

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e
Pesquisas Computacionais**

Wilson Oliveira de Almeida

TELEMETRIA APLICADA A MONITORAÇÃO CARDÍACA

Rio de Janeiro

2016

Wilson Oliveira de Almeida

**TELEMETRIA APLICADA A MONITORAÇÃO
CARDÍACA**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Orientador:

Cláudio Miceli de Farias, D.Sc., UFRJ, Brasil

Rio de Janeiro

2016

Wilson Oliveira de Almeida

**TELEMETRIA APLICADA A MONITORAÇÃO
CARDÍACA**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Aprovada em Março de 2016.



Claudio Miceli, D.Sc., UFRJ, Brasil
MICELI DE FARIA

Dedico este trabalho primeiramente à minha esposa Ana Paula Guimarães de Santana, que apesar de sentir a minha ausência em função deste trabalho, sempre esteve ao meu lado, me incentivando e dando apoio.

Aos meus filhos Paulo Wictor Santana de Almeida e Pedro Gabriel Santana de Almeida, aos quais dedico minha vida.

Aos meus pais que dedicaram suas vidas a minha existência, me transmitindo carinho e compreensão nos momentos mais difíceis.

Aos meus familiares que sempre me incentivaram durante esta longa jornada no curso MOT-CN.

E a todos os amigos que sempre me ajudaram e hoje compartilham a realização deste sonho comigo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, Construtor do Universo, Ser Onipresente, Onisciente e Onipotente.

Ao Prof. Cláudio Miceli de Farias, por toda sua dedicação, cortesia, prontidão e comprometimento com a realização deste trabalho.

Ao Prof. Moacyr Henrique Cruz de Azevedo por se dedicar à coordenação do curso MOT-CN de forma comprometida e competente, se tornando uma fonte de inspiração e motivação para nós, alunos.

A todos os professores do Curso que, através da passagem de seus conhecimentos me deram condições técnicas para realização deste trabalho.

A todos os meus colegas de turma que, sempre que possível, me ajudaram na realização deste trabalho.

Um agradecimento especial ao Analista, Nicanor da Silva Junior, por toda a sua ajuda e aconselhamento sobre a utilização de todos os softwares utilizados.

RESUMO

ALMEIDA, Wilson Oliveira de. **TELEMETRIA APLICADA A MONITORAÇÃO CARDÍACA**. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

Este trabalho visa apresentar o desenvolvimento de um sistema de telemetria, permitindo que um médico possa visualizar o eletrocardiograma de seu paciente remotamente e em tempo real utilizando vários recursos aplicados à telemedicina e duas técnicas de transmissão: via RF (Radio Frequency - Rádio Frequência) e via GPRS (General Packet Radio Service - Serviço Genérico de Rádio por Pacotes). A técnica de transmissão poderá ser selecionada, conforme conveniência do usuário e os dados transmitidos serão armazenados em um banco de dados, de onde poderão ser acessados por um servidor web que, por sua vez, os fornecerá ao computador cliente. Serão apresentadas também a teoria de funcionamento e a operacionalidade do sistema.

ABSTRACT

ALMEIDA, Wilson Oliveira de. **TELEMETRY APPLIED TO HEART MONITORING**. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

This work aims to present the development of a telemetry system allowing a doctor to check your patient electrocardiogram remotely and in real time using many resources applied to telemedicine and two transmission techniques: by RF (Radio Frequency) and by GPRS (General Packet Radio Service). The technique of transmission can be selected as convenience of the user and the transmitted data will be stored in a database, from where they can be accessed by a web server which will provide them to the client computer. It will be also presented the theory of operation and operability of the system, in addition to the costs of implementation and benefits of the system.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - O coração e o sistema circulatório	17
Figura 2 - O eletrocardiograma	19
Figura 3 - A onda PQRST	20
Figura 4 - Os três grupos de células marcapasso do coração	21
Figura 5 - Ciclo elétrico do coração	22
Figura 6 - Ritmo normal do sino	25
Figura 7 - Bradicardia sinusal	26
Figura 8 - Flutter atrial	27
Figura 9 - Amplificador operacional AD624	33
Figura 10 - Transmissão serial RS-232	44
Figura 11 - DB9 no padrão RS-232	46
Figura 12 - Configuração para G=200	55
Figura 13 - Configuração utilizada no projeto	56
Figura 14 - Eletrocardiograma real	57
Figura 15 - Atraso entre os canais do eletrocardiograma	59
Figura 16 - Atrasos com o novo modelo de captação	60
Figura 17 - Método de escrita na memória	61
Figura 18 - Comunicação do PIC com o PC	65
Figura 19 - Conversão do TTL para o RS-232	66
Figura 20 - Relacionamento das tabelas	72
Figura 21 - Interação do Gateway com o banco de dados	73

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 - Sequência de ativação do coração	23
Quadro 2 - Dispositivos <i>ZigBee</i>	34
Quadro 3 - Camadas de protocolos ZigBee	35
Quadro 4 - Configuração dos ganhos	55
Quadro 5 - Protocolo de comunicação	70
Quadro 6 - Tabelas do banco de dados	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/D	Analógico/Digital
AS	Sinoatrial
AV	Átrioventricular
CBX	++ <i>BuilderX</i>
CGI	<i>Common Gateway Interface</i> -
CLX	<i>Component Library for Cross-Platform</i>
CMRR	<i>Common-Mode Rejection Ratio</i> – Taxa de rejeição ao modo comum
CPL	Cardiopneumologista
CSD	<i>Circuit Switched Data</i> – Dados chaveados por circuito
CTS	<i>Clear to send</i> – Apaga para enviar
DC/DC	<i>Direct Current/Direct Current</i> – Corrente contínua/Corrente contínua
DNS	<i>Domain Name System</i> - Sistema de nomes de domínios
DSO	<i>Dynamic Shared Objects</i> - Objetos de compartilhamento dinâmico
DSS	<i>Direct-Sequence Spread</i> - Espalhamento de sequência direta
DSSS	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> - Sequência direta por espalhamento e espectro
ECG	Eletrocardiograma
EEPROM	<i>Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory</i> – Memória somente de leitura – Programável e apagável eletricamente
EKG	<i>Electrokardiogram</i> – Eletrocardiograma
FFD	<i>Full Function Device</i> – Dispositivo de função completa
FTP	<i>File Transfer Protocol</i> – Protocolo de transferência de arquivos
FV	Fibrilação ventricular
GPL	<i>General Public License</i> – Licença pública geral
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> – Serviço genérico de rádio por pacotes
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> - Sistema global de comunicações móveis
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i> - Linguagem de formatação de hipertexto
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> – Ambiente de desenvolvimento integrado
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> - Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IMAP	<i>Internet Message Access Protocol</i> – Protocolo de acesso à mensagens de <i>Internet</i>
IP	<i>Internet Protocol</i> – Protocolo da <i>Internet</i>
IRDA	<i>Infrared Adaptor</i> – Adaptador de infravermelho
ISM	<i>Industrial, Scientific, Medical</i> – Industrial, científica, médica
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i> – Display de cristal líquido
LIN	<i>Local Interconnect Network</i> – Rede de interconexão local
LSB	<i>Less Significant Bit</i> – Bit menos significativo
MAC	<i>Media Access Control</i> – Controle de acesso médio
MIPS	<i>Mega Instructions per Second</i> – Milhões de instruções por segundo
NAV	Nó Atrio-ventricular
NCSA	<i>National Center of Supercomputing Applications</i> – Centro Nacional de Aplicações à Supercomputação

<i>NNTP</i>	<i>Network News Transport Protocol</i>
<i>NSA</i>	Nó sinusal
<i>NWK</i>	<i>Network</i> – Rede
<i>ODBC</i>	<i>Open Data Base Connectivity</i> – Conexão aberta a banco de dados
<i>OMS</i>	Organização Mundial da Saúde
<i>OQPSK</i>	<i>Offset Quadrature Phase-Shift Keying</i>
<i>PA</i>	Potencial de Ação
<i>PHP</i>	<i>Hipertext Preprocessor</i> – Pré-processador de hipertexto
<i>PWM</i>	<i>Pulse Width Modulation</i> – Modulação por largura de pulso
<i>Qt</i>	<i>Quasar Technologies</i>
<i>RAM</i>	<i>Random Access Memory</i> – Memória de acesso randômico
<i>RDBMS</i>	<i>Relational Database Management System</i> – Sistema de gerenciamento de banco de dados relacional
<i>RF</i>	<i>Radio Frequency</i> – Frequência de rádio
<i>RFD</i>	<i>Reduced Functionality Device</i> – Dispositivo de funcionalidade reduzida
<i>RS-232</i>	<i>Recommended Standard 232</i> – Padrão recomendado 232
<i>RTF</i>	<i>Rich Text Format</i> – Formato rico de texto
<i>RTS</i>	<i>Ready to send</i> – Pronto para enviar
<i>RX</i>	Raios X
<i>SMS</i>	<i>Short Message Service</i> - Serviço de mensagens curtas
<i>SNMP</i>	<i>Simple Network Management Protocol</i> - Protocolo Simples de Gerência de Rede
<i>SNTP</i>	<i>Simple Network Time Protocol</i> – Protocolo de tempo de rede simples
<i>SPI</i>	<i>Serial Peripheral Interface</i> - Interface periférica serial
<i>SQL</i>	<i>Structured Query Language</i> – Linguagem de consulta estruturada
<i>TCP</i>	<i>Transmission Control Protocol</i> – Protocolo de controle de transmissão
<i>TCP/IP</i>	<i>Transmission Control Protocol/internet Protocol</i> – Protocolo de controle de transmissão/Protocolo da <i>Internet</i>
<i>TDMA</i>	<i>Time Division Multiple Access</i> - Acesso múltiplo por divisão de tempo
<i>TTL</i>	<i>Transistor-Transistor Logic</i> – Lógica transistor-transistor
<i>UART</i>	<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i> – Transmissor e receptor assíncrono universal
<i>URL</i>	<i>Uniform Resource Locator</i> - Localizador universal de recursos
<i>USB</i>	<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i> – Transmissor e receptor assíncrono universal

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	14
2 FUNCIONAMENTO DO CORAÇÃO	16
2.1 O CORAÇÃO E O CICLO CARDÍACO	16
2.2 AS ATIVIDADES ELÉTRICAS DO CORAÇÃO	18
3 O ELETROCARDIOGRAMA	19
3.1 INTERPRETAÇÃO DO ELETROCARDIOGRAMA	20
3.1.1 Condução da atividade elétrica cardíaca	21
3.2 APLICAÇÕES DO ELETROCARDIOGRAMA	24
3.2.1 Diagnósticos de ritmo cardíaco	24
3.2.1.1 Distúrbios de ritmo sinusal	25
3.2.1.1.1 Bradicardia sinusal	26
3.2.1.1.2 Flutter atrial	26
4 TELEMEDICINA	28
4.1 CONCEITOS DE TELEMEDICINA	28
4.2 OBJETIVOS DA TELEMEDICINA	29
4.3 ALGUNS TIPOS DE PRÁTICAS MÉDICAS À DISTÂNCIA	29
4.4 VANTAGENS ECONÔMICAS DA TELEMEDICINA	31
4.5 PONTOS FUNDAMENTAIS DA TELEMEDICINA	31
5 TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO PROJETO	32
5.1 AMPLIFICADOR OPERACIONAL AD624	33
5.2 TRANSMISSÃO VIA RF: ZIGBEE	33
5.3 TRANSMISSÃO VIA GPRS	36
5.4 MICROCONTROLADORES: PIC	41
5.5 INTERFACE SERIAL: MAX232	43
5.6 C++ BUILDER 4 – VERSÃO <i>FREE</i> PARA ESTUDANTES	46
5.7 LINGUAGEM DE <i>SCRIPT</i> PARA PÁGINAS ESTÁTICAS: <i>HTML</i>	47
5.8 LINGUAGEM DE <i>SCRIPT</i> PARA PÁGINAS DINÂMICAS: <i>PHP</i>	47
5.9 SOFTWARE DE EDIÇÃO <i>HTML/PHP</i> : <i>PHP EDITOR 2.22</i>	48
5.10 SERVIDOR <i>WEB</i> : <i>APACHE</i>	49
5.11 BANCO DE DADOS: <i>MySQL</i>	51
6 O PROJETO	53
6.1 IMPLEMENTAÇÃO DO CIRCUITO ELETROCARDIOGRAFO	54
6.2 PROCESSAMENTO E TRANSMISSÃO DOS SINAIS	57
6.2.1 O método de transmissão	59
6.2.1.1 Método de escrita e leitura na memória	61
6.2.2 O circuito de processamento e transmissão dos sinais	62
6.2.2.1 O multiplexador (U1)	62
6.2.2.2 O microcontrolador PIC (U5)	63
6.2.2.3 A memória (U4)	63
6.2.2.4 Os <i>shift registers</i>	64
6.2.2.5 As portas lógicas (U8, U9 e U10)	64
6.2.2.6 O <i>ZigBee</i> (U18)	65
6.2.2.7 O <i>dual driver/receiver</i> MAX232 (U2)	65
6.2.2.8 O módulo <i>GPRS</i> (U17)	66
6.2.2.9 Regulação e adequação das tensões de alimentação	67

6.2.2.10 As chaves SW, SW1, SW2, SW3, SW4 e SW5	68
6.2.2.11 A questão do <i>baud rate</i>	68
6.2.2.12 Comunicação com o servidor	69
6.2.2.13 Protocolo de comunicação	70
6.3 O SISTEMA DE SERVIDORES DE BANCO DE DADOS E WEB	71
6.3.1 Recepção via RF	71
6.3.2 Recepção via GPRS	74
6.3.3 Servidor Web	74
6.3.3.1 Linguagem <i>PHP</i>	75
6.3.3.2 Servidor <i>Web Apache</i>	76
7 CONCLUSÕES	78
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXO I DIAGRAMA DE BLOCOS DO PIC16F874 E 16F877	82
APÊNDICE I CIRCUITO DE PROCESSAMENTO E TRANSMISSÃO	83

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento dos fatores de risco através de sinais vitais do corpo humano pode salvar muitas vidas. Porém, em regiões remotas, o acesso a um centro especializado na realização de exames é extremamente difícil. Para contornar esta dificuldade e dar um atendimento mais amplo a população, surgiu a telemedicina que, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), compreende a oferta de serviços ligados aos cuidados com a saúde, nos casos em que a distância é um fator crítico.

Com a evolução das tecnologias aplicadas na telemedicina, surgiram aparelhos biomédicos que, se ligados a uma rede, repassam informações a um sistema computacional e este, por sua vez, disponibiliza a pessoal especializado (médicos, fisioterapeutas, etc.) informações referentes aos sinais biomédicos amostrados. Incluído nesses serviços encontra-se um dos mais tradicionais exames de monitoramento dos fatores de risco de sinais vitais do corpo humano: O eletrocardiograma.

O eletrocardiograma é um exame de saúde na área de cardiologia indicado para análise de doenças cardíacas, especialmente as arritmias cardíacas. É essencial no diagnóstico de infarto agudo do miocárdio. E, neste caso, a velocidade do diagnóstico é fundamental para que o tratamento correto seja aplicado, evitando-se graves consequências como falência muscular ou até mesmo a morte súbita.

O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento do protótipo de um sistema de transmissão, armazenagem e leitura de um eletrocardiograma, possibilitando um diagnóstico rápido que poderá ser efetuado por um médico ainda que este esteja muito distante do paciente e diminuindo o tempo de início do correto atendimento. Esta agilidade pode ser o fator determinante para a vida do paciente.

O protótipo utiliza dois modos de transmissão: um via *RF* e o outro via *GPRS*. O intuito da transmissão via *RF* é o de fornecer um serviço o mais barato possível para o usuário. Já o intuito da transmissão via *GPRS* é o de oferecer um serviço de maior alcance para o usuário. O sistema consiste na transmissão de sinais para um computador servidor que receberá os dados e os armazenará em um banco de dados, podendo ser acessados pela *Web* e disponibilizados em forma de gráfico para o usuário.

Neste trabalho, para um melhor entendimento do leitor, inicialmente será efetuada uma abordagem sobre o funcionamento mecânico e elétrico do coração, sobre o eletrocardiograma e sobre a telemedicina e suas aplicações para, a partir desse conhecimento básico, ser efetuada a apresentação da execução do projeto, onde serão abordados os projetos em *hardware* e *software* utilizados como elementos básicos que compõem o protótipo.

2 FUNCIONAMENTO DO CORAÇÃO

O batimento cardíaco é o resultado da produção e condução de impulsos elétricos que geram o movimento de sístole e diástole (contração e relaxamento). Este capítulo tem por finalidade fornecer um mínimo de embasamento sobre algumas características das atividades elétricas do coração e do ciclo cardíaco, possibilitando assim ao leitor um mínimo de entendimento sobre o assunto.

2.1 O CORAÇÃO E O CICLO CARDÍACO

O coração é o órgão responsável pelo bombeamento do sangue em nosso corpo, transportando o sangue pelas veias e artérias. Apresenta uma forma cônica, mas arredondada, situando-se entre os pulmões.

O coração é subdividido em quatro câmaras: átrio direito, átrio esquerdo, ventrículo esquerdo e ventrículo direito. Uma parede muscular, o septo interventricular, separa completamente as câmaras do lado direito daquelas do lado esquerdo, estando cada átrio em contato com o ventrículo do lado correspondente, através de uma passagem relativamente estreita.

