

Centro Universitário Positivo - UnicenP
Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas – NCET
Engenharia da Computação
Thiago Luiz Mendes

**Plataforma Multi-Transmissão
de Rádio Frequência**

Curitiba
2005

Centro Universitário Positivo - UnicenP
Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas – NCET
Engenharia da Computação
Thiago Luiz Mendes

Plataforma Multi-Transmissão
de Rádio Frequência

Curitiba
2005

Termo de Aprovação

Thiago Luiz Mendes

Plataforma Multi-Transmissão de Rádio Freqüência

Monografia aprovada como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário Positivo, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Marcelo Mikosz Gonçalves (Orientador)

Prof. Edson Pedro Ferlin

Prof. Roberto Selow

Curitiba, 7 de Novembro de 2005

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de cursar e concluir este curso de graduação, pela proteção, graça e dom da vida que recebo todos os dias.

A minha família que tem me ajudado de todas as formas possíveis e compartilham comigo a vitória da conclusão deste curso.

Aos amigos e colegas da View Informática que também apoiaram, e que tem acompanhado meu crescimento profissional.

Ao Prof. orientador Marcelo Mikosz que auxiliou mais diretamente na condução deste projeto.

Aos professores do Unicenp que com seus conhecimentos ajudaram a sanar dúvidas relativas ao projeto.

Aos amigos da faculdade que acompanharam passo a passo do desenvolvimento do projeto, sempre incentivando e ajudando.

Aos laboratoristas que com muita paciência montavam, desmontavam, pegavam e guardavam equipamentos por centenas de vezes neste ano.

SUMÁRIO

1	Resumo	8
1.1	Abstract.....	9
2	Introdução.....	10
3	Projeto.....	11
3.1	Tema	11
3.2	Problema.....	12
3.3	Objetivos.....	12
3.4	Motivação	12
3.5	Contexto em que está inserido.....	12
3.6	Metas a serem alcançadas.....	12
3.7	Contribuição do projeto	13
4	Estudo Teórico.....	14
4.1	Teoria básica da comunicação	14
4.2	Redes de Computadores	15
4.3	Topologia de Rede Tipo Anel	16
4.4	Transmissão via radiofrequência.....	17
4.5	FSK Frequency-Shift Keying	17
5	Especificação Técnica	20
5.1	Microcontrolador 8051	20
	Descrição da pinagem:.....	21
	Descrição das funções internas:.....	23
5.2	Scanner de Código de Barras.....	26
5.3	Teclado Numérico de Membrana	28
5.4	Transmissor RF	28
6	PROJETO	30
6.1	Descrição do Sistema.....	30
	Hardware	33
6.2	Funções.....	33
6.3	Ambiente de desenvolvimento	35
6.4	Diagramas de Seqüência de Hardware	35
	Circuito do Coletor	35
	circuito do Receptor.....	35
6.5	Protocolo de Comunicação.....	36
7	Software.....	37
7.1	Software.....	37
7.2	Diagrama de Contexto.....	38
7.3	Diagrama de Fluxo de Dados	39
7.4	Linguagem e ferramenta de desenvolvimento.....	40
7.5	Diagrama Entidade – Relacionamento	40
8	Especificação dos Testes e Validação do Projeto.....	41
9	CONCLUSÃO.....	43
10	Bibliografia.....	44
11	Anexos.....	45
11.1	Anexo A.....	45
11.2	Anexo B.....	46
11.3	Anexo C.....	47
11.4	Anexo D.....	48
	Circuito emissor/receptor do coletor	48
11.5	Anexo E.....	50

Lista de Tabelas e Quadros

Tabela 1 – Scanner de Código de Barras.....	28
Tabela 2 - Especificações Técnicas do DP1201.....	29
Tabela 3 – Sinais de Sincronização.....	30
Tabela 4 – Protocolo de Comunicação.....	36
Tabela 5 – Esquemático do Fluxo Principal do Software.....	37

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Modos de Transmissão.....	15
Figura 2 – Rede Simples.....	15
Figura 3 – Rede Tipo Anel.....	16
Figura 4 – Modulação FSK.....	18
Figura 5 – Microcontrolador 8051.....	21
Figura 6 – Esquemático da Memória.....	21
Figura 7 – Scanner de Código de Barras.....	27
Figura 8 – Componente DP1201-E433.....	29
Figura 9 - Visão geral do sistema.....	31
Figura 10 – Fluxo de funcionamento do Servidor.....	32
Figura 11 – Fluxo de funcionamento do Servidor.....	33
Figura 12– Diagrama do Coletor.....	34
Figura 13 - Esquemático do Circuito Receptor.....	34
Figura 14 – DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE HARDWARE – COLETOR.....	35
Figura 15 – DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE HARDWARE - RECEPTOR.....	35
Figura 16 – Diagrama de Fluxo de Dados.....	38
Figura 17 – Diagrama de Contexto.....	39

Lista de Siglas

RF- Rádio Frequência

PC – Personal Computer

UNICENP – Centro Universitário Positivo

BIT – Taxa de Bits - O número de dados por segundo que pode fluir em um circuito de comunicações.

FM - Abreviação de Frequência Modulada,

FSK - FREQUENCY-SHIFT KEYING

ASCII - American Standard Code For Information Interchange

FEC - *forward error correction* - correção adiantada de erro

AMTOR - *amateur teleprinting over radio* - tele impressão amadora através do radio

CPU - *Central Processing Unit* – Unidade de Processamento Central

RAM – *Random Access Memory* - Memória de Acesso Aleatório

ROM - *Ready-Only Memory* - Memória Somente Leitura

1 RESUMO

Implementação de uma plataforma de Multi-Transmissão de Rádio Freqüência, apresentado para o curso de Graduação em Engenharia da Computação, no Centro Universitário Positivo, objetivando através deste demonstrar alguns dos conhecimentos obtidos no decorrer do curso, nos segmentos de Hardware e Software.

Com a crescente utilização de sistemas computacionais para controle de processos surge a necessidade de alternativas formas para a aquisição de dados. Uma delas é a aquisição remota, onde os dados podem ser coletados sem que usuário que está fazendo este *Input* de dados esteja necessariamente próximo a um computador.

A solução apresentou-se através de uma plataforma de Multi-transmissão de Rádio Freqüência, onde módulos portáteis estarão enviando as informações coletadas a um computador. Aos usuários esta transmissão de dados parecerá simultânea e em tempo real.

Palavras-chave: Rádio Freqüência; Transmissor/Receptor; Transmissão Remota; Coletores.

1.1 ABSTRACT

Implementation of a multi-transmission platform of radio frequency, presented for the Computer Engineering Graduation course, at the Centro Universitário Positivo.

Along with the on-growing utilization of computer systems for process controlling, an alternative form for data gaining is needed. One of them is the remote gaining, where the data can be collected without a hands-on user within the proximity.

The solution lies on the multi-transmission platform of radio frequency, where portable modules will be sending the information collected by a computer. This will be a simultaneous data-transmission in real time.

Key words: Radio frequency, transmitter/receptor, remote transmission, collectors.

2 INTRODUÇÃO

Com o avanço nos estudos da prática de gestão de estoque e almoxarifado, foi verificado que o grande gargalo hoje neste setor é a coleta das informações dos produtos que ainda constam em um depósito, bem como o controle e processamento destas informações.

O objetivo do trabalho realizado foi de viabilizar de forma rápida, barata, precisa e simples a aquisição de informações que estão distantes de um computador, sem a necessidade de cabos interligando a pessoa que faz a coleta e o computador, ou mesmo métodos manuais de coleta de informações com pranchetas e *check-lists* para depois transferir as informações coletadas para o computador.

Como solução o projeto desenvolvido utiliza a transmissão de dados por Rádio Freqüência, combinando técnicas de transmissão e recepção em módulos embarcados para coletar as informações remotamente, transferindo-as para um computador através de transmissores RF, portanto sem a necessidade do coletor estar próximo ao computador ligado por cabos ou transcrever as informações de uma prancheta.

As informações coletadas serão então enviadas para um computador que estará manipulando as informações em banco de dados conforme necessidade do sistema.

O projeto então é dividido em 3 módulos, estes que são nomeados como: Cliente, Servidor e Software.

O Módulo Servidor consiste em um hardware que ligado ao computador pela porta serial, informa ao computador as informações que foram recebidas. Este módulo que identifica quais clientes tem informação para enviar e fecha comunicação com o mesmo se for o caso.

O Módulo Cliente consiste em um hardware embarcado, que é utilizado para fazer a coleta da informação através de um leitor de código de barras e de um teclado numérico. As informações coletadas serão enviadas para o módulo servidor.

O Módulo Software é responsável pela aplicação, este que filtra as informações recebidas pelo Servidor, manipula a informação e a grava em um banco de dados.

3 PROJETO

Neste capítulo serão apresentadas algumas características do projeto, uma introdução ao seu tema, o problema a ser resolvido, objetivos e motivação para desenvolvimento deste projeto.

3.1 TEMA

Desenvolvimento de uma plataforma para multi-transmissão de Rádio Freqüência, onde vários emissores poderão enviar informações em uma mesma freqüência para um mesmo receptor, e disponibilizar estas informações para um computador que estando ligado a uma rede de computadores estará fazendo a entrada de dados em um determinado sistema.

A informação será coletada por aparelhos aqui chamados de Coletores, que consistem em um hardware portátil com entrada de dados por teclado numérico ou leitor de código de barras, e enviada a um receptor através deste hardware. O receptor tratará as informações recebidas e as enviará para um computador que estiver conectado, para que o mesmo possa disponibilizar as informações para o sistema.

Utiliza um Transmissor e um Receptor de Rádio Freqüência em cada Coletor e também no hardware receptor, para que sejam transmitidas entre eles mensagens de controle, como verificação da informação enviada e recebida, além da informação propriamente dita.

O hardware receptor será ligado ao computador via interface serial e transmitirá as informações para o computador assim que as informações dos coletores forem recebidas e validadas.

O software é constituído por 2 módulos: módulo de comunicação serial (hardware receptor \leftrightarrow computador) e módulo com o sistema de aplicação.

O sistema de aplicação consiste em um Programa de controle de estoque em almoxarifado, onde são coletadas as informações de produtos e quantidades disponíveis, que serão informadas por diferentes usuários através dos coletores, e como retorno o sistema informará se a contagem foi feita corretamente ou incorretamente, validando assim a quantidade real de produtos em estoque.

3.2 PROBLEMA

Tratar o envio de sinais de um coletor para um receptor, identificar/armazenar todas as informações enviadas com precisão.

3.3 OBJETIVOS

O objetivo principal foi o desenvolvimento de um sistema de coleta e transmissão de dados remotamente a um computador, e de baixo custo para automatizar segmentos da indústria e do comércio para aplicações de médio e pequeno porte.

3.4 MOTIVAÇÃO

O projeto surgiu com base na observação de sistemas de coleta de dados em fábricas e grandes comércios. Produtos hoje existentes no mercado tem o custo elevado devido a não haver similares nacionais e os existentes terem uma alta flexibilidade de aplicações em um mesmo aparelho, tornando assim o sistema todo sub-utilizado.

