

CADEIRA DE RODAS INTELIGENTE: o uso de técnicas de programação, automação e eletrônica para maior autonomia e qualidade de vida aos cidadãos de mobilidade reduzida

Aldeir de Souza Moreira¹
Waldir Andrade Trevizano²

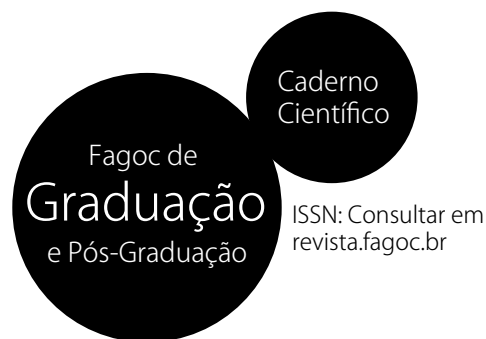
RESUMO

Atualmente há uma crescente necessidade do desenvolvimento de produtos que atendam as pessoas portadoras de deficiências, melhorando assim sua qualidade de vida e integração na sociedade. Tendo isso em mente, nada mais justo que usar os conhecimentos científicos para colaborar na melhoria da qualidade de vida dessa parcela da sociedade que muitas vezes é deixada em segundo plano. Neste trabalho é apresentada brevemente a plataforma Arduino para projetos de automação, e com o uso de tal plataforma o desenvolvimento de mecanismo (software, hardware) que possibilite a detecção de objetos por uma cadeira de rodas motorizada evitando a colisão com os mesmos. É especificada a montagem de um protótipo, com a plataforma escolhida (Arduino) em interação com sensores e atuadores. Logo em seguida são expostos os resultados dos testes realizados com o protótipo, para confirmar suas funcionalidades.

Palavras-chave: Software embarcado. Cadeira de rodas. Automação. Arduino.

1 Graduando em Ciência da Computação na FAGOC.

2 Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Graduado em Engenharia Elétrica - opção Eletrônica pelo Instituto Nacional de Telecomunicações de Santa Rita do Sapucaí (1979). Atualmente é professor da Faculdade Governador Ozanam Coelho. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Software Básico, atuando principalmente nos seguintes temas: computador, software aplicativo, hardware, bancos de dados, redes, sistemas operacionais, teoria da computação, autômatos e compiladores.



INTRODUÇÃO

Percebe-se uma crescente necessidade do desenvolvimento de produtos que atendam as pessoas portadoras de deficiências, melhorando assim sua qualidade de vida e integração na sociedade. Tendo isso em mente, nada mais justo que usar os conhecimentos científicos para colaborar na melhoria da qualidade de vida desta parcela da sociedade, que muitas vezes é deixada em segundo plano. Neste artigo são apresentados elementos e técnicas de computação, automação e eletrônica para o desenvolvimento de mecanismo (software, hardware) que possibilite a detecção de objetos por uma cadeira de rodas motorizada, evitando a colisão com os mesmos.

Um protótipo foi especificado, utilizando a plataforma Arduino, sendo então apresentados os detalhes de implementação e funcionalidades do software e os resultados dos testes realizados com um protótipo.

MOTIVAÇÃO

Uma característica comum aos países em desenvolvimento, como o Brasil, é a precariedade na atenção dispensada as pessoas com deficiência física, seja por motivos traumatológicos, enfermidades ou vítimas de problemas congênitos (HAMANAKA, 2002). Segundo o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o Brasil possui um contingente de aproximadamente 13 milhões de pessoas com deficiência motora, ou seja, as pessoas com difi-

culdade de se movimentar representavam cerca de 7% da população brasileira (IBGE, 2010).

Desde as primeiras décadas do século XX, com o progresso industrial e o surgimento de matéria-prima mais leve e moldável, as cadeiras de rodas vêm evoluindo de maneira crescente. É possível se encontrar diversos modelos de cadeira de rodas, desde as manuais, passando pelas adaptadas à prática de esportes, circulação em terrenos diversos até as motorizadas sendo que essas últimas aos poucos vão tomando conta do mercado (SILVA e DEL'AQUA, s.d.), sendo geralmente prescritas a usuários que não possuem força ou coordenação motora suficiente para acionar manualmente uma cadeira de rodas convencional.

