

Filipe Anelli Louzano

**DESENVOLVIMENTO DE NOVOS
MÉTODOS DE DETECÇÃO DE
MOVIMENTO UTILIZANDO SENSORES
INFRAVERMELHO PASSIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Engenharia de São Carlos, da
Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com ênfase
em Eletrônica

ORIENTADOR: Prof. Luiz Gonçalves Neto

São Carlos
2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESG/USP

L895d Louzano, Filipe Anelli
Desenvolvimento de novos métodos de detecção de
movimento utilizando sensores infravermelho passivos /
Filipe Anelli Louzano ; orientador Luiz Gonçalves Neto. –
– São Carlos, 2010.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica) -- Escola
de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2010.

1. Sensores ópticos. 2. Microprocessadores. 3. Óptica
eletrônica. 4. PIR. 5. Infravermelho. I. Título.

Dedicatória

Dedicado aos meus pais Luiz Carlos e Claudia
e a minha mulher Tieni.

Agradecimentos

Ao professor Luis Gonçalves Neto pela ajuda.

Aos amigos Marcelo Rinhel e Leonardo Oliveira Costa, pelo
companheirismo durante o curso de graduação e durante este projeto.

Sumário

DEDICATÓRIA	I
AGRADECIMENTOS	II
SUMÁRIO.....	III
LISTA DE FIGURAS	IV
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.3 SENSORES INFRAVERMELHO PASSIVOS	2
1.4 MICROCONTROLADOR (PIC).....	2
1.5 LENTES DE FRESNEL	3
2 OBJETIVOS	4
3 MATERIAIS E MÉTODOS	5
3.1 SENSORES	5
3.1.1 Sensor passivo de infravermelho (PIR)	5
3.2 MICROCONTROLADOR PIC.....	7
3.2.1 Aspectos gerais	7
3.2.2 Programação do PIC.....	9
3.2.3 Funcionamento do conversor A/D	11
3.2.3.1 ADCON0.....	11
3.2.3.2 ADCON1.....	12
3.2.3.3 ADRESH e ADRESL	13
3.2.3.4 Duração da conversão A/D	14
4 TESTES E RESULTADOS	14
4.1 SENSOR	14
4.2 PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR	17
4.3 TESTES PRÁTICOS DO SENSOR	18
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
7 APÊNDICE	21

Lista de Figuras

FIGURA 1 -	FOTOGRAFIA DE UM SENSOR PIR TÍPICO.....	5
FIGURA 2 -	DESENHO ESQUEMÁTICO DO PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM SENSOR PASSIVO OPERANDO NO INFRAVERMELHO.....	6
FIGURA 3 -	DETALHE EM FOTOGRAFIA DE UMA LENTE DE FRESNEL.....	7
FIGURA 4 -	LENTES DE FRESNEL, COM TRÊS NÍVEIS DE DETECÇÃO VERTICAL	7
FIGURA 5 -	MICROCONTROLADOR PIC 16F877A.....	8
FIGURA 6 -	CONFIGURAÇÃO DOS PINOS DO PIC 16F877A.	8
FIGURA 7 -	DIAGRAMA DE BLOCOS DO PIC 16F877A.....	9
FIGURA 8 -	AMBIENTE DE TRABALHO DO SOFTWARE MIKROC.....	10
FIGURA 9 -	GRAVADOR DE PIC MPLAB-ICD2.....	10
FIGURA 10 -	SOFTWARE DE GRAVAÇÃO DE PIC MPLAB.....	11
FIGURA 11 -	REGISTRADOR A/D ADCON0	12
FIGURA 12 -	REGISTRADOR A/D ADCON1	13
FIGURA 13 -	RESULTADO DA CONVERSÃO A/D.....	14
FIGURA 14 -	DURAÇÃO DA CONVERSÃO.....	14
FIGURA 15 -	CORPOS A 2 METROS. HUMANO (ESQUERDA) E ANIMAL (DIREITA)....	15
FIGURA 16 -	CORPOS A 5 METROS. HUMANO (ESQUERDA) E ANIMAL (DIREITA)....	15
FIGURA 17 -	CORPOS A 10 METROS. HUMANO (ESQUERDA) E ANIMAL (DIREITA)..	16
FIGURA 18 -	RESULTADOS PRÁTICOS DO SISTEMA.....	18

Resumo

Atualmente, no mercado mundial, grande parte dos sensores passivos de detecção de movimento não opera de forma robusta na detecção de padrões de tamanhos variados. Entendem-se como padrões de tamanhos variados as silhuetas geradas pela radiação infravermelha de diferentes massas corpóreas, como por exemplo, a silhueta do corpo humano ou de animais de pequeno e médio porte.

Nessa monografia aplicaram-se conhecimentos de sensores PIR (Passive infrared sensor / Sensor passivo de infravermelho), o qual é responsável pela transdução da radiação IR (Infrared / Infravermelho) incidente para uma grandeza elétrica e conhecimentos de microcontroladores, que realizam o processamento dos dados adquiridos a fim de tornar mais robusta à detecção de movimento evitando falsos alarmes (disparo do alarme indesejado, por exemplo, por animais).

Palavras chave: sensores, PIR, microcontroladores, infravermelho.

Abstract

The great majority of passive motion detector available in current world market do not function effectively while recognizing varying size patterns. Varying size patterns mean the silhouettes created by infrared radiation from different body masses, for example, the silhouette of a human or medium or small sized animals.

Technical knowledge applied in this monography include: PIR sensors (Passive Infrared), responsible for the transduction of incident IR (Infrared) radiation to eletrical quantities and microcontrollers that process data in order to make motion detection more accurate avoiding false alarms (undesired triggering of the alarm, caused, for example, by animals.).

Key words: sensors, PIR, microcontrollers, Infrared.

1 Introdução

1.1 Apresentação

A utilização de sensores de movimento é amplamente difundida na sociedade, desde alarmes antifurto até acionadores automáticos de iluminação. São utilizadas diferentes tecnologias de detecção de acordo com as necessidades específicas para cada uso. Podemos dividir os sensores em duas categorias principais, os ativos, como sensores de radar e luz e os passivos como sensor infravermelho. Os ativos enviam algum tipo de energia no ambiente e analisam o seu retorno. A necessidade de emissão constante de ultra-som torna o sistema de radar menos econômico que os demais. O sensor de luz embora econômico cobre apenas uma área restrita, definida pelo feixe de luz.