No átrio direito chega o sangue venoso, com grande concentração de gás carbônico. A câmara adjacente, o ventrículo direito, enviará esse sangue aos pulmões. O sangue arterial que retorna ao coração, vindo dos pulmões, chega através do átrio esquerdo e passa para o ventrículo esquerdo, de onde será enviado ao restante do corpo. A presença de válvulas entre cada um dos ventrículos e os átrios correspondentes, além de em alguns vasos que deixam o coração, garante um fluxo unidirecional do sangue. O coração é todo revestido por endotélio, um epitélio que reveste todo sistema circulatório, mas o restante do órgão é composto por um tecido muscular especial, o músculo cardíaco, conforme a Figura 1.

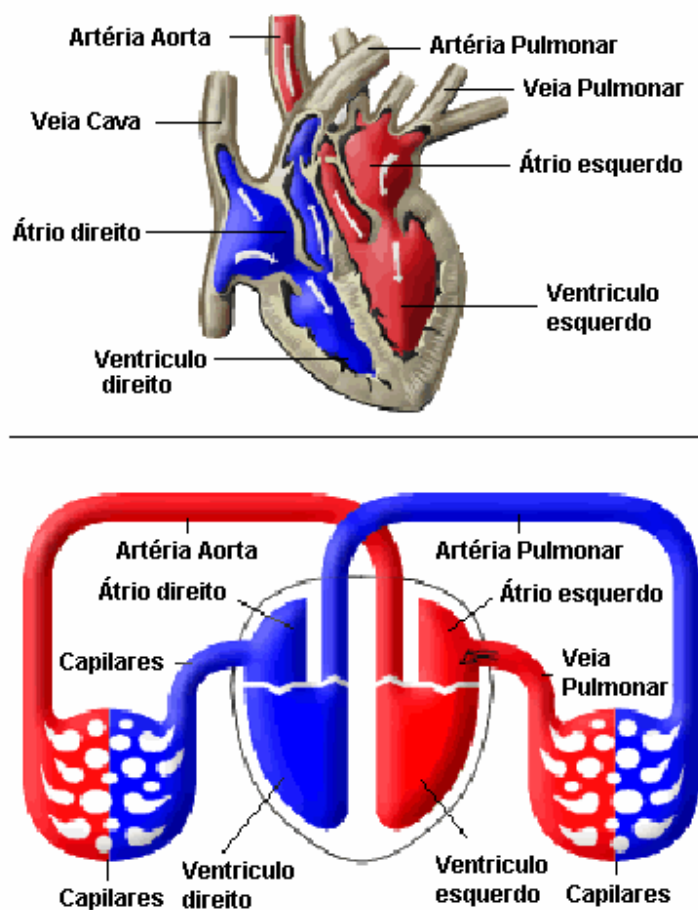


Figura 1 - O coração e o sistema circulatório

É a partir de suas contrações que o órgão realiza a movimentação do sangue. Os batimentos cardíacos, assim produzidos, obviamente não são desordenados seguindo um padrão específico. A passagem do sangue para os ventrículos ocorre quando os átrios contraem-se e a musculatura dos ventrículos, nesse momento, ainda está relaxada; é o que chamamos de sístole auricular e diástole ventricular.

Após o fim da sístole auricular, os ventrículos, cheios de sangue, contraem-se e expõem o sangue do coração. Em seguida, novamente há a contração dos átrios, constituindo-se dessa forma o chamado ciclo cardíaco, que é responsável por todo o processo de levar oxigênio para as células e eliminar o gás carbônico do nosso organismo.

2.2 AS ATIVIDADES ELÉTRICAS DO CORAÇÃO

O ciclo cardíaco é uma seqüência de eventos repetitivos de contração (despolarização) e relaxamento (repolarização) dos músculos dos átrios e ventrículos, que geram as ondas PQRST. A onda P é gerada pela despolarização dos átrios no início do processo, quando eles se contraem para passar o sangue para os ventrículos. Em seguida, o intervalo PQ, região isoeletrica, é gerado pelo atraso no nódulo átrio-ventricular (ou nó AV). A onda QRS representa a contração dos músculos dos ventrículos, levando o sangue venoso para os pulmões, e o arterial para o resto do corpo. A onda T ocorre quando há a repolarização dos ventrículos.

A contração do músculo cardíaco depende diretamente da despolarização elétrica das células miocárdicas. É nesse momento que ocorre a entrada de cálcio no miócito que induzirá, em última análise, a sístole mecânica. O estímulo elétrico se origina nas células marca-passo do nó sino-atrial. A despolarização elétrica caminha pelo músculo atrial e chega ao nó atrioventricular, onde sofre um retardo fisiológico. Este retardo é que vai originar a contração seqüencial do átrio e ventrículo de forma harmônica. Teoricamente os átrios e ventrículos são isolados eletricamente, possuindo como ligação normal apenas o nó AV. Falhas nesse isolamento podem ocorrer através da existência de bandas musculares que atravessam o anel fibroso AV, formando as chamadas vias anômalas, responsáveis pela Síndrome de Wolf Parkinson White e por certas taquiarritmias [1].

Resumindo, a cada batida do coração é gerada uma seqüência de atividade elétrica, formando as ondas PQRST, que podem ser registradas em um exame de *EKG* ou *ECG* (eletrocardiograma) [2].

3 O ELETROCARDIOGRAMA

Conforme foi visto no capítulo anterior, o trabalho cardíaco produz sinais elétricos que geram as ondas PQRST. Esses sinais elétricos atravessam o coração para os tecidos vizinhos e chegam à pele. Assim, com a colocação de eletrodos no peito, conforme a Figura 2, é possível gravar as variações de ondas elétricas emitidas pelas contrações do coração. O registro dessas ondas pode ser feito em uma tira de papel ou em um monitor e é chamado de eletrocardiograma [3].



Figura 2 - O eletrocardiograma

O eletrocardiograma é uma parte importante da avaliação inicial de um paciente que é suspeito de ter tido um problema relacionado ao coração. Como podemos observar, pequenos eletrodos adesivos são aplicados no peito, nas pernas e nos braços do paciente. Todavia, em alguns sistemas, os eletrodos podem ser aplicados no peito, nos ombros e nas laterais inferiores do peito, ou na cintura. Fios são usados para conectar o paciente à máquina de *ECG*. As atividades elétricas criadas pelo coração do paciente são processadas pela máquina de *ECG*, que as envia para um monitor ou impressora, sendo então, interpretadas pelo especialista, conforme as características das ondas PQRST mostradas na Figura 3 [4].

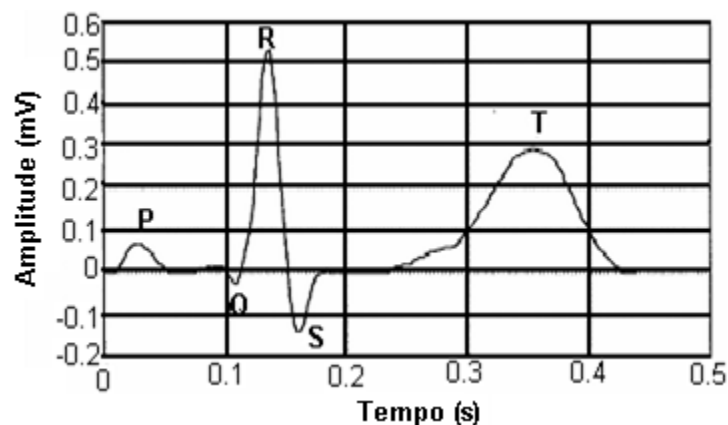


Figura 3 - A onda PQRST

Para se realizar o exame eletrocardiograma (*ECG*), o cardiopneumologista (CPL) deve inicialmente explicar ao paciente cada etapa do processo, a fim de mantê-lo informado e o mais tranqüilo possível. Deve ser investigado quanto ao uso de remédios que esteja usando, ou que costume usar esporadicamente. Com o paciente em decúbito dorsal e palmas viradas para cima, o técnico determina a posição das derivações precordiais (V_1 a V_6) corretas. Em seguida é colocado o gel de condução nos locais pré-determinados, como sendo a zona precordial, e membros, onde são conectados aos eletrodos do eletrocardiógrafo. Às vezes é necessária uma tricotomia (corte dos pelos) em parte do precórdio, principalmente em homens. É então registrado o eletrocardiograma de repouso. Os sinais elétricos podem ser vistos com um osciloscópio, mas geralmente são registrados em papel quadriculado. Correntemente existem eletrocardiógrafos digitais, com relatório automático [5].

3.1 INTERPRETAÇÃO DO ELETROCARDIOGRAMA

Para interpretar o *ECG* é preciso conhecer como se processa a formação e a condução da atividade elétrica cardíaca.

Existem três grupos de células marcapasso no coração que podem comandar naturalmente o ritmo cardíaco, conforme Figura 4.

1. Nó sinusal (NSA): geralmente é o grupo de células marcapasso que comanda o ritmo cardíaco, pois impõe a maior frequência (60 a 100 bpm);
2. Nó átrio-ventricular (NAV): é capaz de formar impulsos com frequência em torno de 50 bpm;
3. His-Purkinje: é capaz de formar impulsos com frequência em torno de 35 bpm.

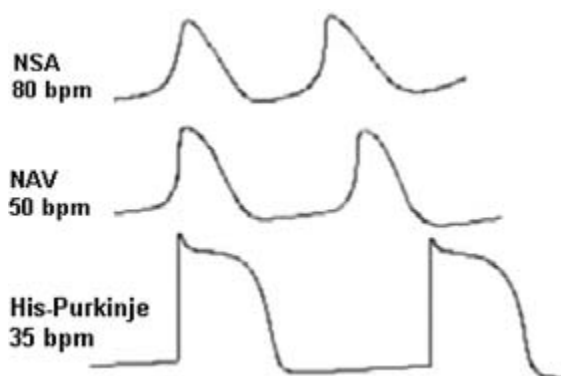


Figura 4 - Os três grupos de células marcapasso do coração

3.1.1 Condução da atividade elétrica cardíaca

Os impulsos gerados pelo marcapasso dominante, em geral o NSA, caminham pelo coração por vias de condução preferencial, permitindo uma rápida ativação elétrica de todo o miocárdio.

A seqüência de ativação do coração pode ser didaticamente dividida em duas partes principais: primeiro a ativação atrial, correspondente à onda P do *ECG*; segundo a ativação ventricular, correspondente ao complexo QRS do *ECG*.

Na Figura 5, é ilustrado o processo do ciclo elétrico do coração.

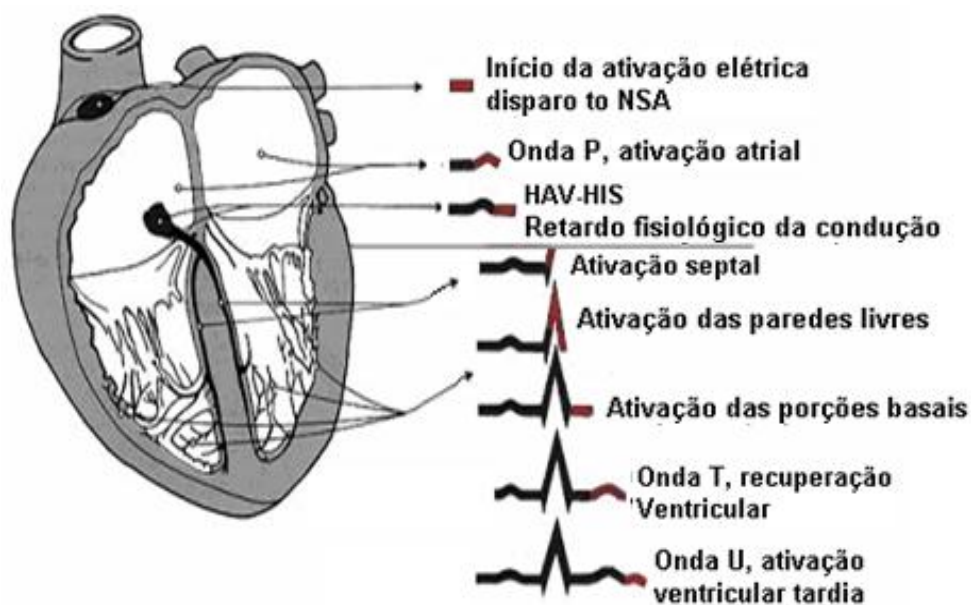


Figura 5 - Ciclo elétrico do coração

A ativação atrial

O NSA fica localizado na junção da veia cava superior com o átrio direito. Como é ele o marcapasso que gera impulsos com a maior frequência, geralmente temos como ritmo predominante o ritmo sinusal.

Os impulsos gerados pelo NSA ativam os átrios por vias preferenciais (feixes internodais) até atingirem o NAV. Como o NSA fica localizado à direita, a sequência de ativação atrial fica configurada da seguinte maneira:

1. Ativação atrial direita: corresponde à primeira porção da onda P;
2. Ativação atrial esquerda: corresponde à segunda porção da onda P.

Após atingir o NAV, o impulso elétrico sofre um retardo fisiológico na condução, denominado condução decremental, e só então alcança o feixe de His (conjunto de células musculares cardíacas especializadas em condução elétrica), completando assim a ativação atrial, que é correspondente à primeira porção da onda P.

A ativação ventricular

A onda de ativação elétrica passa pelo feixe de His, localizado no septo interventricular, e se espalha pelos seus dois ramos principais (direito e esquerdo). O ramo esquerdo ainda se divide em 03 divisões (divisão ântero-superior, divisão ântero-medial e divisão pósterio-inferior), que também participam do sistema preferencial de condução. A ativação ventricular pelo sistema de condução produz um QRS estreito ($< 0,12$ s). A seqüência de ativação ventricular pode ser didaticamente dividida em 03 partes:

1. Ativação do septo interventricular: corresponde à onda Q do complexo QRS;
2. Ativação das paredes livres dos ventrículos: corresponde à onda R do complexo QRS;
3. Ativação das porções basais dos ventrículos: corresponde à onda S do complexo QRS.

Quadro 1 - Sequência de ativação do coração[5].

Seqüência de ativação do coração		Correspondência eletrocardiográfica
Ativação Atrial	1 ativação atrial direita	Onda (1ª porção)
	2 ativação atrial esquerda	Onda (2ª porção)
NAV - HIS		Intervalo PR
Ativação ventricular	1 Ativação septal	Onda Q
	2 Ativação das paredes livres	Onda R
	3 Ativação das porções basais	Onda S

3.2 APLICAÇÕES DO ELETROCARDIOGRAMA

Muitos problemas cardíacos alteram a assinatura elétrica do coração e podem ser detectados através do registro que o eletrocardiograma faz, dando condições assim para o cardiologista fazer o devido diagnóstico [5].

A realização de um exame de eletrocardiograma pode ajudar a determinar o estado físico e de funcionamento de diversas partes do coração, podendo-se assim, determinar o diagnóstico de várias doenças e, principalmente, os distúrbios de ritmo cardíaco.

3.2.1 Diagnósticos de ritmo cardíaco

Devido às diferenças anatômicas dos átrios e dos ventrículos, suas seqüências de ativação, despolarização e repolarização, produzem deflexões claramente diferenciáveis. Isto pode ser possível até quando elas não seguem uma a outra na seqüência correta PQRSST.

A diferenciação do complexo QRS normal para as ondas P e T não é difícil, pois ele tem uma forma de onda característica e amplitude dominante. Esta amplitude é de cerca de 1 mV em um coração normal e pode ser muito maior em um coração com hipertrofia ventricular. A duração normal da onda QRS é de 80 ms a 90 ms.

Se o coração não exibe uma hipertrofia dos átrios, a onda P tem uma amplitude de cerca de 0,1 mV e duração de 0,1 s. Quanto a onda T, essas duas medidas são aproximadamente o dobro. A onda T pode ser diferenciada da onda P ao se observar que a onda T segue o complexo QRS cerca de 0,2 s depois.

Os ritmos cardíacos podem ser divididos em duas categorias: supraventricular (acima dos ventrículos) e ritmos ventriculares.

A origem dos ritmos supraventriculares (um pulso único ou um ritmo contínuo) está no átrio ou na junção AV e a ativação prossegue para os ventrículos ao longo do sistema de condução de um modo normal. Os ritmos supraventriculares serão mostrados no decorrer deste capítulo.

Ritmo normal do sino

O ritmo normal do sino é o ritmo de um coração saudável, onde o nó do sino dispara a ativação cardíaca. Isto é facilmente diagnosticado observando-se que as três deflexões, P-QRS-T, seguem nesta ordem e são diferenciáveis, conforme ilustrado na Figura 6. O ritmo do sino é considerado normal se a frequência está de 60 a 100 por minuto [6].

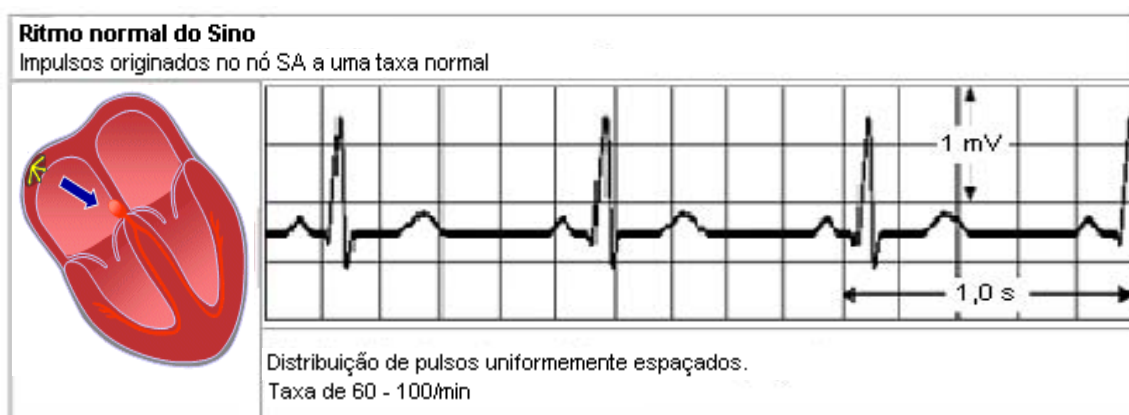


Figura 6 - Ritmo normal do sino

3.2.1.1 Distúrbios de ritmo sinusal

O ECG traduz muitos estados patológicos na prática clínica. Ao realizar a leitura, assume importância o ritmo e a frequência, além de outros sinais indicativos da hipertrofia, isquemia, bloqueios e em alterações de distúrbio hidroeletrólítico. O ritmo sinusal é caracterizado por frequência entre 60 bat/min a 100 bat/min e pela presença da onda P, do complexo QRS e da onda T. Contudo, mesmo havendo

registro sinusal, não exclui estado patológico, várias alterações de *ECG* ocorrem independentes do ritmo cardíaco.

