



**UNICEUB – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA**  
**FAET – FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

# **SISTEMA DE ALARME AUTOMOTIVO QUE INTEGRA TRANSDUTOR ACÚSTICO/ELÉTRICO E CELULAR**

**IVAN SAMPAIO NASCIMENTO**

**BRASÍLIA - DF**

**2007**

IVAN SAMPAIO NASCIMENTO

# **SISTEMA DE ALARME AUTOMOTIVO QUE INTEGRA TRANSDUTOR ACÚSTICO/ELÉTRICO E CELULAR**

Monografia apresentada ao  
Centro Universitário de  
Brasília, para obtenção do  
título de Bacharel em  
Engenharia de Computação.

**Orientador:** Prof. Aderlon Marcelino Queiroz

Brasília - DF  
Dezembro de 2007.

IVAN SAMPAIO NASCIMENTO

# **SISTEMA DE ALARME AUTOMOTIVO QUE INTEGRA TRANSDUTOR ACÚSTICO/ELÉTRICO E CELULAR**

Este exemplar corresponde à redação final da Monografia de graduação defendida por Ivan Sampaio Nascimento e aprovada pela Comissão julgadora em 10/12/2007.

---

Prof. Aderlon Marcelino Queiroz, MSc  
**Orientador**

---

Prof. Carmo Gonçalves, MSc  
**Banca**

---

Prof. José Julimá Bezerra Jr, MSc  
**Banca**

---

Prof.<sup>a</sup> Maria Marony S. F. Nascimento, MSc  
**Banca**

BRASÍLIA - DF

2007

## Agradecimentos

Agradeço ao meu pai Evandro Nascimento, a minha mãe Regina Sampaio, a minha irmã Carolina Nascimento e ao meu irmão Pedro Nascimento pelo apoio constante e imensurável. Essa vitória é nossa. Amo vocês.

Agradeço intensamente a minha esposa Rafaela Calabria, pelo total apoio e compreensão durante essa difícil etapa de minha vida, por me tirar nos momentos de imersão na hora certa. Comemore essa conquista também é sua. Eu te amo.

Agradeço também aos meus amigos e companheiros de faculdade, tais como Diogo Cogo, Bruno Mesquita, Leandro Raineri, Alessandro Ferreira, Marcos Sant'ana e Eric Silva.

Aos colegas de trabalho e amigos Daniel Strehl, Cristian Muniz, Luciano Lima, *BIBI*, *DEDÊ* e *TOIM*. Pelo incentivo, pela amizade e por me proporcionarem alguns momentos de descontração.

Agradecimento especial a tia Marilene, que participou ativamente do desenvolvimento e que tanto me apoiou no processo de conclusão desta monografia. Amo-te.

Agradeço a todos que compreenderam a minha ausência não só durante a elaboração deste projeto como também ao longo dessa jornada.

Agradeço ao corpo docente do UniCEUB que contribui com seus conhecimentos para meu crescimento intelectual e profissional.

E finalmente e não menos importante agradeço ao meu professor orientador Aderlon Queiroz, por me oferecer toda a atenção e incentivo, me fazendo acreditar que alcançaria meu objetivo.

# Resumo

Este trabalho apresenta o projeto de um sistema de alarme para veículos automotivos, integrado a um aparelho celular por transdutores acústico-elétricos que, ao detectar algum evento sonoro, envia um sinal elétrico a um microcontrolador que por sua vez faz a chamada telefônica alertando o proprietário do veículo que ocorreu alguma irregularidade sem que o alarme dispare de forma ineficaz. Apresenta também os circuitos eletrônicos utilizados na montagem do equipamento, com o devido embasamento teórico que lhe dá sustentação. A metodologia empregada se baseia na montagem e nos testes que comprovarão sua eficiência. Descreve ainda as dificuldades encontradas na execução do projeto e os resultados obtidos nos testes para verificar sua funcionalidade. Conclui-se com indicações de possíveis opções comerciais para o produto e com indicadores para futuras ampliações.

*Palavras-chave: alarme, veículo, microcontrolador, circuito integrado programado (PIC), celular, infra-som, ultra-som, microfones, sensores sonoros, transdutores eletroacústicos.*

## Abstract

This work presents the project of an alarm system for vehicles, integrated to a cellular phone through acoustic-electric transducers that, when detecting some sonorous event, sends an electric signal to a microcontroller that makes a phone call alerting the owner of the vehicle that some irregularity occurred without the alarm goes on of inefficacious form. It also presents the used electronic circuits in the assembly of the equipment with the theoretical basement. The methodology is based on assembly and tests that will prove its efficiency. It describes the difficulties found in the execution of the project and the results viewed in the tests to verify its functionality. It is concluded with indications of possible commercial options for the product and with pointers for future magnifyings.

*Keywords: alarm, vehicle, microcontroller, programmable interface controller (PIC), mobile phone, infra-sound, ultra-sound, microphones, sound sensors, acoustic electric transducer.*

# Sumário

LISTA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE TABELAS .....	X
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	XII
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.2 MOTIVAÇÃO .....	2
1.3 VISÃO GERAL.....	2
1.4 ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA.....	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
2.1 ALARME .....	5
2.2 TRANSDUTORES ELETROACÚSTICOS.....	5
2.2.1 <i>Sensores ultra-som</i> .....	6
2.2.1.1 Sensores ultra-sônicos .....	6
2.2.2 <i>Transdutor Acústico/Elétrico (microfones)</i> .....	6
2.2.2.1 Métodos de Transdução.....	7
2.3 MICROCONTROLADORES .....	11
2.3.1 <i>PIC</i> .....	12
2.3.1.1 Pinos de I/O .....	13
2.3.1.2 Osciladores .....	13
2.3.1.3 Funcionamento da comunicação serial no microcontrolador.....	14
2.3.1.4 Conversor analógico digital.....	15
2.4 COMUNICAÇÃO SERIAL .....	17
2.5 UTILIZAÇÃO DE COMANDOS AT .....	18
2.6 PROGRAMAÇÃO .....	20
2.6.1 <i>Programação em C:</i> .....	20
3 MONTAGEM DO PROJETO.....	21
3.1 TRANSDUTOR ACÚSTICO/ELÉTRICO .....	21

3.1.1	<i>Amplificador de Potência</i> .....	22
3.2	MICROCONTROLADOR .....	24
3.2.1	<i>Circuito eletrônico com o PIC16F877A</i> .....	28
3.3	CELULAR .....	30
3.3.1	<i>Comunicação serial com o celular</i> .....	31
3.4	PROGRAMAÇÃO .....	32
3.4.1	<i>Software de desenvolvimento do projeto</i> .....	32
3.4.2	<i>Testes executados com os comandos AT</i> .....	33
4	RESULTADOS OBTIDOS.....	35
4.1	TESTES REALIZADOS.....	35
4.2	DIFICULDADES ENCONTRADAS .....	39
4.2.1	<i>Sensor ultra-sônico</i> .....	39
4.2.2	<i>Interrupção por mudança de estado</i> .....	40
4.2.3	<i>VU de leds</i> .....	41
4.2.4	<i>Acopladores Ópticos / Relés</i> .....	42
4.2.5	<i>Microcontrolador</i> .....	42
5	CONCLUSÕES E PROPOSTAS FUTURAS.....	44
5.1	MODULARIZAÇÃO DOS SENSORES DO ALARME .....	44
5.2	MODULARIZAÇÃO DO ACIONADOR DO ALARME.....	45
5.3	MODULARIZAÇÃO DA BATERIA DO ALARME .....	45
	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	46
	APENDICE A – CÓDIGO FONTE PARA FAZER O CHAMADO .....	49
	CÓDIGO FONTE: CHAMADO ENTRE O PROTÓTIPO E O CELULAR.....	49
	APENDICE B – CÓDIGO FONTE PARA O TESTE DE TENSÃO.....	52
	CÓDIGO FONTE: TESTE DE TENSÃO NA ENTRADA DO CAD.....	52
	ANEXOS .....	54
	DATASHEET DRIVER ST232 .....	54
	MANUAL REFERENCE AT COMMAND SET.....	54
	DATASHEET MICROCONTROLADOR PIC16F87XA .....	54

# Lista de Figuras

<i>FIGURA 1.1 - VISÃO GERAL DO PROJETO</i> .....	3
<i>FIGURA 2.1 - TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA EM ENERGIA ELÉTRICA</i> .....	7
<i>FIGURA 2.2 TRANSDUTOR DINÂMICO</i> .....	7
<i>FIGURA 2.3 MICROFONE A CINTA</i> .....	8
<i>FIGURA 2.4 MICROFONE PIEZOELÉTRICO</i> .....	9
<i>FIGURA 2.5 MICROFONE A CARBONO</i> .....	9
<i>FIGURA 2.6 TRANSDUTOR A CONDENSADOR</i> .....	10
<i>FIGURA 2.7 MICROFONE A ELETRETO</i> .....	11
<i>FIGURA 2.8 CONECTOR DB9 DTE</i> .....	18
<i>FIGURA 2.9 CONECTOR DB9 DCE</i> .....	18
<i>FIGURA 3.1 MICROFONE A ELETRETO</i> .....	21
<i>FIGURA 3.2 LIGAÇÃO ELÉTRICA DO MICROFONE A ELETRETO</i> .....	22
<i>FIGURA 3.3 AMPLIFICADOR</i> .....	23
<i>FIGURA 3.4 CIRCUITO DO AMPLIFICADOR UTILIZADO</i> .....	23
<i>FIGURA 3.5 MICROCONTROLADOR PIC 16F877A</i> .....	24
<i>FIGURA 3.6 CIRCUITO ELETRÔNICO COMPLETO</i> .....	29
<i>FIGURA 3.7 CELULAR UTILIZADO NO PROJETO MARCA SIEMENS MODELO C35I</i> .....	30
<i>FIGURA 3.8 CABO SERIAL DO C35I</i> .....	30
<i>FIGURA 3.9 PINAGEM CABO SERIAL</i> .....	31
<i>FIGURA 3.10 SOFTWARE MPLAB</i> .....	32
<i>FIGURA 3.11 EXEMPLOS DE COMANDOS AT EXECUTADOS NO HYPERTERMINAL</i> .....	33
<i>FIGURA 4.1 TESTES DE TENSÃO NO CONVERSOR A/D</i> .....	35
<i>FIGURA 4.2 ANTES DA DETECÇÃO DO EVENTO SONORO</i> .....	36
<i>FIGURA 4.3 APÓS A DA DETECÇÃO DO EVENTO SONORO</i> .....	36
<i>FIGURA 4.4 TESTE REALIZADO COM OS DOIS CELULARES</i> .....	37
<i>FIGURA 4.5 PROTÓTIPO MONTADO COM O CELULAR</i> .....	37
<i>FIGURA 4.6 VISÃO INTERIOR DO PROTÓTIPO</i> .....	38
<i>FIGURA 4.7 PROTÓTIPO INSTALADO E TESTADO NO INTERIOR DO VEÍCULO</i> .....	38
<i>FIGURA 4.8 SENSOR ULTRA-SÔNICO</i> .....	39
<i>FIGURA 4.9 PORTAS DO MICROCONTROLADOR QUE REPRESENTAM INTERRUPÇÃO POR MUDANÇA DE ESTADO</i> .....	40
<i>FIGURA 4.10 CIRCUITO DO VU DE LEDS</i> .....	41

<i>FIGURA 4.11 COMUNICAÇÃO SERIAL NO MICROCONTROLADOR.....</i>	<i>42</i>
<i>FIGURA 4.12 CIRCUITO FISICAMENTE MONTADO.....</i>	<i>43</i>

# Lista de Tabelas

<i>TABELA 2.1 PARÂMETROS DE CONFIGURAÇÃO PARA A LINGUAGEM C UTILIZANDO A COMUNICAÇÃO SERIAL .....</i>	<i>14</i>
<i>TABELA 2.2 COMANDOS AT.....</i>	<i>19</i>
<i>TABELA 3.1 NOMENCLATURA DOS PINOS.....</i>	<i>25</i>
<i>TABELA 3.2 DESCRIÇÃO DA PINAGEM DO CABO SERIAL.....</i>	<i>31</i>

## Lista de Símbolos

<i>I</i>	Corrente elétrica
<i>A</i>	Corrente elétrica em <i>Ámpere</i>
<i>V</i>	Tensão elétrica em volts
<i>F</i>	Capacitância em <i>Faraday</i>
$\Omega$	Resistência elétrica em <i>Ohms</i>
<i>Hz</i>	Frequência em <i>Hertz</i>
<i>p</i>	Representação de $10^{-9}$
$\mu$	Representação de $10^{-6}$
<i>m</i>	Representação de $10^{-3}$
<i>k</i>	Representação de $10^3$
<i>M</i>	Representação de $10^6$

## Lista de Siglas e Abreviaturas

BIT: Acrônimo do inglês – *Binary Digit*, Dígito Binário.

bps: Acrônimo do inglês – *bits per second*, bits por segundo.

Conversor A/D, CAD: Conversor Analógico/Digital.

DB9: Conector utilizado na comunicação serial RS232.

DCE: Acrônimo do inglês - *Data Circuit-terminating Equipment*, Equipamento de Circuito Terminal de Dados.