O sensor infravermelho conhecido como PIR (Passive Infrared / Infravermelho passivo) é um sistema passivo que apenas reage a energia do ambiente, tornando-o bastante econômico. Os sensores comerciais cobrem uma área de 15 metros de distância com ângulo de abertura de 85° graus. A economia e amplitude de área de cobertura tornam este sensor o mais adequado e utilizado para sistemas de segurança.

A maioria dos sensores PIR utilizados em sistemas de segurança não conseguem distinguir o alvo da detecção, isto é, não importa se um adulto, uma criança ou um animal atravessarem o campo de visão do sensor, o alarme será acionado.

Existem sensores chamados pet immunity (imunidade a animais de estimação) que tentam evitar esse problema. Utilizando dois sensores focalizando regiões de alturas diferentes, o alarme seria acionado apenas quando as duas regiões são afetadas, ou seja, pela altura de um ser humano. O mesmo não aconteceria com um animal porque este estaria apenas no campo de visão de um sensor. Esse tipo de sensor apresenta muitos falsos alarmes em situações que o animal passa muito perto do sensor ou quando uma pessoa passa muito longe.

Embora o sensor PIR seja o mais utilizado em sistemas de segurança não existem soluções eficazes e econômicas para o problema de identificação entre humanos e animais. Este projeto visa disponibilizar esta solução através do uso de um microcontrolador.

1.3 Sensores Infravermelho passivos

Os sensores são dispositivos eletrônicos ou eletromecânicos responsáveis pela transformação de uma forma de energia em sinal elétrico. Estes sinais podem ser analógicos ou digitais, mas devem conter a informação necessária para que seja possível realizar um processamento e mensurar o valor da grandeza física a ser medida.

Os sensores infravermelho passivos são dispositivos eletrônicos que medem a luz infravermelha emitida por objetos dentro do seu campo de visão. São geralmente utilizados na construção de sensores de movimento[...]. O movimento aparente é detectado quando uma fonte com uma certa temperatura, por exemplo um humano, atravessa na frente de outra fonte de infravermelho com outra temperatura, como uma parede[...].

O termo passivo indica que o sensor PIR não emite nenhuma luz infravermelha, apenas recebe passivamente a radiação infravermelha do ambiente (TOREYIN, B.U. & CETIN, 2007)

1.4 Microcontrolador (PIC)

O microcontrolador é simplesmente um computador em um chip. É um dos mais importantes desenvolvimentos eletrônicos desde a invenção do próprio microprocessador[...]. Ele é essencial para a operação de dispositivos como celulares, DVD players, e muitos outros[...].

O microcontrolador contém basicamente os mesmos elementos de um computador: processador, memória, entrada e saída. Em um computador esses elementos são distribuídos em chips separados, [...] mas em um microcontrolador estão todos no mesmo chip.

Utilizando um único bloco de processamento para realizar todo controle de entrada, saída e cálculos, esse sistema não pode operar sem um programa, que consiste em uma lista de comandos gravados na memória. Esses comandos são uma sequência de códigos binários acessados na memória pelo processador (BATES, M. 2006).

Há um grande mercado para a utilização destes dispositivos e seus maiores fabricantes são: Microchip, Intel, Atmel, Freescale (antiga Motorola), Phillips, dentre outros.

1.5 Lentes de Fresnel

No meio do século 18, a ótica de faróis consistia de um ou várias lampiões a óleo colocados do topo da torre [...]. No começo do século 19 esse sistema já teria evoluído colocando-se um refletor parabólico atrás dos lampiões [...]. Apesar de funcionar, esse sistema era muito ineficiente, com apenas 39% da luz gerada sendo transmitida para o mar na direção desejada, com uma distância máxima de 20 milhas [...].

Com a navegação crescendo no mundo todo, um sistema óptico de qualidade era de vital importância [...]. Em 1819, o governo da França contratou Augustin Jean Fresnel para desenvolver tal sistema [...]. Fresnel começou a investigar maneiras de utilizar lentes para concentrar a luz. Como uma lente de força suficiente para um farol seria muito grande e impraticável, Fresnel começou a investigar a possibilidade de utilizar várias lentes [...]. De uma maneira simplificada, Fresnel desenvolveu um conjunto de lentes arrumadas em torno da fonte de luz no formato de um barril. Cada lente consistia em dividir uma lente convencional em varias regiões de curvatura diferentes [...] (TAG, T.A. 2000).

As lentes de Fresnel estão também presentes em muitos aparelhos e equipamentos, sendo um deles os sensores de movimento que será o alvo de estudo dessa monografia.

2 Objetivos

O objetivo desse projeto é associar aos sensores de movimento do tipo PIR, um microcontrolador de baixo custo que realizara o processamento do sinal gerado pelo sensor promovendo melhora no desempenho e confiabilidade.

Analisando as formas de onda originadas do sensor PIR, o microcontrolador ira comparar os padrões dos sinais gerados por silhuetas de diferentes fontes de infravermelho (humanos e animais) a dados pré-armazenados em sua memória, obtendo um resultado mais confiável à detecção e reduzindo a taxa de falsos alarmes, ou seja, acionamento não desejável do alarme.

3 Materiais e Métodos

Foram realizadas pesquisas para se definir os melhores métodos para a realização da detecção e processamento dos dados que envolveram a escolha do modelo do sensor e do microcontrolador.

Essa escolha foi baseada em aspectos como custo, robustez e simplicidade resultando na escolha detalhada nos itens 3.1 e 3.2

3.1 Sensores

3.1.1 Sensor passivo de infravermelho (PIR)

O princípio de funcionamento dos sensores PIR baseia-se na utilização de um foto-detector IR, denominado piro-sensor, o qual é responsável pela transdução da radiação IR (Infra-Red ou Infravermelho) incidente para uma grandeza elétrica como corrente ou tensão. A figura 1 mostra a fotografia de um sensor típico, com sua placa eletrônica onde está presente o piro-sensor, e sua tampa frontal, onde está encaixada a lente de Fresnel (vide texto a seguir). Este sinal elétrico é em seguida amplificado, filtrado e disponibilizado para um elemento de alarme (sinalizador acústico, visual, etc). Geralmente, o fotodetector utilizado possui uma dupla região ativa, com polaridades diferentes entre si.

