

Assistência senso-motora para deficientes visuais

Aline Rosa dos Santos Rocha¹, 16/0023076, Felipe Lima Alcântara², 16/0027918
^{1,2}Programa de Engenharia Eletrônica, Faculdade Gama - Universidade de Brasília, Brasil

Resumo—O projeto Assistência senso-motora para deficientes visuais (ASMDV) é um equipamento assistivo, construído para facilitar o deslocamento de deficientes visuais, cujos os quais não têm como detectar obstáculos fora da altura alcançável pela bengala. Utilizando o MSP430G2 e sensores ultrassônicos, buscou-se criar uma alternativa, para detecção de obstáculos altos.

Index Terms—MSP430, tecnologia assistiva, deficiência visual, sensor ultrassônico

I. INTRODUÇÃO

DE acordo com a Fundação Dorina Nowill para Cegos [1], do total da população brasileira, 23,9% (45,6 milhões de pessoas) declararam ter algum tipo de deficiência. Entre as deficiências declaradas, a mais comum foi a visual, atingindo 3,5% da população. Em seguida, ficaram problemas motores (2,3%), intelectuais (1,4%) e auditivos (1,1%). Segundo dados do IBGE de 2010, no Brasil, das mais de 6,5 milhões de pessoas com alguma deficiência visual 528.624 pessoas são incapazes de enxergar (cegos), 6.056.654 pessoas possuem baixa visão ou visão subnormal (grande e permanente dificuldade de enxergar) e outros 29 milhões de pessoas declararam possuir alguma dificuldade permanente de enxergar, ainda que usando óculos ou lentes. Dentro deste aspecto, Hogetop e Santarosa [2] afirmam que "a mediação digital vem impreterivelmente favorecer inúmeras novas oportunidades de acesso, em via dupla, ao conhecimento da cultura por parte do indivíduo [...]". A Educação Especial tem agora novas perspectivas de abordar a diversidade humana e "des"cobrir todos que historicamente foram excluídos, escondidos, discriminados, encobertos pelas diferentes sociedades no *continuum* das épocas". De forma menos abrangente, é isto que o projeto se propõe a fazer.

II. JUSTIFICATIVA

Segundo Souza [3], as soluções atuais mais amplamente utilizadas no Brasil para locomoção de cegos são as bengalas comuns - os usuários a movimentam e se ela esbarrar em algum objeto conseguem ter um noção

de onde há obstáculos e assim podem desviar, tem preço acessível mas se limita ao sensoramento abaixo da linha da cintura, - e cães-guia - que é uma boa solução por ser tratar de um ser inteligente auxiliando a locomoção mas pouco acessível devido aos poucos centros especializados no treinamento dos cães e todo o custo financeiro envolvido nesse processo. Alguns projetos de conclusão de curso e pós-graduação desenvolveram uma bengala eletrônica, Figura 1, ela faz uso de um microcontrolador em sua parte superior e dois sensores - um no meio da bengala responsável pelo sensoramento de objetos acima da linha da cintura e o outro, no final da bengala responsável pelos objetos abaixo da linha da cintura. Porém, além de ainda não estar sendo produzida, o preço de venda ficou estimado em R\$ 300,00 em um dos projetos [4].

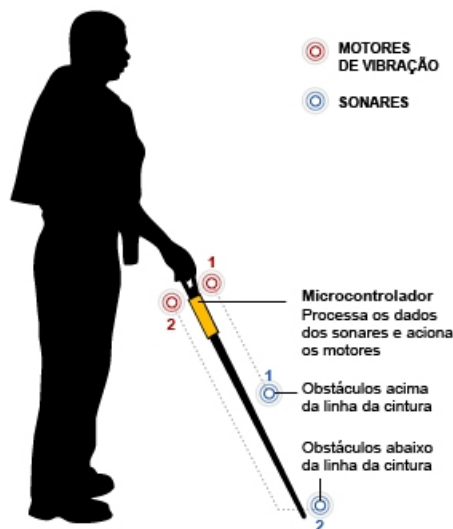


Figura 1. Bengala eletrônica.

Uma pesquisa de campo foi feita com um portador de deficiência visual, Leonardo Lemos de 22 anos, morador do Distrito Federal e cego desde os 09 anos. Ele relatou que só faz uso da bengala tradicional e que uma das

grandes dificuldades que sente são os obstáculos aéreos como galhas de árvores, placas de trânsito ou qualquer outro objeto que esteja próximo à cabeça.