3.2.1.1.1 Bradicardia sinusal

Um ritmo sinusal inferior a 60 bat/min é chamado de bradicardia sinusal. Isto pode ser uma consequência do aumento do nervo vago ou do tom parassimpático. Por outro lado, é muito comum o caso de certos indivíduos que se exercitam muito intensamente, como atletas, por exemplo, apresentarem sintomas de bradicardia sinusal, o que neste caso, não apresenta uma situação de doença, mas sim uma resposta fisiológica aos exercícios. Logo, torna-se muito importante distinguir se a bradicardia sinusal está ocorrendo por um motivo de doença ou não. Na Figura 7 é ilustrada uma ocorrência de bradicardia sinusal.



Figura 7 - Bradicardia sinusal

3.2.1.1.2 Flutter atrial

Quando o ritmo cardíaco é suficientemente elevado de modo que o intervalo isoeletrico entre o final da onda T e início da P desaparece, a arritmia é chamada de *flutter* atrial. Acredita-se que a origem dessa arritmia seja uma reentrada no percurso atrial. A frequência dessas flutuações situa-se entre 220 bat/min e 300 bat/min. Um caso de *flutter* atrial está ilustrado na Figura 8.

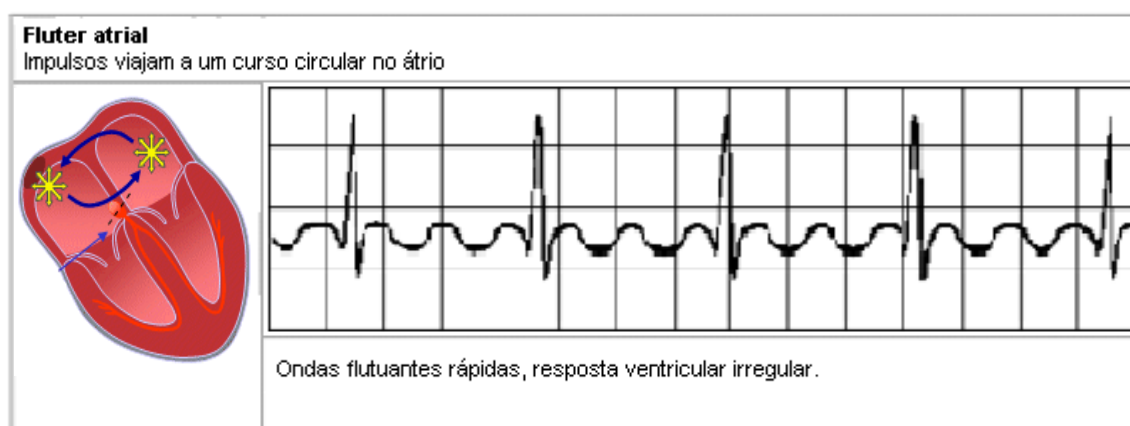


Figura 8 - Flutter atrial

Vale lembrar que muitos outros distúrbios de ritmo cardíaco, tais como arritmia sinusal, taquicardia ventricular, fibrilação ventricular (e muitos outros), podem ser diagnosticados através de um exame de *ECG*. Porém, como o objetivo deste trabalho não é o de se fazer um estudo sobre todos os diagnósticos possíveis, apenas alguns exemplos foram ilustrados [6].

4 TELEMEDICINA

A ciência médica e a engenharia tecnológica estão cada vez mais integradas e caminhando juntas a fim de proporcionarem recursos para a melhoria do sistema de saúde no mundo. A telecomunicação direcionada à medicina também é chamada de bio telemetria ou telemedicina.

A telemedicina envolve o envio remoto de dados, sinais e imagens médicas, através de monitorização à distância de parâmetros vitais, chamado telemonitorização; é uma tecnologia inovadora na qual quem viaja é a informação e não o paciente, se avaliada em seu sentido mais amplo.

A telemedicina pode ser feita por qualquer um dos meios de comunicação disponíveis: rádio, telefone, *Internet*, Intranet, satélite, etc. Enfim, ela universaliza os recursos tecnológicos para melhorar a coleta de informações, processamento, análise e o uso da informação.

4.1 CONCEITOS DE TELEMEDICINA

- Telemedicina é oferta dos serviços de saúde por telecomunicação remota. Inclui consulta interativa e serviços de diagnóstico, entre outros;
- Telemedicina é o exercício da medicina através da utilização de metodologias interativa de comunicação audiovisual e de dados;
- Telemedicina é a oferta de serviços ligados aos cuidados com a saúde, nos casos em que a distância é um fator crítico; tais serviços são providos por profissionais da área da saúde, usando tecnologias de informação e de comunicação para o intercâmbio de informações válidas para diagnósticos, prevenção e tratamento de doenças e a contínua educação de prestadores de serviços em

saúde, assim como, para fins de pesquisas e avaliações; tudo no interesse de melhorar a saúde das pessoas e de suas comunidades.

4.2 OBJETIVOS DA TELEMEDICINA

1. Reduzir as transferências, tempo e custos de transporte de pacientes;
2. Aprimorar a gestão dos recursos de saúde através da avaliação e triagem por especialistas, diminuindo a pressão sobre hospitais;
3. Intensificar a cooperação e integração de pesquisadores com o intercâmbio de registros clínicos;
4. Permitir o processo rápido a especialistas em caso de desastres e emergências;
5. Aumentar a quantidade de programas educacionais para médicos e residentes localizados em zonas fora de centros especializados;
6. Desenvolver tecnologias para transmissão de áudio, vídeo e imagens na área da saúde;
7. Construir modelos de informação na *Web* para melhorar a comunicação e integração dos serviços de saúde.

4.3 ALGUNS TIPOS DE PRÁTICAS MÉDICAS À DISTÂNCIA

1. Tele-educação: atualização médica; educação em saúde e orientação ao paciente;
2. Telemonitorização: monitorização de parâmetros biomédicos de pacientes;
3. Triagem e encaminhamento;
4. Teleconferência;

5. Teleconsulta: diagnóstico e tratamento.

Teleconsulta

A *Internet* é muito usada atualmente para essa finalidade, pois permite armazenar as informações sobre o paciente e proporciona seu acesso de qualquer parte do mundo. O acesso também pode ser a consulta de informações bibliográficas, etc.

Telediagnóstico

São realizadas consultas para fins diagnósticos, geralmente ocorrem por meio de intercâmbio de textos, imagens estáticas de RX, *ECG*, áudio, vídeo, etc.

Telemonitorização

Com equipamentos especiais para registrar dados vitais de pacientes e enviá-los continuamente a um centro de análise, interpretação e alerta. Como exemplo: monitorização cardíaca transtelefônica (através de um pequeno cardiobip), a monitorização de pacientes com gravidez de risco, ou de pacientes deficientes ou imobilizados em casa.

Outra aplicação interessante do cardiobip ocorre no consultório de médicos e dentistas que realizam cirurgias ambulatoriais.

Telecirurgias

Podem ser realizados procedimentos cirúrgicos à distância por meio de médicos guiados e conectados através de sinais visuais, auditivos, com cirurgiões especializados em centros de referência, garantindo assim um atendimento especializado à distância.

Teleconferência

É o intercâmbio de informações sobre um paciente entre dois ou mais médicos. É a teleconferência, ou teleconsulta, que pode assumir muitas formas. A

tecnologia mais sofisticada, denominada videoconferência, permite que os médicos conversem entre si, usando câmeras de vídeo e microfones, e um *software* especial de comunicação. Também podem ser enviadas imagens médicas de vários tipos (radiografias, tomografias, etc.), captadas através de um *scanner*, câmera fotográfica digital ou equipamentos médicos como otoscópios, oftalmoscópios, etc., cuja saída de imagem já pode ser enviada diretamente pelo sistema.

4.4 VANTAGENS ECONÔMICAS DA TELEMEDICINA

1. Aumento da clínica privada;
2. Otimização dos recursos humanos especializados; Utilização da capacidade ociosa;
3. Diminuição dos custos;
4. Oferta de conhecimento;
5. Oferta diferenciada por planos de saúde e hospitais.

4.5 PONTOS FUNDAMENTAIS DA TELEMEDICINA

A OMS considera que uma pessoa pratica a medicina ou cirurgia quando diagnostica ou tenta diagnosticar, trata ou tenta tratar, faz cirurgia ou tenta fazer, prescreve ou ministra medicamentos ou tenta fazê-lo para tratar quaisquer doenças humanas, físicas ou mentais, ou qualquer injúria ou deformidade em outra pessoa. Os problemas éticos e jurídicos são muito grandes e permanecem ainda com difícil solução, pois necessitam de uma nova cultura, novas práticas e novas leis [10].

5 TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO PROJETO

Nesta parte da monografia será feita uma abordagem sobre todas as tecnologias, componentes eletrônicos e *softwares* utilizados no projeto de telemetria aplicada à monitoração cardíaca, sendo demonstradas suas principais características e a justificativa de sua escolha. Vale ressaltar que a escolha das tecnologias utilizadas foi realizada após um estudo seguindo um balanceamento das seguintes premissas:

1. Utilizar *softwares* de livre distribuição;
2. Utilizar *softwares* e *hardware* de mais fácil implementação;
3. Utilizar componentes de mais fácil aquisição;
4. Utilizar tecnologias, recursos e componentes que melhor atendam ao projeto.

Outro fator fundamental para a escolha dos componentes, *hardwares* e *softwares* utilizados neste projeto foi uma consulta a profissionais de diversas áreas. Foram consultados profissionais da área de circuitos de *ECG*, da área de programação de *software*, da área de redes de computadores, criação de páginas *HTML/PHP* e profissionais da área de programação em PIC.

Ou seja, sempre foi feito um balanceamento criterioso das quatro premissas acima para se atingir uma meta de se ter um projeto que fosse o mais barato, que tivesse implementação fácil e que fosse exeqüível. Sendo assim, após um certo período de pesquisas e consultas sobre componentes, *softwares* e *hardwares*, foram selecionadas várias tecnologias, as quais serão abordadas neste capítulo.

5.1 AMPLIFICADOR OPERACIONAL AD624

Os níveis dos sinais elétricos das ondas PQRST que chegam através dos eletrodos para o circuito de aquisição são muito baixos, em torno de 0,1 mV para onda P, conforme citado na página 23 do Capítulo 3. Para tornar possível uma avaliação cardíaca com um nível de sinal tão baixo, torna-se necessário o uso de amplificadores de excelente performance, tal como o AD624 da Figura 9, que foi especialmente introduzido neste projeto devido às suas características técnicas, sendo tais características e as devidas configurações de ganho apresentadas no Capítulo 6.

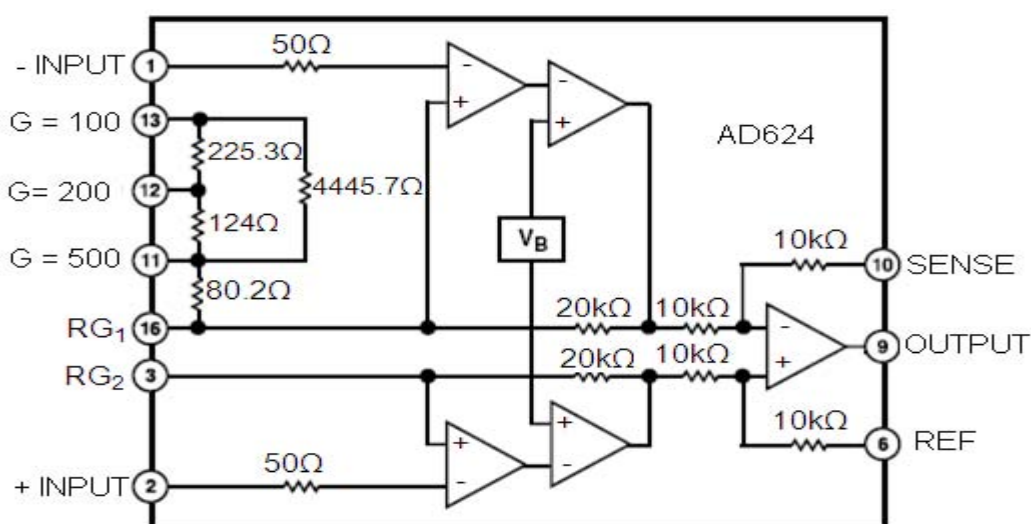


Figura 9 - Amplificador operacional AD624

5.2 TRANSMISSÃO VIA RF: ZIGBEE

ZigBee é um padrão global e aberto para a comunicação sem fio de baixo custo e pequeno alcance, com características adequadas ao uso nos dispositivos utilizados no dia-a-dia das pessoas. Ele foi desenvolvido pela *ZigBee Alliance* junto ao *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*. A *ZigBee* é um grupo

industrial de trabalho que conta com mais de 45 empresas, que trabalham em conjunto para desenvolver um padrão capaz de possibilitar um controle seguro, de baixo custo e de baixa potência em redes sem fio para o controle de diversos equipamentos, incluindo soluções para a automação predial, aplicações em entretenimento e telemedicina.

Os dispositivos baseados na tecnologia *ZigBee* operam na faixa *ISM* (*Industrial, Scientific, Medical*) que não requer licença para funcionamento, incluindo as faixas de 2,4 GHz (Global), 915 MHz (América) e 868 MHz (Europa), e com taxas de transferência de dados de 250 kbps em 2,4 GHz, 40 kbps em 915 MHz e 20 kbps em 868 MHz.

O padrão oferece atualmente *interfaces* com velocidades de conexão compreendidas entre 10 Kbps e 115 Kbps e com um alcance de transmissão entre 100 m e 1600 m, dependendo diretamente da potência dos equipamentos e de características ambientais (obstáculos físicos, interferência eletromagnética, etc.).

Em termos de dispositivos físicos, aos quais estão associados à norma *IEEE 802.15.4*, encontram-se os *FFD* (*Full Functionality Device*) e os *RFD* (*Reduced Functionality Device*). O protocolo *ZigBee* efetua ainda a distinção entre três tipos dispositivos lógicos, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Dispositivos *ZigBee*

Dispositivo	Tipo de dispositivo físico associado (IEEE)	Função
<i>Coordinator</i>	<i>FFD</i>	Forma a rede e atribui endereços. Existe apenas um por rede.
<i>Router</i>	<i>FFD</i>	Permite que mais nós se juntem à rede, ao aumentar o seu alcance físico. Pode também efetuar funções de controle ou monitoração.
<i>Endpoint</i>	<i>RFD</i> ou <i>FFD</i>	Efetua ação de controle ou monitoração através de dispositivo que lhe esteja associado (sensor, controlador, atuador e etc...).

Camadas de protocolos:

A publicação do padrão *IEEE 802.15.4* definiu interfaces com baixas taxas de transmissão (menores que 250 Kbps) e estabeleceu uma estrutura de rede que incorpora os conceitos de redes *ad hoc*, características de conexão em malha e em *multi-hop* (múltiplos saltos). Adicionalmente, novos algoritmos de segurança e perfis de aplicação foram definidos objetivando garantir a segurança e a perfeita interação entre os diversos equipamentos. Na Tabela 5.2 são ilustradas as camadas de protocolos *ZigBee*.

Quadro 3 - Camadas de protocolos *ZigBee*

Aplicações do usuário	Aplicação / Perfil		}	Usuário
<i>ZDO</i> - é onde está definido papel do dispositivo na rede	Camada de aplicação; Suporte a aplicação e <i>ZigBee Device Object (ZDO)</i>			
Roteamento e segurança	Camada de rede (<i>NWK</i>) e segurança	<i>IP</i>	}	<i>ZigBee Alliance</i>
		<i>MAC</i>		
Transporte de dados	Camada <i>MAC (Media Access Control)</i>		}	<i>IEEE 802.15.4</i>
Transmissão e recepção do canal de rádio	Camada Física (<i>PHY</i>) 2,4 GHz / 868 MHz / 915 MHz			

A camada física (*PHY*) foi projetada para acomodar as necessidades de interfaces de baixo custo, permitindo níveis elevados de integração. O uso da técnica de transmissão de Sequência Direta por Espalhamento de Espectro (*DSSS*) permite que os equipamentos sejam muito simples, possibilitando implementações mais baratas.

A camada *MAC (Media Access Control)* foi projetada para permitir topologias múltiplas com baixa complexidade, onde o gerenciamento de energia, por exemplo, não requer modos de operação complexos. O *MAC* também permite que um dispositivo com funcionalidade reduzida (*RFD*) opere na rede sem a necessidade de grandes quantidades de memória disponíveis, podendo controlar também um grande número de dispositivos sem a necessidade de colocá-los "em modo de espera".

