

Desenvolvimento de Uma Biblioteca de Controle Para o Robô Móvel do Laboratório Remoto em AVA Utilizando a Metodologia Codesign.

Gustavo L. de Oliveira¹, Iago P. Gomes², Raphael C. dos S. Oliveira², Pablo S. da Silva², Jenifer de J. Jang², Cássio M. Silva², Roque M. P. Trindade³, Alzira F. Silva³, Maísa S. dos S. Lopes³

1. Discente do Curso de Ciência da Computação da UESB; *g.cdcomp@gmail.com

2. Discente do Curso de Ciência da Computação da UESB;

3. Professor do Depto.de Ciências Exatas e Tecnológica da UESB;

Palavras Chave: Biblioteca de controle, robô móvel, codesign.

Resumo

A robótica tem sido usada com sucesso para atrair e motivar o estudo de programação de computadores. O objetivo deste trabalho, é descrever a arquitetura e modelagem de uma biblioteca de controle para o robô móvel seguidor de linha e desvio de obstáculos L1R2 (LARA Remote Robot), componente do laboratório remoto LARA, que é uma proposta de ferramenta para facilitar o ensino/aprendizagem de programação.

Sendo o L1R2 um sistema heterogêneo, composto por hardware e software, fez-se necessário o uso de uma metodologia que permitisse o desenvolvimento dessas partes de forma concorrente, para tanto, a metodologia codesign se mostrou eficiente, explorando os conflitos existentes entre as partes.

Por fim, a pequena quantidade de erros que ocorreram durante o uso da biblioteca em conjunto com a plataforma completa, mostraram a eficiência da interface.

conceitos inerentes ao hardware do robô, voltando o foco do experimento para a programação.

Essa abordagem permite que o ambiente seja utilizado por alunos de nível iniciante até usuários mais avançados, já aptos a criarem suas próprias funções e entender os conceitos de sistemas embarcados e robóticos. O objetivo do presente trabalho é apresentar a biblioteca de programação do L1R2 e sua modelagem, iniciando pela análise de funções, estrutura física do robô, modelagem, implementação e testes de integração ao laboratório.

Metodologia

O L1R2, é composto por uma parte de hardware e outra de software (NIKU, 2013). Para diminuir as dificuldades no desenvolvimento advindas dessa composição, foi utilizada uma metodologia concorrente, chamada codesign, que permite trabalhar com ambas as partes, analisando e resolvendo os conflitos existentes (Thomas, Adams e Schimit, 1993).

A primeira fase da metodologia adotada consistiu no levantamento das funções do experimento, depois disso, analisou-se cada uma destas, dividindo-as em componentes de hardware e software, de tal modo que fosse possível analisá-los para então implementá-los no sistema. Para cada novo dispositivo acrescido ao robô, um estudo sobre sua utilização era realizado, bem como, testes de unidades, que objetivaram identificar as necessidades de software para o controle deste.

Na primeira fase foram definidas as seguintes funções: F01: Os alunos poderão praticar durante os experimentos todos os conceitos abordados na disciplina de Algoritmos e Programação I, do curso de Ciência da Computação - UESB. F02: O experimento deve ficar online 24 horas por dia, todos os dias da semana; F03: O robô deve seguir as regras da Olimpíada Brasileira de Robótica, no que diz respeito à seguir linha e desviar obstáculos; F04: O robô deve voltar ao ponto inicial da arena sempre que for solicitado; F05: O aluno pode programar o robô utilizando funções de alto nível ou implementar suas próprias funções; F06: O robô deve se comunicar com o servidor de laboratório; F07: O robô deve executar suas manobras (frente, direita, esquerda, ré) corretamente.