Poder controlar de forma semiautomática uma cadeira de rodas, de forma que obstáculos no caminho pudessem ser detectados e informados ao usuário, e até mesmo interromper a movimentação da cadeira antes do obstáculo ser atingido foi o que motivou este trabalho.

O ARDUÍNO

O Arduino, surgido na Itália em 2005, basicamente é uma placa de entrada e saída desenvolvida sobre uma biblioteca que simplifica a linguagem de programação C/C++ (FONSECA; BEPPU, 2010). É uma plataforma de computação física, ou seja, o software interage diretamente com o hardware, possibilitando a integração com uma grande gama de dispositivos eletrônicos, como sensores e atuadores. Ele também permite que os projetos desenvolvidos possam funcionar de forma livre, ou seja, independentemente de um computador, ou conectados ao PC através de diversas estratégias de comunicação.

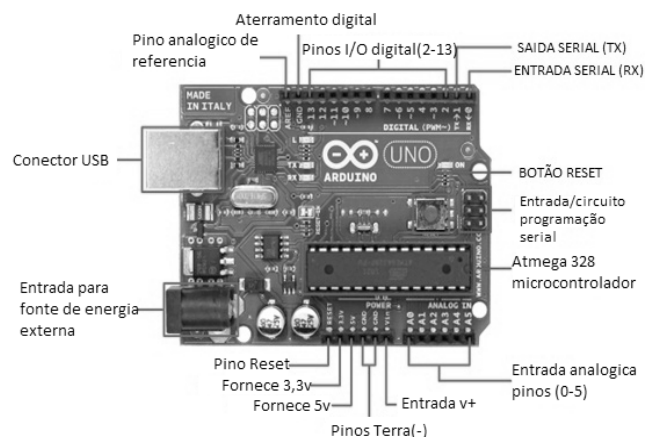
Ele utiliza um microprocessador embarcado (com processador, memória e controladores de entrada e saída no mesmo chip), que controla suas ações ou funções. Ele pode ser programado para funções específicas, diferentemente dos microprocessadores utilizados nos PCs, que são de propósito mais geral.

As ações do hardware são controladas de acordo com o seu software, que é programado através da linguagem de programação C/C++. Isso o torna maleável para uma infinidade de projetos

diferentes. Junta-se a isso o fato de ele ser uma ferramenta *open-source*, ou seja, aberta para que todos com conhecimento em programação possam utilizá-la, modificá-la e ampliá-la de acordo com as necessidades (IKWARE, s.d.).

São comercializados vários modelos de Arduino, sendo que para o protótipo foi utilizado o modelo Arduino Uno, apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Arduino Uno e seus componentes



DESENVOLVIMENTO

Para se chegar ao objetivo final deste trabalho, houve uma alternância constante entre montagem do hardware e desenvolvimento do software, uma vez que se trata de um software embarcado, comunicando-se diretamente com o hardware. O computador é apenas o ambiente para o desenvolvimento do software, não sendo possível através dele verificar o correto funcionamento dos comandos programados, como acontece nos softwares desenvolvidos para computadores de um modo geral. Assim, para se testar qualquer funcionalidade do software era necessário transferi-lo para o microcontrolador, via porta USB. Além disso, os diversos componentes que o software gerencia também deviam estar conectados ao micro controlador para que fosse possível a interação entre software e hardware. Por isso, a cada novo componente de hardware acrescentado no protótipo, como sensores, motores, LEDs, houve a necessidade do desenvolvimento de um módulo de software exclusivo para seu teste individual. Assim, todos os outros componentes

eram removidos do microcontrolador e apenas o novo componente era conectado, sendo então transferido o código produzido especificamente para o teste desse novo componente, evitando dessa forma qualquer dúvida causada por um possível mau funcionamento entre software e hardware.