Tendo isso em vista, pensou-se que uma solução que envolvesse sensores que monitorassem a presença de objetos na parte superior do corpo e avisassem ao usuário através de som ou vibração seria de grande valia, principalmente se houvesse baixo custo associado à produção. A solução usaria microcontroladores do tipo *MSP430*, que pudessem facilitar a locomoção de deficientes visuais severos, pensado-se principalmente nos que entraram em tal condição recentemente - haja visto que, pessoas que à pouco tempo tiveram uma perda drástica de visão, terão muitas dificuldades associadas à locomoção que a bengala comum não é capaz de sanar, como evitar esbarrar em objetos que estão na região mais próxima à parte superior do corpo -.

III. OBJETIVO

Desenvolver protótipo funcional de um dispositivo capaz de detectar objetos acima da linha da cintura e avisar sensorialmente conforme for se aproximando o obstáculo. O projeto é pensado especialmente para portadores de deficiência visual, afim de evitar colisões. Projeta-se que os obstáculos seja sensoreados por 3 Sensores de Distância Ultrassônico HC-SR04 localizados na região da cabeça - um na direção frontal e dois laterais -, o microcontrolador seja uma *MSP430G2*, da *Texas Instruments* e a alimentação do circuito feita com bateria recarregável.

Além disso temos que levar em conta as características de:

A. Precisão

Como para o cálculo da distância do sensor de ultrassom, é necessário utilizar um timer em modo de captura, vide Seção VII-A, é importante definir bem as interrupções na codificação da placa [5].

B. Conforto e estética

Em pesquisa de campo, um ponto levantado pelos entrevistados foi a questão estética. O público alvo do projeto mostrou preocupação em usar dispositivos que tivessem muitos fios, fossem grandes ou causassem grande estranheza para quem olhasse.

Assim, o projeto deve ser confortável para que não prejudique os usuários e esteticamente agradável. Nesse sentido, as sinalizações com *buzzers* foram desconsideradas - barulho chamativo - e Motores de Vibração Chato com fio (8x4 mm) foram adotados, já que possuem vibrações baixas mas suficientes para alertar.

IV. METODOLOGIA

O projeto seguirá as seguintes etapas, buscando com este tornar mais organizado o desenvolvimento.

A. Pesquisa de Aplicações e Produção do PCI

Inicialmente foi realizada uma pesquisa do estado da arte, buscando reconhecer o que já foi realizado na área do tema. Junto a pesquisa, foi realizada uma breve conversa com um deficiente visual, buscando se inteirar da real necessidade do produto. Com o projeto definido e o problema identificado, foi realizada a produção do presente documento.

B. Desenvolvimento do Software com o Compilador Energia

Nesta etapa do projeto será iniciado o processo de produção do protótipo, com um compilador de utilização mais simples. Realizando assim os primeiros testes com os sensores e o microcontrolador, buscando identificar possíveis ameaças e necessidades de *hardware* e *software*.

C. Aprimoramento de Software no Code Composer Studio

Esta etapa será abordada no Ponto de Controle 2, buscando já realizar aprimoramentos no código, e integração de algumas partes do *hardware*, principalmente a identificação e sinalização dos obstáculos.

D. Desenvolvimento do Protótipo e Refinamento em C

Inicia-se aqui a etapa de desenvolvimento do *hardware*, buscando se adequar ao abordado na Seção III-B. Além do trabalho com *hardware*, o software deverá ser aprimorado, tendo como objetivo demonstrar mais recursos do sistema e integrar o sensor de cabeça.

E. Conclusão do Hardware e Refinamento em C

Esta etapa busca finalizar a construção do *hardware* do protótipo e buscar já haver a temporização do sistema bem definido. Os sensores já deverão estar com regulação confiável.

V. REQUISITOS

A. Requisitos materiais

- 2 Microcontroladores *MSP430G2*;
- 3 Sensores ultrassônicos *HC-SR04*;
- Boné para suporte do sensor da cabeça e do circuito;
- 3 Motores de Vibração Chato com fio (8x4 mm);
- Bateria recarregável;
- 2 CIs 74H595;
- *Jumpers* macho-macho e macho-fêmea;

B. Requisitos técnicos

1) *Formatação dos documentos*: A elaboração e manutenção dos documentos produzidos no projeto deverá utilizar LaTeX de forma que a apresentação das informações fique organizada. Assim como, representará as instruções para a construção do protótipo.

2) *Custos*: Um ponto importante que diferencia o projeto de outros já desenvolvidos é seu baixo custo. Estima-se o custo de produção com material abaixo.

