



Centro Universitário de Brasília – UniCEUB  
Faculdade de Ciências Exatas e de Tecnologia – FAET  
Engenharia da Computação  
Saulo Tavares de Oliveira

# **TRANSMISSÃO DE MEDIDAS SEM FIO UTILIZANDO UM MICROCONTROLADOR 8051**

Brasília

2007

Centro Universitário de Brasília – UniCEUB  
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia – FAET  
Curso de Engenharia da Computação

# **TRANSMISSÃO DE MEDIDAS SEM FIO UTILIZANDO UM MICROCONTROLADOR 8051**

Por

Saulo Tavares de Oliveira  
20016350 – FAET – UniCEUB  
Projeto Final de Graduação

Prof. M.C. ***Maria Marony Sousa Farias Nascimento***  
Orientador

Brasília/DF, Dezembro de 2007

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

Brasília/DF, Dezembro de 2007

## **Dedicatória**

Aos meus pais, Didenôr e Doracy, por depositar em mim sua confiança durante todos estes anos.

À Andréia minha esposa, pelo amor, paciência e apoio na realização deste projeto.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por estar presente em todos os momentos da minha vida.

Aos meus queridos pais, Didenôr Pereira de Oliveira e Doracy Tavares de Oliveira, por sua compreensão, apoio fraterno e dedicação.

A minha querida esposa Andréia pelo grande incentivo e ajuda na realização deste sonho.

A todos os meus familiares e amigos que compartilharam comigo todos os momentos de alegria e tristezas.

Aos engenheiros e professores Maria Marony Sousa Farias Nascimento e Francisco Javier de Obaldia pela grande ajuda e contribuição que me prestaram, fundamentais para a realização e elaboração deste projeto.

Enfim, a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

## Resumo

Neste trabalho, é apresentada a proposta de um sistema de transferência de medidas sem fio, com baixo custo utilizando um microcontrolador da família 8051 bem como módulos de comunicação de rádio frequência, operando em UHF (Ultra Hight Frequency) com modulação FM (Frequency Modulation).

A transmissão de medidas à distância usando transmissão sem fio é um excelente mecanismo para se trabalhar com dados digitais sem a utilização de cabos ou fios, de forma a atender a locais de difícil acesso.

Para validação do sistema são realizadas medidas da temperatura de um ambiente, as quais serão enviadas a um computador remoto, sem fio, através de um módulo transmissor UHF (Ultra Hight Frequency). Para isso, utiliza-se um sensor de temperatura acoplado a um conversor A/D (Analogico/Digital) e a um encoder, que envia os dados de temperatura ao circuito de transmissão UHF (Ultra Hight Frequency). A recepção será feita por um módulo receptor UHF (Ultra Hight Frequency) acoplado a um decoder que por sua vez está conectado a um microcontrolador 8051 estando este ligado à porta serial do computador onde os dados serão recebidos e armazenados para posterior utilização.

Palavras chave: **microcontrolador, rádio frequência.**

## **Abstract**

In this work, it presented a proposal for a system of transfer of wireless measures with low cost using a microcontroller family 8051 and modules for communication radio frequency, operating on UHF (Ultra Hight Frequency) with FM (Frequency Modulation) modulation.

The transmission of measures the distance using wireless transmission is an excellent mechanism to work with digital data without the use of cables or wires to suit the sites of difficult access.

For validation of the system are undertaken measures the temperature of an environment, which will be sent to a remote computer wireless a UHF (Ultra Hight Frequency) transmitter module. To do this, use is a temperature sensor attached to a converter A/D (Analog/Digital) and to a encoder, which sends data from temperature to the circuit of UHF (Ultra Hight Frequency) transmission. The reception will be undertaken by a UHF (Ultra Hight Frequency) receiver module coupled to a decoder which in turn are connected to a microcontroller 8051 with the serial port connected to the computer where the data will be received and stored for later use.

**Keywords: microcontroller, radio frequency.**

# Sumário

Dedicatória.....	IV
Agradecimentos .....	V
Resumo.....	VI
Abstract.....	VII
Sumário.....	VIII
Lista de Símbolos/Definições.....	X
Índice de Figuras.....	XI
Índice de Tabelas .....	XII
Lista de Trechos de Código.....	XIII
Introdução Geral .....	XIV
Motivação.....	XV
Objetivos do Projeto.....	XV
Sinopse dos Capítulos .....	XVI
Capítulo 1: Descrição do Projeto de Comunicação Sem Fio Entre Uma Estação Remota e Um Microcomputador Designado Estação Gerencial.....	17
1.1 Introdução .....	17
1.2 Visão Geral do Projeto.....	18
1.3 Estação Gerencial.....	19
1.3.1. O Protótipo.....	19
1.3.2. O Microcontrolador 80C552.....	20
1.3.3. Decoder HT658.....	20
1.3.4. Módulo Receptor UHF .....	21
1.4 Estação Remota.....	22
1.4.1 O Protótipo.....	22
1.4.2 O Sensor .....	22
1.4.3 O Amplificador Operacional .....	23
1.4.4 O Conversor A/D .....	23
1.4.5 Encoder.....	25
1.4.6 Módulo Transmissor UHF.....	25
Capítulo 2: Os Módulos de Transmissão de Dados Via Rádio Frequência, Antenas, Microcontrolador 80C552 e os Componentes Encoder e Decoder.....	26
2.1 Introdução .....	26
2.2 O Transmissor .....	27
2.3 O Receptor .....	30
2.4 A Antena .....	33
2.5 Encoder e Decoder .....	36
2.6 O Microcontrolador .....	38
Capítulo 3: Descrição e Apresentação dos Programas Desenvolvidos.....	40
3.1 Introdução .....	40
3.2 O Programa Gerencial do Computador .....	40
3.2.1 Comportamento do Sensor de Temperatura na Presença de Algumas Fontes de Calor .....	42
3.2.2 Configurações Necessárias Para o Funcionamento do Programa .....	44
3.3 O Programa do Microcontrolador .....	46
Capítulo 4: Resultados e Conclusões .....	49
Referências .....	50
Apêndice 1: Esquemas dos circuitos utilizados no projeto .....	52



Apêndice 2: Fotos dos Hardwares Desenvolvidos.....	55
Apêndice 3: Programa na Linguagem C Para o Microcontrolador.....	56
Apêndice 4: Programa em Linguagem Delphi Para a Estação Gerencial .....	58

## Lista de Símbolos/Definições

A/D	Analógico Digital
INTR	Interrupção
°C	Graus Celsius
RS232	Recommended Standard 232
RX	Receptor
TX	Transmissor
USB	Universal Serial Bus
LED	Light Emitting Diode
SBUF	Serial Data Buffer
SCON	Serial Control
UHF	Ultra High Frequency
RF	Rádio Frequência
FM	Frequency Modulation

## Índice de Figuras

Figura 1.1: Ondas de Rádio Frequência .....	17
Figura 1.2: Diagrama de Blocos Simplificado da Estação Remota .....	18
Figura 1.3: Diagrama de Blocos Simplificado da Estação Gerencial .....	19
Figura 1.3: Cabo Conversor USB/Serial .....	19
Figura 1.4: Microcontrolador 80C552 .....	20
Figura 1.5: Decoder HT658 .....	21
Figura 1.6: Módulo Receptor .....	21
Figura 1.7: Modelo da Estação Remota .....	22
Figura 1.8: Sensor de Temperatura LM35DZ .....	22
Figura 1.9: Amplificador Operacional LM358 .....	23
Figura 1.10: Conversor ADC0804 .....	24
Figura 1.11: Encoder HT640 .....	25
Figura 1.12: Módulo Transmissor UHF .....	25
Figura 2.1: Dimensões Físicas do Transmissor .....	28
Figura 2.2: Diagrama de Blocos do Funcionamento do Transmissor .....	29
Figura 2.3: Circuito de Teste do Transmissor .....	29
Figura 2.4: Dimensões Físicas do Receptor .....	30
Figura 2.5: Diagrama de Blocos de Funcionamento do Receptor .....	32
Figura 2.6: Circuito Padrão do Receptor .....	33
Figura 2.7: Antena Helicoidal .....	34
Figura 2.8: Antena Tipo Loop .....	35
Figura 2.9: Antenas Tipo Chicote .....	35
Figura 2.10: Layout dos Componentes HT640 e HT658 .....	37
Figura 2.11: Modulação dos Dados Através da Portadora de RF .....	38
Figura 3.1: Tela Inicial do Programa da Estação Gerencial .....	41
Figura 3.2: Layout do Gráfico .....	41
Figura 3.3: Gráfico Desenhado na Presença de Uma Fonte de Calor a 37,4976 °C .....	42
Figura 3.4: Gráfico Desenhado a Uma Temperatura Ambiente de 28,7091 °C .....	43
Figura 3.5: Gráfico Desenhado na Presença de Uma Fonte de Calor a 12,6945 °C .....	43
Figura 3.6: Tela de Configuração da Porta Serial .....	44
Figura 3.7: Salvar Dados Em Arquivo .....	45
Figura 3.8: Abre e Fecha Porta de Comunicação .....	45
Figura 3.9: Estrutura do Pacote de Dados Enviado Pelo Microcontrolador .....	47
Figura A1: Esquema Elétrico da Estação Gerencial .....	53
Figura A2: Esquema Elétrico da Estação Remota .....	54
Figura A3: Implementação da Estação Gerencial .....	55
Figura A4: Implementação da Estação Remota .....	55

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1: Descrição da Função dos Pinos do Módulo Transmissor.....	28
Tabela 2.2: Descrição da Função dos Pinos do Receptor.....	31
Tabela 2.3: Avaliação dos Tipos de Antena .....	34

## Lista de Trechos de Código

Trecho de Código 3.1: Parte do Código Que Trata a Configuração da Porta Serial..	47
Trecho de Código 3.2: Envia Dados ao Buffer de Transmissão.....	48

## Introdução Geral

A transmissão de dados em locais de difícil acesso, como locais remotos ou escarpados, vales ou áreas montanhosas onde não exista cabeamento prévio, sempre foi um grande desafio para projetistas, engenheiros ou técnicos em comunicação. Desta forma, a transmissão sem fio, proporciona uma solução para transmissão de dados sem a necessidade de fios e cabos, onde o seu meio de transmissão é o ar, no qual são emitidas tanto as ondas de rádio como a luz infravermelha, proporcionando uma maior mobilidade e liberdade de localização. Por isso, surge então a necessidade de se conhecer o espaço radioelétrico onde a rede sem fio atua (BATISTA, 2007).

Com o avanço da tecnologia, com a invenção do rádio, e da televisão a comunicação sem fio tem sido bastante difundida e popular em todas as camadas da sociedade.

Neste projeto, é apresentada uma proposta de um sistema de transmissão de medidas, sem fio, unidirecional, utilizando-se módulos de comunicação de rádio frequência, operando em UHF (Ultra High Frequency), como meio de transmissão de dados e um microcontrolador da família 8051.

O microcontrolador 80C552 da família 8051, possui uma entrada digital de 8 bits, que é utilizada para fazer a aquisição de dados provenientes do módulo receptor UHF (Ultra High Frequency). Esses dados serão recebidos pela porta serial do PC e tratados posteriormente.

## **Motivação**

Com o avanço das pesquisas e desenvolvimento na área tecnológica, freqüentemente novos equipamentos surgem proporcionando melhores e maiores opções de controle. Desta forma, vários dos equipamentos produzidos possibilitam a utilização ou manuseio dos mesmos de forma sem fio proporcionando uma maior mobilidade e adequação em locais de difícil acesso.

Diversos tipos de aplicações na área de eletrônica, robótica e automação podem ser beneficiadas com a comunicação digital sem fio. Desta forma, torna-se interessante desenvolver um sistema simples e de baixo custo utilizando materiais de fácil obtenção no mercado.

Além de ser uma tecnologia em ascensão no âmbito da pesquisa e novas descobertas o que possibilita a utilização de microcontroladores em sua composição.

Além do mais, ser possível a aplicação de conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia de Computação, visto que é um dos poucos que capacitam para o desenvolvimento de projetos que envolvem programação em conjunto com os conceitos de hardware.

## **Objetivos do Projeto**

- Desenvolver um sistema simples de transmissão de medidas utilizando um microcomputador portátil, um microcontrolador da família 8051 e módulos de transmissão de dados digitais por rádio freqüência.
- Medir e armazenar o valor de temperatura de um ambiente utilizando um sensor.
- Demonstrar a viabilidade da utilização de um sistema de transmissão de dados sem fio desenvolvido com baixo custo.
- Armazenar os resultados da entrada (temperatura) do sistema, durante um intervalo de tempo. Dessa forma, é possível, com o uso de programa desenvolvido em Delphi, analisar digitalmente e graficamente os resultados obtidos.
- Visualizar em um computador via software o valor medido da temperatura.

