

AMPLIFICADOR DE ECG COM CHAVEAMENTO ELETRONICO: APLICAÇÃO A UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE

G. S. Deep¹, A. Perkusich², M.L.B. Perkusich³, M.L. Varani⁴

RESUMO - Neste trabalho apresenta-se o desenvolvimento e a implementação de um amplificador de ECG com chaveamento eletrônico para as derivações. Apresenta-se a descrição do circuito implementado bem como resultados obtidos com a aplicação do amplificador a um sistema de aquisição e auxílio a análise do ECG utilizando microcomputador.

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento das aplicações de microcomputadores na área de instrumentação eletrônica, surgiu a necessidade de desenvolver sistemas de condicionamento de sinais que pudessem ser comandados eletronicamente. Esta necessidade pode ser caracterizada principalmente pela utilização de subsistemas com chaveamento analógico. Estes subsistemas devem permitir um comando ou controle digital, possibilitando desta forma comando direto através de uma interface com um microcomputador ou através de contadores pré-programados ou programáveis por microcomputador.

A necessidade de obter informações sobre a atividade cardíaca com o objetivo de formular um diagnóstico, leva o cardiologista a observar as formas de ondas dos potenciais diferenciais bioelétricos do coração entre pares de locações pre-determinadas no corpo humano, i.e. entre o braço direito e braço esquerdo, etc.

Neste trabalho descreve-se o desenvolvimento e implementação de um amplificador de ECG com seleção de derivação através do uso de chaves analógicas controladas por microcomputador. Descreve-se ainda a aplicação do amplificador como condicionador de sinais para um sistema de aquisição de ECG com suporte baseado em regras para auxílio à análise de ECG (Perkusich 89).

¹Professor Titular, Departamento de Engenharia Elétrica, CCT, UFPb, Campina Grande, Paraíba, C.P. 10004, 58100.

²Professor Assistente, Departamento de Eletrônica e Sistemas, CT, UFPE, Recife, Pernambuco

³Coordenação de Pós Graduação em Informática, Departamento de Informática, UFPb, Campina Grande Paraíba.

⁴Bolsista de Iniciação Científica CNPq, Aluno de Graduação, Departamento de Engenharia Elétrica, CCT, UFPb, Campina Grande Paraíba.

DESCRIÇÃO DO AMPLIFICADOR

O diagrama de blocos do amplificador de ECG com chaveamento eletrônico é apresentado na figura 1.

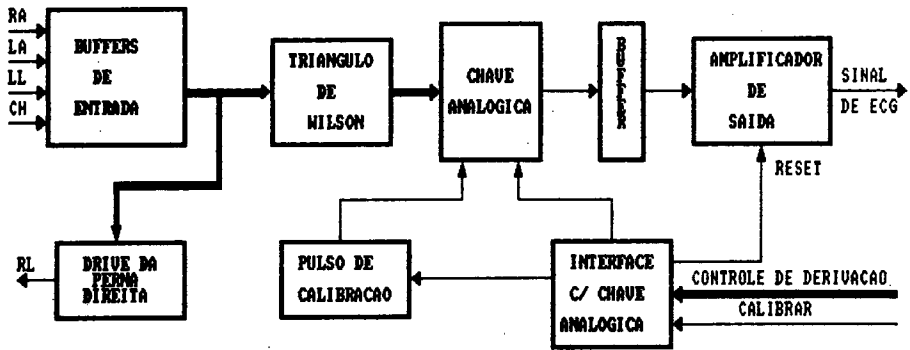


Figura 1. Diagrama de Blocos do Amplificador de ECG

Para cada eletrodo de entrada, isto é, braço direito (RA), braço esquerdo (LA), perna esquerda (LL) e peito (CH) utilizam-se buffers de entrada com ganho unitário de modo a prover alta impedância de entrada e baixa impedância de saída. Além disto utiliza-se um amplificador de modo comum (Winter 1983) conectado à perna direita (RL) de forma a reduzir o sinal de modo comum de 60 Hz presente em cada um dos eletrodos. O triângulo de Wilson (Webster 1978) é utilizado para obter as diferentes derivações do ECG, ou seja as derivações unipolares: Derivação I, Derivação II, Derivação III, as combinações das derivações bipolares: AVR, AVF e AVL, assim como as configurações unipolares do Peito. De modo a eliminar o efeito da resistência da chave analógica utilizada para o chaveamento das derivações, amplificadores operacionais com ganho unitário (buffer) são utilizados na saída do multiplexador analógico.

