todos os comportamentos são produzidos pelas camadas ao mesmo tempo, e a ação resultante do robô é definida por um mecanismo de escolha ou combinação das ações propostas por tais comportamentos. Assim, cada camada executa um programa que relaciona diretamente o sinal sensorial (por exemplo, a leitura de um sonar detetor de obstáculos) com uma resposta (produzida, por exemplo, por um motor que pode interromper o movimento do robô ou outro que o desvia do seu rumo atual). O programa executado na camada não leva em consideração a existência de outras camadas.

Mecanismos de arbitragem entre os comandos sugeridos pelas camadas podem ser, por exemplo, a supressão ou inibição por um intervalo de tempo, do comando de uma camada por aquela imediatamente superior. Ou seja, constróem-se camadas com níveis de prioridade gradativos, onde as respostas podem ser suprimidas (perde-se completamente o comando que vem daquela camada) ou inibidas (o sinal de comando sofre um atraso) sem que isso interfira na execução de nenhum processamento interno às camadas. Na implementação desse tipo de arquitetura de controle tem-se, em geral, um sensor cujo sinal funciona como estímulo para uma ou mais camadas, e uma unidade de processamento (PC, microcontrolador, ou simples-



Figura 3 - Exemplo de uma arquitetura dividida em camadas representando comportamentos. Os círculos representam os mecanismos de escolha entre os comportamentos.

mente portas lógicas) para cada camada que produz os comandos para os atuadores do robô. Os mecanismos de supressão e inibição podem ser implementados por circuitos eletrônicos simples. Nesse tipo de abordagem procura-se evitar mapas geométricos do ambiente e sistemas de planejamento, que são característicos da primeira geração. Nos robôs tradicionais busca-se processar e combinar os sinais de vários sensores ("fusão sensorial") para a construção de um modelo (por exemplo, um mapa) do ambiente. Nessa abordagem da segunda geração, procura-se fundir os **comportamentos** do robô. O processamento interno foi simplificado, dessa maneira. Defensores dessa corrente alegam que a sofisticação do robô autônomo deve "emergir" da interação do mesmo com o ambiente, e não de programas de modelagem e planejamento complexos, ou de sofisticados e imensos bancos de dados, implementados em suas unidades de processamento.Na figura 4 é mostrado um exemplo de robô de 2ª geração.

ARQUITETURAS DE CONTROLE HÍBRIDAS

Arquiteturas de 3 Camadas

Arquiteturas de controle mais recentes procuram mesclar as características de reatividade dos robôs

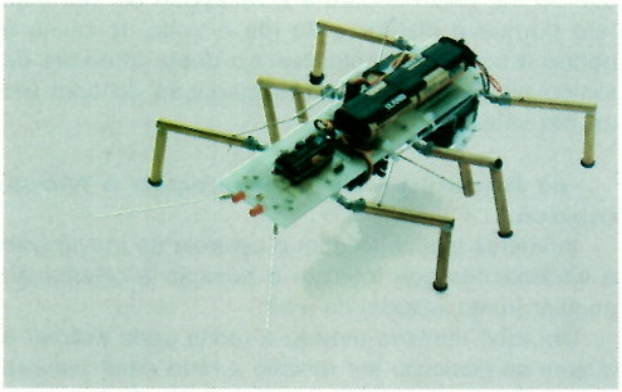


Figura 4 - Robô representante da segunda geração.

da segunda geração com aspectos de planejamento e modelos internos do ambiente, que são comuns aos sistemas clássicos mencionados anteriormente.

Há várias abordagens. Uma forma de implementar tal mescla, que ganhou destaque recentemente, divide a arquitetura em 3 camadas distintas, relacionadas hierarquicamente, onde a camada superior é do tipo deliberativa ("camada de planejamento"), a inferior é do tipo reativa ("controlador") e uma camada intermediária é responsável pela execução de planos em termos de seqüências de comportamentos ("executor"). Os programas que executam os processos que constituem tais camadas são rodados simultaneamente. Pode-se notar que o elemento que se destaca como diferencial em relação às outras abordagens é o "executor". Ele seleciona comportamentos primitivos que o controlador deve usar num dado instante, baseado nas situações que ocorrem durante a execução da missão.

COMPONENTES PRINCIPAIS DE ROBÔS AUTÔNOMOS

Podemos mencionar 3 componentes principais de um robô móvel com ambições à autonomia: o sistema sensorial, as unidades de processamento de informações e os atuadores. Naturalmente, outros elementos como os de interface entre atuadores ou sensores e sistema de processamento, além do sistema de comunicação com o usuário, fazem parte também da maioria dos projetos.

Sensores

Podemos classificar os sensores de acordo com o seu uso no monitoramento de estados internos, na percepção do ambiente externo e na posição e orientação do robô. Os exemplos tratados a seguir correspondem a sensores comumente utilizados na maioria das implementações de robôs móveis desenvolvidas em laboratórios acadêmicos, ou mesmo naquelas originárias do trabalho de *hobistas*. Robôs voltados a missões especiais (como aqueles usados na detecção de minas terrestres, por exemplo) podem empregar outros sensores mais especializados, que não fazem parte do escopo deste trabalho.

- Monitoramento de Variáveis Internas

Há três variáveis internas comumente monitoradas: o nível de carga de baterias, a corrente de acionamento dos motores e a temperatura interna.

Medindo-se a voltagem de baterias, a unidade de processamento pode decidir pelo retorno do robô a um posto de recarga, a interrupção de uma missão ou a seleção de tarefas de acordo com a demanda

de energia correspondente. São simples os sensores e circuitos de interfaceamento para informar a voltagem das baterias, geralmente constituídos por pastilhas de circuitos integrados.

Sensores das correntes elétricas absorvidas por motores do robô podem informar indiretamente a respeito de deficiências nos seus atuadores, sua sobrecarga ou mesmo sobre a ocorrência de colisão com obstáculos. Nesta última situação, os motores de um robô terrestre tentam movimentar em vão suas rodas, bloqueadas pelo contato com o obstáculo, o que ocasiona um aumento da corrente.

O monitoramento da temperatura de certos componentes, em geral, é necessário para o bom andamento da missão. Conseqüências funestas à operação do robô podem ocorrer caso circuitos eletrônicos apresentem temperatura além da normal (danificação da unidade de processamento, por exemplo), diminuição da vida útil de motores elétricos e danos às baterias.

a) Sensores Componentes do Sistema de Percepção do Robô.

A relação entre o robô e o ambiente que o circunda começa com a aquisição de sinais sensoriais específicos. A informação dos sensores em si não é muito útil (em geral, tem-se somente valores de tensão elétrica variando num canal ou outro do sistema de aquisição). Detalhes a respeito da proximidade e orientação de um obstáculo, da presença de um ser humano, parede ou corredor, ou sobre a luminosidade de um recinto, por exemplo, dependem de processamentos posteriores. Ou seja, os níveis de abstração presentes na percepção serão obtidos através do tratamento e combinação dos sinais dos diversos sensores pelos programas executados nas unidades de processamento, geralmente embarcadas no robô.

Serão mencionados a seguir alguns dos sensores mais comuns de robôs móveis com base na natureza física dos sinais utilizados na percepção do ambiente.

b) Sensores Luminosos.

Sensores desta classe medem sinais luminosos de comprimentos de onda entre a luz visível e a radiação infravermelha. São utilizados geralmente na percepção de obstáculos, de seres humanos, de trilhas que o robô deve seguir durante o seu movimento, cenas ou objetos específicos.

Sensores de fácil aquisição incluem as células fotoelétricas, fototransistores e fotodiodos. Os primeiros constituem resistências variáveis, como se fossem potenciômetros. A diferença está na variação da resistência com a intensidade luminosa, e não com o deslocamento mecânico de um cursor. Foto-transistores possuem uma maior sensibilidade luminosa que os foto-resistores, assim como os foto-diodos. Estes últimos respondem rapidamente a mudanças na iluminação, sendo por isso utilizados na detecção de ondas luminosas moduladas (utilizadas, por exemplo, nos dispositivos de controle remoto das TVs), o que reduz a influência de ruídos. Um outro tipo de sensor luminoso, que pode ser utilizado na percepção de seres humanos, por captar comprimentos de onda infravermelha maiores, é o piroelétrico. Devido a essa característica, ele é um sensor popularmente utilizado em sistemas de alarme.

Diferentemente dos sensores anteriores, os sistemas baseados em *radiação laser* podem ser empregados para a determinação de distâncias entre o robô e objetos. O raio luminoso focado no caminho entre emissor e detetor é refletido pelo obstáculo. Através dos ângulos de emissão e incidência dos raios e da distância entre emissor e detector, pode-se determinar a distância do sensor ao obstáculo. Adicionando-se um mecanismo para a variação da direção de incidência do *laser*, pode-se inclusive obter um sistema de escaneamento de objetos em 3 dimensões.

As câmeras de vídeo constituem sensores luminosos mais complexos, onde a distinção entre níveis de luminosidade e tonalidade permite a aquisição de uma imagem. Na aquisição de imagens, seu tratamento e reconhecimento de padrões de interesse numa cena (como, por exemplo, no reconhecimento de um objeto) necessitam de um esforço computacional bem maior por parte da unidade de processamento, quando comparado ao caso dos sensores mencionados anteriormente. Ou seja, a visão robótica é formada pela união entre a conversão ótico-elétrica e o processamento de imagens.

c) Sensor de Contato com Obstáculos (Sonar).

Com este tipo de sensor, a distância ao obstáculo é dada indiretamente pelo tempo entre a emissão de um pulso sonoro e a recepção de seu eco. Isto porque a distância de ida e volta do pulso é obtida através da multiplicação deste intervalo de tempo pela velocidade de propagação do som (no ar, ela vale 340 m/s).

d) Sensores de Orientação e Movimento.

Inúmeras tarefas exigem o controle do movimento e informações que indicam a posição e orientação angular (rumo, atitude) do robô.

Um robô terrestre movido a rodas pode estimar o quanto se deslocou em relação a uma dada posição de referência, através de um sensor de deslocamento angular. Este seria acoplado ao eixo das rodas,

proporcionando a informação do número de revoluções, executadas durante o movimento. É o que acontece com o **odômetro** presente nos automóveis. Conhecendo-se o diâmetro das mesmas e desprezando-se o escorregamento, pode-se determinar o deslocamento do robô. Um sensor geralmente utilizado para esse fim é o *encoder*.

O sensor mais utilizado para se determinar a velocidade angular de um veículo é o **giroscópio**. Giroscópios convencionais possuem uma peça girante (alta velocidade), o **rotor**, que pelo "Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento Angular", da Física, tende a apontar para a mesma direção, independentemente do movimento do veículo onde está baseado. O deslocamento relativo entre a estrutura de apoio (presa ao veículo) e o rotor gera sinais elétricos proporcionais à velocidade angular do veículo.

Um sensor que fornece diretamente a informação do rumo do veículo, ou seja, a direção do seu movimento no plano da superfície terrestre, é a **bússola**. Este sensor utiliza como referência a direção do campo magnético terrestre. Deve, portanto, ser isolado de objetos que gerem campos magnéticos de forma a interferir nas medidas.

Deslocamentos angulares em relação à direção "vertical" (do campo gravitacional terrestre) podem ser medidos através de **inclinômetros**. Inclinômetros comuns baseiam-se num pequeno volume de mercúrio entre um eletrodo central e dois externos. Conforme o sensor se inclina, e o contato entre os eletrodos é fechado pelo líquido, a quantidade de corrente que circula entre um eletrodo externo e o eletrodo central é determinada pelo nível de imersão do eletrodo externo.

Para se medir acelerações lineares do veículo, os sensores utilizados podem ser baseados no efeito piezo-elétrico, *strain-gauges*, ou na tecnologia do estado sólido (MEMS). Os mais tradicionais **acelerômetros**, utilizados em sistemas de navegação, são os servo-acelerômetros pendulares. Nestes, a massa pendular varia seu ângulo de inclinação em relação à vertical conforme o veículo sofre alguma aceleração. O valor do ângulo fornece uma informação indireta da aceleração do corpo.

SUPORTE COMPUTACIONAL

O hardware computacional utilizado na implementação tem importância fundamental no desempenho que se espera da arquitetura de controle de um robô móvel autônomo. Da mesma forma, pode-se mencionar o suporte em termos de software, aqui entendido como o sistema operacional a ser utilizado nas unidades de processamento embarcadas.

Nos robôs encontrados atualmente, verifica-se desde as mais simples plataformas, como microcontroladores, passando por simples *lap-tops*, ou sistemas baseados num PC industrial, até sistemas mais sofisticados como aqueles multiprocessados com várias unidades de processamento unidas através de barramentos ou redes locais de processadores. Comentaremos aqueles que, provavelmente, são menos familiares ao leitor.

Arquiteturas de controle dos primeiros robôs móveis eram baseadas em computadores de grande porte, "main-frames", cujos comandos eram enviados através de ondas de rádio. O surgimento de estações de trabalho diminuiu o tamanho da unidade de processamento responsável pelo controle do robô, ainda que demasiadamente grande para ser uma unidade embarcada. O robô "Navlab", um pequeno caminhão autônomo desenvolvido pela Universidade Carnegie Melon, nos E.U.A, utilizou uma estação de trabalho para o seu controle. Placas com processadores da linha 68000, de 32 bits, da Motorola já foram utilizadas em vários robôs móveis, e ainda são. Do mesmo fabricante, foi popular nas implementações de robôs móveis o uso do barramento "VME". Como todo barramento, este componente do sistema computacional transporta dados, endereços e comandos entre os demais dispositivos de hardware (CPUs, placas de entrada/saída, etc.). No entanto, ele proporciona suporte ao multiprocessamento, ou seja mais de uma CPU pode estar presente no sistema computacional, conectada ao barramento. Pode-se mencionar as seguintes vantagens de um sistema de multiprocessadores: tolerância a falhas (o mau funcionamento de uma CPU não coloca em risco todo o sistema), fácil extensão do número de CPUs, e aumento da eficiência do sistema computacional a custos menores do que a adição de mais computadores. Leva-se em conta, nas vantagens mencionadas, que o sistema deva operar em tempo real (tarefas devem ser executadas dentro de limites máximos de tempo). Outro barramento voltado ao multiprocessamento e também presente no projeto da arquitetura de controles de robôs é o STD-32. Estes barramentos são voltados ao uso industrial e foram aproveitados pelos projetos de robôs móveis.

ATUADORES

Os atuadores são responsáveis pela transformação dos comandos gerados nas unidades de processamento em movimentos do robô. A grande maioria das implementações conta com motores elétricos associados a algum sistema de transmissão convencional (engrenagens, alavancas, correias, etc.). Alguns casos, porém, utilizam atuadores hidráulicos, pneumáticos, ligas com memória de forma e outros atuadores flexíveis. A escolha dos atuadores

é função do tipo de movimento, condições e ambiente de operação, precisão requerida e custos de implementação envolvidos. Uma análise mais detalhada dos atuadores à luz dos critérios mencionados será objeto de outros artigos mais específicos.

ROBÔS PARA MISSÕES ESPECIAIS

Mencionaremos nessa seção aqueles exemplos de robôs móveis, encontrados hoje em dia, que são diferentes dos robôs de laboratório e também dos robôs industriais (tais como robôs manipuladores ou robôs sobre rodas que transportam peças por caminhos pré-determinados). Eles estão no meio do caminho entre robôs industriais e os robôs humanóides, realizando tarefas que geralmente requerem a sua mobilidade entre vários locais, a interação com pessoas e graus varáveis de autonomia.

Na agricultura, temos exemplos tais como os robôs apanhadores de frutas. Robôs domésticos podem ser encontrados no caso de aspiradores de pó autônomos e cortadores de grama. Em escritórios, temos os casos de robôs para a entrega de correspondência e recolhimento de lixo. Há robôs escaladores de paredes e que executam a sua pintura e a limpeza de janelas.

Ainda que sua atuação seja relativa a movimentos muito limitados para serem considerados robôs móveis, vale a pena mencionar a aplicação de robôs com um certo grau de autonomia no campo da medicina, tais como os robôs que participam de cirurgias. Além dos manipuladores robóticos, que funcionam reproduzindo os movimentos do cirurgião (sistema "mestre-escravo"), há também assistentes de cirurgia, por exemplo, que manipulam endoscópios (sistemas com iluminação e câmeras, infiltrado no paciente para auxiliar a cirurgia) ao comando de voz do cirurgião. Esse último caso é mais próximo de um exemplo de robô autônomo, pois programas de reconhecimento e comando por voz podem utilizar técnicas de inteligência artificial para movimentar o endoscópio, deixando livres as mãos do cirurgião para outras atividades. As aplicações da robótica em cirurgias tem possibilitado a utilização de técnicas minimamente invasivas, o que facilita o pós-operatório, diminui risco de infecções, perda de sangue e cicatrizes, entre outras vantagens.

Robôs aéreos, atualmente, possuem suas maiores aplicações no meio militar. Tiveram participação recentemente nas guerras do Golfo Pérsico, Bósnia, Kosovo e Afeganistão. Israel é o país de mais longa utilização desses veículos não-tripulados, também conhecidos como UAVs (*Unmanned Aerial Vehicles*). Podem funcionar em ações não ofensivas ou para o combate direto. No primeiro caso, os UAVs são utilizados no reconhecimento e varredura de informações para o suporte de decisões políticas, localização de alvos, busca e resgate, comunicação e interferência na

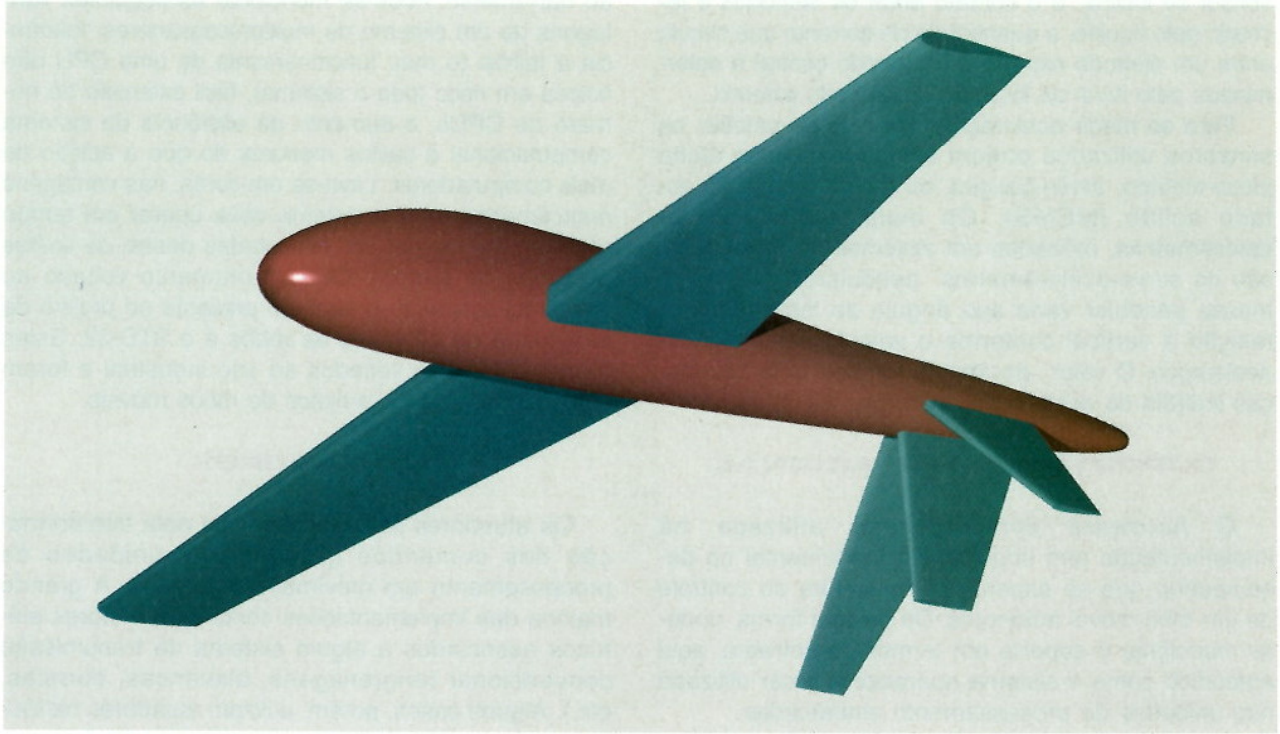


Figura 5 - Representação do Veículo Aéreo não tripulado "Predator".

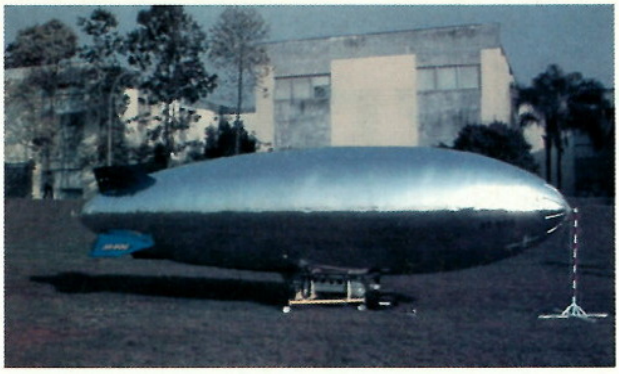


Figura 6 - Dirigível robótico autônomo para aplicações de monitoramento ambiental desenvolvido pelo Centro de Pesquisas Renato Archer, Campinas, SP.

comunicação inimiga, coleta de dados climatológicos, detecção de elementos químicos, biológicos e nucleares, etc. No caso de combate direto, os veículos têm maiores dimensões, ou seja, as de aviões militares. Nos dois casos, o grau de autonomia do robô é limitado, particularmente no caso dos veículos de combate, onde a supervisão e comando humanos são considerados imprescindíveis durante a missão. A utilização de veículos não tripulados é atrativa por poupar a vida de soldados, aumentar a precisão de operações e representar, em alguns casos, uma economia significativa de custos. Numa comparação, por exemplo, entre os custos envolvidos em frotas de 24 aviões F-16 e do UAV F A/C americano, tem-se um total de 50,4 milhões de dólares confrontado com um montante de 5,95 milhões de dólares para o veículo não tripulado. Em todos os itens de composição de custos, tem-se a vantagem do F A/C, mas, particularmente no custo de pessoal e manutenção, as vantagens são grandes.

Veículos aéreos também encontram aplicações civis. Pode-se citar o seu uso no suporte do combate

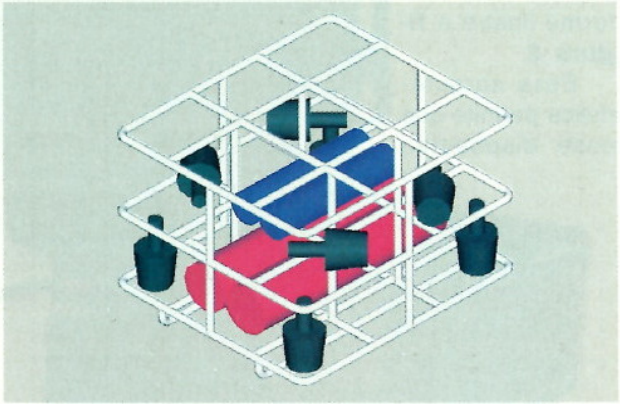


Figura 7 - Robô submarino, desenvolvido no Departamento de Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecânicos da USP, voltado ao suporte de operações petrolíferas.

às drogas, no auxílio de operações policiais como a perseguição de criminosos, ou no monitoramento de suas atividades no caso da presença de reféns, assistência à procura de sobreviventes após desastres como terromotos, monitoramento de florestas e plantações (***figura 6***), etc.

Robôs autônomos também têm sido utilizados no meio espacial. Um robô movido a rodas foi projetado para transitar sobre o solo lunar pela Universidade de Carnegie Mellon (E.U.A.). A idéia é que ele possa ser guiado por turistas que o comandariam por sinais via satélite enviados da Terra. O veículo possui autonomia suficiente para negligenciar o comando de "maus motoristas". Outro veículo autônomo sobre rodas foi projetado pelo Laboratório de Propulsão a Jato da Caltech (E.U.A.). para uma missão em Marte, onde colheu informações sobre o solo e rochas do planeta.

Robôs autônomos submarinos ("AUVs") têm sido utilizados no monitoramento de cabos telefônicos ou tubulações submarinas, operações em instalações de petróleo (***figura 7***), levantamento de características ambientais de oceanos, localização de minas submarinas, identificação de objetos afundados, etc.

Poderíamos continuar, tratando do caso de robôs empregados em usinas nucleares, na exploração de vulcões, na identificação de minas terrestres, etc. Acreditamos que, com o número de casos mencionados, pudemos passar ao leitor uma idéia da extensão das aplicações dadas hoje em dia a esses robôs.

CONCLUSÃO E TENDÊNCIAS

Certamente, os robôs atuais ainda estão longe de exibir muitas das diversas capacidades auferidas à inteligência humana. Não nos preocupamos neste texto em tratar do conceito de autonomia, que sob uma análise mais rigorosa, talvez inviabilize que denominemos de robôs "autônomos" à maioria dos exemplos mencionados. No entanto, nossa preocupação e da pesquisa atual em Robótica está em tratar das implementações de robôs móveis que perseguem essa sofisticação.

Esses robôs têm-se tornado ótimas bancadas de testes para teorias em inteligência artificial por proporcionarem uma visão das tomadas de decisão e ações das máquinas quando submetidas a um sistema de percepção real.

Além da pesquisa acadêmica, devem crescer os exemplos de robôs móveis voltados a tarefas específicas, como os robôs de serviço mencionados anteriormente, que eximem ou auxiliam os seres humanos em tarefas cansativas, perigosas ou em locais inóspitos. Alguns desses casos serão tratados com maiores detalhes em artigos posteriores.

OS SERVOS

NEWTON C. BRAGA

Os servos são elementos fundamentais nos projetos de Mecatrônica, sendo os "órgãos efectores" que transformam sinais elétricos em movimentos. Os servos são encontrados em robôs, braços mecânicos, aeromodelos, automatismos industriais ou em qualquer aplicação que envolva controle eletrônico de movimentos. Neste artigo, analisaremos o funcionamento dos servos (servomotores) e até daremos algumas informações para a elaboração de projetos práticos com finalidade didática ou experimental.

Nos projetos que envolvem movimentos controlados por circuitos eletrônicos e que são amplamente estudados pela Mecatrônica, temos basicamente três tipos de dispositivos eletromecânicos de conversão de energia elétrica em energia mecânica: os solenóides, os motores de passo e os servomotores. (Não incluimos as SMA - *Shape Memory Alloys* ou "músculos eletrônicos" nessa categoria por ter em um princípio de funcionamento diferente).

Os servomotores, pela sua simplicidade e baixo custo, uma vez que podem usar motores comuns de corrente contínua ou mesmo alternada, são especialmente indicados para finalidades experimentais e didáticas.

Neste artigo, vamos analisar o princípio de funcionamento dos servos ou servomotores e dar algumas aplicações que podem ser muito interessantes em robótica, controles industriais, controle remoto ou mesmo em experimentação.

O QUE É UM SERVO

O servo (ou servomotor), é um dispositivo que converte um sinal elétrico em um movimento proporcional ou num deslocamento de um alavanca.

O servo básico consta de um motor que, por meio de um sistema de redução ou não, aciona um dispositivo de realimentação e uma alavanca. O dispositivo de realimentação serve para indicar a posição da alavanca de modo que o circuito de controle possa levá -la até uma posição desejada.

Na ***figura 1*** temos a representação simbólica de um servo, que irá servir de ponto de partida para nossas explicações.