- 2 Microcontroladores *MSP430G2* - R\$ 40,00 cada = R\$ 80,00;
- 3 Sensores ultrassônicos *HC-SR04* - R\$ 8,90 cada = R\$ 26,70;
- Boné para suporte do sensor da cabeça e do circuito - R\$ 20,00;
- 3 Motores de Vibração Chato com fio (8x4 mm) - R\$ 4,90 cada = R\$ 14,70;
- Bateria recarregável 9V 250 mah - R\$ 21,00;
- 2 CIs 74HC595 - R\$ 1,70 = R\$ 3,40;
- *Jumpers* macho-macho e macho-fêmea - R\$ 17,80;

Assim, estima-se um custo total de produção de R\$ 183,60.

VI. BENEFÍCIOS

A proposta de projeto tecnológico assistivo de monitoramento senso-motor para deficientes visuais visa melhorar a vida de pessoas que tiveram perdas bruscas de visão, principalmente perdas recentes que ainda não se acostumaram com suas rotinas e trajetos, trazendo mais conforto e confiabilidade em seus trajetos ao monitorar obstáculos que estejam próximos a regiões do corpo do usuário que a bengala tradicional não é capaz de detectar e assim avisá-lo evitando entrocamentos, quedas e até acidentes mais sérios. Em relação a tecnologias já existentes citadas anteriormente, o benefício desse projeto seria o custo de aquisição mais acessível atendendo a um leque maior de consumidores.

VII. DESENVOLVIMENTO

A. O Sensor HC – SR04

De acordo com o *datasheet*, após a porta *Trig* receber um pulso, a porta *Echo*, após o envio da onda de ultrassom, iniciará a enviar o valor da tensão em V_{cc} até o ultrassom receber a onda de eco ou exceder a distância máxima de leitura, segundo o *datasheet* 4m, o funcionamento do sensor está exemplificado na Figura 2.

O tempo de pulso da porta *Echo*, será usado para o cálculo da distância. O cálculo é realizado pela equação[6]:

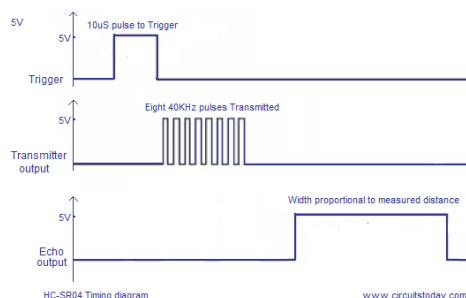


Figura 2. Diagrama de funcionamento no tempo do sensor de ultrassom.

$$Distancia = \frac{T_{Echo} \cdot V_{som}}{2} \quad (1)$$

Algumas vezes é necessário realizar testes para tornar mais preciso o cálculo da distância, para isso escrever um código simples para a leitura serial das distâncias é uma boa prática.

B. O circuito integrado 74HC595

Utilizado para regulação das distancias e para primeiros testes de potência de vibração do motor. Este circuito integrado torna possível o aumento de saídas utilizando poucos pinos do microcontrolador, isto é interessante, pois pode-se utiliza-lo como saída paralela ou serial[7], abrindo assim uma variedade de possibilidades.



Figura 3. Circuito integrado SN74HC595.

Este circuito integrado precisa de três sinais de timers vindos da MSP430 como mostra a imagem abaixo. o sinal SH_CP é como um clock e o DS é o sinal que vem da placa com a saída serial. Ao final da saída um pulso da entrada ST_CP é enviado identificando o fim da entrada serial. Além disso, se o sinal enviado para o CI for maior que 8 bits, a saída Q7S envia os bits restantes. A utilização paralela possibilita a implementação em *hardware* de diferentes potências de vibração do motor.

Outra facilidade de utilização do 74HC595, é o fácil controle deste utilizando um microcontrolador[8].

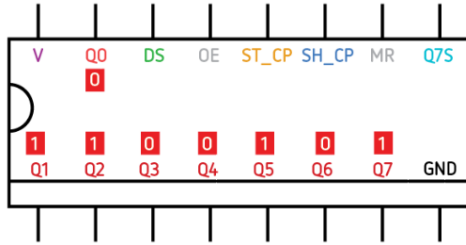


Figura 4. Entradas e saídas do circuito integrado *SN74HC595*.

