

PROJETO ELETRÔNICO PARA CONSTRUÇÃO DE ROBÔ AUTÔNOMO DE SUMÔ

Camila Ribeiro Campos i

Camila Mendes Quintella ii

Mariana Desireé Reale Batista iii

Alexandre Teixeira Machado, Dr. iv

Rafael G. Bezerra de Araújo, M. Sc. v

Targino Amorim Neto, Esp. vi

Victory Santos Fernandes, Esp. vii

RESUMO

Este trabalho descreve a montagem de um robô autônomo, utilizando eletrônica e software embarcados, desenvolvido para a modalidade de competição de sumô de robôs, codinome Elektra Natchios. A intenção é relatar o processo de construção do mesmo com ênfase ao projeto de eletrônica embarcada, apresentando os conceitos relacionados às técnicas e dispositivos eletrônicos aplicados no projeto, bem como a justificativa para escolha e utilização dos mesmos. Outro artigo está sendo desenvolvido sobre o mesmo projeto, com ênfase ao projeto mecânico e a lógica de programação.

Palavras-chave: Robôs autônomos. Sumô de robôs. Eletrônica Sistemas embarcados.

No mundo da engenharia a palavra ‘robô’ tem se tornado cada vez mais comum, sendo a construção de robôs parte do currículo acadêmico de muitos profissionais e estudantes, principalmente os que fazem parte da área de automação.

Há muitos anos, já se idealizava a criação de robôs. Em 1445, Leonardo da Vinci foi responsável pelo primeiro esboço de um robô humanóide, com braços e pernas capazes de se moverem. Mas só em 1921 que a palavra robô foi popularizada.

“A *Robotic Industries Association (RIA)* define um robô como sendo um manipulador programável multi-funcional capaz de mover materiais, partes,

ferramentas ou dispositivos específicos através de movimentos variáveis programados para realizar uma variedade de tarefas.” [1]

A maioria das pessoas segue o pensamento de Da Vinci: para elas robôs são máquinas que possuem aparência humanóide com braços, pernas, etc. Essa imagem robótica é a mais utilizada nos filmes. Como no filme O Homem Bicentenário, de Isaac Asimov, e o desenho animado Jetsons, de Hanna-Barbera.

No filme “Eu, Robô” é feita uma alusão do mundo no futuro, não necessariamente muito distante, onde as pessoas são dependentes de robôs, que têm autonomia suficiente e inteligência para pensar. Cientistas, estudantes e profissionais ligados a instituições acadêmicas e empresas se dedicam a pesquisas sobre inteligência robótica para transformar este futuro em uma realidade próxima.

As dificuldades encontradas nessas pesquisas e projetos científicos são muitas. Para que um robô possa executar habilidades que para os seres humanos são simples, como pegar objetos, desviar de obstáculos, captar imagens, emitir sons, etc, é necessário utilizar sensores modernos (que são responsáveis pela entrada de dados ao captar um sinal externo), além de uma fonte de energia acoplada a estrutura e um software. Essas tecnologias vêm se modernizando rapidamente, diminuindo os custos de equipamentos e viabilizando novas pesquisas.

Em artigo de fevereiro de 2007, na revista Scientific American, Bill Gates compara a indústria robótica atual com a indústria de computadores em meados da década de 70. Naquela época, o computador só era utilizado nas empresas e com o tempo foi popularizado, tornando-se um objeto indispensável na vida das pessoas. Os desafios que a indústria robótica enfrenta atualmente são semelhantes àqueles que a computação enfrentou há três décadas. [2]

Para se ter uma idéia sobre o crescimento dos robôs: “Segundo a Federação Internacional de Robótica, aproximadamente 2 milhões de robôs pessoais estavam em uso no mundo em 2004, e mais 7 milhões estarão em funcionamento no ano de 2008. Na Coreia do Sul, o Ministério da Informação e das Comunicações acredita que por volta de 2013 haverá um robô em cada casa naquele país. A Associação Japonesa de Robôs prevê que em 2025, a indústria de robôs irá movimentar mais de US\$ 50 bilhões por ano, comparados aos US\$ 5 bilhões atuais”[2]

Os campeonatos de sumô, futebol, desafio inteligente, dentre outros, são realizados com sucesso em diversos lugares do mundo. Os participantes são instigados a produzir projetos eficientes, pesquisar e desenvolver modelos inovadores capazes de

competir com outros robôs, além da premiação e do reconhecimento das melhores técnicas por parte da comunidade científica envolvida. Os eventos têm por objetivo fomentar a pesquisa na área da tecnologia, e uma das grandes metas é despertar nos estudantes o interesse pela área de pesquisa e robótica.

O projeto aqui apresentado é o desenvolvimento de um robô autônomo, que vislumbra participar de campeonatos de sumô de robôs. Em processo de desenvolvimento está Elektra Natchios, cujo projeto foi dividido em três partes: Mecânica, Programação e Eletrônica. Esta última é o enfoque deste artigo. Pode-se definir robô autônomo como uma máquina capaz de desempenhar funções sem interferência humana, a partir de uma rotina computacional previamente programada.