DTE: Acrônimo do inglês - *Data Terminal Equipment*, Equipamento Terminal de Dados.

EIA – Acrônimo do inglês - *Electronics Industries Associations*, Aliança das Indústrias Eletrônicas.

GSM: Acrônimo do inglês - *Global System for Mobile Communications*, Sistema Global para Comunicação Móvel.

I/O: Acrônimo do inglês – *Input/Output*, Entrada/Saída.

LED: Acrônimo do inglês - *Light Emission Diode*, Diodo Emissor de Luz.

Oscilador RC: Oscilador Resistor/Capacitor.

PIC: Acrônimo do inglês - *Programmeable Integrated Circuits*, Circuito Integrado Programado.

RS232: Padrão de comunicação serial EIA (EIA232F.)

RX: Recepção de dados na comunicação serial.

TX: Transmissão de dados na comunicação serial.

USART: Acrônimo do inglês - *Universal Synchronous Receiver Transmitter*, Transmissor/Receptor Universal Síncrono e Assíncrono.

USB: Acrônimo do inglês - *Universal Serial BUS*, Barramento Serial Universal.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 *Objetivos*

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um sistema que integrará a um alarme convencional um transdutor acústico/elétrico e um aparelho celular no interior do veículo, a um outro aparelho celular transportado pelo proprietário. O mecanismo de acionamento do alarme passará a contar com uma nova situação de disparo, de modo que, assim que o transdutor detectar a presença de som no interior do veículo será acionado mecanismo do sistema que irá telefonar automaticamente para um número pré-programado pelo proprietário do veículo, alertando-o sobre o disparo do alarme.

Será objeto deste trabalho a integração do alarme convencional ao transdutor e deste ao aparelho celular, sem prejuízo das funções do alarme convencional. Inclui, também, a programação de microcontrolador e acionamento de mecanismo para realização de chamada. Assim, como resultado do evento sonoro no interior do veículo, o alarme convencional irá disparar e o mecanismo transdutor-microcontrolador será responsável pela realização da chamada para um número de celular pré-programado no aparelho no interior do veículo.

O principal objetivo do projeto é a detecção de som no interior do veículo. A partir da análise dessa detecção, ocorrerá o disparo do alarme e a realização da chamada para o celular do proprietário. Se o alarme disparar em decorrência de evento das funções próprias do alarme convencional, poderá avisar ao proprietário sobre uma possível invasão ao veículo.

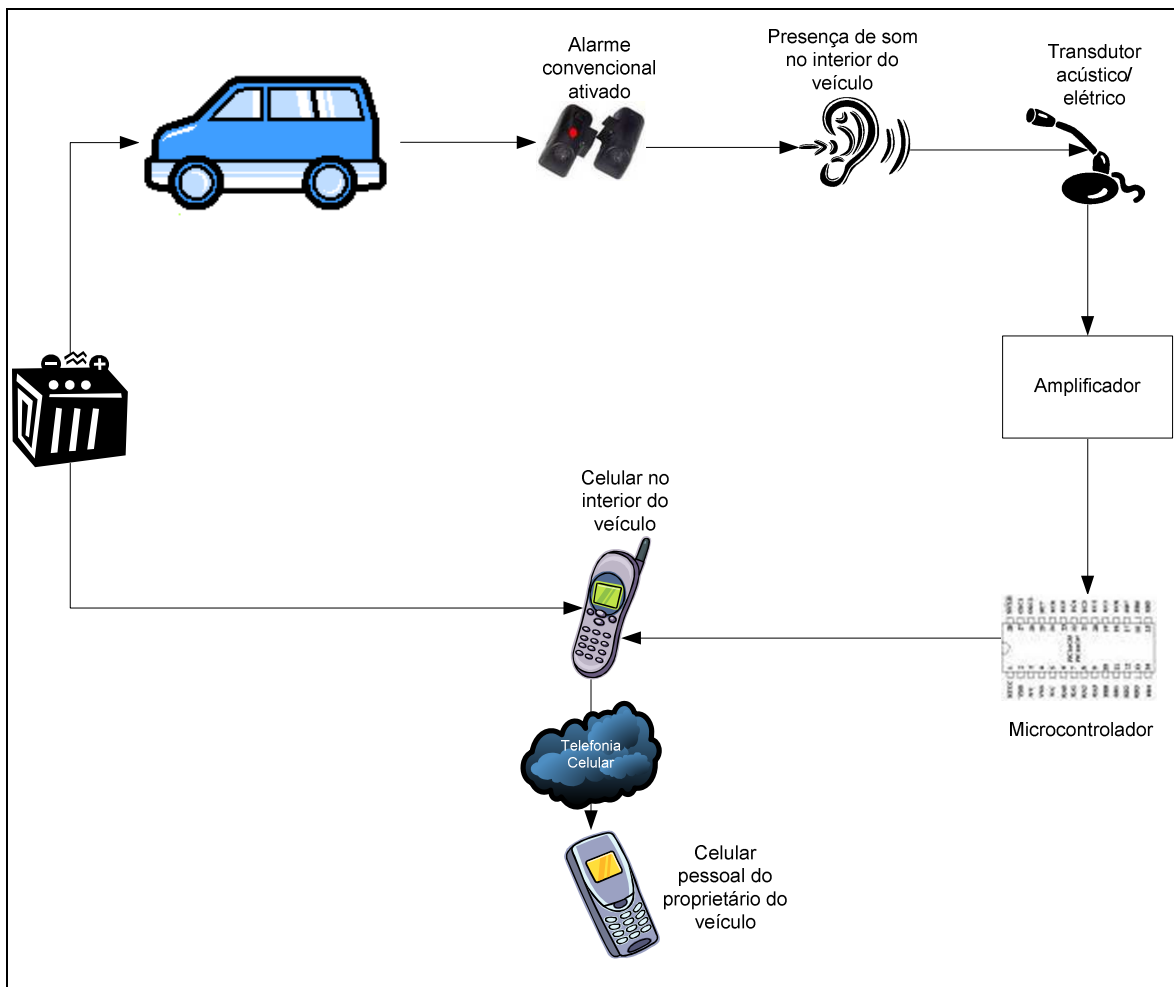
## **1.2 Motivação**

Atualmente, os sistemas de alarme existentes possuem sensores de abertura de porta e detecção de movimento dentro do veículo. Quando um desses sensores dispara o alarme aciona uma sirene alertando sobre alguma anormalidade, o que pode evidenciar uma invasão no veículo. O alarme fica ligado até que alguém apareça e o desative. Alguns são sensíveis a movimento no interior do veículo e chegam até a disparar. Contudo, esses alarmes não foram projetados para detectar sons.

A falta desse recurso de detecção de som nos alarmes convencionais tem causado algumas tragédias. Há casos registrados pela mídia de pessoas que esqueceram crianças no interior de veículos, resultando em grande sofrimento e até mesmo em morte. Se esses veículos estivessem equipados com sistema de segurança que incluísse a detecção de som, certamente o choro das crianças teria acionado o mecanismo de alarme e evitado a triste ocorrência. Outra situação, comum, envolvendo motoristas é o esquecimento de aparelho de som ligado, o que poderá descarregar a bateria do veículo e impossibilitar nova partida. Isso também seria evitado, caso o interessado fosse avisado a tempo.

## **1.3 Visão Geral**

O sistema de integração do celular e o microcontrolador será desenvolvido através de circuitos eletrônicos. Onde o transdutor será o responsável por captar o evento sonoro, o celular ficará conectado ao microcontrolador através de porta serial e o microcontrolador fará a ligação para um número pré-programado.



**Figura 1.1 - Visão geral do projeto**  
(Fonte: o autor)

## 1.4 Organização da Monografia

Capítulo 1 Introdução: Nesse capítulo são apresentadas as idéias para se chegar ao tema do projeto e também a estrutura organizacional do projeto.

Capítulo 2 Referencial Teórico: Esse capítulo foi utilizado para apontar todo o embasamento teórico utilizado no desenvolvimento desse projeto.

Capítulo 3 Montagem do Projeto: Contém a metodologia empregada na implementação deste projeto. Também estão descritos os circuitos eletrônicos

utilizados, seus respectivos diagramas e o desenvolvimento do código em C para execução da função que envia o chamado para o celular.

Capítulo 4 Resultados Obtidos, Testes Realizados e Dificuldades Encontradas: Neste capítulo são apresentadas as dificuldades encontradas ao longo do projeto bem como os resultados obtidos nos testes com sua implementação.

Capítulo 5 Conclusões e Sugestões de Continuidade: Conclusões do projeto desenvolvido bem como os resultados finais obtidos. Foram relatadas as possíveis opções comerciais que esse projeto pode seguir. Também foram citados alguns temas sugestivos para futuros projetos finais.

Em resumo, nesse capítulo foram abordados os principais objetivos bem como a motivação que levou o autor ao desenvolvimento do projeto. Foi passada ainda a visão geral do projeto para o perfeito entendimento do protótipo, além de explicar a organização dos capítulos contidos nesta monografia. No capítulo subsequente, será tratado o referencial teórico utilizado como base para o desenvolvimento do projeto.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O referencial teórico embasa os conhecimentos utilizados para o desenvolvimento deste projeto. O conteúdo aqui descrito foi utilizado para se obter a análise e a interpretação dos dados coletados em sua fase de elaboração e construção.

### **2.1 Alarme**

Atualmente, a grande maioria dos alarmes convencionais utilizados nos veículos é sensível a detecções de movimentos, e para isso utilizam sensores de ultra-som, que acoplados à central do alarme, emitem, quando ativados alertas pela buzina e até mesmo pelo “pisca-pisca”.

### **2.2 Transdutores Eletroacústicos**

Transdutores são equipamentos capazes de transformar um tipo de energia em outro. O tipo a ser utilizado neste projeto será o transdutor acústico-elétrico, ou seja, aquele que possui a capacidade de transformar energia acústica em energia elétrica. (FERNANDES, 2007)

O transdutor acústico-elétrico utilizado neste projeto será o microfone que é projetado para captar as ondas sonoras no ar dentro de uma banda de frequências (inclusive ultra-sons). (FERNANDES, 2007)

### **2.2.1 Sensores ultra-som**

São dotados de uma frequência de som superior aos sons audíveis pelos seres humanos, cerca de 20kHz aproximadamente. (MOLINARI, 1999)

Os processos industriais requerem informações confiáveis e é dessa forma que os sensores de ultra-som servem para detectar os objetos e medir as distâncias, sendo que alguns desses possuem um grande poder de precisão. (MOLINARI, 1999)

#### **2.2.1.1 Sensores ultra-sônicos**

Baseiam-se no princípio da reflexão das ondas sonoras. Quando uma onda sonora atravessa um meio capaz de absorver som e incide em outro meio como uma barreira, somente uma pequena porção é absorvida e a maior parte da onda é refletida pela barreira. A reflexão das ondas é um eco. As superfícies refletoras das ondas sonoras são chamadas de “MEIO VIVO” e as que não podem refletir as ondas, de “MEIO MORTO”. O tempo decorrido entre o instante em que o sinal é emitido e o instante em que o sinal refletido é recebido é uma referência para a posição do nível. (THOMAZINI, 2005)

Sinais ultra-sônicos são como ondas de som audíveis, porém com frequência muito mais altas. (THOMAZINI, 2005)

### **2.2.2 Transdutor Acústico/Elétrico (microfones)**

A voz humana é transmitida em aparelhos sonoros convertendo-se as ondas sonoras mecânicas em ondas eletromagnéticas e, depois, reconvertendo-as em ondas sonoras, a fim de que possam ser ouvidas. (MOLINARI, 1999)

Microfone é o termo genérico que é usado para definir o elemento que transforma energia acústica em energia elétrica (sinal de áudio), essa transformação aparece ilustrada na figura 2.1. (FERNANDES, 2007)

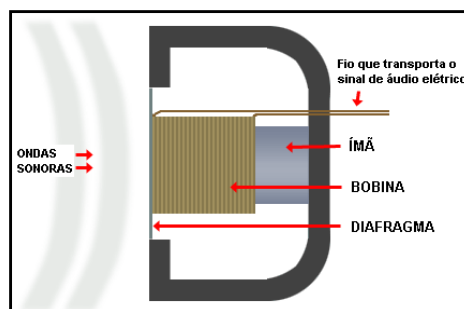


**Figura 2.1 - Transformação de energia mecânica em energia elétrica**  
(Fonte: O autor)

Atribuindo características diferentes aos microfones obteremos a transformação dessa energia de várias formas. (FERNANDES, 2007)

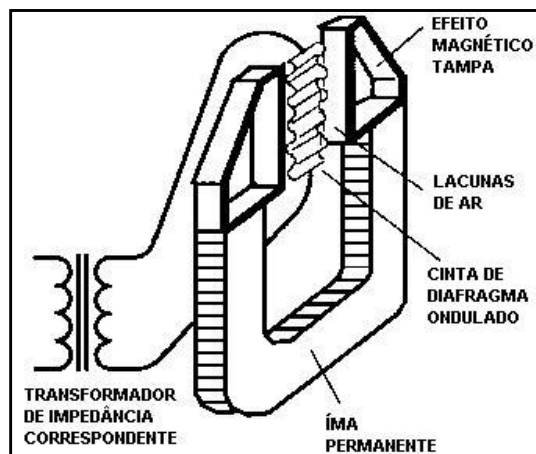
### 2.2.2.1 Métodos de Transdução

- i. **Microfones dinâmicos:** Neste microfone o diafragma é montado numa bobina que se move livremente num campo magnético. Quando o som chega ao diafragma, este vibra, fazendo vibrar a bobina e produzindo nos fios uma pequena corrente elétrica. A magnitude e a direção da corrente elétrica é diretamente proporcional ao movimento da bobina e do diafragma. (FERNANDES, 2007)



**Figura 2.2 Transdutor dinâmico**  
(Fonte: COSTA, 2007)

- ii. **Microfones a cinta:** Similar ao método de transdução do microfone dinâmico, porém o diafragma deste microfone é composto de uma cinta de metal corrugada mergulhada num campo magnético constante. Suas extremidades da placa são ligadas a fios condutores e quando as ondas sonoras atingem a cinta, esta vibra, se movimentando dentro do campo magnético, acarretando uma tensão induzida nos fios. Por gerar uma tensão muito pequena, há a necessidade de um transformador que eleva a tensão e aumenta a impedância do microfone.