A camada de rede foi projetada para possibilitar o crescimento da rede sem a necessidade de equipamentos de transmissão de potência mais elevada. A camada de rede também pode operar quantidades grandes de nós de rede com latências relativamente baixas.

A camada *NWK* (*Network*) utiliza um algoritmo que permite implementações da pilha de protocolos visando balancear os custos das unidades em aplicações específicas, o consumo das baterias, buscando produzir soluções com o perfil específico de custo-desempenho para a aplicação [7].

5.3 TRANSMISSÃO VIA *GPRS*

O *GPRS* (General Packet Radio Service) é uma tecnologia que aumenta as taxas de transferência de dados nas redes *GSM* existentes. Esta permite o transporte de dados por pacotes (comutação por pacotes). Sendo assim, o *GPRS* oferece uma taxa de transferência de dados muito mais elevada que as taxas de transferência das tecnologias anteriores, que usavam comutação por circuito, que eram em torno de 12 kbps. Já o *GPRS*, em situações ideais, pode ultrapassar a marca dos 170 kbps. No entanto na prática, essa taxa está em torno dos 40 kbps.

No *GPRS* o serviço é "sempre ativo", ou seja, ele é um modo no qual os recursos somente são atribuídos a um usuário quando for necessário enviar ou receber dados. Esta técnica permite que vários usuários compartilhem os mesmos recursos, aumentando assim a capacidade da rede e permitindo uma gerência razoavelmente eficiente dos recursos. Isto permite às operadoras *GPRS* disponibilizar acesso à *Internet* móvel em alta velocidade e a um custo razoável, pois a cobrança é feita pela quantidade de pacotes de dados transmitidos e não pelo tempo de conexão à rede.

Principais vantagens do GPRS:

- Utilização de voz e dados no mesmo canal ao mesmo tempo;
- Ampla cobertura em todas as unidades;
- Acesso imediato e permanente para dados. Para se conectar à rede, utilizando *GSM (Global System for Mobile Communications)*, são necessários de 15 a 30 segundos, sendo que esse tempo é consumido a cada reconexão. Com o *GPRS*, uma vez estabelecida a conexão, a mesma estará permanentemente ativa;
- Possibilidade de utilização de várias operadoras de telefonia e modelos diferentes de celular-modems, havendo assim uma maior flexibilidade e independência em relação ao mercado;
- Redução de custos. Com o *GSM* a tarifação é efetuada por tempo de conexão. Com o *GPRS*, a tarifação é efetuada com base na quantidade de dados transmitidos;
- Os celular-modems utilizados em *GPRS* podem ser classificados em três tipos diferentes, conforme abaixo:
 1. Classe A: Para uso simultâneo de voz e dados;
 2. Classe B: Para uso de voz e dados, porém não simultâneo;
 3. Classe C: Para uso apenas de dados.

Velocidade:

Taxas de transferência teóricas de até 171,2 kbps (e na prática de até 40 kbps) são possíveis com *GPRS* usando todos os oito *time slots* ao mesmo tempo. Isso é uma taxa de transferência próxima de três vezes mais rápida do que as possíveis nas redes de telecomunicações fixas e dez vezes mais que os atuais serviços de *CSD* nas redes *GSM*.

Disponibilidade imediata:

GPRS facilita conexões instantâneas, pois a informação pode ser enviada ou recebida imediatamente conforme a necessidade do usuário. Não há necessidade de conexões *dial-up* através de *modems*. Algumas vezes, diz-se que os usuários de *GPRS* estão “sempre conectados”. Disponibilidade imediata é uma das vantagens de *GPRS* e (*SMS - Short Message Service*) quando comparado com *CSD (Circuit Switched Data)*. Alta disponibilidade imediata é uma característica muito importante para aplicações críticas como autorização remota de lançamento em cartões de crédito, quando é inaceitável que o cliente seja mantido em estado de espera por mais de 30 segundos, além do necessário.

Para usar *GPRS*, os usuários precisam especificamente de:

- Um telefone móvel ou terminal que suporte *GPRS*;
- Uma assinatura em uma rede de telefonia móvel que suporte *GPRS*;
- Ter o uso de *GPRS* habilitado. Acesso automático ao *GPRS* pode ser permitido por algumas operadoras; outras poderão requerer uma opção específica de adesão;
- Conhecimento de como enviar e receber informações através do *GPRS* usando seu aparelho telefônico, incluindo configurações de *hardware* e *software*, o que cria a necessidade de um serviço de atendimento ao cliente;
- Um destino para enviar ou um local de onde receber informações através do *GPRS*, enquanto que com o *SMS* esse destino ou origem era freqüentemente outro telefone móvel. Com *GPRS* é mais provável que se pareça com um endereço *Internet*, já que *GPRS* foi projetado para tornar o acesso à *Internet* totalmente disponível aos usuários móveis desde o início. Desde a disponibilidade do serviço,

os usuários do *GPRS* podem acessar qualquer página da *Web* ou outras aplicações *Internet* - fornecendo uma massa crítica inicial de uso.

Características principais da rede *GPRS*:

Com o *GPRS*, a informação é dividida em “pacotes” relacionados entre si antes de ser transmitida e remontada no destinatário. A comutação de pacotes é semelhante a um jogo de quebra-cabeça (*puzzle*) - a imagem que o quebra-cabeça representa é dividida em pequenas peças pelo fabricante e colocada em um saco plástico. Durante o transporte do quebra-cabeça entre a fábrica e o comprador, as peças são misturadas. Quando o comprador do jogo retira as peças da embalagem ele as remonta, formando a imagem original. Todas as peças são relacionadas entre si e se encaixam, mas a forma como são transportadas e remontadas varia. A *internet* é um outro exemplo de rede de dados baseada em comutação de pacotes, o mais famoso de muitos tipos de rede.

Eficiência do espectro:

Usar a comutação de pacotes no *GPRS* significa que os recursos de rádio serão utilizados apenas quando os usuários estiverem enviando ou recebendo dados. Ao invés de dedicar um canal para um usuário por um determinado período de tempo, o recurso pode ser compartilhado concorrentemente entre vários usuários. Esse uso eficiente de recursos significa que um grande número de usuários *GPRS* pode potencialmente compartilhar a mesma largura de banda e serem servidos de uma única célula. O número atual de usuários suportados depende da aplicação em uso e de quanta informação está sendo transferida. Dada a eficiência do *GPRS*, há menor necessidade de investir em recursos que serão somente utilizados em horários de pico. Portanto, *GPRS* permite que as operadoras maximizem o uso de

seus recursos de rede de uma forma dinâmica e flexível. O *GPRS* pode melhorar a capacidade de uma rede *GSM*, pois simultaneamente:

- Aloca recursos de rádio pouco abundantes de forma mais eficiente por suportar conectividade virtual;
- Migra tráfego anteriormente enviado através de *CSD's* para *GPRS*, e;
- Reduz o uso de canais de sinalização através da migração de tráfego que anteriormente era enviado via *SMS* para *GPRS* ao invés de usar a conectividade *GPRS* para *SMS* suportada pelo padrão *GPRS*.

Compatibilidade com a *Internet*:

De início, *GPRS* permite uma funcionalidade completa no que se refere à *Internet* Móvel por disponibilizar interoperabilidade entre a *Internet* existente e as novas redes *GPRS*. Qualquer serviço atualmente utilizado na *Internet* – *FTP* (*File Transfer Protocol*), navegação na *Web*, *e-mail* (correio eletrônico) estará disponível através da rede móvel com o *GPRS*. A *World Wide Web* está se tornando a primeira escolha das pessoas que desejam acessar a *Internet* para entretenimento e coleta de informações, a intranet para acessar informações da companhia e conexão com colegas de trabalho e a Extranet para acessar clientes e fornecedores. Tudo isso deriva da *World Wide Web* com o intuito de conectar comunidades com interesses diversos. Há uma tendência em se armazenar informações localmente por meio de pacotes de *software* específicos e acessar essas informações remotamente, via *Internet*. Quando você quer checar sua programação de tarefas ou contatos, ao invés de usar algo semelhante ao *software* “*Act*”, você pode ir a um site semelhante a um portal na *Internet*. Assim, navegação na *Web* é uma aplicação importante para *GPRS*. Como os protocolos em uso são os mesmos, as redes *GPRS* podem ser encaradas como sub-redes da *Internet* e os telefones *GPRS* compatíveis podem ser

vistos como nós móveis dessa rede. Isso significa que cada terminal *GPRS* pode potencialmente ter seu próprio endereço *IP* (*Internet Protocol* – Protocolo da *Internet*) e ser endereçável por isso.

Suporte a *TDMA* e *GSM*:

Seria importante notar que o *GPRS* não é um serviço projetado para ser utilizado exclusivamente em redes móveis baseadas no padrão *GSM* (*Global System for Mobile Communications* - ou Sistema Global para Comunicações Móveis). O padrão IS-136 *TDMA* (*Time Division Multiple Access* - Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo), popular nas Américas do Norte e do Sul, também suporta *GPRS*. Essa aceitação permite seguir um caminho evolutivo em direção às redes móveis de terceira geração, conforme acordado em 1999 pelas associações da indústria que suportam esses dois tipos de redes [8].

5.4 MICROCONTROLADORES: PIC

A escolha deste microcontrolador se deve ao fato de ele ser muito conveniente tanto para este tipo de aplicação quanto, também, para os desenvolvedores deste projeto. Ele é conveniente para esta aplicação, pois é relativamente de baixo custo e possui várias funcionalidades.. Ele é conveniente para nós, os desenvolvedores deste projeto, pois é de fácil aquisição, programação e também pelo fato de já termos bastante literatura e acesso às informações sobre o assunto.

Os PIC's são uma família de microcontroladores fabricados pela *Microchip Technology*, que processam dados de 8 bits e de 16 bits, mais recentemente 32, com extensa variedade de modelos e periféricos internos, com arquitetura *Harvard* e conjunto de instruções *RISC* (conjuntos de 35 instruções e de 76 instruções), com

recursos de programação por Memória *flash*, *EEPROM* e *OTP*. Os microcontroladores PIC têm famílias com núcleos de processamento de 12 bits, 14 bits e 16 bits e trabalham em velocidades de 0 kHz (ou *DC*) a 48 MHz, usando ciclo de instrução mínimo de 4 períodos de *clock*, o que permite uma velocidade de no máximo 10 *MIPS*. Há o reconhecimento de interrupções tanto externas como de periféricos internos. Funcionam com tensões de alimentação de 2 V a 6 V e os modelos possuem encapsulamento de 6 a 100 pinos em diversos formatos (*SOT23*, *DIP*, *SOIC*, *TQFP*, etc.)

Periféricos internos:

Seus principais periféricos internos (a disponibilidade varia conforme o modelo) :

- Conversores Analógico-Digitais de 8 a 12 bits;
- Contadores e timers de 8 e 16 bits;
- *USART's*;
- Controladores de comunicação *I2C*, *SPI*, *USB*;
- Controladores *PWM*;
- Controladores de *LCD*;
- Controladores de motores;
- Gerador de energia de alta potência;
- Periféricos *IRDA*;
- Portas digitais com capacidade de 25 mA (fornecer ou drenar) para

acionar circuitos externos;

- Osciladores internos.

Os PIC's podem ser programados em linguagem mnemônica (*assembly*) ou usando-se compiladores de linguagem de alto nível (Pascal, C, Basic) que geram um código em formato hexadecimal (*Intel Hex format* ou linguagem de

máquina) que são usados para serem gravados na memória de programa desses microcontroladores. Para tal procedimento, utiliza-se um *hardware* especial (gravador) acoplado a um *PC* (com um PIC é possível rodar pequenos programas de computadores gravados neles). PIC's com memória *flash* são altamente flexíveis na fase de desenvolvimento, pois permitem uma rápida alteração do código de programa.

O Processo de gravação de um PIC:

Para ser possível gravar em um microcontrolador são necessários um *software* gravador e um compilador.

O programa pode ser escrito em *assembler*. Nele irá conter as informações de configuração do microcontrolador e a lógica do dispositivo. Normalmente usa-se o bloco de notas ou o MPLAB *IDE*;

Para escrever estes programas o compilador (*mpasmwin* – que pode ser encontrado no site <http://www.microchip.com>) vai transformar as informações geradas pelo programa (*.asm) em opcode – códigos operacionais (hexadecimais de 14 bits) e transformar em hexadecimal (*.hex);

O Gravador converte e organiza os sinais gerados pelo computador, para que eles sejam armazenados no microcontrolador [9].

5.5 INTERFACE SERIAL: MAX232

O PIC opera no padrão *TTL* (0 V a +5 V), já a porta serial de um computador opera no padrão RS-232. Isto significa que o nível lógico 1 é entendido pelo computador entre as tensões - 12 V e - 3 V e o nível lógico 0 entre as tensões + 3 V e + 12 V, ou seja, para que estes dispositivos possam se comunicar é necessário utilizar uma técnica que funcione como um “tradutor” de nível lógico.

Portanto houve a necessidade de utilizar uma interface para garantir a compatibilidade entre os dois componentes. Para isto foi utilizada uma interface serial que possui um chip (MAX232) que realiza esta função [11].

Como funciona:

Como qualquer dispositivo de transmissão serial, os bits são enviados um a um, seqüencialmente, e normalmente com o bit menos significativo (*LSB*) primeiro. Por ser um protocolo assíncrono isto é, sem uma linha de relógio (*clock*), é responsabilidade do transmissor e do receptor efetuarem controles de tempo para saber quando cada bit inicia e finaliza.

Na sua forma padrão o RS-232 utiliza dois sinais de controle, o *RTS* (*ready to send*) e o *CTS* (*clear to send*) para efetuar o controle de fluxo via *hardware*. Basicamente, quando o transmissor deseja começar um envio ele sinaliza através do pino *RTS*. O receptor, ao perceber que o transmissor deseja enviar algum dado, prepara-se para recebê-lo e seta o pino *CTS*. Apenas depois de receber o sinal *CTS* o transmissor pode começar a transmissão. Para cada byte existe bit de *start* e *stop*; o mais comum é utilizar 1 bit de início (*start bit*) e 1 bit de parada (*stop bit*), mas é possível encontrar aplicações que utilizam 1,5 ou 2 bits de início/parada. A Figura 10 abaixo mostra como a transmissão de um byte ocorre:

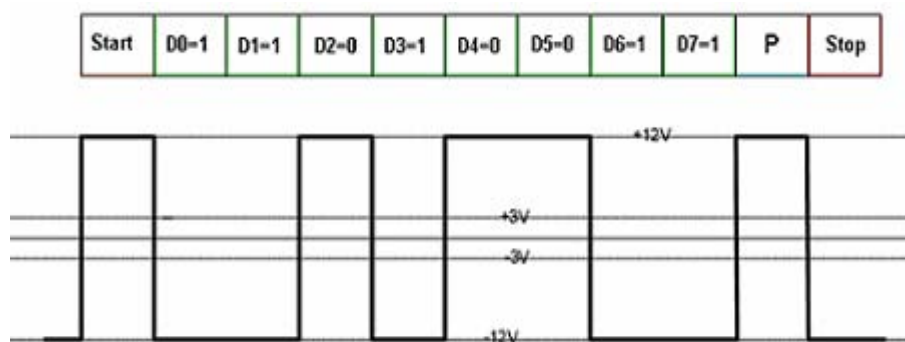


Figura 10 - Transmissão serial RS-232

Como já citado anteriormente, esta transmissão é assíncrona. Tendo a velocidade de comunicação ajustada nos dois dispositivos inicialmente, cada um deles sabe quanto tempo um bit demora a ser transmitido, e é com base nisto que a identificação dos bits é possível.

No transmissor o envio basicamente resume-se a enviar um bit de início, aguardar um tempo, e enviar os próximos 8 bits + bit de parada, com o mesmo intervalo de tempo entre eles.

No receptor, após a primeira borda de descida (nível lógico de "1" para "0") (*start bit*) o receptor sabe que uma seqüência de mais 8 bits de dados + bit de parada chegará. Ele também conhece a velocidade de transmissão, então tudo que ele precisa fazer é aguardar o tempo de transmissão entre cada bit e efetuar a leitura. Após receber o bit de parada, a recepção encerra-se e ele volta a aguardar o próximo *start bit*.

Nos microcontroladores modernos todo este trabalho normalmente é efetuado por uma *UART* (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*). Este periférico encarrega-se de efetuar todo o controle e apenas gerar interrupções quando um byte é recebido. No entanto, algumas vezes o microcontrolador utilizado não possui uma *UART*, ou mesmo ela está sendo utilizada. Nestes casos é possível implementar uma interface serial através de *software*, tratando a seqüência de transmissão e recepção descrita anteriormente. Na interface RS-232 o nível lógico "1" corresponde a uma tensão entre - 3 V e - 12 V e o nível lógico "0" a uma tensão entre 3 V e 12 V. Valores de tensão entre - 3 V e + 3 V são indefinidos e precisam ser evitados. O estado *idle* da linha é 1 lógico (- V). Porém, a grande maioria dos periféricos que trabalham com portas seriais não utiliza o padrão RS-232 para níveis elétricos diretamente. Portanto é sempre necessário um circuito de conversão de níveis

TTL/RS-232. O circuito integrado mais comum para efetuar esta conversão, de baixo custo, é o MAX232 que possui alimentação *TTL*. Na Figura 11 pode ser visto o conector DB9 no padrão RS-232, com seus respectivos pinos.