O sumô de robôs consiste numa modalidade de competição mundial de luta entre robôs cujo objetivo se assemelha ao sumô humano, porém no lugar de pessoas, os competidores são robôs. A estratégia da competição consiste em cada robô localizar o oponente e retirá-lo da arena, não podendo danificá-lo (não pode ser destrutivo). O robô deve executar essa tarefa sem interferência externa, para isso é preciso que o mesmo seja autônomo. Perde a batalha aquele que sair primeiro da arena – A arena possui formato circular, sendo sua superfície emborrachada em cor preta, sua borda é delineada em branco, sua superfície é lisa, com altura de 5 cm e diâmetro de 160 cm. O ponto de partida, é indicado por duas linhas paralelas marrons com 2 cm de largura e 20 cm de comprimento, distantes 30 cm do centro. [3] A arena pode ser visualizada na figura 01. As suas dimensões variam de competição para competição, podendo encontrá-las sempre nas regras de cada campeonato. Por este campeonato existir no mundo todo, algumas regras sofrem pequenas variações de lugar para lugar, mas o objetivo é sempre o mesmo.

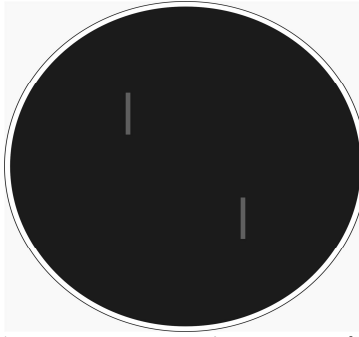


Figura 01 – Modelo de Arena para competição de sumô. Fonte: Campeonato Baiano de robôs autônomos [3].

O robô deve estar dentro dos padrões da modalidade de sumô de robôs. Portanto, para a categoria 3 kg, este deve ter massa igual ou inferior a 3 kg, dimensões máximas de 20cmx20cm e ser autônomo.

Desenvolvimento de Elektra Natchios

Estrutura

Na construção de um robô de sumô é preciso levar em consideração alguns itens básicos na sua estruturação, como a definição do chassi/carenagem (estrutura mecânica do robô que será discutida e analisada no artigo específico da parte mecânica de Elektra Natchios), fonte de alimentação, sensores, atuadores e automação.

Fonte de Alimentação

O robô deve ter acoplado a sua estrutura sua fonte de alimentação que fornecerá energia elétrica à sua placa e permitirá a ativação de todos os dispositivos que serão utilizados, como os motores, sensores ópticos e de fim de curso, relés, entre outros. Será utilizada uma bateria que durante um intervalo de tempo fornecerá a energia necessária

para o robô funcionar. As baterias variam quanto a sua voltagem, corrente elétrica e potência. A bateria escolhida foi a selada UP 1213 de 12V e 1,3Ah (figura 02), que é fácil de ser encontrada, por ser uma bateria utilizada em no-breaks.



Figura 02: Bateria utilizada no Robô Elektra Natchios. Fonte: Manual técnico Unipower. [4]

A especificação 1,3 Ah (ampère-hora) está relacionada a capacidade da bateria em fornecer durante uma hora a corrente de 1,3 A. Ampère (A) é a unidade de medida de corrente elétrica e expressa a quantidade de Coulomb (carga de $6,2 \times 10^{18}$ elétrons) que passa em um circuito durante um segundo. Como a construção do robô Elektra ainda não foi concluída para saber o quanto de corrente máxima o circuito estará consumindo, é preciso fazer uma estimativa da corrente máxima que a bateria poderá liberar em um intervalo de 4,5 minutos, que é a duração de um combate de sumô de robô. Como em uma hora a bateria fornece 1,3A ao circuito e 4,5 equivale a aproximadamente 13,33 vezes de 60 min e como a relação de corrente e tempo são inversamente proporcionais, pode-se fazer $13,33 \times 1,3$ encontrando o valor de 17,33A que é a corrente máxima que a bateria fornece em 4,5 minutos. Este cálculo é apenas uma estimativa hipotética, pois foram consideradas as condições ideais onde o consumo é constante. Porém não é isto que acontece exatamente no sumô, pois há momentos em que este consumo é mais intenso, como em situações de clinchviii, que exigem mais energia já que o robô está empurrando intensamente o oponente. A figura 03 mostra esta

relação inversamente proporcional entre o tempo e a corrente fornecida pela bateria: quanto menor o tempo, maior a quantidade de corrente fornecida ao circuito.

■ Duração da Descarga x Corrente de Descarga (25°C)