A idéia básica do servo é converter um sinal elétrico, por exemplo uma tensão, num movimento proporcional de uma alavanca ou ainda um cursor.

Se um servo pode ter uma alavanca que se mova de 90 graus, por exemplo, quando a tensão de entrada variar de 0 a 1 volt, as tensões intermediárias aplicadas na entrada do circuito podem levar a alavanca a qualquer posição intermediária cujo ângulo seja proporcional a essas tensões.

Essa proporcionalidade entre o movimento e a tensão de entrada (ou outra grandeza) também leva esses dispositivos a serem classificados como de "controles proporcionais".

Em outras palavras, existe uma proporção direta entre o ângulo de giro da alavanca do servomotor e a tensão aplicada em sua entrada, conforme ilustra a ***figura 2***.



Essa característica permite que esse dispositivo

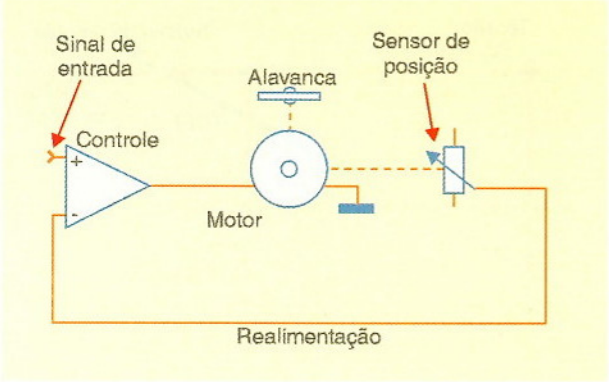


Figura 1 - Diagrama simplificado de um servo.

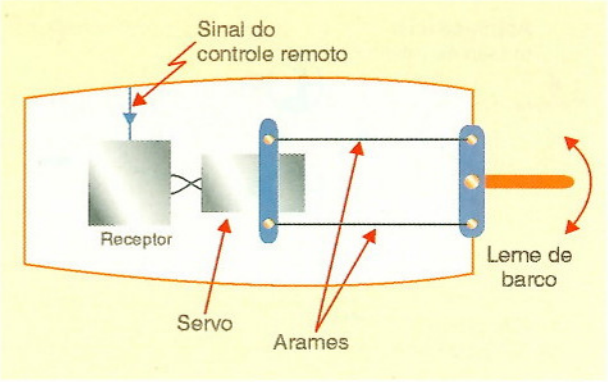


Figura 3 - Usando um servo para controlar o leme de um barco.

possa ser usado numa infinidade de aplicações práticas.

Em uma aplicação de controle, por exemplo, basta ter um sensor que indique na forma de uma tensão qual é a posição a que deve ser levado um braço mecânico ou alavanca, para que o servo seja capaz de movimentá-la até a posição desejada.

Outra aplicação muito comum para este tipo de dispositivo é no controle remoto de brinquedos, tais como um barco ou aeromodelo.

Uma alavanca de controle no transmissor tem um potenciômetro que gera um sinal que corresponde à posição que desejamos levar o leme ou o acelerador.

No receptor, um circuito decodificador transforma esse sinal numa tensão proporcional que é aplicada ao servo correspondente.

Dessa forma, o braço do servo atua sobre o leme ou o acelerador, levando-o à posição desejada. Na ***figura 3*** indicamos como isso funciona.

COMO FUNCIONA

Na ***figura 4*** temos a estrutura simplificada de um servomotor que irá servir de base para nossa análise do princípio de funcionamento.

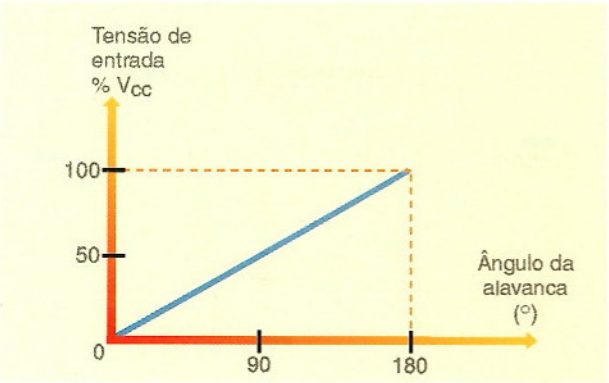


Figura 2 - Operação do servo.

O motor gira normalmente num sentido ou noutro, conforme a polaridade da tensão aplicada, pois trata-se de um motor de corrente contínua comum.

De modo a impedir que ele movimente muito rápido os demais elementos do servo, um sistema simples de engrenagens (ou mesmo correias) pode ser usado.

O motor, no nosso caso, movimenta tanto a alavanca que irá proporcionar o acionamento externo, ou seja, que será acoplada ao dispositivo final, como também o eixo de um potenciômetro. Este último funciona como sensor de posição para o circuito de realimentação.

O circuito de realimentação tem por base um comparador de tensão comum.

Um comparador de tensão nada mais é do que um amplificador operacional com um ganho muito alto, de modo a haver uma comutação muito rápida de sua saída em determinadas condições.

Tais condições podem ser facilmente entendidas a partir do exemplo dado a seguir.

Na entrada inversora (-) aplicamos uma tensão que vai ser a referência do circuito. Essa tensão pode ser aplicada por um divisor resistivo ou mesmo um potenciômetro, observe a ***figura 5***.

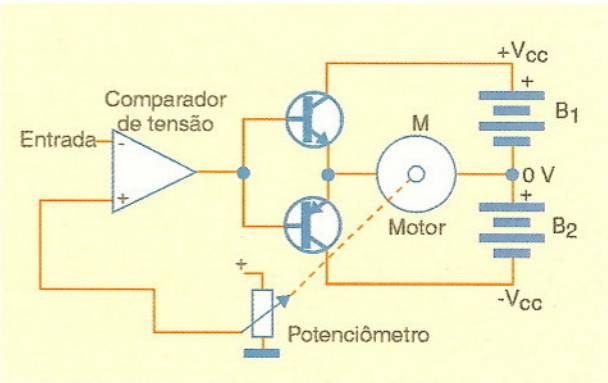


Figura 4 - O circuito completo de um servo.

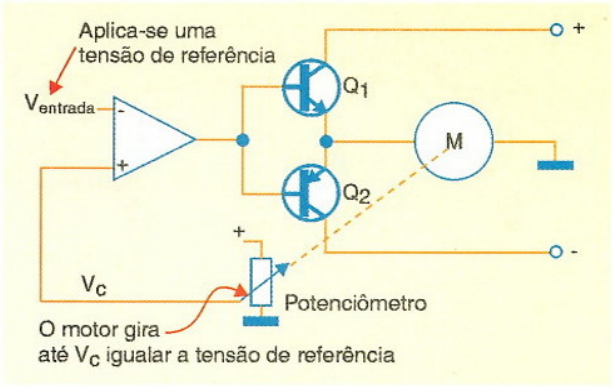


Figura 5 - Operação do servo.

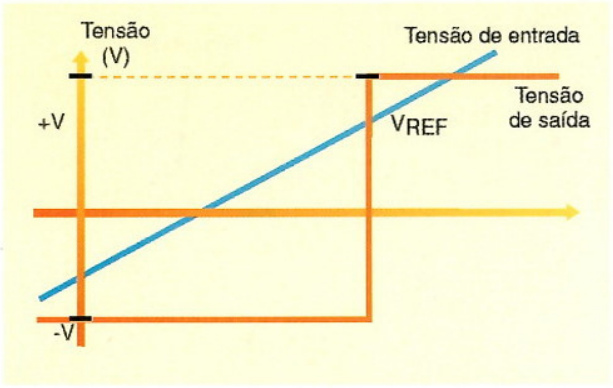


Figura 7 - Curvas de operação do servo.

Depois, aplicamos na entrada não inversora (+) uma tensão que vai aumentando vagarosamente de valor a partir de zero.

Observe que a fonte de alimentação usada neste circuito é simétrica, ou seja, temos uma tensão positiva em relação ao ponto de zero volt e uma tensão negativa a partir de zero volt. Lembre-se que o motor gira num sentido quando aplicamos uma tensão positiva, e gira no sentido oposto quando aplicamos uma tensão negativa, conforme ilustra a ***figura 6***.

Partindo então da tensão nula na entrada do comparador de tensão, como ela é inferior à tensão de referência, a saída desse circuito se mantém negativa, com o valor máximo dado pela fonte.

A tensão vai subindo então suavemente, mas, mantendo-se inferior à referência, nada acontece com saída que se mantém negativa. Chega o instante em que a tensão de entrada iguala a tensão de referência. Nesse momento, o comparador comuta e sua tensão de saída tende a zero.

Todavia, o ganho do comparador é muito grande, da ordem de 100 000 vezes ou mais, o que quer dizer que será muito difícil ele se manter exatamente nesse ponto, e com a subida da tensão de entrada para um valor maior que a referência, a saída também sobe para o máximo positivo.

Em suma, quando a tensão de entrada supera o valor de referência, a tensão de saída passa do máximo negativo para o máximo positivo, veja na ***figura 7.***

No caso do servo, a tensão de referência é a tensão aplicada ao controle, ou seja, a tensão que um potenciômetro de controle determina quando ligado como divisor de tensão.

A tensão de entrada, por outro lado, é determinada pelo potenciômetro que está ligado à alavanca, conforme mostra a ***figura 8***.

Quando agora colocarmos o potenciômetro de controle numa determinada posição, ele determinará a tensão de referência no comparador.

Supondo-se que o potenciômetro da alavanca não esteja na mesma posição, é aplicada uma tensão diferente daquela referência, e portanto a saída do comparador poderá ser positiva ou negativa.

Conforme sua polaridade, essa tensão irá fazer com que o motor gire num sentido ou no outro, movimentando o potenciômetro de realimentação.

À medida que o potenciômetro se movimenta, a tensão que ele aplica se aproxima rapidamente da tensão de referência até o momento em que elas se igualam.

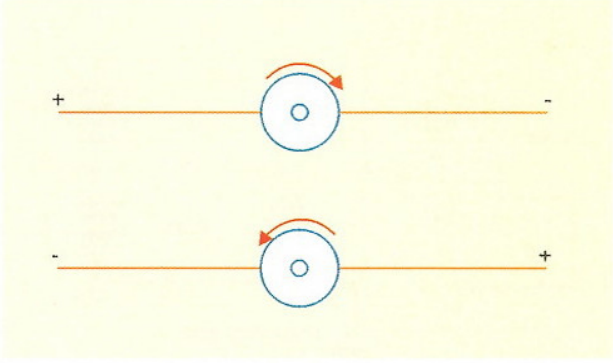


Figura 6 - O sentido da rotação depende da polaridade da alimentação.

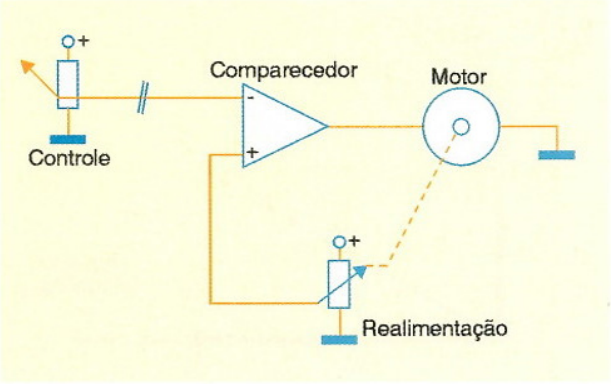


Figura 8 - O potenciômetro de controle.

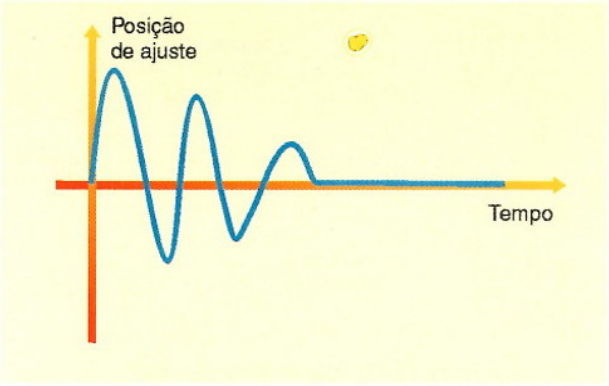


Figura 9 - Oscilação do motor ao chegar no ponto de ajuste.

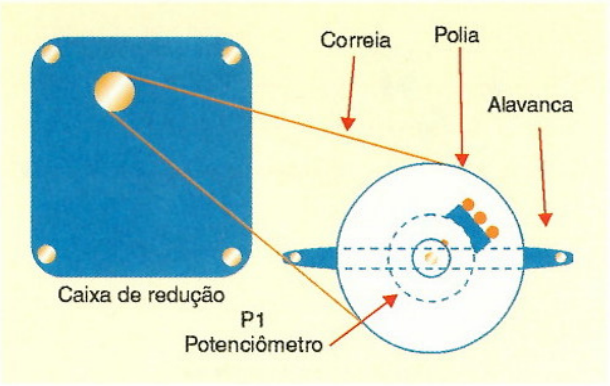


Figura 11 - Montando um servo com a caixa de redução.

Quando isso ocorre, o motor inverte sua rotação e, passando agora a girar no sentido oposto, ele rapidamente alcança novamente o ponto de comutação.

Oscilando, então, em torno da tensão de referência, o motor praticamente pára na posição desejada, veja a ***figura 9***.

Essa oscilação dependerá da inércia do circuito que poderá ser ajustada tanto por meios elétricos como mecânicos para que não ocorram vibrações fortes. É possível usar capacitores no circuito de realimentação ou mesmo recursos mecânicos para esta finalidade.

Se o potenciômetro de controle for mudado de posição, mudará a tensão de referência. Imediatamente, o comparador será acionado comutando no sentido de fazer o motor girar, levando o potenciômetro de realimentação a uma posição que gere a tensão que igualará à referência.

Evidentemente, em lugar do potenciômetro de controle podemos usar qualquer circuito que gere a tensão na faixa de atuação desejada.

O circuito pode ser um conversor digital/analógico (DAC), por exemplo, para se obter um controle digital a partir de um computador, observe a ***figura 10.***

Podemos usar sensores resistivos como um LDR para movimentar uma janela para que a intensidade de luz chegue exatamente a um nível pré-determinado, ou mesmo um segundo sensor de posição.

PROJETOS SIMPLES DE SERVOS

Utilizando uma caixa de redução como a vendida pela Saber Marketing Direto, é possível montar servos bastante simples.

Uma idéia de projeto, que pode ser alterada segundo a vontade do leitor tendo em vista a aplicação desejada, é a mostrada na ***figura 11***.

Um potenciômetro linear comum é acoplado ao eixo da caixa de redução. A faixa de controle do dispositivo poderá ser a faixa de giro completa do potenciômetro ou ser alterada em função da tensão de entrada ou referência.

O circuito de controle é ilustrado na ***figura 12*** para o caso de um motor de 6 volts.

Os transistores devem ser dotados de radiadores de calor e, se for usada fonte de alimentação externa, deverá ser simétrica com o circuito apresentado na ***figura 13.***

Para esse circuito, a faixa de tensões de entrada varia de -6 a +6 volts e comparadores de

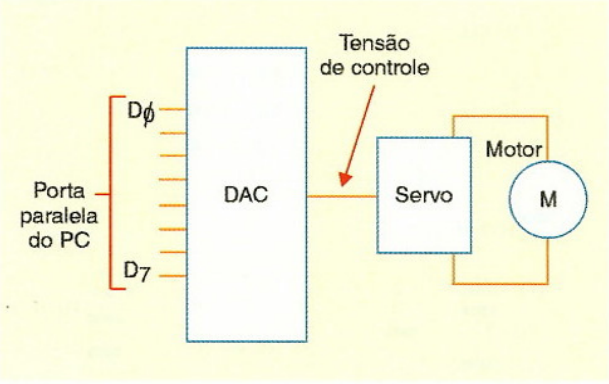


Figura 10 - Controlando um servo com o PC.

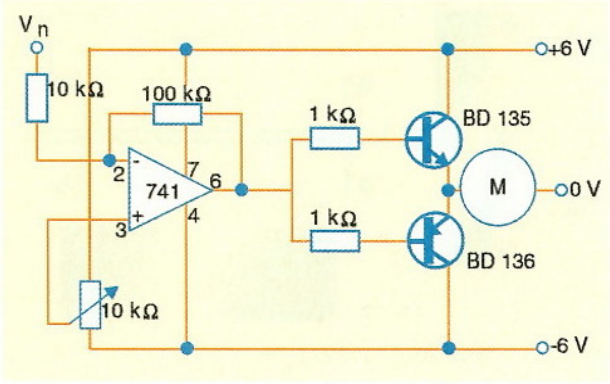


Figura 12 - Montando um servo com a caixa de redução.

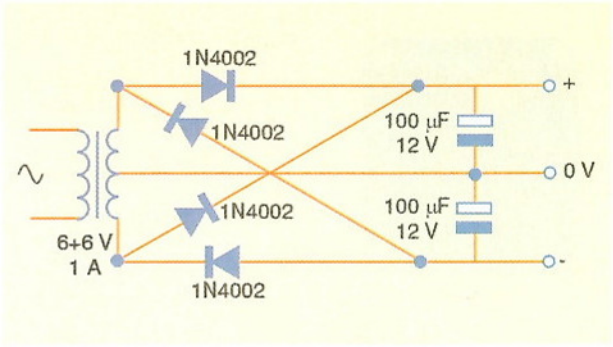


Figura 13 - Fonte simétrica.

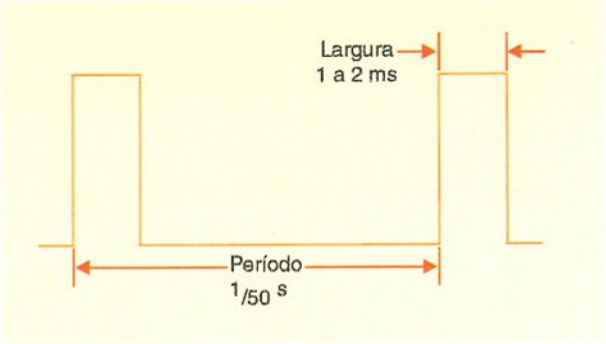


Figura 15 - O sinal do servo comercial.

tensão equivalentes podem ser usados sem problemas.

O capacitor C_1 de entrada deverá ter seu valor obtido experimentalmente em função do motor e do sistema mecânico de modo a se minimizar o efeito das oscilações no ponto de ajuste.

Para os transistores usados, o motor poderá ter até 1 ampère de corrente e, eventualmente, poderão ser usados motores de 12 volts com a mesma corrente máxima, bastando para isso alterar a fonte de alimentação.

Um segundo projeto, bastante interessante, é mostrado na ***figura 14*** e faz uso de um motor comum ou uma caixa de redução com um "parafuso sem fim".

Neste projeto, uma arruela corre com o movimento do parafuso sem fim, e desloca o cursor de um potenciômetro linear deslizante.

Este potenciômetro funciona como sensor, e seu valor não é crítico, já que ele funciona como um divisor de tensão. Valores entre 10 k e 100 k servem perfeitamente para um projeto prático.

O circuito de controle para esse sistema é o mesmo do anterior.

Evidentemente, sua grande vantagem está na força que pode ser obtida com a redução. Lembramos que, quanto menor a velocidade do movimento do cursor, mais força será obtida.

Deve-se recordar ainda a "lei da conservação da energia", o que quer dizer que podemos obter maior força com menor deslocamento, ou menor força com maior deslocamento, mas nunca mais força com maior deslocamento, pois isso implicaria na criação de energia.

SERVOS DE AEROMODELOS

Nas lojas de aeromodelismo e modelismo em geral, é possível adquirir servos bastante eficientes e que podem ser usados em projetos de Mecatrônica. A grande vantagem desses servos é que eles já vêm prontos para uso. No entanto, o tipo de sinal que usam é diferente dos servos que descrevemos.

Tais servos trabalham com tensões de 4 a 6 V e são sensíveis não à tensão de controle, mas sim a um sinal. Na posição central, o sinal deve ser um pulso de 1,5 ms enviado a uma razão de 50 por segundo (ciclo total de 20 ms), conforme mostra a ***figura 15***. Variando a largura do pulso entre 1 ms e 2 ms, o rotor do servo muda de posi-

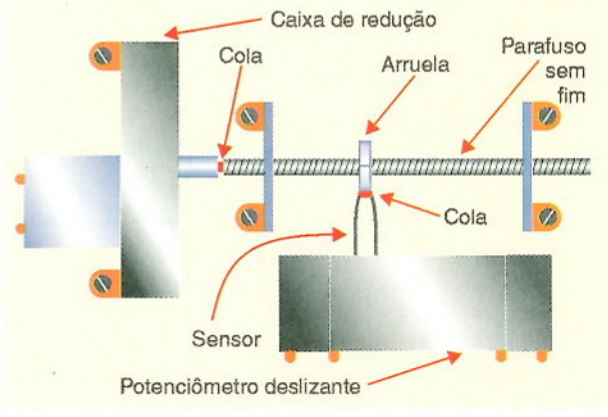


Figura 14 - Montando um servo um potenciômetro deslizante.

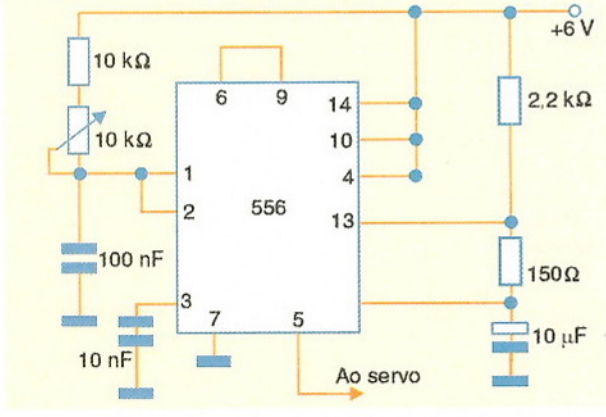


Figura 16 - Controle de servo usando um duplo 555 (556).

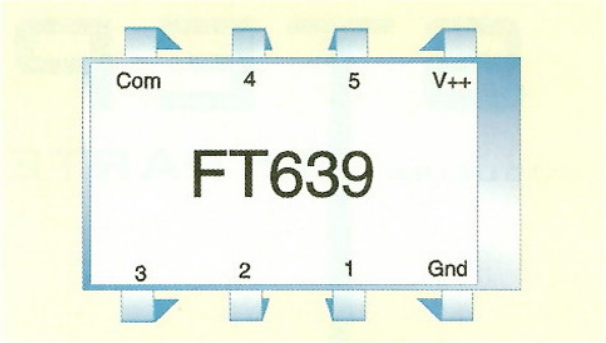


Figura 17 - Invólucro do FT639.

ção girando 90 graus para a esquerda ou 90 graus para a direita.

Na ***figura 16*** apresentamos um circuito muito simples de controle empregando o circuito integrado 556, o qual funcionará com servos comerciais comuns como os encontrados em aeromodelos.

Esse circuito é ideal para o controle de direção de robôs ou mesmo de posição de braços mecânicos e outros dispositivos que façam uso de servos comerciais.

FT639 CONTROLADOR DE SERVO

Este é um componente dedicado bastante interessante para aplicações em Controle, Robótica, Mecatrônica, etc. Trata-se de um controle de servo RC utilizando uma linha serial de 2400 bauds. Bastam somente dois componentes externos para que este controlador, acoplado a uma linha RS-232 possa controlar até 5 servos de forma independente. Focalizaremos agora suas características e seu uso.

O FT639 é fabricado pela FerretTronics (**http://www.ferrettronics.com**) e dispõe de todos os elementos para se controlar até 5 servos a partir de saídas seriais como, por exemplo, as disponíveis em microcontroladores como o *Basic Stamp,* da Parallax.

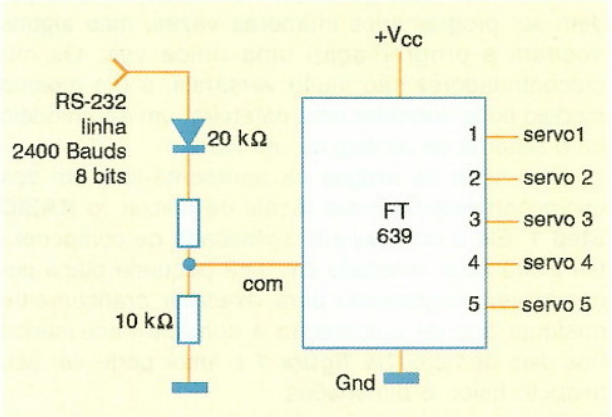


Figura 18 - Circuito de aplicação.

Este *chip* é encontrado em invólucros de 8 pinos com a pinagem ilustrada na ***figura 17***.

A faixa de tensões de operação vai de 3,0 a 5,5 V e o *setup* da linha serial em 2400 bauds é de 8 bits, sem paridade e um bit de parada.

Dentre as aplicações sugeridas pelo fabricante temos os modelos de controle remoto, aplicações de mecatrônica, animatrônica e robótica, além de muitas outras envolvendo máquinas industriais.

Um dos problemas dos servos comuns é o modo como eles são controlados: através de pulsos de duração controlada. Com o FT639 isso não ocerre.

FUNCIONAMENTO

O FT639 tem dois modos de operação: modo *setup* e modo ativo.

O *chip* parte no modo *setup*. Esse modo é usado para fixar o comprimento do pulso e os valores iniciais, além dos valores de partida para os 5 servos. No modo ativo ele envia os pulsos de controle aos servos e os controla através da linha serial de 2400 bauds.

Os comandos são formados por um byte. Assim, cada comando envia um caractere através da linha serial. Cada servo RC tem 256 posições. Para enviar a posição de um servo, o FT639 precisa de dois comandos. O primeiro deles contém o número do servo e o *nibble* inferior (4 bits mais baixos) da posição. O segundo contém o número do servo e o *nibble* superior (4 bits mais altos) da posição.

Com 256 posições, o servo pode ser posicionado entre 0 e 90 graus de acordo com a largura do pulso gerado. A posição inicial pode ser programada pelo envio de um sinal no modo *setup*.

CIRCUITO E APLICAÇÃO

Na ***figura 18*** mostramos como é simples utilizar o FT639 no controle de servos usando a porta serial (RS-232).

Para uma linha serial que forneça uma tensão de – a V++ não é necessário o uso do diodo e dos resistores podendo, assim, a saída da porta ser conectada diretamente ao CI.

