

# Detector de proximidade ultrassônico para acessibilidade locomotora de deficientes visuais

Ana Beatriz Freires Ferreira  
Universidade de Brasília – Faculdade do Gama  
Programa de Engenharia Eletrônica  
Brasília, Brasil  
beatriz.ana2108@gmail.com

Priscilla Costa de Souza  
Universidade de Brasília – Faculdade do Gama  
Programa de Engenharia Eletrônica  
Brasília, Brasil  
priscillacostadesouza@gmail.com

## I. INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia é necessário que cada vez mais a engenharia humana trabalhe e melhore no acesso de pessoas com deficiência. De acordo com o censo realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2016, 45,6 milhões de brasileiros possuem deficiência, sendo a deficiência visual a declarada mais comum, atingindo 3,6% da população. No entanto, apesar dos números significantes, há pouca difusão da tecnologia na acessibilidade.

Neste contexto, o já utilizado bastão guia para auxílio de locomoção de pessoas visualmente deficientes se tornou obsoleto diante da diversidade tecnológica atual. De acordo com Lugli et. al (2016), o bastão é em sua maioria rejeitada por seus usuários, por motivos estéticos e de ordem prática.

Buscando a inovação, a praticidade e melhoria da situação locomotora para acessibilidade de pessoas visualmente deficientes, a proposta é desenvolver um detector de proximidade ultrassônico em um calçado. Assim, o sistema aplicado ao vestuário do portador melhorará até mesmo o processo psicológico de aceitação, adaptação e imersão social do usuário. O sapato detector de proximidade permitiria a adaptação com o ambiente externo, pois seria mais confortável por seu algo usual, do cotidiano, e mais prático por ser algo que pode ser facilmente conciliado com a rotina do portador.

Segundo dados do World Report on Disability 2010 e do Vision 2020, a cada 5 segundos, 1 pessoa se torna cega no mundo. Considerando isso, o dispositivo é planejado e pensado para não apenas pessoas que nasceram com deficiência ocular, mas também as que adquiriram a deficiência durante a vida.

Considerando as possibilidades de desenvolvimento tecnológico foi escolhido o microcontrolador MSP430, por possibilitar a aplicação da solução de forma mais barata e com menor gasto de energia.

O calçado detector de proximidade ultrassônico aplicado à realidade de deficientes visuais tornará a locomoção de seu

usuário mais eficiente, segura e com menos imprevistos. A medição de distância é uma velocidade muito rápida, aproximadamente de 1540 m/s. Isso evitaria alguns acidentes que podem ocorrer com o uso apenas do bastão, pois ele é limitado a avisar o usuário de objetos inertes no espaço em sua maioria, não podendo prever a entrada de uma pessoa, animais, elementos que se movimentam no ambiente. O uso do calçado com o detector de proximidade ultrassônico tornaria o caminho do portador mais seguro em que pisos táteis, que eventualmente se desgastam antes mesmo do deficiente visual se acostumar com o novo relevo, não esperando pela mudança com o uso apenas do bastão. A pessoa pode não perceber a mudança e acabar se ferindo, tropeçando e caindo.

## II. OBJETIVOS

### A. *Projetar um detector de proximidade utilizando MSP430*

Utilizando um transdutor que emite uma série de pulsos ultrassônicos de curta duração que refletem no obstáculo cuja distância se deseja medir e a tecnologia digital do microcontrolador escolhido para controle e operação do sistema, a proposta é detectar obstáculos na locomoção do usuário.

### B. *Tornar o dispositivo útil para o contexto de deficientes visuais*

Considerando a usabilidade e aplicação no cotidiano do usuário, para melhor adaptação do dispositivo, o sistema será aplicado ao seu calçado com um vibrador feito por um motor de passo. As vibrações emitidas por ele serão sentidas pelo seu portador de forma a avisá-lo que há um obstáculo a frente.