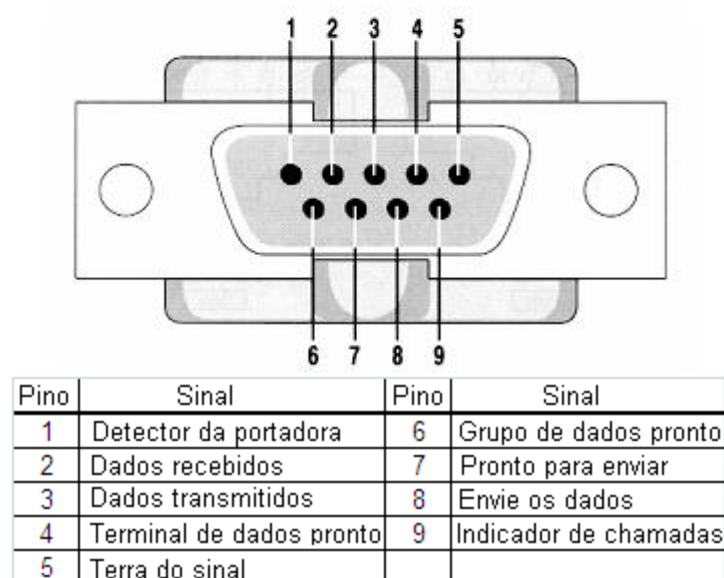


Figura 11 - DB9 no padrão RS-232

Grande parte da confiabilidade do padrão deve-se à sua boa imunidade a ruídos, por ter níveis elétricos diferenciais em suas linhas. Mesmo assim, o padrão RS-232 é destinado a aplicações de curto alcance.

5.6 C++ BUILDER 4 – VERSÃO *FREE* PARA ESTUDANTES

O C++ Builder é um ambiente de desenvolvimento integrado (*IDE*) produzido pela Borland para a escrita de programas na linguagem C++. Seus componentes desenvolvidos para Delphi podem ser utilizados no C++ Builder sem modificação, apesar do inverso não ser possível.

O aplicativo inclui ferramentas que permitem desenvolvimento visual através de "arrastar e soltar", tornando a programação mais simples. Era direcionado originalmente somente para a plataforma *Windows*. Versões mais recentes

incorporaram o *CLX* (*Component Library for Cross-Platform*), uma biblioteca de componentes multi-plataforma baseada em Qt (*Quasar Technologies*), suportando *Windows* e *Linux* [12].

5.7 LINGUAGEM DE *SCRIPT* PARA PÁGINAS ESTÁTICAS: *HTML*

Para que informações possam ser publicadas e distribuídas globalmente, através da *Internet*, é necessário que se utilize uma formatação que seja entendida pelos mais diversos computadores e sistemas. E para tanto é necessário que se desenvolva e se adote um padrão; o padrão desenvolvido e adotado na *Web* é o *HTML*. *HTML* significa *Hyper Text Markup Language* (Linguagem de Formatação de Hipertexto) e é a linguagem padrão para apresentação de documentos estruturados na *Internet*.

Hipertexto é a capacidade de se pular de um documento para outro com um clique do mouse, ou seja, aqueles itens sublinhados e com uma cor destacada em relação ao restante do texto que levam o internauta a uma seção na mesma página ou a outra página com mais detalhes sobre o item clicado. O *HTML* não é uma linguagem de programação e sim uma linguagem de marcação (ou formatação), isto é, ela fornece elementos que indicam como um texto deve aparecer na página, tais como "negrito" e "sublinhado"; com ela também é possível inserir imagens, multimídia e outros recursos no texto, além, é claro, das ligações de hipertexto [13].

5.8 LINGUAGEM DE *SCRIPT* PARA PÁGINAS DINÂMICAS: *PHP*

O *PHP* (*Hipertext Preprocessor*) é uma linguagem de *script* voltada para o desenvolvimento de páginas dinâmicas para a *Internet* de fácil uso e aprendizagem, permitindo ao programador inserir seus comandos diretamente nos códigos *HTML*

de uma página. O *PHP* oferece suporte de conexão com diversos bancos de dados, tais como: MySQL, Oracle, Sybase, Dbase, PostgreSQL, etc.

O *PHP* é distribuído sobre *GPL*, ou seja, não precisa pagar nada para usá-lo.

O que pode ser feito com o *PHP*?

- Basicamente, qualquer coisa que pode ser feita por algum programa *CGI* (*Common Gateway Interface*) pode ser feita também com *PHP*, como coletar dados de um formulário e gerar páginas dinamicamente;
- *PHP* também tem como uma das características mais importantes o suporte a um grande número de bancos de dados;
- Além disso, *PHP* tem suporte a outros serviços através de protocolos como *IMAP* (*Internet Message Access Protocol*), *SNMP* (*Simple Network Management Protocol*), *NNTP* (*Network News Transfer Protocol*), e, logicamente, *HTTP*.

Logo, devido a todas essas características de poder ser inserido dentro do código *HTML*, ter suporte a vários bancos de dados e ser um aplicativo *open source*, o *PHP* foi a ferramenta escolhida para fazer a atualização dinâmica da página *Web*.

5.9 SOFTWARE DE EDIÇÃO *HTML/PHP*: *PHP EDITOR 2.22*

Uma vez definido que seriam usados o *HTML* e o *PHP* na criação da página *Web*, decidiu-se usar o *PHP Editor 2.22* (*software* totalmente brasileiro e de distribuição livre em <http://www.phpeditor.kit.net/>) como um grande facilitador na confecção da página *Web* devido a seus vários recursos e funcionalidades que agilizam ainda mais não só o processo de criação da página *Web*, como também os testes da página, sem precisar abrir um *browser* (ver item 2 abaixo), nem acessar um servidor (ver item 3 abaixo). O *PHP Editor 2.2.2* conta com muitos recursos

que facilitam desde a edição rápida de um arquivo até mesmo a criação de um site completo. Alguns dos recursos que podem ser destacados são:

1. Auto-complemento de funções do *PHP*, com a listagem de parâmetros e texto de ajuda;
2. Visualização da página diretamente no editor sem a necessidade de abrir o *browser*;
3. Mini servidor *Web*: o PHP Editor já vem com um mini-servidor *Web* que poderá ser utilizado nos testes, sem que seja necessário se preocupar na instalação e configuração de outros servidores [14].

5.10 SERVIDOR *WEB*: APACHE

Uma vez criada a página da *Web*, ela deve ser hospedada em um servidor *Web* para acesso pela *internet*. O servidor escolhido foi o Apache, pelas seguintes vantagens apresentadas:

- Por ser o mais utilizado no mundo e, conseqüentemente, ser o de mais fácil esclarecimento quanto á dúvidas em sites de fóruns;
- Por ser de fácil aquisição (basta fazer um *download* em um dos vários sites que disponibilizam o *software*);
- Por ser um servidor *Web* de código aberto, totalmente gratuito e que roda tanto em Windows como em Linux (além de outros sistemas UNIX).

Ao acessar qualquer site, há um servidor por trás daquele endereço responsável por disponibilizar as páginas e todos os demais recursos que você pode acessar. Assim, quando você envia um *e-mail* através de um formulário, coloca uma mensagem em um fórum de discussão, faz uma compra *on-line*, etc, um servidor

Web (ou um conjunto de servidores) é responsável por processar todas essas informações.

Sendo mais claro, um servidor *Web* é um computador que processa solicitações *HTTP* (*Hyper-Text Transfer Protocol*), o protocolo padrão da *Web*. Quando você usa um navegador de *Internet* para acessar um site, este faz as solicitações devidas ao servidor *Web* do site através de *HTTP* e então recebe o conteúdo correspondente. No caso do Apache, ele não só executa o *HTTP*, como outros protocolos, tais como o *HTTPS* (O *HTTP* combinado com a camada de segurança *SSL - Secure Socket Layer*), o *FTP* (*File Transfer Protocol*), entre outros.

Como servidor *Web*, o Apache é o mais conhecido e usado. Os motivos incluem sua excelente performance, segurança, compatibilidade com diversas plataformas e todos os seus recursos. O servidor Apache (ou Apache Server) surgiu no *National Center of Supercomputing Applications (NCSA)* através do trabalho de Rob McCool. Ao sair da *NCSA*, McCool parou de trabalhar no *software* (que nessa época recebia justamente a denominação *NCSA*) e então várias pessoas e grupos passaram a adaptar o servidor *Web* às suas necessidades.

O Apache Server é um *software* livre, o que significa que qualquer um pode estudar ou alterar seu código-fonte, além de poder utilizá-lo gratuitamente. É graças a essa característica que o *software* foi (e continua sendo) melhorado ao passar dos anos. Graças ao trabalho muitas vezes voluntário de vários desenvolvedores, o Apache continua sendo o servidor *Web* mais usado no mundo. Além de estar disponível para o Linux (e para outros sistemas operacionais baseados no Unix), o Apache também conta com versões para o *Windows*, para o *Novell Netware* e para o *OS/2*, o que o torna uma ótima opção para rodar em computadores obsoletos (desde que este atenda aos requisitos mínimos de *hardware*).

A exigência de *hardware* do Apache depende de sua aplicação, mas até mesmo um obsoleto *PC* Pentium com 64 MBytes de memória *RAM* é capaz de executá-lo tranquilamente em um ambiente corporativo pequeno. No entanto, quando se trata de um site na *Internet*, é interessante ter máquinas tão poderosas quanto o que exige o nível de acesso. Abaixo, segue um resumo com as principais características:

- Possui suporte a *scripts* CGI usando linguagens como *Perl*, *PHP*, *Shell Script*, *ASP*, etc;
- Suporte a autorização de acesso podendo ser especificadas restrições de acesso separadamente para cada endereço/arquivo/diretório acessado no servidor;
- Negociação de conteúdo, permitindo a exibição da página *Web* no idioma requisitado pelo cliente navegador [15];
- Personalização de logs;
- Personalização de mensagens de erro.

5.11 BANCO DE DADOS: MySQL

MySQL é um banco de dados relacional, desenvolvido para plataformas Linux-like, OS/2, Windows. Sendo um *software* de livre distribuição para plataformas não-Windows que o utilizam em um servidor *Web*.

MySQL é um servidor multiusuário, multitarefa, compatível com o padrão *SQL* (*Structured Query Language* – Linguagem de consulta estruturada), linguagem essa amplamente utilizada para manipulação de dados em *RDBMS* (Banco de dados relacionais), sendo considerada um ferramenta de manipulação de base de dados de tamanho moderado. As principais características que destacam o MySQL são: sua velocidade proporcionada pela sua implementação leve que não inclui na

totalidade o suporte as instruções *SQL*; sua natureza de distribuição gratuita; facilidade de integração com servidor *Web* e linguagens de programação de desenvolvimento de sites dinâmicos, especialmente a linguagem *PHP*.

Por que MySQL?

Sendo a concepção inicial do trabalho a utilização de ferramentas de livre distribuição e o desenvolvimento de uma aplicação de banco de dados utilizando a *Web* como *interface*, fez-se necessário a escolha de um banco de dados que permitisse explorar as características básicas para implementação de uma aplicação cliente-servidor.

O MySQL foi o banco de dados escolhido por apresentar extensa documentação em milhares de sites na *Internet*, mas principalmente pela sua fácil instalação e integração com o servidor *Web* [16].

6 O PROJETO

Esse sistema será composto por um circuito de captação e filtragem dos sinais do *ECG* e um circuito de conversão *A/D* (Analógico/Digital) utilizando um microcontrolador PIC (modelo 16F877A) que, através da sua porta de comunicação serial *USART*, poderá enviar os sinais convertidos (dados) para dois módulos de transmissão (*RF* e *GPRS*). Estes módulos por sua vez, enviarão os dados para um servidor de banco de dados MySQL, que alimenta um sistema *Web PHP*. Assim, o projeto constitui-se de:

- Implementar o circuito de um eletrocardiógrafo que faça a aquisição, a filtragem e a comunicação com o PIC 16F877A;
- Implementar um circuito que receba o sinal do circuito de aquisição, faça o processamento, conversão *A/D* e transmissão via *RF* e via *GPRS*, utilizando um microcontrolador PIC e sua porta *USART*;
- Implementar um programa em C++ Builder 4 – versão *free* para estudantes – que receba o sinal do eletrocardiógrafo e o transmita para o servidor;
- Criar um sistema *Web* (site) que disponibilize os dados recebidos pelo programa criado para diversos médicos e pacientes diferentes;
- Instalar um servidor de banco de dados MySQL em um computador e implementar um método de acesso ao banco de dados através de *script PHP*;
- Criar um serviço de *DNS* (*Domain Name System*) para facilitar o acesso ao sistema acima, que fornecerá a página *Web* ao médico com o resultado do eletrocardiograma.

6.1 IMPLEMENTAÇÃO DO CIRCUITO ELETROCARDIÓGRAFO

O coração humano emite pulsos elétricos que variam de -2 mV a $+2\text{ mV}$. Esses pulsos serão captados por sensores que devem estar conectados a cabos coaxiais cujas malhas deverão estar aterradas no chassis que envolve o circuito para reduzir os níveis de ruído na entrada.

Quando dois eletrodos são colocados em posições distintas da nossa pele, nossa epiderme pode gerar uma diferença de potencial de até 2 V . Isto associado aos cabos em nosso corpo, que juntos podem se transformar em uma excelente antena que facilmente capta os ruídos de 60 Hz que emanam de cada cabo da rede elétrica, pode resultar em ruídos de até 1.000 vezes a amplitude dos pequenos pulsos gerados pelo coração. Esses ruídos indesejáveis são difíceis de serem filtrados e, para garantir que eles não acrescentem mais que 1% de erro no sinal a ser medido, é necessário um amplificador com o *CMRR* (*Common-Mode Rejection Ratio*) de pelo menos 100.000 para 1 . Para esses casos deve-se utilizar um amplificador de instrumentação.

O amplificador de instrumentação AD624, quando ajustado para um ganho de 1.000 , oferece *CMRR* superior a 130 dB , o que o torna adequado para aplicações onde um alto valor de *CMRR* é necessário.

Levando-se em consideração esta alta taxa de *CMRR* e uma excelente combinação de baixos níveis de ruído, alto ganho e baixo coeficiente de ganho de temperatura, pode-se considerar ideal a utilização do AD624 em sistemas de amplificação de sinais biomédicos.

Uma importante característica que pode ser ressaltada quanto à configuração de ganho do AD624 é que ele não necessita de nenhum componente externo para os ganhos de 1 , 100 , 200 e 500 . Ganhos adicionais como 250 e 1.000 podem ser

programados com simples combinações de curtos circuitos entre pinos que resultam em diferentes associações dos resistores internos. Na Figura 12 está ilustrada uma configuração para um ganho igual a 200.

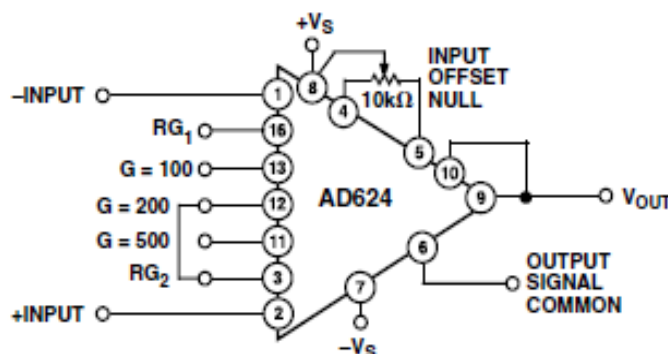


Figura 12 - Configuração para G=200

O Quadro 4, exibe uma relação dos curto-circuitos necessários para ajustar os ganhos desejados e seus respectivos coeficientes de temperatura.

Quadro 4 - Configuração dos ganhos

Ganho (Nominal)	Coeficiente de Temperatura (Nominal)	Interligar Pinos 3 e	Interligar Pinos
1	- 0 ppm/°C	-	-
100	-1,5 ppm/°C	13	-
125	-5 ppm/°C	13	11 e 16
137	- 5,5 ppm/°C	13	11 e 12
186,5	-6,5 ppm/°C	13	11, 12 e 16
200	-3,5 ppm/°C	12	-
250	-5,5 ppm/°C	12	11 e 13
333	-15 ppm/°C	12	11 e 16
375	-0,5 ppm/°C	12	13 e 16
500	-10 ppm/°C	11	-
624	-5 ppm/°C	11	13 e 16
688	-1,5 ppm/°C	11	11 e 12; 13 e 16
831	4 ppm/°C	11	12 e 16
1.000	0 ppm/°C	11	11 e 13; 12 e 16

Foi utilizada para o circuito de aquisição deste projeto a configuração do AD624 para ganho de 1.000, conforme Figura 13.