## **Sinopse dos Capítulos**

O capítulo 1 traz um breve relato a respeito da comunicação sem fio, descreve de uma forma geral o projeto proposto.

No capítulo 2 é ressaltada a composição do hardware, incluindo as interfaces do sistema bem como os circuitos elétricos e eletrônicos utilizados, traz informações a respeito das características gerais das estações remota e gerencial bem como dos módulos de comunicação via rádio frequência, ressaltando a estrutura interna tanto do transmissor quanto do receptor.

No capítulo 3 é apresentada uma explicação a respeito dos softwares desenvolvidos, suas principais funcionalidades. Trata do software que irá ser executado pela estação gerencial, incluído informações a respeito do funcionamento da comunicação serial do microcontrolador 80C552.

No capítulo 4 são mostradas as considerações finais, mostrando as dificuldades encontradas, os resultados obtidos, a conclusão e as sugestões para trabalhos futuros.



# Capítulo 1

## Descrição do Projeto de Comunicação Sem Fio Entre Uma Estação Remota e Um Microcomputador Designado Estação Gerencial.

### 1.1 Introdução

Embora as ondas de rádio sejam invisíveis e completamente indetectáveis pelos humanos, elas mudaram totalmente a sociedade. Não importa se estamos falando sobre um telefone celular, um telefone sem fio ou qualquer das outras várias tecnologias sem fio: todas elas usam ondas de rádio para comunicar. Por sua vez, os sinais de rádio frequência são sinais que se propagam por um condutor e são irradiados no ar através de uma antena. Na prática uma antena converte um sinal cabeado em um sinal wireless e vice-versa. Esses sinais são então irradiados no ar livre na forma de ondas de rádio e se propagam em linha reta e em todas as direções. Pode-se imaginar essas ondas como círculos concêntricos que aumentam o seu raio na medida que se afastam da antena conforme demonstrado na Figura 1.1 (BATISTA, 2007).

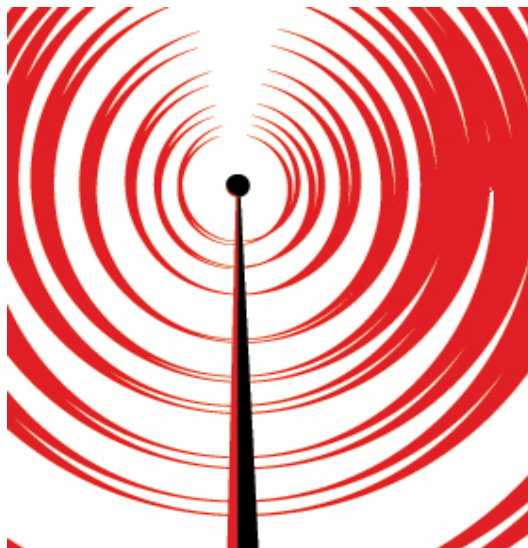


Figura 1.1: Ondas de Rádio Frequência

Para se implementar um sistema de transmissão de dados por ondas de rádio frequência necessitamos principalmente de módulos de rádio frequência responsáveis pela transmissão e recepção dos dados via ondas de rádio. No capítulo 2, são apresentadas as características dos módulos utilizados neste projeto dentre as quais destacamos o baixo consumo de corrente (entre 12 a 14 mA), bem como não apresentam complexidade em sua instalação (**RADIOMETRIX, 2002**).

Outro ponto importante é o microcontrolador utilizado, cujas características são apresentadas no capítulo 2. Faz-se necessária a utilização do mesmo uma vez que o sinal decodificado pelo decoder tratar-se uma seqüência binária de 8 bits (1 byte) enviados no formato paralelo sendo que o computador irá receber os dados no formato serial, ou seja, bit a bit.

## 1.2 Visão Geral do Projeto

O projeto propõe a recepção de dados digitais à distância, utilizando rádio frequência, entre um microcomputador pessoal denominado estação gerencial e uma plataforma de aquisição de dados, denominada estação remota, que transmitirá os dados ou informações oriundos de um equipamento qualquer no caso um sensor de temperatura. O projeto pode ser representado de forma geral pelos esquemas apresentados na Figura 1.2 e Figura 1.3.

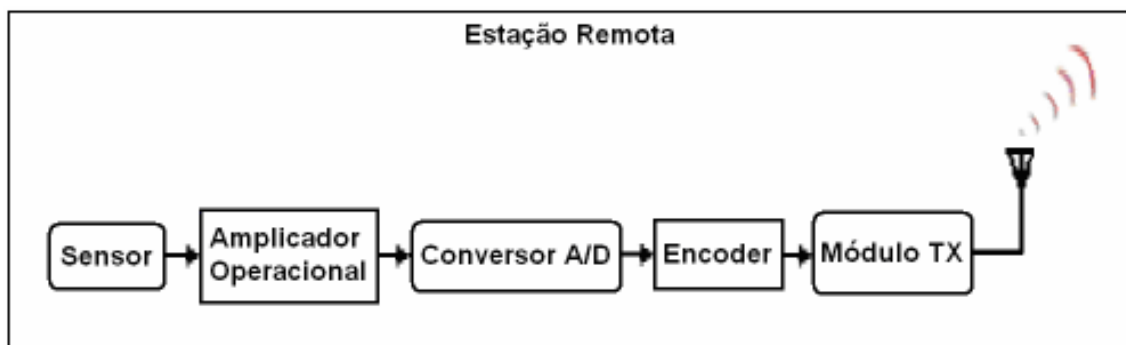


Figura 1.2: Diagrama de Blocos Simplificado da Estação Remota

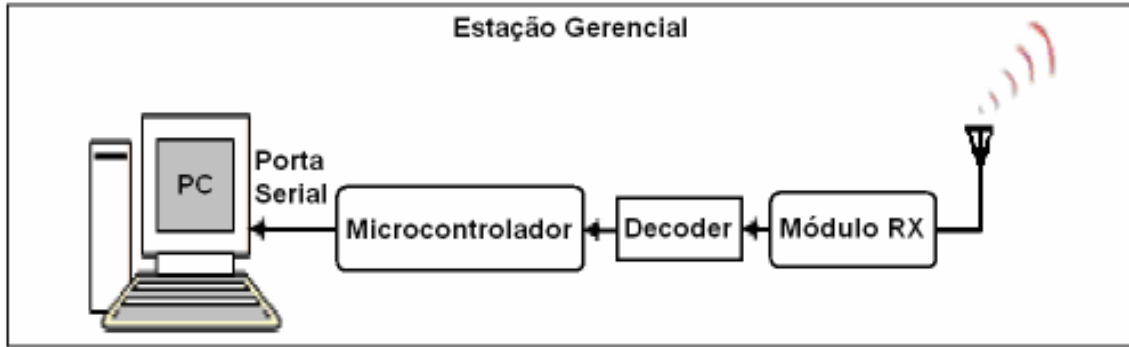


Figura 1.3: Diagrama de Blocos Simplificado da Estação Gerencial

## 1.3 Estação Gerencial

### 1.3.1. O Protótipo

A estação gerencial, como descrita anteriormente, nada mais é que um computador notebook com um médio poder de processamento, composto de alguns requisitos necessários para o funcionamento do projeto tais como um sistema operacional Windows, portando uma versão Windows XP Professional, espaço em disco rígido de 80 GB, um processador Centrino 1,66 GHz da empresa Intel, 1 GB de memória RAM e uma porta serial denominada COM1, um microcontrolador 80C552 da família de microcontroladores 8051, um componente decoder e um módulo receptor UHF (Ultra High Frequency).

Para a comunicação do computador ao microcontrolador 80C552 é utilizado um cabo conversor USB para o padrão RS232 interligando a saída serial do microcontrolador a porta USB do computador conforme Figura 1.3.



Figura 1.3: Cabo Conversor USB/Serial

### 1.3.2. O Microcontrolador 80C552

O microcontrolador 80C552 como qualquer outro microcontrolador da família 8051, nada mais é que um microcomputador implementado em um único circuito integrado, no qual estão integrados todas as unidades básicas de um computador (**GIMENEZ, 2002**). Sua importância se dá ao fato da necessidade de controlar e organizar os bits recebidos pelo componente encoder uma vez que estes estão no formato paralelo de 8bits e necessitam ser transmitidos ao computador no formato serial. Um maior detalhamento será apresentado no capítulo 2. O microcontrolador 80C552 pode ser observado na Figura 1.4.

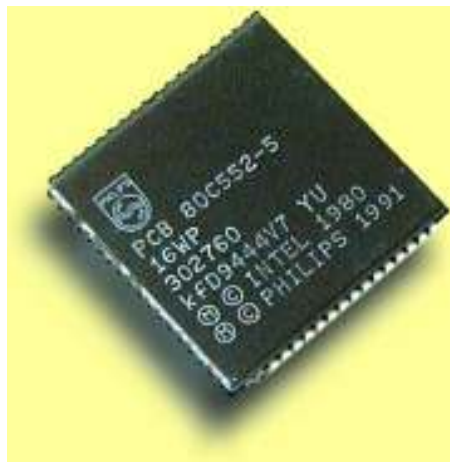


Figura 1.4: Microcontrolador 80C552

### 1.3.3. Decoder HT658

O componente decoder foi desenvolvido principalmente para se trabalhar com módulos de rádio frequência com a finalidade de decodificar, analisar e validar o sinal recebido pelo módulo receptor (**HOLTEK, 2002**). Dentre suas atribuições destacamos o fato de agir com a mesma função de um protocolo uma vez que o endereçamento dos dados pode ser configurado no mesmo. Um maior detalhamento será visto no capítulo 2. O mesmo pode ser observado na Figura 1.5.

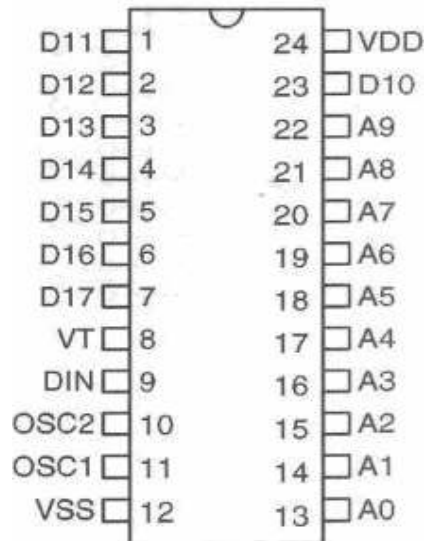


Figura 1.5: Decoder HT658

### 1.3.4. Módulo Receptor UHF

O módulo receptor UHF (Ultra High Frequency) é um hardware de tamanho miniaturizado, medindo 48 X 18 milímetros, responsável por receber os dados digitalizados pela estação remota e envia-los serialmente ao componente decoder. Mais detalhes são observados no capítulo 2.



Figura 1.6: Módulo Receptor

## 1.4 Estação Remota

### 1.4.1 O Protótipo

O protótipo da estação remota é composto por um sensor de temperatura, um amplificador operacional, um conversor A/D (Analogico/Digital) e um encoder ligado a um módulo transmissor de rádio frequência, conforme apresentado na Figura 1.7.

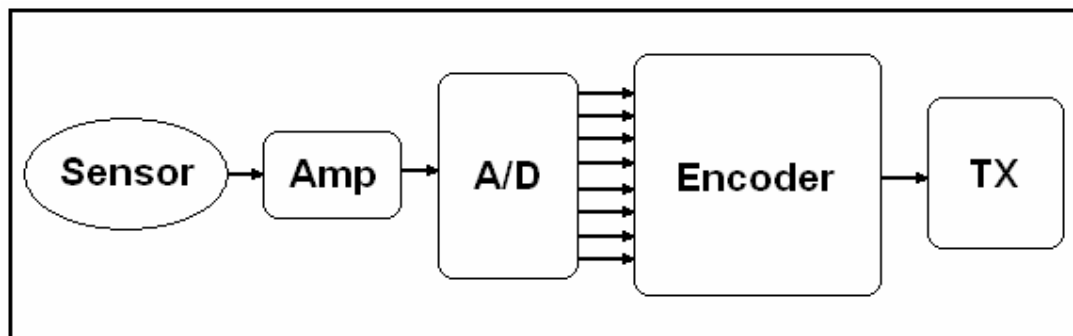


Figura 1.7: Modelo da Estação Remota

### 1.4.2 O Sensor

O sensor LM35DZ apresentado pela Figura 1.8, é um sensor analógico de temperatura, linear e de fácil manuseio, baixo custo, responsável por fazer a leitura da temperatura no ambiente em que se encontra e convertê-la em sinal de tensão, na razão de 10mV para cada 1°C. Sendo assim, em uma temperatura de 100°C este sensor apresenta em sua saída uma tensão de 1 V.