### III. REQUISITOS

Os requisitos de um projeto se dividem em:

#### A. Necessidade (Que pode ser aliado à utilidade do produto)

A utilidade do detector de proximidade vem de sua função: Tornar o trajeto de portadores de deficiência visual mais eficaz, com menos riscos de acidentes com o uso de um dispositivo tecnológico e útil.

#### B. Expectativa (O que o usuário espera do produto)

Espera-se que o produto sirva como um auxílio ao portador, para que ao sentir a vibração ele possa processar o comando de desviar do obstáculo. Assim, automatizando o ato de tatear o ambiente com o bastão para auxílio de pessoas com deficiência visual.

#### C. Restrição (As limitações do produto)

- O modo como será aplicado, em um sapato, tornará inacessível para ambientes com água ou muito úmidos, podendo degradar o circuito do produto.
- A programação necessária para diferenciar o obstáculo do chão ao caminhar exigirá um grande risco de erro pela precisão e funcionamento do sensor utilizado.

#### D. Interface (Relação do usuário com o produto)

Para tornar a adaptação mais prática, será adicionado um botão de iniciar/ desligar no circuito no calçado com o sensor ultrassônico acoplado na dianteira. Dentro do solado estará um placa de circuito impresso (PCB) com o restante do circuito acoplado com o microcontrolador MSP430.

### IV. DESCRIÇÃO

O projeto utilizará os seguintes componentes para sua montagem:

#### 1) Sensor ultrassônico HC-SR04

De acordo com o datasheet, esse sensor utiliza sinais ultrassônicos (40 KHz, acima da capacidade de audição do ouvido humano, que é de 20 KHz), para determinar a distância entre o sensor e o obstáculo. Ele pode medir distâncias entre 2 cm e 4 m, com precisão de 3mm. Seu ângulo de detecção é de aproximadamente 15 graus. Ele possui 4 pinos: Vcc (alimentação 5V), Trigger, Echo e GND.



Figura 1 – Sensor ultrassônico HC-SR04.

O funcionamento do módulo consiste basicamente em enviar um sinal que, ao atingir um obstáculo, voltará para o sensor. Com base nesse tempo entre o envio e recebimento, é calculada a distância entre o sensor e o objeto utilizando a velocidade do sinal.

É enviado um sinal com duração de 10µs ao pino Trigger, indicando que a medição terá início. Automaticamente, o módulo envia oito pulsos de 40 kHz e aguarda o retorno do sinal pelo receptor. Caso haja um retorno de sinal (em nível HIGH), determina-se a distância entre o sensor e o obstáculo utilizando a seguinte equação:

$$Distancia = \frac{(Tempo\ em\ HIGH \times velocidade\ do\ som)}{2}$$

A variável de saída deve ser a metade do produto do pulso com a velocidade por conta da ida e volta do sinal, assim adquire-se o tempo que ele percorre a distância duas vezes.

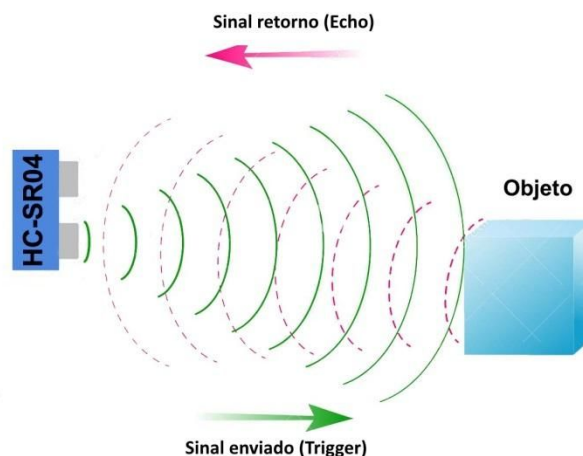


Figura 2 – Funcionamento do HC-SR04.