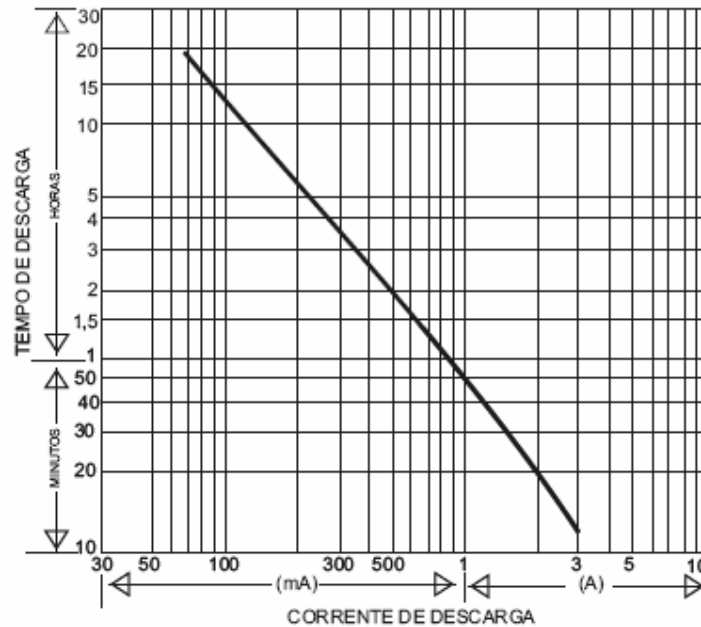


Figura 03: Gráfico da corrente em função do tempo. Fonte: Manual técnico Unipower. [4]

a. Sensores

Parte da autonomia do robô está sob responsabilidade dos sensores. Estes são responsáveis por sentir o ambiente e enviar uma resposta ao microcontrolador – que terá seu estudo detalhado a seguir. Em Elektra foram utilizados dois tipos de sensores: ópticos – se localizam na parte inferior do robô e de final de curso (sensor de toque) – localizados nas laterais.

O sensor óptico trabalha a partir do infravermelho, e reage ao captar luz no ambiente. O sensor utilizado trabalha com dois componentes, fisicamente semelhantes a um led, divididos em emissor e o outro o receptor. O emissor, como o nome sugere, é aquele que vai emitir a luz e o receptor é o que vai receber a luz (figura 4).

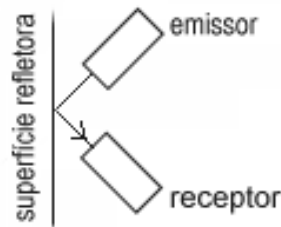


Figura 4: Emissor e receptor de luz. Fonte: Percepção. [5]

O receptor funciona como uma chave: quando não há luz, o circuito fica aberto; quando a luz é captada, o circuito se fecha. Em Elektra esses dois componentes estarão na superfície inferior do robô, posicionados com certa angulação de forma que o circuito só é fechado quando o receptor é sensibilizado no seu topo pela luz emitida pelo emissor. Para isso é preciso que a luz emitida seja refletida e retorne, podendo assim ser captada pelo receptor. Com os conhecimentos de óptica na qual cada cor possui um espectro de frequência, sabe-se que o preto é capaz de absorver luz e o branco de refletir; e a partir dessas informações entende-se porque a faixa de delimitação da arena é branca: o robô, ao chegar na faixa branca terá o sensor inferior sensibilizado (emitirá luz que será refletida pela faixa branca e captada pelo receptor), e essa informação, após ser processada pelo microcontrolador, vai fazer o robô se movimentar em sentido oposto para que não saia da arena.

O sensor de toque tem um funcionamento muito mais simples: semelhante a uma chave NA (normalmente aberta): quando ele encosta em alguma superfície sólida a chave fecha, ou seja, o circuito fecha e então o robô executa alguma ação que foi previamente programada e gravada no microprocessador. Isso acontece no sumô quando o robô está em contato com o seu oponente e precisa empurrá-lo para fora da arena.

b. Atuadores

Do ponto de vista tecnológico, atuadores são dispositivos eletromecânicos que convertem energia elétrica em um movimento mecânico. Sua função é aplicar ou fazer

atuar energia mecânica sobre uma máquina. Segundo o cientista *Graig*, atuadores são dispositivos de transmissão de potência mecânica que fornece o ‘músculo’ para mover o robô [6]. Podem ser controlados manual ou automaticamente podendo ser eletroímãs, freios magnéticos, ou válvulas. Neste projeto, o atuador utilizado é um motor de vidro elétrico de carro constituído por um motor de corrente contínua e uma caixa de redução responsável pela combinação de engrenagens que dão ao sistema um bom torque e boa potência, justificando assim a utilização deste motor. Este motor pode ser visualizado na figura 05. No artigo específico da parte mecânica de Elektra Natchios, este motor será explicado com maiores detalhes.



Figura 05: Motor de vidro elétrico de carro. Fonte: Jocar [7]

c. Automação

A automação utiliza ferramentas lógicas e eletrônicas para controlar de forma autônoma e automática um sistema composto de componentes eletrônicos interligados via software embarcado. Através deste conceito, pode-se perceber que robôs são exemplos perfeitos de automação, pois segundo o *Robot Institute of America* um robô é definido como “*um dispositivo mecânico programável para execução de algumas tarefas de manipulação ou locomoção sob controle automático*” [8]. Mas para que isto ocorra de forma efetiva o robô precisa dispor de uma série de informações gravadas no seu interior que lhe permite interagir com o ambiente. Estas informações gravadas no robô constituem a sua programação feita em um software. Software é uma seqüência de

linguagem e funções destinada a um dispositivo tecnológico que irá incorporar conhecimento e inteligência sobre um dado processo. No sumô de robôs, a programação é gravada em um microcontrolador. Microcontrolador é um componente que agrega em uma única pastilha a função de microprocessador e memória, além de conter chipsets e componentes que enviam e recebem dados. Ou seja, todos os periféricos necessários à comunicação do circuito do microcontrolador estão contidos nele mesmo. Por empregar uma menor quantidade de CI's e a sua estrutura ser compacta, o sistema fica mais simples.