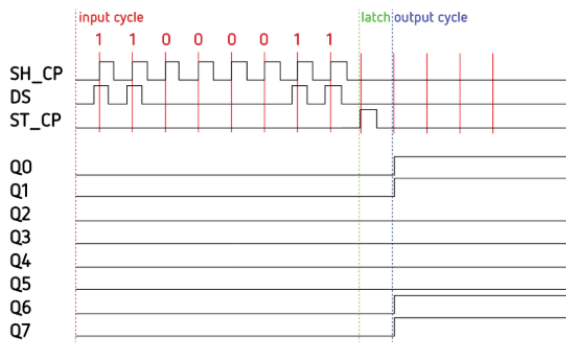


Figura 5. Sinais de entrada do circuito integrado *SN74HC595*.

C. Hardware - Ponto de Controle 2

Para o ponto de Controle 2, buscou-se realizar a aplicação da identificação de obstáculos determinando a distância deste ao sensor. A intensidade de vibração foi exemplificada pelo uso de *leds*, que foram conectadas em série as saídas do tipo paralelo, do *74HC595*. O design² em *protoboard*, realizado no software *Fritzing*, está na³ Figura 6.

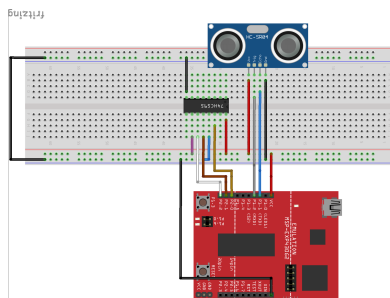


Figura 6. Desing do Circuito em *Protoboard*, sem *leds* conectadas a saída.

D. Software - Ponto de Controle 2

O código foi realizado no ambiente de desenvolvimento integrado da *Texas Instruments*, *Code Composer Studio*(CCS), o código escrito na linguagem C.

Inicialmente é enviado um pulso para entrada *Trig*, de 20ms, após isso espera-se 6 segundos para um novo pulso no *Trig*. O *Timer A* foi definido em modo de captura para a entrada do pino *Echo*, ao ser encontrada a borda de subida é realizada a interrupção e após a borda de descida é realizado o cálculo da distância.

```
1 TACCTL0 |= CM_3 + SCS + CAP + CCIE +
  CCIS_0;
2 // setando Timer A0.0 em modo de
  captura|CM_3: Seta TACCR0 para
  subida e descida|SCS: captura
  sincrona |CAP:modo captura|CCIE:
  libera interrupcao|CCIS_0: cciA
3 TA0CTL = TASSEL_2 + ID_0 + MC_2;
4 P1DIR = TRIG;
5 P1SEL = ECHO;
```

Com a distância do obstáculo definida, uma variável interna é setada de acordo com o valor da distância, assim enviando pra porta de saída um valor serial pré-setado em uma matriz.

E. Software - Ponto de Controle 3

O grande desafio à nível de software do terceiro ponto de controle era conseguir realizar a leitura de dois sensores simultaneamente usando apenas uma *MSP430G2*. Inicialmente pensou-se em utiliza-los de maneira "paralela", enviando o pulso de *Trigger*, com o unico atraso sendo de leitura de tarefa.

```
1 P1OUT |= TRIG1;
2 P1OUT |= TRIG2;
3 __delay_cycles(20);
4 P1OUT &= ~TRIG1;
5 P1OUT &= ~TRIG2;
```

Para usá-los, na codificação os sensores foram colocados em portas diferentes, a Figura 7 exemplifica o funcionamento, se havendo a borda de subida em um dos pinos *Echo*, a função de interrupção da porta é chamada, inicializando assim a contagem do pino *Echo* em nível lógico alto.

```
1 P1IE |= EchoPin1;
2 P2IE |= EchoPin2;
3 P1IES &= ~EchoPin1;
4 P2IES &= ~EchoPin2;
```

Na interrupção caso seja verificada uma borda de descida significa que um obstaculo foi identificado, assim podendo realizar o calculo da distância. Para o calculo foi usado o numero de vezes que a interrupção do *Timer*

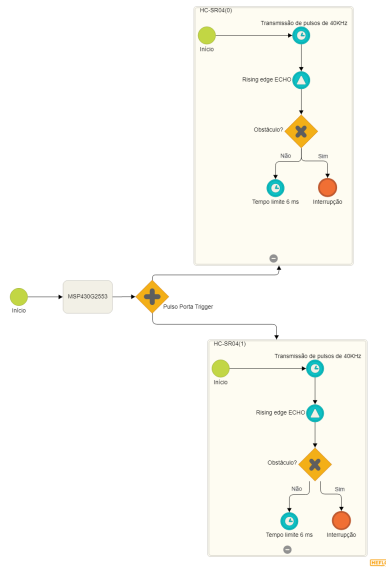


Figura 7. Fluxograma de Funcionamento do Software para os sensores de ultrassom, funcionamento paralelo.

foi chamada somado ao valor no registrador TAR, o valor resultante sendo dividido por 74, para a transformação total do período do ECHO em centímetros.