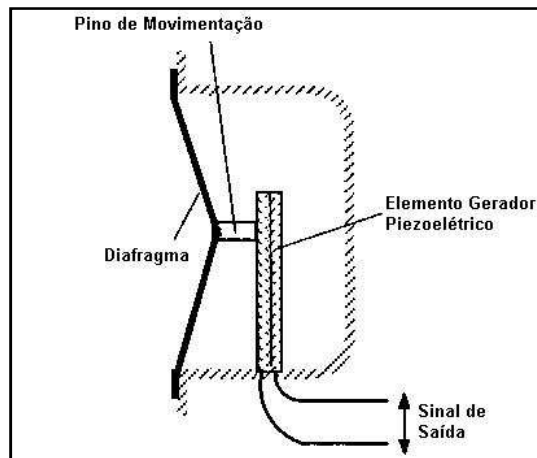
*Figura 2.3 Microfone a cinta*  
(Fonte: FERNANDES, 2006)

- iii. **Microfones piezoelétrico:** Também se trata de um tipo de microfone desenvolvido no princípio das descobertas eletroacústicas. Também são chamados de microfones de cristal ou cerâmicos.

Um diafragma é conectado a um cristal piezoelétrico. O efeito piezoelétrico é a propriedade de alguns cristais de gerarem uma diferença de potencial em suas faces ao serem deformados. O efeito inverso também é válido.

Quando a onda sonora atinge o diafragma, fazendo-o vibrar, o cristal é levemente deformado. Em resposta a essa

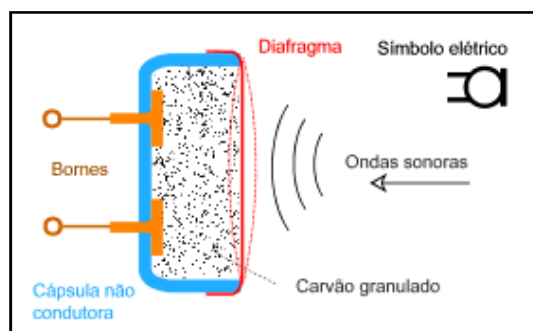
deformação, o cristal gera uma tensão proporcional às variações da pressão sonora.



**Figura 2.4 Microfone piezoelétrico**  
(Fonte: FERNANDES, 2006)

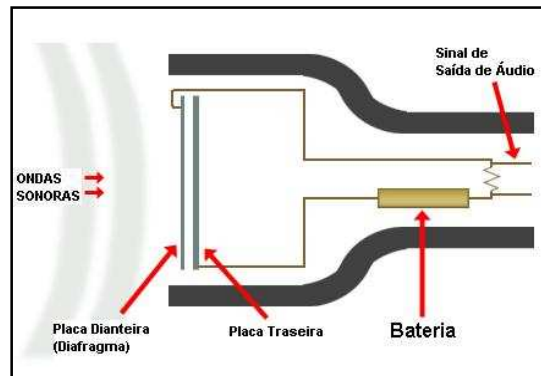
- iv. **Microfones a carbono:** Foi o primeiro tipo de microfone desenvolvido. Uma pequena cuba é cheia com carvão pulverizado e fechada por um disco de metal (bronze) o qual é acoplado a um diafragma circular de metal. É aplicada uma tensão (6 v) entre o diafragma e a base da cuba.

O diafragma, vibrando com a onda sonora, transmite a vibração para o disco de metal e para o carvão pulverizado, tornando-o mais ou menos denso. Assim, varia a resistência elétrica do carvão, convertendo estas variações em tensão, que corresponderão às ondas sonoras.



**Figura 2.5 Microfone a carbono**  
(Fonte: COSTA, 2007)

- v. **Microfones a condensador:** Este microfone é constituído por um diafragma de plástico banhado a ouro que é montado sobre uma placa condutiva, normalmente construída de cerâmica banhada a ouro. O diafragma e a placa são separados por um pequeno volume de ar, formando um capacitor elétrico. Uma diferença de potencial (tensão) entre 9 e 48 volts é aplicado nas placas por uma bateria externa. Quando o diafragma recebe uma onda sonora, ele vibra, se aproximando e se afastando da placa, fazendo mudar a carga elétrica nas placas proporcionalmente ao movimento, gerando uma diferença de potencial nas placas que é uma representação elétrica do movimento do diafragma (e da onda sonora). Por gerarem um sinal elétrico muito pequeno e uma alta impedância, é incorporado a este microfone um amplificador para elevar o sinal elétrico de saída. (FERNANDES, 2007)

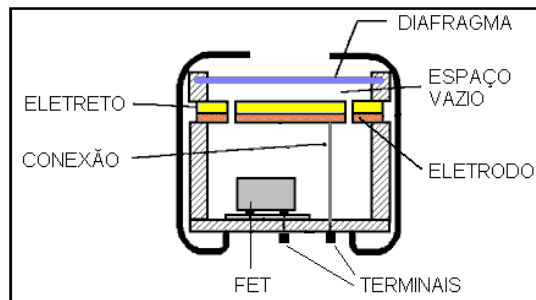


**Figura 2.6 Transdutor a condensador**

(Fonte: COSTA, 2007)

- vi. **Microfones a eletreto:** Eletreto é uma classe especial dos microfones a condensador. Os microfones a eletreto têm seu diafragma fabricado com um material plástico que retém uma carga estática indefinidamente. Esta carga é aplicada pelo fabricante durante a fabricação do microfone, não necessitando de polarização externa como o microfone a condensador. Estes

microfones também necessitam de um amplificador uma vez que sua tensão gerada é muito pequena.



**Figura 2.7 Microfone a eletreto**  
(Fonte: COSTA, 2007)

## 2.3 Microcontroladores

O microcontrolador, também chamado de “Microcomputador de um só chip<sup>1</sup>”, está revolucionando o projeto de sistemas eletrônicos digitais, devido a sua enorme versatilidade de hardware e seu poderoso software, pois consegue reunir num único chip vários sistemas independentes, como contadores, CPU<sup>2</sup>, RAM<sup>3</sup>, ROM<sup>4</sup>, entre outros, tornando-o ideal para o projeto de sistemas dedicados e sobretudo compactos, aliado a dificuldade de cópia de seu software interno, permitindo a construção de sistemas muito difíceis de serem copiados por pessoas não autorizadas. (SILVA JÚNIOR, 1988)

À medida que a tecnologia avança, os microcontroladores vão se tornando mais robustos e com maior capacidade de processamento, ficando cada

---

<sup>1</sup> *Chip* também conhecido por circuito integrado. Disponível em < <http://wwwusers.rdc.puc-rio.br/rmano/comp8ucp.html> >. Acessado em 04/07/2007.

<sup>2</sup> *CPU* é a Unidade Central de Processamento (*Central Processing Unit*). Disponível em <<http://wwwusers.rdc.puc-rio.br/rmano/comp8ucp.html>>. Acessado em 04/07/2007.

<sup>3</sup> *RAM* é a Memória de Acesso Aleatório (*Random Memory Access*). Disponível em <<http://www.infowester.com/memoria.php>>. Acessado em 04/07/2007.

<sup>4</sup> *ROM* é a Memória Apenas de Leitura (*Read Only Memory*). Disponível em <<http://www.infowester.com/memoria.php>>. Acessado em 04/07/2007.

vez mais rápidos, com novos dispositivos de I/O<sup>5</sup> integrado aos vários recursos já presentes nesses chips, como: USART<sup>6</sup>, comparador, conversor A/D, PWM<sup>7</sup>, oscilador interno, modulador de RF<sup>8</sup>, etc. (ZANCO, 2005)

### 2.3.1 PIC

O PIC também conhecido por *Programmeable Integrated Circuits* é um microcontrolador desenvolvido pela *MICROCHIP Technology Inc.* Este microcontrolador apresenta vantagem porque possui tamanho pequeno, facilidade de programação e de manuseio, baixo consumo, além da flexibilidade. (SILVA JÚNIOR, 1988)

São bastante eficientes pelo nível de inteligência que conseguem traduzir um programa em “C”, que é a linguagem a ser utilizada nesse projeto, para a linguagem de máquina. (PEREIRA, 2003)

Quanto aos periféricos que serão utilizados pelo microcontrolador desse projeto é importante frisar: pinos de I/O, uso de clock externo (osciladores), uso de comunicação serial e uso de conversor A/D.

---

<sup>5</sup> I/O sigla para Input/Output, em português E/S ou Entrada/Saída. Disponível em <[http://www.imasters.com.br/artigo/4020/bancodedados/otimizando\\_operacoes\\_de\\_entrada\\_e\\_saida\\_io/](http://www.imasters.com.br/artigo/4020/bancodedados/otimizando_operacoes_de_entrada_e_saida_io/)>. Acessado em 02/10/2007.

<sup>6</sup> USART é o canal de comunicação serial (ZANCO, 2005)

<sup>7</sup> PWM significa Modulação por Largura de Pulso (*Pulse Width Modulation*). (LAVINIA, 2003)

<sup>8</sup> Modulador de RF é o circuito eletrônico que realiza a modulação de uma portadora de rádio frequência. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Modulador\\_RF](http://pt.wikipedia.org/wiki/Modulador_RF)>. Acessado em 02/10/2007.

### **2.3.1.1 Pinos de I/O**

São fundamentais para o desenvolvimento do projeto, pois através deles será definido o modelo de microcontrolador utilizado. Serão usados para colher dados quando configurados como entrada ou então para fornecer dados quando configurados como saída. Dessa forma a relação entre custo e benefício levará em consideração a quantidade de pinos para a definição do microcontrolador a ser adotado.

### **2.3.1.2 Osciladores**

O oscilador é o responsável pelo sincronismo das operações realizadas pelo microcontrolador, que desenvolve essas operações através desse dispositivo externo. (LAVINIA, 2003)

O PIC utilizado neste projeto pode operar com até quatro modelos diferentes de osciladores:

- I. LP – Cristal de baixa potência;
- II. XT – Cristal / Ressonador;
- III. HS – Cristal / Ressonador de alta frequência
- IV. RC – Oscilador RC

A frequência de operação do microcontrolador utilizado neste projeto pode variar de 32kHz a 20MHz. Foi escolhido o oscilador XT com a frequência de 4MHz, conforme recomendação da bibliografia consultada. Faz-se necessária a utilização de dois capacitores cerâmicos com capacitância de 15pF (PEREIRA, 2004 e LAVINIA, 2003)

### 2.3.1.3 Funcionamento da comunicação serial no microcontrolador

Cada vez mais as técnicas de comunicação serial estão se aperfeiçoando e são capazes de atingir altíssimas velocidades. Entre essas técnicas podemos destacar: USB 2.0, Firewire, SCSI serial, SATAI e SATAII. (PEREIRA, 2003)

O PIC possui uma grande vantagem no módulo interno destinado a comunicação serial que é o *USART – Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*, esse protocolo universal possui dois modos de trabalho o **síncrono** e **assíncrono**. (LAVINIA, 2003)

No modo não sincronizado, ou seja, no assíncrono que será utilizado neste projeto, esta comunicação é feita somente com duas vias que são utilizadas para dados, uma para transmissão (TX) e a outra para recepção (RX) possibilitando com isso o envio e o recebimento ao mesmo tempo.

Para o perfeito funcionamento desse sistema é necessário que o tamanho dos dados (intervalo dos bits) seja completamente padronizado e que ambos os lados possuam o mesmo valor. Essa velocidade de transmissão (*Baud Rate*) é indicada em bits por segundos (bps) e com isso podemos calcular o tempo de duração de cada bit com a equação 2.1.

$$T_{BIT} = \frac{1}{BaudRate} \quad (2.1)$$

**Tabela 2.1 Parâmetros de configuração para a linguagem C utilizando a comunicação serial**  
(Fonte: PEREIRA, 2003)

OPÇÃO	DESCRIÇÃO
BAUD = valor	Especifica a velocidade da comunicação serial.
XMIT = pino	Especifica o pino de transmissão de dados.
RCV = pino	Especifica o pino de recepção de dados.