O código de programação pode ser obtido no endereço:

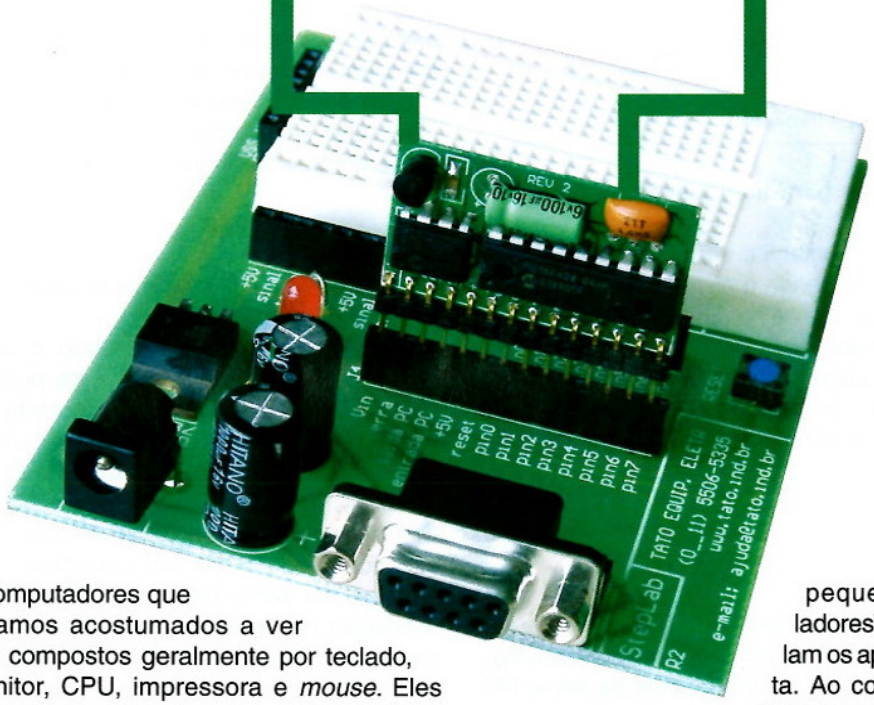
http://www.ferrettronics.com/software.html

Neste *site* existem diversos exemplos de programas para o controle de servos usando o QBASIC.

BASIC STEP

OCTÁVIO NOGUEIRA

1ª PARTE



Os computadores que estamos acostumados a ver são compostos geralmente por teclado, monitor, CPU, impressora e *mouse*. Eles foram criados para se comunicarem ou interagirem com os seres humanos.

Algumas aplicações típicas desses computadores são: gerenciamento de banco de dados, processamento de texto e análise financeira. Todas essas tarefas são executadas dentro do gabinete do computador, que contém a Unidade Central de Processamento (CPU em inglês), discos rígidos, memórias, etc. No entanto, o verdadeiro processamento é realizado dentro da CPU.

Como o leitor pode ver, o monitor, o teclado, o *mouse* e mesmo a impressora, são usados apenas para nos mostrar os resultados do processamento, ou para nos permitir informar os dados ao computador.

Você sabia que existem diversos outros tipos de computadores à nossa volta e que, neste instante, eles estão executando silenciosamente as suas tarefas e tornando o mundo mais agradável? Esses computadores podem estar em um brinquedo, no controle remoto da televisão, no carro e até nas geladeiras mais modernas.

Nós geralmente não chamamos tais dispositivos de computadores, mas sim de "microcontroladores". É fácil entender o seu nome: "micro", pois eles são muito pequenos, e "controladores" porque eles controlam os aparelhos à nossa volta. Ao contrário dos computadores, os microcontroladores foram desenvolvidos para se comunicarem com máquinas, então eles não necessitam de monitores, teclados, etc., o que faz com que sejam muito mais baratos que os computadores.

Atualmente, existe uma quantidade imensa de tipos de microcontroladores diferentes, alguns mais especializados para uma determinada função e outros para uso mais genérico. Normalmente, eles podem ser programados inúmeras vezes, mas alguns aceitam a programação uma única vez. Os microcontroladores são muito versáteis, e um mesmo modelo pode controlar uma cafeteira, um aeromodelo ou o sistema de *air-bag* de um carro.

Esta série de artigos irá apresentá-lo a um dos microcontroladores mais fáceis de utilizar, o **BASIC Step 1**. Ele é um conjunto sofisticado de componentes eletrônicos, montado em uma pequena placa podendo ser programado para executar praticamente qualquer tipo de automação e controle necessários nos dias de hoje. Na ***figura 1*** o leitor pode ver seu aspecto físico e dimensões.

Para que o microcontrolador faça o que nós queremos, temos que "ensiná-lo" ou programá-lo com as

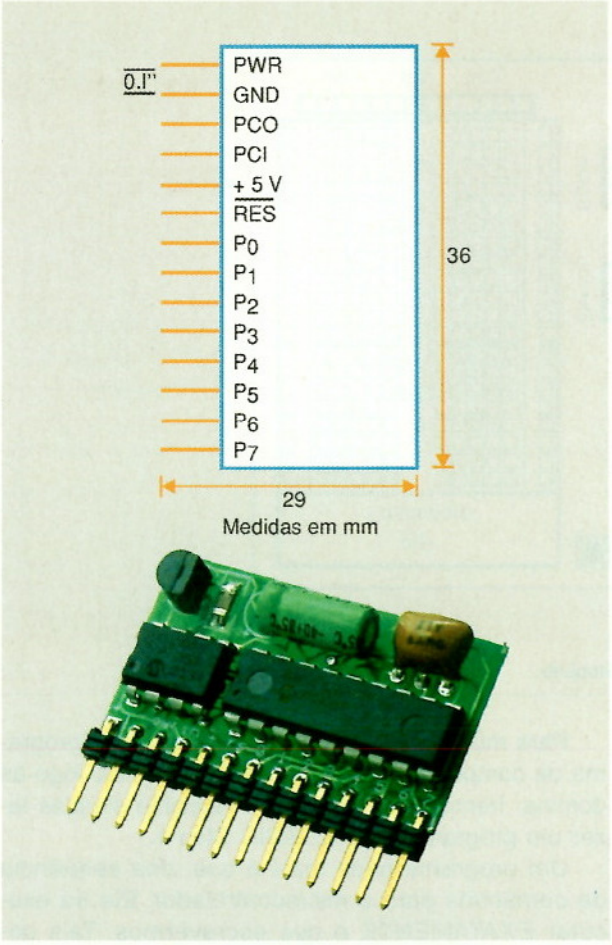


Figura 1 – O Basic Step 1

etapas, passo a passo, de nossa tarefa. Normalmente, os microcontroladores utilizam uma linguagem própria e de difícil aprendizagem. O BASIC Step 1, ao contrário, utiliza a linguagem TBASIC, uma linguagem muito simples, e ao mesmo tempo poderosa. Com ela, você poderá fazer o microcontrolador executar tarefas complexas em questão de minutos. Atualmente, existem no mercado diversos produtos utilizando o BASIC Step 1 como "cérebro".

Quando falamos em "cérebro", o que realmente estamos dizendo é que queremos que o microcontrolador imite de alguma forma o funcionamento de nosso cérebro verdadeiro, mas geralmente não paramos para pensar em como ele funciona.

O nosso cérebro se baseia em "sensores" (visão, tato, etc.) para tomar decisões e executar alguma ação. Por exemplo, suponha que você esteja andando de bicicleta e veja um buraco à sua frente. O seu cérebro receberá uma informação de um de seus "sensores" (neste caso, os olhos). Baseado nas informações que recebeu, ele analisa o tamanho do buraco, sua profundidade, etc. e toma uma decisão, por exemplo, desviar-se do buraco. Ato contínuo, manda os seus braços virarem a bicicleta impedindo o tombo. Tudo isso acontece em uma fração de segundo.

Este primeiro artigo irá mostrar como utilizar o comando de saída do BASIC Step 1 e a cada um dos próximos iremos vendo novos comandos e novas idéias para o leitor experimentar. Após estudá-lo, você será capaz de criar suas próprias aplicações para os microcontroladores.

Para realizar a parte prática de cada artigo o leitor irá precisar de um computador PC rodando Windows 95 ou superior.

Para este artigo particularmente, você irá precisar ainda de:

1 – Módulo BASIC Step 1
1 – Placa Step Lab
1 – Cabo de gravação
2 – LEDs (diodos emissores de luz) vermelhos
2 – Resistores de 470 ohms ¼ W
1 – Fonte de 9V
Fios de ligação.

Todo sistema microprocessado compõe-se de dois componentes básicos: hardware e software. O hardware é composto de todos os componentes físicos do sistema e o software é uma lista de instruções que fica "dentro" do hardware e executa as funções desejadas por nós. Iremos agora criar o hardware.

Para permitir que o nosso microcontrolador funcione e interaja com o mundo físico, iremos montar algum hardware. Para facilitar as experiências, usaremos uma placa chamada "StepLab" que, como o nome indica, é uma placa de montagem para o BASIC Step 1, ou um "laboratório" de experiências.

Ela facilita muito as montagens, pois possui conector para fonte de alimentação, cabo de gravação, soquete para o microcontrolador e uma área de protótipo ou "protoboard". Na ***figura 2*** podemos vê-la.

Neste primeiro artigo iremos fazer algo bem simples para nos habituarmos à placa StepLab, ao compilador e ao modo como gravar o primeiro programa no BASIC Step 1.

Como programa inicial iremos fazer um LED piscar. Um LED é um tipo especial de "lâmpada" que pode ser facilmente ligado aos microcontroladores. Existem dois detalhes que não podem ser esquecidos quando estamos trabalhando com LEDs: o primeiro, é que devemos utilizar sempre um resistor em série com ele para limitar a corrente, do contrário ele irá queimar, no nosso caso um resistor de 470 ohms é suficiente. O segundo detalhe, é que, diferente das lâmpadas comuns, o LED possui polaridade, ou seja possui um terminal positivo e outro negativo. Se o ligarmos invertido, ele não irá funcionar, mas também não irá queimar.

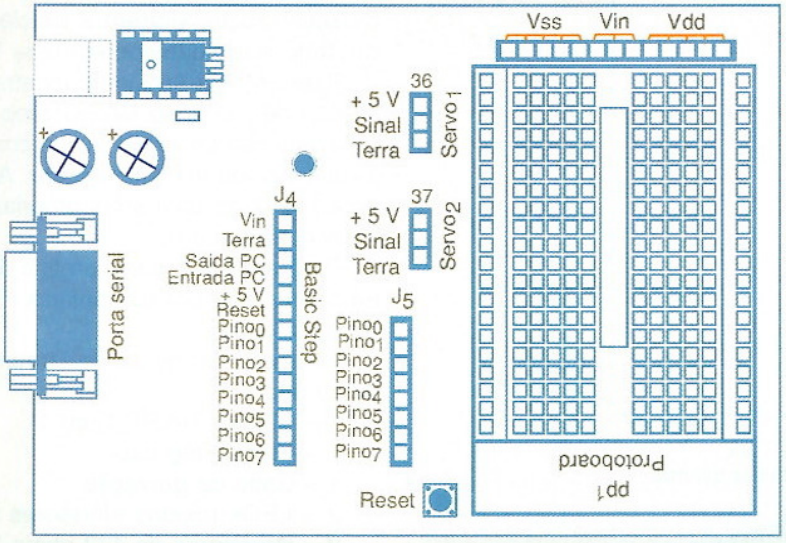


Figura 2 – StepLab.

ENTENDENDO O PROTOBOARD

O BASIC Step 1 possui 14 pinos como pode ser visto na ***figura 1***, e alguns destes pinos são usados para a conexão com o PC para a transferência do programa, enquanto outros são usados para receber a alimentação. Nós temos 8 pinos (pin 0 até pin 7) à nossa disposição para utilizar em nossas aplicações.Na placa StepLab, temos estes 8 pinos ao lado do *protoboard*.

É importante entender como o *protoboard* funciona para podermos utilizá-lo. Como o leitor pode ver, ele tem uma grande quantidade de furos onde colocamos os componentes da nossa montagem. Como e onde colocar os componentes, é que fará a montagem funcionar ou não. Os furos horizontais estão interligados entre si em blocos de furos, ou seja temos 5 furos interligados à esquerda e mais 5 à direita.

Na ***figura 4*** podemos ver com mais detalhes como isso funciona, as linhas horizontais pretas mostram como os furos estão interligados.

Muito bem, chegou a hora de montarmos o nosso "hardware". Com a alimentação desligada, faça as conexões de acordo com a ***figura 5.*** Certifique-se que o terminal menor do LED está ligado ao resistor.

O nosso hardware está pronto, mas ele simplesmente não faz nada! Se nós ligarmos a alimentação, nada irá acontecer! Nós montamos o hardware, contudo ainda não escrevemos o software, então o sistema ainda não funciona.

Para muitas pessoas, quando falamos em programa de computador, um sentimento de pânico logo as domina. Iremos mostrar que é realmente simples fazer um programa para o BASIC Step 1.

Um programa nada mais é que uma seqüência de comandos para o microcontrolador. Ele irá executar EXATAMENTE o que escrevermos. Tais comandos devem estar em uma ordem lógica e serem entendidos pelo BASIC Step 1. Esse programa é criado no PC e depois transferido para o BASIC Step através do cabo de gravação. Devemos tomar muito cuidado ao escrevermos o programa, pois qualquer erro fará o sistema não funcionar, e encontrar um erro após termos terminado de escrever o programa não é das tarefas mais agradáveis.

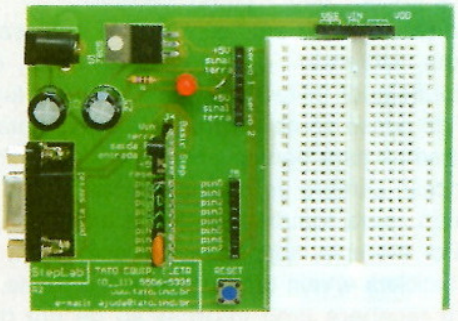


Figura 3 - Foto do Step Lab.

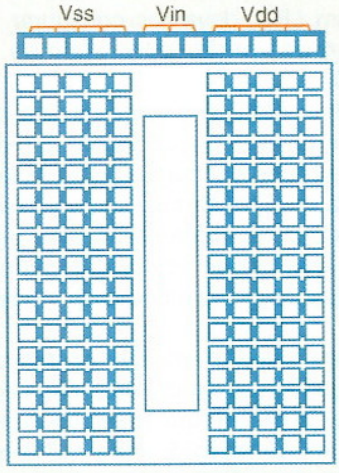


Figura 4 – Ligação dos furos do Protoboard.

Antes de começarmos a escrever o programa, vamos pensar um pouco. O BASIC Step 1 irá fazer o que nós escrevermos e na seqüência exata que escrevermos. Se tomarmos por analogia o nosso cérebro, veremos que ele funciona do mesmo modo. Suponha que iremos fazer um "programa" para o nosso cérebro, será um programa simples, apenas para comprar uma lata de refrigerante em uma máquina de venda.

Para executar essa tarefa, devemos seguir uma seqüência de procedimentos na seguinte ordem:

1 – Coloque uma nota de R$ 1,00 na máquina
2 – Espere a luz verde acender
3 – Aperte o botão do tipo de refrigerante desejado
4 – Veja a lata cair na abertura de saída
5 – Pegue a lata
6 – Abra a lata
7 – Beba o refrigerante
8 – Arrote.

É realmente simples, não? Mas somente porque já fizemos isso diversas vezes. O que aconteceria se o seu cérebro executasse o seguinte "programa"?

1 – Aperte o botão do tipo de refrigerante desejado
2 – Abra a lata
3 – Coloque uma nota de R$ 1,00 na máquina
4 – Pegue a lata
5 – Arrote
6 – Beba o refrigerante
7 – Espere a luz verde acender
8 – Veja a lata cair na abertura de saída.

Não aconteceria muita coisa, não? Apesar de todos os comandos necessários terem sido executados, a ordem deles está errada e a tarefa não é executada. Nos microcontroladores acontece a mesma coisa. Devemos utilizar os comandos corretos na ordem correta.

Muito bem, vamos escrever um programa.

Coloque o BASIC Step 1 na placa Step Lab, ligue a fonte de alimentação e conecte o cabo de gravação na placa e em uma porta serial livre do PC. Se você já instalou o compilador em seu compu-

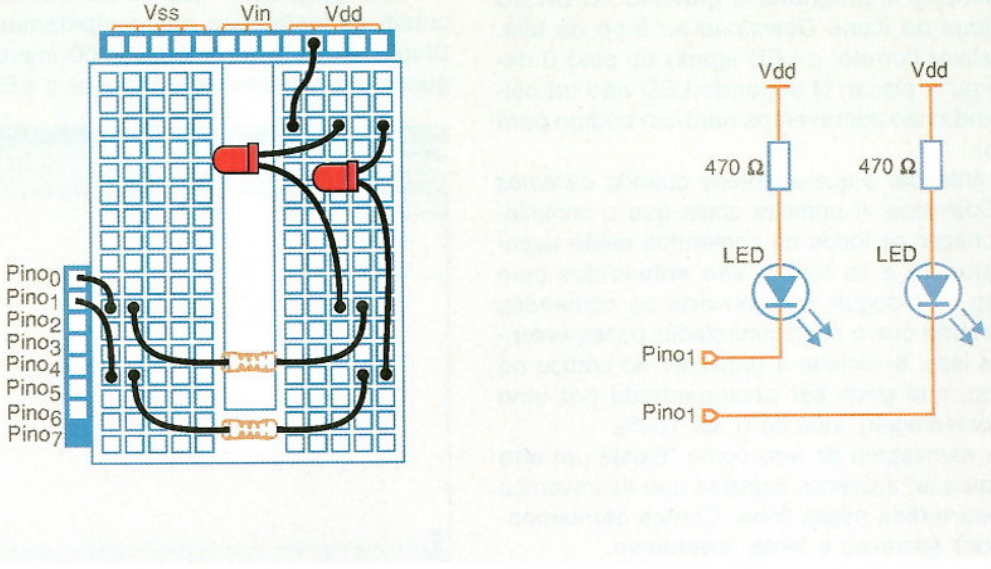


Figura 5 – Conexões dos componentes.

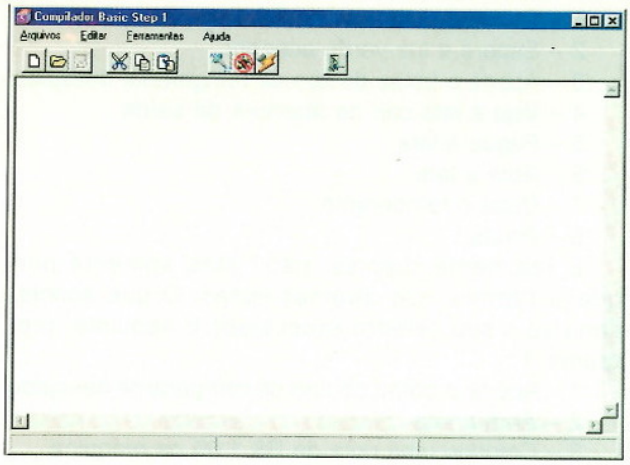


Figura 6 – Compilador Basic Step 1.

tador, execute-o e você verá algo parecido com a ***figura 6.***

Como o leitor pode ver, a maioria da tela está em branco, é aqui que iremos escrever o nosso programa. Digite o seguinte programa, tomando o cuidado de escrever EXATAMENTE igual.

```
output 0
novamente:
pin0=0
pause 1000
pin0=1
pause 1000
goto novamente
```

A sua tela deve ficar igual à da ***figura 7***.

Para compilar o programa e gravá-lo no BASIC Step 1, *clique* no ícone *Download* no topo da tela. Se tudo estiver correto, o LED ligado ao pino 0 deverá começar a piscar. O segundo LED não irá piscar, pois ainda não escrevemos nenhum código para controlá-lo.

Vamos entender o que acontece quando *clicamos* no ícone *Download*. A primeira coisa que o compilador faz é checar se todos os comandos estão escritos corretamente e se todos são entendidos pelo BASIC Step 1. A seguir, ele converte os comandos para um formato que o microcontrolador possa entender e, após isso, é iniciada a gravação do código no BASIC Step, que pode ser acompanhada por uma barra de porcentagem, indo de 0 até 100%.

Se uma mensagem de erro como "Existe um erro na linha marcada" aparecer, significa que escrevemos alguma coisa errada nessa linha. Confira atentamente o que você escreveu e tente novamente.

Vamos agora analisar o nosso simples programa:

O primeiro comando que utilizamos é o **OUTPUT**. Cada pino do BASIC Step 1 (pin 0 até pin 7) pode ser usado como entrada ou como saída; como queremos controlar um LED, devemos configurar o pino como saída (*output*), então empregamos o comando **OUTPUT 0**.

O próximo item do programa é o **novamente:**, ele não é realmente um comando. Em diversas ocasiões nós queremos marcar uma posição do programa para que possamos fazer a execução voltar a esta posição. É exatamente isso que este item faz, ele é apenas um rótulo que marca esta posição do programa. Veremos isso novamente mais adiante.

Até agora o que fizemos foi configurar o pin 0 do BASIC Step 1 como saída. Nos microcontroladores, uma saída pode ter um nível de tensão alto ou baixo, no nosso caso 5 volts ou zero volts. Outra forma de se referir a alto e baixo é utilizar "1" ou "0".

Pense em um interruptor de uma lâmpada: quando ele está em uma determinada posição a lâmpada está apagada, quando está na outra, está acesa. Isto é chamado lógica binária, só existem duas possibilidades, ligado ou desligado, alto ou baixo, "1" ou '0". Por mais que você tente, não existe uma posição intermediária do interruptor.

No nosso circuito, se desejamos acender o LED, deveremos fazer o pino do BASIC Step 1 ir para nível "0" ou zero volts, pois o LED está ligado com um terminal à tensão de 5 V e o outro terminal ao pino do BASIC Step 1. O pino está funcionando como um interruptor, que pode ser ligado e desligado sob comando do nosso programa. Para fazer o pin 0 ir para nível "0" utilizamos o comando **pin 0=0**.

Você deve saber que os microcontroladores executam as instruções muito rápidamente. O BASIC Step 1 executa em média 2000 instruções por segundo. Se nós fôssemos apagar o LED no próximo

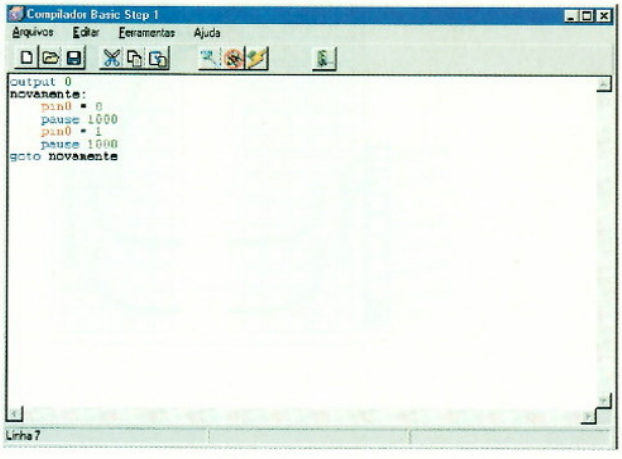


Figura 7 – Programa.

comando, tudo seria tão rápido que nem seríamos capazes de ver o LED aceso. O que fazemos é incluir um comando que leva o programa a parar por um determinado tempo.

Este comando é o **PAUSE 1000**, ele faz com que o programa pare por 1000 milissegundos, ou seja 1 segundo. Nós podemos utilizar qualquer valor para o comando PAUSE, neste caso 1000 nos permite ver o LED aceso.

O próximo comando é **pin 0=1**, ele faz com que o pin 0 vá para o nível alto, ou seja 5 V, e como um dos terminais do LED já está ligado ao 5 V, esse comando fará o LED apagar.

Agora usamos o comando **PAUSE 1000** novamente para parar o programa por 1 segundo. Neste ponto o LED está apagado.

O próximo comando é o **GOTO**, ele faz com que a execução do programa vá para um determinado ponto. Quando discutimos o rótulo **novamente:** vimos que ele servia para marcar uma posição. O comando **GOTO** serve exatamente para voltarmos até aquele ponto. Quando executamos a instrução **goto novamente**, o programa irá voltar para a segunda linha do programa e irá executar a partir dali. Essa repetição do programa fará o LED acender e apagar continuamente.

Este nosso primeiro programa foi bem simples, mas serviu para aprendermos uma série de conceitos básicos que irão ajudá-lo quando for escrever programas maiores e mais complexos. Um ponto que ainda não abordamos é sobre a listagem do programa. Se você olhar o para ele, poderá identificar todas as instruções e saber exatamente o que ele faz. Isso é fácil porque foi você quem o fez e porque ele é bem pequeno. No caso de programas maiores é sempre bom colocar comentários.

Comentários, como o próprio nome diz, são utilizados apenas para dar-nos uma idéia do que o programa faz. O microcontrolador simplesmente ignora-os. Para colocarmos comentários em nosso programa, devemos usar o sinal apóstrofe ('). O microcontrolador simplesmente ignora tudo o que estiver entre o apóstrofe e o final da linha.

O nosso programa poderia ser comentado assim:

```
output 0    'configura pin 0 como saída
novamente:    'posição para o programa retornar
pin 0=0    'liga o LED
pause 1000    'espera 1 segundo com o LED ligado
pin 0=1    'desliga o LED
pause 1000    'deixa o LED apagado por 1 segundo
goto novamente    'vai para a posição marcada com novamente
```


MICROCONTROLADORES: APRENDA A USAR A FERRAMENTA DO FUTURO!

Siga o curso dos microcontroladores BASIC Step I e faça todas as experiências na prática com o material fornecido pela Tato Equipamentos Eletrônicos.
O kit inclui:

- 1 BASIC Step I
- 1 Placa StepLab
- 1 Fonte de alimentação
- 1 Cabo de gravação
- 1 Disquete com o compilador



Tudo isto por apenas R$ 99,00.

TATO EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS
Rua Ipurinas, 164
São Paulo - SP - 04561-050
Tel (11) 5506-5335
http://www.tato.ind.br

O programa irá funcionar exatamente do mesmo modo e o seu tamanho será o mesmo, mas agora ele fica muito mais fácil de ser entendido. Se você o pegasse de outra pessoa, bastaria ler os comentários para saber o que ele faz.

Uma coisa interessante sobre os microcontroladores é que o mundo de "equipamentos inteligentes" está se expandindo cada vez mais rápidamente e não mostra nenhum sinal de diminuir. À medida que a tecnologia avança, os microcontroladores ocupam espaços antes não pensados, e equipamentos obsoletos se renovam com a sua utilização. Você pode tomar parte dessa revolução. Este primeiro artigo foi apenas uma introdução aos, microcontroladores, mas você já sabe como eles funcionam e já começou a programá-los. Quem sabe você não consegue criar o próximo "grande produto" utilizando os microcontroladores? ●



Biônica
A Eletrônica imita a Vida

Newton C. Braga

Uma boa parte dos equipamentos mecatrônicos, eletrônicos e mesmo não eletrônicos usados no nosso dia a dia, tem sua inspiração em formas vivas. A Biônica, que é a ciência que procura criar equipamentos que imitem formas vivas, é responsável pelo sucesso de tais equipamentos. As maravilhas da tecnologia que são geradas pelo homem e a que a Natureza já usa há milhões de anos, são o assunto deste artigo.

Quando observamos um helicóptero em vôo e admiramos a engenhosidade dos homens que inventaram tal equipamento, não nos damos conta de que a Natureza já tinha resolvido o problema da parada no ar há milhões de anos com simples insetos como a libélula e, posteriormente, com o beija-flor.

Da mesma forma, quando aplaudimos o talento dos homens que criaram o radar, não percebemos que esse equipamento foi totalmente inspirado nos morcegos, que já possuíam a solução para seu uso milhões de anos antes, dada pela Natureza.

Esses dispositivos e equipamentos que se inspiram em soluções dadas pela Natureza são fruto de uma ciência muito importante, que é a Biônica.

A Eletrônica e a Mecânica quando unidas resultam na Mecatrônica e esta última quando unida à Biologia pode criar soluções muito interessantes para problemas tecnológicos, as quais merecem ser analisadas.

O Radar e o Sonar

A idéia de utilizar sons e ondas de rádio para detectar objetos é aplicada pela Natureza há milhões de anos, e já tivemos a oportunidade de detalhar como isso ocorre.

No entanto, o uso da eletricidade pela Natureza para detecção de objetos vai além, e existem soluções muito atraentes que podem ser aproveitadas pela nossa tecnologia.