Para o chaveamento eletrônico das derivações utilizou-se um multiplexador analógico diferencial com 8 canais HI 507 (MHS 1982), que pode ser comandado através de um contador ou diretamente por um microcomputador. O amplificador de sinal de ECG propriamente dito é um amplificador diferencial de instrumentação com acoplamento capacitivo e ganho ajustável. O amplificador inclui um circuito para descarga do capacitor de acoplamento durante o chaveamento das derivações utilizando um "reed-switch". O descarregamento do capacitor de acoplamento, durante o intervalo

de chaveamento de uma derivação para outra é necessário para garantir uma rápida recuperação da saída do amplificador, no caso deste saturar-se devido ao chaveamento das derivações ou ainda de modo a prevenir esta saturação. Para o amplificador de ECG provê-se um sinal de calibração, também controlado pelo multiplexador analógico. O amplificador de ECG é conectado ao computador através de um conector DB-25 para os comandos de chaveamento, calibração e descarga do capacitor de acoplamento. O sinal de ECG é conectado ao conversor A/D via cabo coaxial.

Na figura 2 apresenta-se o diagrama elétrico do amplificador implementado. Na figura 3 apresenta-se a foto do circuito implementado.

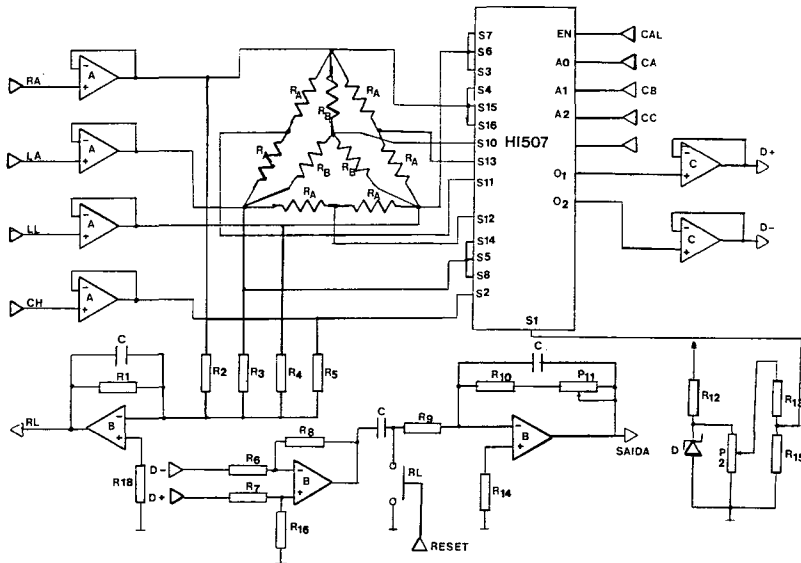


Figura 2: Diagrama Elétrico do Amplificador de ECG.

APLICAÇÃO DO AMPLIFICADOR

O amplificador desenvolvido foi utilizado como condicionador do sinal de ECG em um sistema inteligente para aquisição e auxílio à análise de ECG (Perkusich 1989). O objetivo do sistema é prover um ambiente integrado para aquisição, processamento e auxílio à análise do sinal de ECG. Na figura 4 apresenta-se um diagrama de blocos da configuração do sistema. O sistema executa as funções de aquisição de dados, processamento de sinal, gerenciamento do