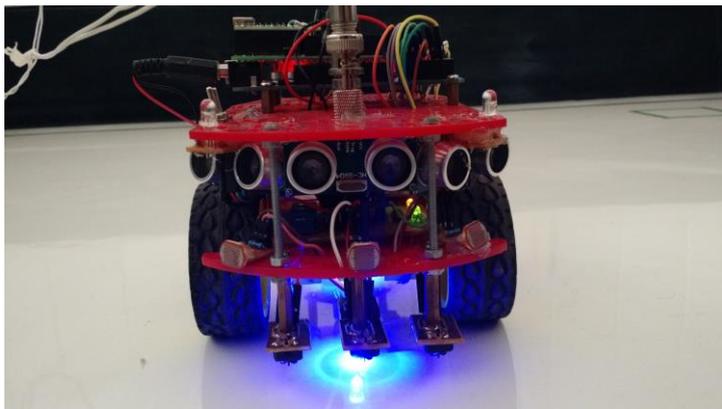
Introdução

Os problemas encontrados na compreensão de conceitos abstratos de programação, encontra sua raiz ainda durante a formação básica (SANTOS e COSTA, 2006), como consequência, há um alto índice de desistência em cursos de graduação nas áreas de computação e informática logo nos primeiros semestres. Tendo como base esse problema, o LARA - Laboratório Remoto em AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem), situado na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, propõe o uso de experimentos robóticos, disponibilizados pela internet, para auxiliar no processo de ensino/aprendizagem de programação (Lopes et al., 2016).

O L1R2 - Lara Remote Robot, experimento do LARA, é um robô móvel para seguir linha e desviar de obstáculos, baseado nas normas da competição RoboCup Junior Rescue A e a Olimpíada Brasileira de Robótica na categoria de carros seguidores de linha e resgate. Ele possui sensores, atuadores e uma biblioteca de controle, tornando possível aos usuários do AVA a abstração de

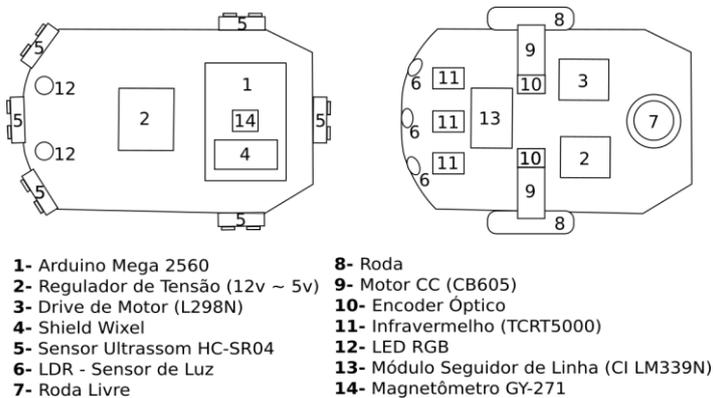
Algumas funções foram atendidas por meio da integração de componentes físicos no robô, como a F02, que necessitou a criação de uma infraestrutura para alimentação contínua do robô, de tal forma que não afetasse seu desempenho durante os experimentos; e a F03, a F04, F06 e a F07, que requereram a inclusão sensores e atuadores no L1R2. A Figura 1 apresenta uma foto do robô e a Figura 2 apresenta o esquemático do robô, contendo seus componentes físicos dispostos em seu chassi, sendo o desenho da esquerda a parte superior e a direita a parte inferior da estrutura.

Figura 1. L1R2



Fonte: O autor

Figura 2. Disposição dos componentes do L1R2



Fonte: o autor.

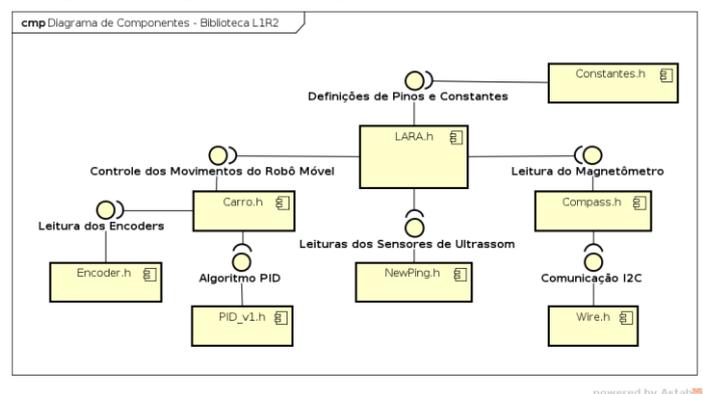
Os componentes do são: 1, controlador do robô, responsável por executar o código do usuário, e controlar os demais componentes; 3, controla os dois motores (9) responsáveis por gerar movimento nas rodas (8); 4, faz a comunicação via rádio frequência com o servidor; 5, sensor responsável por identificar os obstáculos impostos ao robô; 6, o LRD (Light Dependent Resistor) é um sensor responsável por mensurar a intensidade luminosa na arena; 7, Roda livre que garante a estabilidade do chassi; 10, são usados para estimar o deslocamento das rodas, calculando a quantidade de rotações executadas pelo