Existe um peixe denominado Ituí-Cavalo (cujo nome científico é Apteronotus Albifrons, da família dos Gymnotoidae), que vive em rios de águas escuras da Amazônia e é capaz de utilizar campos elétricos de baixa freqüência para detectar objetos à sua volta e mesmo outros animais.

Esse peixe possui um órgão gerador de eletricidade do tipo semelhante aos usados pelos peixes elétricos, o qual produz um campo de corrente de alguns volts em torno do animal.

A freqüência desse campo, que varia de 400 Hz a 2 000 Hz, dependendo do peixe, é tão estável que já se utilizou esse animal para gerar os pulsos de sincronismo que alimentam um relógio, observe a ***figura 1***.

O que acontece é que, ao lado do órgão emissor, o peixe tem órgãos sensores que lhe permitem fazer uma "imagem mental" do que está a sua volta pelas deformações que as linhas do campo de corrente sofrem na presença de objetos menos condutores ou mais condutores.

Já publicamos anteriormente o modo de se "ouvir" o campo de corrente desse peixe (que pode ser encon-

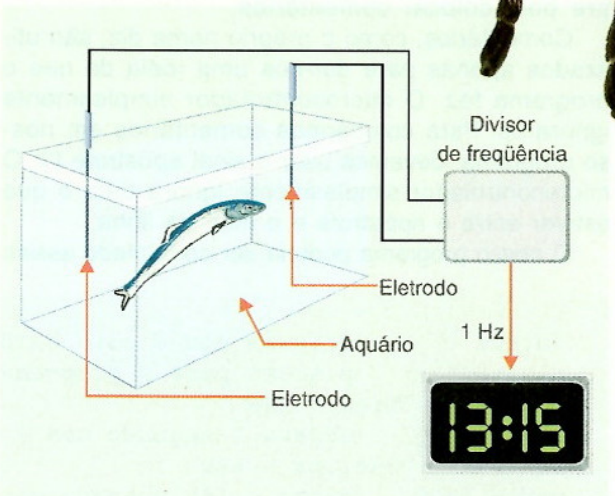


Figura 1 - Ituí-Cavalo - Peixe que gera um campo elétrico para a orientação.

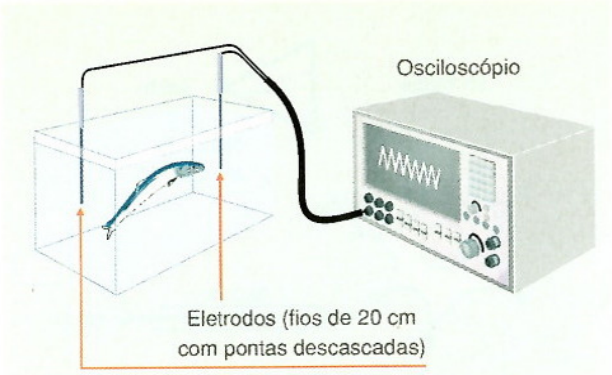


Figura 2 - Sincronizando um relógio com o Ituí-Cavalo.

trado em casas de peixes ornamentais de São Paulo), ou de se observar a forma de onda do sinal emitido num osciloscópio. Para isso, basta colocar no aquário em que se encontra o animal dois eletrodos e ligá-los à entrada de um bom amplificador de áudio ou de um osciloscópio, conforme ilustra a ***figura 2.***

O sinal, cuja amplitude pode passar de 2 volts , é captado facilmente e excita qualquer circuito sem problemas.

A Biônica, observando formas de vida como essa, com soluções interessantes para o problema da orientação em águas turvas, poderá criar o equivalente eletrônico ou mecatrônico para a orientação humana ou de robôs.

Uma possibilidade importante consiste em utilizar campos magnéticos criados por bobinas, veja na **figura 3,** e sensores apropriados num circuito de



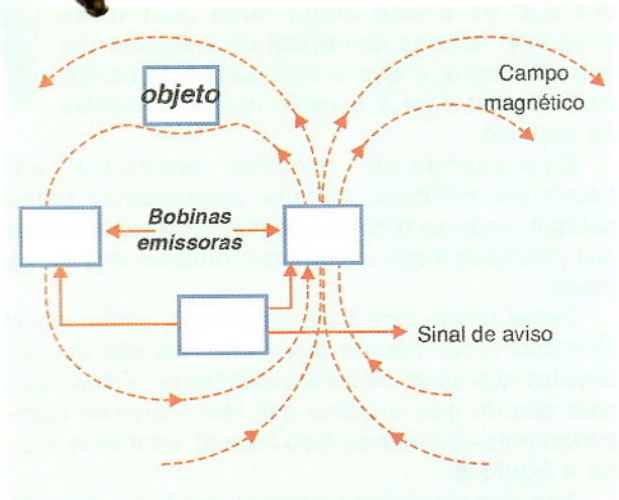


Figura 3 - Usando campos magnéticos num sistema de orientação para cegos.

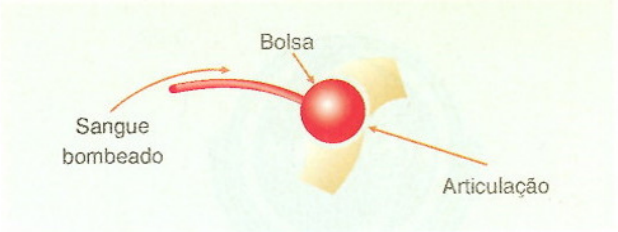


Figura 4 - O sistema hidráulico de movimento de uma aranha.

processamento em um equipamento de ajuda para cegos.

Os pequenos objetos metálicos que as pessoas carregam ou mesmo as suas propriedades diamagnéticas podem causar deformações no campo, as quais seriam detectadas e processadas pelo circuito informando ao cego, quer seja por meio de sinais auditivos, quer seja por estímulos diretos ao cérebro.

Inspirados nesta mesma idéia podemos sugerir o desenvolvimento de equipamentos de estacionamento ou detecção de colisão para automóveiso ou orientação para robôs móveis.

A Movimentação Hidráulica da Aranha

A Robótica (como ramo da Mecatrônica) está numa fase de desenvolvimento espantosa e a cada dia vemos os mais estranhos "seres mecânicos" em demonstração, com sistemas de propulsão que realmente nos deixam pasmos diante da capacidade de imaginação de seus criadores.

Todavia, a Natureza, através da Biônica, pode servir de inspiração para a tecnologia a ser usada na movimentação de robôs.

A Natureza nunca utilizou a roda como solução de movimento para nenhum dos seres vivos que conhecemos. Entretanto, as soluções hidráulicas foram aproveitadas e de uma forma muito interessante. Há uma espécie de aranha que se movimenta graças à sua hipertensão arterial !

Nas juntas das pernas desse inseto, existem pequenas bolsas que, ao se expandirem, fazem com que as pernas se desloquem no sentido necessário ao movimento, conforme ilustra a ***figura 4***.

Quando essa aranha deseja saltar, e o cérebro envia ao sistema de propulsão do inseto esse comando, o que acontece é que a pressão sangüínea do inseto aumenta enormemente injetando com pressão líquido nas bolsas das articulações. Com a rapidíssima expansão as bolsas incham e as pernas da aranha se movimentam no sentido de fazê-la saltar.



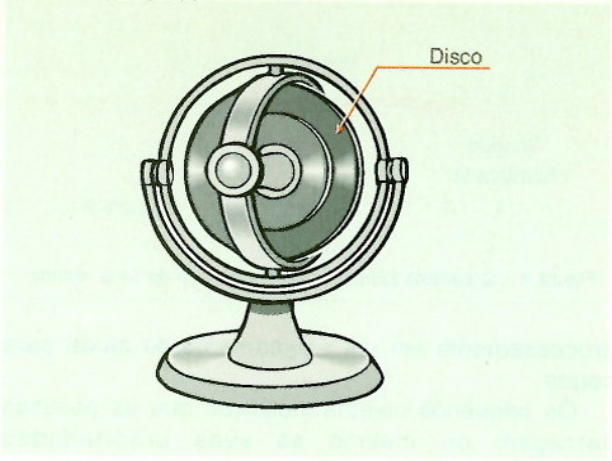


Figura 5 - O sistema cardânico do giróscopio.

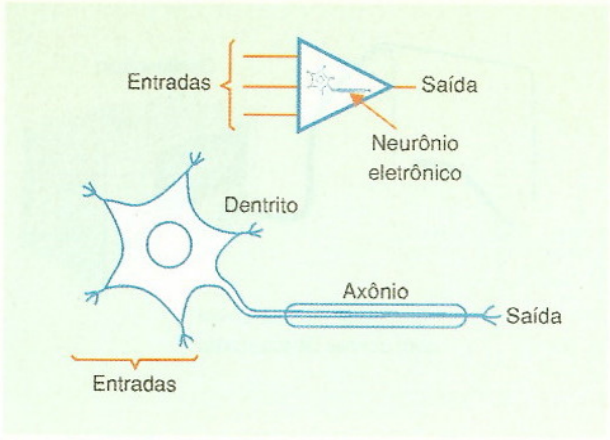


Figura 6 - O neurônio-elemento básico dos sistemas inteligentes.

No interessante livro do autor russo I. Mirov (La Bionique – Edições EM, de Moscou de 1970) o autor descreve em pormenores como se descobriu a propulsão hidráulica da aranha e sugere como ela poderia ser usada em robôs ou mesmo em veículos "saltadores".

O Giroscópio da Libélula

Um dos problemas mais intrigantes do vôo dos insetos é a capacidade desses animais tão pequenos conseguirem manter sua estabilidade.

Nos aviões modernos usamos os giroscópios para manter sua rota e também evitar movimentos laterais que poderiam tornar desconfortável a viagem para os passageiros (os aviões usam dois giroscópios).

Como a Natureza não faz uso da roda na maioria de suas soluções, o giroscópio na forma tradicional do disco suspenso em um sistema cardânico não pode ser encontrado nos seres vivos. Atente para a **figura 6.**

Assim, a solução apresentada pela Natureza e que também já é aproveitada pelo homem em alguns tipos de sensores, é a do conjunto de lâminas vibrantes.

Em certos insetos, como por ex. a libélula, foram encontradas câmaras contendo cílios que, vibrando de forma muito rápida, apresentam o mesmo comportamento do disco que gira em um giroscópio, ou seja, uma inércia muito grande a qualquer tentativa de se modificar a direção de suas oscilações.

A força que surge com as mudanças de direção é percebida por órgãos sensores apropriados e enviada ao cérebro na forma de impulsos que permitem ao animal corrigir ou manter sua rota.

Redes Neurais

A solução dada pelo homem no desenvolvimento dos computadores modernos não é baseada na Natureza. Esta, para processar as informações criou os neurônios, aglomerando-os posteriormente no que se denomina de um sistema nervoso central com um ponto máximo que é o cérebro.

Nenhum inseto ou animal usa lógica digital ou coisa semelhante como ferramenta de processamento de informações ou tomada de decisões em lugar do cérebro.

Entretanto, o homem pode estar agora se aproximando mais da natureza com a adoção de processadores que empreguem as mesmas soluções adotadas por ela, ou seja, baseadas no comportamento elétrico do neurônio (***figura 6***).



Diferentemente dos *flip-flops* e portas lógicas, os neurônios possuem uma certa flexibilidade na resposta que dão aos impulsos que os estimulam, fato esse que torna um sistema que os utilize muito mais facilmente integrável com as condições do ambiente em que ele opera, o que é uma exigência básica da Natureza para a questão da sobrevivência da espécie.

Empregando-se circuitos baseados em neurônios artificiais, ou seja, montando-se redes neurais, pode-se obter um comportamento diferente dos processadores, muito mais próximo dos seres vivos.

Desse modo, com base na Biônica, estão sendo utilizadas redes neurais que nada mais são do que circuitos que usam neurônios eletrônicos. Estes nada mais são do que circuitos que têm o mesmo comportamento de um neurônio natural, conforme ilustra a **figura 8**.

Além dos neurônios possuirem uma faixa passante de intensidades de impulso de estímulos que se desloca conforme o uso, o que permite-lhes se adaptar

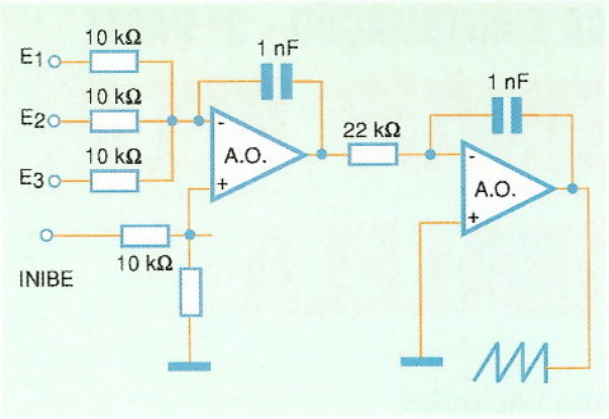


Figura 7 - Neurônio tipo "integrate and fire" usando amplificadores operacionais.

às condições de predominância de um tipo de estímulo num ambiente, eles possuem uma característica de inibição.

Com intensidades de estímulo acima de um certo valor, eles simplesmente deixam de operar, negando os estímulos de entrada.

Redes complexas formadas por estes neurônios têm levado os cientistas a descobrirem que o aprendizado é possível, e mesmo a tomada de decisões não programadas diante de certas condições de entrada. Isso leva a ciência a falar em inteligência artificial, uma vez que essas máquinas passam a ter as mesmas características dos seres vivos, ao que damos o nome de inteligência.

Nos laboratórios das grandes universidades como a USP, UNICAMP, UNB, etc., grupos de pesquisas que trabalham com redes neurais e inteligência artificial têm obtido resultados surpreendentes com equipamentos de uso prático.

Conclusão

Nem sempre a melhor solução para um problema técnico precisa ser definida pelo homem. Na verdade, nem sempre a melhor solução para qualquer problema técnico é a que o homem encontra.

A Natureza com seu laboratório vivo, no qual trabalha há milhões anos, teve oportunidade de fazer uma quantidade de experiências muito maior do que a que podemos realizar durante toda a nossa vida. Isso pode ter feito com que ela tenha encontrado soluções ideais para muitos problemas com que agora batalhamos.

Por que não estudar as soluções que a Natureza encontrou para os problema antes de pensarmos em adotar as nossas? Esta é justamente a finalidade de uma das mais interessantes das ciências, que é a Biônica.

Biônica na Internet

Future Horizons é uma empresa que comercializa produtos biônicos. Dentre os produtos anunciados com acesso no portal cujo endereço é dado a seguir, destacamos uma roupa de guerra e um "andador" mecânico que permitem que as pessoas caminham em terrenos acidentados a uma velocidade de aproximadamente 50 quilômetros por hora.

http://www.futureHorizons.net/

Links para Biônica

No endereço abaixo, uma grande quantidade de portais de Biônica e assuntos correlatos podem ser encontrados. Esses materiais versam sobre músculos artificiais, centros de pesquisa, etc.

http://www.aleph.se/Trans/Individual/Body/bion_page.html

Retina Artificial

No portal cujo endereço é dado a seguir, temos uma retina artificial além de uma série de informações sobre o Cyborg" ou "Organismo Cibernético", que seria o organismo com partes artificiais imitando as partes vivas ou um organismo vivo com partes mecânicas.

http://online.sfsu.edu/~swilson/emerging/artre332.bionics.html

Mais informações sobre Biônica podem ser encontradas nesse portal da **Design Matrix**, uma empresa da Califórnia. Esta empresa projeta sistemas industriais e produtos baseados em tecnologias avançadas incluindo a Biônica,

http://www.designmatrix.com/bionics/

Biônica no Brasil

Este portal, que é mantido pelo Dr. Orlando Zoghbi, da Faculdade de Medicina do Pará, tem um setor sobre Biogênese e Biônica, em português, que merece ser visitado. O endereço é:

http://www.informaxnet.com.br/bionica/

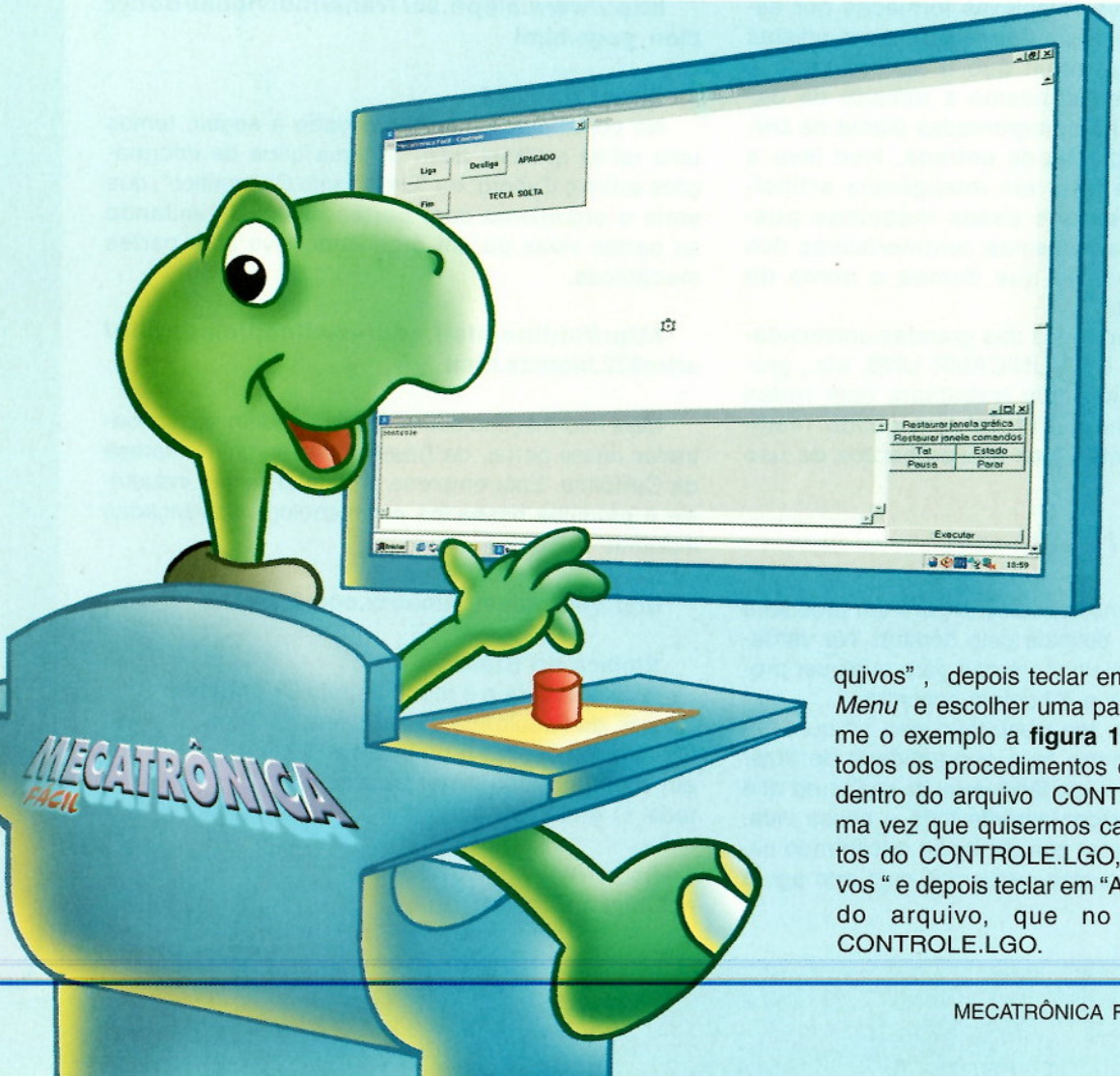


LINGUAGEM LOGO PARA ROBÓTICA E AUTOMAÇÃO - 3ª PARTE

COLETANDO SINAIS PELA PORTA PARALELA

Luiz Henrique Corrêa Bernardes

No artigo anterior descrevemos como controlar um LED através da porta paralela do PC. Neste, veremos como checar, através desta mesma porta, se uma chave está pressionada ou não. A partir de agora utilizaremos a atualização do software *SuperLogo* para a versão 3.0 que está disponível para *download* gratuito no *site* da Unicamp (**http://www.nied.unicamp.br**) na seção "Publicações e Software".



Porém, antes de começarmos a tratar do tema proposto, analisaremos as questões que deixamos em aberto no final do último artigo.

QUESTÃO 1

Você já sabe salvar e carregar os programas (procedimentos) que fez?

Para salvar os programas (que na realidade são os nossos procedimentos), basta teclar em "Arquivos", depois teclar em "Salvar" na barra de *Menu* e escolher uma pasta e um nome conforme o exemplo a **figura 1**. Com isso, salvamos todos os procedimentos que estiverem abertos dentro do arquivo CONTROLE.LGO. Da próxima vez que quisermos carregar os procedimentos do CONTROLE.LGO, bastará teclar "Arquivos " e depois teclar em "Abir" e escolher o nome do arquivo, que no nosso exemplo é CONTROLE.LGO.

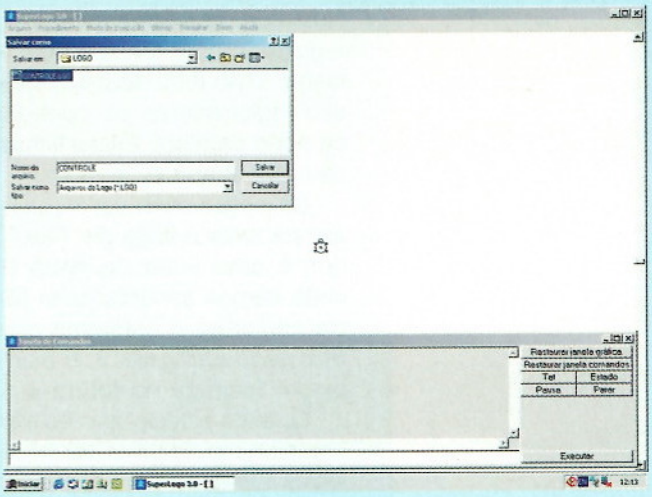


Figura 1 – Salvando procedimentos.

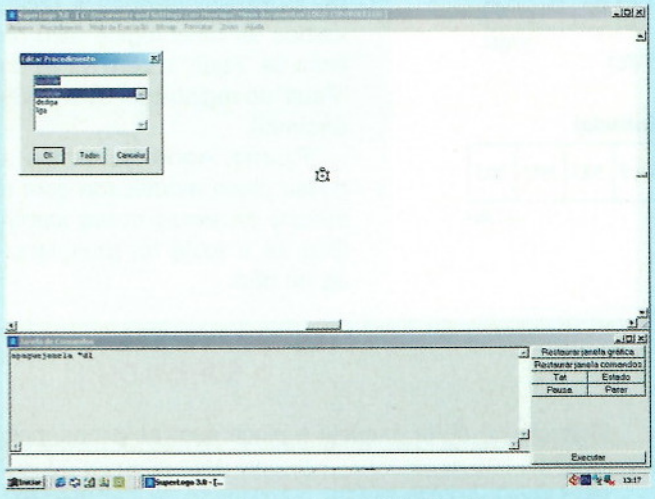


Figura 2 – Editando procedimentos.

QUESTÃO 2

Considerando que a janela "d1" fica sempre ativa, você já usou o comando apaguejanela ? (dica: no nosso programa tente apaguejanela "d1).

Quando criamos uma janela no Logo, ela permanece ativa até que seja enviado um comando de *apaguejanela*, no nosso caso chamamos a janela de d1. Então o comando será, conforme sugerimos, apaguejanela "d1.

QUESTÃO 3

É fácil colocar mais um botão para terminar o programa? Como se faz?

Sim, é muito fácil colocar mais um botão em nosso programa, para isso, basta ir até "editar procedimentos" (teclar "Procedimentos" e depois em "Editar") que aparecerá uma janela (conforme **figura 2**) com todos os procedimentos que podemos editar, e escolher o procedimento controle.

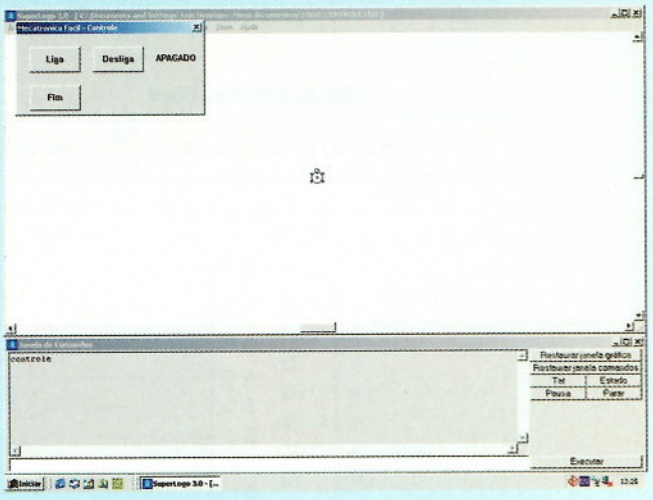


Figura 3 – Programa modificado.

Então, iremos alterar o procedimento onde as letras estão em negrito:

```
aprenda controle
criejanela "main "d1~
           [Mecatrônica Fácil~
            - Controle] 10 10 150 75
crieestático "d1 "LED [APAGADO]~
             110 15 50 25
criebotão "d1 "b1 "Liga 10 10 40 20~
          [LIGA]
criebotão "d1 "b2 "Desliga 60 10 40~
          20 [DESLIGA]
criebotão "d1 "b3 "Fim    10 40 40 20~
          [apaguejanela "d1]
fim
```

Com isso o nosso programa irá assemelhar-se à **figura 3**. Teste e veja como ficou. Lembrando que para executar novamente o programa bastará teclar "controle" na barra de comandos.

QUESTÃO 4

Como se faz para acender mais LEDs ?

A porta paralela tem disponível um byte (8 bits, você se lembra?) e na nossa montagem utilizamos somente

D_1	D_0	VALOR ESCRITO NA PORTA	COMENTÁRIO
0	0	0	Todos os LEDs apagados
0	1	1	Somente LED D_0 aceso
1	0	2	Somente LED D_1 aceso
1	1	3	Todos LEDs acesos

Tabela 1 – Possíveis configurações das saídas D0 e D1 para acender dois Leds.

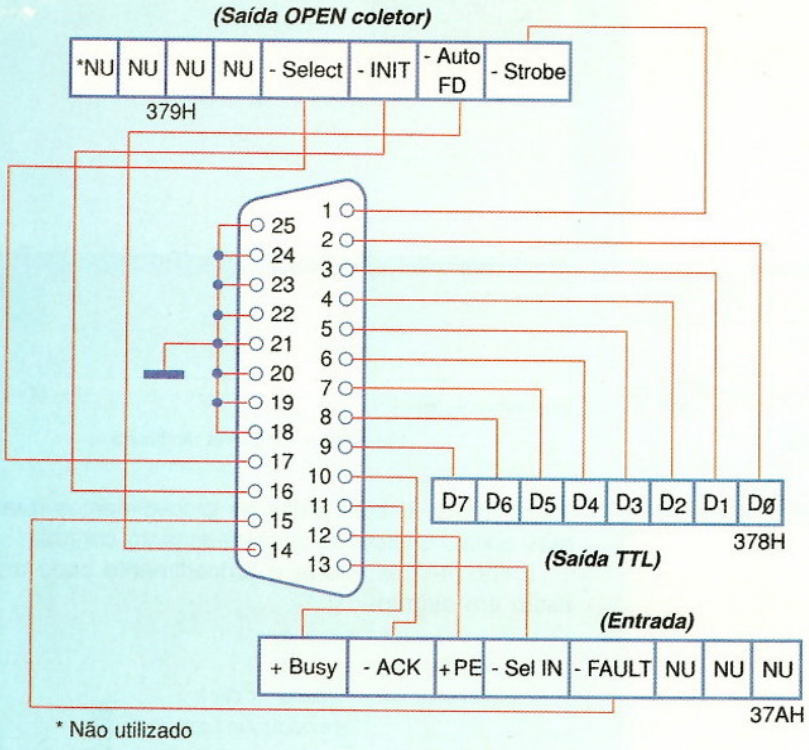


Figura 4 – Representação do *port* 378h.

o bit D0 no qual quando escrevemos 1 o *Led* acende, e quando escrevemos 0 o *Led* apaga. Para colocar mais um *Led*, basta adicionar mais um circuito de acionamento e em vez de conectar em D0 , devemos conectar em D1. Agora para ligar/desligar os Leds teremos que utilizar a **tabela 1**.