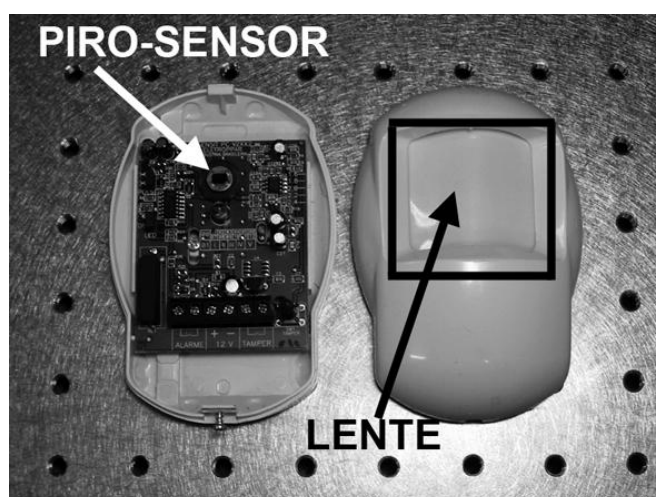


Figura 1 - Fotografia de um sensor PIR típico [8]

Associado ao elemento sensor e o correspondente circuito eletrônico de processamento, há um conjunto de micro lentes de Fresnel que monitoram diferentes zonas espaciais de detecção, focalizando a radiação proveniente de cada uma destas zonas sobre a superfície do fotodetector. Quando uma massa corpórea se movimenta ao longo do campo de ação do sensor, ou seja, pelas diferentes zonas correspondentes a cada uma das lentes de Fresnel, um sinal (cuja forma de onda apresenta polaridades positiva e negativa) é gerado na saída do fotodetector. O sinal é amplificado e filtrado, promovendo em seguida o disparo do alarme, como mostrado na figura 2.

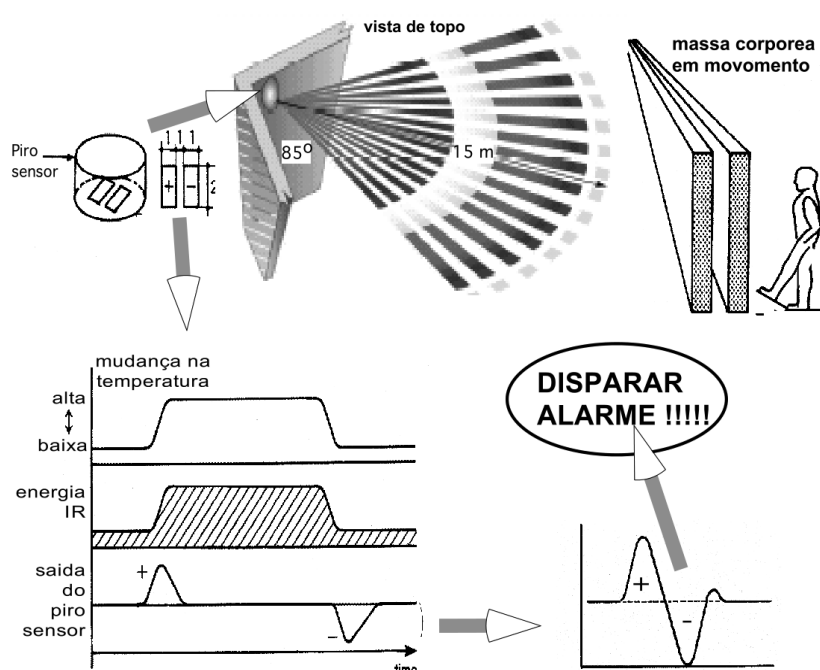


Figura 2 - Desenho esquemático do princípio de funcionamento de um sensor passivo operando no infravermelho. [8]

A figura 3 mostra a fotografia de uma lente de Fresnel utilizada em sensores PIR para detecção de movimento. Esta lente possui 24 zonas de detecção no total, com os três níveis de detecção vertical, conforme mostrado na figura 4. Cada zona está delimitada por retângulos.

A forma de onda na saída do circuito do fotodetector depende da distância entre o detector e o "alvo" (massa corpórea), do "volume" da massa presente no alvo, bem como da velocidade de deslocamento do alvo.

O sensor deve operar na região de radiação de 8 a 14 micrômetros, pois neste intervalo há um maior "contraste" entre a massa corpórea que se quer detectar e o ambiente.

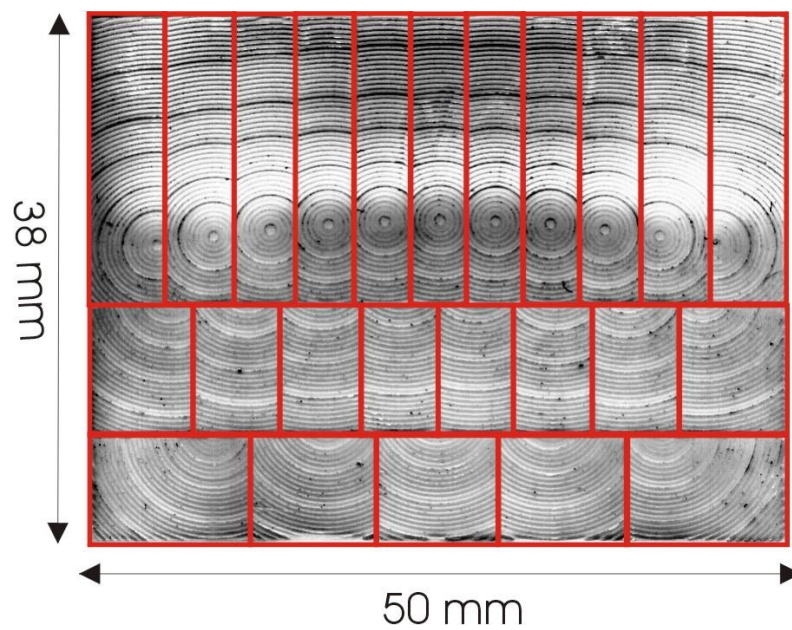


Figura 3 - Detalhe em fotografia de uma lente de Fresnel. [4]

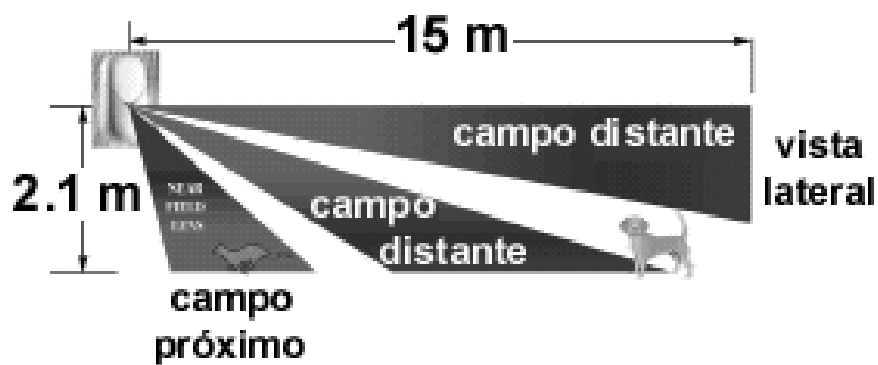


Figura 4 - Lentes de Fresnel, com três níveis de detecção vertical. [4]

3.2 Microcontrolador PIC

3.2.1 Aspectos gerais

O microcontrolador escolhido para este projeto foi o PIC 16F877A, figura 5, fabricado pela Microchip.