Após se ter verificado o correto funcionamento tanto dos diversos códigos do software como dos componentes do hardware, fez-se um acoplamento entre eles ligando-se todos os componentes ao Arduino, e integrando os códigos a um programa principal.

O software, desenvolvido de acordo com o hardware, e embarcado no microcontrolador da placa Arduino, teve o seguinte propósito: gerenciar o funcionamento de uma cadeira de rodas motorizada, de acordo com informações fornecidas por sensores nela instalados, monitorando o percurso feito pela cadeira, detectando a presença de obstáculos, alertando o usuário sobre a presença desses obstáculos através de sinais luminosos e sonoros, além de interferir no controle de deslocamento e velocidade da cadeira quando necessário, independente dos comandos exercidos pelo usuário, para que mesmo pessoas de baixa capacidade cognitiva possam conduzir o veículo em segurança.

O HARDWARE DO PROTÓTIPO

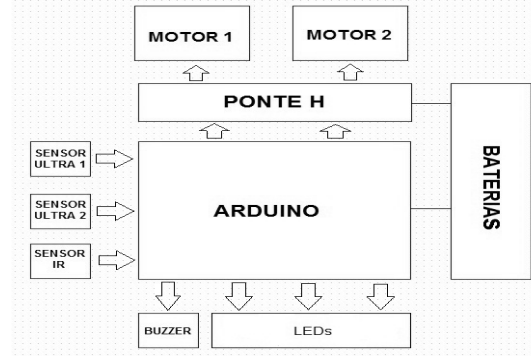
O termo “hardware” aqui mencionado diz respeito a todo componente utilizado no desenvolvimento do protótipo da cadeira de rodas motorizada. Os principais são os componentes eletrônicos: o Arduino, os sensores, os motores elétricos da cadeira e as Pontes H³ utilizadas para seu controle, além de LEDs, buzzer e baterias, que terão seu funcionamento influenciado pelo software. Também faz parte do hardware a estrutura em que os componentes foram montados, como o chassi e as rodas do protótipo.

A Figura 2 mostra o diagrama de blocos

3 Ponte H: dispositivo composto por 4 chaves mecânicas ou eletrônicas posicionadas formando a letra “H”, usado para controlar um motor de corrente contínua posicionado em seu centro, permitindo que o motor gire tanto de forma horária quanto anti-horária (PATSKO, 2006).

dos componentes eletrônicos conforme foram implementados.

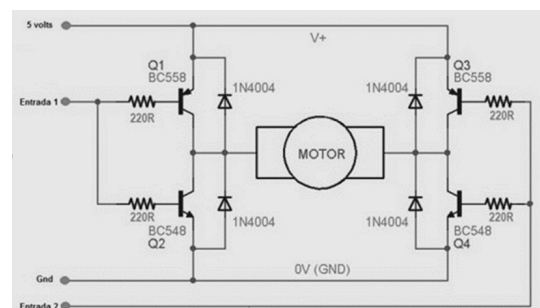
Figura 2 – Diagrama de blocos do protótipo



A alimentação do Arduino e dos motores é feita por um conjunto de baterias. Cada roda da cadeira está acoplada a um motor, sendo cada um controlado individualmente por uma Ponte H, que por sua vez é gerenciada pelo Arduino. O usuário controla a cadeira por meio de infravermelho, usando um controle remoto comum baseado em infravermelho, sendo sua detecção feita pelo sensor IR. Para a detecção de obstáculos, que podem estar no mesmo nível da cadeira (pessoas, objetos) ou em nível inferior à cadeira (buracos, degraus), foram utilizados dois sensores de ultrassom, um deles apontando para a frente da cadeira, outro em ângulo, apontando para baixo. Um LEDs verde é usado para avisar o usuário de que comandos enviados pelo controle remoto foram aceitos, e um LED vermelho irá acender para alertar em caso de obstáculo ter sido detectado. Esse alerta de obstáculo é complementado pelo buzzer, que fornece um sinal sonoro.