motor. Essa informação é usada no algoritmo de PID (Proporcional Integral Derivativo) para corrigir os desvios laterais do robô, que são inerentes à topologia diferencial, bem como, para calcular o deslocamento do robô com base nas equações odométricas (que por sua vez também são usadas para corrigir os desvios laterais, servindo de entrada para o algoritmo de PID); 11, identificam as linhas colocadas na arena; 13, É um módulo comparador de tensão usado para converter a leitura analógica dos sensores IR (Infrared) em digitais (com base em uma tensão referência). Isso facilita a utilização dos IR's para seguir linha. 14, uma bússola para estimar a orientação do robô em algumas aplicações, esta é conectada ao microcontrolador por meio do barramento I2C (Inter-Integrated Circuit).

Além disso, para atender as funções F01, F03, F05 e F07, foi criada uma biblioteca com base nas especificações indicadas para a plataforma arduino (ARDUINO, 2017), que permite o controle do L1R2. Essa foi implementada em seguindo os padrões da orientação objeto, utilizando a linguagem de programação C++ e a biblioteca padrão do arduino.

Essa biblioteca abstrai conceitos de programação de sistemas embarcados e robóticos, bem como dos componentes físicos do robô, simplificando sua forma de controle e manipulação. Desta forma os usuários iniciantes possuem uma alternativa que lhes permitem utilizar o experimento robótico do LARA, concentrando-se apenas nos conceitos de programação. A figura 3 apresenta o diagrama de componentes da biblioteca "LARA.h".

Figura 3. Diagrama de componentes da biblioteca LARA.h



powered by As4al

Fonte: o autor.

No diagrama da Figura 3, são apresentados todos os componentes da biblioteca LARA.h, responsável pelo controle do L1R2 e é a interface disponibilizada aos usuários. Optou-se por modularizar as funcionalidades desta, dividindo-a em outras bibliotecas, com o intuito de melhorar a legibilidade do programa, aumentando sua manutenibilidade. Assim, a interface LARA.h utiliza a classe Carro para controlar os movimentos do robô, bem como, realizar a leitura do sensor de encoder¹, que estão acoplados aos motores, e a classe PID² para corrigir os desvios laterais do robô, durante os movimentos de 'frente' e 're'. Por sua vez, ela usa a classe NewPing³, para

realizar leituras dos sensores de distância, e a classe Compass¹ para leitura do magnetômetro (bússola). Por fim, o arquivo Constantes.h contém a definição de todos os pinos e constantes públicas da biblioteca, que são usados por mais de uma classe.

Resultados e Discussão

A biblioteca LARA.h foi desenvolvida com o propósito de simplificar o controle do robô móvel L1R2, abstraindo conceitos de seus componentes de hardware, para facilitar sua manipulação, principalmente aos alunos iniciantes na programação.