Um microcontrolador é um dispositivo que controla componentes eletrônicos a partir dos seus pinos de entrada e saída E/S(I/O). É a partir dele que o robô recebe e executa comandos que já foram previstos e programados anteriormente.

No projeto em questão, o microcontrolador que será utilizado é o 8051 por possuir uma arquitetura simples e ampla aplicação. A transferência de informações entre o microcontrolador e o circuito é feita a partir dos pinos E/S(I/O) que recebem e emitem sinais nas suas portas lógicas. Os pinos de entrada recebem os sinais dos sensores, a partir daí as informações contidas no microcontrolador serão processadas e então emitirá sinais pela porta de saída, ativando ou não outros dispositivos, como, por exemplo, os motores.

A arquitetura do 8051 pode ser visualizada na figura 06. Possui quatro portas denominadas de P0, P1, P2 e P3, com 8 bits cada, que podem receber ou gerar sinais. É caracterizada por possuir a memória organizada em blocos distintos: uma memória para dados e outra para memória do programa, o que oferece maior versatilidade ao processo. PC é o controlador do programa que por possuir 16 bits permite até 64 KB de memória de programa e a memória de dados também é acessada por um registrador de 16 bits. A memória RAM está dividida em dois blocos de 128 bits: o bloco superior está ligado aos registradores que controlam os recursos do microcontrolador e o bloco inferior está ligado a memória de dados. Existem dois Timers (temporizadores e contadores) de 16 bits utilizados na medição de intervalos de tempo ou geração de pulsos com duração precisa. Na CPU de 8 bits são definidas as instruções que o robô deve obedecer. A porta serial é utilizada, pois facilita a comunicação já que permite a programação da quantidade de bits e velocidade (os bits são transmitidos em fila: um por vez) [9].

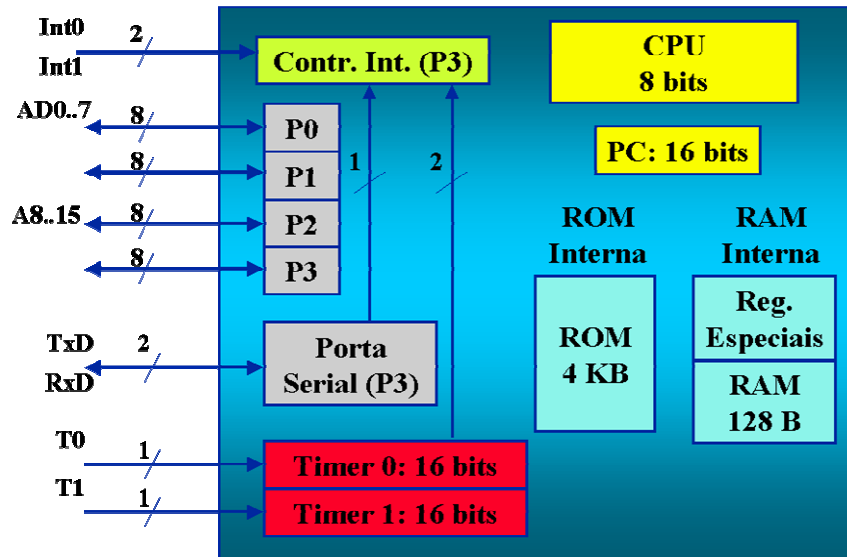


Figura 06: Arquitetura básica do 8051.

Fonte: Arquitetura de Microcontroladores Modernos [9]

1.2. Eletrônica

Para que exista conexão entre todas as partes do robô é necessário um circuito elétrico, que vai possibilitar, além da alimentação do robô, a comunicação entre todos os dispositivos da placa. Na placa de circuito do Robô Elektra (figura 07) foram utilizados os seguintes componentes eletrônicos: resistor, capacitor, diodo, regulador de tensão, relé e circuito integrado.