O projeto desenvolvido busca penetrar nesta área do mercado, onde existe a real necessidade de uma coleta de dados remota, porém o tamanho da aplicação é reduzido, baixando assim o custo do equipamento e tornando-o acessível a empresas de pequeno e médio porte.

3.5 CONTEXTO EM QUE ESTÁ INSERIDO

Este projeto é voltado para aquisição de dados, agilizando coleta de informações e trabalhando estas informações em um mesmo fluxo dentro do processo, a fim de garantir a velocidade com que a informação é inserida no sistema, assim como a sua veracidade.

3.6 METAS A SEREM ALCANÇADAS

O principal objetivo deste trabalho foi de coletar dados por um leitor de código de barras, um teclado numérico e transmiti-los para um computador utilizando dispositivos de Rádio Frequência.

Para alcançar este objetivo principal, alguns pontos foram relacionados como metas parciais, pontos estes que foram atingidos conforme o desenvolvimento do projeto. Abaixo uma lista destas sub-metas:

- Leitura do código de barras através de um Scanner próprio utilizando o microprocessador 8051, armazenando o valor lido.
- Leitura de um teclado numérico utilizando o microprocessador 8051, armazenando o valor lido.
- Multiplexar a porta serial do microprocessador 8051, pois o mesmo só possui 1 (uma) saída serial, e no projeto foram necessárias 2 (duas), sendo uma para o scanner e outra para o transmissor RF.
- Baixar a tensão na informação que o microprocessador envia para o transmissor RF, pois o mesmo trabalha com 3 Volts, e o microprocessador com 5 Volts.
- Sincronizar o módulo transmissor com o módulo receptor .
- Receber as informações do Servidor no computador.
- Filtrar os dados recebidos para obter as informações que foram transmitidas.

3.7 CONTRIBUIÇÃO DO PROJETO

O projeto proposto oferece as seguintes contribuições

- Velocidade na aquisição de informações.
- Elimina uma etapa do processo de coleta de informações que seria a de transcrever as informações coletadas manualmente para um sistema de computador.
- A coleta da informação entra no sistema em tempo real e já pode ser distribuída para outros sistemas.

4 ESTUDO TEÓRICO

Neste capítulo serão descritos todos os estudos feitos sobre cada componente utilizado no projeto, no intuito de mostrar o conhecimento adquirido ao longo do desenvolvimento deste projeto.

4.1 TEORIA BÁSICA DA COMUNICAÇÃO

Regida pelas leis matemáticas de comunicação e processamento, onde a capacidade de transmissão e a medida quantitativa para a informação são definidas com base nos 5 elementos abaixo:

- Fonte: geram as informações a serem transmitidas;
- Transmissor: Transforma e codifica a informação;
- Sistema de Transmissão: linha que transporta o sinal do transmissor para o receptor;
- Receptor: Decodifica e recupera o sinal de forma a recompor a mensagem original transmitida;
- Destino: é para onde a informação se destina;

Cada canal possui uma largura de banda diferente, esta que determina a capacidade de transmissão do canal em sua taxa máxima de informação em bits/s.

A transmissão pode utilizar sinais analógicos ou digitais podendo ser:

- *Simplex*: só uma direção;
- *Half-Duplex*: em ambas as direções, mas somente uma ao mesmo tempo;
- *Full-Duplex*: em ambas as direções ao mesmo tempo;

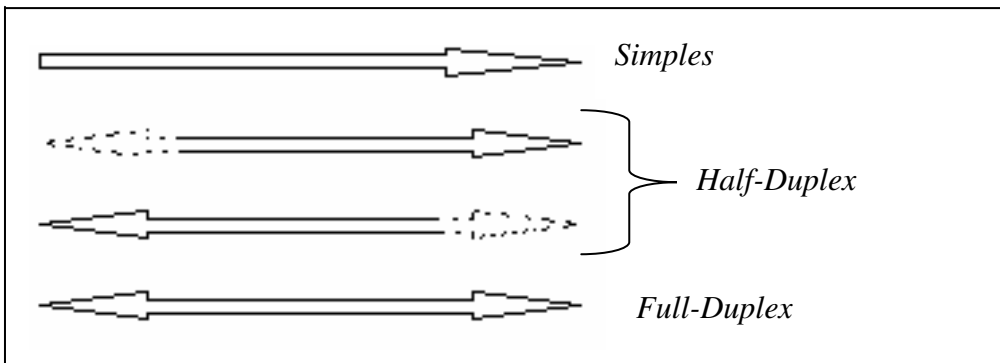


Figura 1 – Modos de Transmissão

4.2 REDES DE COMPUTADORES

Basicamente uma rede consiste em 2 computadores interligados com o objetivo de compartilhar dados. Isso já pode ser considerado uma rede. Veja um exemplo na figura 1.1 abaixo.



Figura 2 – Rede simples

Este é apenas um exemplo simples, é claro que uma rede não é apenas 2 computadores interligados afim de compartilhar dados e sim 2 ou mais interligados. Alias, todas as redes, não importa o quanto sejam sofisticadas, derivam desse sistema simples. Se a idéia de dois computadores conectados por um cabo pode não parecer extraordinária, no passado representou uma grande conquista nas comunicações.

Definição - Basicamente, uma rede de trabalho é um sistema que permite a comunicação entre pontos distintos, ou seja, um sistema que permite a troca de informações. Os componentes básicos de uma rede de trabalho (ou rede de informações) são um emissor (origem da informação), o meio através da qual a informação trafega (o canal), um receptor (o destino da informação) e finalmente a mensagem, que nada mais é do que a informação em si. Um exemplo comum seria uma pessoa falando no telefone com outra pessoa: O emissor seria quem está

falando, o canal seria a linha telefônica, o receptor a pessoa que está ouvindo e a mensagem seria a própria mensagem que está sendo comunicada. Ao longo dos anos as ferramentas para a comunicação de dados foram evoluindo gradativamente, de modo a tornar a troca de informações rápida, fácil e mais eficiente.

4.3 TOPOLOGIA DE REDE TIPO ANEL

Topologia de rede é a forma através da qual ela se apresenta fisicamente, ou seja, com os nós estão dispostos. A topologia de uma rede descreve como o é o "layout" do meio através do qual há o tráfego de informações, e também como os dispositivos estão conectados a ele. São várias as topologias existentes, podemos citar o Barramento, Estrela, Anel, Malha, e topologias Híbridas.

Como o nome indica, uma rede anel é constituída de um circuito fechado, tal como a rede elétrica. A maior vantagem: não há atenuação do sinal transmitido, já que ele é regenerado cada vez que passa por uma estação (a atenuação é diretamente proporcional à distância entre um nó e outro). A maior desvantagem: todas as estações devem estar ativas e funcionando corretamente. A implementação mais comum da topologia estrela são as redes Token-Ring, de propriedade da IBM. Esta topologia oferece uma taxa de transmissão maior da que é oferecida nas redes de topologia barramento.



Figura 3 – Rede Tipo Anel

4.4 TRANSMISSÃO VIA RADIOFREQÜÊNCIA

Presente no dia-a-dia de todo o mundo, sendo utilizada para a transmissão de programas de rádio e televisão, comunicação entre telefones portáteis, automação de processos onde a aquisição e o transporte da informação deve ocorrer em tempo real. A transmissão via radiofreqüência pode ser feita para transmitir dados entre sistemas e computadores.

Por não necessitar de uma conexão física, cada componente transmissor RF necessita de uma antena, para poder enviar e receber dados.

A transmissão de dados via Radio freqüência poderá sofrer perda de dados, ou, os dados podem chegar corrompidos devido a dois principais fatores:

- **Atenuação:** é a perda de energia durante a propagação do sinal no meio. A quantidade de energia depende da freqüência do sinal, quanto maior a freqüência, maior a energia. Esta medida é expressa em dB/Km. A atenuação ocorre em todos os meios de comunicação, principalmente nos chamados meios não guiados.
- **Ruídos:** são perturbações aleatórias causadas por agentes externos, podem ser naturais ou de natureza humana.

4.5 FSK FREQUENCY-SHIFT KEYING

Parecido com o FM, o FSK (sintonia por deslocamento de freqüência) desloca a freqüência da portadora do transmissor. Diferente de FM entretanto, o FSK desloca a freqüência entre apenas dois pontos fixos separados. A maior freqüência é chamada de freqüência de marco enquanto a menor das duas freqüências é chamada de freqüência de espaço. Por contraste, um sinal FM pode ondular para qualquer freqüência dentro do seu intervalo de desvio.

Podemos visualizar como ocorre este processo através da figura 3. Repare que a cada deslocamento de freqüência ou fase, atribui-se um valor binário, que efetivamente conduzirá a informação.

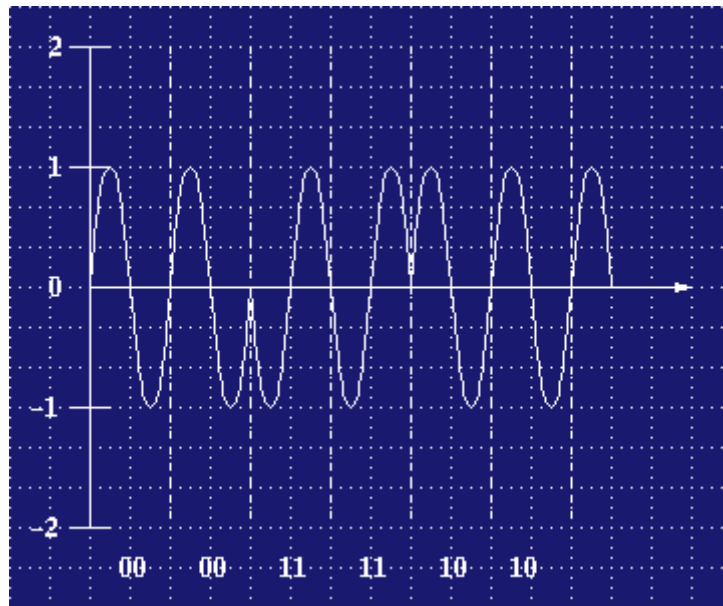


Figura 4 – Modulação FSK

O FSK foi originalmente desenvolvido para enviar texto através de dispositivos de radio teleimpressor. O deslocamento da portadora entre o marco e o espaço foi usado para gerar caracteres no código Baudot, o qual pode ser pensado como uma versão mais elaborada do código Morse. No receptor, os sinais Baudot foram usados para produzir texto impresso em impressoras e, depois, telas de vídeo.

Conforme a tecnologia evoluiu, o FSK foi usado para transmitir mensagens no código ASCII usados por computadores, isto permitiu o uso de caracteres caixa baixa e alta e símbolos especiais. A introdução de micro processadores tornou possível usar o FSK para enviar mensagens com capacidade de verificação e correção automática de erros. Isto é feito através da inclusão de códigos de verificação de erro nas mensagens e permitindo a estação receptora requisitar a retransmissão se uma mensagem ou os códigos de verificação de erro estiverem em conflito (ou se o código não foi recebido). Entre os modos mais comuns tais como o FSK estão o AMTOR (amateur teleprinting over radio - tele impressão amadora através do radio) e FEC (forward error correction - correção adiantada de erro).