COLETANDO INFORMAÇÕES

Agora que já analisamos as questões, abordaremos um assunto novo que é manusear entradas que, em conjunto com o manuseio de saídas, nos permitirá fazer várias automações !

Nós vimos anteriormente que para acender um *Led* tínhamos que escrever no *port* 378h (888 em decimal). Na **figura 4** mostramos uma representação desse *port* em formato de byte dividido em bits e suas conexões com a porta paralela.

As linhas D0 a D7 representam as linhas de dados do conector da porta paralela. Note que as outras estão nos registradores 379h (889 decimal) e 37Ah (890 decimal), que são registradores de controle da porta paralela. Essas linhas são de entrada e de saída.

No nosso caso vamos utilizar somente a linha de "Fault", que é uma linha de entrada onde iremos conectar uma tecla conforme o esquema elétrico dado da **figura 5** e montagem ilustrada na **figura 6**.

Quando a tecla não estiver pressionada, iremos ter nível lógico 1, o que irá corresponder a bit 1 no bit "Fault" do registrador 379h (889 decimal). Agora, se pressionarmos a tecla, iremos ter nível lógico zero na linha de "Fault" e zero no bit de "Fault" do registrador 379h (889 decimal).

Pronto. Agora já temos a nossa placa modificada com a tecla e sabemos como identificar se a tecla foi pressionada ou não.

TESTANDO A CHAVE COM O SUPERLOGO

Conecte na porta paralela a placa sem as pilhas, pois as mesmas são necessárias somente para acender o LED.

No LOGO, iremos utilizar o comando "portaentadab". Se formos até "Ajuda" do SuperLogo, teremos a descrição do comando como:

portaentradab id_da_porta

Esse comando irá ler 1 byte (caractere) da porta especificada em id_da_porta e retorná-lo com um inteiro.

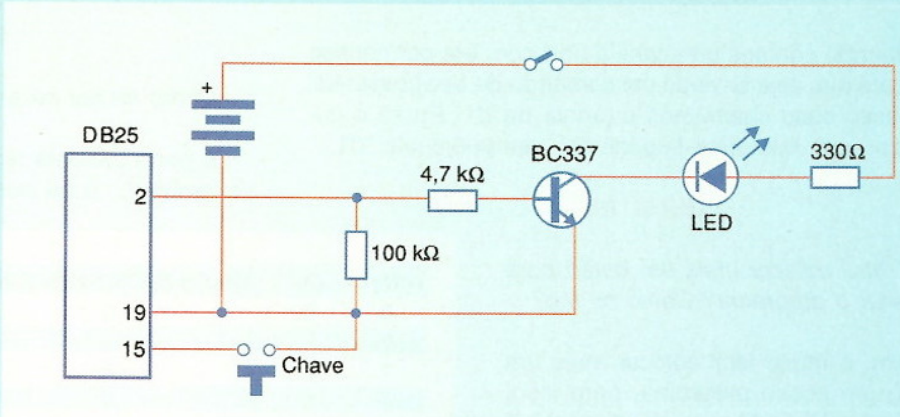


Figura 5 – Esquema elétrico. Note que foi acrescentada somente a chave ao esquema anterior.

0	1	1	1	1	0	0	0
+ Busy	*- Ack*	*+ Paper End*	*+ Sel In*	*- Fault*	*Não utilizado*	*Não utilizado*	*Não utilizado*

Tabela 2 - Sobreposição do valor binário em cima do registrador 379h, sem pressionar a tecla.

0	1	1	1	0	0	0	0
+ Busy	*- Ack*	*+ Paper End*	*+ Sel In*	*- Fault*	*Não utilizado*	*Não utilizado*	*Não utilizado*

Tabela 3 - Sobreposição do valor binário em cima do registrador 379h, com a tecla pressionada.

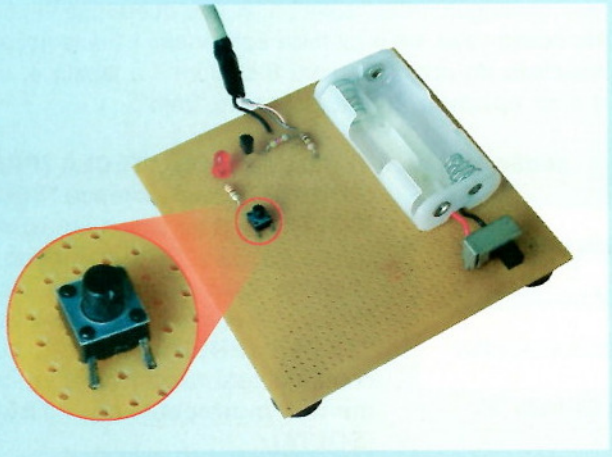


Figura 6 – Foto da montagem com a chave.

O id_da_porta especifica uma porta de "hardware". Não confunda esse comando com Abraporta e Leiacaractereporta, que são para comunicação via portas Serial e Paralela. Veja também Portaentrada e Portasaídab.

id_da_porta: (INTEIRO) Especifica de qual porta de hardware você deseja ler.

Em outras palavras, esse comando lê a porta especificada e retorna o valor lido na forma de um caractere (byte), ou seja, os nossos 8 bits ! Então, vamos ver como funciona:

Sem a tecla da placa estar pressionada, execute o comando abaixo na janela de comandos:

```
mostre portaentradab 889
```

O SuperLogo irá mostrar o valor 120 que em hexadecimal é 78h e em binário é 01111000. A **tabela 2** exibe a sobreposição do valor binário em cima do registrador 379h.

O "~" no final de uma linha significa que a linha foi quebrada, ou seja, a linha de baixo faz parte do mesmo comando.

Observe que o bit "-Fault" está com 1. Agora se executarmos o comando novamente com a tecla pressionada, teremos o valor 112 que em hexadecimal é 70h e em binário é 01110000. A **tabela 3** ilustra a sobreposição deste sobre o registrador 379h.

Note que, desta vez, o bit "-Fault" está com zero. Agora você deverá estar pensando:

Eu sei que quando eu aciono o LED preciso executar apenas uma vez o comando **"portasaída 888 1"** , mas para saber se a chave esta pressionada ou não, tenho que executar várias vezes o comando **"portaentradab 889"**, pois em dado momento a tecla pode estar pressionada e noutro não. Para solucionar esta questão, contaremos com um poderoso recurso do LOGO, que é o temporizador, que executa um procedimento na freqüência de tempo que estipularmos. Por exemplo, se estipularmos uma temporização de 200 milissegundos (1/5 de segundo) para fazer a leitura da chave, então a cada 200 milissegundos o procedimento de ler chave será executado. Para entender melhor este comando, vamos modificar o nosso procedimento de controle para:

```
aprenda controle
ativetemporizador 1 200 [VECHAVE]
criejanela "main "d1 [Mecatrônica~
           Fácil - Controle] 10 10~
           170 75
crieestático "d1 "LED [APAGADO] 110~
             15 50 25
crieestático "d1 "TEXTO [TECLA] 85~
             44 50 25
crieestático "d1 "TECLA [SOLTA] 110~
             44 50 25
criebotão "d1 "b1 "Liga 10 10 40 20~
          [LIGA]
criebotão "d1 "b2 "Desliga 60 10 40~
          20 [DESLIGA]
criebotão "d1 "b3 "Fim   10 40 40 20
[apaguejanela "d1~
              desativetemporizador 1]
fim
```

e criar um novo procedimento de **verificar a chave**:

```
aprenda VECHAVE
desativetemporizador 1
atribua "chave portaentradab 889
atribua "chave bite :chave 8
senão :chave = 0 [mudeestático~
        "TECLA [PRESSIONADA]]~
        [mudeestático "TECLA [SOLTA]]
ativetemporizador 1 200 [VECHAVE]
fim
```

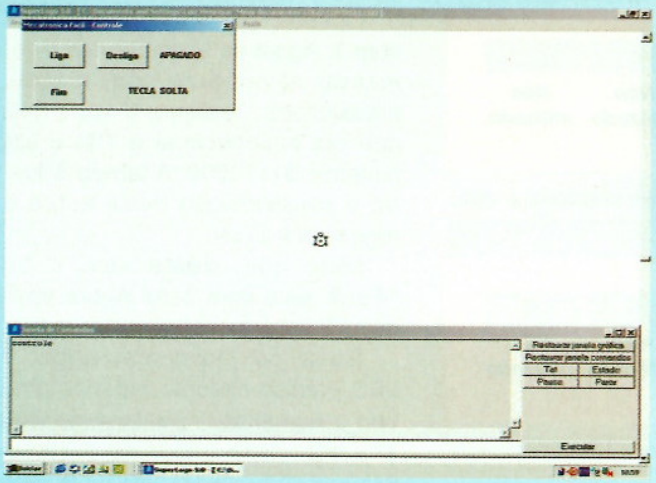


Figura 7 – Tela do programa.

além de utilizar os procedimentos LIGA e DESLIGA que fizemos no artigo da edição anterior.

Não se esqueça de salvar todos os procedimentos, pois quando utilizamos o temporizador temos que ter muito cuidado, visto que se programarmos algo errado poderemos perder o controle do programa, veja em "Ajuda" a descrição do comando "ativetemporizador".

Nesse ponto é só colocar as pilhas e testar esse novo procedimento "controle", e ver o que acontece. Se tudo estiver certo, iremos ter uma tela parecida com a mostrada na **figura 7**; caso contrário, verifique se você efetuou corretamente os passos que descrevemos. Agora, toda vez que apertarmos a chave aparecerá o texto de "TECLA PRESSIONADA", e quando soltarmos, o texto "TECLA SOLTA" irá ser escrito na janela do programa. Mas, como funcionam os comandos novos que utilizamos no procedimento "vechave"? Vamos ver:

$VALOR_1$	$VALOR_2$	RESULTADO DA OPERAÇÃO "E"
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabela 5 – Lógica da Operação "E".

desativetemporizador 1 - desativa o temporizador 1. Teoricamente não seria necessário colocá-lo, mas para efeitos de depurar o programa (passo a passo) é recomendável fazê-lo.

Sinal	+ Busy	- Ack	+ Paper End	+ Sel In	- Fault	Não utilizado	Não utilizado	Não utilizado
Valor lido na porta	0	1	1	1	1	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0
Resultado da operação "E"	0	0	0	0	1	0	0	0

Tabela 4 – Resultado da operação "E" entre o valor lido na porta e o número 8.

atribua "chave portaentradab 889 - Aqui, estamos criando uma variável chamada chave e atribuindo o valor lido na porta 889 em decimal ou 379 em hexadecimal.

atribua "chave bite :chave 8 – Esse comando atribui o valor à variável chave com o resultado da operação lógica "E" entre o valor inicial de chave (lido na porta paralela) e o valor 8. Fazemos isso para "isolar" o valor do bit correspondente a nossa chave. Para ficar mais claro, vamos exemplificar a operação "E" utilizando a **tabela 4**, onde lemos o valor da porta paralela (120 em decimal e 78 em hexadecimal). A tabela ilustra o resultado da operação.

A operação " E " é feita bit a bit e obedece a lógica exibida na **tabela 5.**

Resumindo: se um dos valores for "zero" o, resultado será "zero" independente do outro valor ser "um"; com isso conseguiremos "isolar" o bit que queremos verificar. No nosso caso, se o bit false estiver em 1 (tecla solta), o resultado da operação será 8 conforme a tabela 4, e se estiver apertada, o resultado será "zero".

senão :chave = 0 [mudeestático "TECLA [PRESSIONADA]] [mudeestático "TECLA [SOLTA]] - Aqui temos um comando de decisão. Se o conteúdo da chave for igual a "zero", será executado o procedimento **mudeestático "TECLA [PRESSIONADA]**; caso contrário será executado o procedimento **mudeestático "TECLA [SOLTA].**

ativetemporizador 1 200 [VECHAVE] - Aqui ativamos novamente o nosso temporizador com intervalo de 200 milissegundos e a cada intervalo deste será executado o procedimento **VECHAVE**.

Você notou que os nossos programas estão ficando mais complexos? Recorda-se que tudo começou com o desenho de um quadrado pela nossa tartaruga?

Com isso, pode perceber que para fazer um programa complexo (ou quase!) nós o dividimos em várias tarefas ou procedimentos (no nosso caso LIGA, DESLIGA e VECHAVE). Você deve ter notado também que testamos cada procedimento e comando independentemente e, com isso, conseguimos entender e analisar de uma maneira mais fácil seu funcionamento. De uma maneira que talvez não tenha percebido, nós fizemos uma depuração do programa e da nossa placa. Mas, o mais importante de tudo, é que dividimos o nosso "grande" problema em "pequenos" problemas. Podemos entender melhor se analisarmos o fluxograma do nosso programa na **figura 8.**

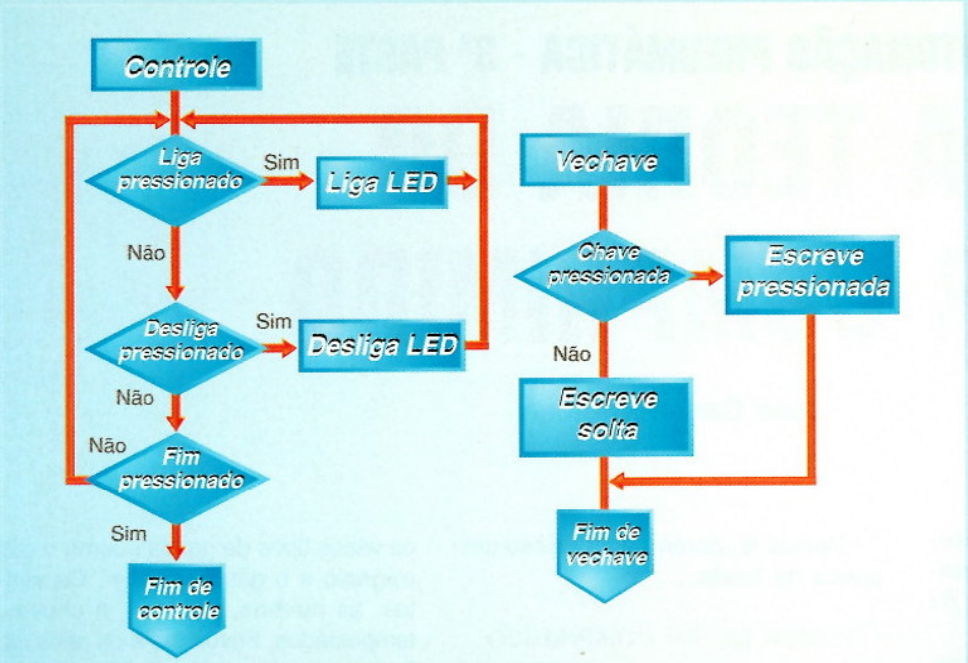


Figura 8 – Fluxograma do programa desenvolvido.

Note que o fluxograma não são os comandos, mas sim a descrição simplificada do nosso programa ou do que queremos que ele faça.

Você deve estar se perguntando: "Mas porque eles estão me falando dessas coisas "chatas"?

Concordamos que o assunto é chato, mas é muito importante, pois quando entendemos o problema, fica mais fácil de programar e de depurar o programa, seja pelo próprio autor ou por outra pessoa. Isso significa que sempre devemos nos preocupar com a documentação de nossos programas e projetos, com a descrição do que ele faz, as rotinas que ele tem, fluxogramas, desenhos, fotos entre outras coisas que possam nos ajudar a "lembrar" o que fizemos. Imagine, por exemplo, daqui a 6 meses você rever o procedimento de VECHAVE e se perguntar:

Porque eu utilizei 8 no comando atribua "chave bite :chave 8 e não 16? **Será que 8 é o valor correto?**

Você sabe qual é o melhor momento para se fazer a documentação do programa ou projeto?

Se respondeu no final, talvez nunca a faça, pois sempre haverá outra coisa a ser realizada mais interessante do que documentação e ela sempre será deixada de lado. Então, o melhor momento para documentar um projeto é durante a sua execução, porque as informações estão nascendo "fresquinhas" na sua mente.

Bem, estamos finalizando mais um artigo desta série. Conseguimos controlar um LED e saber se uma tecla está pressionada ou não, e entendemos a importância da documentação. A partir da próxima edição iniciaremos um projeto de Automação. Enquanto você aguarda, tente fazer:

1- Um programa onde: Pressionando a chave na placa, acende o LED, e quando soltamos o LED apaga. Não vale ligar com fio a chave diretamente no LED!

2- Um programa onde eu pressiono a chave na placa e o LED acende, e quando solto a chave o LED permanece aceso; se eu pressionar a chave novamente, o LED se apagará e assim sucessivamente .

Salientamos novamente que está disponível o fórum da revista (**http://www.mecatronicafacil.com.br**) para qualquer dúvida ou esclarecimento.

Boa diversão e até a próxima!



Atenção!

Faça a montagem com muita atenção, pois ligações erradas podem causar danos irreparáveis ao PC.

Porta Paralela no Windows 2000 e NT

O acesso à Porta Paralela no Windows 2000 e NT são feitos por *drivers* especiais e não por endereçamento como no Windows 95 / 98, portanto os comandos de acesso a portas para leitura ou escrita quando executados pelo Logo irão gerar erro.

AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA - 3ª PARTE

A TEORIA DO AR COMPRIMIDO

José Carlos Amadeo

Neste artigo iremos abordar de forma mais abrangente a "Teoria do Ar Comprimido".

Para aqueles leitores que, por qualquer motivo, perderam a primeira edição desta revista, achamos por bem fazer uma recordação de alguns tópicos, expandindo-os um pouco mais.

Sendo assim, trataremos de:

- A composição do ar;
- Algumas informações sobre sua "geração";
- Tabelas de conversão;
- Exemplos do custo do ar comprimido.

Este último tópico sempre foi muito importante, porém começou a tornar-se importantíssimo depois das notícias sobre o "apagão" relacionado à redução do consumo de energia elétrica, onde aparecem o(s) compressor(es) de ar comprimido como "vilões" desta história.

A "Redução de Custos" será assunto de futuros artigos, mas julgamos importante dar uma introdução ao tema, para que todos aqueles que se interessam em aprender um pouco sobre "Automação Pneumática" tenham sempre em mente esses custos, ou melhor dizendo, essas "despesas".

Iremos demonstrar de que forma podemos reduzir esses custos, aumentar a produção, melhorar a qualidade do produto final, diminuir os índices com a manutenção de equipamentos, enfim, tudo aquilo que um técnico em ar comprimido tem por obrigação saber obtendo benefícios desse conhecimento.

Vamos lá, porém, antes disso um pouco de teoria...

TEORIA DO AR COMPRIMIDO

Um pouco de conhecimento sobre nossa atmosfera

Depois que a crosta do nosso planeta solidificou-se, ele foi circundado por hidrogênio. O suprimento de hidrogênio a partir do magma cessou quando a crosta endureceu. Assim, parte do hidrogênio desapareceu no Universo e os gases como amônia e vapor de água transformaram-se em nitrogênio e oxigênio, por fotossíntese. Dessa forma, foi criada a nossa atmosfera dos dias atuais.

A camada mais próxima, que vai do solo até uma altura aproximada de 12 Km., é chamada de **Troposfera** - (***vide figura 1).*** Nela, encontramos os vários tipos de gases (como o gás oxigênio e o gás carbono) . Os ventos, as nuvens, a neve , a chuva , tempestades, trovoadas e os raios, se formam nesta região. A temperatura diminui com o aumento da altitude. Acima desta camada, encontram -se a **Estratosfera e a Mesosfera**. Na Estratosfera quase não há oxigênio; o ar é mais rarefeito e as temperaturas são muito baixas, em média de - 50º C. Essa região é livre de nuvens e tormentas, onde navegam os aviões a jato, por não existir perigo de "mau tempo". Os seres vivos não sobrevivem nesta região, devido a baixa temperatura - (o gás predominante é o nitrogênio). A próxima camada é a **Mesosfera**, que se estende até cerca de 80 Km de altitude, com temperaturas mais baixas, chegando a - 120º C - condutora de eletricidade e reflete as ondas de rádio - importante camada para pesquisas meteorologicas. A próxima camada é a **Termosfera**, que alcança cerca de 640 Km acima da superfície terreste. Esta camada recebe o nome de **Termosfera** porque sua temperatura aumenta com a altitude, chegando a mais de 1000 º C. , e é nesta camada que encontramos os meteoritos, que são corpos rochosos ou metálicos que vêm do espaço cósmico. E a última camada atmosférica é chamada de **Exosfera**, onde o ar é extremamente rarefeito. Ela se inicia a uma altitude de cerca de 500 Km. e vai até 1.000 Km de altitude aproximadamente - Nesta camada temos o limite entre a atmosfera e o espaço cósmico, onde as forças de gravidade de nosso planeta são reduzidos a tal ní-



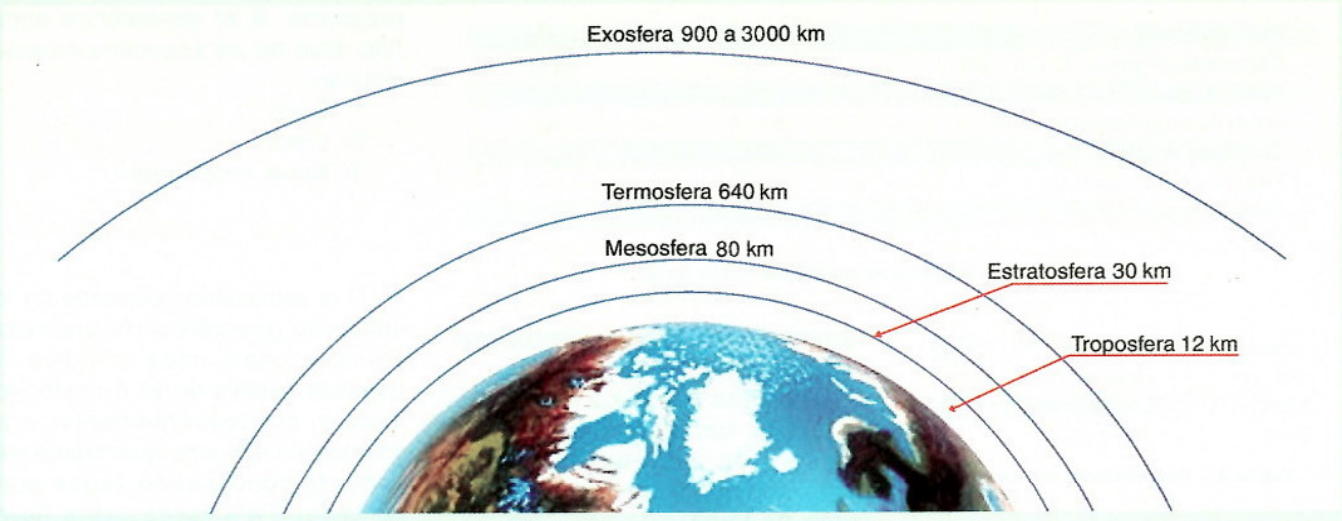


Figura 1

vel que os átomos e moléculas com velocidades suficiente podem desaparecer no Universo. A ***tabela 1*** mostra a altitude destas camadas.

Apenas como curiosidade, o gás predominante na **Exosfera** é o gás Hidrogênio , com temperaturas que durante o dia chega a ultrapassar os 2.000 º C , e a noite cai para cerca de - 270º C. e a pressão atmosférica é muito baixa, bem menor do que a pressão na superfície terreste. Por isso, para trafegar nessas camadas, os aviões têm seu interior pressurizado, hermeticamente fechado e a pressão em seu interior é mantida semelhante à pressão da superfície terrestre, garantindo que o ar tenha uma pressão adequada à respiração dos passageiros.

O ar

O ar é um gás incolor, inodoro e insípido. É uma mistura de vários outros gases individuais. Uma estimativa mais cuidadosa prevê 15,17.10 ^{17} kg para a massa total de atmosfera que circunda o nosso planeta. Essa massa é um pouco menos da milionésima parte do planeta. A composição do ar permanece relativamente constante desde o nível do mar até uma altitude aproximada de 20 km.

Propriedades do Ar

- O ar que respiramos é elástico e compressível.

Camadas Gasosas da Atmosfera
Exosfera.....de 640 km a 3.000 km
Termosfera.....de 80 km a 640 km
Mesosfera.....de 30km a 80 km
Estratosfera.....de 12 km a 35 km
Troposfera.....de 0 km a 11 km

Tabela 1 – Altitude das camadas atmosféricas.

- Ocupa todo espaço onde está contido.

- É composto principalmente por nitrogênio e oxigênio:

- A ***tabela 2*** mostra a composição do ar.

A nossa atmosfera não contém somente gases, mas também uma mistura de partículas sólidas, tais como: poeira, areia, fuligem e cristais de sais. Nas grandes cidades o número destas partículas pode alcançar 500.000 por m^3.

Nos cumes das montanhas mais altas não são encontradas essas partículas, mas o ar nesses locais, entretanto, é poluído por poeira cósmica. É estimado que cerca de 14 milhões de toneladas de poeira cósmica atingem a Terra a cada ano.

Como o ar é uma mistura mecânica e não uma substância química, seus componentes podem ser separados. Isso é feito normalmente por resfriamento do ar -196ºC a partir do que os vários componentes são separados por destilação fracionada. Dos constituintes que compõem o ar, somente o oxigênio e o nitrogênio são necessários à vida. O oxigênio é necessário para suportar os processos de metabolismo pelos quais nosso corpo converte os carboidratos, as proteínas e as gorduras contidas nos nossos alimentos, em calor e energia. Em média, uma pessoa consome aproximadamente 740 l de oxigênio (que é igual a 1 kg de oxigênio) a cada 24 horas. O peso do oxigênio consumido é, dessa forma, praticamente igual ao peso dos alimentos consumidos durante o mesmo período. O nitrogênio que nós respiramos não tem função metabólica, mas serve como diluente inerte, e mantém inflada, certas cavidades do corpo com o gás, tais como os alvéolos pulmonares, o ouvido médio e as cavidades do sinus.

Nitrogênio	78,09%	N_2
Oxigênio	20,95%	O_2
Argônio	0,93%	Ar
Dióxido de Carbono	0,03%	(*)
(*) entre outros inúmeros gases		

Tabela 2 – Composição química do ar.

A ***tabela 3*** mostra as mais importantes constantes físicas do ar.

Pressão atmosférica

A pressão atmosférica é medida pelo peso do ar que está acima de nós. Ela é menor quando estamos no topo de uma montanha e maior quando estamos em uma mina.