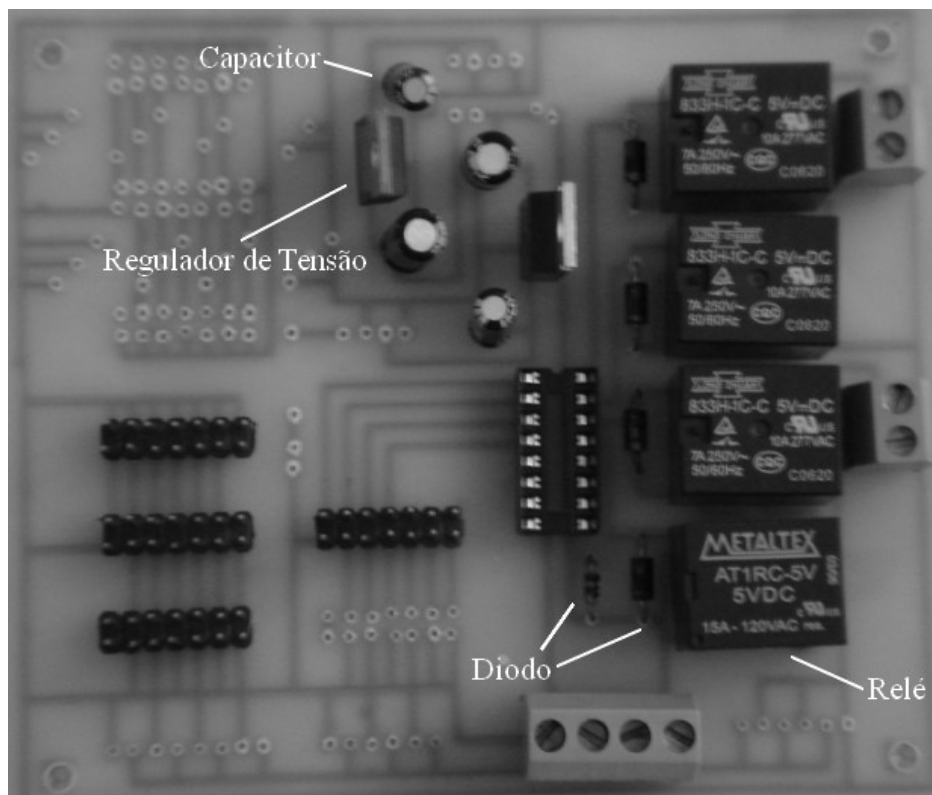


Figura 07: Placa de circuito do Robô Elektra com a indicação dos dispositivos eletrônicos utilizados. Fonte: elaboração própria.

A alimentação da placa com dispositivos eletrônicos (figura 07) e do robô Elektra é feita a partir de uma bateria de 12V, porém isso não significa que todos os componentes do circuito vão funcionar com essa tensão. Um exemplo de componente que não suporta esta tensão de 12V é o microcontrolador, que como já foi dito, é o elemento responsável pela autonomia do robô; esse microcontrolador deve funcionar a uma tensão de apenas 5V.

Esse ajuste de 12 para 5 volts é feito a partir de um regulador de tensão. O regulador recebe uma tensão e a rebaixa, de forma que seja aplicável ao microcontrolador. Deve-se levar em consideração o fator de regulação que mede a atenuação com que as variações da entrada se transmitem à saída. Pode, portanto, ser calculado pelo quociente: $\Delta V_{in}/\Delta V_{out}$. Estes reguladores possuem três terminais: um de entrada, que vai receber a tensão oscilante, um de saída, que libera a tensão estável e o ground, como mostra a figura 08.

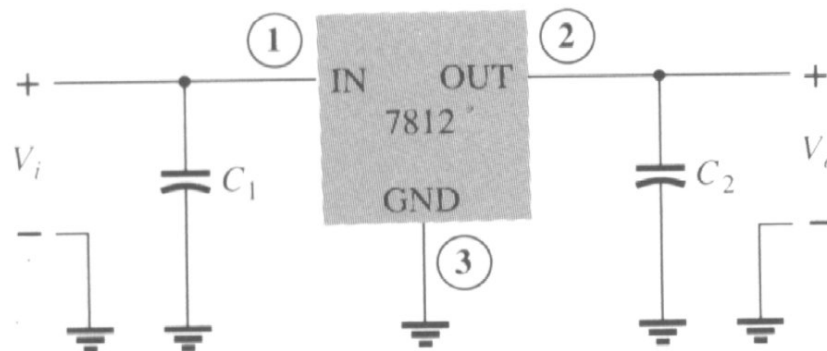


Figura 08 : Regulador de tensão . Fonte: Reguladores de tensão de três terminais [10]

O pino 1 é o de entrada que recebe a tensão variante, o pino 2 é o de saída que libera a tensão fixa(ambos positivos) e o 3 é o ground. A placa que está sendo utilizada no projeto Elektra possui dois reguladores da série 78XX, que recebem um valor variado de tensão e fixam saídas de tensões positivas que variam de 5V a 24V. Quem vai indicar a tensão de saída é a terminação do regulador, como no caso deste projeto que foram utilizados reguladores 7805 (saída de 5V) e 7809(saída de 9V). Os reguladores da série 79XX trabalham com tensões negativas.

Neste circuito da figura 08, assim como na placa de Elektra, percebe-se a existência de capacitores, indicados por C1 e C2. Capacitores podem ser definidos como “*componentes formado por 2 placas condutoras, separadas por um material isolante chamado dielétrico. Ligados a estas placas condutoras estão os terminais para conexão deste com outros componentes de um circuito elétrico*”. [11] Como indicado na mesma figura, eles possuem dois terminais que são ligados à referência do circuito (*ground*) e a entrada ou saída. De forma geral, são responsáveis por filtrar qualquer variação de tensão de alta frequência e atenuar a ondulação nas saídas dos dispositivos.