Figura 5 - Microcontrolador PIC 16F877A. [9]

A escolha deste modelo de microcontrolador foi devida a sua boa capacidade de memória, seu processamento e possuir um conversor A/D integrado considerando seu baixo custo, para armazenar o programa que realiza a leitura, processar e enviar os dados do sensor e converter o sinal analógico de saída do sensor.

A seguir a configuração dos pinos, figura 6, as especificações técnicas e o diagrama de blocos do PIC 16F877A, figura 7, retirados do *datasheet* do fabricante.

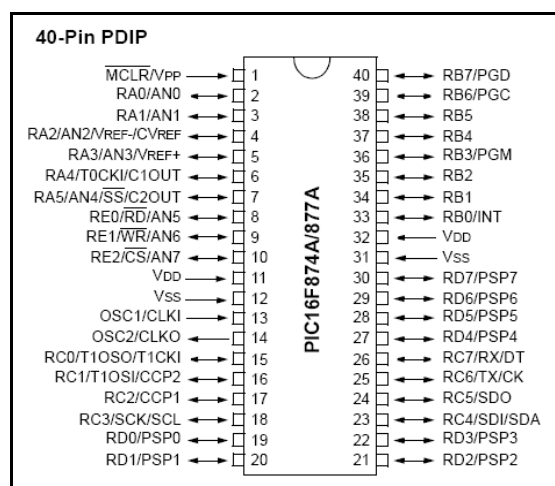


Figura 6 - Configuração dos pinos do PIC 16F877A. [9]

- Microcontrolador de 40 pinos, sendo 33 portas configuráveis como entrada ou saída;
- Via de programação de 14 *bits* e 35 instruções;
- 15 interrupções disponíveis;
- Memória de programação *EEPROM FLASH*, que permite a gravação do programa diversas vezes;

- Memória *EEPROM* (não volátil) interna com 256 *bytes*;
- Memória *RAM* com 368 *bytes*;
- Memória de programa com 8kwords, isto é, 8192 endereços diferentes;
- Três *timers* internos (Um de 16 *bits* e outros 2 de 8 *bits*);
- Comunicação serial (*SPI*, *IIC*, *USART*);
- Dois módulos *CCP* (*Capture*, *Compare* e *PWM*);
- Programação *in-circuit*;
- Conversor analógico-digital com 10 *bits* de resolução e 8 canais de entrada;
- Suporta cristais osciladores de até 20 MHz, com 5 milhões de instruções por segundo.

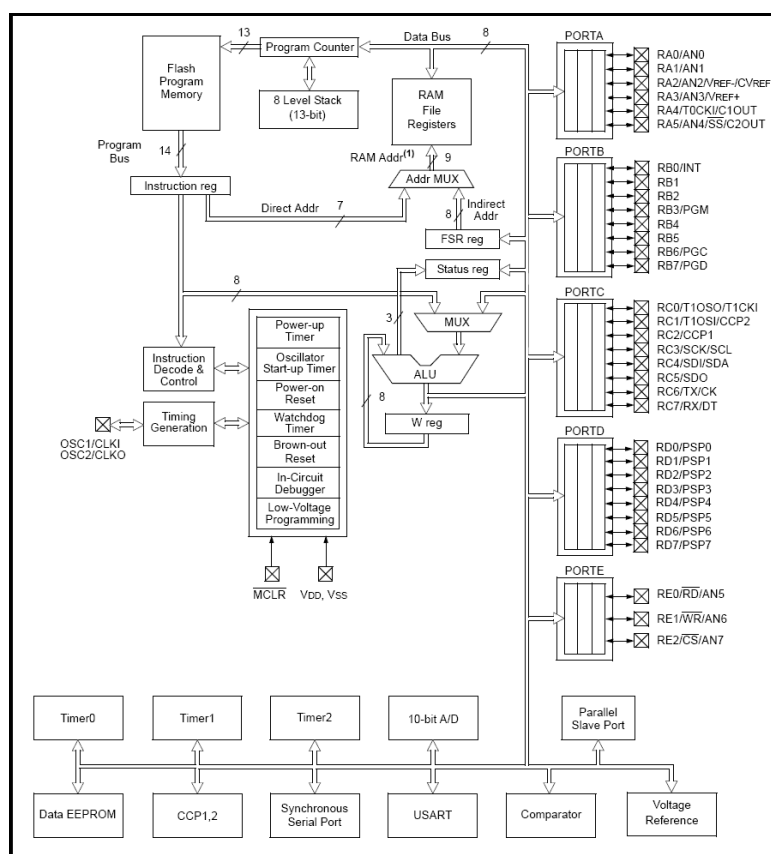


Figura 7 - Diagrama de blocos do PIC 16F877A. [9]

3.2.2 Programação do PIC

Para a programação do PIC foi utilizado o *software* MikroC, da Mikroeletronika, mostrado na figura 8. Trata-se de um compilador em linguagem C específico para microcontroladores.

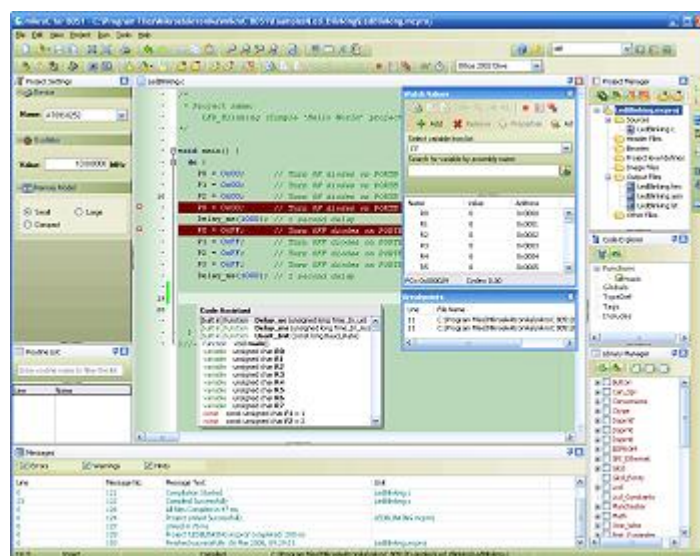


Figura 8 - Ambiente de trabalho do software MikroC. [1]

O programa do PIC é, basicamente, constituído de rotinas de leitura das portas (conversor AD) e no cálculo dos dados obtidos.