Figura 1.8: Sensor de Temperatura LM35DZ

### 1.4.3 O Amplificador Operacional

É um circuito integrado muito utilizado na eletrônica e que possui o termo operacional porque é usado para implementar as operações matemáticas de integração, diferenciação, adição, mudança de sinal e multiplicação por um fator constante. Além de ser usado em muitas outras aplicações, como por exemplo, em filtros. No projeto, a operação de multiplicação por um fator constante, é a aplicação utilizada.

Devido ao sinal de tensão de saída do sensor de temperatura LM35DZ ser bastante baixo para ser lido pelo conversor A/D (Analógico/Digital) que trabalha na faixa de tensão de 0 a 5V, faz-se necessário utilizar um amplificador operacional para amplificar a sua tensão de saída fornecendo uma tensão máxima de 5 volts para 50°C e no mínimo 0 volts para a temperatura de 0°C. O amplificador utilizado foi o LM358 representado na Figura 1.9 desenvolvido pela National Semiconductor.



Figura 1.9: Amplificador Operacional LM358

### 1.4.4 O Conversor A/D

Por se tratar de um sinal analógico enviado pelo sensor de temperatura, um conversor A/D (Analógico/Digital) é utilizado entre o amplificador operacional e o encoder para processar e converter o sinal analógico em um sinal digital de 8 bits (1 byte). De uma forma geral, os sinais são representados por funções contínuas no tempo, desta forma, para que se possa trabalhar com o sinal digital deve-se converter o sinal do tipo analógico em digital. Trabalhar com o sinal digital possui várias facilidades, pois sinais em sistemas digitais podem ser armazenados, tratados

e transmitidos com menor interferência a ruídos, assim como possibilita a implantação de sistemas controlados por software.

O conversor utilizado no projeto é o ADC0804 de 8 bits e que executa aproximações sucessivas para se chegar ao valor digital. Este tipo de conversor é muito utilizado pelo fato do tempo de conversão ser pequeno e não depender da entrada analógica. Sua resolução pode ser encontrada na Equação 1.1.

$$\text{Resolução} = \frac{5}{2^8} = \frac{5}{256} = 0,01953125$$

Equação 1.1: Cálculo da Resolução

A Equação 1.1 se deve ao fato do conversor possuir uma tensão máxima na entrada analógica de 5V e uma saída digital de 1 Byte. Dessa forma, a cada 0,01953125 V a saída digital irá mudar em um bit.

Na Figura 1.10 é mostrado o protótipo do conversor A/D (Analógico/Digital), o qual é formado pelo componente ADC0804, de 8 bits de resolução, que se comunica de forma paralela com um encoder. Este fornece níveis de tensão de 0V ou 5V ao encoder através dos pinos 11 ao 18 ou DB0 a DB7, representando níveis lógicos 0 e 1 respectivamente. Os bits 1 ao 3 e 5 são bits de controle.

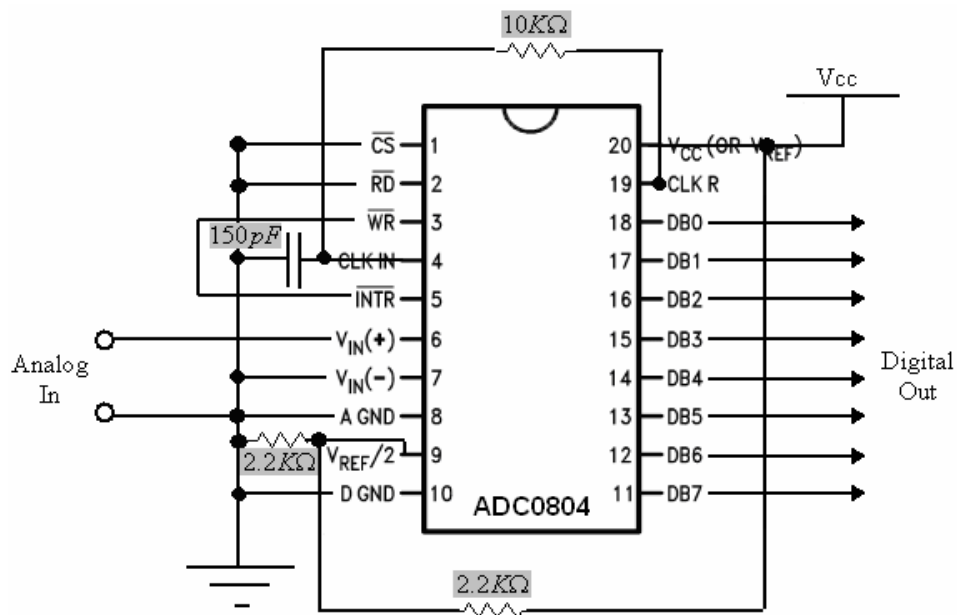


Figura 1.10: Conversor ADC0804



## 1.4.5 Encoder

O chip encoder apresentado na Figura 1.11 é um componente projetado para se trabalhar com sistemas que fazem uso de módulos de rádio frequência. Este, foi desenvolvido pela empresa Holteck Semicondutor para codificar e endereçar o sinal transmitido ao módulo receptor contido na estação remota (**HOLTEK, 2002**). Um maior detalhamento é apresentado no capítulo 2.

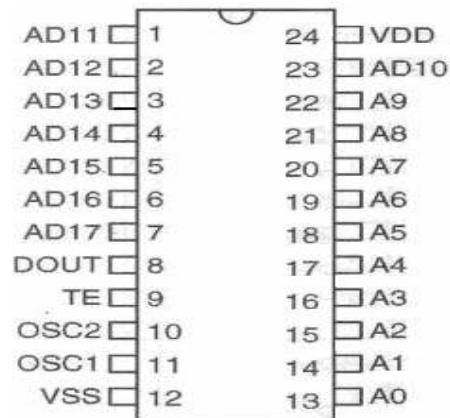


Figura 1.11: Encoder HT640

## 1.4.6 Módulo Transmissor UHF

O módulo transmissor UHF (Ultra High Frequency) apresentado na Figura 1.12 é um hardware de tamanho miniaturizado medindo 32 mm de comprimento por 12,5 mm de largura, responsável em transmitir os dados digitalizados do sensor de temperatura e enviá-los serialmente estação gerencial. Um maior detalhamento é apresentado no capítulo 2.



Figura 1.12: Módulo Transmissor UHF

## Capítulo 2

# Os Módulos de Transmissão de Dados Via Rádio Freqüência, Antenas, Microcontrolador 80C552 e os Componentes Encoder e Decoder.

### 2.1 Introdução

Neste capítulo, é abordada a parte mais importante do projeto, uma vez que o “coração” do projeto são os módulos de rádio freqüência.

Esses módulos transmitem a uma taxa de 160kb/s e seu alcance é de 75 metros em ambientes fechados e 300 metros em área externa. Opera na freqüência de 423,92 MHz. A modulação é do tipo FM (Frequency Modulation), menos vulnerável aos ruídos (**RADIOMETRIX, 2002**). Por se tratar de módulos pequenos e de alimentação baixa, são ideais para aplicações portáteis.

O receptor possui uma taxa de recepção de 160kbps e alimentação de 2V a 6V, consumindo uma corrente de 14mA quando está recebendo dados (**RADIOMETRIX, 2002**).

Neste projeto, é utilizado um par de módulos de comunicação sendo um transmissor (TX) e um receptor (RX), que se comunicam por meio de ondas de rádio, transmitindo os dados da estação remota à estação gerencial. Tais módulos, devem ser usados portando todos os valores de resistências, capacitores e outros componentes conforme orientações diretas do manual de utilização do equipamento (**RADIOMETRIX, 2002**).

Os módulos de comunicação foram desenvolvidos especialmente para aplicações de controle à distância com a ausência de fios ou cabos de comunicação que envolva transferência e aquisições de dados como é o caso deste projeto.

Uma parte importante na implementação dos módulos de comunicação é a escolha do tipo de antena que atenda à necessidade da aplicação. Nessa escolha, deve ser levado em consideração o ambiente em que será utilizado o equipamento, o nível de ruído do ambiente, o alcance necessário para o sucesso da comunicação

e necessário para a aplicação (**RADIOMETRIX, 2002**). Outros detalhes serão apresentados mais adiante na seção 2.4.

Além do mais, faz-se necessário à utilização dos componentes encoder e decoder, uma vez que os dados transmitidos via rádio frequência precisam ser endereçados e validados em seu recebimento garantindo assim, sua integridade.

Por sua vez, os microcontroladores da família 8051 são excelentes ferramentas dentre a suas infinidades de aplicações que possibilitam a criação de projetos de automação e controle que necessitam trabalhar com aquisição e transferência de dados. Embora, existam tantos outros controladores com as mesmas funções, o microcontrolador 8051 é um dos mais populares e para o qual observamos o contínuo desenvolvimento de versões com novas funções.

## **2.2 O Transmissor**

É o componente do projeto responsável pela transmissão dos dados recebidos do sensor de temperatura utilizando ondas de rádio operando na faixa de frequência 418MHz, para o meio externo ao sistema. O transmissor utiliza modulação por frequência (FM) para converter os sinais digitais do sensor em sinais de rádio. Sua tensão de operação está entre 2,2V e 6,0V, dependendo da versão do transmissor. Neste projeto, o módulo TX (transmissor) opera entre 4,0V e 6,0V e se seu consumo é de 12mA (**RADIOMETRIX, 2002**).

Na Figura 2.1, é apresentada a dimensão física do transmissor e a especificação técnica de seus pinos. Dos cinco pinos existentes os mais importantes, do ponto de vista da transmissão de dados, são os pinos 2 e 5, respectivamente a saída para a antena e a porta de entrada de dados. Os outros pinos estão ligados à alimentação do componente.

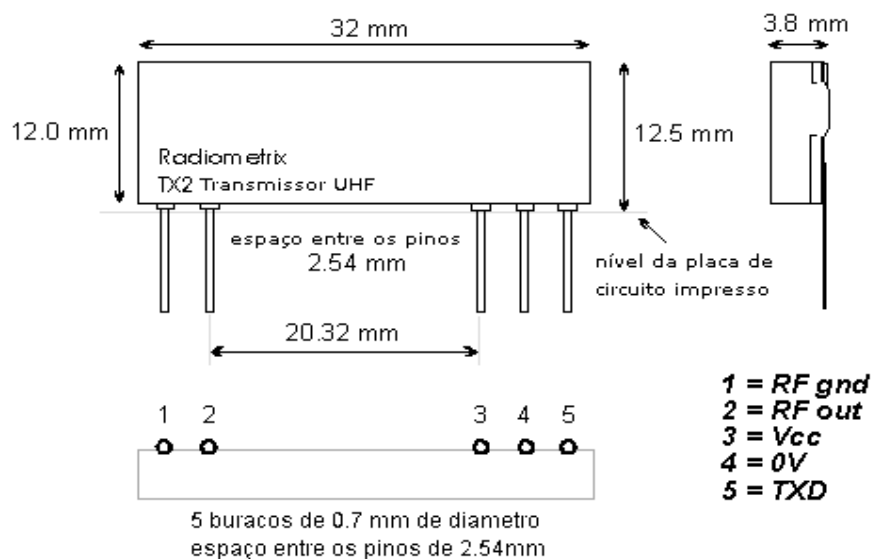


Figura 2.1: Dimensões Físicas do Transmissor

A tabela 2.1, descreve a função de cada um dos pinos do módulo transmissor.

Tabela 2.1: Descrição da Função dos Pinos do Módulo Transmissor

Número do Pino	Nome	Descrição
1	RF GND	Terra RF
2	RF OUT	Saída RF de 50Ω para a antena. Isolado internamente.
3	VCC	Pino de alimentação do transmissor. O módulo irá gerar RF quando a alimentação estiver presente. Sugere-se a adição de um capacitor cerâmico de desacoplamento de 100nF.
4	0V	Conexão com o terra do sistema.
5	TXD	Entrada de dados, aceita dados seriais digitais, respeitando os níveis de tensão de 0V à VCC ou sinais lineares de alto nível. Impedância de entrada de 100kΩ.

Na Figura 2.2 é mostrado um esquema de como funciona a modulação dos dados. O sinal digital que entra pelo TXD, pino 5, passa por um filtro passa-baixa de 100kHz de segunda ordem, para filtrar o sinal vindo do exterior. Em seguida, é acoplado a um oscilador estabilizado, passa por um *buffer* e, em seguida, o sinal é tratado por um filtro passa-banda de 418MHz. Depois o sinal é enviado pela saída RF OUT, pino 2, que está ligado a uma antena.