Resistores são componentes utilizados para aumentar ou diminuir a resistência do circuito. Em determinadas partes do circuito a tensão é elevada demais para a resistência interna do componente que vai receber a tensão. Como a corrente também é muito baixa, essa tensão elevada queima o componente que não suportar tanta carga. Um exemplo disto são os leds utilizados na placa do robô Elektra que possuem baixa resistência e podem ser queimados com a tensão do circuito. Em casos como este, coloca-se um resistor em série com o componente para diminuir a tensão que vai para o mesmo, impedindo que seja danificado (figura 09). Como a resistência do led tende a zero, a resistência do circuito pode ser calculada a partir da equação: $V = R \times i$ (onde V

corresponde a tensão, R a resistência e i a corrente); dessa forma haverá um aumento na resistência do circuito e a tensão elevada fica distribuída entre o componente e o resistor.

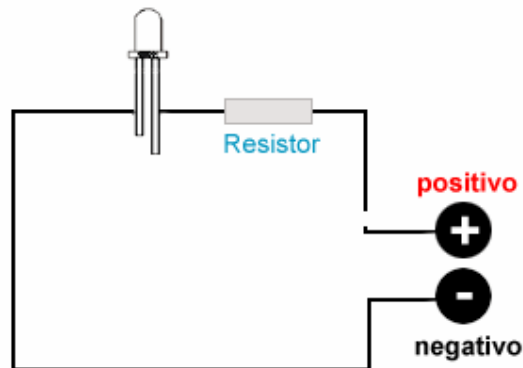


Figura 9: Circuito que utiliza resistor para diminuir a tensão que chega ao led. Fonte: elaboração própria.

No presente projeto, como a tensão que chega ao led é de 5 volts (apesar da bateria fornecer 12V, o regulador de tensão já rebaixou para 5V) e o mesmo só suporta uma corrente em torno de 0,03 e 0,04 amperes, foi preciso utilizar um resistor de 150 Ohm (Ω) para que a corrente obtida fosse de 0,033A, de acordo com o cálculo:

$$V = R \times i$$

$$5 = 150 \times i$$

$$i = 0,033A.$$

Outro dispositivo encontrado no circuito da placa é o relé. Estes são definidos como dispositivos eletromecânicos capazes de controlar circuitos externos de alta tensão a partir de baixas tensões. Internamente, o relé é formado por dois circuitos independentes: um composto por um eletroímã e outro formado por alguns contatos e uma alavanca como mostra a figura 10.

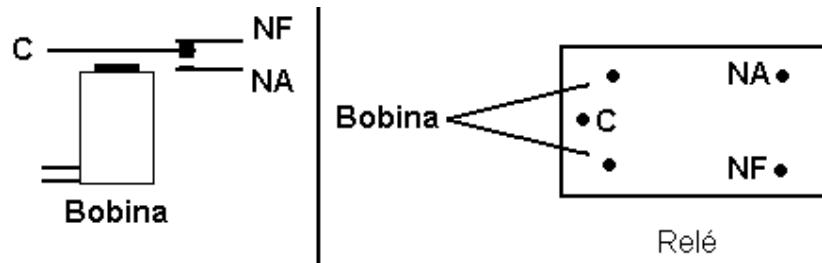


Figura 10: Composição interna do relê. Fonte: Tripod [12]

O eletroímã é uma bobina que quando energizada cria um campo magnético que atrai a alavanca do segundo circuito, fazendo com que esta alavanca se desloque de um contato para o outro, fechando o circuito em questão e abrindo outro.

Há outro componente, o transistor, que quando usado como chave, possui um comportamento semelhante ao relé, pois ambos permitem chaveamento do circuito, entretanto a corrente necessária para ativar um relé é muito maior que a corrente necessária para ativar um transistor.

Fisicamente eles são diferentes, pois enquanto o relé é um dispositivo eletromecânico, o transistor é elétrico e por isso pode trabalhar em frequências muito mais altas – para um chaveamento muito rápido o uso de transistor é mais indicado. Ambos permitem o uso de um artifício que é a inversão no sentido da corrente. No circuito do projeto Elektra será utilizado relé e esta escolha se dá ao fato que é muito mais simples de se trabalhar por agüentar correntes mais altas, ou seja, o risco de queimar o componente é muito pequeno.

Como os relés estarão conectados aos motores essa inversão no sentido da corrente, na prática, significa inversão no sentido de rotação dos motores. Os relés podem ser associados dois a dois com o intuito de se criar uma ponte de relés capaz de inverter o sentido da corrente. Na placa de circuito de Elektra Natchios foram utilizados 4 relés, sendo dois para cada motor. Cada motor precisa de dois relés para que seja feita a inversão de sentido. Esse circuito esta representado na figura 11.

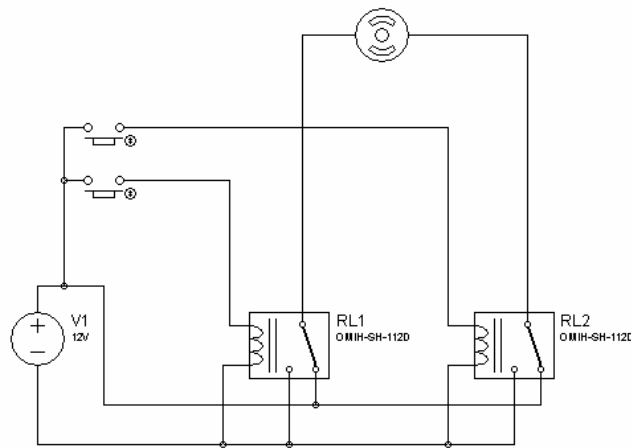


Figura 11– RL1 e RL2 representam os relés. Quando o botão superior do circuito é pressionado o motor passa a girar pra direita, pois a bobina do RL2 é energizada, mudando a chave de NF para NA. O mesmo ocorre quando a chave de baixo é pressionada, porém o motor irá girar para a esquerda e o RL1 que será acionado mudando o sentido da corrente que será invertida. Fonte: elaboração própria.