**Tabela2.1 Parâmetros de configuração para a linguagem C utilizando a comunicação serial**  
**(Continuação)**  
**(Fonte: PEREIRA, 2003)**

<b>OPÇÃO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
RESTART_WDT	Determina a função GET() ressete o watchdog enquanto aguarda a chegada de um caractere.
INVERT	Inverte a polaridade dos pinos de TX/RX, não pode ser utilizada com o hardware interno.
PARITY = x	Seleciona a paridade (x pode ser: N (sem paridade), E (paridade par) ou 0 (paridade impar).
BITS = x	Seleciona o número de bits de dados (5 a 9 para o modo por software e 8 a 10 para o modo por hardware).
FLOAT_HIGHT	A saída não vai em nível lógico 1. Utilizado com saídas coletor aberto.
ERRORS	Solicita ao compilador que armazene os erros de recepção na variável RS232_ERRORS, ressetando os flags de erro quando eles ocorrem.
BRGH10K	Permite a utilização das velocidades disponíveis com o bit BRGH em 1 em chips que tenham bugs nesta configuração do hardware.
ENABLE = pino	Especifica um pino para atuar como saída de habilitação durante uma transmissão. Utilizado no protocolo RS485.
STREAM = identificador	Associa a interface RS232 a um identificador de stream de dados. Os stream de dados são utilizados em algumas funções internas do compilador.

### **2.3.1.4 Conversor analógico digital**

O Conversor analógico digital é utilizado para converter um sinal analógico em digital e vice-versa por meio de conversores analógico-digitais ou digital-analógicos, como é o caso do microcontrolador PIC que realiza essa conversão. (THOMAZINI, 2005)

Para realizarmos leitura de grandezas analógicas do mundo exterior, normalmente são utilizados sensores especiais que convertem a grandeza desejada em um nível de tensão proporcional. Através da leitura dessa tensão com o auxílio de um conversor analógico digital (*CAD*), converte-se a tensão analógica em um número binário, proporcional à tensão analógica. (PEREIRA, 2003)

A resolução de um *CAD* é dado pelo seu número de bits<sup>9</sup> expressado por: (LAVINIA, 2003)

$$\text{resolução} = \frac{V_{REF}}{2^n} \quad (2.2)$$

Onde  $V_{REF}$  é uma tensão de referência e  $n$  é o número de bits do conversor.

Cada um dos  $n$  bits que compõem a informação digital representa uma parcela do valor analógico a ser convertida, de forma que a soma de todas as contribuições de cada um dos  $n$  bits forma a tensão de entrada do *CAD*. Assim, a parcela de tensão proporcional ao bit  $m$  do *CAD* é dada por: (LAVINIA, 2003)

$$V_{entrada} = \frac{b_m 2^{(m-1)}}{2^n} \times V_{REF} \quad (2.3)$$

Em que:  $b_m$  é o valor do bit  $m$ , ou seja, 0 ou 1.

Quando ocorre essa conversão, esse tempo não é tão desprezível assim, para que esse sistema de conversão ocorra perfeitamente, um *clock*<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Bit abreviação de *binary digit*, é a menor unidade de informação digital. Um bit tem um único valor binário (1 ou 0). Disponível em < <http://www.dicweb.com/>>. Acessado em 25/11/2007.

deve ser aplicado a ele. Cada período deste *clock* é chamado de  $T_{ad}$  e é equivalente a conversão de 1 *bit*. Como o conversor utilizado é o de 10 *bits*, o tempo total da conversão é  $10T_{AD} + 2T_{AD}$ , onde esses dois períodos adicionais correspondem a adequação e o início da conversão. (LAVINIA, 2003)

## **2.4 Comunicação Serial**

Na interface serial, os bits são transmitidos em fila, ou seja, um bit de cada vez. Especificamente neste projeto será utilizado o padrão RS 232, que é um padrão de troca em série de dados binários. Este padrão foi criado para a comunicação de equipamentos produzidos por fabricantes distintos. A organização responsável pela criação desse padrão foi a *Electronic Industries Association* – EIA, que em sua última nomenclatura publicada em 1997 renomeou-o para EIA232F. Cabe salientar que a comunicação serial que ocorrerá neste projeto será DTE – *Data Terminal Equipment* e irá utilizar um conector DB9. O equipamento responsável pelo envio do chamado (modem) é o DCE – *Data Circuit-terminating Equipment*, que também utilizará um conector DB9. (STRANGIO, 2007)

Nas figuras 2.8 e 2.9, é possível a identificação da relação de pinos e suas devidas funções nos conectores DB9 DTE e DCE respectivamente:

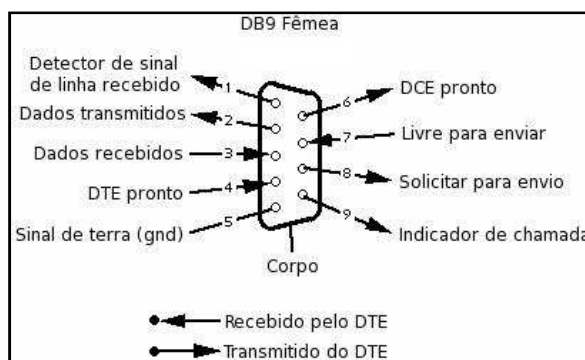
---

<sup>10</sup> Clock é um sinal usado para coordenar as ações de dois ou mais circuitos eletrônicos. O sinal de clock oscila entre os estados alto e baixo. Disponível em <<http://www.scribd.com/doc/293872/Dicionario-de-Informatica-Internet-Ingles-Portugues-Marcia-Regina-Sawaya>>. Acessado em 25/11/2007.



**Figura 2.8 Conector DB9 DTE**

(Fonte: SANTANA, 2007)



**Figura 2.9 Conector DB9 DCE**

(Fonte: SANTANA, 2007)

## 2.5 Utilização de comandos AT

Conhecido inicialmente pelo nome de *Hayes Command Set*, o comando *AT* é uma linguagem de programação que também é utilizada para operar alguns modelos de telefones celulares remotamente. (SANTANA, 2007)

A tabela 2.2 demonstra alguns dos padrões de comandos *Hayes* correspondentes aos comandos *AT-Hayes modems*, que poderão ser testados na fase de comunicação entre micro e celular:

**Tabela 2.2 Comandos AT**  
 (Fonte: SIEMENS, 2007)

COMANDO	FUNÇÃO
A/	Faz com que o modem repita a última linha de comando. O prefixo AT não é utilizado e não há a necessidade de pressionar-se a tecla ENTER para o envio do comando ao modem.
AT comando	<p>O prefixo AT, que deve ficar todo em letras maiúsculas ou todo em letras minúsculas, informa ao modem que os caracteres que o seguem não representam dados, mas um comando ou uma série de comandos.</p> <p>Depois que se encerra uma linha de comandos com um caracter de retorno do carro, o modem executa os comandos na ordem em que eles foram codificados.</p>
AT D número do telefone	Este comando disca automaticamente o número especificado como parâmetro.
AT L1  AT L2  AT L3	O volume do alto-falante possui como default L2 (volume médio). O L1 é para o volume mais baixo e o L3 para o volume mais alto.
AT M0  AT M1  AT M2  AT M3	O comando M permite o controle manual do alto-falante do modem. Usando o alto-falante interno é possível monitorar cada discagem do modem. As opções são as seguintes: <ul style="list-style-type: none"> <li>* M0 Alto-falante interno desligado</li> <li>* M1 Alto-falante interno ligado até detecção da portadora</li> <li>* M2 Alto-falante interno sempre ligado</li> <li>* M3 Alto-falante interno ligado até portadora detectada e desligado durante discagem</li> </ul>
AT+CGMI	O comando CGMI retorna o nome do fabricante do aparelho celular.
AT+CGMM	O comando CGMM retorna o modelo do aparelho celular

## **2.6 Programação**

### **2.6.1 Programação em C:**

A escolha dessa linguagem está diretamente relacionada ao fato de que a maioria dos microcontroladores disponíveis no mercado contam com compiladores de linguagem C para o desenvolvimento de software. (PEREIRA, 2003)

Além de ser uma linguagem muito utilizada pela facilidade de entendimento, possui como vantagem sua capacidade de compilação em várias plataformas e a possibilidade de programação tanto em “alto nível” com aplicações que interajam diretamente com o usuário quanto em “baixo nível” ao realizar instruções diretamente com o hardware.

Neste capítulo, o autor procurou abordar todo o referencial teórico para embasar as decisões tomadas para a elaboração deste projeto. No capítulo subsequente será abordada a montagem do projeto em si, bem como os componentes utilizados para o funcionamento do protótipo.

## 3 MONTAGEM DO PROJETO

Neste capítulo são explicados os passos executados para a implementação do projeto, descrevendo e mostrando os equipamentos e dispositivos utilizados e ainda o programa que integrará o transdutor ao PIC e ao celular.

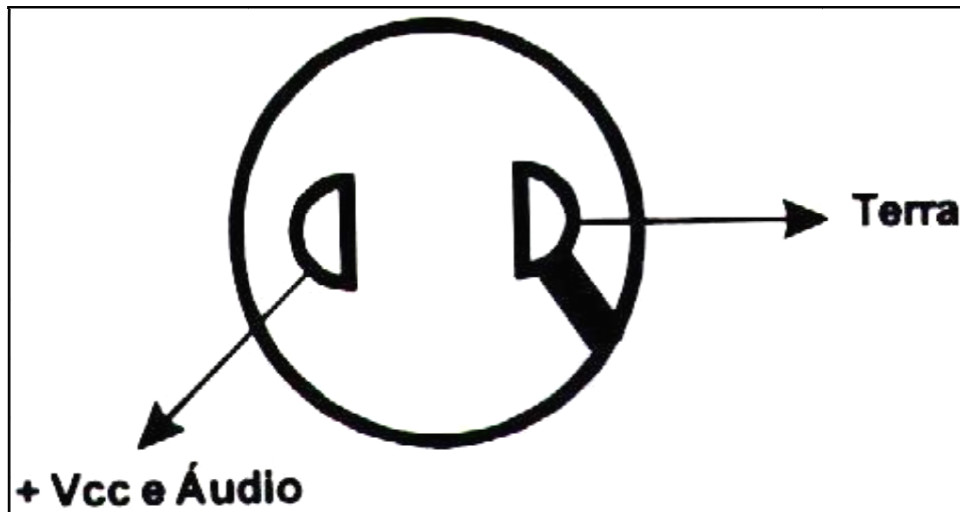
### 3.1 *Transdutor Acústico/Elétrico*

O Transdutor acústico-elétrico utilizado no projeto foi o microfone a eletreto (figura 3.1), que necessita de uma tensão para seu perfeito funcionamento. A escolha desse transdutor se deu principalmente pelo baixo preço com que atualmente é comercializado e também por possuir uma excelente qualidade sonora.



**Figura 3.1** *Microfone a eletreto*  
(Fonte: O autor)

Na figura 3.2 pode-se visualizar a *pinagem* do microfone a eletreto.

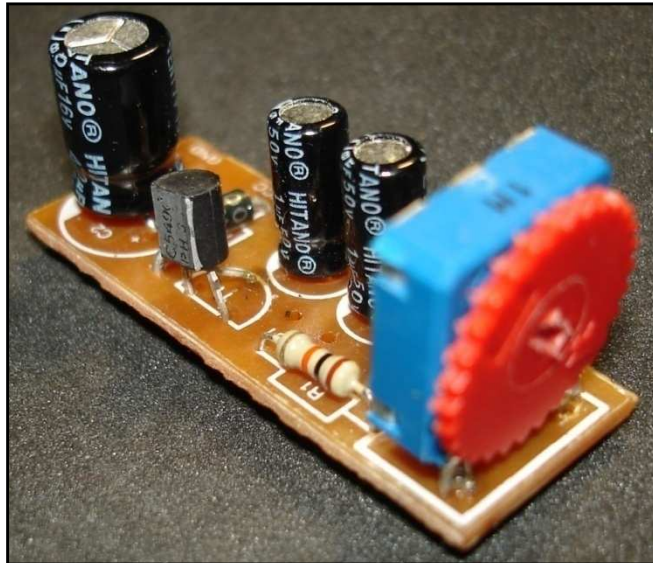


*Figura 3.2 Ligação elétrica do microfone a eletreto  
(Fonte: O autor)*

Conforme explicado no capítulo anterior, para o perfeito funcionamento desse microfone é necessário um amplificador, uma vez que sua tensão gerada é muito baixa.