O FSK é o modo mais rápido de se enviar texto pelo radio, e os modos de correção de erro oferecem alta acuracidade e confiabilidade. O espaço de freqüência ocupado depende da quantidade de deslocamentos, mas um sinal típico de FSK ocupa menos que 1,5 kHz de espaço. A grande desvantagem do FSK é a necessidade de um mais elaborado equipamento de recepção.

Terminais de recepção especial e adaptadores estão disponíveis para que você visualize os modos FSK. Muitos deles trabalham em conjunto com os computadores pessoais.

5 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

Aqui serão listados os componentes utilizados no projeto, bem como suas características e especificações técnicas, explicando qual é a função do componente dentro do projeto.

5.1 MICROCONTROLADOR 8051

Dos microcontroladores disponíveis hoje no mercado o microcontrolador 8051 é um dos mais populares – vide componente na Figura 4 -. Este chip pode ser comparado a um microcomputador normal, como os computadores que utilizamos em nossos escritórios, porém com um poder de processamento extremamente reduzido. Tal comparação se dá pelo fato deste chip possuir uma memória de dados, CPU e interface de entrada e saída de dados para comunicações com o mundo externo.

Este microcontrolador pode ser utilizado de duas maneiras, sendo da maneira mínima e da maneira expandida.

Da maneira mínima de trabalho, são utilizados somente os recursos internos do chip, sendo o 8051 convencional com 4Kbytes de memória de programa (memória ROM) e 128bytes de memória de dados (memória RAM), podendo estas memórias variarem conforme o modelo e fabricante do chip escolhido.

Da maneira expandida, o microcontrolador pode ser adaptado para utilizar memórias auxiliares conhecidas como memória externa, de modo que os dados ficam armazenados em outro chip, conhecido como chip de expansão. Sendo assim ambas as memórias, RAM e ROM podem ser expandidas para 64Kbytes.

Estes dois módulos de operação proporcionam para o microcontrolador uma grande flexibilidade. Outras duas características importantes dos microcontroladores é que estes possuem um baixo consumo de potência, e possuem recursos para se comunicar com o mundo real, por exemplo, de um computador para o microcontrolador, utilizando uma interface de comunicação serial. Ou no caso do projeto em desenvolvimento, ligado a um transmissor de rádio frequência ou em um leitor de código de barras para receber as informações lidas e tratá-las para um processamento.



Figura 5 – Microcontrolador 8051

Descrição da pinagem:

- Vcc,Gnd: alimentação única de 5 Vcc.
- X1-X2: conectada ao cristal externo (12 MHz típico). O sistema de temporização interno divide a frequência do cristal por 12, proporcionando um ciclo típico de máquina de 1 ms.
- RST: entrada de inicialização ativa em nível alto
- EA ("external access"): em nível baixo, desabilita os 4 Kbytes de memória de programa interna. Toda a busca de instrução é realizada externamente (através de uma EPROM). Em nível alto habilita a memória interna.

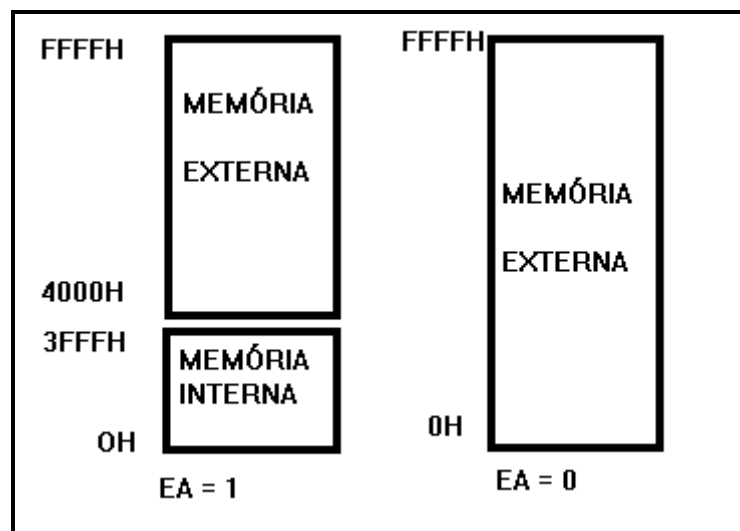


Figura 6 – Esquemático da Memória

- ALE ("Address Latch Enable"): na utilização de memória de programa externa, este pino tem a função de indicar a presença de endereço (em nível alto) ou dado (em nível baixo) no barramento de endereço/dado multiplexado (AD0-AD7).

- PSEN ("Program Strobe Enable"): em nível baixo indica leitura de uma instrução da área de programa. Normalmente ligado ao pino RD da memória de programa.

- Port P0 (P0.0-P0.7): seus 8 pinos podem ter dupla função. Se não houver memória externa, são utilizados como sinais de entrada/saída do "latch" bidirecional P0. Se houver memória externa, atua como 8 sinais multiplexados de dados/endereço (AD0-AD7). O sinal de ALE indica a condição deste barramento.

- Port P1 (P1.0-P1.7): 8 pinos de entrada/saída do "latch" bidirecional P1.

- Port P2 (P2.0-P2.7): seus 8 pinos também podem ter dupla função. Se não houver memória externa com mais de 256 endereços, são utilizados como sinais de entrada/saída do "latch" bidirecional P2. Se houver necessidade de endereçamento maior que 8 bits, atua como 8 sinais de endereço A8-A15.

- Port P3 (P3.0-P3.7): novamente, seus 8 sinais tem dupla função:

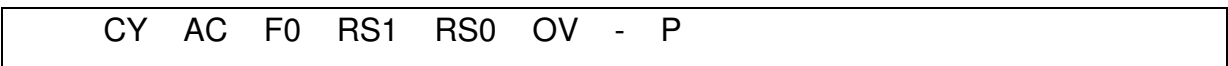
- P3.0: RxD (recepção serial) / port P3.0
- P3.1: TxD (transmissão serial) / port P3.1
- P3.2: INT0 (interrupção 0) / port P3.2
- P3.3: INT1 (interrupção 1) / port P3.3
- P3.4: T0 (entrada Timer 0) / port P3.4
- P3.5: T1 (entrada Timer 1) / port P3.5
- P3.6: WR (sinal de escrita da RAM externa)/port
- P3.7: RD (sinal de leitura da RAM externa)/port

Descrição das funções internas:

- U.L.A.: unidade lógica aritmética de 8 bits, responsável pela execução das 4 operações aritméticas básicas e das operações lógicas tradicionais (AND, OR, OR EXCLUSIVE, INVERSÃO e SHIFT).

- Acumulador: registrador de 8 bits mais utilizado pelo microcontrolador. Normalmente utilizado para colocar resultados da U.L.A. ou fatores utilizados nas operações lógico / aritméticas. No caso das operações de multiplicação, o registrador B também é utilizado para colocação dos resultados, pois o resultado é apresentado em 16 bits.

- Flag PSW: registrador sinalizador das operações aritméticas da U.L.A., configurador dos registradores R0-R7 e para uso geral. Abaixo é mostrado a posição e nome de seus 8 bits:



CY (PSW.7): indica presença de bit CARRY (vai um) nas operações aritméticas da U.L.A.

AC (PSW.6): indica presença do bit Auxiliar Carry quando ocorre vai um entre os 3 e 4 bits nas operações aritméticas da U.L.A..

F0 (PSW.5): bit para uso livre do programador.

RS1 e RS0 (PSW.4 E PSW.3): configura qual banco de registradores R0-R7 será acessado.

0 - 0 -> primeiro banco

0 - 1 -> segundo banco

1 - 0 -> terceiro banco

1 - 1 -> quarto banco

Ex.: MOV PSW,#00001000B ;RS0=1 E RS1=1 -> SEGUNDO BANCO

OV (PSW.2): indica presença de bit CARRY (bit 8 ativado) nas operações de multiplicação da U.L.A. Auxilia também as operações de subtração.

P (PSW.0): indica paridade do acumulador. Se setado, indica número par de '1' no acumulador. Caso contrário indica número ímpar.

- Contador de Programa (PC): registrador de 16 bits que guarda o endereço da próxima instrução. Quando o 8051 é resetado, este registrador é zerado, fazendo o 8051 buscar a primeira instrução da memória.

- Apontador de Pilha (SP): registrador de 8 bits indicador do endereço inicial da pilha do 8051. A pilha necessariamente tem que estar localizada entre os endereços 30H e 7FH da área RAM interna do microcontrolador. O tamanho da pilha deve ser suficiente para permitir os diversos acessos de subrotinas do programa (considerando os armazenamento dos endereços do computador e dos parâmetros da instrução PUSH).

- Ponteiro de Memória Externo (DPTR): registrador de 16 bits utilizado para armazenar endereços de memória externa.

- Registrador B: registrador auxiliar nas operações de multiplicação e divisão.

- Decodificador e Registrador de Instruções / Controle e Temporização: sistema responsável pelo armazenamento, decodificação e execução dos códigos de operação (bytes) das 256 instruções do 8051. Controla os sinais externos de controle (reset, ALE, configuração da memória interna de programa e sinal de leitura da memória externa).

- Timers: o 8051 possui 2 sistemas de temporização de 16 bits.

- Unidade Serial: sistema para comunicação serial assíncrona *full-duplex*.

- Memória de Dados (SFR) e de Programa: o 8051 possui um estrutura de acesso ao sistema de memória conhecida como *HARVARD*, onde o acesso a memória de programa é diferenciado do acesso a memória de dados (através de sinais de leitura distintos). Desta forma, o microcontrolador não permite que um determinado programa fique localizado na área de dados ou vice-versa. A grande vantagem deste sistema é a otimização do sistema no acesso as instruções do programa e aos dados. O programa dos sistemas com microcontroladores normalmente são dedicados (*FIRMWARE*). Observe que este modo de acesso a memória é diferente dos microcomputadores padrão IBM-PC, onde normalmente os programas localizam-se na área de dados (daí o fato de cada vez mais ser importante uma grande área de memória RAM dentro dos computadores).

- Memória de Dados (SRF): o 8051 possui 256 bytes de memória de dados interna e permite o acesso de mais 64 Kbytes de memória de dados externa (unicamente através das instruções MOVX). Na maioria das vezes a memória interna de dados é suficiente, pois as aplicações de controle normalmente não exigem muita quantidade de memória volátil (já que os programas não são armazenados na área de RAM).

A memória RAM interna é dividida em 4 áreas:

- Área de Registradores R0-R7 (00-1FH): o 8051 possui 4 bancos de registradores selecionados através dos bits RS1 e RS0 do registrador PSW. Normalmente estes registradores armazenam endereços da área de rascunho (modo de endereçamento indireto).

- Área Booleana (binária) (20H-2FH): 16 bytes endereçados bit a bit (totalizando 128 bits). Pode-se acessar cada bit individualmente indicando uma determinada condição binária (por exemplo: a tecla A de um teclado foi acionada). Estes bits são acessados pelas instruções booleanas do 8051.