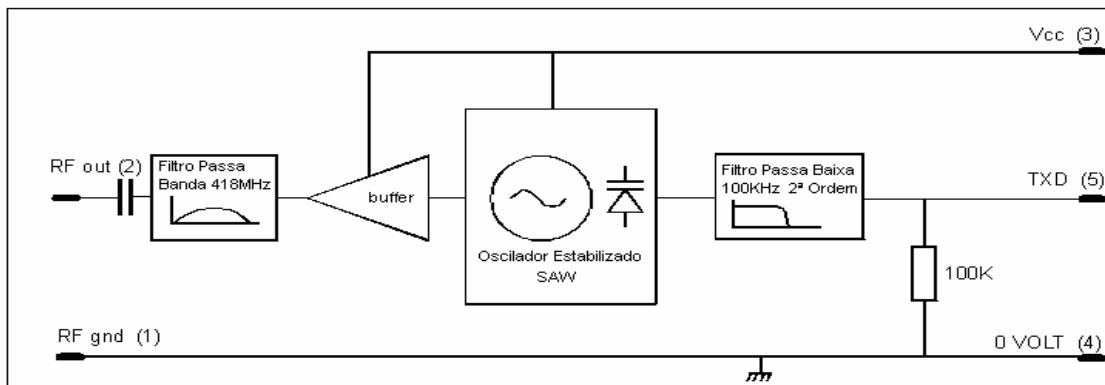


Figura 2.2: Diagrama de Blocos do Funcionamento do Transmissor

A montagem básica para a operação do transmissor é apresentada na Figura 2.3. Os pinos 1 e 4 são ligados diretamente ao terra do sistema (*GND*). O pino 2 se conecta à antena do transmissor de valor de  $50\Omega$ . O pino 3, que recebe a alimentação do sistema, deve ter um capacitor de acoplamento de  $100\text{nF}$  (**RADIOMETRIX, 2002**). Já o pino 5 pode ser ligado diretamente à fonte de emissão de dados (estação remota).

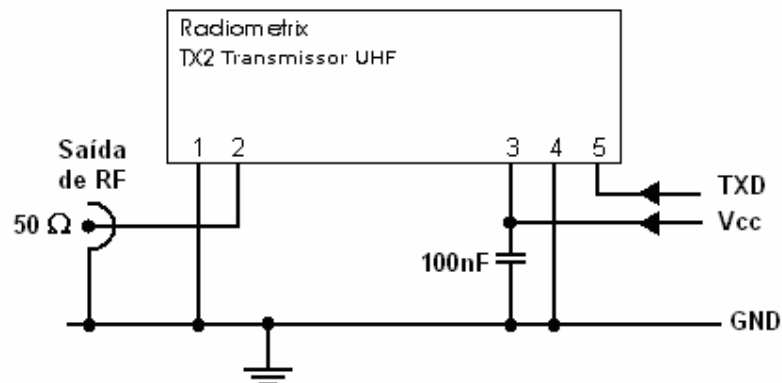


Figura 2.3: Circuito de Teste do Transmissor

## 2.3 O Receptor

O receptor é o componente que está ligado à estação gerencial do sistema, trabalha na mesma frequência do transmissor e capta os dados provenientes do meio externo enviadas por ondas de rádio na faixa de frequência de UHF (Ultra High Frequency). Opera em tensões entre 3V a 6,0V, dependendo da versão, e seu consumo é de 14mA. É capaz de receber informações a uma taxa de 160kb/s (RADIOMETRIX, 2002).

Embora tenha dimensões maiores em comparação ao transmissor, sua portabilidade não é comprometida e ainda é ideal para sistemas portáteis. Existem 7 pinos dos quais, 3 (os pinos 2, 4 e 5) são responsáveis pela alimentação do receptor. Os outros 4 pinos são responsáveis pela saída de dados recebidos. Na Figura 2.4 é mostrada as medidas das dimensões do receptor e a numeração de seus pinos.

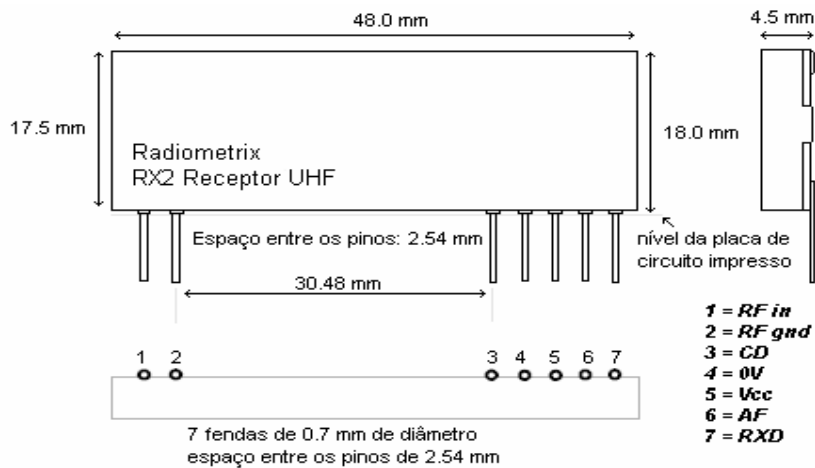


Figura 2.4: Dimensões Físicas do Receptor

Na tabela 2.2, são apresentadas as características e funções de cada um dos pinos do receptor.

Tabela 2.2: Descrição da Função dos Pinos do Receptor

Número do Pino	Nome	Descrição
1	RF IN	Entrada RF de antena de 50Ω. É isolada internamente da corrente.
2	RF GND	Pino do terra de RF. Internamente ligada ao pino 4 (0V).
3	CD	Pode ser utilizado para se obter sinal em níveis lógicos de Carrier Detect. Para isso deve ser usado um transistor PNP. Caso não seja necessário, este pino deve ser ligado diretamente ao pino 5.
4	0V	Terra do módulo de recepção
5	Vcc	Alimentação do módulo de recepção
6	AF	É a saída filtrada do sinal analógico do demodulador de FM (Frequency Modulation). É utilizado como ponto de teste ou para saída de dados para decodificadores lineares
7	RXD	O sinal digital proveniente deste pino é uma versão em onda quadrada do sinal do pino 6. Pode ser utilizado para enviar informações para decodificadores externos. Os dados que saem deste pino são dados fiéis aos dados alimentados no transmissor. A impedância deste pino é $Z > 1k\Omega$ e $C < 1nF$ .

Receptores são dispositivos eletrônicos que selecionam, amplificam e demodulam sinais de radiofrequência captados por uma antena. O sinal externo recebido pelo pino 1 (RF IN), é enviado e tratado pela etapa de rádio frequência, composto por um filtro passa-banda de 418MHz, um pré-amplificador e um filtro passa-banda. Neste estágio, o objetivo do circuito de amplificação de rádio frequência é aumentar a sensibilidade e o ganho do receptor.

O sinal passa por um conversor de frequência, composto por um misturador ligado a um oscilador local a 418MHz. Em seguida, o sinal passa para a etapa de amplificação de frequência intermediária (FI), onde o sinal irá ser novamente filtrado dos sinais de frequência próximos ao do sinal desejado. Outra característica desta etapa é o ganho do sinal. O amplificador FI é responsável pela amplificação de alta frequência antes da demodulação do sinal e é composto por um segundo misturador de frequência ligado a um oscilador local a 15,82MHz e pelo demodulador de sinal.

Finalmente, o sinal passa por um novo filtro passa-baixa de 91kHz de frequência e por um buffer. Dois caminhos podem ser percorridos após o tratamento: o caminho que leva ao pino 6 (AF), onde há a saída do sinal analógico, ou o caminho do pino 7 (DATA OUT), que passa por um adaptador (*adaptive data slicer*), que fornecerá a saída do sinal em sua forma digital.

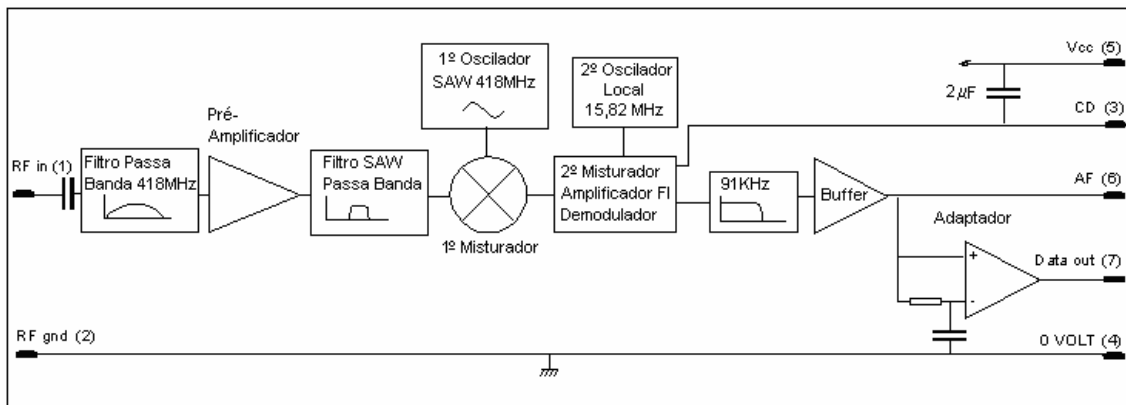


Figura 2.5: Diagrama de Blocos de Funcionamento do Receptor

A implementação do receptor pode ser realizada de duas formas, ou seja, uma contendo um transistor PNP, para fazer a separação da informação do pino 3 (CD) para sistemas que necessitem deste dado e outra ligado diretamente ao pino 5 (Vcc), caso o CD não seja necessário, como está representado na Figura 2.6.



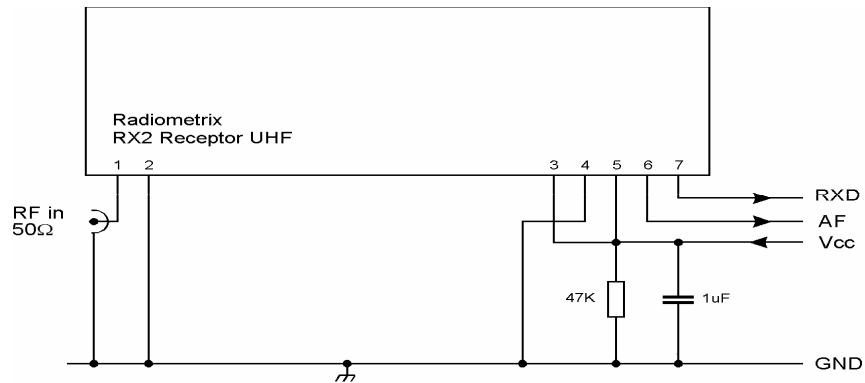


Figura 2.6: Circuito Padrão do Receptor

## 2.4 A Antena

O alcance de um sinal de rádio frequência pode variar muito de acordo com o tipo de antena e do meio em que é utilizado (**RADIOMETRIX, 2002**). Escolher o melhor design, e que combine com as necessidades de um projeto, é uma tarefa complexa que requer diversos testes com equipamentos sofisticados e demanda conhecimentos avançados de propagação de ondas de rádio frequência. A escolha da antena errada pode prejudicar o sucesso do projeto.

Alguns cuidados devem ser tomados para o funcionamento ótimo de uma antena. Qual é a proximidade de outros objetos condutores da antena? Metais, partes do corpo humano, como as mãos e pés, fontes de energia tais como transformadores, pilhas, baterias e etc, são geradores de interferência e podem prejudicar a performance de uma antena. Por esta razão, dependendo do modelo escolhido, o posicionamento da antena deve ser cuidadosamente escolhido e deve estar mais longe possível de outros condutores elétricos (**RADIOMETRIX, 2002**).

O fabricante dos módulos de comunicação recomenda, e aprova, três tipos de antenas. São elas: do tipo helicoidal, do tipo loop e do tipo chicote ou haste. Cada uma delas tem características diferentes entre si como a performance, facilidade de implementação, tamanho, imunidade a ruídos gerados por outros objetos e o alcance. Na tabela 2.3 é mostrada a classificação dos tipos de antena, quanto aos quesitos citados anteriormente.

	<b>Helicoidal</b>	<b>Loop</b>	<b>Chicote</b>
Performance	Boa	Regular	Ótimo
Facilidade de implementação	Boa	Regular	Ótimo
Tamanho	Ótimo	Bom	Regular
Imunidade a efeitos de proximidade	Boa	Ótimo	Regular
Alcance em ambiente aberto	200m	100m	300m

Tabela 2.3: Avaliação dos Tipos de Antena

A antena helicoidal (Figura 2.7) pode ser um fio de cobre em espiras, diretamente conectado ao pino 2 do módulo transmissor e/ou no pino 1 do receptor. Essa antena é muito eficiente dado o seu tamanho reduzido (20,0mm x 4,0mm de diâmetro) (**RADIOMETRIX, 2002**). Porém, sua proximidade a outros objetos condutores reduz sua eficiência drasticamente. Possui fácil implementação, devido à facilidade de encontrar os materiais necessários para a sua construção, entretanto as espiras devem estar no tamanho correto para não prejudicar ainda mais a sua performance. Possui a vantagem de ser uma antena pequena e discreta, ótima para sistemas portáteis. Seu alcance é satisfatório, mas não atinge o máximo que os módulos de comunicação podem oferecer.