Utilizou-se o software MPLAB, figura 10, em conjunto com o gravador MPLAB-ICD2, figura 9, para gravar o programa no microcontrolador.



Figura 9 - Gravador de PIC MPLAB-ICD2. [1]

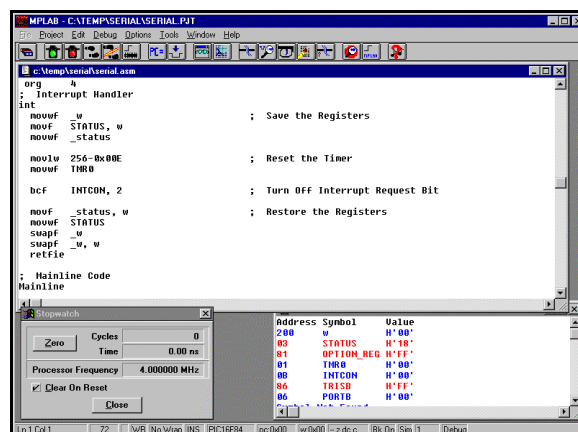


Figura 10 - Software de gravação de PIC MPLAB. [1]

3.2.3 Funcionamento do conversor A/D

Para analisar a forma de onda proveniente do sensor é necessária a conversão A/D e para isso é necessário um estudo do funcionamento dessa funcionalidade integrada ao PIC escolhido.

O conversor A/D do PIC escolhido possui um conversor de 10bits bem como a capacidade de se escolher as tensões de referencia através do software oferecendo varias combinações possíveis. Esse conversor possui quatro registradores principais que serão explicados a seguir.

- ADRESH - bits mais significativos da conversão
- ADRESL - bits menos significativos da conversão
- ADCON0 - Registrador de controle 0
- ADCON1 - Registrador de controle 1

3.2.3.1 ADCON0

Na figura 11, retirada do datasheet do PIC pode-se verificar a configuração de cada bit desse registrador. Esse registrador é responsável pela definição da frequência do clock do conversor, escolha de canal, e acionamento da conversão.

Para o projeto foi utilizada a frequência de oscilador $F_{osc}/2$ e o canal 0 para o conversor resultando em um valor final do registrador ADCON0 em hexadecimal de [1].

$$ADCON0 = 0x01h$$

[1]

	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
	bit 7							bit 0
bit 7-6	ADCS1:ADCS0: A/D Conversion Clock Select bits 00 = Fosc/2 01 = Fosc/8 10 = Fosc/32 11 = FRC (clock derived from the internal A/D module RC oscillator)							
bit 5-3	CHS2:CHS0: Analog Channel Select bits 000 = channel 0, (RA0/AN0) 001 = channel 1, (RA1/AN1) 010 = channel 2, (RA2/AN2) 011 = channel 3, (RA3/AN3) 100 = channel 4, (RA5/AN4) 101 = channel 5, (RE0/AN5) ⁽¹⁾ 110 = channel 6, (RE1/AN6) ⁽¹⁾ 111 = channel 7, (RE2/AN7) ⁽¹⁾							
bit 2	GO/DONE: A/D Conversion Status bit <u>If ADON = 1:</u> 1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion) 0 = A/D conversion not in progress (this bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)							
bit 1	Unimplemented: Read as '0'							
bit 0	ADON: A/D On bit 1 = A/D converter module is operating 0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current							

Figura 11 - Registrador A/D ADCON0. [9]

3.2.3.2 ADCON1

Na figura 12, retirada do datasheet do PIC pode-se verificar a configuração de cada bit desse registrador. Esse registrador é responsável pela configuração do resultado da conversão e da configuração das portas de entrada. Para o projeto foi escolhido o formato da conversão para ser justificado a esquerda e RA3 como Vref+ com duas portas analógicas resultando em um valor para o registrador ADCON1 em hexadecimal de [2]. No item 4.2 serão detalhadas essas escolhas.

ADCON1 = 0x05

[2]

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit
 1 = Right justified. 6 Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
 0 = Left justified. 6 Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6-4 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits:

PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs ⁽²⁾
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

Figura 12 - Registrador A/D ADCON1. [9]

3.2.3.3 ADRESH e ADRESL

O resultado da conversão é armazenado em dois registradores de 8 bits cada, ADRESH e ADRESL. Como a conversão é de 10 bits e a soma dos dois registradores tem um total de 16 bits, seis desses bits terão de ser descartados de acordo com as opções observadas na figura 13, que deve ser escolhida através do registrador ADCON1 visto anteriormente.

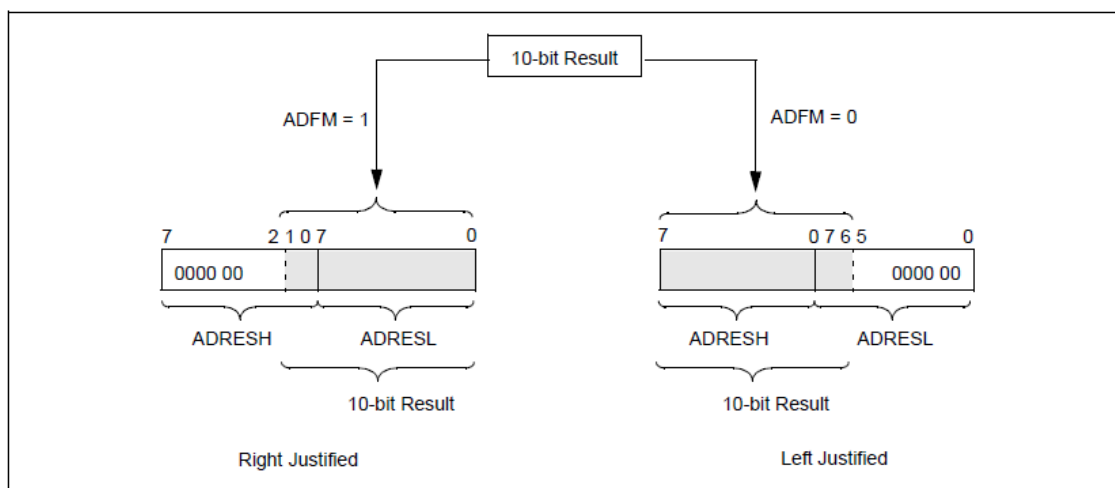


Figura 13 - Resultado da conversão A/D. [9]

3.2.3.4 Duração da conversão A/D

O tempo de duração da conversão envolve o cálculo de alguns parâmetros, como por exemplo, o tempo de carregamento do capacitor de entrada do conversor. A figura 14, retirada do datasheet, mostra todo o processo da conversão em termos de TAD, que tem uma ordem de grandeza de dezenas de micro segundos. Esses parâmetros serão de pouca importância para o projeto já que como será descrito no item 4.2 será analisado um sinal de 1 segundo de duração, portanto o tempo da conversão não será impeditivo a análise.