A pressão atmosférica padrão é definida pela "Organização Civil In-

Peso molecular	28,96	kg/kmol
Densidade do gás a 15º C e 1 bar	1,21	kg/m³
Ponto de ebulição a 1 bar	'78,8	ºK
Ponto de congelamento a 1 bar	57 - 61	ºK
Constante do gás	286,9	J/kg ºK
Pressão crítica (absoluta)	37,7	bar
Temperatura crítica	132,5 ºK	

Tabela 3 - As mais importantes constantes físicas do ar.

1 mm Hg	1 Torr
760 Torr	vácuo absoluto (zero)
1 Torr	0,0979 mbar (*)
0 Torr	vácuo pleno

Tabela 4 - Para medidas no vácuo.

ternacional de Aviação". A pressão e a temperatura ao nível do mar são 1013,25 milibar absoluta e 288 ºK (15 º C), respectivamente.

A pressão atmosférica pode ser medida pela altura da coluna do líquido no vácuo. No caso da água, o tubo do barômetro de água poderia ter 10 metros de comprimento.

O mercúrio (Hg) é 13,6 vezes mais denso do que a água e, por isso, um barômetro de mercúrio não requer um tubo tão alto. A ***tabela 4*** ilustra alguns valores de medidas no vácuo.

Atmosfera e Vácuo

A força da pressão atmosférica é utilizada em sistemas manipuladores com ventosas de vácuo e em sistemas de máquinas/equipamentos de peças formadas por vácuo *(vaccum forming)*.

Unidades de Pressão

A unidade mais utilizada em sistemas de ar comprimido (e definidas pelo Sistema Internacional de Medidas – SI) para a pressão ou tensão mecânica é o Pascal (Pa). A ***tabela 5*** apresenta algumas equivalências de valores.

UNIDADE DE FORÇA - SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

As forças são indicadas em Newton (N), que é uma nova unidade para indicar forças (antes Kp), conforme o SI *(System International Unites)*.

O Newton é a força que, agindo sobre um corpo de massa igual a 1 kg, lhe atribui a aceleração constante de 1 m/s² na direção da força.

Dado que: força = massa x velocidade, temos:

1 N = 0,102 Kp ; 1 Kp = 9,81 N ~ 10 N

Para facilitar esta troca de unidade, ao lado do valor em N é indicado também o valor correspondente em Kp. Com o arredondamento da fórmula (1 Kp = 10 N e 1 N = 0,1 Kp), na prática pode haver uma variação de 2%.

REGRAS DE CONVERSÃO

Para operar com unidades derivadas do Sistema Internacional (SI), seus múltiplos e submúltiplos, ou ainda saber os valores de medidas em outros sistemas, basta procurar sua definição ou consultar a tabela de prefixos. A **tabela 6** apresenta alguns exemplos de conversão, e a mostra alguns fatores de conversão para escalas de temperatura.

QUALIDADE DO AR COMPRIMIDO

A qualidade do ar comprimido depende muito da qualidade do ar atmosférico admitido pelos compressores. A ar atmosférico admitido deve ter as seguintes características:

1- Seco
2- Limpo
3- Baixa temperatura.

AR ATMOSFÉRICO SECO

O ar atmosférico depende da localização geográfica da empresa. Existem locais onde o índice de umidade relativa do ar é muito elevado e, conseqüentemente, o ar comprimido terá uma quantidade elevada de condensado (água condensada). Para esses casos deve-se buscar as soluções mais adequadas para a eliminação desse condensado.

A temperatura do ar atmosférico e a umidade relativa do ar contribuem, muito para o surgimento da água condensada no sistema de ar comprimido. Dessa forma, a eliminação do condensado deverá ser, em princípio, de forma mecânica (purgadores) e a mais eficiente possível. Dependendo do grau de qualidade que se necessite, existem secadores de ar comprimido eficientes e de capacidade adequada.

O **primeiro passo** para a eliminação do condensado está na eficiência do resfriador posterior (*aftercooler*). Deve-se verificar se o mesmo não está subdimensionado, se a pressão da água da refrigeração é adequada, pois a pressão irá influenciar na velocidade da água no interior do resfriador posterior. Lembre-se que alta velocidade não permite uma boa troca de calor. Deve-se verificar se a água de refrigeração é tratada ou não. Quando não tratada ou inadequada, irá criar incrustações de minerais, iodo, etc. formando uma isolação térmica que

Dimensão básica: 1 Pa	= 1 Nm² (1 bar	= 100.000 Pa)
1 bar	= 10^5 Pa	= 100000 Pa = 100 kPa = 14,5 psi
1 Pa	= 0,0001 bar	= 0,000145 psi
1 psi	= 0,069 bar	= 6897,8 Pa
1 mm Hg	= 1,334 mbar (*)	
1 mm H_2O	= 0,0979 mbar (*)	
	(*) Valores aproximados	

Tabela 5 – Algumas conversões de medida de pressão.

mm^2 em cm^2 ou m^2	1 mm = 0,1 cm = 0,01 m 1 mm^2 = 0,01 cm^2 = 0,0001 m^2
Polegadas quadradas em cm^2	1 polegada = 2,54 cm
Polegada x polegada	2,54 cm x 2,54 cm = 6,4516 cm^2 (*)
cm^2 em polegada/quadrada:	1 cm = 1: 2,54 = 0,3937 1 cm^2 = 0,3937 x 0,3937 = 0,1549 polegadas ^{2}
	0,3 m^2 para cm^2 0,3 m^2 = 0,3 m x m = 0,3 x 100 cm x 100 cm = 3.000 cm cm = 3.000 cm^2
	2.500 dm^3 em m^3 2.500 dm x dm x dm = 2500 x 0,1 m x 0,1 = 2,5 m^3
	20 km/h em m/s 20 x (1.000 m/3.600 s) = 5,5 m/s
	10 m/s em km/h $10 \times \left(\frac{1}{1000}\right)$ km $\div \left(\frac{1}{3600}\right)$ h = $10 \times \left(\frac{1}{1000}\right) \times \left(\frac{3600}{1}\right)$ km/h = 36 km/h

Tabela 6 – Exemplos de conversão.

não permitirá uma eficiente troca de calor entre o ar comprimido e a água de refrigeração. Assim, o ar comprimido irá sair do resfriador posterior ainda com alto teor de umidade. Essa umidade indesejável irá se condensar mais para frente na rede de distribuição e nos pontos de consumo do ar comprimido.

O **segundo passo** é o resfriamento do ar comprimido no pulmão (reservatório). Temos encontrado inúmeras vezes temperaturas que variam de 40º C a 50º C. Verdadeiros absurdos. Os pulmões têm como um de seus objetivos permitir a troca de calor entre o ar comprimido e o meio ambiente que o cerca. Essas altas temperaturas podem ser provenientes da temperatura da sala do compressor (freqüentemente o compressor está próximo a caldeiras ou outras fontes de calor), ou ainda da deficiência de ventilação na sala do compressor, ou da ineficiência do resfriador posterior, ou da proximidade entre o pulmão e o compressor, ou o compressor operando com elevadas temperaturas e com deficiência de refrigeração.

Celsius para Kelvin:	+ 273
Kelvin para Celsius:	- 273
Celsius para Fahrenheit:	x 9/5 + 32
Fahrenheit para Celsius:	- 32 x (5/9)
Kelvim para Fahrenheit:	x 9/5 + 255,33
Fahrenheit para Kelvin:	- 255,32 x (5/9)

Tabela 7 - Escalas de temperatura.

Muitas vezes também, os pulmões estão expostos às irradiações solares e isso faz com que suas paredes tenham elevadas temperaturas, não permitindo assim a boa troca de calor para condensar o máximo possível da água existente no ar comprimido antes deste ir para a rede de distribuição. O ideal é cobrir os pulmões com um telheiro simples, com boa ventilação, evitando-se elevadas temperaturas nas paredes dos mesmos.

O **terceiro passo** para eliminar o condensado na rede de ar comprimido são os separadores de condensado e os purgadores. Os mesmos devem ser adequados e bem dimensionados.

AR ATMOSFÉRICO LIMPO

O ar atmosférico deve ser o mais limpo possível, isto é, isento de partículas sólidas e gases ácidos. A poluição ambiental é extremamente prejudicial ao ar comprimido.

As partículas sólidas ficam retidas nos filtros de admissão (# 3 mm a # 20 mm), mas nem sempre os mesmos conseguem reter as partículas menores, as quais acabam passando para o interior do compressor e fluindo com o ar comprimido até os filtros das linhas de serviço. Nos compressores de parafusos as partículas, dependendo das dimensões, ficam retidas no filtro separador ar/óleos. As partículas, se muito pequenas, passam e podem ser retidas no filtro do óleo. De qualquer forma, as partículas acabam comprometendo o sistema, tanto para compressores de pistão como para os compressores de parafusos. O excesso delas reduz a vida útil dos filtros e eleva o custo de troca e manutenção.

O maior problema são os gases, pois estão intimamente ligados com o ar atmosférico e não há como eliminá-los de forma simples e a baixo custo. Os piores gases são os ácidos, pois corroem as partes metálicas do compressor, do resfriador posterior, dos pulmões, da tubulação, dos acessórios (filtros, reguladores de pressão e lubrificadores), válvulas, cilindros, ferramentas pneumáticas, equipamentos, etc.

Através da análise da água condensada no ar comprimido, é possível saber se o ar atmosférico está contaminado de gases ácidos, e assim buscarmos uma solução para o problema.

AR ATMOSFÉRICO COM BAIXA TEMPERATURA

A temperatura do ar atmosférico deve ser a mais baixa possível, pois com temperaturas menores tem-se uma melhor relação entre a massa de ar atmosférico e o volume de ar admitido pelo compressor. A massa de ar é de grande importância para o ar comprimido, principalmente o utilizado em processos (refinarias, aciarias, etc.) onde a massa do ar comprimido faz parte do processo.

O ar atmosférico com baixa temperatura na admissão do compressor contribui para minimizar o condensado no resfriador posterior e no pulmão (reservatório), bem como permite ao compressor uma vida útil maior.

OUTROS FATORES QUE INFLUEM NA QUALIDADE DO AR COMPRIMIDO

Altas temperaturas provocadas pelos compressores, devidas aos

sistemas de refrigeração, inadequação do uso dos mesmos ou por outras causas, diminuem a vida útil do óleo de lubrificação afetando sua viscosidade, tornando-o acidulado, ocasionando o surgimento de partículas metálicas como também o aparecimento de partículas carbonizadas.

O **óleo lubrificante** do compressor perdendo sua viscosidade, isto é, tornando-se fluídico, provoca o vazamento pelas juntas e pelas válvulas de descarga nos compressores do tipo pistão. Sua acidez ataca as paredes do reservatório do óleo, nas camisas dos cilindros, nas válvulas de admissão e nas válvulas de descargas.

Nos compressores do tipo parafuso os ácidos atacam os rotores desgastando as superfícies, perdendo a vedação e conseqüentemente a eficiência. Esses ácidos atingem também todos os equipamentos instalados na rede de ar comprimido.

O óleo queimado torna-se pastoso, áspero e abrasivo e é extremamente prejudicial, aumentando substancialmente os custos de manutenção. A pasta de óleo e as condições desfavoráveis provocam o surgimento dessas partículas carbonizadas que, com o decorrer do tempo, começam a obstruir as tubulações, danificar as válvulas dos compressores, prejudicar os sistemas de troca de calor nos resfriadores posteriores, obstruindo a passagem do ar comprimido.

Muitos pensam que o óleo gerado do compressor (existente na rede de ar comprimido) irá lubrificar as ferramentas pneumáticas, entre outros equipamentos. Na verdade, este óleo acidulado, com excesso de partículas carbonizadas, irá, como já foi mencionado anteriormente, prejudicar todos os equipamentos pneumáticos.

Outro fator importante está nos **tubos galvanizados,** cujas partículas carbonizadas, mais o excesso de água condensada, e o mau dimensionamento das tubulações, provocam um aumento da velocidade do ar comprimido, ampliando dessa forma o atrito interno, desgastando a camada de zinco protetora dos tubos, causando a corrosão dos tubos e surgindo as partículas ferruginosas, que são arrastadas pelo fluxo do ar comprimido, comprometendo todos os equipamentos que irão receber este "ar contaminado".

COMO ADMINISTRAR O CONSUMO DO AR COMPRIMIDO

Para gerenciar eficazmente o sistema de ar comprimido é de relevante importância se conhecer:

1. A vazão real de cada compressor e o seu rendimento (capacidade total de geração)
2. O consumo de ar comprimido por ponto de consumo, por área e o total.
3. O consumo total por vazamentos (desperdícios).

Temos que entender que a administração do sistema de ar comprimido é semelhante a um livro contábil, pois se deve registrar o que entra e o que sai. Na instalação de um novo dispositivo ou de um novo equipamento deve-se registrar o consumo do mesmo e subtrair do valor gerado conhecido. Assim tem-se um acompanhamento do consumo e do ar comprimido disponível no sistema.

Pouquíssimas empresas têm uma administração e monitoração eficiente do sistema de ar comprimido, o mesmo não ocorrendo com o sistema elétrico e com o sistema de vapor.

A empresa deve conhecer o consumo de cada ponto de ar comprimido, bem como a pressão necessária para maximização do processo produtivo.

Normalmente, ocorre o acréscimo de novos pontos de consumo de ar comprimido sem levar em conta qual é a capacidade real total de geração e o consumo total. Assim, o sistema de ar comprimido acaba ficando subdimensionado, pois na medida em que se vai acrescentando novos consumos, como conseqüência, ocorre a queda de pressão no sistema.

Quando a pressão de trabalho está inadequada, abaixo da especificada no projeto, um cilindro pneumático torna-se mais lento e, dessa forma, aumenta o tempo de operação resultando em queda de produtividade. Existem equipamentos e válvulas que não operam com pressões inferiores para as quais foram projetadas, causando queda na produtividade. Por outro lado, o menor volume de ar comprimido no sistema provoca quedas de pressão.

Todo sistema pneumático, com a queda de pressão, fica comprometido e ineficiente, recaindo a "culpa" sobre os dispositivos pneumáticos. Olha-se o efeito e não a causa da deficiência.

Quando o consumo de ar comprimido se aproxima do gerado pelo(s) compressor(es), deve-se tomar medidas preventivas para evitar que o sistema entre em colapso, medindo-se o consumo em cada ponto através de procedimentos normalizados, e administrando o consumo parcial e global. Este poderia ser chamado de "um segundo passo para a administração do consumo de ar comprimido".

VAZAMENTOS E DESPERDÍCIOS

Os vazamentos e os desperdícios encontrados na maioria das empresas que utilizam o ar comprimido, além de comprometer a função dos equipamentos instalados, irá elevar os custos operacionais.

Todos os compressores são acionados por motores elétricos, portanto os vazamentos provocam o desperdício de energia elétrica, gastando-se mais energia para comprimir o ar atmosférico e posteriormente devolvê-lo para a atmosfera sem realizar qualquer trabalho. O desperdício de energia vem acompanhado pela redução da vida útil do óleo lubrificante, dos rolamentos, dos pistões, dos cilindros, das válvulas, dos filtros e das demais partes móveis dos compressores.

Para darmos um exemplo, medimos o consumo de um bico de limpeza (mangueira de ar) com o diâmetro de ½ ". O consumo obtido foi de 1,20 m^3 / min. e a pressão utilizada de 7 bar caiu para 2 bar. Note que a pressão caiu substancialmente.

Esse valor de 1,20 m³ / min. é a vazão gerada por um compressor de 12 HP – compressores de porte pequeno – e é o suficiente para operar 10 pequenas ferramentas pneumáticas que resultam em trabalho, ao passo que um bico de limpeza é desperdício de ar comprimido, exceto se fizer parte do processo de produção, mas mesmo assim deve-se buscar alternativas para reduzir esse consumo.

Podemos fazer uma comparação, guardando as devidas proporções, em que a soma dos vazamentos é semelhante a um veículo parado em um congestionamento gastando combustível, alêm dos outros componentes, e sem realizar nenhum trabalho.

Para se reduzir o consumo de ar podemos proceder de diversas maneiras como, por exemplo, estudar a possível redução dos diâmetros utilizados em Fundições, Metalúrgicas, e outros processos, bem como a pressão do ar comprimido.

Apenas para termos um idéia, a **tabela 8** é bem ilustrativa, comparando-se as pressões utilizadas para diversos diâmetros de orifícios :

Com os dados dessa tabela, é possível fazer uma comparação dos custos da vazão de ar comprimido entre dois orifícios:

Ø 5 mm e a 6 bar - vazão é de 1,593 m³/min.

Ø 4 mm e a 5 bar - vazão é de 0,873 m³/min.

Redução de 45 %: 0,720 m³/min.

Custo da energia elétrica para gerar o ar comprimido:

1,593 m³/min. = (11,88 kWh x 16 horas x 26 dias x R$ 0,10) = R$ 494,21

0,874 m³/min. = (6,51 kWh x 16 horas x 26 dias x R$ 0,10) = R$ 270,82

Nota: O valor de R$ 0,10 é um valor baseado no consumo de ponta.

Resumindo

Custo anual para uma vazão de 1,593 m³/min – em um orifício de Ø 5 mm operando com uma pressão de 6 bar = R$ 5.930,52 (R$ 494,21 x 12)

Custo anual para uma vazão de 0,873 m³/min. – em um orifício de Ø 4 mm a uma pressão de 5 bar = R$ 3.249,84 (270,82 x 12).

Um orifício de Ø 4 mm (vazão de 0,720 m³/min.): 12 x R$ 223,39 = R$ 2.680,68.

10 orifícios de Ø4 mm (vazão de 7,20 m³/min.) = 12 x R$ 2.233,90 = R$ 26.806,80.

A comparação acima retrata um caso real em uma Fundição.

ADMINISTRAÇÃO DO SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

Para uma correta administração do ar comprimido, temos que levar em consideração diversos aspectos:

a) Geração = Consumo + Vazamentos

b) Na medida em que diminuímos os vazamentos, aumentamos a capacidade do sistema em prover o ar comprimido necessário.

c) Os vazamentos e o uso inadequado do ar comprimido comprometem a capacidade de todo o sistema instalado.

d) Devemos conhecer bem a capacidade de geração real do ar comprimido, e o consumo real do ar nos pontos de utilização (por equipamento), e também levar em conta o "consumo" por vazamentos e procurar eliminá-los ao máximo.

e) Toda vez que se incluir um ponto de consumo de ar comprimido, deve-se contabilizá-lo e monitorá-lo, evitando que todo o sistema entre em colapso no decorrer do tempo.

Exemplos de casos reais

(1) - Em uma certa empresa de autopeças, deparamos com uma produtividade em 10 linhas de prensas, com a pressão de operação de 5, 5 bar e uma produção de 27 peças por minuto por prensa. Efetuadas algumas correções na linha, objetivando uma redução da perda de carga e eliminando alguns vazamentos existentes, a produção passou para 32 peças por minuto com a pressão de operação de 6 bar, pressão esta recomendada de projeto.

Resultado:

5 peças x 60 minutos x 8 horas de trabalho x 10 prensas x 0,85 de rendimento x 22 dias por mês = 448.800 a mais por mês.

Essa empresa estava deixando de produzir 5.385.600 peças por ano, sendo a matéria prima o único custo adicional nessa produção.

2) – Em relação ao consumo de energia

Em uma grande empresa foi constatado um desperdício mensal de energia elétrica causado pelos vazamentos – cujo valor era de R$ 28.650,00 – sem contar os custos operacionais com a manutenção de diversos equipamentos, inclusive dos compressores. Esse desperdício representava anualmente o valor de R$ 343.800,00.

Ø do orifício em mm	Pressão de operação 4 bar	5 bar	6 bar
3	0,408 m³/min.	0,491 m³/min.	0,574 m³/min.
4	0,723 m³/min	0,873 m³/min.	1,020 m³/min.
5	1,135 m³/min	1,364 m³/min.	1,593 m³/min.

Tabela 8 - Pressões utilizadas para diversos diâmetros de orifícios.

NO PRÓXIMO NÚMERO

O leitor irá conhecer melhor as partes que compõem um compressor de ar comprimido e começará a ver como se faz uma instalação de uma central de ar comprimido.

TRABALHANDO COM PLÁSTICOS

2ª PARTE

José Francci Júnior

Na primeira parte desses artigos comentamos que os materiais plásticos são relativamente mais difíceis de encontrar, porém, como os próprios leitores perceberam, as possibilidades e a facilidade no manuseio, aliadas a um acabamento de boa qualidade os tornam ideais para a execução de protótipos de pequeno a médio porte. Seguiremos, então, dando mais algumas "dicas".

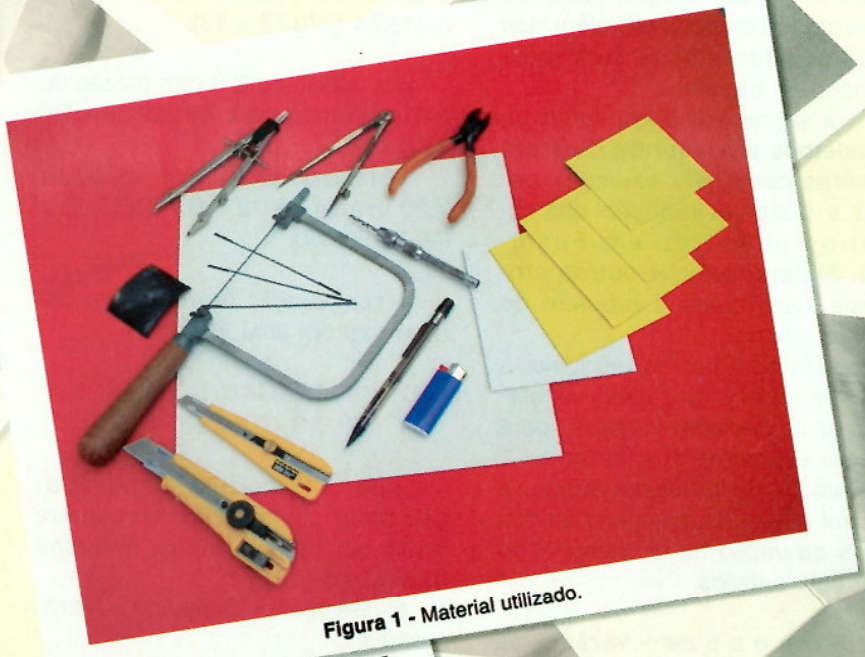


Figura 1 - Material utilizado.

CORTE REDONDO

Para executarmos **cortes redondos externos** poderemos utilizar o estilete ou a serra tico-tico. Primeiro, é evidente a necessidade de um compasso, devendo o mesmo estar munido de uma "ponta seca" para riscar a chapa de plástico na medida necessária; em seguida, podemos ir "desbastando" a chapa com o estilete e o alicate de corte tirando pedaços até chegarmos próximo ao círculo, ou serrar a peça com a serra (neste caso serre vagarosamente, pois a rapidez nessa operação provoca o aquecimento do material por atrito, o que acaba fundindo-o e aderindo-o à ferramenta). Veja as fotos:



Figura 2 - Compasso "riscando" com a ponta seca.



Figura 3 - Desbastando e tirando o excesso de material com o estilete.



Figura 4 - Desbastando e tirando o excesso de material com o alicate de corte.



Figura 5 - Dando o acabamento com o estilete.

Para a execução de **cortes redondos internos** devemos utilizar sempre a serra tico-tico. Primeiramente, após desenhar o corte com o compasso, utilizamos uma broca para abrir um furo junto à face interna do círculo; em seguida passa-se a serra desmontada pelo furo e, após o corte, desmontamos novamente a serra. Seja qual for o corte e as ferramentas empregadas, devemos utilizar sempre as lixas para remoção de rebarbas e um melhor acabamento.



Figura 6 - Serrando com a serra tico-tico.

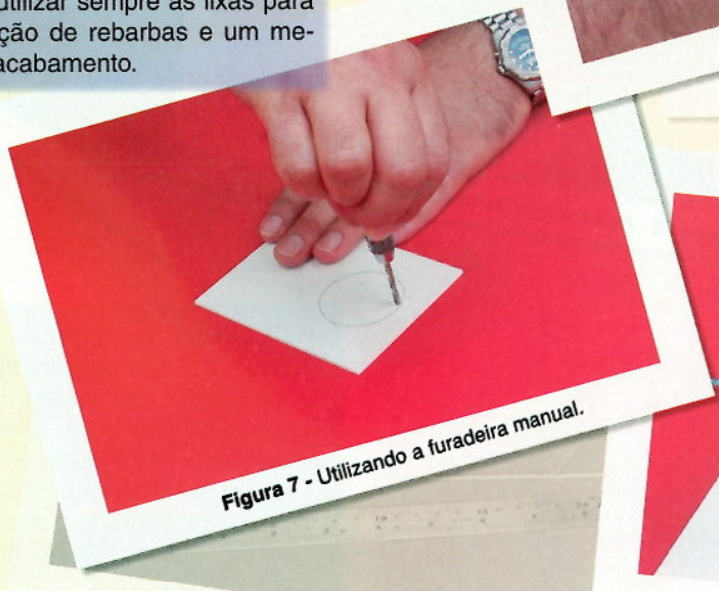


Figura 7 - Utilizando a furadeira manual.

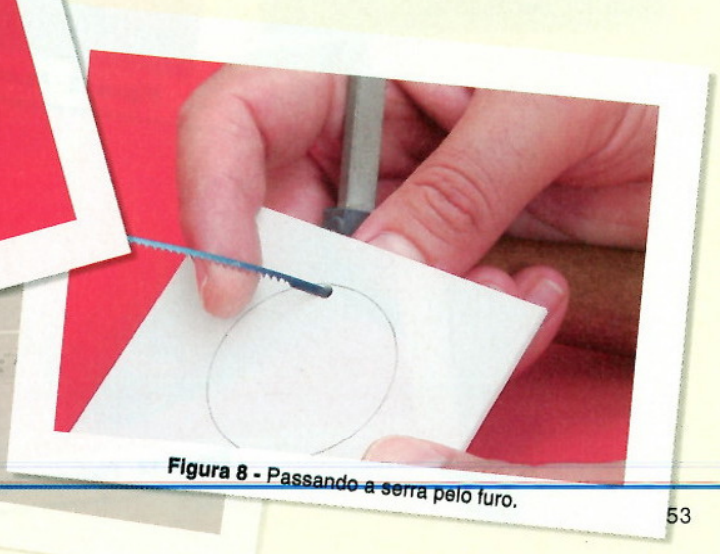


Figura 8 - Passando a serra pelo furo.

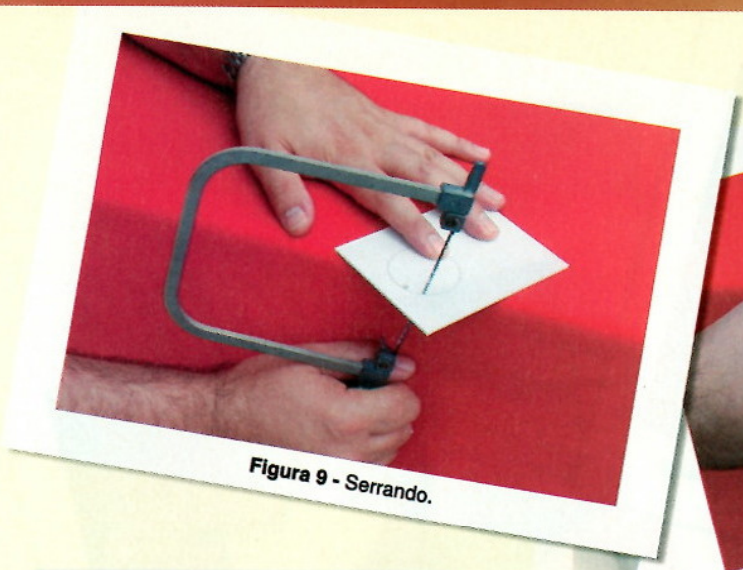


Figura 9 - Serrando.