Figura 2.7: Antena Helicoidal

Já a antena loop (Figura 2.8) nada mais é que uma trilha em torno de uma placa de circuito impresso. Em seu início e no final da volta, estão presentes capacitores comuns e capacitores variáveis para dar o ajuste fino ao sinal. Tem alta imunidade a proximidade de sinais que podem causar interferência, no entanto, apresenta a pior performance de todas as antenas e sua implementação requer

recursos difíceis de se obter. Recomendada apenas para sistemas que utilizarão placas de circuito impresso e que não requerem distâncias muito longas (abaixo de 100m) (RADIOMETRIX, 2002).



Figura 2.8: Antena Tipo Loop

A antena tipo chicote (Figura 2.9) pode ser um fio de cobre, uma haste, uma trilha em uma placa de circuito impresso ou uma combinação das três opções. É conectada diretamente ao módulo e seu tamanho total ideal está em torno de 16,0 cm (1/4 do comprimento da onda a uma frequência de 418MHz).



Figura 2.9: Antenas Tipo Chicote

Seu desempenho é excelente, podendo alcançar os 300m suportados pelos módulos de comunicação. No entanto, a antena deve ser afastada de qualquer material metálico a fim de prevenir sérios problemas com efeitos de interferência. É o tipo de antena que ocupa o maior tamanho entre os tipos citados, o que pode ser uma desvantagem em sistemas portáteis.

Portanto, apresentados os três tipos de antena, a tarefa de escolher o tipo que atenda de acordo com as necessidades do projeto se torna mais fácil. Como o projeto que foi desenvolvido necessita de portabilidade, fácil implementação, um desempenho satisfatório e que tenha certa imunidade a ruídos, foi utilizada a antena

do tipo helicoidal. Contudo, uma outra ótima escolha é a antena do tipo chicote, pois é a que melhor atende aos itens de alcance de transmissão.

Respeitando a sugestão do fabricante dos módulos de comunicação, a antena helicoidal deve ser feita utilizando um fio de cobre encapado de 0,5mm de diâmetro, possuir 24 espiras com diâmetro interno de aproximadamente 3,2mm e atingir uma altura de 20,0mm.

## 2.5 Encoder e Decoder

Para a transmissão dados de forma digital e seguindo um determinado padrão através da portadora dos módulos de rádio frequência TX (transmissor) e RX (receptor), são utilizados os componentes encoder e decoder.

Tais componentes são ferramentas projetadas especificamente para trabalhar com aplicações que fazem uso de módulos de rádio frequência uma vez que o sinal digitalizado pelos módulos necessita ser endereçado, organizado e validado em seu recebimento (**HOLTEK, 2002**). Suas principais aplicações são destinadas a sistemas de controle remoto, sistemas de segurança, sistemas de alarmes, controle de portas de garagem, sistema de aquisição de dados como é o caso deste projeto, etc.

Dentre tantos modelos de encoders e decoders existentes atualmente, optou-se pelos modelos HT640 para o encoder, e o HT658 para o decoder, conforme Figura 2.10, pelo principal motivo destes trabalharem com 18 bits de informações divididos em 10 para endereçamento e 8 para dados assim coincidindo com o pacote de dados trafegado no projeto, bem como o seu tamanho miniaturizado e por se tratar de um projeto portátil com baixo consumo de energia.

Os componentes nada mais são que pequenos chips de tamanho reduzido medindo 15 x 07 milímetros, contendo uma seqüência de 24 pinos sendo 10 destinados para endereçamento do sinal digitalizado, 8 para a transmissão ou recebimento dos dados em paralelo, 1 para a transmissão ou recebimento do dados no formato serial, 1 para o VCC, 1 para o GND e os demais para a parte de controle. Operam numa tensão de operação entre 2,4V e 12V (**HOLTEK, 2002**).

O componente encoder HT640 pode combinar até 59.049 ( $3^{10}=59.049$ ) endereços no modo trinário (0, 1 e alta impedância), usando os pinos (A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 e A9) e 1.024 ( $2^{10}=1.024$ ) endereços no modo binário (0 e 1).

Dessa forma, os pinos AD10, AD11, AD12, AD13, AD14, AD15, AD16 e AD17 são utilizados para transmissão de dados, sendo possível combinar 64 ( $2^8=256$ ) valores diferentes e enviá-los ao decoder HT658.

O componente decoder HT658 disponibiliza 10 pinos (A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 e A9) todos para endereçamento tanto no modo binário como no modo trinário, e similar ao encoder, disponibiliza os pinos AD10, AD11, AD12, AD13, AD14, AD15, AD16 e AD17 para transmissão dos dados.

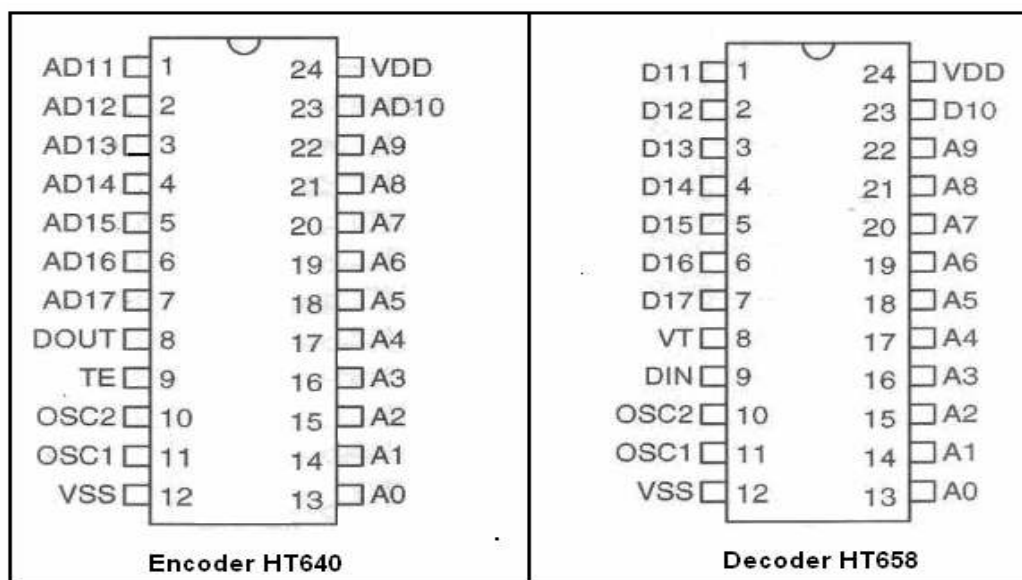


Figura 2.10: Layout dos Componentes HT640 e HT658

Na Figura 2.11 é ilustrado o processo de transmissão dos dados digitais entre os pares encoder e decoder, acoplados aos módulos de transmissão e recepção UHF (Ultra High Frequency). O encoder HT640 envia os bits serialmente formando um protocolo composto de endereço e dados ao módulo transmissor assim que o pino TE (Figura 2.10) tenha sido levado a nível alto, ou seja, 5V. Por sua vez, o módulo TX transmite os bits modulados através da portadora de Rádio Freqüência. O módulo RX captura os dados e repassa-os para o decoder HT658 que faz uma comparação nos bits do endereço recebido com os bits do endereço de sua própria configuração. Se os endereços forem iguais, os bits de dados ficam disponíveis nos pinos (AD10, AD11, AD12, AD13, AD14, AD15, AD16 e AD17) e o pino VT (Figura 2.10) é levado a nível alto, ou seja, 5V. O pino VT só permanece ativo por um instante informando que um dado foi reconhecido e está disponível. Já os pinos dos

dados retêm a última informação. Isso é possível porque estes pinos estão ligados a um latch (memória flip-flop). Esses dados permanecem no latch (memória flip-flop) até que um novo dado seja enviado e aceito, ou a alimentação da fonte seja interrompida.

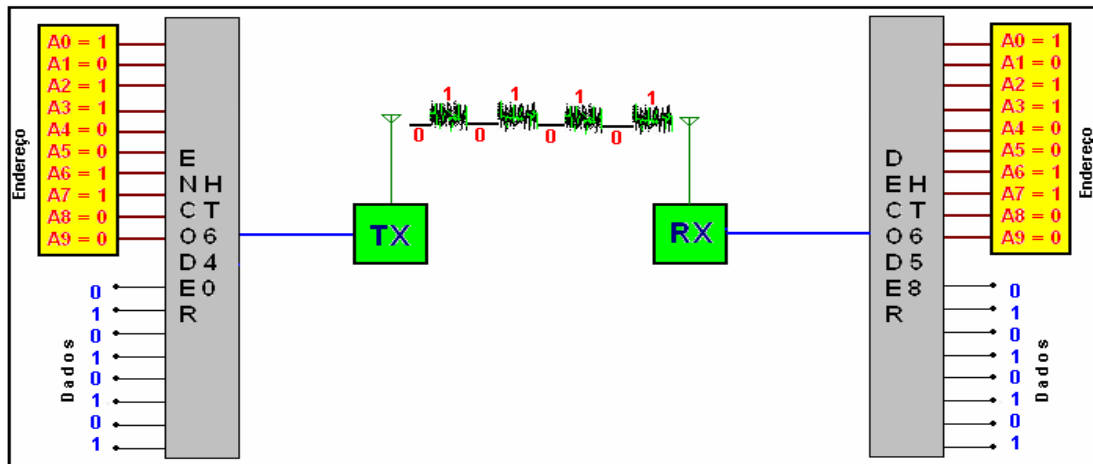


Figura 2.11: Modulação dos Dados Através da Portadora de RF

## 2.6 O Microcontrolador

O microcontrolador 8051 da fabricante Intel, também chamado de família 8051, é o mais popular, atualmente. Entende-se família como sendo um conjunto de dispositivos que compartilha os mesmos elementos básicos, tendo também um mesmo conjunto básico de instruções (**GIMENEZ, 2002**).

Sistemas automatizados são cada vez mais comuns nos dias atuais. A necessidade de diminuir custos e aumentar a produção fez da eletrônica digital, especialmente de sistemas microprocessados, uma ferramenta de grande utilidade para engenheiros e técnicos da área. Desta forma, dispositivos cada vez menores e potentes surgem e dentre eles encontram-se os microcontroladores.

Os microcontroladores, ou computadores de um só chip, trazem as facilidades de um sistema microprocessado em um único componente (**GIMENEZ, 2002**). Possui uma infinidade de aplicações dentre as quais citamos automação industrial, telefones celulares, fornos de microondas e controle a distância usando rádio frequência como é o caso deste projeto.

Conforme informado anteriormente, o microcontrolador utilizado neste projeto foi o 80C552 da fabricante Philips. Este possui uma entrada digital de 8 bits, que é utilizado para fazer a aquisição de dados provenientes do módulo receptor UHF (Ultra High Frequency) e transmiti-los serialmente ao computador gerencial para posterior tratamento.

## Capítulo 3

### Descrição e Apresentação dos Programas Desenvolvidos

#### 3.1 Introdução

Neste capítulo, aborda-se os pontos referentes à programação implementada no protótipo. É descrita a montagem, sua estrutura, bem como o seu funcionamento e suas funções. Foram desenvolvidos dois programas para a estação gerencial, um em *Delphi* para trabalhar no microcomputador e um outro em C para gerenciar o funcionamento do microcontrolador 80C552.

A escolha da linguagem *Delphi* produzida pela empresa Borland Software Corporation, como compilador do software da estação gerencial, deu-se basicamente por ser uma linguagem diversificada em suas aplicações como no desenvolvimento de aplicações desktop, web, multicamada, cliente/servidor e por possuir um grande número de componentes produzidos por terceiros disponíveis na Internet (**JORGE, 2004**). Além do mais, pode ser utilizada no desenvolvimento de projetos que envolva controle da interface serial como apresentada neste projeto.

A escolha da linguagem de programação C, para utilizar nos microcontroladores 8051, se dá ao fato do código fonte ser mais fácil sua implementação, tornando-o mais amigável para quem o desenvolve, no entanto, seu código fonte final torna-se mais extenso e desta forma ocupa um espaço maior na memória (**SÁ, 2005**). Neste trabalho, foi feito uso da linguagem C uma vez que o código final desenvolvido não se tornou muito extenso. Existem outras linguagens conhecidas que são aceitas pelos microcontroladores 8051, no entanto seu entendimento e desenvolvimento torna-se um pouco mais complexo por se tratar de um código de baixo nível.