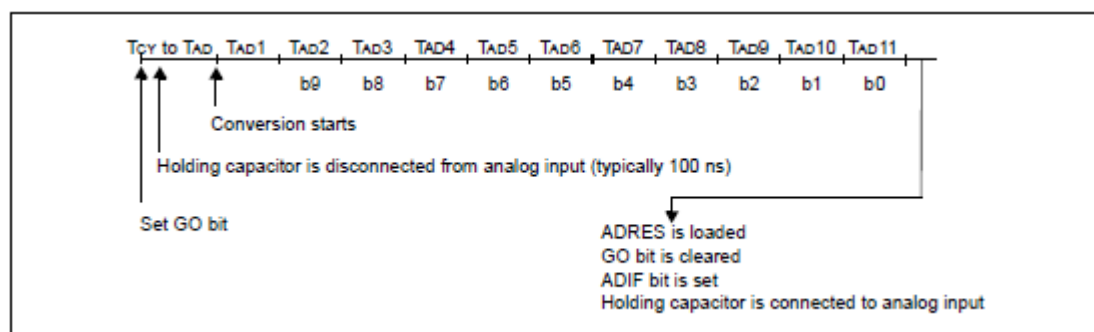


Figura 14 - Duração da conversão. [9]

4 Testes e Resultados

4.1 Sensor

Primeiramente foram feitos testes com o sensor comercial para efeito de comparação futura com o sensor acoplado ao microcontrolador rodando o programa para identificação de padrões.

O teste consiste em fazer uma pessoa e um animal (no caso o animal utilizado nos testes foi um cachorro da raça Labrador de aproximadamente 55 cm de altura por 90 cm de comprimento, pesando 35 Kg) atravessarem o sensor em três distancias diferentes: dois, cinco e dez metros. Essas distâncias representam três situações críticas para o sensor descritas a seguir.

- A dois metros de distancia a emissão IR de um animal pode ser confundida com a emissão IR de um ser humano a dez metros.

- A cinco metros representa uma situação normal onde o sensor estaria posicionado em um canto de uma sala de estar em uma casa.

- A dez metros a emissão IR recebida no sensor esta próxima do nível critico onde o sensor não sentiria uma variação significativa para o disparo, e como citado anteriormente a uma distancia de dez metros um ser humano poderá ser confundido por um animal a um metro.

Nas figuras 15, 16 e 17 seguem os gráficos obtidos da análise da saída do sensor nas seis diferentes situações citadas anteriormente.

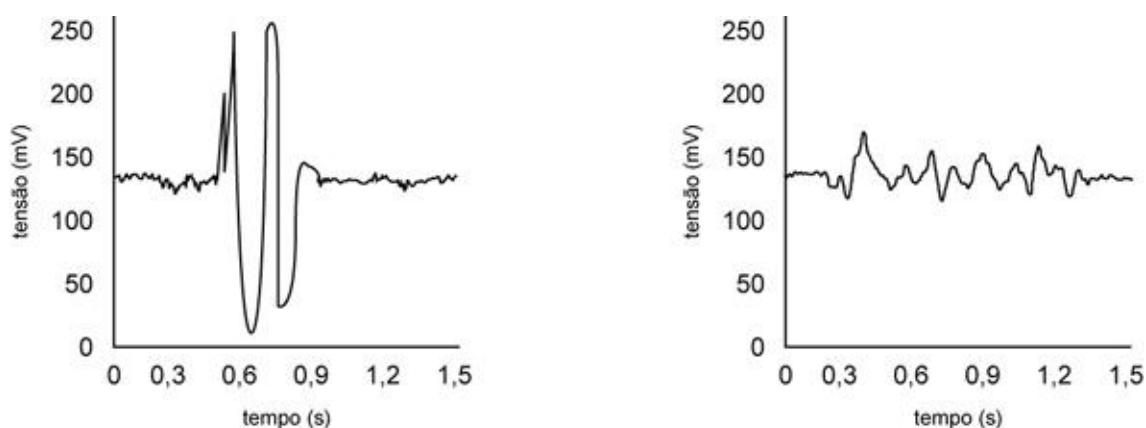


Figura 15 - Corpos a 2 metros. Humano (esquerda) e Animal (direita).

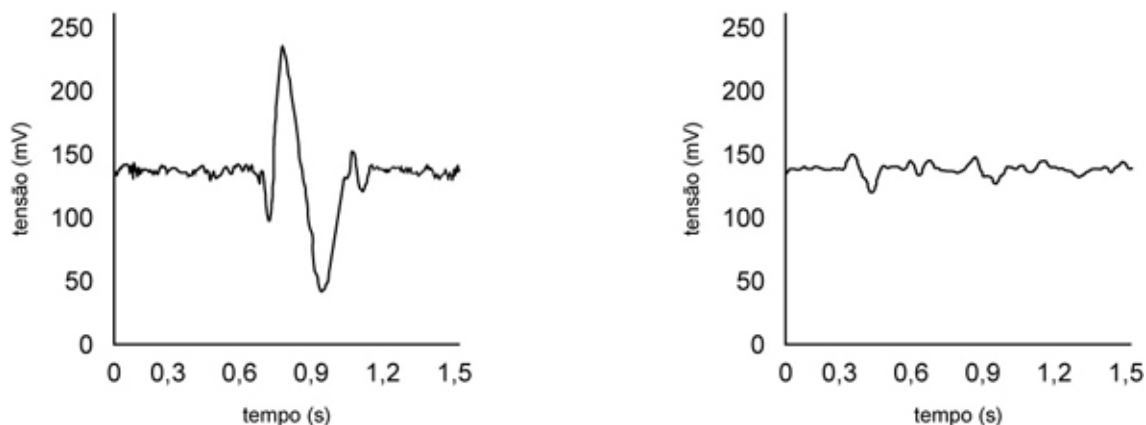


Figura 16 - Corpos a 5 metros. Humano (esquerda) e Animal (direita).