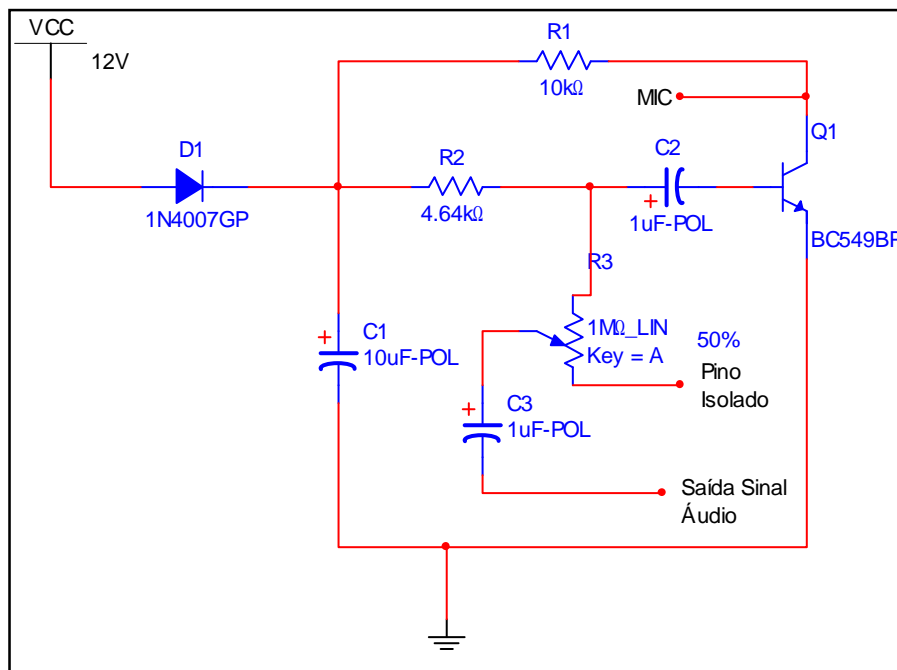
### **3.1.1 Amplificador de Potência**

Foi necessário o uso de um amplificador de potência (figura 3.3) uma vez que o sinal de saída do transdutor era muito baixo e com isso não gerava a tensão necessária para a conversão A/D no microcontrolador.



**Figura 3.3 Amplificador**  
(Fonte: O autor)

Na figura 3.4 é apresentado o circuito utilizado para amplificar o sinal de áudio entre o microfone e o microprocessador.



**Figura 3.4 Circuito do amplificador utilizado**  
(Fonte: O autor)

O pino isolado do trimpot<sup>11</sup> gera uma tensão que varia de 0 a 12 Volts e foi utilizado para no acionamento do conversor A/D.

### 3.2 Microcontrolador

O Microcontrolador utilizado no projeto foi o PIC 16F877A, cujas características já foram abordadas no capítulo sobre o referencial teórico desse projeto. Para mais informações sobre outras características ou detalhes desse microcontrolador, podem ser consultados no *datasheet* em anexo. Na figura 3.5 é mostrada a descrição de seus pinos.

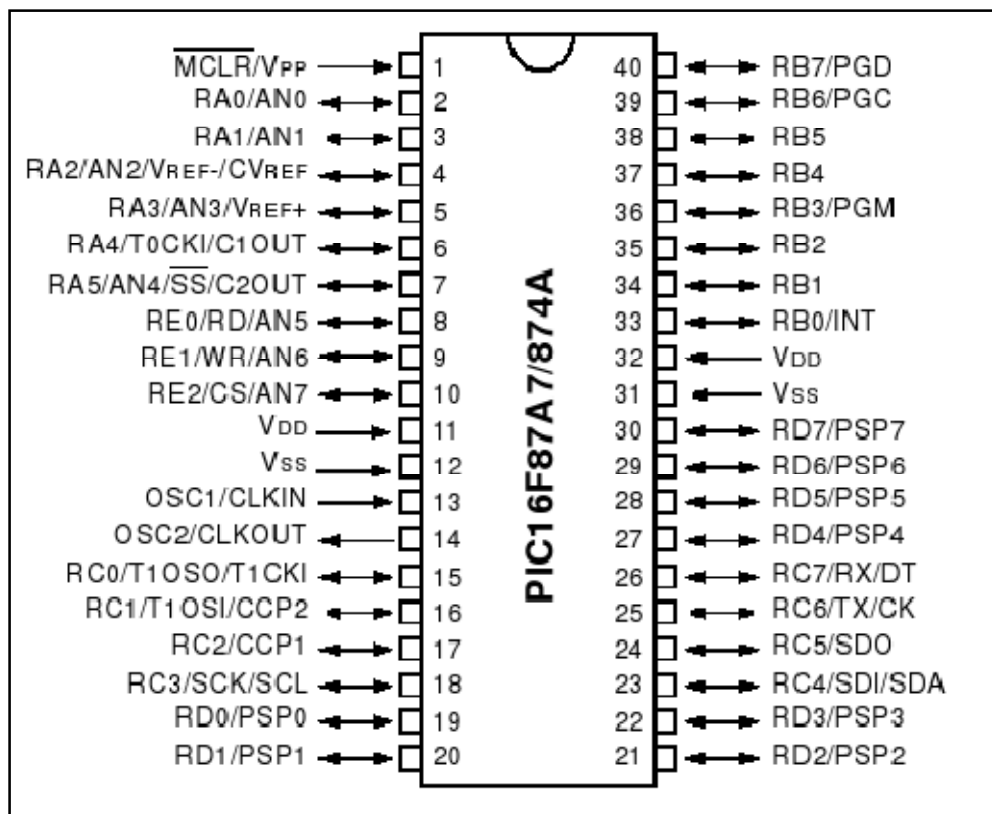


Figura 3.5 Microcontrolador PIC 16F877A

(Fonte: LAVINIA, 2003)

<sup>11</sup> TRIMPOT – Componente eletrônico ajustável. Disponível em < <http://www.ee.pucrs.br/~lep/componentes/resistores/>>. Acessado em 04/10/2007.

A escolha desse microcontrolador ocorreu devido à capacidade de converter um sinal de analógico em digital, à possibilidade de utilização de um oscilador de cristal externo de 4MHz, à facilidade para encontrá-lo no mercado brasileiro e à quantidade de pinos de entrada e saída que ele possui. Caso seja interessante, pode-se adicionar outros periféricos ao sistema,

Para o entendimento do significado da nomenclatura abordada na figura 3.5 e para a identificação de seus pinos, segue a tabela 3.1.

**Tabela 3.1 Nomenclatura dos pinos**

(Fonte: LAVINIA, 2003)

NOME DO PINO	Nº PINO	I/O/P	TIPO	DESCRIÇÃO
OSC1 / CLKIN	13	I	ST/CMOS	Entrada para cristal. Entrada para osciladores externos (híbridos ou RC).
OSC2 / CLKOUT	14	O	---x---	Saída para cristal. Os cristais ou ressoadores devem ser ligados aos pinos OSC1 OSC2. Saída com onda quadrada em ¼ da freqüência equivalente aos ciclos de máquina internos.
MCLR / Vpp	1	I/P	ST	Master Clear (reset)externo. O microcontrolador só funciona quando este pino encontra-se em nível alto. Entrada para tensão de programação (13V).
V <sub>SS</sub>	12/31	P	--x--	GND
V <sub>DD</sub>	11/32	P	--x--	Alimentação positiva.
RA0 / AN0	2	I/O	TTL	<b>PORTA</b> (I/Os digitais bidirecionais e sistema analógico): RA0: I/O digital ou entrada analógica AN0.
RA1 / AN1	3	I/O	TTL	RA1: I/O digital ou entrada analógica AN1.
RA2 / AN2 / V <sub>REF</sub> <sup>-</sup> / CV <sub>REF</sub>	4	I/O	TTL	RA2: I/O digital ou entrada analógica AN2 ou tensão negativa de referência analógica.
RA3 / AN3 / V <sub>REF</sub> <sup>+</sup>	5	I/O	TTL	RA3: I/O digital ou entrada analógica AN3 ou tensão positiva de referência analógica.
RA4 / T0CKI / C1OUT	6	I/O	ST	RA4: I/O digital (quando saída é open drain, isto é, não consegue impor nível alto) ou entrada externa do contador TMR0 ou saída do comparador 1.
RA5 / SS / AN4 / C2OUT	7	I/O	TTL	RA5: I/O digital ou entrada analógica AN4 ou habilitação externa (slave select) para comunicação SPI ou saída do comparador 2.

**Tabela 3.1 Nomenclatura dos pinos (continuação)**

(Fonte: LAVINIA, 2003)

NOME DO PINO	Nº PINO	I/O/P	TIPO	DESCRIÇÃO
RB0 / INT	33	I/O	TTL/ST	<p><b>PORTB</b> (I/Os digitais bidirecionais). Todos os pinos deste PORT possuem pull-up interno que podem ser ligados/desligados pelo software:</p> <p>RB0: I/O digital com interrupção externa.</p> <p>RB1: I/O digital.</p> <p>RB2: I/O digital.</p> <p>RB3: I/O digital ou entrada para programação em baixa tensão (5V).</p> <p>RB4: I/O digital com interrupção por mudança de estado.</p> <p>RB5: I/O digital com interrupção por mudança de estado.</p> <p>RB6: I/O digital com interrupção por mudança de estado ou clock da programação serial ou pino de <i>in-circuit debugger</i>.</p> <p>RB7: I/O digital com interrupção por mudança de estado ou data da programação serial ou pino de <i>in-circuit debugger</i>.</p>
RB1	34	I/O	TTL	
RB2	35	I/O	TTL	
RB3 / PGM	36		TTL	
RB4	37		TTL	
RB5	38		TTL	
RB6 / PGC	39		TTL/ST	
RB7 / PGD	40	I/O	TTL /ST	
RC0 / T1OSO / T1CKI	15	I/O	ST	<p><b>PORTC</b> (I/Os digitais bidirecionais)</p> <p>RC0: I/O digital ou saída do oscilador externo para TMR1 ou entrada de incremento para TMR1.</p> <p>RC1: I/O digital ou entrada do oscilador externo para TMR1 ou entrada do Capture2 ou saídas para Compare2/PWM2.</p> <p>RC2: I/O digital ou entrada do Capture1 ou saídas para Compare1/PWM1.</p> <p>RC3: I/O digital ou entrada/saída de clock para comunicação serial SPI/I<sup>2</sup>C.</p> <p>RC4: I/O digital ou entrada de dados para SPI ou via de dados (entrada/saída) para I<sup>2</sup>C.</p> <p>RC5: I/O digital ou saída de dados para SPI.</p> <p>RC6: I/O digital ou TX (transmissão) para comunicação USART assíncrona ou <i>clock</i> para comunicação síncrona.</p>
RC1 / T1OSI / CCP2	16	I/O	ST	
RC2 / CCP1	17	I/O	ST	
RC3 / SCK / SCL	18	I/O	ST	
RC4 / SDI / SDA	23	I/O	ST	
RC5 / SDO	24	I/O	ST	
RC6 / TX / CK	25	I/O	ST	

**Tabela 3.1 Nomenclatura dos pinos (continuação)**

(Fonte: LAVINIA, 2003)

NOME DO PINO	Nº PINO	I/O/P	TIPO	DESCRIÇÃO
RC7 / RX / DT	26	I/O	ST	RC7: I/O digital ou RX (recepção) para comunicação USART assíncrona ou <i>data</i> para comunicação síncrona.
RD0 / PSP0	19	I/O	TTL/ST	<b>PORTD</b> (I/O digitais bidirecionais) ou porta de comunicação paralela: RD0: I/O digital ou dados 0 (comunicação paralela). RD1: I/O digital ou dados 1 (comunicação paralela). RD2: I/O digital ou dados 2 (comunicação paralela). RD3: I/O digital ou dados 3 (comunicação paralela). RD4: I/O digital ou dados 4 (comunicação paralela). RD5: I/O digital ou dados 5 (comunicação paralela). RD6: I/O digital ou dados 6 (comunicação paralela). RD7: I/O digital ou dados 7 (comunicação paralela).
RD1 / PSP1	20	I/O	TTL/ST	
RD2 / PSP2	21	I/O	TTL/ST	
RD3 / PSP3	22	I/O	TTL/ST	
RD4 / PSP4	27	I/O	TTL/ST	
RD5 / PSP5	28	I/O	TTL/ST	
RD6 / PSP7	29	I/O	TTL/ST	
RD7 / PSP7	30	I/O	TTL/ST	
RE0 / RD / AN5	8	I/O	TTL/ST	<b>PORTE</b> (I/O digitais bidirecionais e sistema analógico): RE0: I/O digital ou controle de leitura da porta paralela ou entrada analógica AN5. RE1: I/O digital ou controle de leitura da porta paralela ou entrada analógica AN6. RE2: I/O digital ou habilitação externa da porta paralela ou entrada analógica AN7.
RE1 / WR / AN6	9	I/O	TTL/ST	
RE2 / CS / AN7	10	I/O	TTL/ST	

Legenda:

I = Input (entrada)

O = Output (saída)

I/O = Input/Output (entrada ou saída)

P = Power (alimentação)

- = Não utilizado

TTL = Entrada tipo TTL<sup>12</sup>

ST = Entrada tipo *Schmitt Trigger*<sup>13</sup>

<sup>12</sup> TTL - *Transistor-Transistor Logic* é uma classe de circuitos digitais constituído de transistores de junta bipolar (BJT) e resistores. Conhecido por *lógica transistor-transistor*, pois ocorrem ambas as funções na porta lógica e de amplificação pelos transistores. Disponível em <<http://www.eletrica.ufpr.br/piazza/materiais/Rodrigo&Samuel.pdf>>. Acessado em 12/12/2007.

<sup>13</sup> Schmitt Trigger - é um circuito comparador incorporado de realimentação positiva. Disponível em <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/schmitt.html>>. Acessado em 12/12/2007.