- Área de Rascunho (30H-7FH): memória de uso geral onde se localiza a pilha do sistema.

- Área de Registradores Especiais (SFR) (80H-FFH): área onde se localiza todos os registradores com função especial. O número destes registradores varia de acordo com as funções disponíveis dentro do processador. Os registradores especiais mais comuns são:

- PO (80H): port P0.
- P1 (90H).
- P2 (A0H).
- P3 (B0H).
- ACC (E0H): acumulador.
- B (F0H)
- PSW (D0H): registrador de status
- SP (81H): apontador de pilha
- DPL (82H): byte menos significativo do registrador DPTR.
- DPH (83H): byte mais significativo do registrador DPTR.
- PCON (87H): registrador de controle de consumo do 8051.
- IE (A8H): registrador de habilitação do sistema de interrupções.
- IP (B8H): registrador indicador de prioridade do sistema de interrupção.
- TMOD (89H): registrador de modo dos timers.
- TCON (88H): registrador de controle do timer 1
- T2CON (C8H): registrador de controle do timer 2.
- TL0 (8AH): byte inferior do timer 1.
- TH0 (8CH): byte superior do timer 1.
- TL1 (8DH): byte inferior do timer 2.
- TH1 (8BH): byte superior do timer 2.

5.2 SCANNER DE CÓDIGO DE BARRAS

O Scanner para leitura de Código de Barras utilizado foi do tipo Scanner/Laser, o qual utiliza um raio laser como fonte de luz, e utilizando um fotodiodo para medir a intensidade da luz refletida a partir do código lido determina qual é o valor deste código.

O Scanner utilizado foi do modelo BR 210, da Bematech. É um Scanner padrão, utilizado por muitos estabelecimentos para automação comercial.

Existem diversas simbologias de identificação de código de barras. As mais populares são suportadas pelo Scanner utilizado, citando como exemplo o código 128, EAN 128, MSI, Industrial 25, Matrix 25 e código 39 (Full ASCII).

Sua interface de saída é do tipo RS-232, de modo que a informação de leitura passa pelo Pinho Tx e quando ligado nos equipamentos da Bematech, pode ser alimentado pela própria porta serial. Para outros equipamentos necessita ser ligado a uma fonte de tensão 5Vcc.

Suporta todos os Baud Rates padrões da porta serial, para o projeto foram utilizados os seguintes parâmetros:

Baud Rate: 19200

Paridade: não setada

Bits de dados: 8

Controle de Fluxo: nenhum



Figura 7 – Scanner de Código de Barras

Especificações técnicas do Scanner Leitor de código de barras

Características	Especificações	
Elétricas	Alimentação	5 VDC \pm 10%
	Consumo	80 mA (Típico) 90 mA (Máximo)
	Sensor	CCD 2048 pixels
	Fonte de Luz	LED Vermelho Visível (660nm)
	Resolução Máxima (PCS 90%):	0,125 mm
	Interfaces Disponíveis	Teclado- AT/PS2, RS 232C
	PCS (Contraste)	45%

Tabela 1 – Scanner de Código de Barras

5.3 TECLADO NUMÉRICO DE MEMBRANA

O teclado de membrana consiste em duas espirais entrelaçadas, mas que não se tocam. A tecla possui uma chapa metálica que quando pressionada faz um curto-circuito em algum ponto entre as duas espirais.

5.4 TRANSMISSOR RF

O projeto apresenta um módulo de transmissão e recepção de dados via radiofrequência do fabricante Xemics. O modelo do equipamento é o DP1201-E433, onde o mesmo módulo funciona como transmissor e receptor.



Figura 8 – Componente DP1201-E433

O Modelo apresentado utiliza uma taxa de transmissão de 9600 Kbps, tendo um alcance de 100 metros em ambientes abertos, e um alcance de 50 metros para ambientes fechados, com obstáculos entre os transmissores. Sua frequência é de 433 MHz, que é uma banda pública e liberada pelo órgão regulamentador.

Description	Min	Max	Unit
Supply voltage	2.4	5.5	V
Operating temperature	-20	+60	°C
Storage temperature	-40	+85	°C
Soldering temperature (max 15 sec)		+200	°C

Tabela 2 - Especificações Técnicas do DP1201

Modo Transmissão

Para Setar o DP1201-E433 para modo transmissão, é necessário habilitar o Pino RxTX com nível lógico baixo, desta maneira tudo o que é recebido na antena é enviado para o Pino Tx, este que será ligado ao microcontrolador.

EN	RXTX	MODE
0	X	Module Disabled
1	0	Transmit mode
1	1	Receive mode

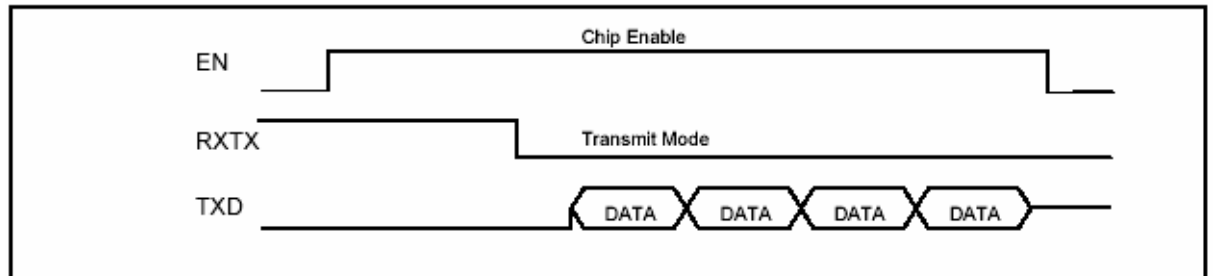


Tabela 3 – Sinais de Sincronização

Modo Recepção

Para Setar o DP1201-E433 para modo de recepção, é necessário habilitar o Pino RxTX com nível lógico alto, assim o microcontrolador envia as informações para o pino de Rx do componente, e esta informação é transmitida através da antena acoplada no módulo.

Antena

Para melhorar a qualidade da transmissão dos dados se faz necessário o uso de uma antena no componente DP1201-E433, onde o tamanho recomendado pelo fabricante para uma transmissão confiável é de 16 cm.

6 PROJETO

6.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema é dividido em vários módulos de cliente, e um módulo servidor. Onde os clientes são os responsáveis por coletar as informações em um almoxarifado ou depósito e enviam a informação para um servidor, que ligado ao computador transfere estas informações ao Software para inserção em banco de dados e manipulação destas informações.

A figura a seguir mostra uma visão geral do sistema;

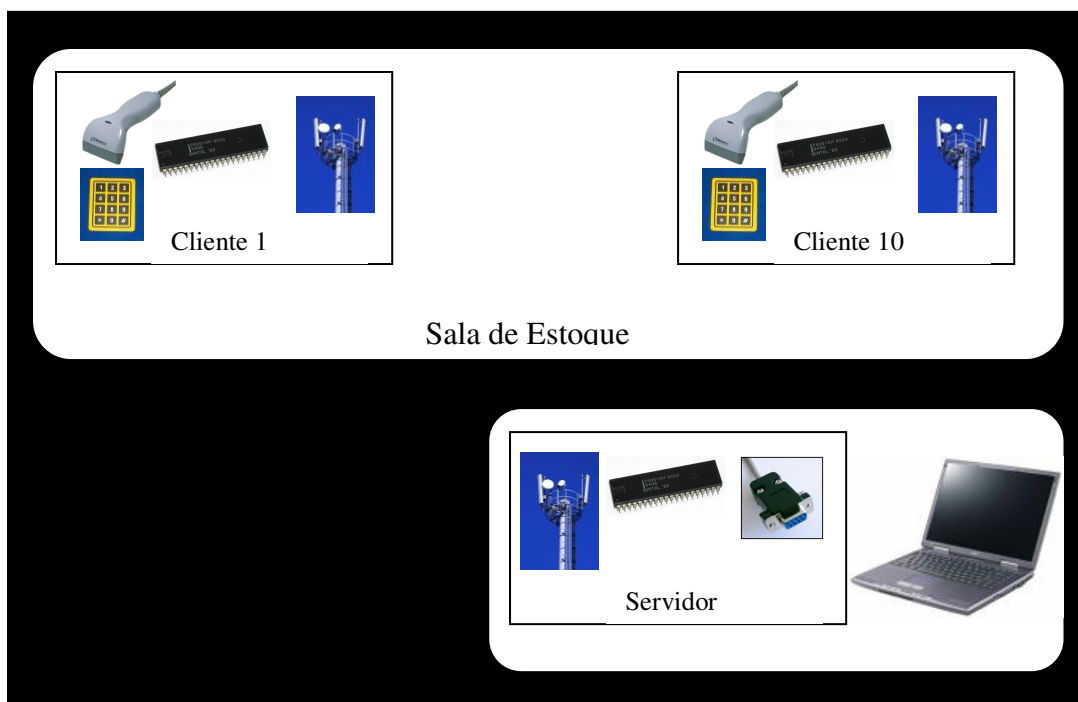


Figura 9 - Visão geral do sistema

A aquisição da identificação do produto é feita por leitura do código de barras, para isso o cliente tem um scanner apropriado acoplado em seu módulo. Utilizando o teclado numérico informa-se a quantidade do produto em questão, e qual funcionário está fazendo a coleta. Após inseridas estas informações as mesmas ficarão armazenadas em memória no coletor, que passa a aguardar uma requisição do servidor para enviar as informações.

O Servidor por sua vez envia constantemente sinais procurando os clientes que tenham informações para enviar. Ao encontrar um cliente com informação na saída, o mesmo dá um comando para este cliente enviar as informações, e habilita seu modo de recebimento. Conforme recebe as informações repassa-as para o computador, para as mesmas serem identificadas via protocolo implementado em software e gravadas em banco de dados.