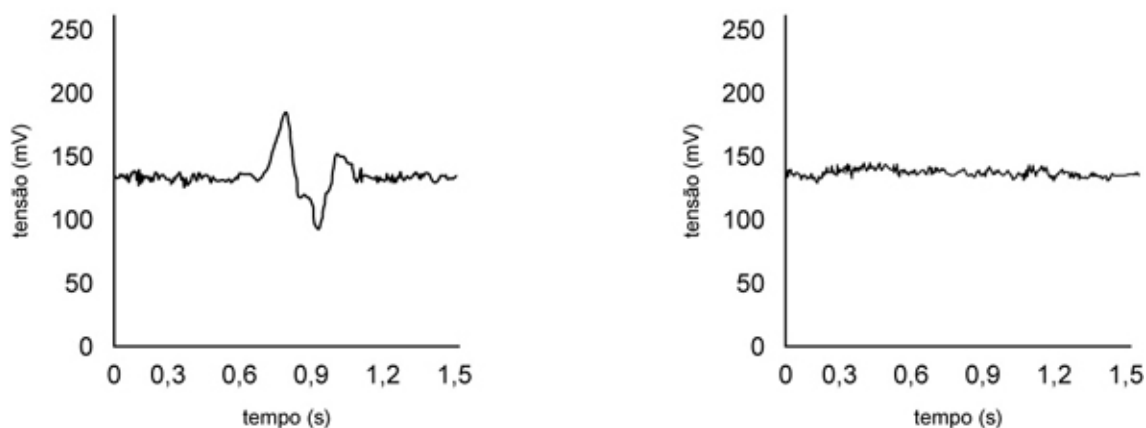


Figura 17 - Corpos a 10 metros. Humano (esquerda) e Animal (direita).

Os gráficos serão a base para as especificações do programa de análise dos mesmos. Pode-se ver facilmente que os valores de tensão de saída ficam dentro da faixa entre 0 e 250mV. Outra informação importante é a variação do pulso de saída, que tem uma duração aproximada de 1 (um) segundo.

A primeira observação importante em relação ao sinal de saída do sensor é em relação a amplitude do sinal. Mesmo o animal sendo um cachorro de porte grande a sua emissão IR é muito menor do que a de um ser humano, portanto a amplitude será o primeiro fator de eliminação no processamento do sinal. Com isso já se elimina animais menores, como um gato, que mesmo a um metro do sensor não emitiria IR suficiente para se comparar com um humano. Mas apenas a amplitude não bastaria para separar animais de humanos já que comparando a figura 15 com a 17 existe uma situação crítica, onde o animal a dois metros do sensor gera uma amplitude de sinal muito próxima a amplitude de um ser humano a dez metros do sensor.

Para esse caso deve-se levar em conta outro fator diferenciador nas formas de onda, a duração dos pulsos. Analisando os gráficos do animal percebe-se que este causa pulsos por mais tempo que o ser humano, isso se deve a extensão do animal que permanece no campo de visão de cada zona do sensor por mais tempo.

Esses dois aspectos dos sinais serão utilizados para o desenvolvimento do programa em C que será discutido no item 4.2 a seguir.

4.2 Programação do Microcontrolador

Com os resultados obtidos da análise dos gráficos do item 4.1, os parâmetros dos registradores da conversão A/D serão ajustados de acordo com as necessidades do que foi observado.

Primeiramente observou-se que a tensão do sinal de saída do sensor varia de 0 a 250mV, e outra conclusão a respeito da amplitude do sinal é que existe uma grande diferença entre os sinais de humanos e de animais portanto não precisaremos dos 10 bits da conversão A/D. Escolhendo a opção justificada a esquerda (*left justified*) visto na figura 13, os 8 bits mais significativos da conversão serão armazenados no registrador ADRESH, bastando então ignorar o registrador ADRESL reduzindo drasticamente o processamento e armazenamento do resultado da conversão.

Mas com isso também se reduz a precisão da conversão para 8bits que equivalem a 255 degrais digitais. Estabelecendo a tensão de referencia para o máximo do valor da amplitude de saída do sensor, ou seja, 250mV, se obtém [3] para o tamanho de cada degrau digital da conversão.

$$250\text{mV} / 255 = 0,98 \text{ mV} \quad [3]$$

Outro parâmetro importante observado nos gráficos é a duração media do pulso de saída do sensor, que como verificado anteriormente tem duração aproximada de 1 segundo. Com isso pode se estabelecer a frequência da conversão para um valor que seja suficiente para diferenciação entre os gráficos, mas que também não sobrecarregue o processamento e armazenamento do PIC. O valor escolhido foi de 100Hz resultando em um tempo de espaçamento entre as conversões de [4].

$$1 \text{ segundo} / 100\text{Hz} = 10 \text{ ms} \quad [4]$$

Portanto a programação do PIC devera considerar essas duas grandezas como fatores de eliminação de sinais, a amplitude e a duração dos pulsos. O programa desenvolvido, com comentários a respeito da lógica utilizada para a análise dos gráficos, segue descrito no item 7 desta monografia.

4.3 Testes práticos do sensor

Após consolidar a programação do PIC testes práticos com o sensor foram feitos para se verificar a capacidade do sistema de não disparar o alarme com animais, e disparar apenas com humanos.

Verificou-se uma melhoria significativa na quantidade de falsos alarmes emitidos pelo sensor. A figura 18 mostra uma relação dos testes feitos e a quantidade de falsos alarmes verificados quando o animal passava em frente ao sensor nas três distancias previamente estabelecidas. Os testes feitos com uma pessoa tiveram 100% de disparos conforme o esperado.

Distancia do sensor em metros	Quantidade de testes	Quantidade de falsos alarmes sem o micro controlador	Quantidade de falsos alarmes com o micro controlador
2	20	20	2
5	20	18	0
10	20	0	0

Figura 18 - Resultados práticos do sistema

5 Conclusões

Observou-se um resultado satisfatório considerando as premissas desse projeto. Através de um sistema simples, barato e de fácil construção, este projeto reduziu significativamente a quantidade de falsos alarmes mostrando-se como uma boa solução comercial para a melhoria de sensores de movimento.

Apesar da grande melhoria na detecção, deve-se considerar que os testes foram feitos de forma controlada a fim de se obter resultados para situações comuns a esse tipo de sensor. Não foram consideradas situações únicas que levam em conta falhas construtivas desse tipo de sensor, como por exemplo, o fato de que o vidro é uma barreira a irradiação IR e caso alguém se utilize disso poderá facilmente enganar o sensor. Outro caso peculiar seria o de uma pessoa engatinhando na frente do sensor o que causaria uma resposta do sensor igual a de um cachorro, enganando-o resultando em um falso alarme.