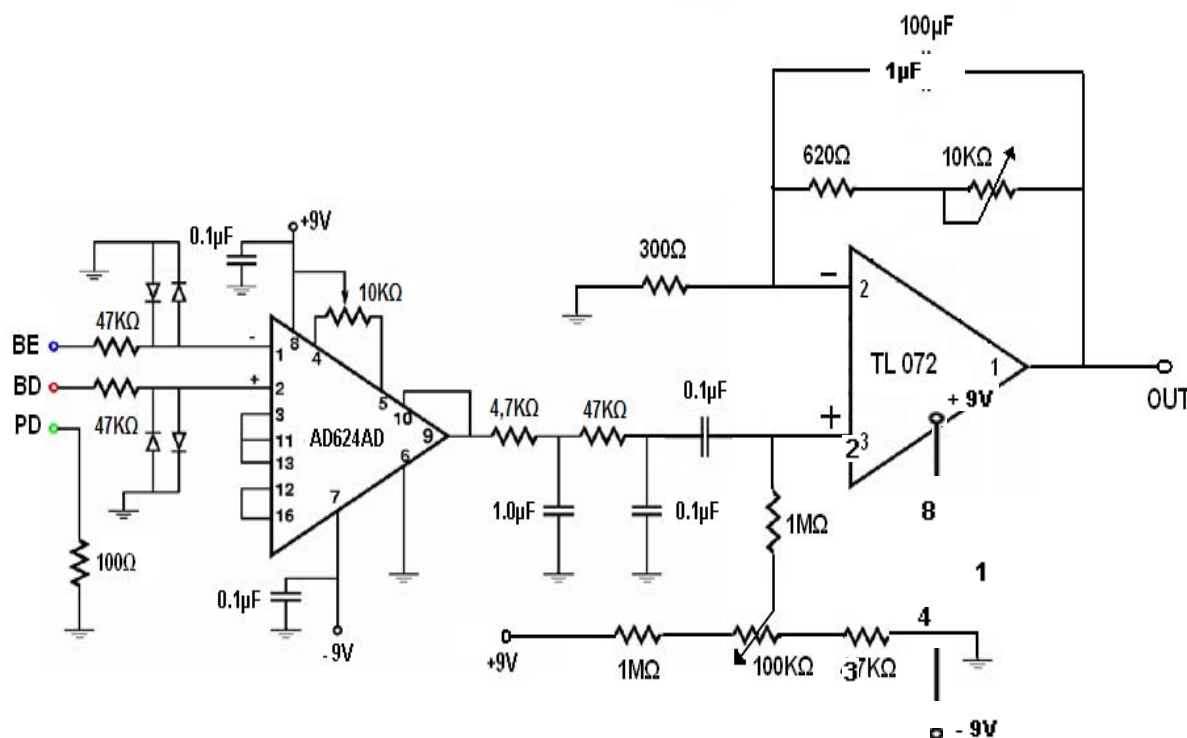


Figura 13 - Configuração utilizada no projeto

Por questão de segurança, foram acrescentados à entrada do circuito, diodos de proteção para o paciente. Se, por algum motivo, houver um aumento súbito de tensão, garantimos uma tensão máxima na linha de 0,6 V, protegendo o usuário. Esse limite de 0,6 V é muito maior que os sinais elétricos provenientes do coração, assim, os diodos de proteção não irão afetar o desempenho do circuito. São utilizados dois diodos inversamente polarizados para cada linha de entrada: um para transportar corrente durante tensões positivas e outro para tensões negativas.

Como o conversor *A/D* do microcontrolador PIC16F874 opera na faixa de 0 V a 5 V, foi introduzido mais um estágio amplificador com ganho ajustável utilizando o amplificador operacional TL072, que também funciona como filtro passa-baixa. Foi necessário ainda, um divisor resistivo na entrada não inversora para garantir o correto nível DC da onda PQRST.

6.2 PROCESSAMENTO E TRANSMISSÃO DOS SINAIS

Um dos propósitos principais deste trabalho é o de se criar um *ECG* que seja na prática uma cópia o mais fiel possível de um eletrocardiograma convencional realizado em clínicas de exames médicos. Para tal propósito, foi realizada uma pesquisa de campo na qual foi obtida uma amostra de um *ECG* convencional.

Este *ECG* convencional, conforme Figura 14, foi a fonte de estudos para a idealização do circuito de processamento e transmissão.



Figura 14 - Eletrocardiograma real

Analisando esta figura podem-se verificar três aspectos básicos em um *ECG* convencional: primeiro, o tempo de aproximadamente 3 s no qual cada derivação é mostrada; segundo, a amplitude no qual cada derivação é exibida; terceiro, a largura de cada pulso.

Com base nas informações obtidas, dois parâmetros puderam ser definidos diretamente: a amplitude e o tempo de exibição. Ficou então restando apenas definir a frequência de amostragem. Para tal, foi realizado o seguinte procedimento:

1. Efetuada a medição da largura do pulso de menor período do eletrocardiograma, obtendo-se o valor de 0,02 s;
2. Para garantir uma margem de segurança ao valor calculado acima, devido a possíveis diferenças de período de sinal elétrico que cada indivíduo possa apresentar, foi estabelecida uma largura de pulso de 0,015 s, o que resulta em uma frequência próxima de 67 Hz ($f = 1/T$);
3. E, finalmente, aplicando-se para esta frequência o teorema de Nyquist ($f > 67\text{Hz} \times 2$), foi definido que 200 amostras por segundo são suficientes para uma recuperação de boa qualidade dos sinais PQRST. Esta frequência de amostragem resulta em um intervalo de tempo de 5 ms para cada amostra ($T = 1 / (67 \text{ Hz})$).

Outros dois parâmetros também tiveram de ser levados em consideração:

- O primeiro parâmetro foi o nível do sinal na entrada do conversor *A/D* do microcontrolador. Para que este conversor funcione corretamente, o nível do sinal de entrada deve estar entre 0 a 5 V. Devido a esta característica do conversor *A/D*, o circuito de aquisição foi calculado para fornecer o sinal PQRST dentro destes limites.
- O segundo parâmetro foi a quantidade de bits por amostra (resolução vertical). O conversor *A/D* do PIC pode ser configurado para trabalhar com 8 ou 10 bits. Levando-se este fato em consideração foram efetuados testes práticos com

eletrocardiogramas e foi comparada a qualidade final do sinal do eletrocardiograma utilizando 8 ou 10 bits, não havendo uma diferença considerável que justifique a utilização de 10 bits. Somando a este fato, outro ponto importante teve de ser considerado: o componente de memória. Esta está organizada em 32.768 posições de 8 bits, que é compatível com a resolução vertical do PIC quando configurada para este mesmo valor. Logo, chegou-se a conclusão que a solução mais adequada está em se utilizar 8 bits para todo o processo.

6.2.1 O método de transmissão

Uma vez definidos os parâmetros de amplitude, período e amostragem dos sinais, foi definida a forma de transmissão destes sinais. A idéia inicial era a de se fazer a leitura e transmissão seqüencialmente de um canal por vez. Porém, tal método de transmissão tinha como consequência um resultado indesejável. Como cada canal seria lido e transmitido por três segundos, o canal 2 estaria atrasado 3 segundos em relação ao canal 1; o canal 3 estaria 3 segundos atrasado em relação ao canal 2 e 6 segundos atrasado em relação ao canal 1 e assim por diante, até chegar ao canal 12, que estaria atrasado 33 segundos em relação ao canal 1. Este problema de atrasos pode ser visto na Figura 15.

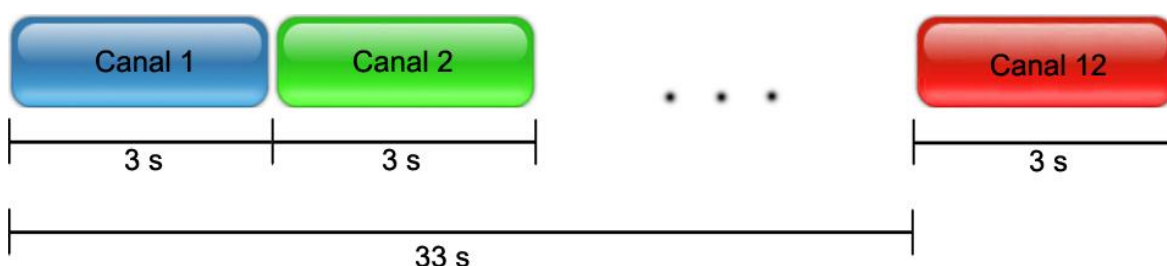


Figura 15 - Atraso entre os canais do eletrocardiograma

Para minimizar este problema, o processo de digitalização dos dados foi alterado. A forma desenvolvida foi a de amostrar os canais em 600 grupos, onde o grupo 1 é formado pelas amostras 1 de cada canal; o grupo 2, formado pelas amostras 2 de cada canal e assim sucessivamente até ao grupo 600, formado pelas amostras 600 de cada canal. Apesar de a frequência de amostragem de cada canal ter se mantido a mesma, a frequência de amostragem efetuada pelo microcontrolador foi multiplicada por 12, resultando em um intervalo entre cada amostra de aproximadamente $416 \mu\text{s}$ ($5 \text{ ms} / 12$). Com isso, o tempo entre a primeira e a segunda amostra de um mesmo canal continua a ser 5 ms, mas entre elas existem as outras 11 amostras 1 dos demais canais que pertencem ao grupo 1.

O resultado entre o primeiro modelo e o segundo foi a redução no tempo de captura entre o primeiro canal e o décimo segundo de 33 s ($3 \text{ s} \times 11 \text{ canais}$) para 4.584 ms ($416 \mu\text{s} \times 11 \text{ canais}$). Observando o início do processo em um pequeno intervalo de tempo dos sinais capturados, vê-se na Figura 16 o descrito acima.

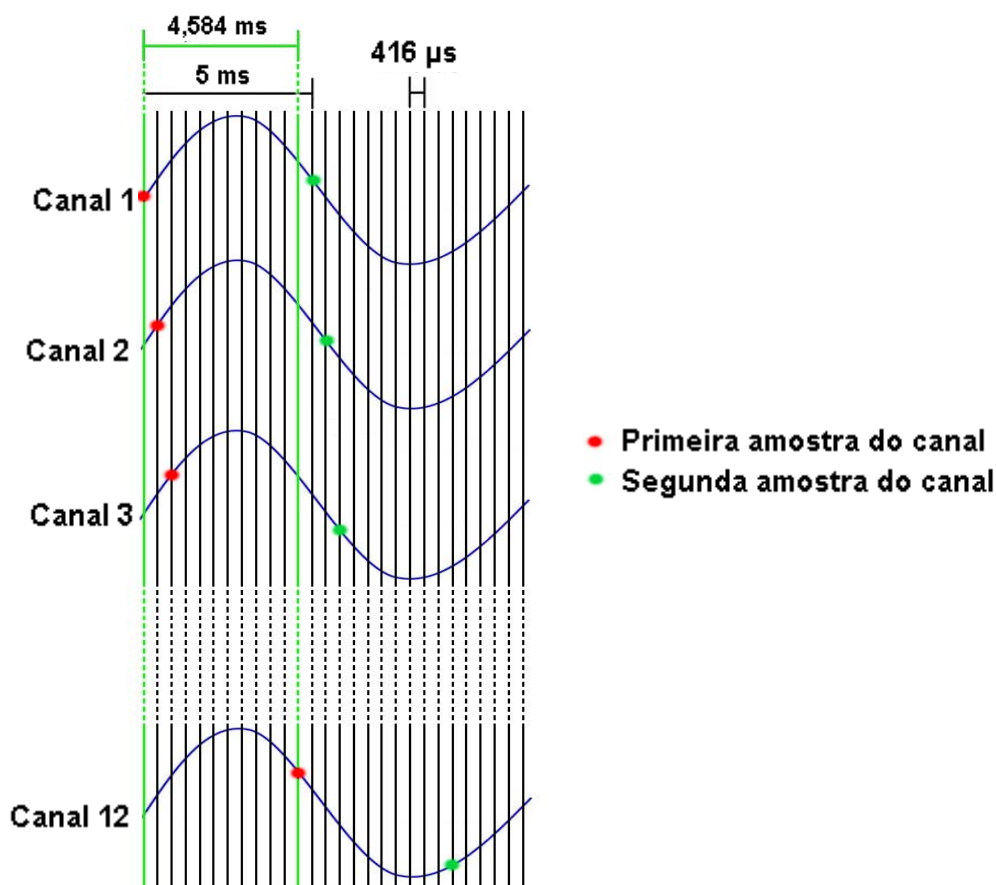


Figura 16 - Atrasos com o novo modelo de captação

6.2.1.1 Método de escrita e leitura na memória

Conforme pode ser observado na Figura 17, o PIC seleciona o canal 1 do *MUX*, faz a leitura e conversão da amostra 1 para digital e armazena na posição 1 da memória. Depois seleciona o canal 2 do *MUX*, faz a leitura e conversão da amostra 1 do canal 2 para digital e armazena na posição 2 memória. Este mesmo processo é repetido seqüencialmente até o canal 12. A seleção das posições de memória na captação dos dados de forma seqüencial foi escolhida para que houvesse o mínimo de processamento por parte do PIC e conseqüentemente um melhor ajuste de tempo de captação em seu código.

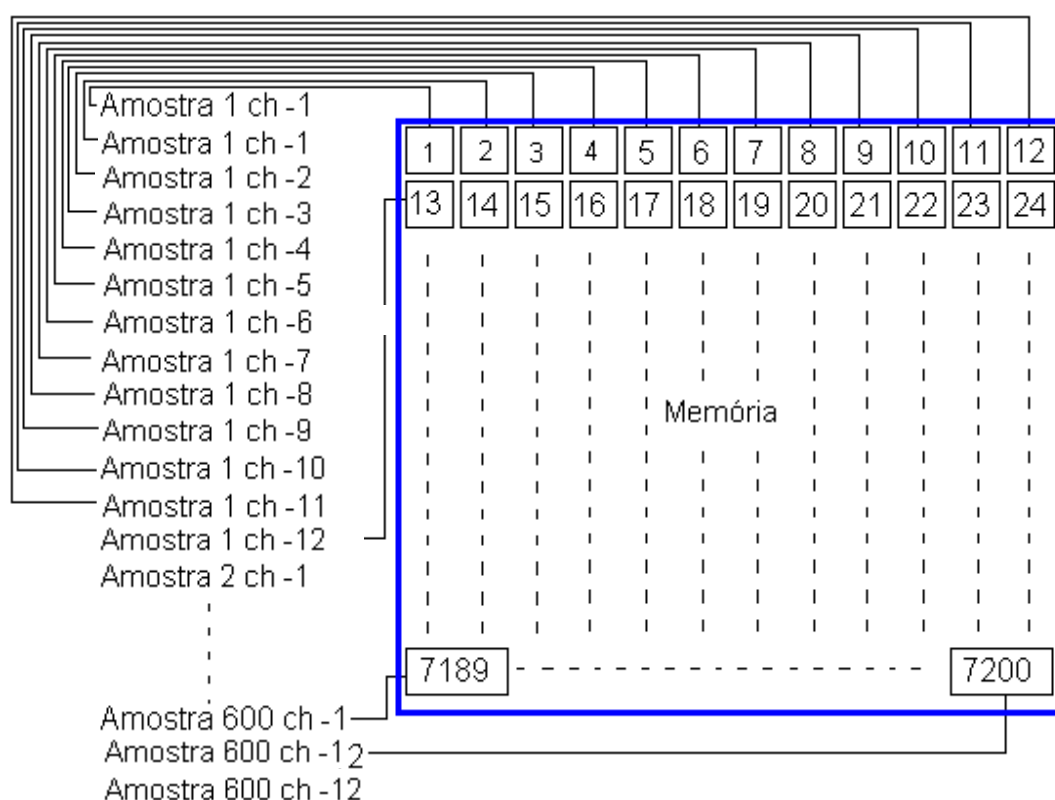


Figura 17 - Método de escrita na memória

Conforme pode ser observado na figura acima, as amostras de cada canal são escritas de 12 em 12 posições de memória. Portanto, para colocar as amostras de cada canal em ordem novamente, antes da transmissão, o PIC faz a leitura da

memória de 12 em 12 posições, colocando assim as amostras de cada canal em uma seqüência ordenada novamente, ou seja, da seguinte forma:

CH1: amostra 1, amostra 2,, amostra 600. O mesmo processo de leitura ocorre para os outros canais.

6.2.2 O circuito de processamento e transmissão dos sinais

Para que todas as necessidades do projeto fossem atendidas, o circuito de digitalização, processamento e envio dos sinais se tornou um tanto complexo, conforme pode ser visto na figura do Apêndice 1. O funcionamento geral deste circuito será explanado a seguir:

6.2.2.1 O multiplexador (U1)

Conforme mencionado anteriormente, o multiplexador tem por finalidade selecionar cada um dos doze canais do *ECG*, através de endereçamento lógico, realizado pelo PIC, para que esse sinal seja amplificado e entregue ao microcontrolador na seguinte seqüência: primeiras amostras dos canais de 1 a 12, segundas amostras dos canais de 1 a 12, terceiras amostras dos canais de 1 a 12 até as sexcentésimas amostras dos canais de 1 a 12.

O circuito para tal multiplexação foi concebido da seguinte forma: os sinais dos 12 canais oriundos do circuito de aquisição chegam ao circuito de processamento através do conector DB25 (J1), estando tais pinos deste conector ligados aos pinos de entrada do multiplexador U1. A seleção de qual entrada vai para a saída do *MUX* é realizada através do endereçamento do *MUX*, sendo tal endereçamento realizado através de quatro pinos do PIC, que está programado para fazer o endereçamento do *MUX* na seqüência que foi estabelecida para este projeto.

6.2.2.2 O microcontrolador PIC (U5)

O microcontrolador PIC, cujo diagrama em blocos pode ser visto no Anexo I, é o componente central do circuito de processamento e transmissão. Seu código foi escrito para que ele realize as funções de gerenciamento de chaveamento dos sinais PQRST de cada um dos doze canais na entrada do *MUX*, conversão do sinal PQRST de analógico para digital, controle das portas lógicas e *shift registers*, controle de endereçamento para os processos de escrita e leitura da memória, controle do tráfego de dados entre os dispositivos de comunicação dos módulos *RF* e *GPRS*, leitura dos botões de operação e manipulação dos leds de indicação dos processos envolvidos, assim como a leitura dos dados convertidos, transferência para memória estática e transmissão para os dispositivos *GPRS* e , que por sua vez transmitirão os dados para o *software* de recepção (chamado *Gateway*) no servidor de banco de dados.