O robô, foi construído seguindo as fases da metodologia Codesign, assim, durante seu desenvolvimento foi perceptível a influência do planejamento e resolução de conflitos das fases iniciais desta, para resolver os problemas de controle de um sistema robótico, como em:

- Na análise da função F03, foi determinado que o robô deveria ser capaz de seguir linha e desviar de obstáculos. Para esta funcionalidade existem diversos sensores disponíveis para estimar a distância do robô à obstáculos em seu percurso, como sensores de infravermelho, ultrassônico (HC-SR04, LV-MaxSonar-EZ1, etc.). Optou-se por utilizar o HC-SR04 por conta de sua ampla documentação, e a possibilidade de utilizar a biblioteca NewPing, que diferente de uma implementação manual, dispensa o uso da função "delay"¹ do arduino, que bloqueia a execução do código por um período de tempo.
- Na resolução da função F07, foi necessário a implementação de um controlador PID, para corrigir os desvios laterais que é inerente à topologia diferencial do robô, para garantir que os movimentos de 'frente' e 're' fossem executados corretamente. Para tanto, utilizou-se também as equações cinemáticas e odométricas do L1R2, como entrada para o controlador, e, por meio destas foi possível criar as funções 'direita' e 'esquerda' que recebem como argumentos um ângulo de rotação desejado. Todavia, para a odometria foi necessário a inclusão dos encoders, que estima o deslocamento das rodas do veículo.
- Para a função F01, que diz respeito principalmente ao planejamento e implementação da interface LARA.h, foi necessário o estudo da ementa da disciplina de 'Algoritmos e Programação I' para criar funções na biblioteca que permitam a prática dos assuntos ensinados. Desta forma, a biblioteca possui funções que abordam diversos conceitos, por exemplo: funções e métodos; sobrecargas de funções; passagem de parâmetros por valor e por referência; e, ponteiros.

Portanto, adotar essa metodologia colaborou para o desenvolvimento da biblioteca de controle do L1R2. Para validá-la, foram realizados alguns cursos utilizando a plataforma do laboratório completa. No último, que contou com 20 estudantes do primeiro semestre do curso de Ciência da Computação - UESB, do período letivo de 2016.1, dentre os quais, apenas 5 declararam conhecimento em programação, foi constatado que dos 479 códigos compilados e enviados ao robô, 97 possuíam algum erro sintático, e destes, apenas 12 eram provenientes do uso incorreto das funções contidas na biblioteca, mostrando que a interface foi facilmente assimilada pelos alunos.

Conclusões

O processo de ensino/aprendizagem de programação não é uma atividade trivial, por conta do rigor lógico-matemático da disciplina. Por conta disso, diversas ferramentas são utilizadas para melhorar esse processo, entre elas encontra-se a robótica. O LARA, oferece experimentos de robótica móvel remoto, com o robô L1R2, para o ensino de programação.

Entretanto, programar um robô requer muitos conceitos de hardware, por conta disso, foi desenvolvido uma biblioteca que abstrai tais detalhes, facilitando a manipulação do robô. Foi adotada a metodologia codesign para construção tanto física quanto do software de controle, e esta permitiu a análise e resolução de conflitos existentes no sistema, como os decorrentes das funções F01, F03 e F07.

A biblioteca desenvolvida foi testada com alunos, e culminou em resultados satisfatórios, tendo em vista que dos 97 códigos errados, apenas 12 decorreram do uso incorreto das funções contidas na interface.

Assim, para atender as necessidades principais do experimento a biblioteca LARA.h mostrou-se eficaz, contudo, pretende-se agora aprimorá-la para oferecer mais opções de controle do robô, como o processamento de imagem, o uso de estruturas de dados, etc.

Referências bibliográficas

- Arduino. Arduino Style Guide for Writing Libraries. 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Reference/APIStyleGuide>>. Acesso em: 01 ago. 2017.
- LOPES, M. et al. Web environment for programming and control of mobile robot in a remote laboratory. IEEE Transactions on Learning Technologies, IEEE, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7740908/>>. Acesso em: 9 jul. 2017.
- NIKU, S. B. Introdução à robótica—análise, controle, aplicações. 1st edition. ed. São Paulo: LTC, 2013.
- THOMAS, Donald E.; ADAMS, Jay K.; SCHMIT, Herman. A

model and methodology for hardware-software codesign. IEEE Design & test of computers, v. 10, n. 3, p. 6-15, 1993. Disponível em <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=232468>. Acesso em 09 de jul. 2017.