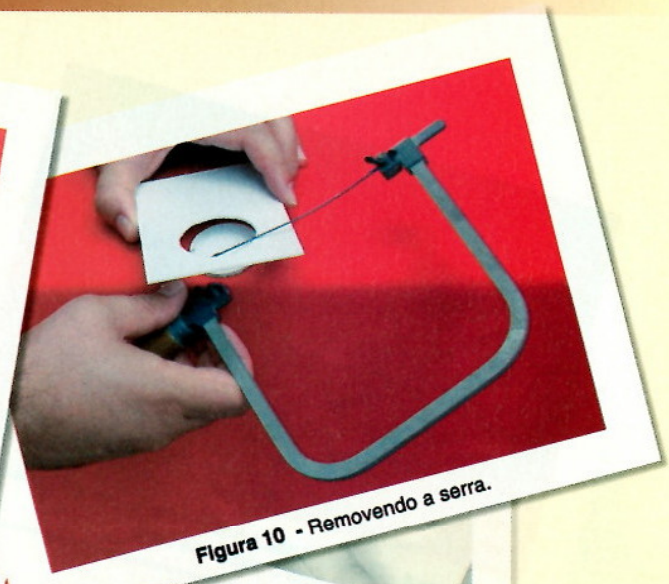


Figura 10 - Removendo a serra.

CURVAS E DOBRAS

Devido à flexibilidade dos plásticos podemos construir peças curvas com relativa facilidade, principalmente quando trabalhamos com o poliestireno. O tamanho da peça e a espessura da chapa são determinantes para a forma que pretendemos obter, de sorte que em algumas ocasiões precisamos moldar a chapa com o auxílio de calor.

O caso mais extremo é a dobra, que pode ser executada com o uso de um soprador elétrico ou uma simples lamparina, ou até mesmo um isqueiro. Primeiramente, fazemos uma pré-dobragem da chapa na beirada reta da mesa de trabalho; em seguida, forçando a peça com a mão passa-se o isqueiro em movimentos rápidos no ponto de dobra e o plástico aquecido cederá até onde for necessário.



Figura 11 - Pré-dobrando o plástico.



Figura 12 - Aquecendo o ponto de dobra com o isqueiro.

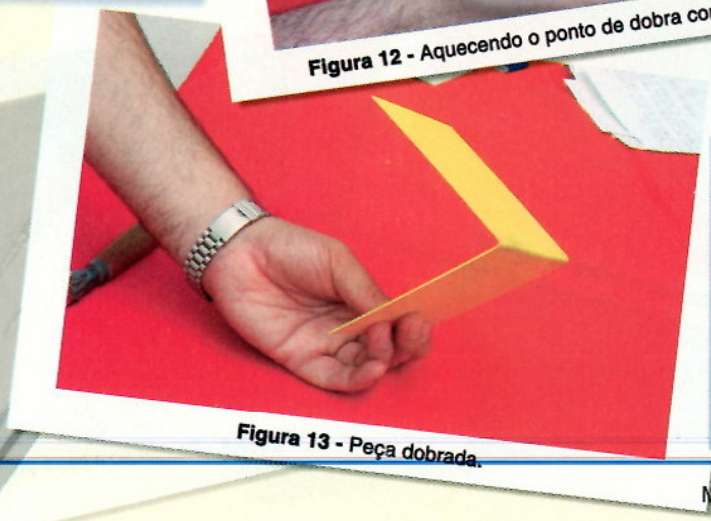


Figura 13 - Peça dobrada.

Cuidado na utilização do isqueiro para não aquecer demais o plástico! Faça alguns testes e ensaios primeiro, antes de executar a peça definitiva.

Bem pessoal, por ora é só, quaisquer dúvidas, entrem em contato conosco através do site. Bom trabalho!

ELETRÔNICA BÁSICA PARA MECATRÔNICA - 3ª PARTE

TRANSISTORES COMO CHAVES

Newton C. Braga

No artigo anterior estudamos os motores de corrente contínua e algumas formas simples de controlá-los invertendo seu sentido de rotação, bem como ligando-os e desligando-os através de chaves e relés. Esses motores, assim como outros dispositivos elétricos que produzem força, são fundamentais em projetos mecatrônicos e, por isso, devemos ter condições de controlá-los de todas as formas possíveis. Os semicondutores de potência consistem em solução importante para esse controle com possibilidades muito maiores do que os relés e as chaves. Desse modo, neste artigo vamos além, analisando o emprego de semicondutores de potência como os transistores bipolares e FETs no controle de motores e outras cargas de corrente contínua que possam ser utilizadas nos projetos de Mecatrônica.

OS TRANSISTORES COMO CHAVES

Os transistores bipolares são componentes semicondutores que, conforme já estudamos anteriormente, podem ser encontrados em dois tipos básicos: NPN e PNP.

Esses componentes apresentam características que nos permitem usá-los de duas formas diferentes, ambas de grande importância para as aplicações eletrônicas e mecatrônicas.

Para entendermos como eles podem ser empregados, vamos partir do circuito básico usando um transistor NPN que é mostrado na ***figura 1***.

Nesse circuito que controla uma lâmpada, o transistor substitui um interruptor simples que liga e desliga a alimentação.

Na sua base ligamos um segundo circuito que servirá para controlar o transistor e que tem um potenciômetro de certo valor.

Partimos então da condição em que o potenciômetro não aplica nenhuma tensão na base do transistor.

Nessa condição, conforme ilustra a ***figura 2***, não há corrente de base e o transistor não conduz corrente alguma. Dizemos que o transistor se encontra no **corte**.

Vamos agora atuar sobre o potenciômetro de modo que gradualmente ele aplique tensão na base do transistor, elevando assim a corrente que circula pelo circuito entre a base e o emissor,observe a ***figura 3***.

À medida em que a corrente resultante da tensão aplicada na base do transistor aumenta, o transistor começa a conduzir a corrente entre o coletor e o emissor.De acordo com o gráfico da ***figura 4***, a resistência entre o coletor e o emissor do



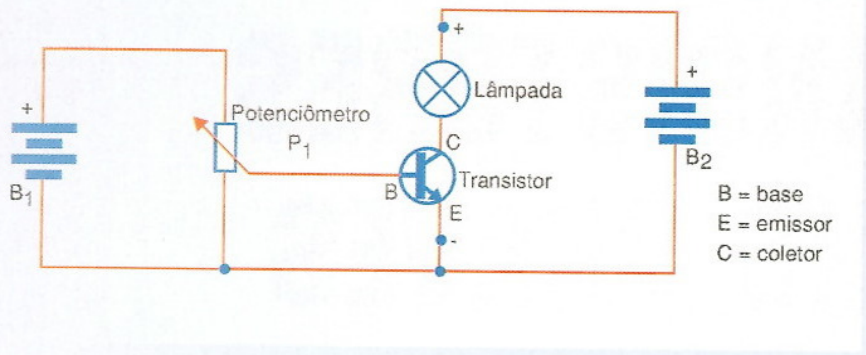


Figura 1 - Transistor NPN.

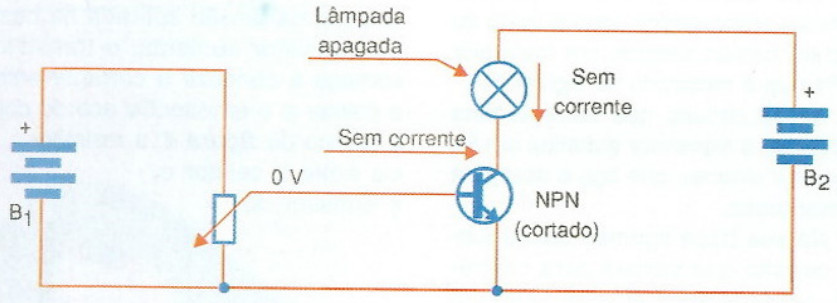


Figura 2 - Transistor cortado.

transistor começa a reduzir seu valor de modo que a corrente que passa pelo transistor cresce.

Observamos então que durante esse processo, a lâmpada ligada no coletor do transistor aumenta de brilho gradativamente.

Continuando a abrir o potenciômetro de modo que ele vá provocando um aumento cada vez maior na corrente de base, verificamos que chega um momento em que não temos mais nenhuma alteração correspondente da corrente através do transistor, ou seja, da corrente no coletor.

Neste ponto o transistor **satura** ou seja, apresenta sua menor resistência entre coletor e emissor, e a máxima corrente pode atravessá-lo.

Na ***figura 5*** mostramos o que acontece através de um gráfico.

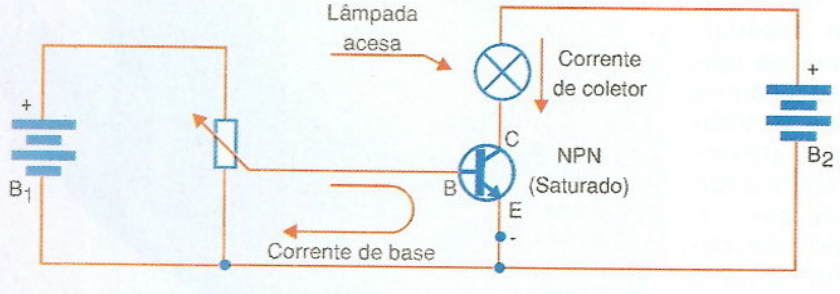


Figura 3 - Transistor conduzindo.

Veja, então, que podemos usar um transistor em duas regiões bem definidas dessa sua curva característica:

a) Podemos usá-lo no trecho linear, onde a corrente que circula pelo coletor (através do transistor) é proporcional à corrente de base, que é denominado **modo linear.**

b) Ou usá-lo no trecho em que a corrente é sempre máxima, independentemente da corrente de base, desde que ela seja maior que certo valor, que é denominado **modo saturado.**

Um transistor operando no modo linear pode amplificar sinais. Pequenas variações da corrente de base causam alterações muito maiores da corrente de coletor. Essa modalidade de operação é encontrada nos circuitos que trabalham com sinais de sensores, áudio e também sinais de rádio.

Um transistor NPN comum como o BC548 pode ter ganho de até 800 vezes no modo linear. Isso significa que uma corrente de base de 0,001 mA pode causar uma corrente de base de 0,8 mA no seu coletor: valor 800 vezes maior.

Por outro lado, operando no modo saturado, o transistor se comporta como uma chave. Ele estará desligado não deixando passar corrente alguma quando no corte, e estará ligado deixando passar uma corrente máxima quando saturado.

O que diferencia um transistor NPN de um PNP na operação indicada é apenas o sentido da circulação da corrente.

Assim, para um transistor NPN

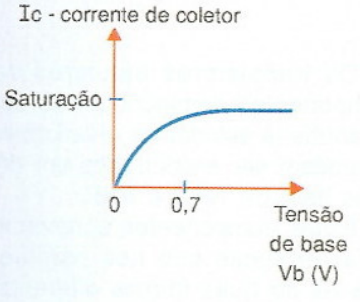


Figura 4 - Curva I_c x V_b do transistor.

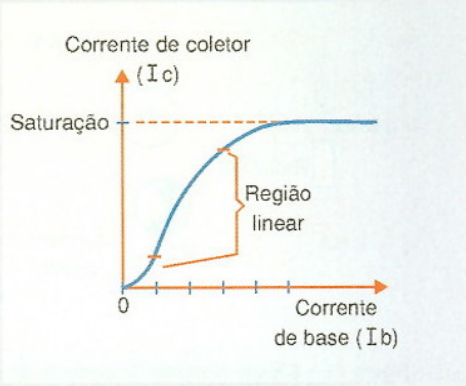


Figura 5 - Região linear e região saturada.

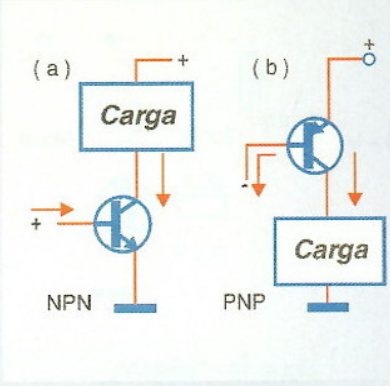


Figura 6 - Sentidos das correntes.

temos os sentidos das correntes de polarização que o fazem ligar e desligar apresentados na ***figura 6(a)***. Para os transistores PNP, os sentidos das correntes são ilustrados na ***figura 6(b)***.

CONTROLANDO CIRCUITOS

Observe que, na prática, podemos usar um transistor para substituir uma chave ou mesmo um relé de contatos simples no controle de dispositivos como motores, lâmpadas ou outras cargas.

Para isso, basta intercalar o transistor ao circuito, observando o sentido de circulação da corrente conforme o tipo, e aplicar à base desse transistor um sinal que tenha polaridade capaz de fazer circular a corrente que o sature.

Desse modo, temos duas possibilidades que são mostradas na ***figura 7***.

Para os transistores NPN, como o visto na ***figura 7(a)***, ligamos o circuito que vai ser controlado entre o coletor e o positivo da alimentação, e colocamos à terra o emissor.

O sinal de controle consiste numa tensão positiva que deve ter pelo menos 0,6 V (o mínimo necessário para que o transistor comece a conduzir), a qual deve ser aplicada à base.

Para os transistores PNP, ligamos o positivo da alimentação ao emissor e a carga (circuito controlado) entre o coletor e a terra, conforme indica a ***figura 7(b)***.

O sinal de controle, neste caso, consiste numa tensão negativa que deve ter um valor de pelo menos 0,7 V para que o transistor comece a conduzir.

Na prática, o sinal de controle pode ser derivado da mesma fonte que alimenta o próprio circuito de coletor, o que nos leva às configurações ilustradas na ***figura 8***.

Na primeira, usamos o positivo da alimentação para polarizar o transistor de modo a levá-lo à saturação. O resistor é exigido para limitar a corrente na base do transistor, que deve ficar em um valor que seja suficiente para saturá-lo, mas não excessiva a ponto de queimá-lo.

No segundo, fazemos o mesmo com um resistor ligado ao negativo da fonte. Esse resistor também deve ter um valor que deixe passar a corrente que sature o transistor, porém não seja excessiva a ponto de queimar o transistor.

Como calcular esse resistor ou a corrente que deve polarizar o transistor é um ponto fundamental no projeto desse tipo de circuito.

Qual é a vantagem de tudo isso? Por que o usar o transistor como chave?

Como vimos, o transistor tem um ganho, ou seja, uma corrente muito menor de base pode controlar uma corrente maior de coletor.

Isso quer dizer que podemos usar este circuito para controlar uma carga de maior corrente a partir de dispositivos que não podem manusear correntes intensas.

É o caso de um motor de alta corrente (1 A por exemplo) que precise ser controlado por um sensor do tipo *reed-switch* que agüente apenas 100 mA.

Utilizamos o transistor como elemento intermediário e isso vai ser explicado ainda neste curso.

CÁLCULANDO O RESISTOR DE BASE

Para os leitores que desejam ter uma idéia de como o resistor é calculado, oferecemos um procedimento empírico, ou seja, um procedimento simplificado. Com ele, mesmo aqueles que não tenham um domínio profundo da Eletrônica e não saibam empregar os procedimentos mais avançados de cálculo, podem através de algumas operações simples, de projetar seu próprio circuito de controle usando um transistor como chave.

Vamos, então, partir das características do transistor.

Suponhamos que dispomos de um transistor que possua um ganho

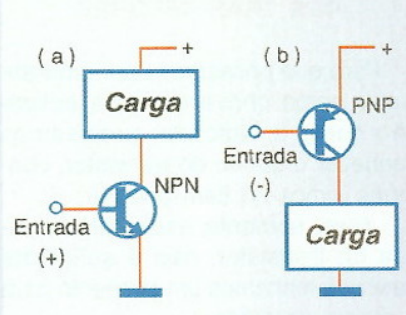


Figura 7 - Ligação da carga a ser controlada

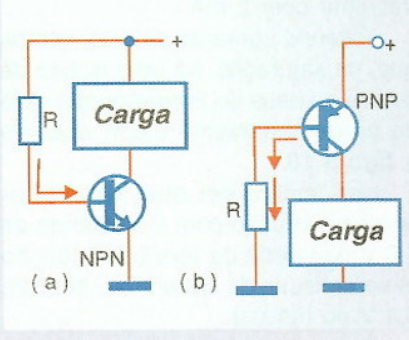


Figura 8 - Configurações de controle de carga.

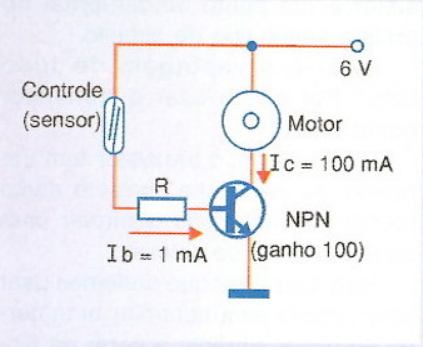


Figura 9 - Idéia de circ. de controle de um motor CCk.

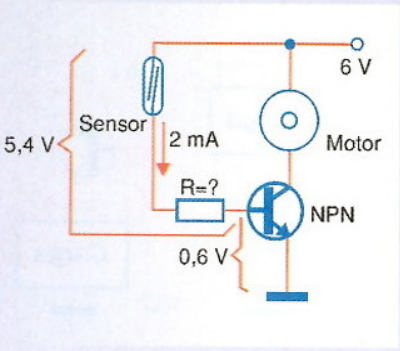


Figura 10 - Tensão V_{be} na saturação.

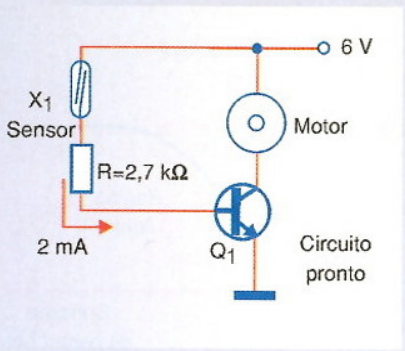


Figura 11 - Circuito completo p/ controle do motor CC.

mínimo de 100 vezes. Dizemos que esse transistor tem um ganho hfe(min) de 100 vezes.

Isso significa que é preciso uma corrente Ib de base 100 vezes menor para produzir uma corrente de coletor Ic determinada.

Vamos também presumir que desejamos controlar com esse transistor uma lâmpada ou um pequeno motor de corrente contínua que opere com uma corrente de 100 mA, que iremos ligar como ilustra o circuito da ***figura 9***.

Nosso problema é calcular o valor do resistor que deve ser ligado na base do transistor para que tenhamos um controle eficiente desse motor com uma corrente muito menor, que pode ser fornecida por um sensor, por exemplo um *reed-switch*.

Se o ganho do transistor é 100, isso significa que precisamos de uma corrente de pelo menos Ic/hfe = 100/100 =1 mA para saturá-lo.

É claro que não devemos trabalhar no limite. Assim, é conveniente num caso como este pelo menos dobrar a corrente de base, ou seja, trabalhar com 2 mA.

Voltando agora ao circuito, vemos que, na saturação, há uma queda de tensão na base do transistor que será de aproximadamente 0,6 V, observe a ***figura 10***.

Isso implica em que, se alimentarmos o circuito com 6 V, tirando os 0,6 V da queda de tensão na junção base/emissor do transistor, sobram 5,4 V no resistor.

Ora, como conhecemos a corrente no resistor (que é de 2 mA) e a tensão sobre ele, basta aplicar a Lei de Ohm para determinar o valor desse componente.

Basta então dividir a tensão pela corrente:

$$R = V/I = 5{,}4/0{,}002 \quad (0{,}002 \text{ A} = 2 \text{ mA})$$

$$R = 2\,700 \text{ ohms}$$

O circuito completo que nos permite controlar um motor ou lâmpada de 100 mA com apenas 2 mA num sensor empregando um transistor como chave, ficará então como mostra a ***figura 11***.

Uma versão PNP do mesmo transistor é apresentada na ***figura 12***.

Os procedimentos de cálculo levam aos mesmos valores de componentes.

Evidentemente, se tivermos um transistor com ganho maior do que 100, a corrente de base pode ser menor e o resistor de polarização maior.

Teremos nesse caso uma chave com maior sensibilidade.

CARACTERÍSTICAS DOS TRANSISTORES

Para que possamos usar um transistor como chave em uma aplicação como a indicada, precisamos conhecer o ganho do transistor, conforme vimos no item anterior.

Mas, somente essa característica do transistor, não é suficiente para que tenhamos um elemento para o projeto desejado.

Duas outras características dos transistores são importantes:

a) Corrente máxima de coletor: Ic (max).

Os transistores, ao conduzir a corrente geram calor. Quanto mais intensa a corrente que controlam, mais calor produzem.

Por conseguinte, existe um limite para a corrente que um transistor pode controlar como chave, e este limite é dado por fatores como o tamanho de sua pastilha de silício e o tipo de invólucro usado.

Os transistores capazes de controlar correntes intensas são dotados de recursos para a montagem em radiadores de calor, conforme ilustra a ***figura 13***.

Assim, para fazer um projeto colocando um transistor como chave, precisamos em primeiro lugar saber qual é a corrente que ele pode controlar, e depois se está de acordo com a nossa aplicação, dando normalmente uma margem de segurança.

Isso quer dizer que, se vamos controlar um motor ou lâmpada de 100 mA, precisamos de um transis-

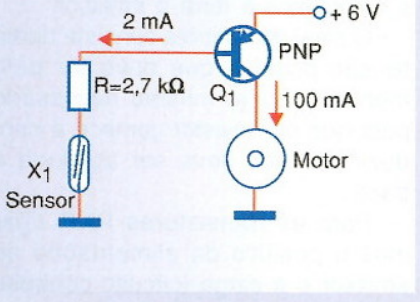


Figura 12 - Versão do circuito com transistor PNP.

tor que tenha uma corrente de coletor máxima (representada por Ic(max)) de pelo menos 200 mA.

Na prática, os transistores são divididos em categorias de acordo com a corrente de coletor, ou seja, com a potência máxima que podem controlar.

Na mesma ***figura 13***, temos então os transistores de baixa potência que podem controlar correntes de até uns 100 mA no máximo, transistores de média potência até 1 A e transistores de alta potência capazes de controlar correntes acima de 1 A. O 2N3055, por exemplo, tem uma corrente de coletor de

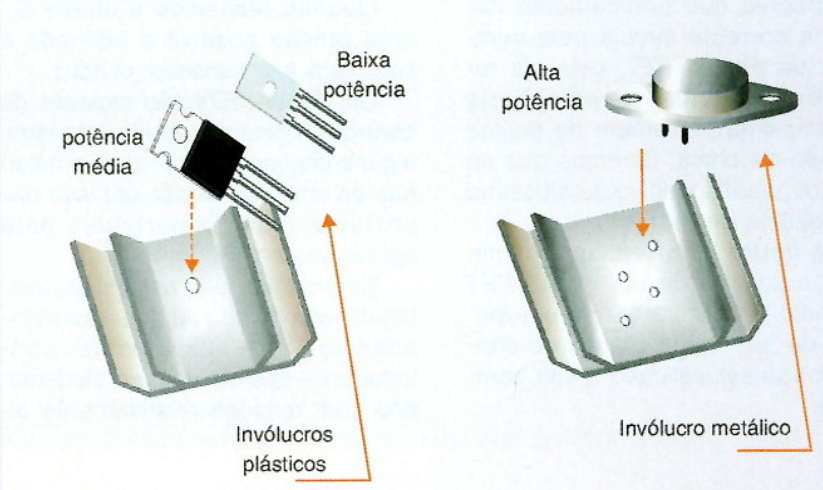


Figura 13 - Aspectos físicos dos transistores e radiadores de calor.

15 A, mas na prática não se recomenda que ele controle cargas maiores que 5 A.

b) Tensão máxima entre coletor e emissor

Outra característica importante que precisamos observar num transistor quando vamos usá-lo, é a tensão máxima que pode aparecer entre seu coletor e o emissor indicada por Vce(o) - o "o" designa a condição de base aberta.

Se uma tensão maior do que a especificada for aplicada no transistor, ele se "queimará".

Os transistores normalmente disponíveis para aplicações comuns têm tensões entre coletor e emissor na faixa de 20 volts até mais de 600 volts.

É claro que, quando fazemos um projeto usando um transistor como chave devemos dar uma tolerância. Assim, mesmo que uma aplicação opere com apenas uns 12 V, devemos preferivelmente empregar transistores com 30 ou mais volts de tensão.

CONTROLANDO CARGAS INDUTIVAS

Em muitas aplicações os transistores são colocados para controlar dispositivos que não seguem a Lei de Ohm, isto é, não são resistores, como lâmpadas, elementos de aquecimento, etc.

Motores, relés, solenóides e outros tipos de dispositivos denominados "indutivos" podem trazer alguns problemas para os transistores que os controlam, se forem usados sem determinados tipos de precauções.

O que acontece é que esses dispositivos tendem a "reagir" às mudanças bruscas da corrente que circula através deles.

Conforme indica a ***figura 14***, isso acontece justamente quando eles são desligados.

Desse modo, ao ligarmos um relé usando um transistor, a corrente através de seu enrolamento cria um campo magnético cujas linhas

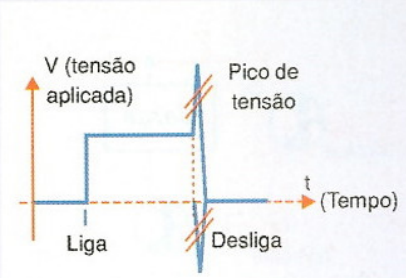


Figura 14 - Picos indesejáveis com cargas indutivas.

de força se expandem pelo espaço. Quando desligamos o dispositivo, as linhas se contraem rapidamente gerando uma alta tensão, porém de polaridade inversa a que estabeleceu aquela corrente.

Essa tensão pode alcançar centenas de volts, o que é suficiente para danificar o transistor que controla o dispositivo. Uma maneira de se evitar esse problema é protegendo o transistor com um diodo, que é ligado da forma indicada na ***figura 15***.

Esse diodo "absorve" os pulsos gerados na comutação da carga evitando que eles apareçam sobre o transistor.

TRANSISTORES DARLINGTON

Um modo de obtermos mais sensibilidade dos transistores no controle de cargas da forma indicada, é montando mais de um elemento numa forma de ligação denominada "Darlington".

O que fazemos é ligar o emissor de um transistor à base do seguinte, observe a ***figura 16***.

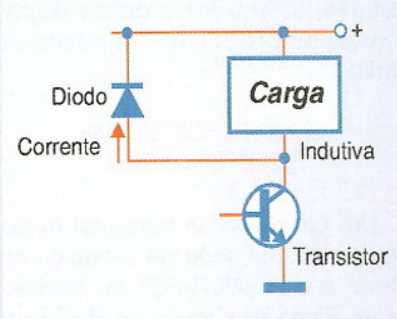


Figura 15 - Proteção do transistor com diodo.

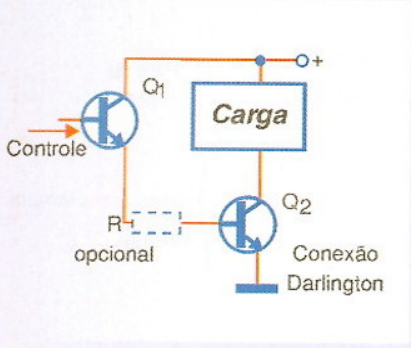


Figura 16 - Montagem Darlington.