É mostrado na figura 10 o Fluxo do funcionamento do Servidor:

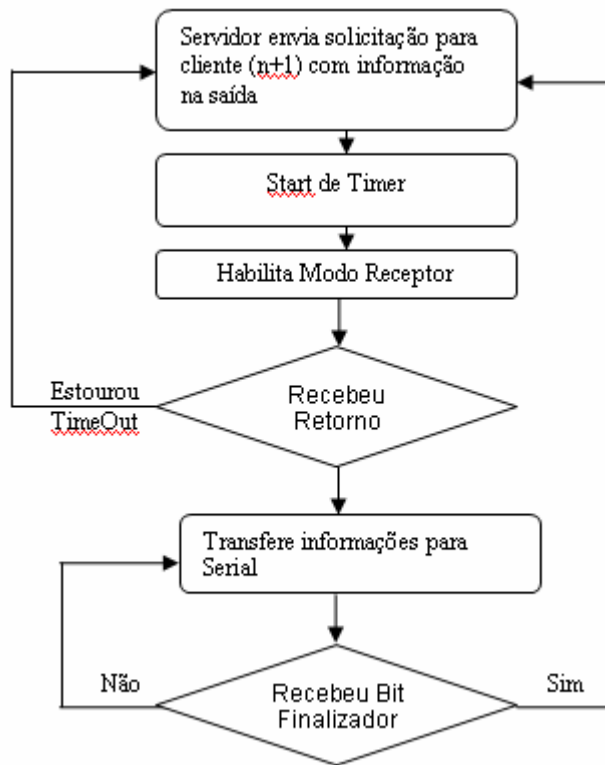


Figura 10 – Fluxo de funcionamento do Servidor

Fluxo do funcionamento do Cliente

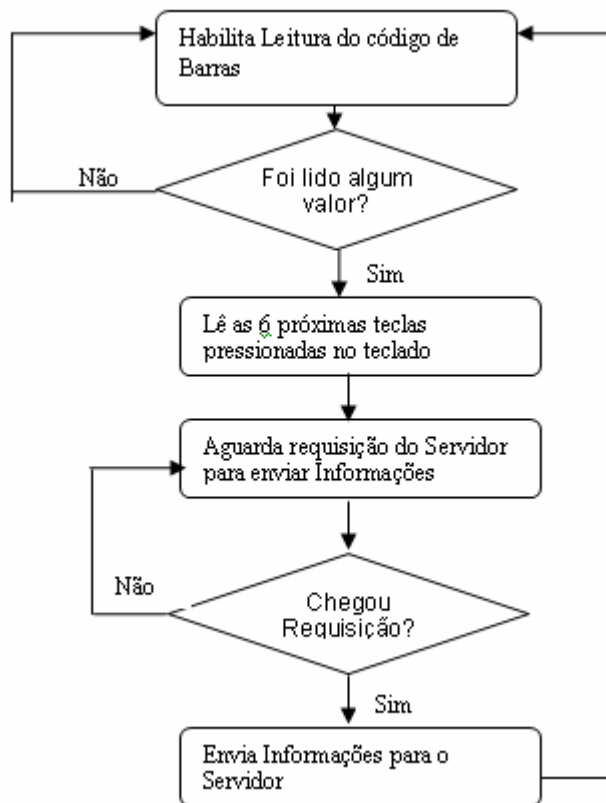


Figura 11 – Fluxo de funcionamento do Servidor

HARDWARE

6.2 FUNÇÕES

Para o desenvolvimento do coletor, o hardware utilizado no projeto consiste em um circuito transmissor/receptor de rádio frequência da empresa Xemics, modelo DP1201-E433 – Anexo D -, um microprocessador Intel 8051 – Anexo E -, um teclado numérico do tipo membrana e um leitor de código de barras. O diagrama Esquemático do circuito coletor está no anexo A no final do documento.

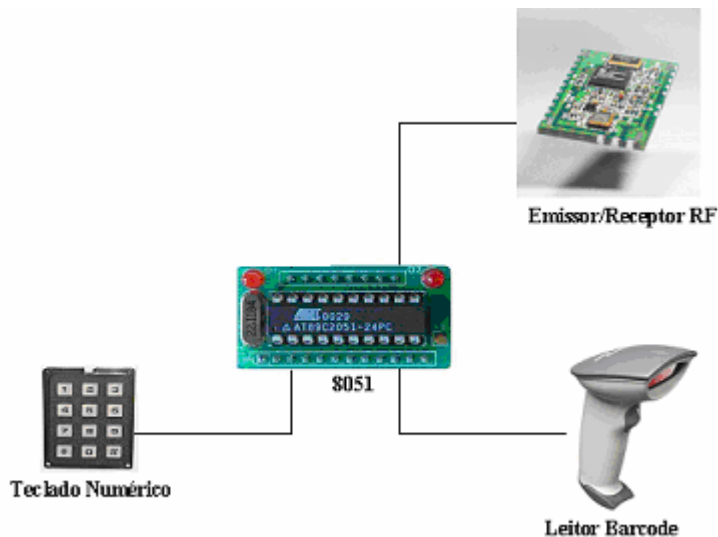


Figura12 – Diagrama do Coletor

Para o desenvolvimento do circuito receptor, o hardware utilizado no projeto consiste em um circuito transmissor/receptor de rádio frequência da empresa Xemics, modelo DP1201-E433, um microprocessador Intel 8051 e uma saída serial para fazer o interfaceamento com o computador. O diagrama Esquemático do circuito Receptor está no anexo B de uma forma completa, e no Anexo C.

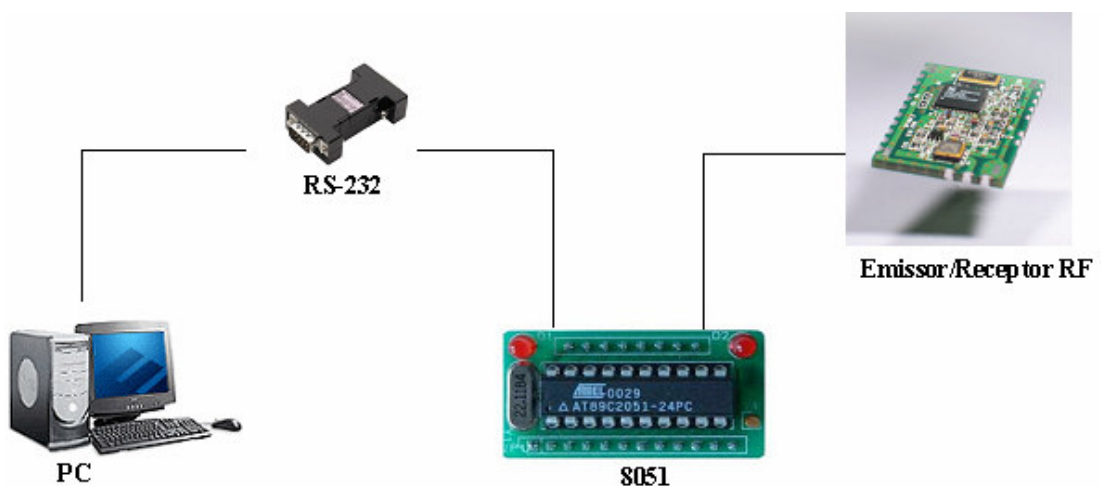


Figura13 - Esquemático do Circuito Receptor

6.3 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

O ambiente utilizado para a programação do microcontrolador 8051, em linguagem C foi o software Keil.

Para o desenho do diagrama esquemático foi utilizado o software Orcad Capture e para o desenho da placa de circuito impresso o Software Orcad Layout.

6.4 DIAGRAMAS DE SEQÜÊNCIA DE HARDWARE

É mostrado aqui o diagrama de seqüência, ou seja, o processo seqüencial de como se dá o tráfego de ações dentro do projeto. Vale mostrar que o principal objetivo está relacionado com a multi-transmissão RF de diversos coletores para apenas um circuito receptor.

CIRCUITO DO COLETOR

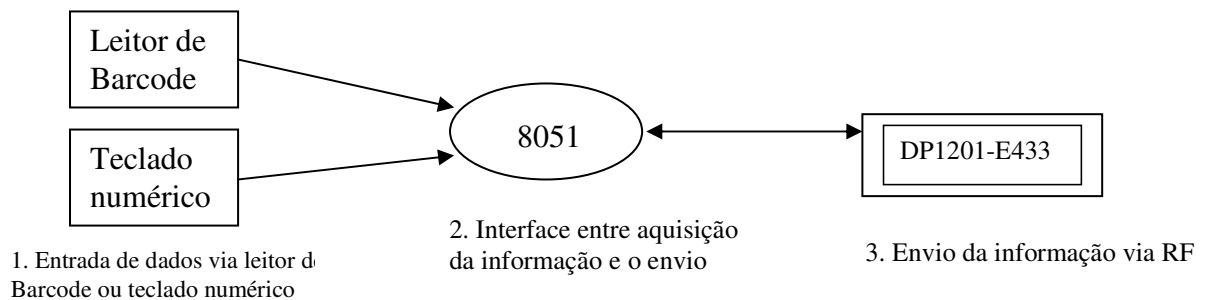


Figura 14 – Diagrama de Seqüência de Hardware - Coletor

CIRCUITO DO RECEPTOR

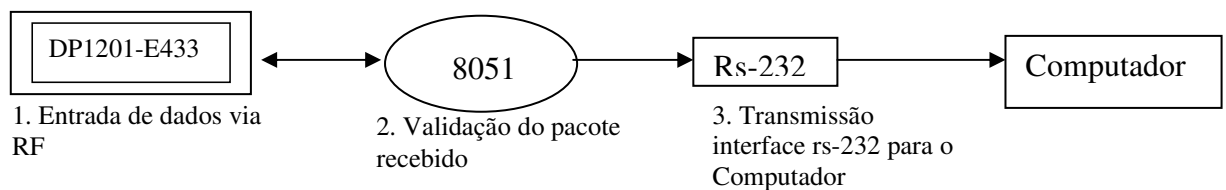


Figura 15 – Diagrama de Seqüência de Hardware - Receptor

6.5 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

Para fazer a comunicação entre os coletores e o circuito receptor foi desenvolvido um protocolo próprio, este que contém informações de Start Bit, para identificar o início da informação, contém também os bits com a informação propriamente dita e por fim Bits indicando o final do pacote.

Start Bit	Dados 1	Dados 2	Dados 3	Bits Finalizador
03 Bits para Start Bit				
06 Bits para informação obtida do leitor de Código de Barras				
03 Bits para informação obtida do teclado numérico				
03 Bits para informação obtida do teclado numérico				
02 Bits finalizadores de pacote				

Tabela 4 – Protocolo de Comunicação

7 SOFTWARE

7.1 SOFTWARE

O software que foi desenvolvido para a validação da plataforma de multi-transmissão RF consiste em um software para controle de estoque, onde o é feita a consistência das informações inseridas pelos usuários através dos coletores.

Os usuários entrarão com informações como o nome do produto, quantidade disponível e usuário que está fazendo o cadastro. Após vários usuários entrarem com os dados, inclusive do mesmo produto, o sistema verifica a real quantidade de produtos disponíveis, evitando assim erro de cadastros.

Esquemático do Fluxo Principal do Software

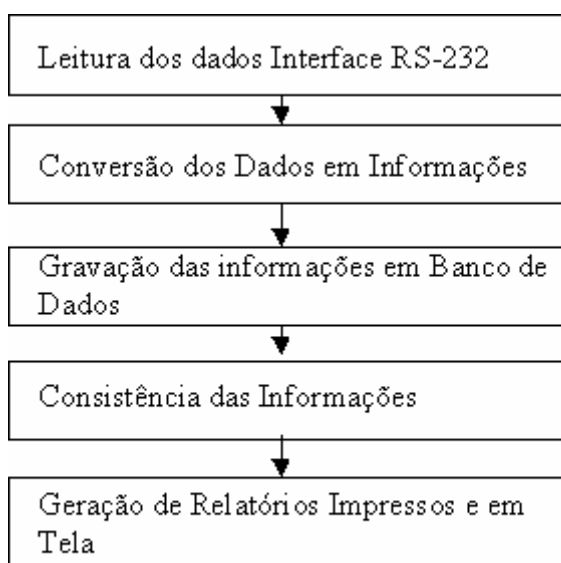


Tabela 5 – Esquemático do Fluxo Principal do Software

O Software tem ainda as telas de Cadastros de Produtos, Funcionários e tela indicativa para o recebimento das informações.