#### 3.2 O Programa Gerencial do Computador

Para que haja uma interação do usuário com o controle da estação gerencial, é implementado um programa na linguagem *Delphi* com uma interface gráfica simples e intuitiva, para capturar dados de leituras de temperatura pela porta serial,



salvá-los em um arquivo de texto e expor no monitor do computador o valor e o gráfico da temperatura medido em função do tempo.

Na Figura 3.1 é mostrada a tela inicial do programa onde são apresentadas algumas informações a respeito do autor do projeto e o tema abordado.



Figura 3.1: Tela Inicial do Programa da Estação Gerencial

Na Figura 3.2, pode-se observar a tela de configuração do programa com o respectivo gráfico da temperatura desenhado e a variação da temperatura local medido.

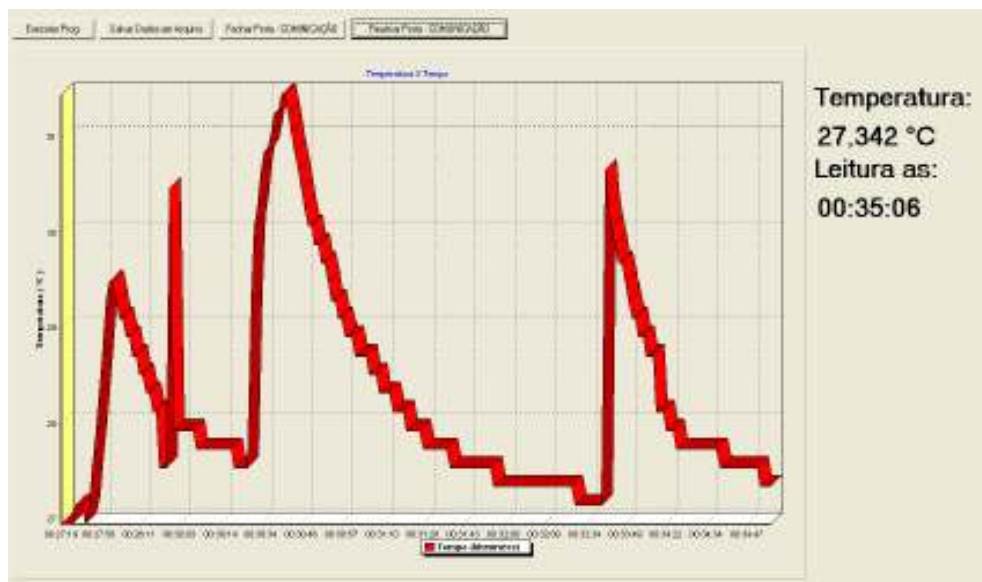


Figura 3.2: Layout do Gráfico

### 3.2.1 Comportamento do Sensor de Temperatura na Presença de Algumas Fontes de Calor

Na Figura 3.3, é mostrado o gráfico desenhado do comportamento da temperatura, onde o sensor de temperatura foi exposto durante um período de 10 minutos na presença de um ferro de solda de 40W de potência, com a temperatura estabilizada de 37,4976 °C. Notou-se que o comportamento da temperatura no gráfico manteve-se constante, pois a fonte de calor utilizada forneceu uma temperatura na condição isoterma (temperatura constante).

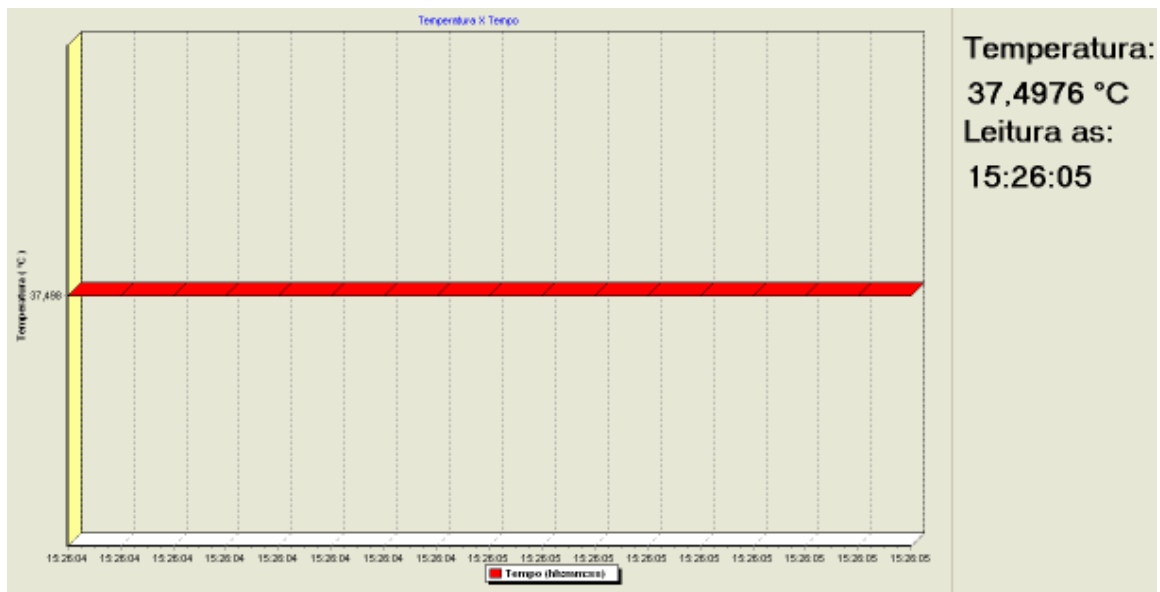


Figura 3.3: Gráfico Desenhado na Presença de Uma Fonte de Calor a 37,4976 °C

Na Figura 3.4, pode-se observar o gráfico desenhado do comportamento da temperatura, onde o sensor de temperatura foi exposto durante um período de 10 minutos a uma temperatura ambiente de 28,7091 °C. Notou-se que o comportamento da temperatura no gráfico manteve-se constante, uma vez que a temperatura ambiente encontrava-se em condição isoterma (temperatura constante).



### 3.2.2 Configurações Necessárias Para o Funcionamento do Programa

Para o usuário existem as seguintes opções de configuração:

- Configurar a porta serial que é solicitada ao clicar no botão Executar Prog conforme Figura 3.6:
  - Porta de comunicação.
  - Taxa de transferência.
  - Número de bits de dados.
  - Número de bits de parada.
  - Paridade.
  - Controle de fluxo.

É aconselhável que a taxa de transferência seja configurada para 9600 kbps uma vez que o microcontrolador foi configurado com este mesmo valor garantindo assim o sincronismo entre os dois hardwares.

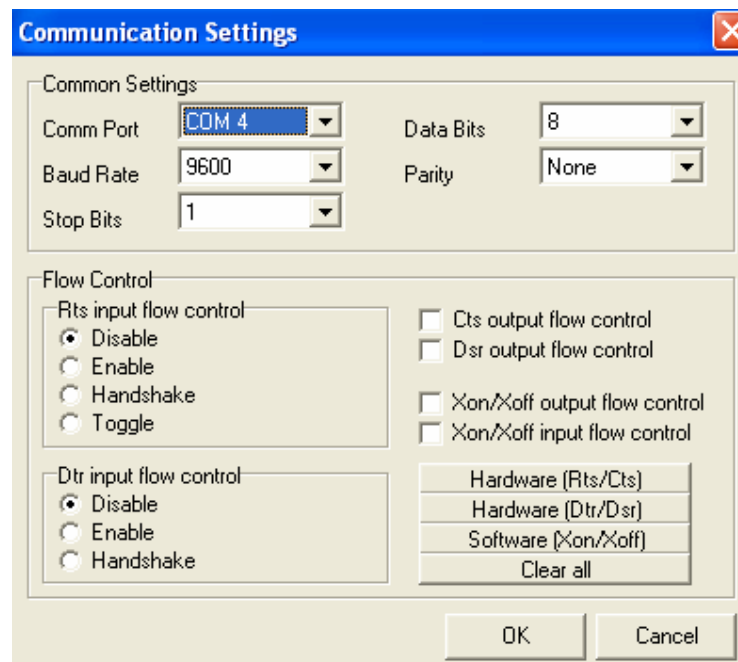


Figura 3.6: Tela de Configuração da Porta Serial

- Salvar os valores medidos de temperatura em arquivo ao clicar no botão Salvar Dados em Arquivo conforme visto na Figura 3.7.

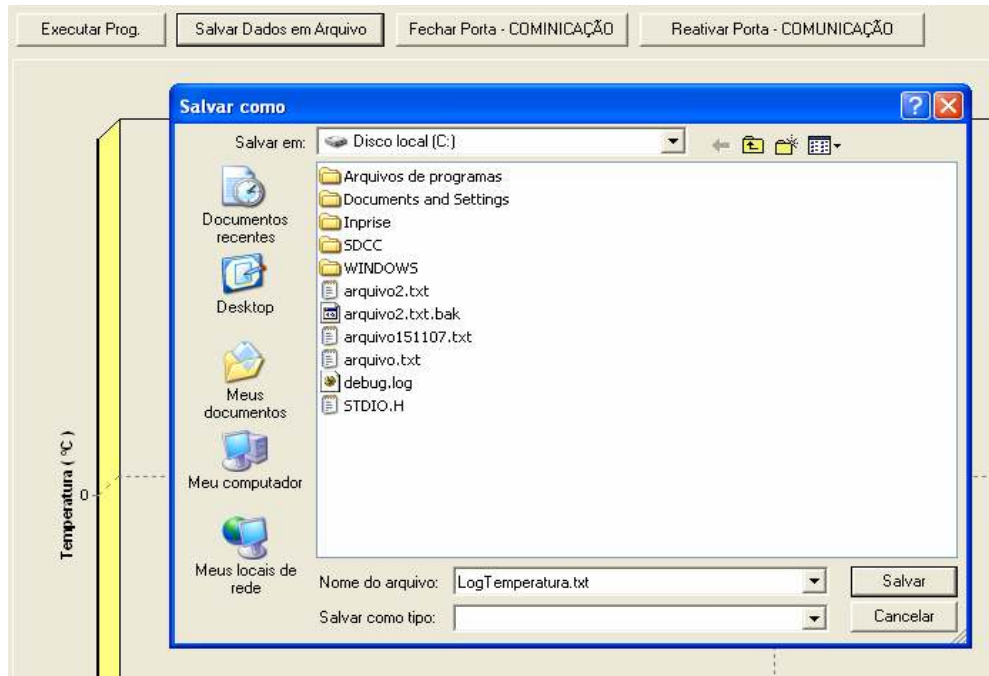


Figura 3.7: Salvar Dados Em Arquivo

- Abrir e fechar a porta de comunicação serial clicando nos botões Fechar Porta – COMUNICAÇÃO e Reativar Porta - COMUNICAÇÃO conforme visto na Figura 3.8.

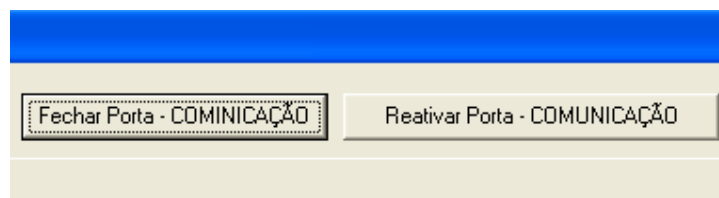


Figura 3.8: Abre e Fecha Porta de Comunicação

### 3.3 O Programa do Microcontrolador

O programa na linguagem C, compilado e instalado no microcontrolador é o responsável por fazer a leitura dos dados digitalizados do sensor temperatura, processá-los com o devido tratamento e enviá-los serialmente ao microcomputador onde estes serão armazenados e utilizados para expor na tela do PC o valor real da temperatura.

O programa do microcontrolador pode ser dividido em três fases. A primeira é a configuração da interface serial, a segunda é o tratamento dos dados recebidos pela estação remota, e a última fase é o envio dos dados pela porta serial ao microcomputador.

Na primeira fase, o microcontrolador carrega, em seus registradores, os valores que são necessários para que se possa ter acesso à porta serial. São eles o registrador **SBUF** e o registrador **SCON**. O registrador SBUF é um registrador especial responsável pela transmissão e recepção de dados do microcontrolador 8051, utilizando comunicação serial e o registrador SBUF é o registrador de controle e status da porta serial (**SÁ, 2005**).