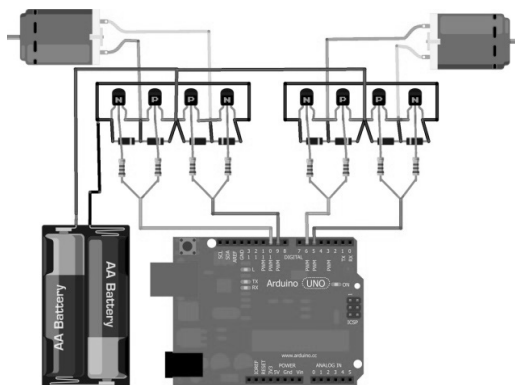
Decidiu-se por pontes H eletrônicas, cujo esquema de implementação é mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama elétrico da Ponte H



As pontes H eletrônicas, por sua vez, são conectadas aos motores ligados às rodas da cadeira, ao Arduino e às baterias, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Ligação das pontes H e bateria dos motores ao Arduino



O chassi do protótipo foi feito a partir de uma estrutura plástica, onde foram adaptados os motores com as rodas traseiras, as rodas dianteiras e uma armação feita com fios de cobre de 6 mm, moldados e soldados em formato de uma cadeira, conforme visto na Figura 5.

Figura 5 – Chassi do protótipo



O Arduino foi adaptado na parte de trás do encosto da cadeira; as pontes H, na parte superior dos próprios motores. O LED vermelho para a sinalização de obstáculos foi adaptado no braço direito da cadeira, enquanto o LED verde, que sinaliza a recepção de dados, foi adaptado na parte superior esquerda da cadeira. Além disso, uma pequena armação que se estende um pouco para frente do protótipo foi incluída, para a fixação dos sensores de ultrassom, responsáveis pela detecção de obstáculos.

Na Figura 6, é mostrada uma foto do protótipo após concluída sua montagem.

Figura 6 – Protótipo finalizado



O SOFTWARE DE CONTROLE

Um computador se fez necessário para o desenvolvimento e a compilação do código, escrito na linguagem C. Uma vez gerado, o executável binário proveniente da compilação é transferido para o Arduino via conexão USB, não sendo mais necessário o computador.

Para comandar o protótipo, sinais emitidos pelo controle remoto foram traduzidos para comandos de acionamento dos motores. Dessa forma, as setas para frente, para trás, esquerda e direita do controle fazem com que o protótipo se movimente para frente, para trás ou faça curvas para esquerda ou direita; a tecla Mute envia sinal que permite aumentar ou diminuir a velocidade de movimentação; e a tecla Power possibilita desativar/ativar os sensores de obstáculos.

Para controlar os sensores ultrassônicos, foi utilizada uma biblioteca própria, “ultrasonic.h”; já para o sensor infravermelho, utilizou-se a biblioteca “IRremote.h”. Ambas simplificaram em muito a programação.

Quando iniciado, o Arduino executa basicamente duas funções: a função *setup*, que executa uma única vez, e a função *loop*, que executa indefinidamente até que a energia elétrica seja removida (SILVEIRA, s.d.). Usa-se a primeira para definir o que cada pino de conexão do Arduino irá fazer, se será usado como entrada ou como saída. Após essa configuração inicial, a função *loop* assume o controle.

Na função *loop*, são identificados os dados que foram recebidos pelos sensores

infravermelho ou ultrassônicos; a partir daí, uma função específica de controle, implementada especificamente para o controle do protótipo, é ativada. Essas funções são:

- Frente(): movimenta para frente;
- Direita(): gira para a direita;
- Esquerda(): gira para a esquerda;
- Re(): faz o protótipo ir para trás;
- Parar(): interrompe o movimento;
- ControlVeloc(): controla a velocidade da movimentação;
- Bip(): emite sinal sonoro;
- LigaDesligaSensores(): para ativar ou não os sensores de obstáculos;
- Detecta(): para detectar a presença de obstáculos e disparar ou não os sinais de alerta, diminuir a velocidade e parar o protótipo no caso de haver risco de colisão ou queda;
- CalibraDistHor(), CalibraDistVer(): para calibrar a distância em que os sensores irão detectar os obstáculos;
- VelocMedia(): faz com que o protótipo diminua sua velocidade caso esteja em sua velocidade máxima.