Por fim foi setada a distância tolerável de 15cm, caso o obstáculo estivesse numa distância menor deveria ser ligado o *led* correspondente ao sensor. Porém ao se implementar na placa, não houve acendimento de *led*.

Logo a entrega da parte de software não foi efetuada no prazo do PC3, sendo adiada para o PC4, o orientador do projeto deu a ideia de realizar a utilização dos sensores de forma sequencial, enviando o pulso do Trigger e análise do Echo, em um sensor de cada vez.

F. Hardware - Ponto de Controle 3

À nível de hardware para o ponto de controle 3, foi montado um circuito em *protoboard* para leitura de dois sensores.

Para o protótipo final, foi decidido que para conforto, será realizado a confecção unicamente do boné, este contendo os 3 sensores, um frontal e dois diagonais(a ser testado a eficiência). Para a alimentação do circuito será utilizada uma bateria recarregável de 9V e 250mAh, sendo utilizado o regulador de tensão LM7805, para atingir a tensão de 5V desejada.

VIII. AMEAÇAS

Com a primeira aplicação real, notou-se uma deficiência de identificação de certos tipos de obstáculos,

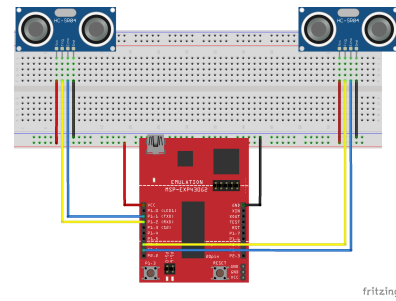


Figura 8. Esquemático circuito com leitura de dois sensores.

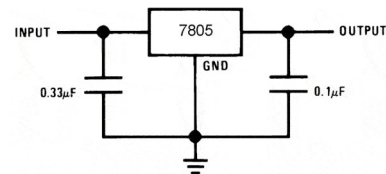


Figura 9. Esquemático circuito regulador de tensão.

um exemplo são objetos circulares com pequenos diâmetros, isto se deve pela dispersão da onda emitida pelo ultrassom, fazendo com que a onda de retorno se torne uma onda disforme.

A compra de sensores ultra sônicos mais caros supriria este percalço, porém não se torna necessário para esta etapa de desenvolvimento.

Outra ameaça tem sido a dificuldade com a insuficiência de *timers* para os três sensores e conseguir multiplexá-los, além da dificuldade de implementação de mais de 1 sensor na MSP-EXP430G2ET sendo necessária uma resolução de urgência, para prosseguimento do projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] F. Dorina. (2010) Estatística da deficiência visual. [Online]. Available: <https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/estatisticas-da-deficiencia-visual/>
- [2] L. Hogetop and L. Santarosa, "Tecnologias assistivas: Viabilizando a acessibilidade ao potencial individual," *PGIE - UFRGS*, vol. 5, no. 2, pp. 103–117, 2002.
- [3] C. S. G. de SOUZA, J. Sala, A. R. TOGNI, W. O. KAWAMOTO, C. S. P. ARIAS, and L. T. K. JÚNIOR., "Dispositivo para auxílio à locomoção de deficientes visuais baseado em transdutores ultrasônicos," *Revista Espacios*, vol. 37, no. 09, p. 20, 2016.
- [4] L. Brentano. (2011) Brasileiro cria bengala eletrônica de baixo custo para deficientes visuais. [Online]. Available: <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2011/07/brasileiro-cria-bengala-eletronica-de-baixo-custo-para-deficientes-visuais.html>
- [5] J. H. Davies, *MSP430 microcontroller basics*. Elsevier, 2008.
- [6] A. Thomsen. (2015) Como utilizar o sensor ultrasônico hc-sr04. [Online]. Available: <http://buildbot.com.br/blog/como-utilizar-o-sensor-ultrasonico-hc-sr04/>

- [7] *SNx4HC595 8-Bit Shift Registers With 3-State Output Registers*, Texas Instruments, 9 2015, rev. 2.
- [8] C. Maw and T. Igoe. (2018) Serial to parallel shifting-out with a 74hc595. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ShiftOut>