### **3.2.1 Circuito eletrônico com o PIC16F877A**

Na figura 3.6 é exibido o circuito eletrônico completo, com a ligação desde o microfone de eletreto, passando pelo amplificador, ligando ao microcontrolador e finalizando na porta serial. Entre o microcontrolador e a porta serial existe um *driver* (ST232) que foi utilizado para a comunicação serial. A utilidade deste *driver* é adequar às tensões com que o microcontrolador e o padrão serial operam. Quando o microcontrolador transmite ou recebe, seus bits (1 e 0) são de 5 e 0 volts respectivamente, enquanto que o padrão serial utiliza +12 e -12 volts e portanto o *driver* converte as tensões do microcontrolador e da interface serial utilizadas nesse projeto.

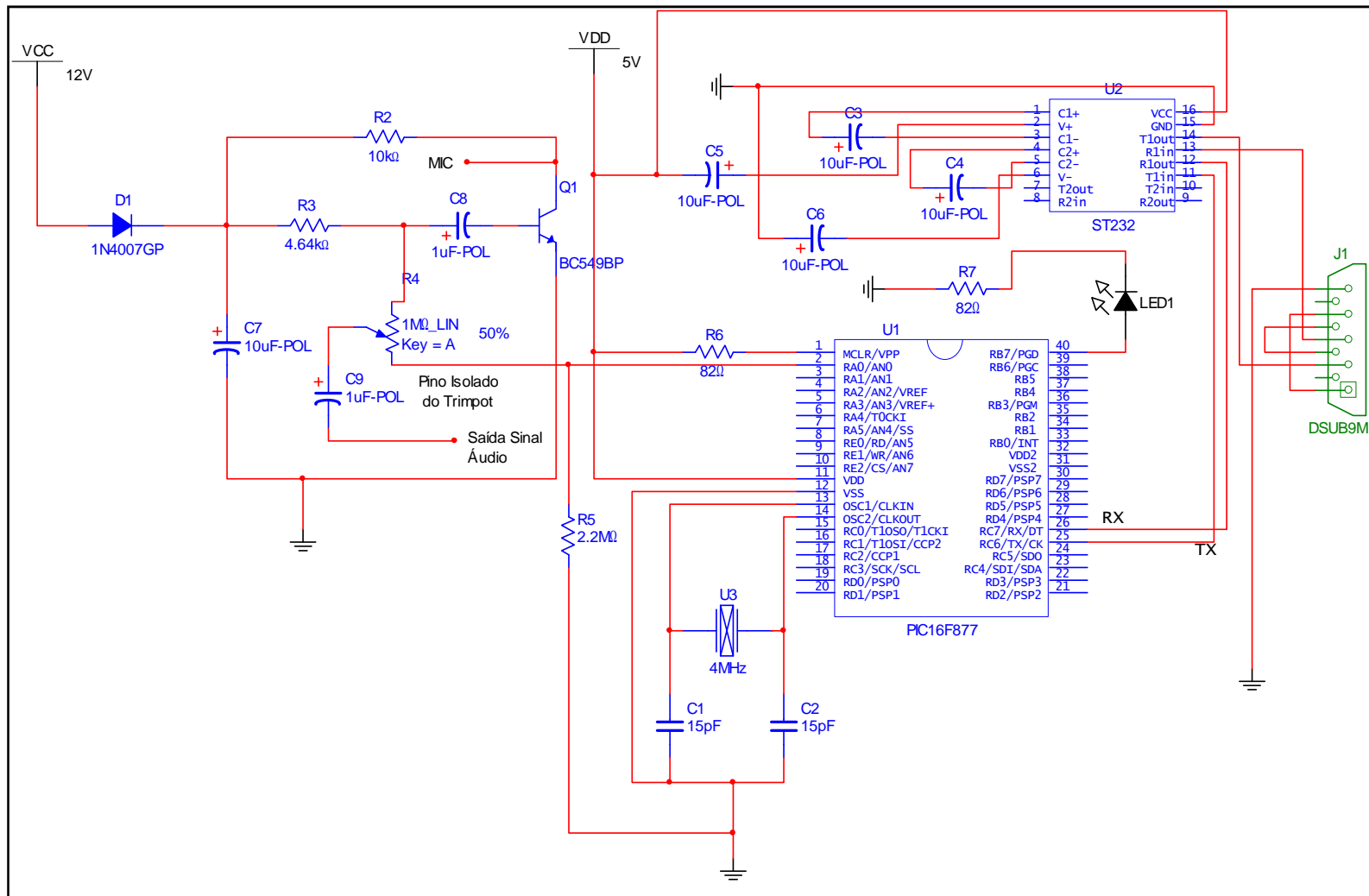


Figura 3.6 Circuito eletrônico completo  
(Fonte: O Autor)

### **3.3 Celular**

O celular utilizado no circuito é de baixo valor comercial não onerando o custo final do projeto e tornando viável sua implementação. O aparelho utilizado neste projeto é o de marca SIEMENS modelo C35i, conforme pode ser visualizado na figura 3.7.



**Figura 3.7 Celular utilizado no projeto marca Siemens modelo C35i**

**Fonte: O autor**

Este celular é um aparelho GSM que pode ser operado remotamente via cabo serial como pode ser visualizado na figura 3.8.



**Figura 3.8 Cabo serial do C35i**

**(Fonte: O autor)**

### 3.3.1 Comunicação serial com o celular

Uma das principais dificuldades encontradas neste projeto foi a comunicação serial com o celular devido à disposição de sua *pinagem*. Essa dificuldade será abordada no próximo capítulo. Na figura 3.9 é demonstrada a pinagem do celular e a especificação de cada pino pode ser apreciada na tabela 3.2.



*Figura 3.9 Pinagem cabo serial  
(Fonte: O autor)*

*Tabela 3.2 Descrição da pinagem do cabo serial  
(Fonte: SANTANA, 2007)*

PINO	NOME	DESCRIÇÃO
1	GND	Terra
2	SELF-SERVICE	Controle de carga de bateria
3	LOAD	Tensão de carga
4	BATTERY	Bateria
5	DATA OUT- TX	Envia dados
6	DATA IN – RX	Recebe dados
7	Z_CLK	Linha de clock para comunicação com acessórios
8	Z_DATA	Linha de dados para comunicação com acessórios
9	MICG	Terra do microfone
10	MIC	Entrada do microfone
11	AUD	Saída de áudio
12	AUDG	Terra do áudio

Nada impede a utilização de outro aparelho celular, para isso faz-se necessário obter o conhecimento da pinagem do cabo serial e um manual de referência para comandos *AT* que inclua o celular desejado.

### **3.4 Programação**

Inicialmente os testes realizados neste projeto ocorreram por intermédio do software *hyperterminal*, que é nativo no *Sistema Operacional Microsoft Windows*.

#### **3.4.1 Software de desenvolvimento do projeto**

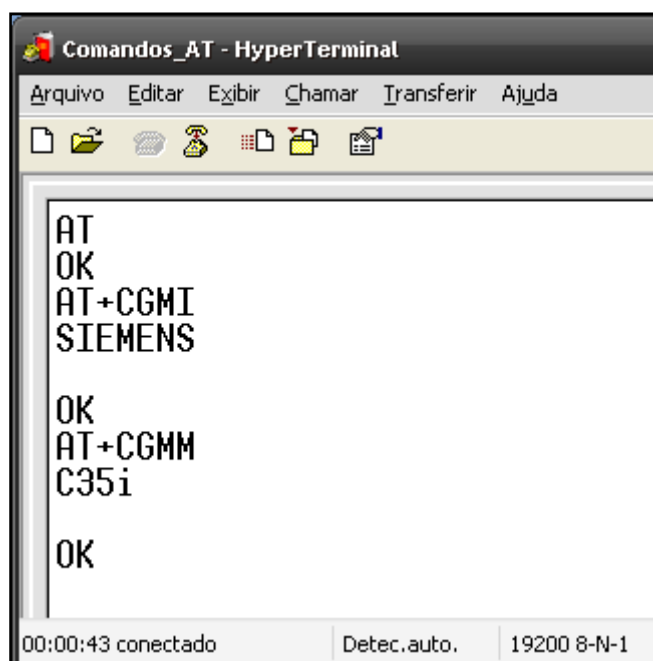
A ferramenta utilizada para o desenvolvimento do projeto foi o *MPLAB* (figura 3.10), essa ferramenta é um software gratuito, que pode ser “baixado” diretamente do site da *Microchip* ([www.microchip.com](http://www.microchip.com)) atualmente na versão 8.00 possui nativamente a linguagem de programação *Assembly*, porém para a utilização da linguagem “C” utilizada nesse projeto, foi necessária utilização de um software compatível com o *MPLAB*, o software escolhido para fazer essa integração entre o *MPLAB* e a linguagem “C” foi o *PCWH COMPILER*, na versão 3.42.0.10, desenvolvido pela *Custom Computer Services, Inc*.



**Figura 3.10 Software MPLAB**  
(Fonte: MICROCHIP)

### 3.4.2 Testes executados com os comandos AT

O controle do celular Siemens C35i é todo executado através dos comandos *AT*, pois o aparelho citado possui um modem interno padrão V.25, onde a maioria dos comandos deve ser iniciada com a *string* “AT+” e finalizada com “<CR>” (*Carriage Return*). Caso o comando seja recebido com êxito pelo celular, logo irá retornar “OK”; caso contrário, irá retornar “ERROR”. A figura 3.11 demonstra alguns exemplos testados pelo autor.



```
Comandos_AT - HyperTerminal
Arquivo  Editar  Exibir  Chamar  Transferir  Ajuda
[Icons]
AT
OK
AT+CGMI
SIEMENS
OK
AT+CGMM
C35i
OK
00:00:43 conectado  Detec. auto.  19200 8-N-1
```

**Figura 3.11 Exemplos de comandos AT executados no HyperTerminal**  
(Fonte: O autor)

Analisando a figura 3.11, percebe-se que ao digitar “AT” puro, o comando retornou um OK significando que a comunicação estava estabelecida.

Ao digitar “AT+CGMI” (solicita o nome do fabricante do celular), o comando retornou “SIEMENS” e em seguida “OK”.

Com “AT+CGMM” (que solicita o modelo do celular), o comando retornou “C35i” e em seguida também retorna “OK”.

Como o objetivo deste projeto é o envio de um chamado que informará a detecção de som no interior do veículo, logo o comando “AT” a ser utilizado e implementado no microcontrolador será:

(1) ATD>909081549457

Conforme disposto na tabela 2.2 desta monografia o comando “ATD número do celular” disca automaticamente o número especificado. No caso exemplificado, o 9090 (para chamadas a cobrar) foi utilizado para que, mesmo o celular não possuindo crédito, irá fazer o chamado.

Para mais informações dos comandos “AT” basta consultar o manual de referência para celulares da Siemens disposto no anexo deste projeto.

O tema principal deste capítulo consiste em explicar de uma forma resumida o “*passo a passo*” utilizado pelo autor para chegar a seus resultados, passando pela escolha do transdutor utilizado no projeto até a comunicação entre o microcontrolador e o celular. No próximo capítulo serão abordadas algumas dificuldades que ocorreram bem como alguns testes realizados e resultados obtidos no decorrer deste projeto.

## 4 RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1 Testes realizados

O principal teste realizado foi à monitoração da tensão no conversor analógico digital. Dessa forma, foi possível definir os limites em que o alarme dispararia e ficaria em espera. O código fonte mencionado para esse teste está descrito no apêndice 2 desta monografia.

Os valores impressos (figura 4.1) na porta serial, foram lidos através do software *HyperTerminal* que é nativo no *Sistema Operacional Windows*.