7.2 DIAGRAMA DE CONTEXTO

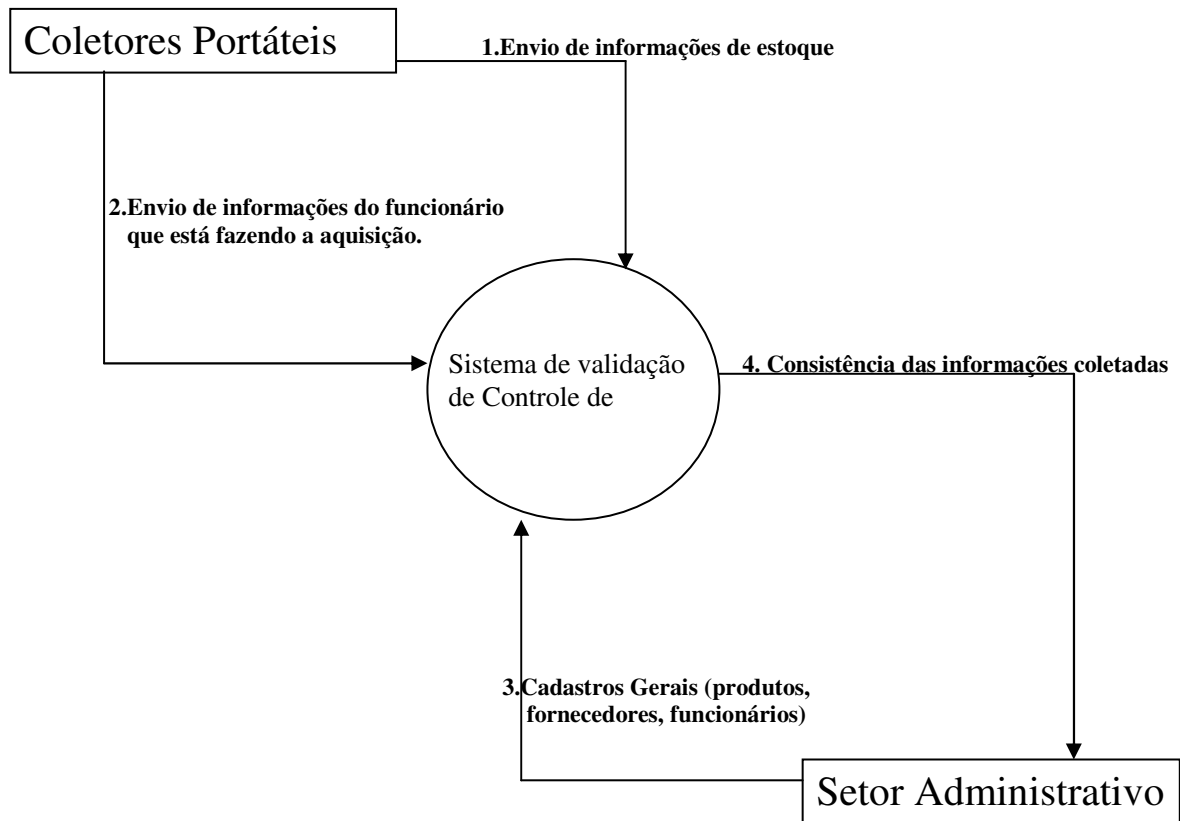


Figura 16 – Diagrama de Contexto

7.3 DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS

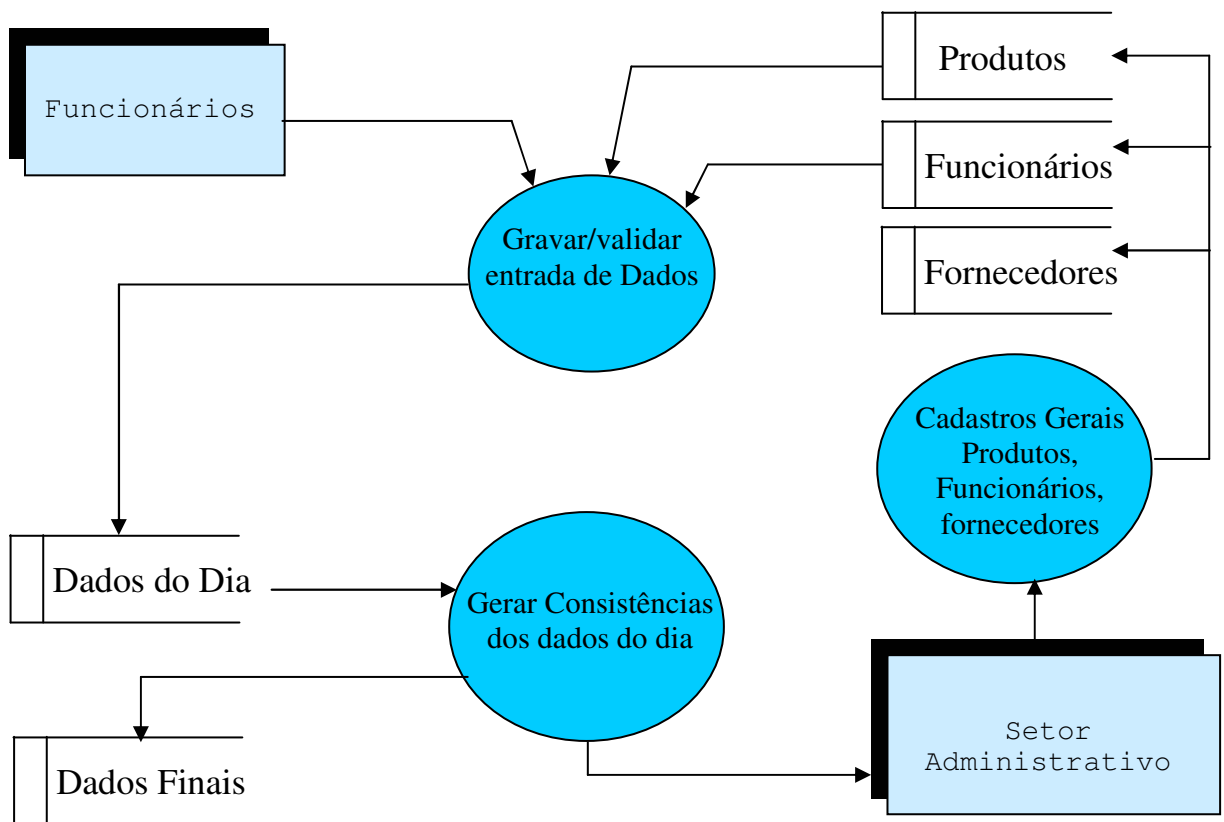
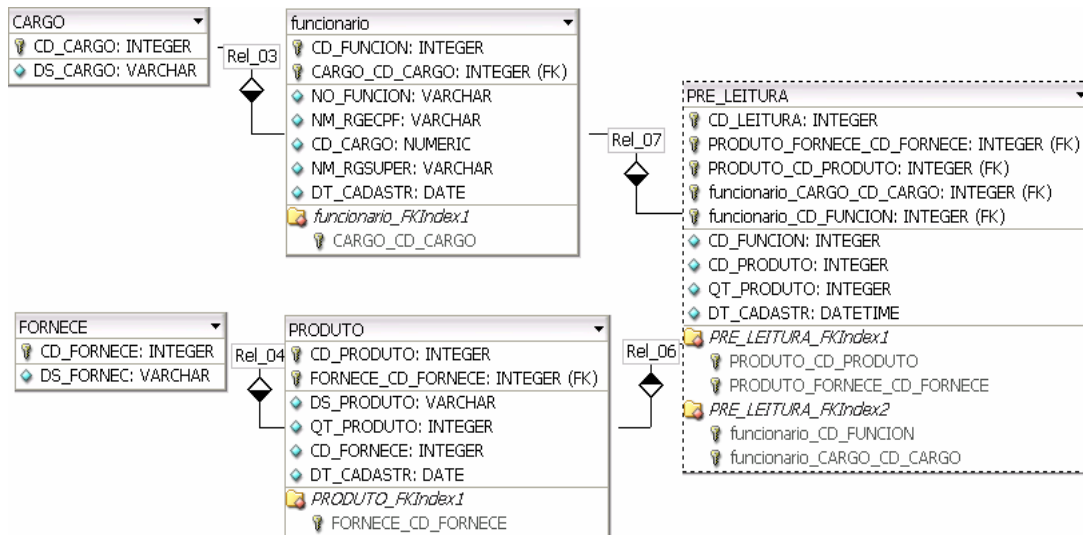


Figura 17 – Diagrama de Fluxo de Dados

7.4 LINGUAGEM E FERRAMENTA DE DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento do software de aplicação, foi utilizada a linguagem C++, utilizando o Software Borland C++ Builder 6.0 como ambiente de programação e criação da interface gráfica para utilização da aplicação pelo usuário final. Por se tratar de uma aplicação simples, o Banco de Dados utilizado foi o Paradox 7.

7.5 DIAGRAMA ENTIDADE – RELACIONAMENTO



8 ESPECIFICAÇÃO DOS TESTES E VALIDAÇÃO DO PROJETO

Fase 1

Transmissão / recepção RF simples

Para testar a transmissão de dados entre o módulo Transmissor e Receptor foram transmitidas várias palavras aleatórias inseridas diretamente no firmware, estas palavras deveriam aparecer na ordem que foram enviadas, neste teste os módulos foram ligados a um computador para imprimir estas palavras no Hyper Terminal do Windows.

Fase 2

Transmissão/recepção do pacote de informações via RF simulando o protocolo real a ser implementado. Nesta fase o receptor já estando habilitado para receber apenas as informações que forem enviadas dentro do protocolo definido no projeto, de modo que foi enviado o pacote de informação com Start Bit, mensagem e Bit finalizador. A base receptora deveria apenas mostrar no Hyper terminal as informações que estiverem contidas dentro dos pacotes corretos. Foram simulados pacotes incorretos para validação dos testes.

Fase 3

Aquisição de dados pelo teclado numérico e Leitor de Barcode e montagem do pacote de informações. Nesta fase foi testada a forma de aquisição de dados pelo aparelho coletor, onde as informações eram obtidas através de teclado numérico e leitor de código de barras. O ponto crítico deste teste foi a sincronia entre o Leitor de Código de barras e a transmissão RF, dado que os dois processos utilizam a mesma saída do microcontrolador. Para validar os testes foram testadas situações de concorrência entre estes dois processos.

Fase 4

Transmissão do pacote de informações com o protocolo definitivo. Esta fase engloba todos os testes descritos acima, foi uma fase crítica de testes, pois deveria ser garantido o funcionamento deste processo para que se pudesse partir para a implementação e testes da plataforma Multi-transmissão, foram

testados os itens de aquisição de dados, montagem, transmissão e recepção de pacotes de dados, tudo dentro do protocolo criado para a plataforma.