#### 2) Vibracall

O vibracall possui um diâmetro de 10mm e largura de 2.7mm. Ele funciona pelo princípio da indução magnética, onde uma corrente elétrica passando por um fio, gera um campo magnético que atrai metais magnéticos. O dispositivo é uma espécie de motor, só que com o eixo fora do centro. Quando o motor começa a girar esse eixo fora do centro produz uma vibração, que é sentida fortemente. Seu funcionamento se dá em uma faixa de 3V a 5V.

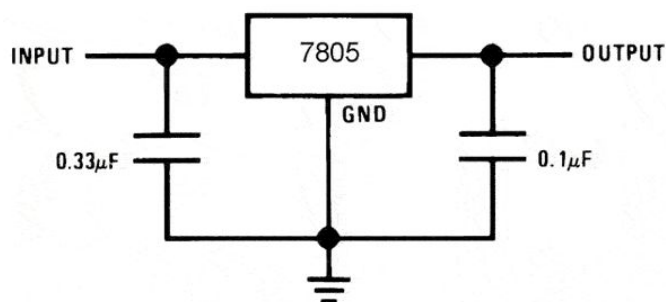


**Figura 3** – Mini motor Vibracall.

A excitação do circuito foi feita com uma bateria de 9V, no entanto os componentes dos circuitos trabalham com tensões mais baixas.

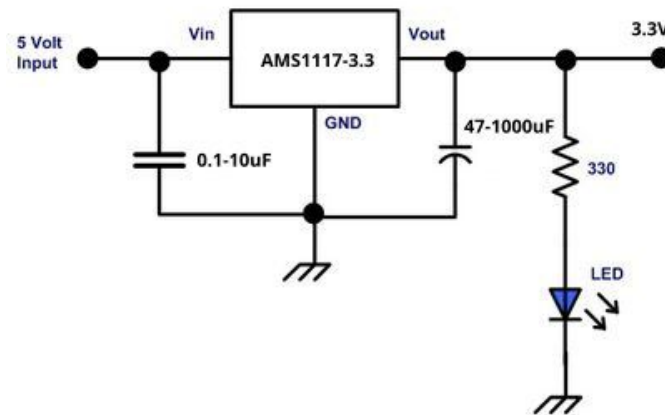
Para o funcionamento do sensor e do chip em stand alone foi necessário acrescentar ao circuitos reguladores de tensão de 9V para 5V e de 5V para 3.3V.

Para o regulador de tensão de 9V para 5V utilizamos o dispositivo lm7805, que tem a seguinte configuração para sua utilização:



**Figura 4** - Dispositivo lm7805

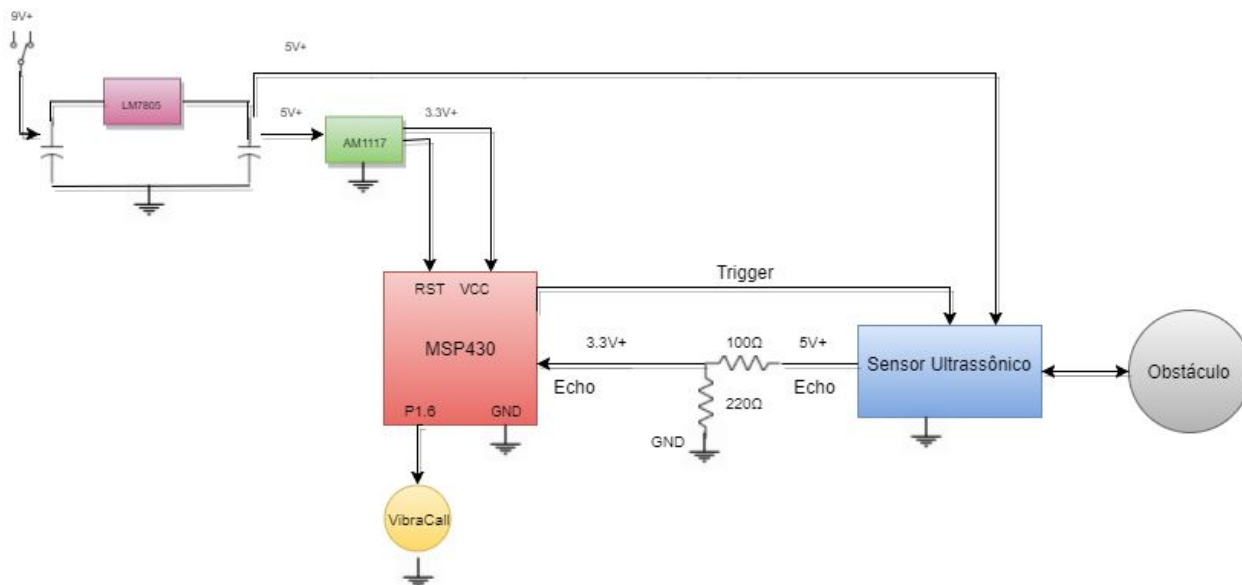
Para o regulador de tensão de 5V para 3.3V para alimentação do chip MSP430, foi utilizado o dispositivo ams1117, ele possui capacitores e resistor internos, sendo possível utilizá-lo diretamente, sua configuração interna:



**Figura 5** - Dispositivo ams1117

Em série com a bateria de 9V foi acrescentada uma chave de On/Off do sistema, com o objetivo de facilitar a interação sistem-usuário. Quando estiver em “Off” nenhuma tensão é enviada para o circuito, e é desligado o dispositivo. Quando estiver em “On” o circuito funciona na forma devidamente proposta.

A partir da escolha dos componentes foi possível montar o diagrama lógico e o circuito de montagem de hardware para o projeto, considerando todos os GND comuns:



**Diagrama 1:** Circuito de Montagem

Para o funcionamento do sistema conectado ao MSP430 é necessário uma programação em linguagem C utilizando a biblioteca msp430g2553.h. A lógica é como está demonstrado no diagrama 2. Será necessário um comparador, um timer, memória em registradores e uma lógica para controle do vibracall que irá ser utilizado na interface direta com o usuário.

A programação efetuada no chip MSP430G2553 para desempenho das funções propostas pode ser observada a seguir.

Foram feitas as configurações iniciais para frequência de clock, modo de funcionamento do timer A, além do desligamento do Watchdog Timer.

```
void main(void)
{
    BCSCTL1 = CALBC1_1MHZ;
    DCOCTL = CALDCO_1MHZ;
    //Ligando submasterclock de 1mhz
    WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD; // Desliga o
    Watchdog Timer

    CCTL0 = CCIE;
    //Setando o interrupt de captura
    CCR0 = 1000; // 1ms
    TACTL = TASSEL_2 + MC_1; // SMCLK, Modo Up
    P1IFG = 0x00; //Limpando as flags de
    interrupção
    _BIS_SR(GIE); // Enable de interrupção
    global
```

Definindo os valores dos pulsos para a função trigger e echo do sensor ultrassônico, de forma que ocorra o envio do pulso e o reconhecimento da volta do pulso (quando há retorno, significa que encontrou um obstáculo).

```
while(1){
    P1IE &= ~0x01;
    P1DIR |= 0x02; // P1.1 Pino de Trigger
    P1OUT |= 0x02; // Gerando o pulso
    __delay_cycles(10); // 10us (duração do
    pulso)
    P1OUT &= ~0x02; // Parando o pulso
    P1DIR &= ~0x04; //P1.2 pino do Echo
    P1IFG = 0x00; // Limpando a flag por
    segurança
    P1IE |= 0x04; //Habilitando a interrupção
    no pino do echo
    P1IES &= ~0x04; // Borda de subida do
    pino do echo
    __delay_cycles(30000); // delay de
    30ms
    distance = sensor/58; //Transformando
    o pulso em cm
```