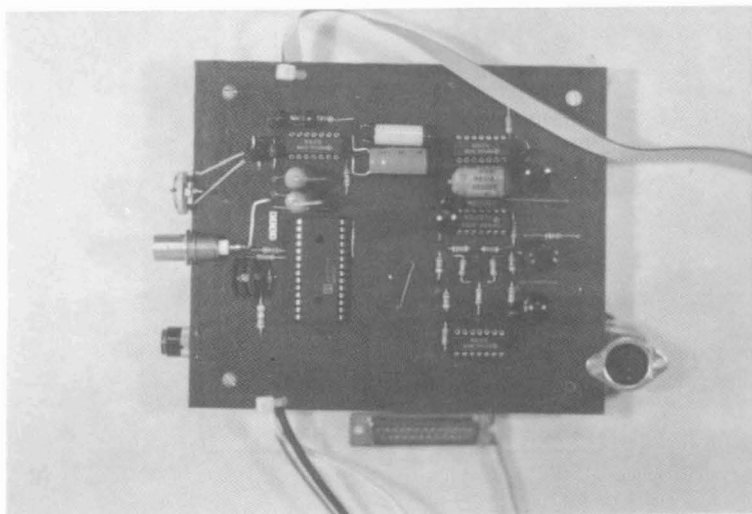


Figura 3: Foto do Circuito Implementado

sinal adquirido utilizando um banco de dados e um sistema especialista para auxílio a análise do sinal de ECG. A interface com o microcomputador ocupa um dos slots disponíveis neste e é constituída por um conversor A/D e uma porta paralela. O conversor A/D utilizado é o AD574 que permite conversão de 8 ou 12 bits. O circuito do conversor A/D utiliza um amplificador de instrumentação com ganho programável (1, 10, 100, 1000 e variável), opção para aquisição de sinais unipolares (0 a +10 V) ou bipolares (± 5 V), além de um circuito para amostra e retenção. O conversor A/D suporta amostragens de até 20 KHz.

Nesta interface inclui-se ainda a lógica para o comando do chaveamento eletrônico do amplificador de ECG utilizando-se uma porta paralela com 24 canais para entrada e saída.

Na figura 5 apresenta-se um diagrama funcional do software para a aquisição, processamento e armazenagem do ECG. De fato este software são módulos do sistema descrito em Perkusich (1989). Todas as rotinas dos módulos são implementadas utilizando linguagem C e Assembler. A seguir descrevem-se estes módulos.

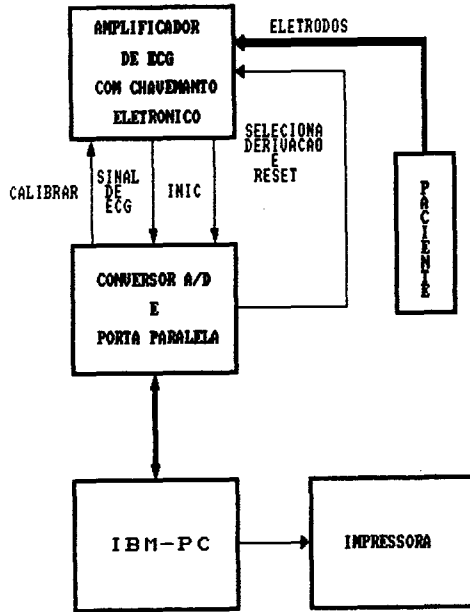


Figura 4: Configuração geral do sistema de aquisição e auxílio a análise de ECG

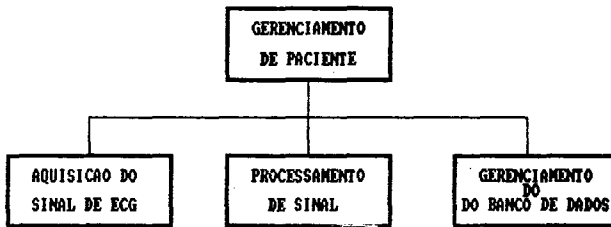


Figura 5: Diagrama Funcional do Software

Aquisição do Sinal do ECG

O módulo para aquisição do sinal de ECG é implementado em Assembler devido as características de processamento em tempo real. Este módulo a partir da informação sobre a derivação a ser amostrada comanda a chave eletrônica do amplificador e executa a amostragem da derivação pelo tempo programado.

Processamento do Sinal do ECG

Neste módulo são implementados, em linguagem C, os algoritmos de filtros digitais para eliminação de ruído de 60 Hz e variações do nível DC ("base-line"). A frequência de amostragem para o sistema foi definida em 1 KHz.