Fase 5

Transmissão/Recepção dos pacotes de informações por diversos clientes a uma mesma base servidora. Para validar esta fase do projeto foram feitas as aquisições dos dados por dois coletores ao mesmo tempo e solicitado a base receptora o envio das informações, foi validado quando os dois coletores conseguiram enviar suas informações para a base. Este procedimento foi testado diversas vezes, para adquirir confiabilidade na plataforma desenvolvida.

Fase 6

Aqui foram feitas simulações no Software, criando entradas de dados fictícias para o software fazer a consistência dos dados.

Fase 7

Teste da comunicação entre a base receptora e o computador. Foram enviados vários dados, corretos e incorretos por conexão serial para o computador, o software deveria criticar as informações recebidas, separá-las e armazenar em banco de dados as informações corretas.

Fase 8

Teste do sistema completo. Última fase de testes da plataforma, esta que foi realizada diversas vezes procurando possíveis causas de falhas no sistema, e solucionando eventuais erros até adquirir confiabilidade do sistema.

9 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do trabalho em questão foi possível colocar em prática conceitos estudados ao longo do curso, sobre tudo os das áreas técnicas, e que sem os mesmos não seria possível a conclusão do projeto. Também foram estudadas novas tecnologias, e a vivência do desenvolvimento mostrou que o leque de possibilidades em novos produtos para a engenharia da computação é cada vez maior.

Da proposta inicial, o projeto apenas sofreu alteração na retirada de um display LCD, pois ao longo do projeto foi verificado que não seria possível utilizar um display com o microcontrolador escolhido, pois faltariam pinos para comunicação, e focando o término do projeto no prazo o display ficou como uma melhoria.

Como aprendizado, a transmissão por rádio frequência não é simples, pois devido a utilização de uma faixa pública, a quantidade de ruídos é muito alta, de modo que é necessário implementar um protocolo complexo e utilizar componentes de transmissão de qualidade.

Durante a fase de testes foi verificado que os transmissores de rádio frequência sofriam interferência de outros aparelhos que utilizam a mesma tecnologia e que estão próximos ao circuito, como controles remoto e telefones sem fio. Para solucionar estas interferências é necessário o desenvolvimento de um protocolo bem implementado.

O projeto proposto foi desenvolvido e o resultado final foi satisfatório. Para tornar este projeto comercial, bastaria substituir os transmissores por outros de melhor qualidade, inserir um display e montar o projeto em uma caixa estética e ergonomicamente correta.

10 BIBLIOGRAFIA

Tude, Eduardo. Regulamentação para uso de frequências no Brasil . Disponível em <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfreq/default.asp> , 2004

Torres, Gabriel . Redes de Computadores Curso Completo Rio de Janeiro -ed. AXCEL BOOKS 2001.

[1] YAMAGUCHI, Marcelo. Cobertura de RF em Redes WI-FI. **Teleco**. Disponível em http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwifi/pagina_1.asp - Acesso em: 17 jun. 2005.

[SOUZA (1989)] SOUZA, L.E. *Aquisição e Conversão de Dados por Microcomputadores*.
Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria
(FUPAI), Minas Gerais, 1989.

Taub, Herbert - Circuitos Digitais e Microprocessadores - Editora McGraw-Hill, 1984.

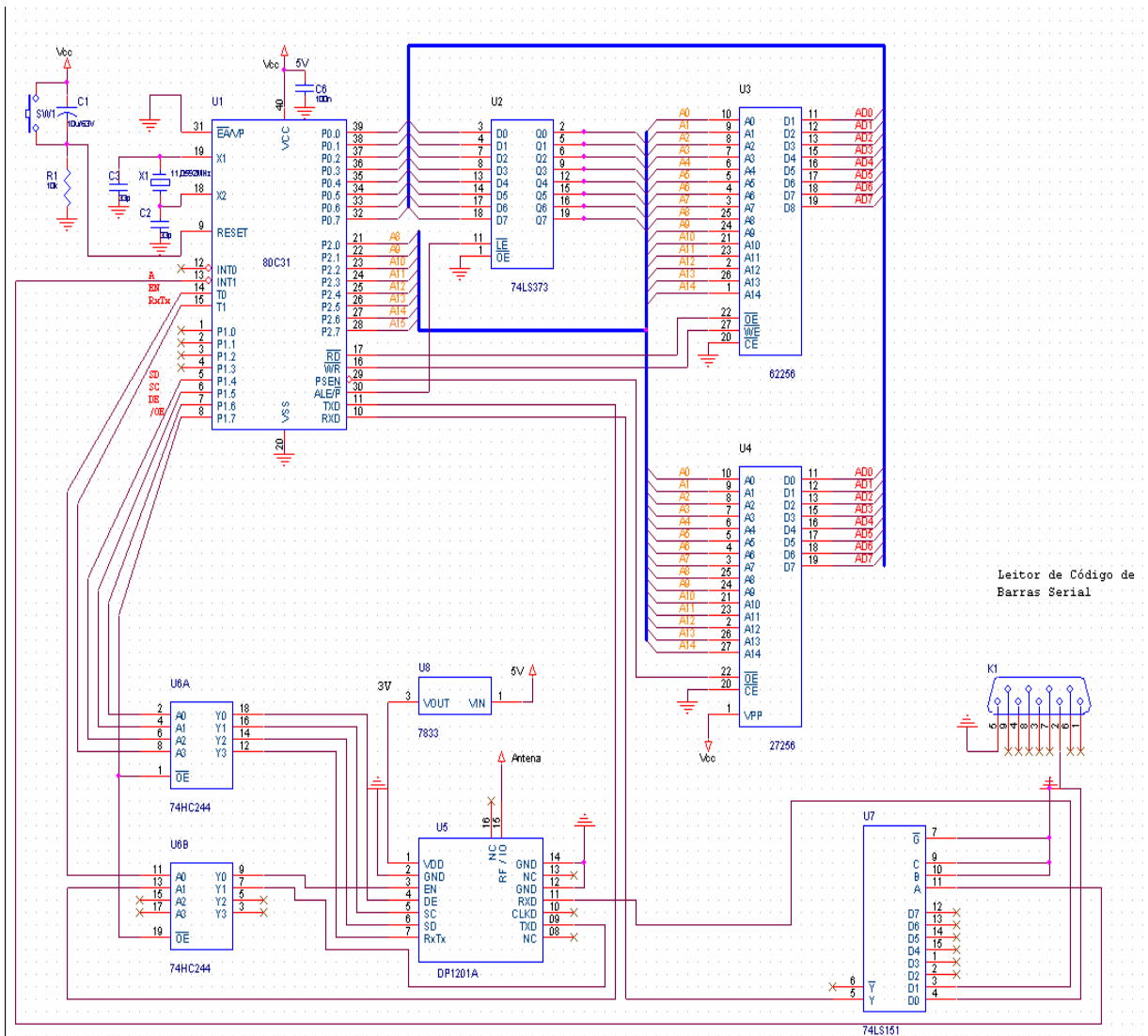
Tocci, Ronald J. e Laskowski, Lester P., Microprocessadores e Microcomputadores - Hardware e Software, 3^o edição, Prentice Hall do Brasil, 1990.