Fisicamente, existem dois registradores SBUF dentro do núcleo do 8051, um de transmissão e outro de recepção, mas para o software existe apenas um SBUF. O registrador SCON, é responsável pelo controle da interface serial e tem o tamanho de um byte. Cada bit do SCON tem uma função de controle e são divididos da seguinte maneira: os três primeiros bits são denominados SM0, SM1 e SM2 e as combinações entre eles determinam o tipo e modo de operação da porta serial. É gerada uma interrupção e pode ser habilitada a comunicação entre outros microcontroladores 8051. O quarto bit, denominado de REN, é responsável pela habilitação da recepção de dados da porta serial. Dos quatro últimos bits, o denominado TI tem a função de setar o registrador ao final da transmissão dos dados, os demais possuem funções isoladas que não serão utilizados nesta aplicação, e desta forma serão desativados.

A seleção do modo de operação determinada pelos bits SM0 e SM1 podem ser de quatro modos diferentes. O modo que será utilizado, e que atende melhor ao tipo da aplicação, é o modo 1. Neste modo é configurado o bit SM0 como 0, e o bit SM1 como 1, que determinam que o modo de transmissão seja do tipo assíncrono e

que a taxa de transmissão pode ser variada e controlada pelo bit SMOD da palavra PCON e pelo T/C1. Neste modo, dez bits são transmitidos ou recebidos: um bit de início denominado start bit, 8 bits de dados e um bit de parada denominado stop bit conforme apresentado na Figura 3.9.



Figura 3.9: Estrutura do Pacote de Dados Enviado Pelo Microcontrolador

Depois de configurada a porta serial do microcontrolador, a porta P1 do mesmo que é uma porta bidirecional deverá ser reinicializada para leitura ou entrada recebendo o valor em hexadecimal FF (P1=0xFF) e desta forma os pinos P1.0 a P1.7 passam a receber os dados digitalizados oriundos do sensor de temperatura. Além do mais, para que haja um desvio no programa diretamente para os endereços específicos, são usados os vetores de interrupções ou simplesmente interrupções. Desta forma, neste trabalho é necessário habilitar a interrupção da porta serial com o meio externo setando em 1 (ES=1) conforme exposto no Trecho de Código 3.1.

```
void main()
{
    EA=0;           // Desabilita todas as interrupções
    ES=1;           // Habilita a interrupção serial
    PS=1;           // Coloca a interrupção da serial no grupo de alta prioridade
    TMOD=0x21;     // Configura timer1 no modo 2 e timer 0 no modo 1
    TCON=0;
    SCON=0x52;     // Configura comunicação serial (Registrador de controle)
    TH1=baud;     // Configura velocidade de transmissão
    TR1=1;         // Liga timer 1
    P1=0xFF;       // Habilita para leitura a porta P1

    while(1)
    {
        RecebeDado=P1; // Grava dados na variável recebeDado
        putchar(RecebeDado); // Envia dados para a porta serial
        delay4x3(100); // Tempo
    }
}
```

Trecho de Código 3.1: Parte do Código Que Trata a Configuração da Porta Serial

Como já foram feitas as devidas configurações na porta serial e na porta P1, o microcontrolador está apto para receber os dados pela porta P1, processá-los e enviá-los serialmente pela porta serial.

Os valores de tensão recebidos pelos pinos da porta P1 são armazenados em uma variável chamada RecebeDado e enviados serialmente para o registrador SBUF para transmissão, conforme visto no Trecho de Código 3.2.

```
void putchar (unsigned char a) //Envia caracter na porta serial
{
  while(!TI); // Espera até completar a última transmissão
  SBUF=a;      // Manda caracter para buffer de transmissão
  TI=0;       // Limpa o flag de transmissão
}
```

Trecho de Código 3.2: Envia Dados ao Buffer de Transmissão



## Capítulo 4

### Resultados e Conclusões

Neste projeto, foi desenvolvida uma comunicação digital de dados através dos módulos de comunicação de rádio frequência para aquisição de informações extraídas de um equipamento remoto, que no caso um sensor de temperatura.

Foram desenvolvidos dois programas para a estação gerencial um na linguagem C que permitiu a recepção dos dados no formato paralelo de 8 bits e transmissão dos mesmos no formato serial ao computador gerencial. O outro na linguagem Delphi que proporcionou a configuração da porta serial, o recebimento e o tratamento dos dados e desenhou na tela do computador o gráfico da temperatura em função tempo com os valores medidos e enviados pelo sensor de temperatura.

Embora tenham existido algumas fontes de interferência perturbando o bom funcionamento da transmissão dos dados, os resultados foram atingidos com eficácia, pois os valores de temperatura digitalizados que foram remetidos pela estação remota foram lidos, interpretados pelo microcomputador da estação gerencial, plotado o gráfico e exposto no monitor do computador.

Como sugestões para futuros trabalhos ficam as seguintes propostas:

- Comunicação full-duplex: os módulos de comunicação podem ser substituídos por um par de transceptores. Essa alteração permite que sejam enviados e recebidos dados simultaneamente de forma a não somente receber dados como controlar a estação remota.
- Aquisição e monitoramento via radio frequência de equipamentos eletrônicos e/ou agropecuários instalados no campo no monitoramento de pressão, nível de combustível e demais pontos possíveis.
- Controle e monitoramento de várias estações remotas exigindo a criação de protocolos a fim de identificar cada uma das estações.
- Aplicação dos módulos de comunicação na parte de controle: ao invés de aquisição de dados controle de periféricos.

## Referências

- [1] BATISTA, Júlio. Pesquisa Sobre Ondas de Rádio Freqüência. Disponível em <<http://www.juliobattisti.com.br>>. Acessado em setembro de 2007.
- [2] BOYLESTAD, L. R.; NASHELSKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6ª ed. São Paulo: LTC–Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1999. 649 p.
- [3] CAMPBELL, Colin K. **Surface Acoustic Wave Devices for Mobile and Wireless Communications**. Academic Press: Boston, 1998.
- [4] DORMAN, Andy. **Wireless Communication: O Guia Essencial de Comunicação Sem Fio**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2001.
- [5] ELS, Rudi van. **Sistema de Desenvolvimento Para Microcontroladores CW552**, CONTROLWare Automação Comercial, Versão 7, Brasília 2001.
- [6] GIMENEZ, P. S. **Microcontroladores 8051**. 1ª ed. Prentice Hall, 2002. 253 p.
- [7] HOLTEK, **HT658 & HT640 Data Sheet**. Hsinchu, 2002.
- [8] JORGE, Marcos. **Delphi 7**. Pearson Education do Brasil, 2004. 178 p.
- [9] LINX TECHNOLOGIES, INC. **RM Series Receiver Module Data Guide**. Grants Pass, 2000.
- [10] LINX TECHNOLOGIES, INC. **RM Series Transmitter Module Data Guide**. Grants Pass, 2000.
- [11] MALVINO, A. P. **Eletrônica**. 2ª ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1987. 2 v. 316 p.
- [12] NASCIMENTO, Juarez. **Telecomunicações**. São Paulo: Makron Books, 2000.
- [13] NICOLOSI, Denys E. C. **Microcontrolador 8051 Detalhado**. São Paulo: Editora Érica, 2000.
- [14] NICOLOSI, Denys E. C. **Laboratório de Microcontroladores Família 8051: Treino de Intruções, Hardware e Software**. São Paulo: Editora Érica, 2002.
- [15] PAZOS, Fernando, **Automação de Sistemas & Robótica**, RJ: Axcel, 2002.
- [16] RADIOMETRIX. **TX2 & RX2 Data Sheet**. Watford, 2002.
- [17] SÁ, D. C. M.; **Programação C Para Microcontroladores 8051**. 1ª ed. Érika, 2005. 334 p.

- [18] SHILDT, H. **C Completo e Total**. 3ª ed. Makron Books, 2006. 827 p.
- [19] SILVA JÚNIOR, Vidal Pereira da. **Aplicações Práticas do Microcontrolador 8051**. 11ª Edição: Com Novo Visual. São Paulo: Editora Érica, 2003.
- [20] SOUZA, P. C.; FILHO, C. T. J. **Controle Por Computador: Desenvolvendo Sistema de Aquisição de Dados para Pc**. 1ª ed. São Luís: EDUFMA, 2001. 177 p.
- [21] TOCCI, J. R.; Widmer, S. N. **Sistemas Digitais Principios e Aplicações**. 8ª ed. Prentice Hall, 2003. 755 p.
- [22] UYEMURA, P. J. **Sistemas Digitais Uma Abordagem Integrada**. 1ª ed. Pioneira Thomson Learning, 2002. 433 p.
- [23] VASCONCELOS, Laércio. **Hardware Total**. São Paulo: Makron Books, 2002.

## Apêndice 1

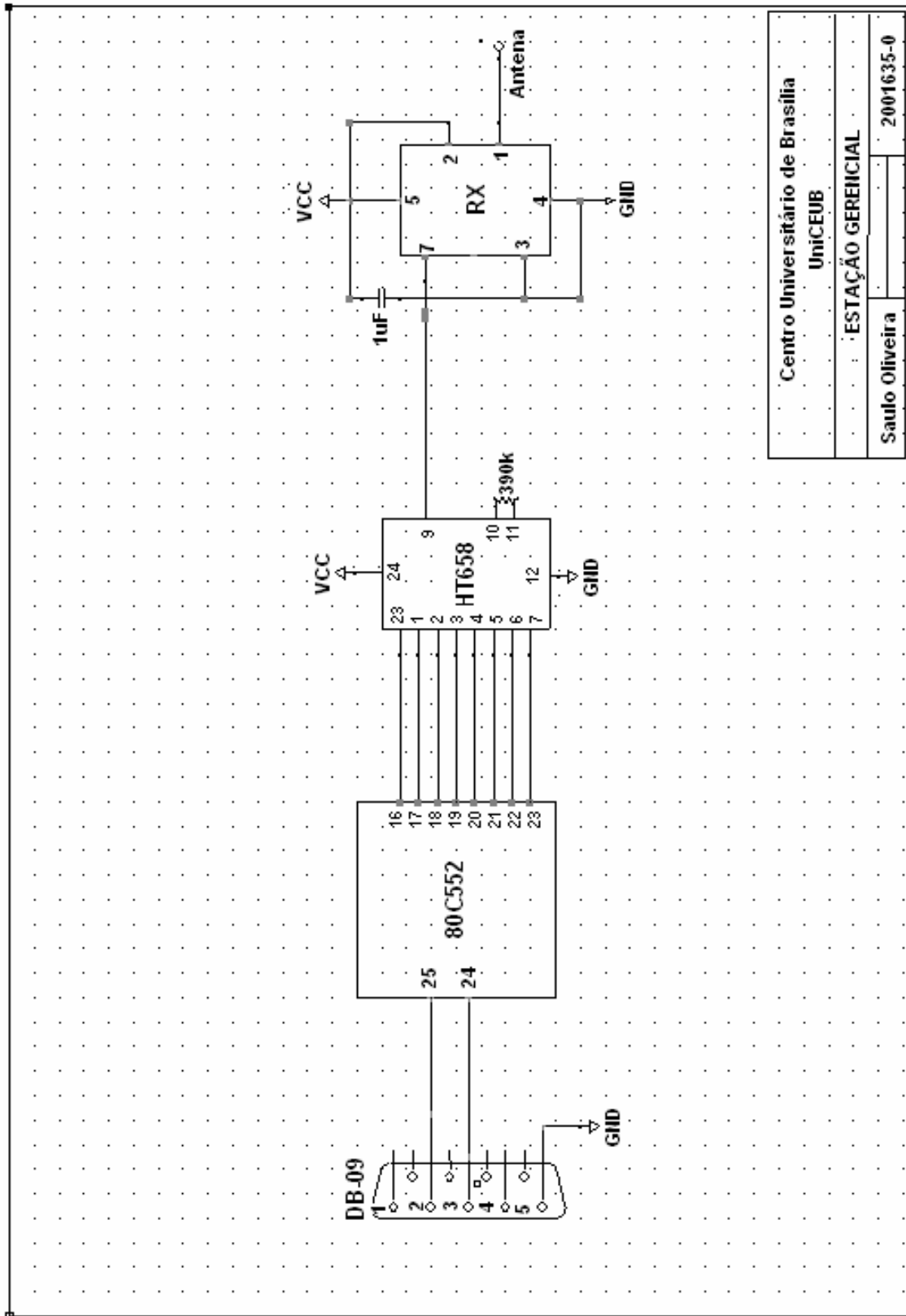
### Esquemas dos circuitos utilizados no projeto

Os esquemas apresentados na Figura A1 e Figura A2, foram desenvolvidos utilizando o software gratuito e de livre distribuição *ExpresSCH* versão 4.1.2. encontrado no site [www.expresspcb.com](http://www.expresspcb.com).

O primeiro esquema representa a montagem da interface entre a estação gerencial e o módulo receptor de dados RX2 da Radiometrix.

O segundo esquema apresenta a montagem da estação remota representados a sua ligação com o transmissor TX2 da Radiometrix.

Todos os valores de componentes como resistores e capacitores foram retirados dos seus respectivos *datasheets*.