6.2.2.3 A memória (U4)

Com 8 kbytes x 14 *words* de memória de programa *flash* e 368 x 8 bytes de memória de dados (*RAM*) o microcontrolador PIC não suportaria a quantidade de dados neste projeto, pois o total de dados amostrados é de 7,2 kbytes. Devido a esta limitação de capacidade de memória do PIC, decidiu-se utilizar o KM62256C, que tem 32.768 posições (32 kbytes) de memória, permitindo assim o armazenamento de todas as amostras necessárias e ainda com a possibilidade de um aumento de resolução do sinal amostrado, caso seja necessário.

Outros fatores que foram considerados na utilização do KM62256C são a sua alimentação em baixa tensão (5 V), o baixo consumo de 70 mA, o tempo de leitura e

escrita (70 ns) e sua fácil aquisição, tornando-o um componente adequado para atender às necessidades do projeto.

6.2.2.4 Os *shift registers*

Os U3 e U7 são componentes auxiliares para o endereçamento da memória. Estes *shift registers* foram inseridos no projeto para liberar pinos do PIC para outras funções. Como cada *shift register* tem 8 pinos de saídas, é possível endereçar até 2^{16} posições de memória. Como, para este projeto, só estão sendo usadas 7.200 posições de memória, optou-se por trabalhar com apenas 13 pinos no total. Desta forma, é possível fazer o endereçamento de 2^{13} (= 8.192) posições de memória, sendo estas identificadas pelos leds de 9 a 21, na qual o led 9 representa o bit mais significativo e o led 21 representa o bit menos significativo. Já o U3 está sendo utilizado para liberar outros pinos do PIC para outras atividades. Este componente, através dos leds de 32 a 35, indica as etapas de comunicação do módulo *GPRS*. O led 35 indica que o módulo *GPRS* está na rede *GSM*, o led 34 indica que o módulo já possui um IP dado pela rede, o led 33 indica que o sistema adquiriu o IP do servidor e o led 32 indica que a comunicação com o servidor está aberta. Outro fator a se considerar quanto ao uso de *shift registers* para liberar pinos do PIC, é que ao não utilizar tais pinos, o código do PIC fica mais otimizado.

6.2.2.5 As portas lógicas (U8, U9 e U10)

Através das portas lógicas do circuito integrado U8, a saída serial do PIC (*TX*) pode ser selecionada para três destinos distintos: um para o *GPRS*, outro para o módulo *ZigBee* e outro para o conector DB9 da própria placa, para análise do protocolo. Quanto ao *RX* do PIC, é possível que ele receba sinal serial de duas

fontes distintas: do módulo *GPRS*, durante o processo de comunicação entre este último e o PIC, ou de um *PC* conectado à porta serial J3, sendo este último, utilizado somente para ações dos desenvolvedores ou para testes e análise do protocolo de dados e de amostras.

6.2.2.6 O *ZigBee* (U18)

O *ZigBee* da Max Stream foi escolhido por 3 razões: primeiro pelo seu baixo consumo (50 mA em 3,3 V), o que o torna ideal para dispositivos portáteis, garantindo assim uma maior durabilidade das baterias; segundo, pela sua facilidade de operação, pois para uma configuração ponto-a-ponto não precisa ser configurado; terceiro, por utilizar uma modulação *OQPSK* (Offset Quadrature Phase-Shift Keying) e *DSSS*, protocolo 802.15.4 conferindo-lhe uma transmissão estável em baixas taxas de transferência (até 250 kbps) e curtas distâncias (100 m).

6.2.2.7 O *dual driver/receiver* MAX232 (U2)

O funcionamento deste componente já foi descrito no Capítulo 5 e a sua função é tão somente converter os níveis lógicos entre os padrões *TTL* e o RS-232, conforme pode ser observado na Figura 18.

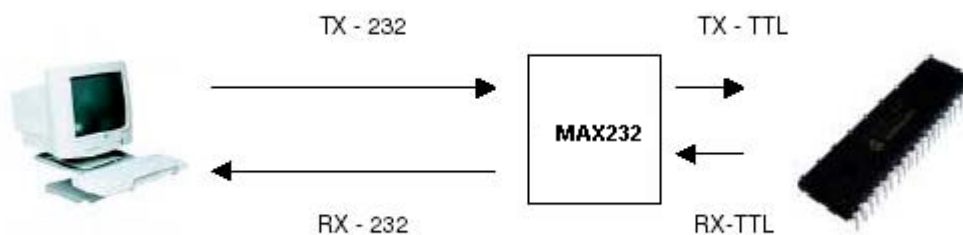


Figura 18 - Comunicação do PIC com o PC

Conforme pode ser observado, o PIC trabalha no padrão *TTL* e o *PC* no padrão RS-232. Outro detalhe que pode ser destacado é que entre os dispositivos ocorre uma comunicação *full duplex*, ou seja, desta forma pode ser transmitido um *byte* pela linha de *TX* enquanto um *byte* pode ser recebido pela linha de *RX*. Na Figura 19 foi colocado um exemplo de como funcionaria a comunicação no caso de o PIC transmitir o *byte* 01101010, por exemplo, para o *PC*.

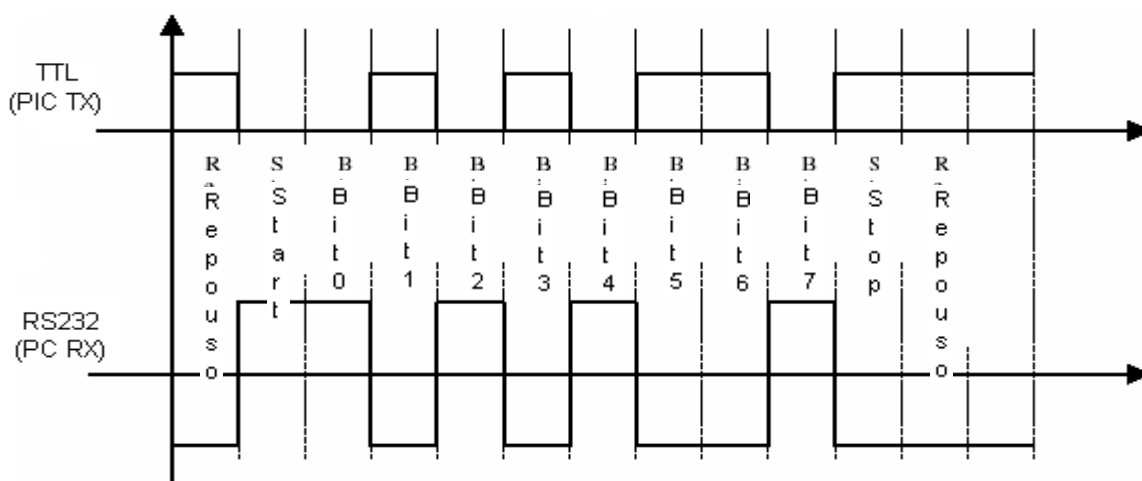


Figura 19 - Conversão do TTL para o RS-232

6.2.2.8 O módulo *GPRS* (U17)

Este dispositivo é utilizado para o processo de transmissão *GPRS*. Sendo um aparelho celular em modo básico, ele é responsável pela transmissão dos dados pela rede *GSM/GPRS*, negociação do tráfego de dados com a operadora, configuração do *IP* de acesso ao servidor de *DNS*, solicitação e recepção do número de *IP* do servidor que irá publicar os dados transmitidos do *ECG*, abertura da conexão com a página do servidor através de uma porta de comunicação previamente estabelecida e envio dos dados propriamente ditos, recebidos do PIC.

6.2.2.9 Regulação e adequação das tensões de alimentação

O circuito de processamento e transmissão de sinais é composto por uma série de dispositivos e componentes que são alimentados por fontes de alimentação diferentes. Para atender a toda essa variedade de fontes de alimentação foi efetuado o uso de três reguladores de tensão e de um conversor de tensão, tornando assim possível utilizar uma única fonte de alimentação externa, de 9 V, e se obter quatro tensões de referência, sendo cada uma destas tensões de referência utilizada para um determinado fim, conforme detalhado a seguir.

A primeira, de + 5 V, é obtida através do regulador 7805 (U11), com filtragem realizada pelos capacitores C1 e C2. Esta fonte de alimentação é utilizada pelo microcontrolador, o MUX, a memória estática, as portas lógicas, os *shift registers* e o MAX232.

A segunda, de + 3,3 V, é obtida através do regulador variável LM317 (U14), com filtragem através dos capacitores C14 e C15. Esta fonte de alimentação é exclusiva do módulo *GPRS* (U17), que utiliza alimentação de + 3,3 V a + 4 V.

A terceira, de + 3,3 V, é obtida através do regulador variável LM317 (U15), com filtragem através dos capacitores C16 e C17. Esta fonte de alimentação é exclusiva do (U18).

A quarta, de - 5 V, é obtida através dos conversores de tensão TC7660 (U12 e U13), com filtragem através dos capacitores C4 e C8. Esta fonte de alimentação está sendo utilizada exclusivamente para o MUX (U1), mas foi efetuada uma configuração nos quais os conversores U12 e U13 estão trabalhando em paralelo para garantir uma eventual demanda de corrente extra. Tal previsão para a possibilidade de uma eventual corrente extra se deve ao fato de uma das ramificações na saída destes conversores estar ligada aos pinos 13 e 25 do conector

DB-25 e no pino 9 do conector DB-9 do circuito de processamento para uma eventual necessidade de se alimentar um circuito externo amplificador, o que foi bastante utilizado durante o desenvolvimento deste protótipo.

6.2.2.10 As chaves SW, SW1, SW2, SW3, SW4 e SW5

As chaves SW, SW1, SW2, SW3, SW4, e SW5 são utilizadas para a parte operacional do módulo de processamento e transmissão dos sinais, sendo cada uma destas utilizada para as seguintes funções:

1. SW - Utilizada em conjunto com a chave SW2 para preparar o sistema para trabalhar em um dos dois modos: *GPRS* ou *RF*;
2. SW1 - Utilizada para selecionar o modo de leitura do PIC, ou seja, através desta chave é possível selecionar se o PIC vai receber os dados oriundos do MUX (U1) ou se ele vai receber os dados de uma fonte externa conectada ao pino 16 do conector DB25 (J1);
3. SW2 - Utilizada para “resetar” o PIC;
4. SW3 - Utilizada para dar início ao processo de captura e transmissão dos dados;
5. SW4 - *Power key*. Para ligar ou desligar manualmente o módulo *GPRS*;
6. SW5 - Esta chave é utilizada para sinalizar para o PIC que ele deve conectar a sua transmissão serial ao MAX232 para uma comunicação serial com um dispositivo externo (*PC*) através do conector DB-9 (J-3).

6.2.2.11 A questão do *baud rate*

Neste projeto estão sendo utilizados componentes/dispositivos que trabalham com diferentes *baud rate*, o que exigiu que fosse feita uma adaptação no circuito de

processamento e transmissão, a fim de assegurar a compatibilidade de operação entre os dispositivos, conforme descrito a seguir.

O microcontrolador PIC é um dispositivo que pode ser configurado tanto para trabalhar com um *baud rate* de 115.200 bps quanto com um *baud rate* de 9.600 bps. Já o módulo *GPRS* utilizado neste projeto somente trabalha com um *baud rate* de 115.200 bps, enquanto que o módulo que está sendo utilizado só trabalha com um *baud rate* de 9.600 bps, ou seja, existe uma diferença de taxas entre o módulo *GPRS* e o módulo.

Portanto, para tornar possível e automática a comunicação do PIC ora com o módulo *GPRS*, ora com o módulo, foi elaborada a seguinte solução: o PIC já está pré-configurado para trabalhar com um *baud rate* de 115.200 bps, ou seja, toda vez que o circuito de aquisição for ligado, o sistema está pronto para uma transmissão via *GPRS*. Quando for selecionada, através da chave SW, a opção para o sistema trabalhar no módulo *RF (ZigBee)*, o PIC executará uma rotina que vai configurá-lo automaticamente para trabalhar com um *baud rate* de 9.600 bps, assegurando assim a compatibilidade entre estes dois dispositivos.

6.2.2.12 Comunicação com o servidor

Através da utilização de uma série de comandos *AT*, realizados pelo PIC, e o serviço gratuito de *DDNS* do NO-IP, tornou-se possível estabelecer uma conexão automática entre o módulo *GPRS* e o aplicativo *Gateway* que, por sua vez, fornece os dados do eletrocardiograma para o servidor de banco de dados. Este sistema funciona da seguinte forma: no servidor de banco de dados e de *Web* está instalado um aplicativo chamado NO-IP DUC, fornecido no site do NO-IP (<http://www.no-ip.com>). A função do NO-IP DUC é atualizar e sincronizar o *IP* externo do servidor de

banco de dados com seu respectivo *host name*, que deve estar devidamente registrado no site do NO-IP. Utilizando o *host name* do servidor de banco de dados o PIC envia um comando solicitando o *IP* deste *host name* através da Internet. Após passar por uma série de servidores de *DNS* esta requisição chega ao servidor de *DNS* do NO-IP que, por sua vez, fornece o *IP* externo do servidor de banco de dados. De posse do *IP* externo do servidor de banco de dados, o módulo *GPRS* é capaz de estabelecer uma conexão com este servidor. Uma vez estabelecida esta conexão, o sistema está pronto para envio dos dados do módulo *GPRS* para o *Gateway*.

6.2.2.13 Protocolo de comunicação

Uma vez definidas todas as questões técnicas acima citadas sobre o circuito de processamento e transmissão, foi determinado o protocolo de transmissão dos dados para o aplicativo *Gateway*, que é o responsável por colocar no banco de dados do servidor os dados recebidos via *RF* ou *GPRS*. Conforme pode ser visto na Tabela 6.2, foram elaborados dois protocolos: um para transmissão via *RF* e outro para transmissão via *GPRS*.

Quadro 5 - Protocolo de comunicação

Transmissão	Protocolo
<i>GPRS</i>	GPCHAMCRLF
<i>RF</i>	RFCHAMCRLF

onde GP/*RF* é um identificador de 2 *bytes* do modo de transmissão (via *RF* ou via *GPRS*), CH é um identificador de 2 *bytes* do número do canal (de 01 a 12), AM é cada uma das 600 amostras, e *CRLF* (*carriage return and line feed*) é um identificador de 2 *bytes* do término das amostras.

6.3 O SISTEMA DE SERVIDORES DE BANCO DE DADOS E *WEB*

O sistema de Informação desenvolvido para o projeto de telemetria está dividido em três módulos distintos que se relacionam entre si:

1. O *Gateway*, que recebe e decodifica os sinais via *RF/GPRS* e os envia para o banco de dados MySQL;
2. O banco de dados MySQL, que armazena os dados dos pacientes, médicos, senhas de acesso e resultado de exames;
3. Exibição dos sinais em forma de gráfico através de uma interface Web, usando recursos de páginas *HTML* e *PHP*.

Estes módulos foram desenvolvidos com ferramentas gratuitas disponíveis para *download* na Internet. Esta solução foi concentrada em um único servidor que se encarrega de processar as informações tanto para as atividades com limitações de distância (*RF*) como para os dados que chegam através da Internet (*GPRS*).

6.3.1 **Recepção via *RF***

O PIC processa os sinais do coração e os envia, codificados, para um módulo *RFTX (ZigBee)*. Este módulo transmite o protocolo para outro módulo, que funciona com um *RF RX* e está conectado ao servidor através de uma comunicação serial RS-232. Um *software* doravante denominado *Gateway*, desenvolvido em linguagem C com o compilador C++ Builder versão 4, faz a leitura dos dados recebidos via RS-232, decodifica o protocolo (*RF IN01 AM1 AM2 AM3 ... AM600 CRLF*) e insere os dados já decodificados em um banco de dados MySQL. Para garantir a integridade dos dados, as informações são armazenadas em um *buffer* temporário no *Gateway* e verificadas antes que sejam efetivamente inseridas no MySQL; caso os dados

estejam incompletos, eles serão descartados. O protocolo é tratado pelo *Gateway* de forma que seja possível relacionar três informações principais a serem inseridas no banco de dados:

1. A fonte dos dados (*RF* ou *GPRS*);
2. A identificação do canal (XX) referente à leitura dos sinais cardíacos;
3. As amostras (AM1, AM2,..., AM600) de cada um dos doze canais.

Para este propósito foram criadas três tabelas no banco de dados, doravante denominado ECGDB:

Quadro 6 - Tabelas do banco de dados

Tabela	Função
ECG_TRANSMISSOR	Possui a identificação do transmissor utilizado. Ex: <i>RF</i> = 1; <i>GPRS</i> = 2.
ECG_CANAL	Possui a identificação do canal. Ex: <i>INAA</i> = 1; <i>INBB</i> = 2.
ECG_COLETOR	Relaciona o transmissor e o canal às amostras.