11 ANEXOS

11.1 ANEXO A

Diagrama Esquemático

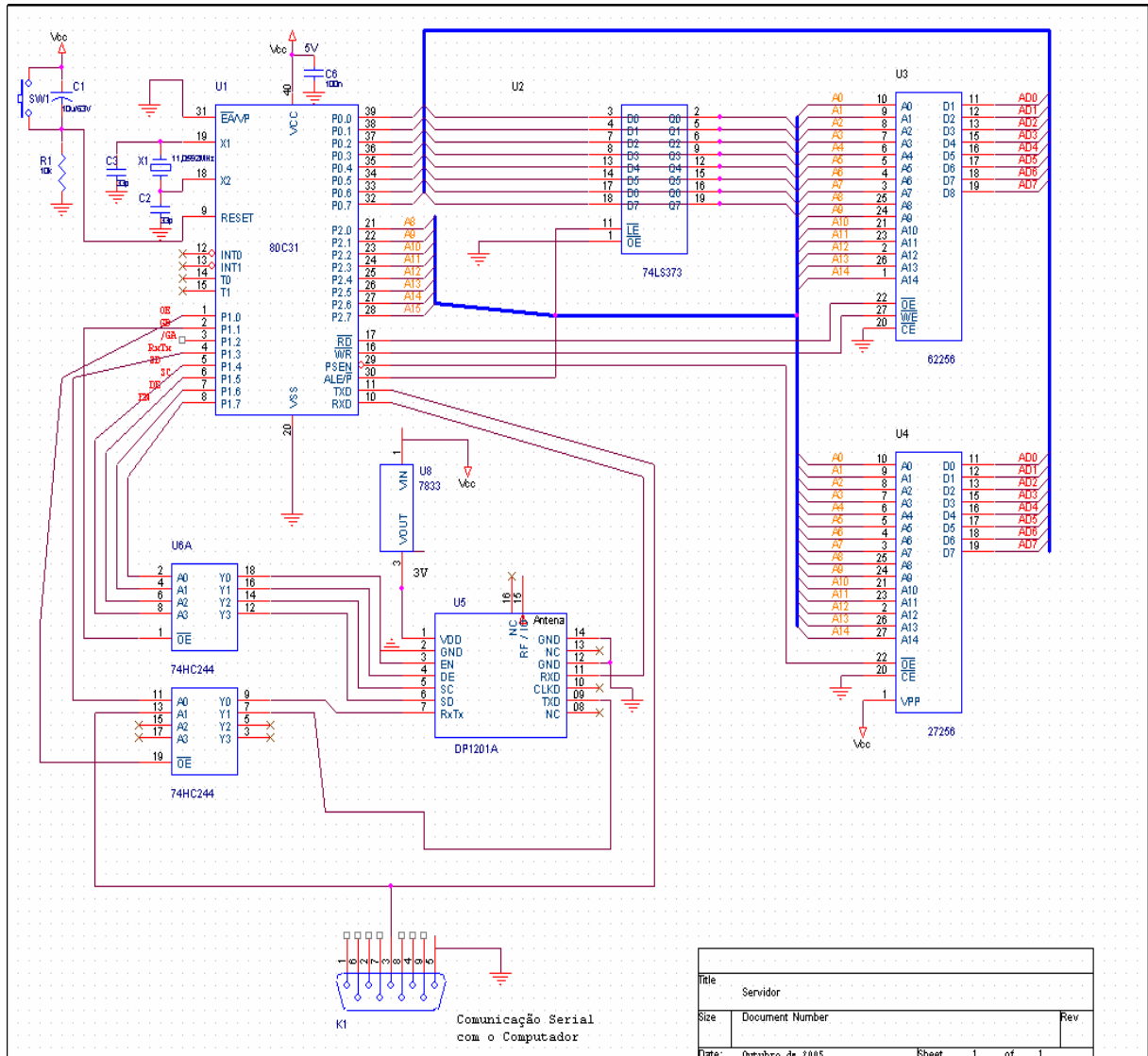
Placa Principal do Circuito Coletor



11.2 ANEXO B

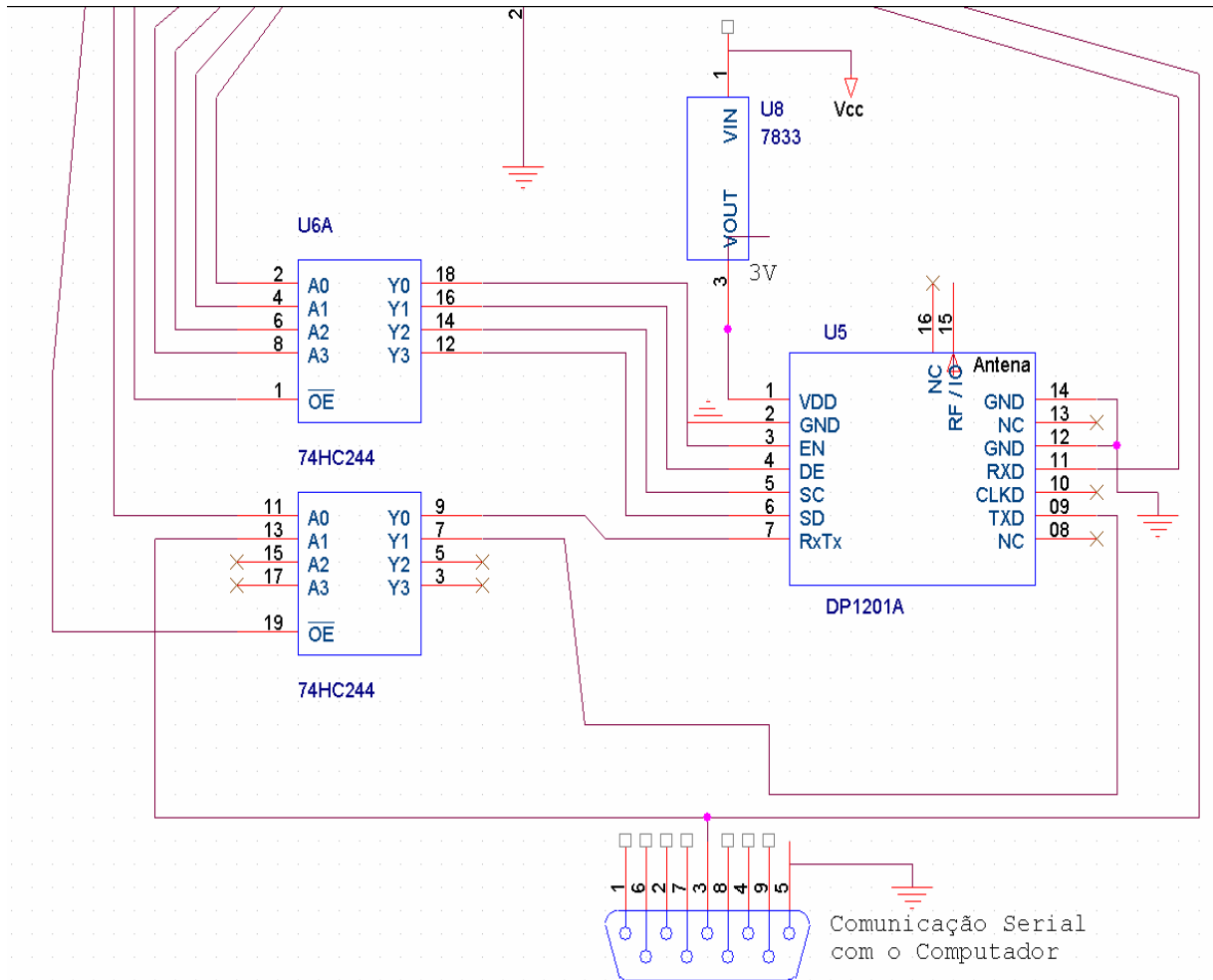
2 Diagrama Esquemático

Placa Principal do Circuito Receptor



11.3 ANEXO C

Placa Auxiliar do Circuito Receptor



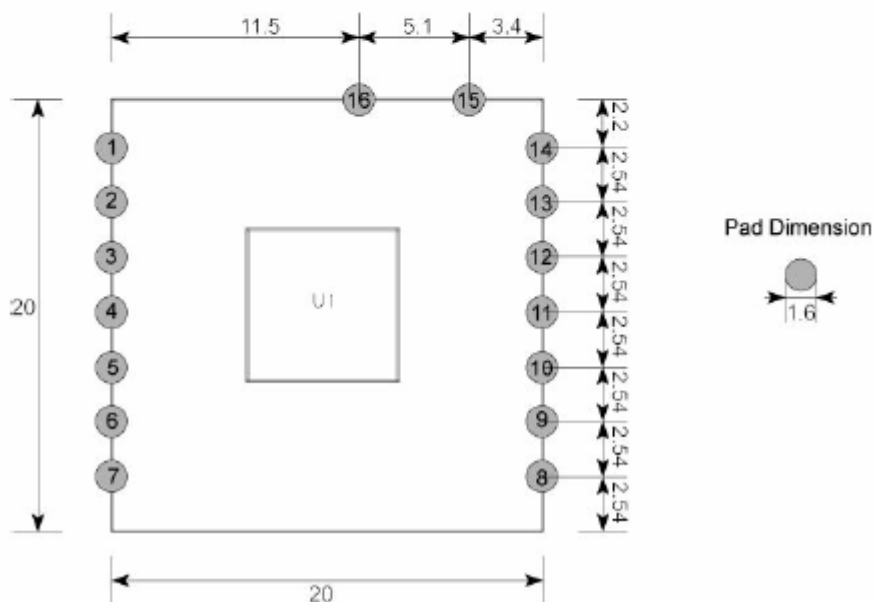
11.4 ANEXO D

CIRCUITO EMISSOR/RECEPTOR DO COLETOR

O circuito responsável pela transmissão e recepção dos dados por Rádio Freqüência é composto pelo componente DP1201-E433 da Xemics, que transmite na freqüência de 433 MHz, a uma taxa de até 64Kbps, no projeto será utilizada a taxa de transmissão de 4Kbps, para que a velocidade seja compatível com o processamento do microprocessador 8051.

Pinos de entrada e saída do DP1201-E433 e mostrado na figura abaixo.

PINOUT			
1	VDD	9	TXD
2	GND	10	CLKD
3	EN	11	RXD
4	DE	12	GND
5	SC	13	RF Input
6	SD	14	GND
7	RxTx	15	RF Output
8	NC	16	NC





DP1201A – E433

433.92MHz Drop-in Module

Small Factor Form and Direct Digital Interface Module

GENERAL DESCRIPTION

The DP1201A-E433 is a short range, half duplex radio transceiver module based on the unlicensed Industrial, Scientific and Medical (ISM) 433MHz band. The module core consists of a XE1201A UHF Transceiver and RF circuitry, offering small size, low power consumption and simple integration into applications. The DP1201A-E433's interface is a fully digital I/O interface, which requires no RF knowledge to use.

Implementing the transceiver module is simple and easy. Used as a SMT (Surface Mount Technology) component, the DP1201A-E433 can be assembled on a microcontroller board PCB in Reflow process. An antenna of 50Ω unbalanced impedance can be implemented as part of the microcontroller board layout.

Based on the XE1201A chip, the transceiver module uses a Continuous Phase 2 level Frequency Shift Keying (CPFSK) modulation. It also includes the bit synchronizer that means glitch free data with synchronized clock can directly be read by low cost/low complexity microcontroller. In addition, a 3-wires bus enables program and control of the module.

APPLICATIONS

- Toys and games
- Home automation
- Remote control and telemetry

KEY PRODUCT FEATURES

- No RF knowledge required
- Direct Digital interface
- Fully assembled and tested
- Surface mount
- 20mm x 20mm
- Available in tray for Automatic assembly system
- Operation frequency 433.92MHz
- Output power +2dBm
- Data rate up to 64kbps NRZ coding
- Sensitivity: -107dBm @ 8kbps
- Current consumption : RX = 6 mA
- Current consumption : TX = 13.5 mA @ 2dBm

11.5 ANEXO E



80C31BH/80C51BH/87C51 MCS[®] 51 CHMOS SINGLE-CHIP 8-BIT MICROCONTROLLER *Automotive*

- Extended Automotive Temperature Range (–40°C to +125°C Ambient)
- High Performance CHMOS Process
- Power Control Modes
- 4 Kbyte On-Chip ROM/EPROM
- 128 x 8-bit RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- 5 Interrupt Sources
- Quick-Pulse EPROM Programming
- 2-Level Program Memory Lock EPROM
- Boolean Processor
- Programmable Serial Port
- TTL- and CMOS-Compatible Logic Levels
- 64K External Program Memory Space
- 64K External Data Memory Space
- IDLE and POWER DOWN Modes
- ONCE Mode Facilitates System Testing
- Available in 12 MHz and 16 MHz Versions
- Available in PLCC and DIP Packages
(See Packaging Specification, Order #231355)

The MCS[®] 51 CHMOS microcontroller products are fabricated on Intel's reliable CHMOS process and are functionally compatible with the standard MCS 51 HMOS microcontroller products. This technology combines the high speed and density characteristics of HMOS with the low power attributes of CHMOS. This combination expands the effectiveness of the powerful MCS 51 microcontroller architecture and instruction set.

Like the MCS 51 HMOS microcontroller versions, the MCS 51 CHMOS microcontroller products have the following features: 4 Kbytes of EPROM/ROM (87C51/80C51BH respectively); 128 bytes of RAM; 32 I/O lines; two 16-bit timer/counters; a five-source two-level interrupt structure; a full duplex serial port; and on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the MCS 51 CHMOS microcontroller products exhibit low operating power, along with two software selectable modes of reduced activity for further power reduction: Idle and Power Down.

The Idle mode freezes the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power Down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, causing all other chip functions to be inoperative.

The 87C51 is the EPROM version of the 80C51BH. It contains 4 Kbytes of on-chip program memory that can be electrically programmed, and can be erased by exposure to ultraviolet light. The 87C51 EPROM array uses a modified Quick-Pulse Programming algorithm, by which the entire 4 Kbyte array can be programmed in about 12 seconds.

NOTICE:

This datasheet contains information on products in full production. Specifications within this datasheet are subject to change without notice. Verify with your local Intel sales office that you have the latest datasheet before finalizing a design.

*Other brands and names are the property of their respective owners.

Information in this document is provided in connection with Intel products. Intel assumes no liability whatsoever, including infringement of any patent or copyright, for sale and use of Intel products except as provided in Intel's Terms and Conditions of Sale for such products. Intel retains the right to make changes to these specifications at any time, without notice. Microcomputer Products may have minor variations to this specification known as errata.

COPYRIGHT © INTEL CORPORATION, 2004

June 2004

Order Number: 270410-008