Essas e outras situações hipotéticas poderiam ser contornadas utilizando-se de mais precisão na obtenção das formas de onda do sensor associado a um maior processamento por parte do micro controlador e um algoritmo mais complexo, mas que não são pertinentes a esse projeto porque encareceriam muito seu custo.

Ainda há pontos que poderiam ser explorados como a aplicação dos conceitos de melhoramento na detecção a outros tipos de sensores, ou até mesmo utilizando a grande capacidade de processamento de micro controladores mais modernos para desenvolver sensores que consigam desempenhar funções mais complexas, como por exemplo, reconhecer uma pessoa caindo em um ambiente hospitalar. Estes pontos ficam como sugestões para trabalhos futuros.

6 Referencias Bibliográficas

- [1] MikroElektronika. Documentação de produtos da Mikroelektronika. Disponível em:<http://www.mikroe.com/eng/product_downloads/download/>. Acesso em: 14 jun. 2010.
- [2] Microchip. Documentação de produtos Microchip. Datasheet PIC16F877A, Disponível em:<<http://www1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2010.
- [3] ROGALSKI, A. Infrared Detectors, Eletrocomponent Science Monographs. Amsterdã, 2000.
- [4] Elliott, C.T. Infrared Detectors and Emitters: Materials and Devices, Electronic Materials Series, Vol. 8, 2001
- [5] HALL, P. R. & SMITH, J. M. Infrared Sensor Technology, Journal of Modern Optics, Vol. 30, 10 Oct. 1983.
- [6] BATES, M. Interfacing PIC Microcontrollers, Embedded Design by Interactive Simulation. 2006.
- [7] KERNIGHAN, B.W. & RITCHIE, D.M. The C Programming Language, Segunda Edição.
- [8] TOREYIN, B.U. & CETIN, A.E. Falling Person Detection Using Multi-Sensor Signal Processing, Department of Electrical and Electronics Engineering, Bilkent University, Bilkent, Ankara, Turkey. 28 fev 2007.
- [9] MONTGOMERY, E. Programando com C: Simples & Prático. 2006.
- [10] LEUTZ, R. & SUZUKI, A. Nonimaging Fresnel Lenses: Design and Performance of Solar Concentrators, Optical Sciences, Alemanha, 2001.
- [11] TAG, T.A. The incredible Fresnel lens, A brief history and technical explanation, The Keepers Log, pg. 22-27, 2000.

7 Apêndice

Programa em linguagem C.

```

/*
*****

DESENVOLVIMENTO DE NOVOS SENSORES
INFRAVERMELHO DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO
*****

Filipe Anelli Louzano

ORIENTADOR: Prof. Luiz Gonçalves Neto

10 de maio 2010*/

//Definição das funções utilizadas no programa
void ADC(void);
void teste(void);
unsigned char compara(void);
unsigned char comparal(void);

//Definição das variáveis utilizadas no programa
unsigned char aux;
unsigned char vetor[100];
unsigned char picos[20];

void main()
{

    /*
    PORTA B será usada como saída para acionar o alarme
    PORTA A será usada como entrada analógica do sinal do sensor
    */

    trisb = 0;           //portB como saída
    trisa = 1;           //portA como entrada

```

```

//Registadores de configuração do conversor A/D
adcon1 = 0x03;//(conversão justificada a esquerda) 1 A/D channel 0
adcon0 = 0x05;//FOSC/2, channel=0, ADON=1

/* Parcela principal do programa. Após a função teste "percebe" uma
entrada significativa o gráfico da forma de onda da saída do sensor é
armazenado e comparado com os dados pré estabelecido.*/

while(1)
{

delay_ms(1);
aux = 0;
adresh = 0;

teste();

ADC();

if(compara())
{
    portb = 1;    // dispara alarme
}
if(comparal())
{
    portb = 1;    // dispara alarme
}
}

/*Função que verifica se houve alteração significativa de tensão na
porta A/D. Caso houver variação maior que ~5% significa que existe
sinal de entrada relevante. Essa função converte a tensão na porta A/D
e compara duas conversões consecutivas.*/

void teste(void){

while(1)
{
    adcon0.go = 1;
    while(adcon0.go == 1);
}
}

```

```

    delay_us(10);
    aux = adresh;

    delay_ms(1);    /*sem esse tempo a conversão e muito rápida e
não identifica diferença entre duas conversões consecutivas.*/

    adcon0.go = 1;
    while (adcon0.go == 1);
    delay_us(20);
    if(adresh > (aux+13)) /*desvio de 5% aproximadamente. como
estamos ignorando os 2 bits menos significativos, a conversão AD tem
255 passos.*/
        break;
    if(adresh < (aux-13))
        break;
}
}

/* Quando é identificado um sinal na entrada do conversor, é chamada
essa função para armazenar a forma de onda em 100 posições. Como a
forma de onda tem duração aproximada de 1s, é dado um espaçamento de
10ms entre cada conversão.*/

void ADC(void){
    char i;

    for(i=0;i<100;i++){

        adcon0.go = 1;
        while (adcon0.go == 1);
        delay_us(10);
        vetor[i] = adresh;
        delay_ms(10);
    }

}

/*Função para comparar a forma de onda proveniente do sensor com dados
previamente armazenados. Se algum ponto o sinal for maior que 210 que

```

equivale a 200mV então o alarme é disparado já que nenhum animal gera uma amplitude maior que 200mV. */

```
unsigned char compara(void){
    char i;

    for(i=0;i<100;i++)
    {
        if(vetor[i] > 210)
            return 1;
    }
    return 0;
}
```

/*Função para prevenir o alarme falso em casos onde o sinal do humano esta muito longe ou o animal esta muito perto do sensor. Essa função guarda os picos da forma de onda de entrada. Se o primeiro pico for menor que 150mV então o sinal é pequeno demais para ser um humano. Caso contrario a função verifica quantos picos a forma de onda apresenta. Como observado nos gráficos dos testes do sensor, um humano nunca gera uma forma de onda com mais de 3 picos positivos para casos que ele esteja muito longe. Portanto se a função identificar 4 picos positivos, com certeza é um animal perto do sensor, e a função retorna 0, não acionando o alarme. */

```
unsigned char comparal(void){
    char i;
    char j;

    j = 1;

    while(vetor[i+1] < vetor[i])
        i = i + 1;

    for(i;i<100;i++)
    {
        if(vetor[i+1] > vetor[i])
        {
            picos[j] = vetor[i+1];
```

```
    }  
    else  
    {  
        if(picos[j] < 160)  
            return 0;  
  
        j = j + 1;  
  
        if(j == 4)  
            return 0;  
  
    }  
  
    }  
    return 1;  
}
```