Para a lógica de funcionamento do vibracall adicionado ao circuito foi feito uma lógica para que o usuário reconheça a aproximação do obstáculo durante sua locomoção, com diferentes períodos de vibração. Os ranges escolhidos foram de acordo com a média de alcance de uma bengala comum. Há um espaçamento maior entre a vibração no range de 100 a 50cm, para que o locomotor esteja ciente que um obstáculo se aproxima, e principalmente para melhor noção de espaço e aviso prévio. O espaçamento médio (entre 50 e 20cm) é para que o usuário tenha cuidado e atenção ao

prosseguir no trajeto. Quando o espaçamento entre as vibrações se torna o mais rápido (entre 0 e 20cm), é para que o usuário tome providências de alterar seu trajeto para que não ocorra uma colisão. Abaixo é possível visualizar como esta lógica foi implementada em C:

```
if(distance < 20 && distance != 0){
    P1OUT |= BIT6;
    __delay_cycles(300000);
    P1OUT &= ~BIT6;
    __delay_cycles(300000);} //Espaço de
0,3s para vibração --PARE E DESVIE
    else {P1OUT &= ~BIT6;}
    if (distance >=20 && distance <=50){
        P1OUT |= BIT6;
        __delay_cycles(800000);
        P1OUT &= ~BIT6;
        __delay_cycles(800000);} //Espaço de
0,8s para vibração --ATENÇÃO
    else {P1OUT &= ~BIT6;}
    if (distance >50 && distance<=90) {
        P1OUT |= BIT6;
        __delay_cycles(500000); //0,5s em HIGH
        P1OUT &= ~BIT6;
        __delay_cycles(1500000);} //Espaço de
1,5s para vibração -- SIGA COM CUIDADO
    else {P1OUT &= ~BIT6;}
    }
}
```

A função obrigatória de interrupt utilizada para checar a borda de subida e descida do timer A no modo de captura:

```
#pragma vector=PORT1_VECTOR
__interrupt void Port_1(void)
{
    if(P1IFG&0x04) //Checa se houve
    interrupção
    {
```

```
        if(!(P1IES&0x04)){ //Checa se há borda
de subida
            TACTL|=TACLR; //Limpa o timer A
            microseconds = 0;
            P1IES |= 0x04; } //Borda de
descida
        else {
            sensor = (long)microseconds*1000 +
(long)TAR; } //Cálculo do tamanho do pulso
do ECHO
            P1IFG &= ~0x04; //Limpa a flag de
interrupção
        }
    }

#pragma vector=TIMER0_A0_VECTOR
__interrupt void Timer_A (void)
{
    microseconds++;
}
```

#### REFERENCES

- [1] Swenor, Bonnielin K. et al. "Visual Impairment and Incident Mobility Limitations: The Health ABC Study." Journal of the American Geriatrics Society 63.1 (2015): 46–54. PMC. Web. 5 Sept. 2017.
- [2] LUGLI, Daniele et al. Bengala customizável para mulheres com deficiência visual. Design e Tecnologia, [S.l.], v. 6, n. 12, p. 44-53, dez. 2016. ISSN 2178-1974. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/view/383>>. Acesso em: 05 set. 2017.

**Tabela 1: Materiais Utilizados**

01 Sensor Ultrassônico	HC-SR04
01 Resistor	100 $\Omega$
01 Resistor	220 $\Omega$
01 Capacitor	1uF
01 Capacitor	10uF

01 Regulador de Tensão 5V	LM7805
01 Regulador de Tensao 9V	AM1117
01 Chave	On/ Off
01 Vibracall	3V+

Tabela 2: Ligações e Pinagem

Pinagem	Especificação	Modo
VCC	3.3V	Alimentação
GND	GND	Alimentação
P1.1	Trigger	Entrada
P1.2	Echo	Entrada/ Saída
P1.6	Vibracall	Saída
VCC sensor	5V	Alimentação
GNC sensor	GND	Alimentação
LM7805 Pino 1	9V	Entrada
LM7805 Pino 2	GND	Alimentação
LM7805 Pino 3	5V	Saída
AM1117	LM7805 Pino 3	Entrada
AM1117	3.3V	Saída