Com esta maneira de ligação o ganho fica multiplicado. Assim, se ligarmos um transistor de ganho 100 a outro de ganho 100, teremos um ganho final de 10 000 vezes! (100 x 100).

Na prática, podemos ligar transistores separados dessa forma como também utilizar transistores que já contenham num único invólucro (em sua pastilha) dois transistores ligados da forma indicada. Estes são chamados **transistores Darlington** e têm seu aspecto e símbolos representados na ***figura 17***.

O transistor TIP110 (NPN) da Texas Instruments, é um exemplo da Darlington que pode controlar correntes de até 1,25 A tendo um ganho típico de 1000 vezes.

O transistor TIP120 (NPN) da Texas, pode por outro lado controlar até 3 A com um ganho de 1000 vezes.

Basta um único transistor desse tipo para se controlar um motor de 1 A a partir de uma corrente de apenas 1 mA!

Na ***figura 18*** damos dois circuitos de aplicação para o controle de motores, solenóides e outros dispositivos empregando transistores Darlington.

OUTROS TIPOS DE TRANSISTORES

Um outro tipo de transistor muito importante que pode ser usado como chave, é o POWER-FET ou Transistor de Efeito de Campo de Potência, que tem o símbolo e aspecto mostrados na ***figura 19***.

Esse transistor é usado de modo semelhante ao transistor bipolar comum com a diferença de que, em lugar de termos uma corrente de entrada controlando uma corrente de carga, dispomos de uma tensão de entrada *(gate)* controlando uma corrente de carga (corrente entre dreno e fonte).

O *Power-FET* é então ligado da forma indicada na ***figura 20***.

Quando aplicamos uma tensão entre 1 e 2 V na comporta *(gate)* do *Power-FET*, ele conduz e a resistência entre o dreno (d) e a fonte (s) cai para um valor muito baixo, da ordem de fração de ohm.

Observe que praticamente nenhuma corrente circula pela comporta do *Power- FET*, pois ele representa uma resistência elevadíssima, da ordem de muitos milhões de ohms. Dizemos que se trata de um dispositivo de altíssima impedância de entrada.

Na ***figura 21*** desenhamos como fazer a ligação de um *Power-FET* de canal N no controle de um motor e de que modo o sinal de controle pode ser aplicado à sua comporta.

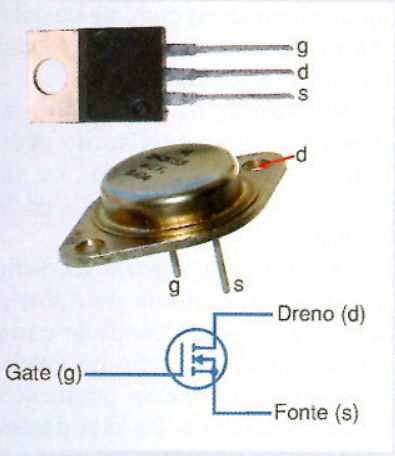


Figura 19 - Símbolo e aspectos de Power-FETs.

Quando fechamos a chave S_1, uma tensão positiva é aplicada à comporta e o transistor conduz.

Os *Power-FETs* são capazes de controlar correntes muito intensas, alguns chegando facilmente a dezenas de ampères, sendo por isso dispositivos muito importantes para aplicações em Robótica.

No entanto, sua principal desvantagem está no fato de que esses dispositivos são excelentes controladores apenas quando alimentados com tensões relativamente al-



Figura 17 - Aspectos e símbolos dos transistores Darlington.

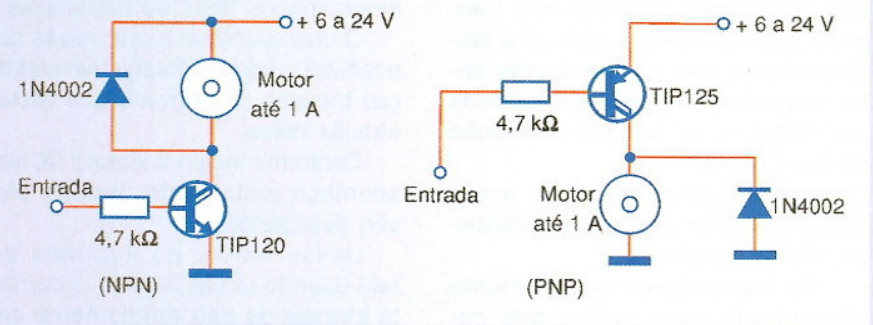


Figura 18 - Circuitos de Controle com transistores Darlington.

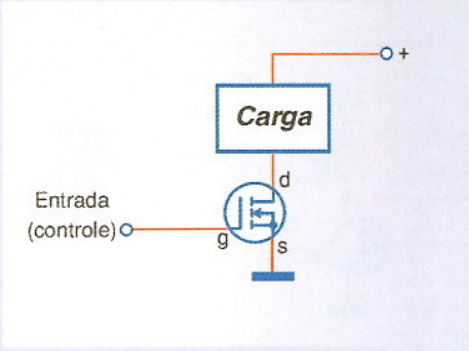


Figura 20 - Ligação do Power-FET.

tas (acima de 12 V). Com baixas tensões, a resistência entre o dreno e a fonte não cai muito no disparo e eles dessa forma, apresentam perdas consideráveis de energia.

Uma observação importante é que o *Power-FET* também tem uma região linear de operação e, por isso, também pode ser usado como amplificador.

APLICAÇÕES PRÁTICAS

Diversos projetos práticos interessantes de Mecatrônica podem ser elaborados utilizando-se transistores como chaves.

Podemos usar transistores para controlar diretamente motores, solenóides, e outros dispositivos ou também relés quando a corrente disponível não for suficiente para acionar diretamente dispositivos deste tipo.

Assim, vamos fornecer algumas aplicações interessantes começando justamente com os relés.

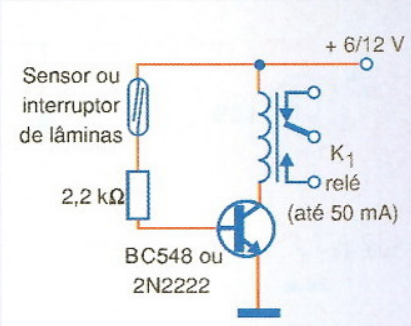


Figura 22 - Controle de Relé c/ Power-FET.

a) Controlando um Relé

Controlar um relé com um interruptor simples de baixa corrente ou um sensor do tipo de lâminas, como o apresentado na ***figura 22*** pode levar a aplicações interessantes em Mecatrônica.

No que se refere ao sensor de baixa corrente podemos tomar como exemplo *um reed-switch,* e no caso do sensor de lâminas um detector de presença por toque para robô.

É possível acionar um relé com contatos reversíveis para inverter o sentido de rotação de um motor quando o interruptor for fechado. Neste caso, temos um circuito de ação momentânea, ou seja, o relé só permanecerá com os contatos fechados enquanto o circuito estiver conduzindo, isto é, enquanto o sensor estiver fechado.

Na ***figura 23*** temos um exemplo de aplicação onde podemos usar um relé de 6 V x 50 mA com contatos reversíveis para inverter um motor.

O sensor é um *reed-switch* ou ainda um interruptor de lâminas, que deve ser colocado no local em que se deseja que o motor pare.

O mesmo circuito poderá funcionar com motores de 12 V bastando para isso que se troque o relé por um de 12 V com corrente de acionamento de até 50 mA.

Lista de Material:

Q_1 - BC548 - transistor NPN de uso geral

D_1 - 1N4148 - diodo de uso geral

K_1 - relé sensível de 6 V x 50 mA ou menos - contatos de acordo com a carga acionada

R_1 - 2,2 kse x 1/8 W - resistor (vermelho, vermelho, vermelho)

S_1 - Interruptor de lâminas (ver texto)

B_1 - Bateria de 6 V (4 pilhas)

Diversos: ponte de terminais ou placa de circuito impresso.

b) Controlando um motor com sensor resistivo

Um tipo de sensor muito interessante para projetos de Mecatrônica é o sensor de luz chamado LDR ou foto-resistor (LDR = *Light Dependent Resistor*).

Um LDR consiste num resistor cuja resistência depende da quantidade de luz que incide numa superfície sensível, conforme ilustra a ***figura 24***.

No escuro, a resistência do LDR chega a dezenas ou centenas de milhares de ohms, enquanto que no claro (sob iluminação intensa) ela cai

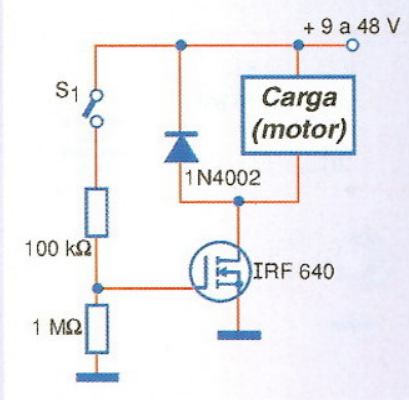


Figura 21 - Controle de Motor com Power-FET.

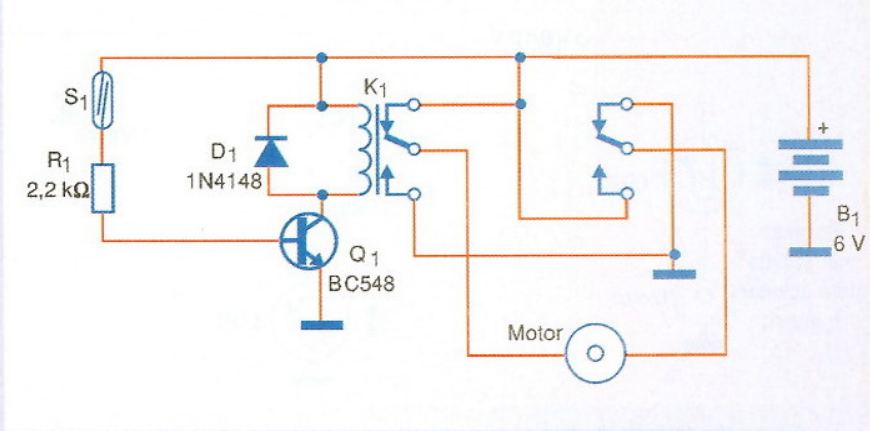


Figura 23 - Exemplo de aplicação p/ inversão de um motor.

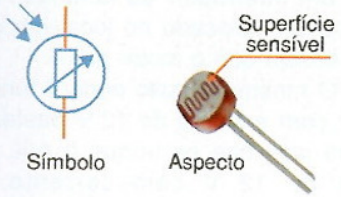


Figura 24 - Aspecto e símbolo do LDR.

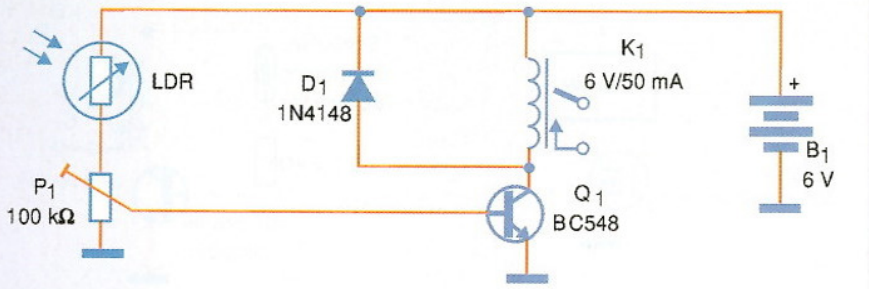


Figura 26 - Relé acionado pela luz.

para algumas centenas ou milhares de ohms.

Um LDR não pode controlar sozinho uma corrente intensa, acionando um motor no claro e deixando-o inoperante no escuro, conforme mostra a ***figura 25***, pois ele não consegue operar correntes intensas.

Entretanto, podemos associar o LDR a um transistor e usá-lo para acionar os dispositivos que desejarmos com a luz.

Uma primeira possibilidade consiste em se empregar um transistor para amplificar a corrente através do LDR e assim acionarmos um relé. O relé poderá então ser usado para controlar um circuito de maior potência.

Temos, portanto, duas possibilidades interessantes que podem ser usadas na prática em projetos de Mecatrônica, a saber.

1. Relé acionado pela luz

No circuito da ***figura 26*** ligamos o LDR de tal forma que a corrente na base do transistor aumenta quando incide luz no LDR, ou seja, a resistência do LDR diminui ao ser iluminado, deixando assim passar mais corrente.

Ajustando a corrente no escuro e no claro com a ajuda do *trimpot* de ajuste podemos colocar o circuito no limiar do disparo, isto é, perto do ponto em que o transistor começa a conduzir.

Assim, basta bater um foco de luz no LDR para que a resistência diminua, a corrente na base no transistor aumente e ele sature acionando o relé.

Em um robô ou dispositivo mecatrônico podemos usar isso em automatismos diversos: inverter a rotação de um motor quando ele se aproxima de uma fonte de luz é um exemplo. É possível elaborar um robô que "tenha medo da luz", mas que a procure sem se aproximar muito.

Lista de Material:

Q_1 - BC548 ou equivalente - transistor NPN de uso geral

D_1 - 1N4148 ou equivalente - diodo de silício de uso geral

K_1 - Relé de 6 V x 50 mA e contatos de acordo com a carga acionada

P_1 - 100 k Ω - *trimpot*

LDR - Qualquer LDR redondo comum (*)

B_1 - 6 V - 4 pilhas ou bateria

Diversos: placa de circuito impresso ou ponte de terminais, fios, solda, suporte de pilhas, etc.

(*) LDRs comuns podem ser conseguidos em diversos aparelhos fora de uso como, por exemplo, televisores antigos que utilizam este componente como controle automático de brilho.

2. Relé acionado pela sombra

A segunda possibilidade de uso do transistor como chave num circuito com LDR é mostrada na ***figura 27***.

Trata-se de um circuito que aciona o relé quando a luz deixa de incidir sobre o LDR, ou seja, quando temos sombra sobre o sensor.

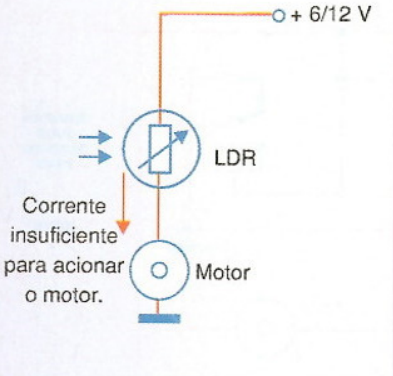


Figura 25 - Deficiência de corrente do LDR.

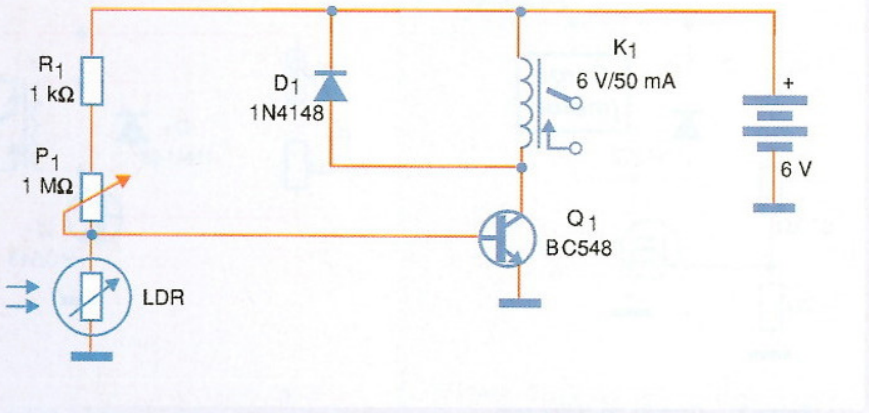


Figura 27 - Relé acionado pela sombra.

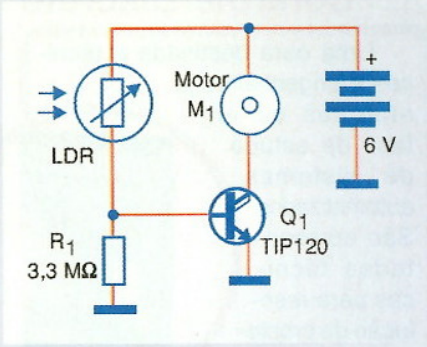


Figura 28 - Controle de motor CC c/ Darlington e LDR.

A sensibilidade do circuito é ajustada também no *trimpot* e seu princípio de funcionamento é o seguinte: estando iluminado, o LDR desvia da base do transistor a corrente que deveria saturá-lo e que é ajustada no *trimpot*. Isso ocorre porque iluminado, ele apresenta uma baixa resistência.

Quando fazemos sombra sobre o LDR a sua resistência aumenta impedindo a passagem da corrente que, então, pode fluir pela base do transistor provocando sua saturação.

c) Controlando um motor sem relé

A aplicação em que podemos controlar um motor usando um sensor resistivo ou mesmo uma chave de baixa corrente também leva a muitas possibilidades interessantes de projetos de Mecatrônica.

O melhor exemplo pode ser dado no artigo "Veículo Acionado pela Luz" de nossa edição anterior onde utilizamos um Darlington de Potência e um LDR para controlar um motor de corrente contínua, conforme circuito ilustrado na ***figura 28***.

Sugerimos aos leitores que tenham aquela revista que analisem o funcionamento do circuito apresentado naquela edição e até façam a montagem do carrinho para aprender mais sobre os transistores usados como chaves.

Também lembramos que o mesmo princípio de acionamento do carrinho pode ser utilizado em um barco acionado pela luz, evoluindo assim o controle do primeiro artigo desta série.

Pois bem, no circuito em questão o funcionamento é o seguinte:

Como precisamos de uma corrente algo intensa para acionar o pequeno motor, um transistor de baixa potência não teria nem ganho nem capacidade de corrente de acordo com o que precisamos. Assim, optamos pelo uso de um Darlington TIP110 ou TIP120 ou qualquer um da série (TIP111, TIP112, TIP121 ou TIP122).

Ligamos à base do transistor o LDR e um resistor de valor bastante alto, apenas para evitar o acionamento errático do circuito e obter maior sensibilidade.

O LDR foi instalado dentro de um tubinho opaco de modo a receber luz apenas de uma determinada direção, justamente a da lanterna de acionamento, conforme mostra a ***figura 29***.

Assim sendo, ao ser iluminado o LDR tem sua resistência diminuída e corrente pode fluir pela base do transistor fazendo com que ele sature. Nessas condições, o motor é alimentado entrando em ação.

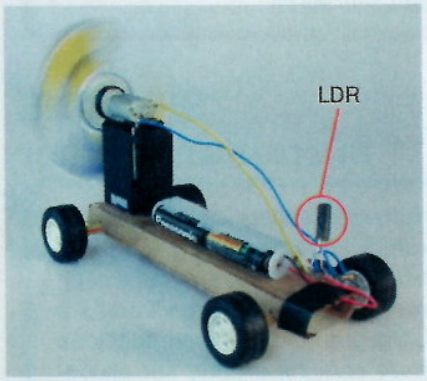


Figura 29 - Instalação do LDR dentro de tubinho opaco.

O mesmo princípio pode ser empregado em diversos projetos de Mecatrônica e Robótica.

Uma sugestão é agregar dois circuitos de controle como esse a duas caixas de redução que acionem as rodas de um robô, observe a ***figura 30***.

Colocando os LDRs em posições cruzadas na frente do robô, ele procurará fontes de luz, pois, ao se desviar da fonte, um dos LDRs deixa de ser iluminado antes do outro. Com isso, o motor que permanece em acionamento corrige a sua rota.

Obs.: neste circuito não ligamos o diodo de proteção em paralelo com o motor, porque o transistor suporta tensões bastante elevadas dispensando esse recurso. No entanto, se tipos de menor tensão forem usados, o diodo é importante.

Lista de Material

Q_1 - TIP120 ou equivalente - transistor NPN Darlington

LDR - Qualquer LDR comum

M_1 - Motor de 6 V (ou outra tensão, conforme o projeto)

R_1 - 3,3 a 4,7 M # - resistor (laranja, laranja, verde ou amarelo, violeta, verde)

B_1 - Bateria de 6 V - 4 pilhas

Diversos: ponte de terminais, suporte de pilhas, fios, solda, etc.

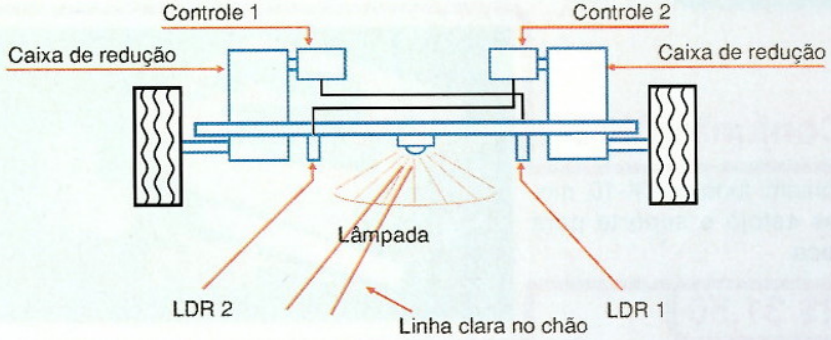


Figura 30 - Aplicação com dois circuitos de controle e caixas de redução.

SABER MARKETING DIRETO

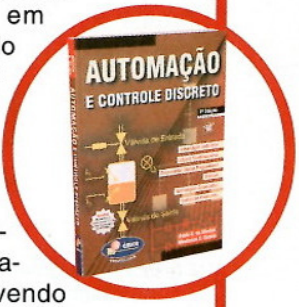
Automação Industrial



O assunto foi desenvolvido desde as primeiras noções dos computadores e suas aplicações, até a utilização mais elevada do Controlador Lógico Programável (CLP) com variáveis analógicas e demais aplicações. Cada capítulo apresenta teoria, exercícios resolvidos com experimentos testados e exercícios propostos, seguindo uma linguagem comum a todos os fabricantes de CLPs pela norma IEC 1131-3. Autor: Ferdinando Natale - 256 págs.

R$ 44,00

Automação e Controle Discreto



Uma obra destinada a técnicos e engenheiros já atuantes ou em fase de estudo de sistemas automatizados. São apresentadas técnicas para resolução de problemas de automatização envolvendo sistemas de eventos discretos como o controlador lógico programável, a modelagem de sistemas seqüenciais por meio de Grafcet e técnicas de programação oriundas da experiência dos autores. Autores Winderson E. Santos e Paulo R. da Silveira - págs. 256

R$ 45,00

R$ 44,00



Mini Caixa de Redução

É o menor microrredutor do mercado com grande torque e baixo consumo por micromotor de 3 VCC com saídas até de 300 RPM. Indicado para efeitos de luz para discotecas, movimentar antenas, cortinas, displays, chocadeiras, animação de bonecos, bombas peristáticas, equipamentos de laboratórios e automação em geral.

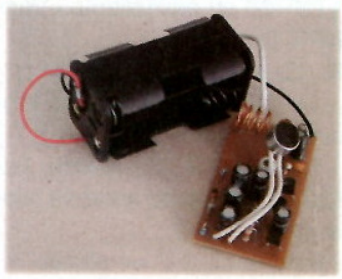
Mini-Furadeira

R$ 28,00



Furadeira indicada para: Circuito impresso, Artesanato, Gravações etc. 12 V - 12 000 RPM / Dimensões: diâmetro 36 x 96 mm. **R$ 28,00**
ACESSÓRIOS: 2 lixas circulares - 3 esmeris em formatos diferentes (bola, triângulo, disco) - 1 politris e 1 adaptor. - R$ 14,00

SPYFONE micro-transmissor



Um micro-transmissor secreto de FM, com microfone ultra-sensível e uma etapa amplificadora que o torna o mais eficiente do mercado para ouvir conversas à distância. De grande autonomia funciona com 4 pilhas comuns e pode ser escondido em objetos como vasos, livros falsos, gavetas, etc. Você recebe ou grava conversas à distância, usando um rádio de FM, de carro ou aparelho de som. NÃO ACOMPANHA GABINETE

R$ 49,50

Conjunto CK-3

Contém: tudo do CK-10, menos estojo e suporte para placa

R$ 31,50



Conjunto CK-10 (estojo de madeira)

Contém: placa de fenolite, cortador de placa, caneta, perfurador de placa, percloreto de ferro, vasilhame para corrosão, suporte para placa

R$ 37,80

Pedido mínimo de R$ 25,00 - preços válidos até 10/04/2002

FAÇA O SEU PEDIDO PELO TELEFONE (11) 6942-8055
OU PELA INTERNET EM www.sabermarketing.com.br

Obs: Nos preços acima não estão inclusos as despesas de envio

NAS BANCAS



http://www.revistapcecia.com.br

Construindo um Robô com o LEGO Dacta

O objetivo deste artigo é mostrar, em linhas gerais, como funciona o *kit* 9790 Robolab, da LEGO Dacta, construindo um robô capaz de detectar um obstáculo através de suas antenas e desviar-se do mesmo.

Biônica – A Eletrônica Imita a Vida

A Biônica é a ciência que procura criar equipamentos que imitem formas vivas. As maravilhas da tecnologia que são geradas pelo homem e a que a Natureza já usa há milhões de anos, são os assuntos deste artigo.

Basic Step – 1ª parte

O BASIC Step 1 é um conjunto sofisticado de componentes eletrônicos, montado em uma pequena placa, podendo ser programado para executar praticamente qualquer tipo de automação e controle necessários nos dias de hoje.

A Teoria do Ar Comprimido

Neste artigo, que é a 3ª parte da série "Automação Pneumática", são apresentadas mais algumas características da nossa atmosfera e são também discutidas a importância da qualidade do ar comprimido, bem como quais as propriedades que garantem essa qualidade.

Coletando Sinais pela Porta Paralela

Esta é a 3ª parte da série "Linguagem LOGO para Robótica e Automação", onde o autor mostra como utilizar essa linguagem para manusear as entradas da porta paralela a fim de realizar uma série de automações.

Robôs Móveis Autônomos

Imagine robôs com meios próprios de locomoção, sensores e computação embarcada, que são projetados para realizar suas tarefas dispensando a intervenção ou supervisão humana, e sem que tais tarefas estejam explicitamente programadas. Neste artigo, o autor aborda a evolução e a estrutura dos robôs móveis autônomos, o que constitui a área mais desafiadora da pesquisa em Inteligência Artificial.

Trabalhando com Plásticos 2ª parte

Este artigo continua dando uma série de "dicas" aos leitores que desejam aprender a trabalhar com plásticos para incrementar os seus projetos de Mecatrônica. Aqui é abordado como fazer um corte redondo, tanto interno como externo, e também como fazer curvas e dobras com o plástico.

Os Servos

Os servos são encontrados em robôs, braços mecânicos, aeromodelos, automatismos industriais ou em qualquer aplicação que envolva controle eletrônico de movimentos. Aqui o autor analisa o funcionamento dos servos (servomotores) e dá algumas informações para a elaboração de projetos práticos com finalidade didática ou experimental.

Os Transistores como Chaves

Os semicondutores de potência são uma solução importante para o controle de dispositivos elétricos que produzem força. Neste artigo, que é a terceira parte da série "Eletrônica Básica para Mecatrônica", é abordado o uso de transistores bipolares e FETs no controle de motores e outras cargas de corrente contínua que possam ser utilizadas nos projetos de Mecatrônica.