Embora as regras do sumô só indiquem apenas que o robô deve se movimentar, sem especificar o tipo de movimentação, é interessante que o robô tenha a possibilidade de se movimentar em qualquer sentido (frente, trás, esquerda e direita). Para isso, serão utilizados dois motores que vão ser os responsáveis pelo movimento das rodas em todas as direções. Mas para que aconteça a inversão de sentido destes motores é preciso associá-los aos relés e fazer uso do artifício descrito acima.

Os relés utilizados no projeto Elektra são acionados a uma tensão de 12V, porém pela seqüência do circuito, a tensão que chegaria neles seria de 5V liberada pelo microcontrolador. Por isso, há a necessidade de utilizar um componente entre o microcontrolador e os relés para amplificar a tensão. Esse componente é o circuito integrado ULN2003. Os circuitos integrados, ou CI's, são componentes microeletrônicos compostos de transistores e outros componentes interligados, capazes de desempenhar diversas funções. O CI ULN2003 é definido como um driver de potência composto por um array de transistores darlington, que no circuito de Elektra desempenha a função de amplificar a tensão e garantir que a corrente seja suficiente para chavear o relé, uma vez que a corrente que sai do microcontrolador é muito baixa. Enquanto o relé precisa de 12V para ser chaveado, o microcontrolador libera apenas 5V – por isso a necessidade desse componente entre eles, mostrada na figura 12.

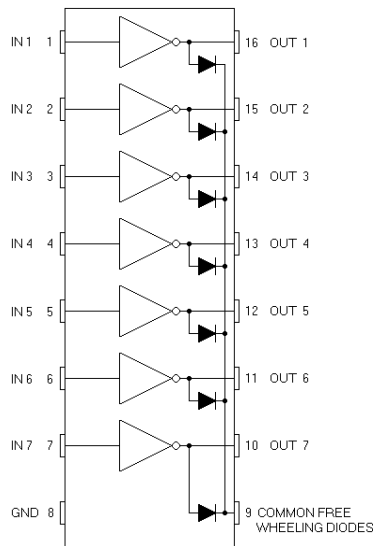


Figura 12– composição interna e externa do ULN2003A Fonte: ULN2003A [13]

Para que a construção do robô autônomo voltado para a competição de sumô seja efetivada e funcional é preciso que todos estes dispositivos eletrônicos, assim como a mecânica e software desenvolvido, estejam interconectados e funcionando sem nenhum problema. Para que isto seja alcançado, este artigo apresentou alguns conceitos acerca de eletrônica e a sua importância para projetos de sumô de robôs. Foram apresentados alguns dispositivos eletrônicos, como relés, resistores e reguladores de tensão, que nestes últimos trinta anos sofreram uma grande evolução devido às descobertas de técnicas cada vez mais eficientes que conseguem manipular minúsculas partículas eletrônicas que apesar de pequenas, quando agregadas constituem estes variados dispositivos.

Como atividades futuras estão a implementação da eletrônica e finalização do robô Elektra Natchios para participar de competições como o Campeonato baiano de Robôs Autônomos [14] e o ENECA (Encontro Nacional dos Estudantes de Controle e Automação) [15] com o intuito de, além de competir, compartilhar conhecimentos científico e tecnológico com as outras equipes e divulgar os projetos de robótica que estão sendo desenvolvidos na universidade.

Além das competições, com os conhecimentos adquiridos e as teorias inerentes ao projeto, objetiva-se o desenvolvimento de produtos e processos inovadores, comercialmente viáveis, que contribuam para o crescimento tecnológico do estado da Bahia.