Para obter a tensão no A/D basta aplicar a seguinte equação:

$$\text{Tensão no A/D} = \frac{5000 \times \text{valor lido}}{1024} \quad (4.1)$$

Onde:

- 5000 seria o valor referente a 5 Volts;
- 1024 valor em bits referente a  $2^n$  no conversor A/D de 10 bits;
- Valor lido referente a tensão que varia na entrada do conversor A/D 0 quando a entrada possuir 0 Volts e quando o A/D resultar em 1024 a entrada é equivalente a 5 Volts. (LAVINIA, 2003)

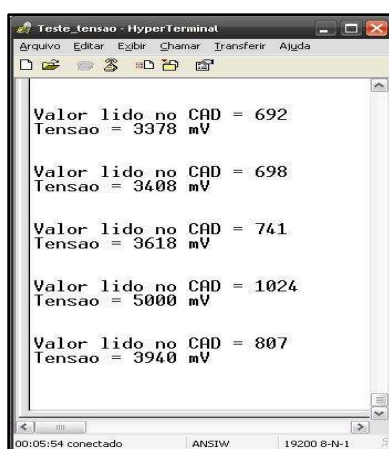
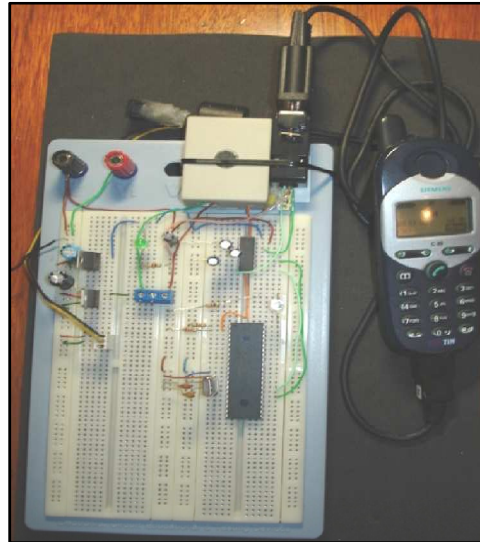


Figura 4.1 Testes de tensão no conversor A/D

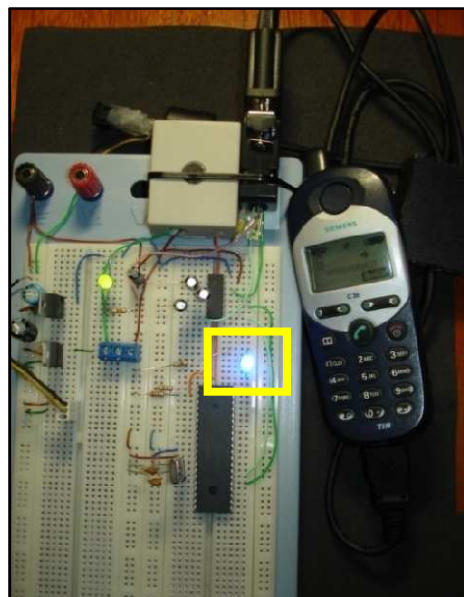
(Fonte: O autor)

Na figura 4.2 mostra o protótipo antes de uma detecção de um evento sonoro.



**Figura 4.2 Antes da detecção do evento sonoro**  
(Fonte: O autor)

Na figura 4.3 mostra o momento em que o transdutor detecta um evento sonoro e envia o chamado para o proprietário do veículo, destaque para o led azul que indica o chamado sendo efetuado.



**Figura 4.3 Após a da detecção do evento sonoro**  
(Fonte: O autor)

Na figura 4.4 mostra o teste realizado com os dois celulares, sendo que o primeiro ficará no interior do veículo e o segundo com o proprietário.



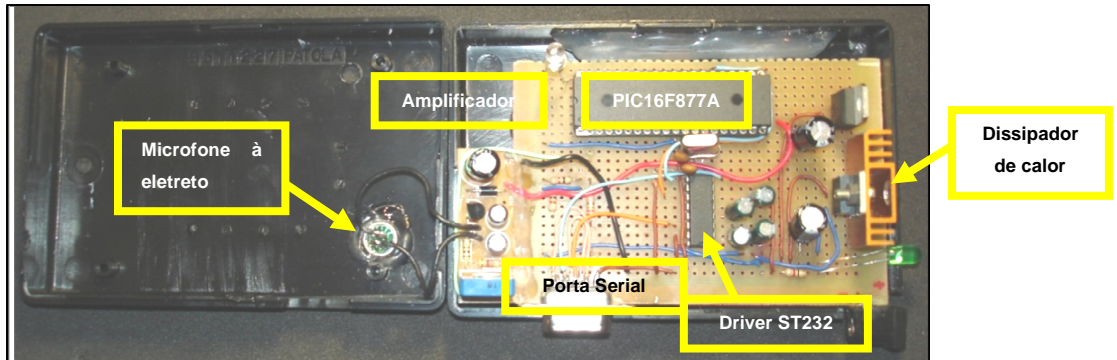
**Figura 4.4** Teste realizado com os dois celulares  
(Fonte: O autor)

Na figura 4.5 mostra o protótipo montado com o celular que ficará instalado no interior do veículo.



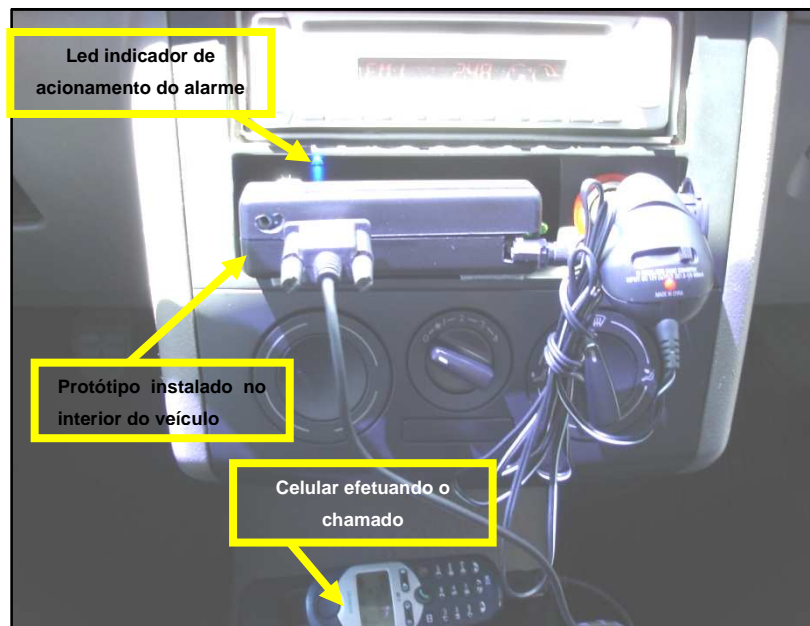
**Figura 4.5** Protótipo montado com o celular  
(Fonte: O autor)

Na figura 4.6 mostra o protótipo aberto com seus principais componentes. Note que foi necessária a instalação de um dissipador de calor uma vez que o transistor 7805 regulador de tensão de 5 Volts estava apresentando uma temperatura muito elevada e após sua instalação essa temperatura reduziu consideravelmente.



**Figura 4.6 Visão interior do protótipo**  
(Fonte: O autor)

Na figura 4.7 mostra o protótipo instalado no interior do veículo. Note que ao ser provocado um evento sonoro através do aparelho de som do próprio veículo, o alarme disparou como pode ser observado com o led indicador.



**Figura 4.7 Protótipo instalado e testado no interior do veículo**  
(Fonte: O autor)

Dessa forma, o projeto aqui abordado é capaz de captar som não só no interior de automóveis como em qualquer ambiente cujo objetivo seja captar o controle de áudio.

## **4.2 Dificuldades encontradas**

### **4.2.1 Sensor ultra-sônico**

Inicialmente, seria utilizado um sensor ultra-sônico conforme apresentado na figura 4.8. Porém, através de pesquisas realizadas e consultas a professores do UniCEUB, acerca desse sensor, concluiu-se que esse tipo de componente não atenderia ao problema inicialmente proposto, uma vez que, sua frequência de operação é bem superior à da voz humana. Dessa forma, o equipamento que foi utilizado e que operava em frequências audíveis foi o transdutor eletroacústico de eletreto.



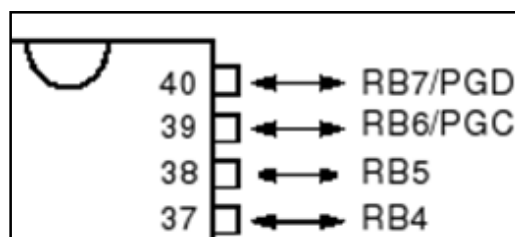
**Figura 4.8 Sensor Ultra-Sônico**  
(Fonte: SICK, 2007)

#### 4.2.2 Interrupção por mudança de estado

É um evento externo ao programa, que provoca a parada da sua execução. É feita a verificação e o tratamento do referido evento. As interrupções são causadas por eventos assíncronos (podem ocorrer a qualquer momento). Este desvio tem como destino o vetor de interrupção que em seguida retorna ao programa do ponto em que havia sido interrompido. (BARBEIRO, 2007) e (PEREIRA, 2002)

Como se tratava de captação de som ambiente, ou seja, de geração de um sinal analógico, logo o projeto foi voltado para essa conversão. O fato que ocorreu foi que, ao pesquisar sobre o conversor analógico digital existente também no PIC 16F877A, o mesmo se encaixaria perfeitamente no projeto em questão, uma vez que o *CAD* possui a capacidade de realizar leitura de grandezas analógicas do mundo exterior e converter a grandeza em um nível de tensão proporcional, para isso ele converte a tensão analógica em um número binário, proporcional à tensão analógica.

Na figura 4.9 é demonstrada a pinagem responsáveis pela interrupção por mudança de estado do microcontrolador *PIC 16F877A*.

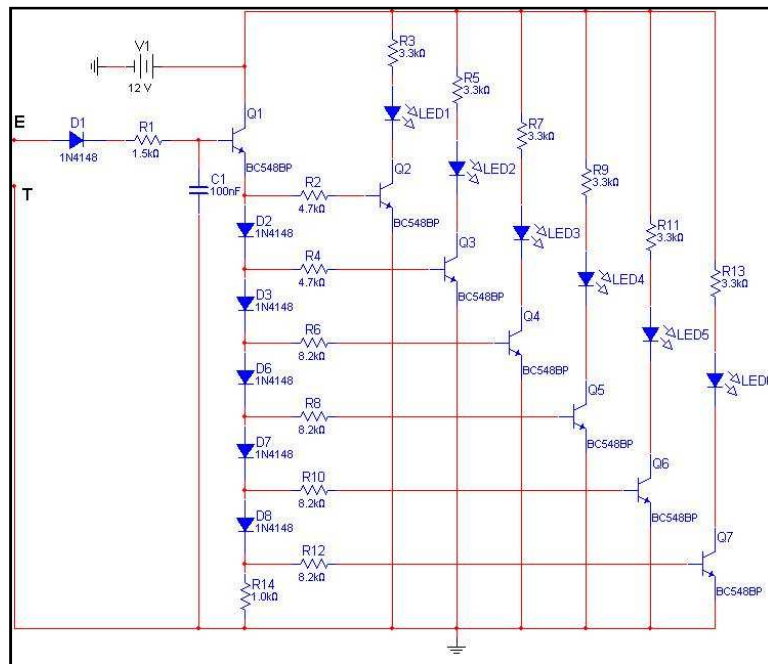


**Figura 4.9** Portas do microcontrolador que representam interrupção por mudança de estado

(Fonte: O autor)

### 4.2.3 VU de leds

Para gerar a interrupção por mudança de estado seria utilizado um VU de LEDs<sup>14</sup> (figura 4.10) que é um sistema que mede as oscilações da saída de som, essa aferição é feita à medida que vão se acendendo os LEDs e com isso produz o efeito barra. Seria conectado na saída do amplificador de potência. Como esse VU é constituído por 6 LEDs e justamente quando o sexto LED acendesse, ocorreria a interrupção para o microcontrolador interpretá-la. Sua tensão de alimentação é de 12V e poderia ser obtida a partir da bateria do automóvel. A hipótese de se utilizar a VU foi descartada à medida que não seria mais utilizada a interrupção por mudança de estado.



**Figura 4.10 Circuito do VU de LEDs**  
(Fonte: O autor)

<sup>14</sup> LED – Diodo Emissor de Luz. STRINGFELLOW, G. B.; CRAFTON, M. George. High Brightness Light Emitting Diodes. Treatise Editors : WILLARDSON, R. K. and WEBER, Eicke R. San Diego – CA – USA: Academic Press, 15 jan 1997.

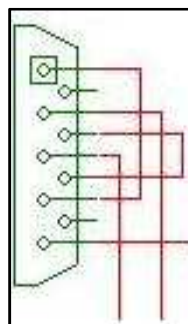
#### **4.2.4 Acopladores Ópticos / Relés**

O acoplador óptico seria responsável por realizar a conversão de energia elétrica para energia mecânica, ou seja, sua principal função seria a de receber um sinal elétrico do microcontrolador e fazer com que o botão “send” do celular fosse pressionado.

Seria bem provável que o autor utilizasse acopladores ópticos ou relés, que funcionariam com chaves no celular. Com o êxito obtido ao programar o celular utilizando os comandos “AT”, essa prática foi abandonada.