Centro Universitário de Brasília	
UnICEUB	
ESTACÃO GERENCIAL	
Saulo Oliveira	2001635-0

Figura A1: Esquema Elétrico da Estação Gerencial



## Apêndice 2

### Fotos dos Hardwares Desenvolvidos



Figura A3: Implementação da Estação Gerencial

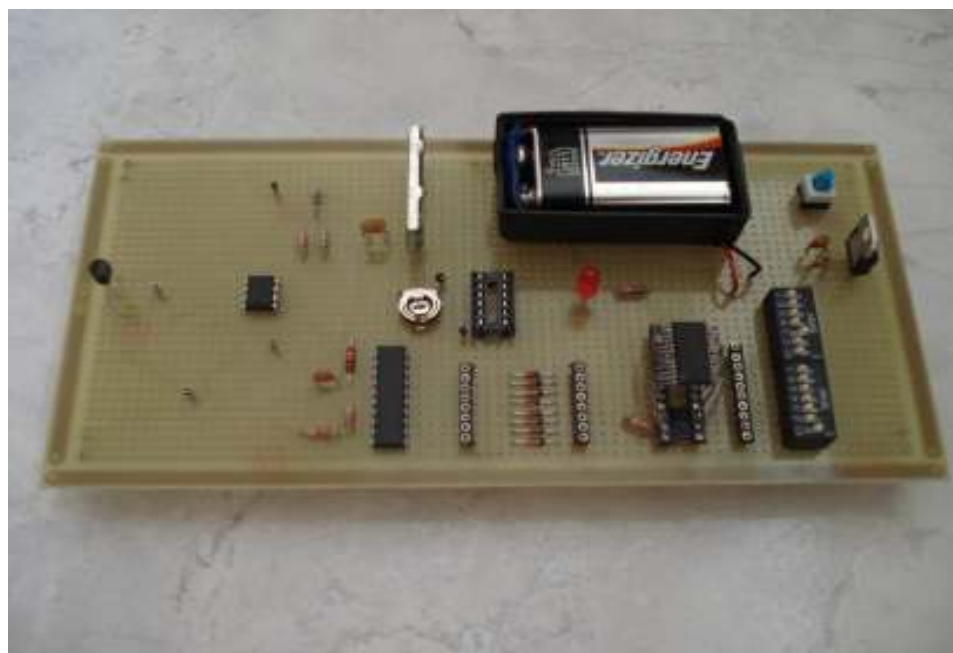


Figura A4: Implementação da Estação Remota

## Apêndice 3

### Programa na Linguagem C Para o Microcontrolador

```
#####  
; Centro Universitário de Brasília - UniCEUB  
; Faculdade de Ciências Exatas e de Tecnologia - FAET  
; Engenharia de Computação  
; Projeto Final de Conclusão de Curso  
;  
; Transmissão de Medidas Sem Fio Utilizando um Microcontrolador da  
; Família 8051.  
; Autor: Saulo Tavares de Oliveira  
; Orientadora: Prof. M.C. Maria Marony Sousa Farias Nascimento  
;  
; Programa Para Leitura da Porta Pl e Transmissão Via Porta Serial  
; Versão: Final  
; Data: 12/2007  
;  
#####  
  
#include <8051.h>  
  
#define baud 0xFD // 0x100-(11059200/(12*32*9600))  
  
unsigned char RecebeDado;  
  
void putchar (unsigned char a) //Envia caracter na porta serial  
{  
    while(!TI); // Espera até completar a última transmissão  
    SBUF=a; // Manda caracter para buffer de transmissão  
    TI=0; // Limpa o flag de transmissão  
}  
  
void delay4x3(unsigned int ms)  
{  
    unsigned int tms=0;  
    while(tms!=ms)  
    {  
        TL0=((65535-1000) & (23));  
        TH0=((65535-1000)>>8);  
        TR0=1;  
        while (!TF0){}  
        TF0=0;  
    }
```



```

    TR0=0;
    tms++;
}
}

void main()
{
    EA=0;           // Desabilita todas as interrupções
    ES=1;           // Habilita a interrupção serial
    PS=1;           // Coloca a interrupção da serial no grupo de alta
prioridade
    TMOD=0x21;     // Configura timer1 no modo 2 e timer 0 no modo 1
    TCON=0;
    SCON=0x52;     // Configura comunicação serial (Registrador de
controle)
    TH1=baud;     // Configura velocidade de transmissão
    TR1=1;        // Liga timer 1
    P1=0xFF;      // Habilita para leitura a porta P1

    while(1)
    {
        RecebeDado=P1;           // Grava dados na variável RecebeDado
        putchar(RecebeDado);     // Envia dados para a porta serial
        delay4x3(100);          // Tempo
    }
}

```

## Apêndice 4

### Programa em Linguagem Delphi Para a Estação Gerencial

```
unit untSerial;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
  Forms,
  Dialogs, CPort, ExtCtrls, StdCtrls, TeeProcs, TeEngine, Chart, ComCtrls,
  Series, TLHelp32, PsAPI, AppEvnts, Buttons;

type
  TForm1 = class(TForm)
    ComPort1: TComPort;
    Timer1: TTimer;
    FechaCOM: TButton;
    OpenDialog1: TOpenDialog;
    GeraArquivo: TButton;
    SaveDialog1: TSaveDialog;
    executeProg: TButton;
    Mem1: TMemo;
    Chart1: TChart;
    Series1: TLineSeries;
    ReativaCOM: TButton;
    SpeedButton1: TSpeedButton;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
    procedure FechaCOMClick(Sender: TObject);
    procedure GeraArquivoClick(Sender: TObject);
    procedure FormShow(Sender: TObject);
    procedure executeProgClick(Sender: TObject);
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure ReativaCOMClick(Sender: TObject);
  end;
end;
```

```

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Form1: TForm1;
  passoutempo:boolean;
  F: TextFile;
  S: string;
  buf: byte;
  arq: String;

implementation

uses untPorts;

{$R *.dfm}

procedure delay(tempo:integer);
begin
  passoutempo:=False;
  Form1.Timer1.Interval:=tempo;
  Form1.Timer1.Enabled:=true;
  While NOT(passoutempo) do
    Application.ProcessMessages;
end;

//Função para terminar processos do WINDOWS
function TerminateProcesso(sFile: string): Bool;
var
  verSystem: TOSVersionInfo;
  hdlSnap,hdlProcess: THandle;
  bPath,bLoop: Bool;
  peEntry: TProcessEntry32;
  arrPid: array [0..1023] of DWord;
  iC: DWord;
  k,iCount: Integer;
  arrModul: array [0..299] of Char;

```

```

    hdlModul: HMODULE;
begin
    result:=false;
    if ExtractFileName(sFile)=sFile then
        bPath:=false
    else
        bPath:=true;
    verSystem.dwOSVersionInfoSize:=SizeOf(TOSVersionInfo);
    GetVersionEx(verSystem);
    if verSystem.dwPlatformId=VER_PLATFORM_WIN32_WINDOWS then
    begin
        hdlSnap:=CreateToolhelp32Snapshot(TH32CS_SNAPPROCESS,0);
        peEntry.dwSize:=Sizeof(peEntry);
        bLoop:=Process32First(hdlSnap,peEntry);
        while integer(bLoop)<>0 do
        begin
            if bPath then
            begin
                if CompareText(peEntry.szExeFile,sFile)=0 then
                begin

TerminateProcess(OpenProcess(PROCESS_TERMINATE,false,peEntry.th32ProcessID)
,0);

                    result:=true;
                end;
            end
            else
            begin
                if CompareText(ExtractFileName(peEntry.szExeFile),sFile)=0 then
                begin

TerminateProcess(OpenProcess(PROCESS_TERMINATE,false,peEntry.th32ProcessID)
,0);

                    result:=true;
                end;
            end;
            bLoop:=Process32Next(hdlSnap,peEntry);
        end;
        CloseHandle(hdlSnap);
    end
    else

```

```

if verSystem.dwPlatformId=VER_PLATFORM_WIN32_NT then
begin
  EnumProcesses(@arrPid,SizeOf(arrPid),iC);
  iCount:=iC div SizeOf(DWORD);
  for k:=0 to Pred(iCount) do
  begin
    hdlProcess:=OpenProcess(PROCESS_QUERY_INFORMATION or
PROCESS_VM_READ,false,arrPid [k]);
    if (hdlProcess<>0) then
    begin
      EnumProcessModules(hdlProcess,@hdlModul,SizeOf(hdlModul),iC);

GetModuleFilenameEx(hdlProcess,hdlModul,arrModul,SizeOf(arrModul));
      if bPath then
      begin
        if CompareText(arrModul,sFile)=0 then
        begin
          TerminateProcess(OpenProcess(PROCESS_TERMINATE or
PROCESS_QUERY_INFORMATION,False,arrPid [k]), 0);
          result:=true;
        end;
      end
    else
    begin
      if CompareText(ExtractFileName(arrModul),sFile)=0 then
      begin
        TerminateProcess(OpenProcess(PROCESS_TERMINATE or
PROCESS_QUERY_INFORMATION,False,arrPid [k]), 0);
        result:=true;
      end;
    end;
    CloseHandle(hdlProcess);
  end;
end;
end;
end;

//Habilita timer pra leitura de porta COM
procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
  Passoutempo:=True;

```

```

end;

//Fecha Porta de comunicação entre o Kit e o computador
procedure TForm1.FechaCOMClick(Sender: TObject);
begin
    try
        Application.ProcessMessages;
        if ComPort1.Connected then
            begin
                ComPort1.Close;
                ShowMessage('Porta fechada!')
            end;
        Form1.Timer1.Enabled:=false;
    except
        ShowMessage('Porta fechada pelo Handle!');
        CloseHandle(ComPort1.Handle);
    end;

end;

//Procedimento de geração de arquivo com dados na variavel de arquivo.
procedure TForm1.GeraArquivoClick(Sender: TObject);
begin

    if SaveDialog1.Execute then begin
        AssignFile(F, SaveDialog1.FileName);
        Mem1.Lines.SaveToFile(SaveDialog1.FileName);
    end;
end;

//Seta configurações de porta e zera variavel de geração de arquivo
procedure TForm1.FormShow(Sender: TObject);
begin
    Mem1.Clear;//variavel de arquivo
    ComPort1.Port:=COM4;//Seta porta de comunicação
    ComPort1.BaudRate:=br9600;//Seta Velocidade da porta de comunicação para
    recepção de dados
end;

//Recepção de dados da porta serial e conversão dos bites em temperatura.
procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);

```

```

var
  n, tam: byte;
  s: String;
begin
  tam:=ComPort1.Read(buf,n);
  if (buf<>0) then
  begin
    mem01.Text:=mem01.Text+inttohex(buf,2)+' ' //converte buf(em
decimal) para hexadecimal
    +FormatFloat('0',buf)+' ' //Formata o buf em
decimal
    +TimeToStr(Now)+#13#10; //Horario da leitura
da temperatura
    Label2.Caption:=
FloatToStr((StrToFloat(FormatFloat('#.##0',buf))*0.01953)*10)+' °C';
//Conversão do decimal em Temp.
    Label3.Caption:=TimeToStr(Now); //Alimenta o label com
o horario da leitura
    With Series1 do
    Begin
      Add((StrToFloat(FormatFloat('#.##0',buf))*0.01953)*10,
TimeToStr(Now), clRed ); //Alimenta o grafico com o dados
    end;
  end;
end;

//Executa programas para iniciar a alimentação de Arquivos e Graficos
procedure TForm1.executeProgClick(Sender: TObject);
begin

  WinExec('C:\SDCC\PROG_C\down.exe', SW_SHOWNORMAL); //Chama programa
para Alimentar KIT 8051 com fonte de leitura da P1

  if MessageDlg('Ao terminar as configurações Clique em sim para
finalizar.', //Ao Confirmar "Sim/Yes" do download do fonte abre porta de
leitura
    mtConfirmation, [mbYes, mbNo], 0) = mrYes then
//para alimentar o grafico e dados para arquivo
  begin
    TerminateProcesso('down.exe');//Termina processo do windows pelo nome;
    ComPort1.Open; // Abre porta COM
  end;
end;

```

```

        ComPort1.WriteStr('X');          //Escreve na porta COM mandando executar
o programa no KIT
    end;
end;

//Ao fechar formulario de grafico fecha a porta de comunicação se estiver
conectada
procedure TForm1.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
    if ComPort1.Connected then
        ComPort1.Close;
end;

//Reativa porta de comunicação entre o kit e o computador em caso de estar
fechada.
procedure TForm1.ReativaCOMClick(Sender: TObject);
begin
    if not ComPort1.Connected then
        ComPort1.Open;
        Form1.Timer1.Enabled:=true;
        ShowMessage('Porta Reativada');
end;

end.

```