TESTE DO PROTÓTIPO

O primeiro teste realizado foi o de locomoção. Nesse teste, avaliou-se a capacidade do protótipo em se deslocar para frente e para trás, além de fazer curvas. O protótipo foi colocado em um ambiente onde pode circular livremente sem a presença de obstáculos e irregularidades no piso. Os resultados obtidos foram satisfatórios, constatando-se uma grande eficiência na dirigibilidade do protótipo.

O segundo teste foi o da capacidade do protótipo em detectar obstáculos com o sensor posicionado na horizontal e impedir uma possível colisão, independentemente dos comandos do usuário. Foi colocado um objeto diante do protótipo, simulando a presença de uma parede ou qualquer outro obstáculo que poderia obstruir a passagem de uma cadeira de rodas motorizada convencional. O protótipo estava configurado para diminuir a velocidade e apenas alertar sobre a presença dos obstáculos quando estivesse a uma distância de 30 centímetros, e a parar a uma distância de 15 centímetros do obstáculo. Em todos os casos, foi obtido sucesso na identificação, sinalização e intervenção do software no controle

do protótipo. Ao chegar à distância limite de 15 centímetros, o protótipo foi impedido pelo software de seguir em frente, independente dos comandos do usuário, sendo este alertado com a permanência do LED vermelho aceso e uma sequência de bips emitidos pelo *buzzer*.

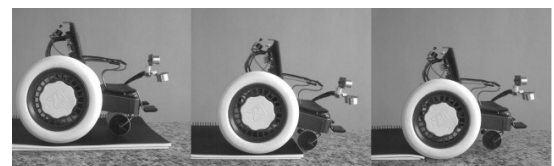
O próximo teste realizado foi o de detecção de irregularidades no piso que dificultem a circulação, como buracos, pequenos objetos e elevações no piso. O software foi configurado para interferir nos comandos do usuário, parando o protótipo sempre que for detectado um obstáculo com medida igual ou superior a dois centímetros, tanto acima quanto abaixo do solo. Para se testar a detecção de obstáculos acima do piso, pequenos objetos, com altura superior a dois centímetros, foram colocados no percurso do protótipo, que os detectou normalmente. Para testar a detecção de obstáculos abaixo do nível do piso, o protótipo foi colocado em uma mesa e comandado para seguir em direção a uma das extremidades. Assim que o sensor detectou o final da mesa, imediatamente impediu que o protótipo seguisse em frente, parando-o e evitando a queda, alertando o usuário. Fotos desse teste podem ser vistas na Figura 7.

Figura 7 – Teste de identificação de obstáculos abaixo do nível do solo



No último teste, o protótipo foi posicionado em cima de livros cuja espessura não ultrapassavam dois centímetros. Nesse caso, ele prosseguiu normalmente, como era esperado. O teste, cujas fotos podem ser vistas na Figura 8, foi importante para constatar que pequenos desníveis não teriam interferência no funcionamento do protótipo.

Figura 8 – Teste de deslocamento em pequenos desníveis



CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma forma geral, conseguiu-se chegar ao objetivo principal do trabalho, produzindo um software estável, embarcado num microcontrolador e controlando um protótipo semelhante a uma cadeira de rodas motorizada, que possibilitou uma perfeita interação entre software e hardware. A principal função do software também correspondeu às expectativas, cumprindo seu papel de auxiliar o usuário no controle do protótipo. Os conhecimentos adquiridos nas pesquisas bibliográficas foram de fundamental importância para a conclusão bem-sucedida do trabalho e acrescentaram de maneira significativa aos conhecimentos já adquiridos.