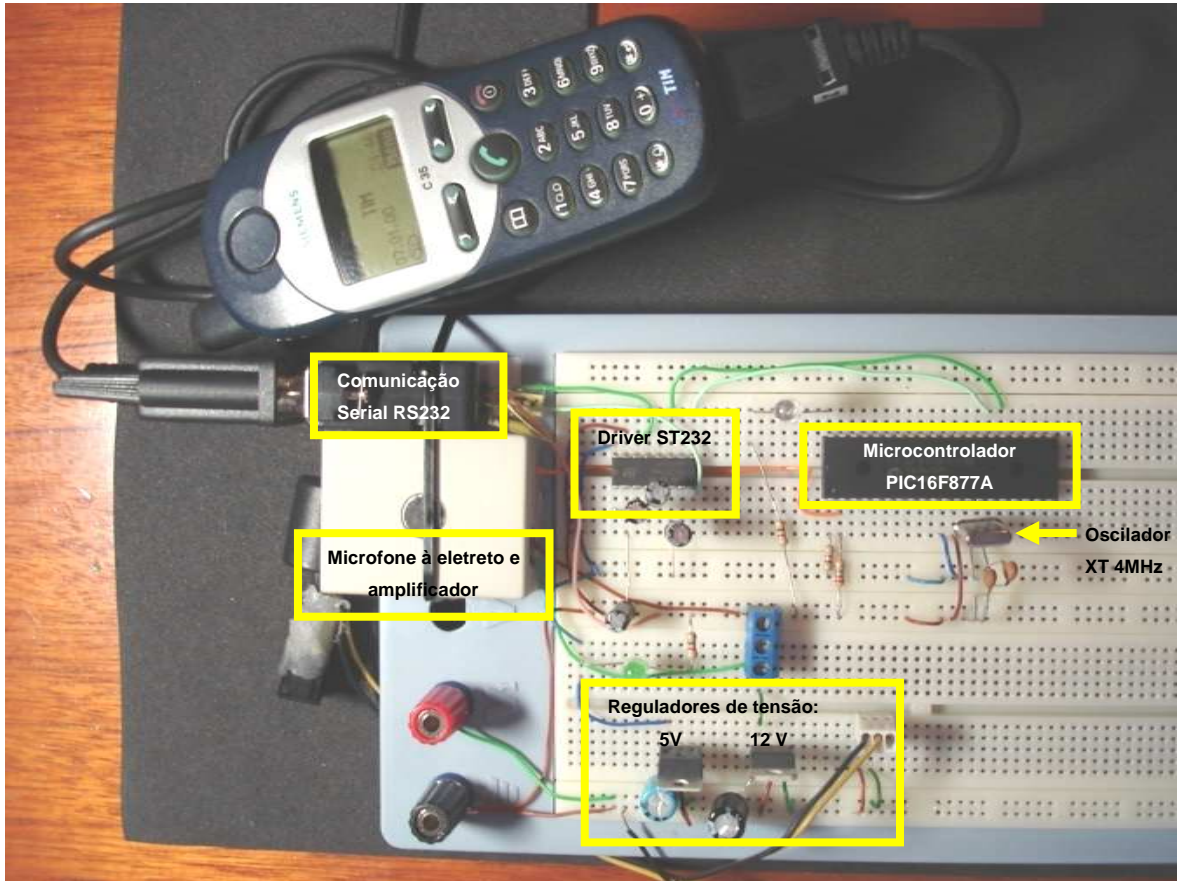
#### **4.2.5 Microcontrolador**

A comunicação serial entre o microcontrolador e o celular apresentou um nível muito grande de dificuldade, pois os livros consultados instruíam para “curto-circuitar” os pinos 7 com 8, 1 com 4 com 6 do conector DB9. Com o não funcionamento do circuito, optamos por pesquisar em monografias de anos anteriores de alunos que trataram da comunicação serial em conjunto com o microcontrolador. Em sua monografia de conclusão do curso de Engenharia de Computação, o Eng.º Bruno Santana sugeriu que deixasse o pino 6 do conector DB9 isolado e não em curto com o 1 e o 4 (figura 4.11) conforme orientavam as bibliografias pesquisadas.



**Figura 4.11 Comunicação serial no microcontrolador**  
(Fonte: O autor)

A figura 4.12 mostra a ligação física do circuito: microfone, amplificador, driver ST232, o microcontrolador além da comunicação com o celular.



**Figura 4.12 Circuito fisicamente montado**  
(Fonte: O autor)

Este capítulo abordou grande parte das dificuldades encontradas no desenvolvimento do projeto, bem como alguns testes realizados para se chegar a resultado satisfatório. O próximo capítulo é abordado algumas conclusões e apresentará algumas propostas para projetos futuros.

## 5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS FUTURAS

O dispositivo de segurança deixou de ser um acessório, e cada vez mais é considerado um item básico (e obrigatório) para os automóveis. Mesmo aqueles que já não saem da fábrica equipados, recebem o dispositivo posteriormente mediante aquisição e instalação providenciadas pelo proprietário.

O módulo desenvolvido apresenta uma grande vantagem para o proprietário de veículo, pois será alertado sempre que ocorrer alguma anormalidade no interior de seu veículo sem que o alarme dispare de forma ineficaz.

As informações encontradas para a implementação do protótipo utilizando a comunicação serial tornou de forma eficaz a conclusão do projeto.

O sistema ora desenvolvido conseguiu cumprir com sucesso a proposta e os objetivos apresentados à coordenação do curso de Engenharia da Computação no início do semestre.

O protótipo em questão é a parte central de um alarme automotivo integrado a aparelho celular, mas existem diversas melhorias que podem agregar valor ao produto. Algumas dessas melhorias estão descritas abaixo como sugestões para futuras pesquisas:

### ***5.1 Modularização dos sensores do alarme***

Considerando que o alarme desenvolvido dispara ao captar evento sonoro, entendemos que futuramente poderão ser utilizados novos tipos de sensores para dar ainda mais eficiência ao circuito, como por exemplo uma webcam ou um sensor a laser. Esses dispositivos, ao detectar um evento ou ao

ter seu sinal interrompido, respectivamente, acionarão o microcontrolador, programado para efetuar um chamado ou gerar um SMS, para o celular do proprietário.

## **5.2 Modularização do acionador do alarme**

O projeto desenvolvido já está considerando que o alarme atual do veículo já esteja ativado, o que pode ser desenvolvido também é um módulo de acionamento por controle remoto ou utilizando próprio celular (seja por ligações ou utilizando qualquer outra tecnologia de comunicação sem fio).

## **5.3 Modularização da bateria do alarme**

O projeto desenvolvido não prevê o “corte” da bateria do veículo, caso seja interrompido a alimentação pela bateria, o alarme não acionará e conseqüentemente o telefone não irá efetuar o chamado para o proprietário, o que pode ser desenvolvido é um módulo de baterias recarregáveis reserva que funcionariam caso houvesse o “corte” da bateria do veículo.

Este capítulo apresentou algumas conclusões acerca do projeto desenvolvido bem como algumas propostas futuras relacionadas ao mesmo tema. O próximo capítulo abordará as referências bibliográficas utilizadas para a elaboração deste projeto.

## REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

BARBEIRO, Tácio L. S. *Fundamentos e programação básica de microcontroladores PIC – módulo I. Disponível em: <[http://professores.unirp.edu.br/tacio/MDULOS/Curso\\_PIC\\_Modulo5.pdf](http://professores.unirp.edu.br/tacio/MDULOS/Curso_PIC_Modulo5.pdf)>* Acesso em: 04 nov. 2007.

COSTA, Paulo. *Palco principal - como funcionam os microfones?*. Disponível em: <[http://www.palcoprincipal.com/artigos/Artigo/como\\_funcionam\\_os\\_microfones](http://www.palcoprincipal.com/artigos/Artigo/como_funcionam_os_microfones)> Acesso em: 09 nov. 2007.

FERNANDES, João C. *jcandido*. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/bioengenharia/Bio05.doc>> Acesso em: 12 set. 2007.

LAVINIA, Nicolás C.; SOUZA, David J. *Conectando o PIC 16F877A: recursos avançados*. São Paulo: Érica, 2003.

MICROCHIP Technology Inc. Microchip Technology Inc. Disponível em: <<http://www.microchip.com>> acesso em: 11 dez. 2007.

MALVINO, Albert P. *Eletrônica*. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1995.

MOLINARI, Clóvis; ALVAREZ, Denise. *Luz, imagem e som: percepções do mundo a nossa volta*. Rio de Janeiro: SENAC, 1999.

NG, P. *Comandos e controles lógicos*. Disponível em: <<http://meusite.mackenzie.com.br/paulinong/ccl/ccl.html>> Acesso em: 28 ago. 2007.

PEREIRA, Fábio. *Microcontroladores PIC: programação em C..* São Paulo: Érica, 2003.

PEREIRA, Fábio. *Microcontroladores PIC: Técnicas Avançadas*. São Paulo: Érica, 2002.

SANTANA, Bruno M. *Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Computação do Centro Universitário de Brasília. Automação de Leitura e Medidores de Consumo de Energia*. Brasília, 2007. Orientador Prof. M.C. José Julimá Bezerra.

SANTIAGO, Renato B.. *Circuito Integrado LM386*. Disponível em: <<http://www.quartzo.dsgx.org/quartzo/electronica/artigos/lm386/lm386.html>> acesso em: 10 nov. 2007.

SICK Solução em sensores Ltda. *SICK - Produtos - sensores - sensores ultrassônicos*. SICK - Factory Automation - Products - Industrial Sensors - Ultrasonic Sensors. Disponível em: <<http://www.sick.com.br/home/factory/catalogues/industrial/ultrasonic/en.html>> acesso em: 19 ago. 2007.

SIEMENS. *Manual Reference AT Command Set*. [Online] [.] s35\_c35i\_m35i\_atc\_commandset\_v01. Disponível em: <[http://alumni.ipt.pt/~pmad/s35i\\_c35i\\_m35i\\_atc\\_commandset\\_v01.pdf](http://alumni.ipt.pt/~pmad/s35i_c35i_m35i_atc_commandset_v01.pdf)> acesso em: 20 ago. 2007.

SILVA JÚNIOR, Vidal Pereira da. *Microcontroladores*. São Paulo: Érica, 1988.

SOUZA, David José de. *Desbravando o PIC: ampliado e atualizado para PIC16F628A*. 8. ed. São Paulo: Érica, 2003.

STRANGIO, Christopher E.. *The RS232 Standard*. [.] <[http://www.camiresearch.com/Data\\_Com\\_Basics/RS232\\_standard.html](http://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS232_standard.html)> Acesso em: 09 nov de 2007.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. *Sensores industriais: fundamentos e aplicações*. São Paulo: Érica, 2005.

TOCCI, Ronald J.; AMBROSIO, Frank J. *Microprocessors and Microcomputers: Hardware and software*. 6. ed. Ohio: Prentice Hall, 2003.

ZANCO, Wagner da Silva. *Microcontroladores PIC 16F628A/648A: uma abordagem prática e objetiva*. São Paulo: Érica, 2005.

## APENDICE A – Código fonte para fazer o chamado

### *Código fonte: chamado entre o protótipo e o celular*

```
// Programa que envia o chamado para o proprietario do veiculo
//Arquivo chamado_banca_071210.c   Ivan Sampaio Nascimento

#include <16f877a.h>

//Define um CAD de 10Bits
#define adc=10

//Determina ao compilador que use um valor de
//4MHz para a freq clock do processador
#define use delay(clock=4000000)

//Diretiva dos estados dos fusíveis
//(XT Oscilador XT, NOWDT Watchdog desabilitado,
//PUT temporizador power-up ligado
#define fuses XT,NOWDT,PUT
#define use rs232(baud=19200, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, parity=n, bits=8)
#include <regs_16f87x.h>

void liga(){

//Seta PIN_B7 para 1
    output_high(PIN_B7);

//Envia chamado para o celular
    printf("ATD>909081549457");
```



```

//A/D interno p/ AN0=A
    setup_ADC_ports (RA0_analog);

//Configura conversor A/D interno
    setup_ADC (ADC_CLOCK_INTERNAL);

//Seleciona um canal de entrada para o módulo
//A/D interno
    set_adc_channel(0);

    while (true){
        valor = read_adc();
        if (valor) valor += 1;

//Convertendo essa equação para 32 bits para
//o cálculo correto do compilador
        val32 = valor *4 + ((int32)valor * 113)/128;

//650 representa 3,173 Volts aproximadamente
        if (valor > 650){

//Efetua o chamado para o celular do proprietário do veiculo
            //liga();
        }

// aguarda 250 ms
        delay_ms (250);
    }
}

```

## APENDICE B – Código fonte para o teste de tensão

### ***Código fonte: teste de tensão na entrada do CAD***

```
// Programa que envia testa a tensao no Conversor A/D
//Arquivo teste_tensao_banca_071210.c      Ivan Sampaio Nascimento

#include <16f877a.h>

//Define um CAD de 10Bits
#device adc=10

//Determina ao compilador que use um valor de
//4MHz para a freq clock do processador
#use delay(clock=4000000)

//Diretiva dos estados dos fusíveis
//(XT Oscilador XT, NOWDT Watchdog desabilitado,
//PUT temporizador power-up ligado
#fuses XT,NOWDT,PUT
#use rs232(baud=19200, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, parity=n, bits=8)
#include <regs_16f87x.h>

main(){
    long int valor;
    int32 val32;

//Configura as entradas analógicas do conversor
//A/D interno p/ AN0=A
    setup_ADC_ports (RA0_analog);
```

```

//Configura conversor A/D interno
    setup_ADC (ADC_CLOCK_INTERNAL);

//Seleciona um canal de entrada para o módulo
//A/D interno
    set_adc_channel(0);

    while (true){
        valor = read_adc();
        if (valor) valor += 1;

//Convertendo essa equação para 32 bits para
//o cálculo correto do compilador
        val32 = valor *4 + ((int32)valor * 113)/128;

//650 representa 3,173 Volts aproximadamente
        if (valor > 650){

            printf ("Valor lido no CAD = %lu\r\n", valor);
            printf ("Tensao = %lu mV\r\n\r\n", val32);

        }

// aguarda 250 ms
        delay_ms (250);
    }
}

```

# **ANEXOS**

***Datasheet Driver ST232***

***Manual Reference AT Command Set***

***Datasheet Microcontrolador PIC16F87XA***