REFERÊNCIAS

- [1] Luciano Rottava Da Silva. **ANÁLISE E PROGRAMAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS.** Disponível em: <<http://www.lcmi.ufsc.br/~rottava/download/dissertacao.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2008.
- [2] SCIENTIFIC AMERICAN: Robôs - o futuro chegou. Brasil: Duetto, n. 57, fev. 2007.
- [3] I CAMPEONATO BAIANDO DE ROBÔS AUTÔNOMOS. **Regras sumô de robôs.** Disponível em: <http://www.igara.com.br/CBRA2007/documentos/Regras_CBRA2007.doc>. Acesso em: 20 fev. 2008.
- [4] UNICOBA, Departamento Técnico da. **Manual Técnico Unipower.** Disponível em: <http://www.dee.ufc.br/~rene/industrial/Capi04/Tarefa_nobreak/Manual%20T%C3%A9cnico%20Bateria%20Unipower%20%20UP12xxx%20UP6xx%20e%20UP2xx%20cili.pdf>. Acesso em: 28 fev. 08.
- [5] FERRARI, Daniel Gomes. **Percepção.** Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/robotica/percepcao.htm>>. Acesso em: 27 fev. 08.
- [6] ROSÁRIO, João Maurício. Princípios de Mecatrônica. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. 356 p.
- [7] JOCAR. **Motor.** Disponível em: <<http://www.jocar.com.br/index.aspx>>. Acesso em: 25 fev. 08.
- [8] JUSTO EMILIO ALVAREZ JÁCOBO (Brasil). **Desenvolvimento de um Robô Autônomo Móvel.** Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~lva/pdf/Pablo/TeseJustoEmilioAlvarez2001.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2008.
- [9] ZELENOVSKY, Ricardo. **Arquitetura de Microcontroladores Modernos.** Disponível em: <http://www.mzeditora.com.br/artigos/mic_modernos.htm>. Acesso em: 19 fev. 08.
- [10] TECNOLÓGICA, Centro Federal De Educação. **Reguladores de tensão de três terminais.** Disponível em: <http://www.cefetrio.hpg.ig.com.br/ciencia_e_educacao/8/CI/trabalhos_99-2/reguladores_de_tensao/reguladores_de_tensao.htm>. Acesso em: 10 fev. 08.
- [11] DESCONHECIDO (Brasil). **Capacitor.** Disponível em: <http://www.eletronica.org/arq_apostilas/2/Capacitor.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2008.

[12] TRIPOD. **Relé.** Disponível em:
<<http://members.tripod.com/huilyrobot/compo/rele.htm>>. Acesso em: 15 fev. 08.

[13] DESCONHECIDO. **ULN2003A.** Disponível em:
<http://www.vlsilab.polito.it/~maurizio/eln2/laboratorio/cap4/driver_ULN2003A.gif>.
Acesso em: 28 fev. 08.

[14] GRA-BA (GRUPO DE ROBÓTICA APLICADA) (Brasil). **CAMPEONATO BAIANDO DE ROBÔS AUTÔNOMOS.** Disponível em:
<<http://www.igara.com.br/CBRA2006/>>. Acesso em: 24 fev. 2008.

[15] ENCONTRO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO (Brasil). **Da lama ao caos. Do caos á automação.** Disponível em:
<<http://www.eneca.poli.br/>>. Acesso em: 24 fev. 2008.

CARDIM, Marcio Henrique Castilho. RtrASSoc51: Módulo de Pipeline para um Processador com Arquitetura Harvard Superescalar Embarcado (PAHSE). Marília, 2005. Disponível em:
<http://www.univem.edu.br/servico/aplicativos/mestrado_dir/dissertacoes/RtrASSoc51_-_Módulo_de_Pipeline_para_um_Processador_com_Ar_72_pt.pdf>. Acesso: 20 de fevereiro de 2008.

MARKUS, Otávio. Circuitos elétricos: Corrente Contínua e Alternada. 1. ed. São Paulo: Érica, 2001. 286 p.

NICOLOSI, Denys E. C. Microcontrolador 8051: Detalhado. 8.ed. São Paulo: Érica, 2007. 227 p.

O' MALLEY, John. Análise de Circuitos. 2. ed. São Paulo: Makron Books, [entre 1994 e 2007]. 679 p.

ROMANO, Vitor Ferreira. Robótica Industrial. 1.ed. São Paulo: Editora Edgard Blüncher, 2002. 256 p.

SEDRA, Adel S.; SMITH, Kenneth. Microeletrônica.4.ed São Paulo: Pearson Macro Books, 2000. 1272 p.

SILVA, Luciano Rottava. Análise e Programação de Robôs Móveis Autônomos da Plataforma Eyebot. Florianópolis, 2003. Disponível em:
<<http://www.lcmi.ufsc.br/~rottava/download/dissertacao.pdf>>. Acesso em: 20 fevereiro 2008.

VIEIRA, Rodrigo de Souza. Protótipo de um Sistema de Monitoramento Remoto Inteligente. Florianópolis, 1999. Disponível em:
<<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/3008.pdf>>. Acesso em: 20 fevereiro 2008.

ⁱ Estudante – Graduanda em Engenharia Mecatrônica na Universidade Salvador – UNIFACS.

ⁱⁱ Estudante – Graduanda em Engenharia Elétrica na Universidade Salvador – UNIFACS.

ⁱⁱⁱ Estudante – Graduanda em Engenharia Mecatrônica na Universidade Salvador – UNIFACS.

-
- ^{iv} Professor orientador – Professor do Departamento de Engenharia e Arquitetura – DEAR, UNIFACS.
- ^v Professor orientador – Coordenador do Curso de Engenharia Mecatrônica. Departamento de Engenharia e Arquitetura – DEAR, UNIFACS.
- ^{vi} Professor orientador – Professor do Departamento de Engenharia e Arquitetura – DEAR, UNIFACS.
- ^{vii} Professor orientador – Professor do Departamento de Engenharia e Arquitetura – DEAR, UNIFACS.
- ^{viii} O *clinch* acontece quando dois robôs de sumô se encontram na arena e tentam, mutuamente, empurrar o oponente. Os robôs ficam parados, mas com motores e demais dispositivos em funcionamento.