Este trabalho buscou unir a crescente utilização de sistemas embarcados em uma grande parcela de dispositivos eletrônicos encontrados em nosso dia a dia a uma crescente necessidade de se desenvolverem produtos que atendam aos anseios de pessoas com algum tipo de deficiência física, tanto para proporcionar maior conforto e segurança, quanto para propiciar uma melhor integração à sociedade, promovendo assim uma melhora significativa em sua qualidade de vida.

O protótipo produzido e apresentado neste trabalho é apenas uma amostra de que se pode conseguir muito sucesso nessa área através do uso de micro controlador com maior poder computacional, assim como o uso de um maior número de sensores e atuadores de diversos tipos.

REFERÊNCIAS

ALIEVI, C. A. **Automação residencial com utilização de controlador lógico programável**. Centro Universitário FEEVALE, Novo Hamburgo, dezembro de 2008. Trabalho de Conclusão de Curso.

BECKER, M. **Aplicação de tecnologias assistivas e técnicas de Controle em Cadeiras de Rodas Inteligentes**, UNICAMP Universidade Estadual de Campinas, 2000, Tese (Doutorado).

_____. **Estudo sobre robôs de locomoção: formas construtivas, dirigibilidade e controle**, UNICAMP Universidade Estadual de Campinas, 1997, Tese (Mestrado).

FONSECA, E. G. P.; BEPPU, M. M. **Apostila Arduino**. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro. Dez. 2010. Disponível em: <<http://www.sr.ifes.edu>>

br/~eduardomax/arquivos/Tut_Arduino.pdf> Acesso em: maio 2012.

HAMANAKA, M. H. M. **Projeto e desenvolvimento de circuito de controle para cadeira de rodas**. UNICAMP Universidade Estadual de Campinas, 2002, Dissertação (Mestrado).

IBGE. **Censo Demográfico 2010: características da população e dos domicílios - resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IKWARE. **Software e linguagem de programação Arduino**. Disponível em: <www.ikware.com/seeuinmytee/pdf/arduino.pdf> Acesso em: maio 2012.

LOC MED. **Cadeira de rodas motorizada**. Disponível em: <<http://loc.med.br/principais-ofertas/cadeira-de-rodas-motorizada-sx.html>> Acesso em: maio 2012.

MADEIRA, P. H. A. **Aplicação do estudo da interface homem máquina em cadeiras de rodas motorizadas**. UNICAMP Universidade Estadual de Campinas, 2008, Dissertação (Mestrado).

MEDINA, A. G., COELHO, D.B. **Aspectos biomecânicos e funcionais na prescrição de cadeira de rodas**. Disponível em: <http://www2.rc.unesp.br/eventos/educacao_fisica/biomecanica2007/upload/157-2-A-AtigoCBB2007.pdf>. Acesso em: abr. 2012.

PATSKO, L. F. **Tutorial Adaptação de Servo-motores**. 2006. Disponível em: <http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_mecanica_adaptacao_de_servo-motores.pdf>. Acesso em: set. 2012.

_____. **Tutorial montagem da Ponte H**. 2006. Disponível em: <http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/Tutorial_Eletronica_-_Montagem_de_uma_Ponte_H.pdf>. Acesso em: set. 2012.

SANTOS, A. **Servomotores**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Agosto de 2007. Disponível em: <<http://www.sumoderobos.org>>. Acesso em: maio 2012.

SILVA, O. M. da; DEL'ACQUA, R. J. **Cadeira de rodas e sua evolução na história**. Disponível em: <<http://www.crfaster.com.br/Cadeira%20Rodas.htm>>. Acesso em: abr. 2012.

SILVEIRA, J. A. **Arduino: cartilha de programação em C**. Disponível em: <http://www.ordemnatural.com.br/Cartilhas%20do%20ARDUINO/CartilhadoArduino_ed10.pdf>. Acesso em: set. 2012.