Gerenciamento do Banco de Dados

O gerenciamento do banco de dados é implementado em linguagem C. O banco de dados utiliza o modelo relacional (Stefano 1984). Este modelo foi adotado devido ao relacionamento existente entre os registros dos arquivos e entre os arquivos. Basicamente, estas relações dizem respeito a dados principais como: número, nome do paciente, idade, sexo, peso, etc; e dados como indicação clínica do exame: dor precordial, arritmia de pulso, etc; e origem do paciente: CTI, ambulatório, etc; além dos arquivos de histórico ECG, o qual contém o número, data, hora, número de amostras por derivação e as amostras das derivações já processadas.

Na figura 6 apresenta-se uma impressão gráfica do sinal de ECG adquirido, no caso derivação I, utilizando-se o sistema acima introduzido. O sinal apresentado não possui nenhum tratamento, ou seja é o sinal diretamente adquirido pelo conversor A/D do sistema.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento do amplificador de ECG com chaveamento eletrônico comandado por microcomputador proveu uma ferramenta básica para a aquisição automática do sinal de ECG. O desempenho do amplificador mostrou-se muito bom, notadamente quanto a rejeição do ruído de 60Hz. A faixa de passagem do amplificador é de 0,05 Hz a 150 Hz (3 dB). A rejeição de modo comum (CMRR) medida foi de 2000:1 (78 dB) para a frequência de 60 Hz e 100 Ohms de desbalanceamento de impedância de fonte.

O amplificador utilizado pode ser aplicado a sistemas que utilizam microcontrolador, de modo a obter um aparelho portátil que pode ser adaptável ao próprio paciente, tornando-o transportável. Neste caso, o sinal de ECG poderia ser transmitido através de telemetria.

Deve-se ressaltar que a metodologia utilizada pode ser aplicada para a implementação de outros tipos de condicionadores de sinal levando-se em consideração as peculiaridades específicas a cada caso.

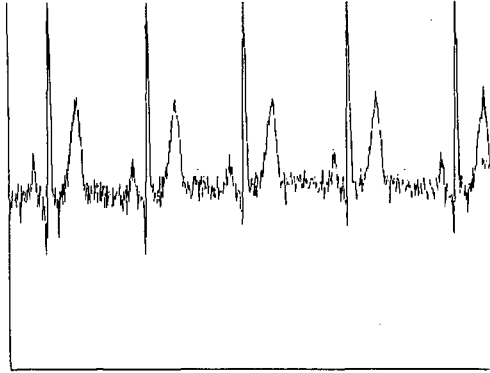


Figura 6: Impressão gráfica do sinal de ECG adquirido, utilizando-se o amplificador apresentado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, CNPq, pela concessão de bolsas de estudo e pesquisa aos autores do trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- DEEP, G.S. (1977), "Automatic Lead Switching for ECG Amplifier", anais do 30th Annual Conference on Engineering in Medicine and Biology", Los Angeles, CA, 5-9 Novembro de 1977.
- MHS (1982), Analog Linear Data Acquisition, Matra-Harris Semiconducteurs, 1982.
- PERKUSICH A., DEEP, G.S., PERKUSICH, M.L.B. E VARANI M.L. (1989), "An Expert ECG Acquisition and Analysis System", Anais do IMTC/89, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, WASHINGTON, D.C., 25-27 Abril 1989.
- STEFANO, CERI e PELAGATTI, G., Distributed Databases: Principles and Systems, MacGraw Hill Book Company, New York, 1984.
- WEBSTER, J.G. (1978), Medical Instrumentation: Application and Design, Houghton Mifflin Company, Boston, 1978.
- WINTER, B.B. e WEBSTER, J.G. (1983), "Driven-Right-Leg Circuit Design", IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol. BME-30, No. 1, January 1983, pp. 62,66.

ECG AMPLIFIER WITH ELECTRONIC SWITCHING: APPLICATION IN AN
AUTOMATIC ACQUISITION AND ANALYSIS SYSTEM

ABSTRACT: This paper presents the development and implementation of a ECG amplifier with electronic lead switching. Description of the implemented circuit is presented. The application and results with the application of this amplifier in a microcomputer based acquisition and analysis system is also presented.