Na Figura 20 está o relacionamento das tabelas:

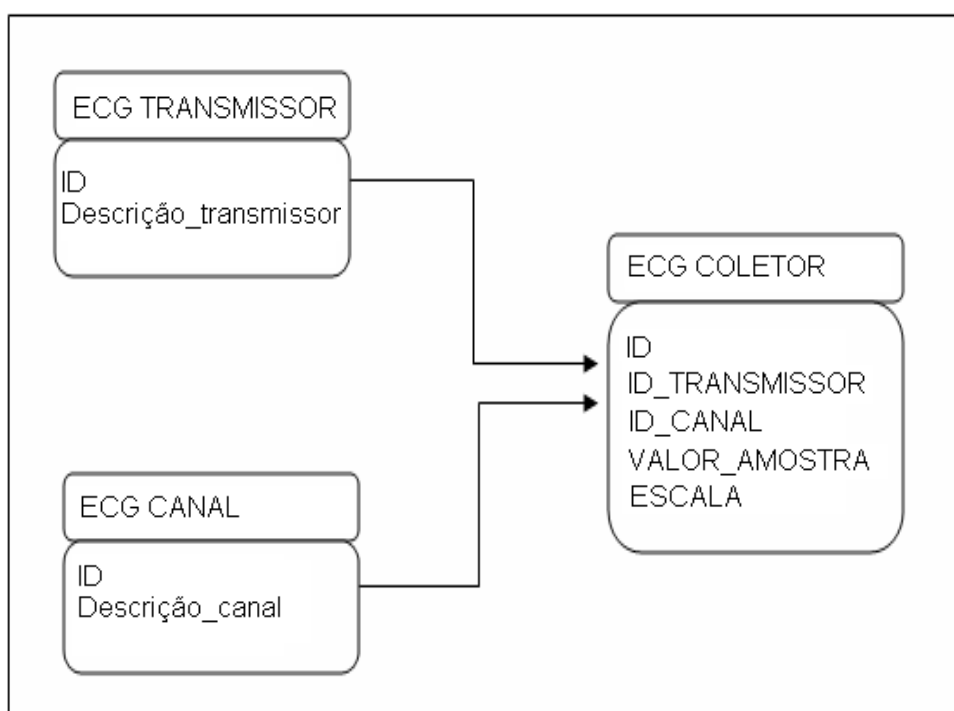


Figura 20 - Relacionamento das tabelas

Conforme pode ser visto na Figura 20, o banco de dados MySQL foi configurado para estabelecer um relacionamento entre as tabelas ECG TRANSMISSOR, ECG CANAL e ECG COLETOR. Desta forma, toda vez que for realizada uma consulta ao banco de dados, o *script PHP* (que será detalhado mais adiante), só precisará ser elaborado de forma que tal consulta seja realizada fazendo acesso à tabela ECG COLETOR.

A interação da aplicação *Gateway* ao banco de dados MySQL é realizada via *ODBC* por um driver específico para o MySQL. Esse aplicativo deve ser baixado no site do fabricante e instalado no computador em que o MySQL foi instalado.

O C++ Builder possui um componente chamado Database que permite a comunicação com vários bancos de dados disponíveis via *ODBC*. Uma vez que as configurações *ODBC* estejam estabelecidas, basta ligar o componente Database ao bando de dados.

Simplificando, esta interação pode ser observada no diagrama de blocos da Figura 21.

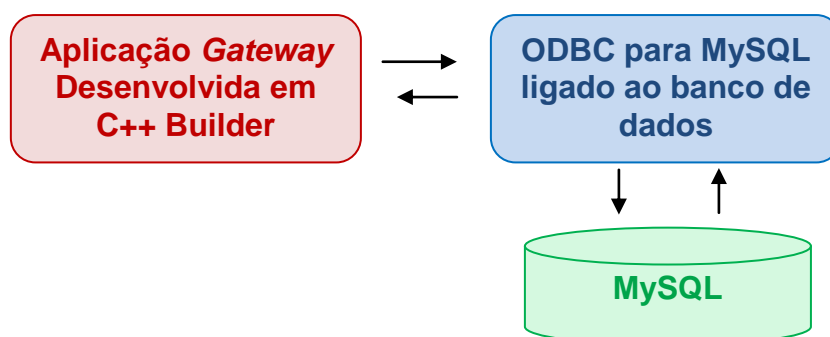


Figura 21 - Interação do Gateway com o banco de dados

6.3.2 Recepção via *GPRS*

Na recepção via *GPRS*, a decodificação do protocolo de sinais cardíacos e a interação com o banco de dados, são tratadas da mesma forma como na recepção via *RF*. O que diferencia uma recepção da outra pelo *software Gateway* está relacionado ao meio de transmissão. Na recepção *RF* os dados são recebidos por uma interface RS-232 e os dados *GPRS* são recebidos por uma conexão *TCP*. Neste caso o Servidor possui uma conexão com a Internet e está preparado para aceitar uma conexão externa proveniente do módulo *GPRS*.

Para implantar este recurso no *Gateway* foi utilizado o componente *ServerSocket*, disponível no C++ Builder. Nas propriedades desse componente são definidos vários parâmetros, entre eles o que indica a porta *TCP* em que a conexão deve ser realizada. Neste caso a porta em que o *Gateway* aguarda uma conexão foi definida como sendo a 8181, para facilitar a associação com a porta utilizada pelo servidor *Web*.

6.3.3 Servidor *Web*

Atualmente em praticamente todos os computadores existe um *browser* (navegador *Web*) e existem inúmeras aplicações que podem ser desenvolvidas para essa interface que não seja exatamente a navegação na grande rede. Alguns dos exemplos que podem ser citados vão de controles de estoque de uma empresa ao acompanhamento de estatísticas financeiras através de gráficos dinâmicos.

Para exibir os sinais cardíacos de forma amigável ao usuário, nesse caso para o médico, a interface foi toda desenvolvida no ambiente *Web* (que o usuário já está acostumado), utilizando algumas das abundantes ferramentas disponíveis para

este fim. Essa interface está dividida em três módulos, conforme será detalhado a seguir.

6.3.3.1 Linguagem *PHP*

O *PHP* é uma linguagem de programação interpretada, muito parecida com a linguagem C, que foi desenvolvida para executar rotinas que não são possíveis com *HTML*, mas que interage com as páginas *HTML*. Um código *PHP* pode ser inserido facilmente no meio de um código *HTML* ou até mesmo criar uma página *HTML* dinamicamente.

O *PHP*, nesse projeto, é a parte da *interface* responsável pela interação com o banco de dados, com o processo de *login* e com a exibição dos sinais cardíacos formatados em gráficos de linha. A interação com o banco de dados é feita primeiramente para autenticar um usuário ao sistema através da tabela *ECG_LOGIN* e para ler os registros da tabela *ECG_COLETOR* a fim obter os dados necessários para a montagem do gráfico. Essa interação com o banco de dados é feita diretamente com quatro funções do *PHP* para o MySQL:

1. **MySQL_pconnect:** Conecta ao MySQL após receber os parâmetros *Host*, *User* e *Password*;
2. **MySQL_select_db:** Depois de conectado é passado para esta função o nome do banco de dados;
3. **MySQL_query:** Executa uma consulta ao banco de dados;
4. **MySQL_fetch_assoc:** Lê os registros retornados pela consulta.

No primeiro caso, foi desenvolvido um código em *PHP* que recebe os parâmetros de usuário e senha, passados pelo usuário através da página *HTML*, e verifica se existe esse usuário no bando de dados. Em caso positivo a seção do

usuário é validada e ele pode visualizar o gráfico, caso contrário o sistema informa ao usuário que os dados estão incorretos.

Para coletar os valores de X e Y referentes ao gráfico foi desenvolvido um código *PHP* que faz uma consulta à tabela *ECG_COLETOR*, recupera os valores de X e Y (escala, valor_amostra) e os armazena em uma variável do tipo *array*. O gráfico é desenvolvido dentro do mesmo código utilizando a biblioteca *PHPLOT* desenvolvida por Afan Ottenheimer. A essa biblioteca são passados os parâmetros de tamanho do gráfico, tipo do gráfico (nesse caso “*lines*”), formatação e os valores de X e Y. Esses valores são recuperados da variável (*array*) onde foram armazenados os dados referentes às amostras. O processo é finalizado com a chamada à função *DrawGraph*, do *PHPLOT*.

6.3.3.2 Servidor *Web Apache*

Conforme foi visto no Capítulo 5, o servidor *Web Apache* é um servidor gratuito de páginas da Internet que pode se integrar e interpretar diversas linguagens de programação ou *scripts* desenvolvidos para o ambiente *Web*. Após o processamento do *script PHP* dentro do servidor *Apache*, as informações são exibidas na forma de uma página *HTML*.

6.3.3.3 Interface *Web* (visualização do gráfico)

Essa é a *Interface* (página *HTML*) que o usuário (médico) acessa para visualizar o gráfico dos sinais cardíacos de seus pacientes, possibilitando assim ao médico, fazer uma avaliação remota de seu paciente. No momento em que ele acessa essa *interface* no *browser* (navegador *Web*), o aplicativo desenvolvido em

PHP começa a ser executado repetidas vezes, coletando informações atualizadas no banco de dados e as exibindo na forma de um gráfico de linhas.

Como este servidor está na *Internet* o médico poderá visualizar os dados de seus pacientes de qualquer lugar em que haja um computador com uma conexão à *Internet*.

7 CONCLUSÕES

O sistema de telemonitorização desenvolvido neste projeto apresenta um desempenho satisfatório e baixo custo, facilitando o acesso da população carente a um importante exame cuja demora em obter-se o resultado e, conseqüentemente o diagnóstico, pode ser fatal para um paciente, por exemplo, com uma arritmia cardíaca.

O circuito de aquisição (eletrocardiógrafo) foi implementado, para demonstração do sistema, com apenas uma derivação, entretanto, um eletrocardiograma completo é composto por doze derivações. O circuito de conversão, módulo *GPRS* e *software* já estão prontos para processarem todas as derivações. Vale ressaltar que para exames emergenciais em pacientes com suspeita de infarto, por exemplo, este mesmo circuito de aquisição, com apenas uma derivação, é suficiente para o médico chegar ao diagnóstico.

Pacientes cardíacos poderiam, em caso de apresentarem sintomas como dormência em partes do corpo ou palpitações no coração, realizar o exame em sua própria residência e, com apenas um telefonema, obter o diagnóstico e iniciar o tratamento com medicamentos ou encaminhar-se a um hospital, se necessário.

A utilização deste sistema de telemedicina em hospitais públicos representaria um enorme avanço na qualidade do atendimento prestado, bem como redução nos custos operacionais para realização de um *ECG*.

Outra aplicação seria no atendimento à população de pequenas cidades e vilarejos distantes que não têm acesso a profissionais especializados. Com o exame de um paciente publicado em uma página na Internet, um médico não especializado poderia ser auxiliado à distância por um especialista chegando a um diagnóstico em tempo real.

A implementação do módulo *ZigBee* no lugar do *GPRS* pode ser de grande utilidade, por exemplo, para avaliações cardíacas em atletas durante uma determinada atividade física.

Prova-se assim, que a integração entre a tecnologia e a medicina pode resultar em grandes benefícios para a população carente de atendimento na área de saúde.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Maia Costa, Luis Ramos. *Sistema de Geração, Transmissão, Recepção e Armazenamento de Informações Médicas via Web – Centro Médico*. Monografia em Engenharia de Redes de Comunicação, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005.
- [2] HeartSite.com. *Heart Electric Activity*. Disponível em: <http://www.heartsite.com/html/electrical_activity.html>. Acesso em: 12 Set. 2015.
- [3] Vilela Miranda, Ana Luisa. *Eletrocardiograma (ECG)*. Disponível em: <<http://www.afh.bio.br/cardio/Cardio3.asp>>. Acesso em: 13 Set. 2015.
- [4] HeartSite.com. *EKG or Electrocardiogram*. Disponível em: <www.heartsite.com/html/ekg.html>. Acesso em: 12 Set. 2015.
- [5] Sociedade Brasileira de Cardiologia – SBC. *Diretriz de interpretação de eletrocardiograma de repouso*. Arq Bras Cardiol volume 80, (suplemento II), 2003.
- [6] MALMIVUO, JAAKKO. PLONSEY, ROBERT. *Bioelectromagnetism - Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields*. Oxford University Press, New York, 1995.
- [7] Santos Pinheiro, José Mauricio. As Redes com. Artigo publicado em 27/07/2004. Disponível em: < http://www.projetoederedes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php >. Acesso em: 17 Nov. 2015.
- [8] Wikipédia: a enciclopédia livre. *General Packet Radio Service*. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service>. Acesso em: 17 Nov. 2015.
- [9] V. T. TREVISAN, Pedro. Microcontroladores. Disponível em: <<http://www.radioamadores.net/>>. Acesso em: 17 Nov. 2015.
- [10] Silva Alves, Jader. Telemedicina. Artigo publicado em 2006. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/telemedicina-um-futuro-sustentado-financeiramente-e-por-boas-praticas-reflexoes/1013/>>. Acesso em: 27 20 Dez. 2015.
- [11] Jung, Galeano Augusto. Albert, MatiasTakahashi. Paroschi, Wellerson. *Medição de Nível de um Tanque*. Relatório disciplina de Automação e Controle. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, julho de 2004.
- [12] Jönk, Leandro. *C++ Builder*. Artigo publicado em 24/06/2007. Disponível em: < <http://www.htmlstaff.org/ver.php?id=9456> >. Acesso em: 20 Dez. 2015.
- [13] Revoveredo Menezes de Carvalho, Marcelo Sávio. *A Trajetória da Internet no Brasil. Do Surgimento das Redes de Computadores À Instituição dos Mecanismos de Governança*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas de Computação. UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, - Brasil. Setembro de 2006.

[14] José Oliviero, Carlos Antônio. *Faça um Site PHP 4 com Base de Dados MySQL*. Editora Érica, 14 de novembro. 2001.

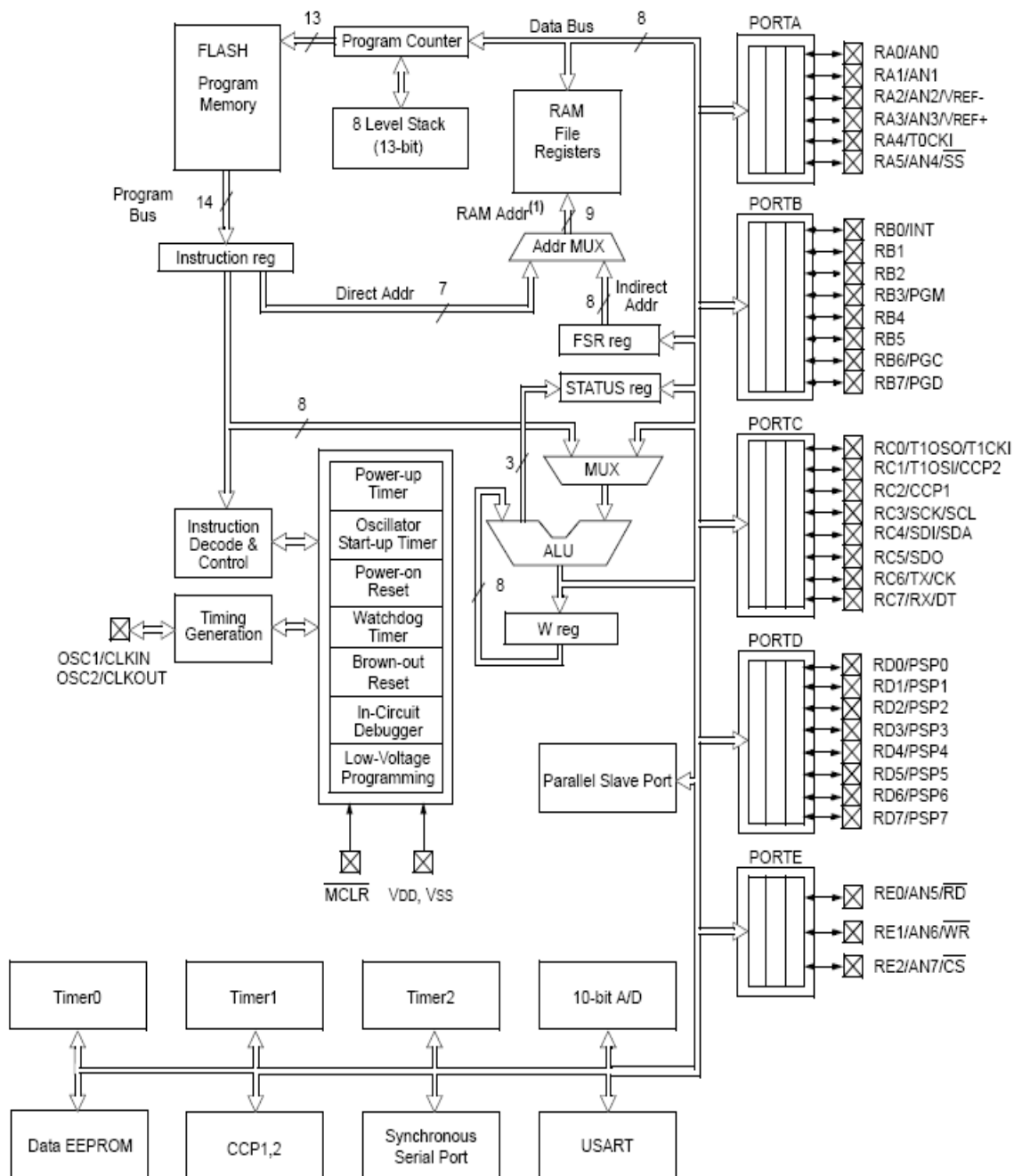
[15] Alecrim, Emerson. *Conhecendo o Servidor Apache (HTTP Server Project)*. Artigo publicado em 15/05/2006. INFO WESTER, São Paulo/SP - Brasil. Disponível em: <<http://www.infowester.com/servapach.php>>. Acesso em: 21 Dez. 2015.

[16] Oficina da Net. *Conheça um pouco sobre o MySQL*. Artigo publicado em 02/08/2007. Redação da Oficina da Net, São Paulo/SP - Brasil. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/artigo/390/conheca_um_pouco_sobre_o_mysql>. Acesso em: 18 Jan. 2016.

[17] S. Tanenbaum, Andrew. *Redes de Computadores*. Editora Campus, 1997.

ANEXO I DIAGRAMA DE BLOCOS DO PIC16F874 e 16F877

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes



Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

APÊNDICE I CIRCUITO DE PROCESSAMENTO E TRANSMISSÃO

