

SISTEMA PARA AQUISIÇÃO DA ATIVIDADE ELETROFISIOLÓGICA

Amanda Dias da Silva¹, Denise Gonçalves Henrique dos Santos¹, Juliana de Mattos Guerra¹, Simone Aparecida Bertolotti¹, Vanessa Cristina Maciel¹, Carlos Julio Tierra-Criollo², Eder Rezende de Moraes², Marcos Tadeu Tavares Pacheco²

1. FCS – Faculdade de Ciências da Saúde – Universidade do Vale do Paraíba
Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – Cep.: 12244-000 – São José dos Campos – SP
e-mail¹: simone@univap.br

2. IP&D – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – Universidade do Vale do Paraíba
Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – Cep.: 12244-000 – São José dos Campos – SP
e-mail²: carjulio@univap.br

Palavras-chave: bioamplificador, limiar de sensação, potencial de ação.

Área do conhecimento: III - Engenharias

RESUMO

Implementou-se um amplificador diferencial de biopotencial tendo nas entradas fontes de corrente que são controladas por tensão de modo comum, que garantem menor ruído e segurança para o paciente. Os resultados preliminares mostraram uma amplificação com alta relação sinal ruído na banda de 0,1 Hz a 1KHz. O circuito poderia ser utilizado para aquisição de sinal biológico em áreas com altos campos eletromagnéticos.

I. INTRODUÇÃO

I.I Bioeletricidade

O alemão Julius Bernstein propôs, por volta de 1870 a teoria de que as membranas do neurônio e da fibra muscular são polarizadas eletricamente mesmo quando inativas, com a superfície externa positiva em relação à interna. Mais tarde, o fisiologista americano H. P. Bowditch determinou que o potencial de ação do músculo é um fenômeno conhecido como tudo ou nada, ou seja, se a intensidade de estimulação atinge um limiar mínimo, ele ocorre, com intensidade independente da estimulação, caso contrário, não ocorre. Francis Gotch descobriu o mesmo para o potencial de ação do nervo (1).

I.II Potencial de Ação

Os sinais neurais são transmitidos por meio de potenciais de ação, que são rápidas variações do potencial de membrana (1).

Quando a membrana do corpo celular de um neurônio em repouso é penetrada por um micro eletrodo, um potencial de aproximadamente -65mV a -70mV pode ser registrado. Este potencial de

equilíbrio, denominado de potencial de repouso da membrana (fig. 01), é caracterizado por um excesso de cargas positivas no meio extracelular e um excesso de cargas negativas em seu interior. Esta situação eletrofisiológica é garantida por mecanismos ativos de troca iônica (bomba de sódio-potássio).

Quando existe despolarização da membrana atingindo certo limiar, deflagra-se uma rápida variação do potencial da membrana seguida pelo retorno ao potencial de repouso. Esse fenômeno, denominado potencial de ação decorre do súbito aumento da permeabilidade da membrana ao íon sódio (Na), causado pela abertura do canal de Na, permitindo a entrada de Na à célula por aproximadamente 0,8 ms, tornando seu interior mais positivo em relação ao exterior, ocorrendo simultaneamente um incremento na saída do íon potássio (K), que tende a se manter por aproximadamente 0,2 ms após a inativação da corrente de Na, produzindo então a repolarização do neurônio. Quando o potencial de ação é iniciado será impossível gerar outro por aproximadamente 1ms (2).

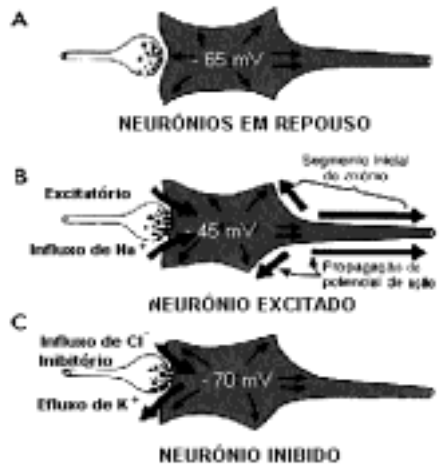


Figura 01 – (A) Neurônio em repouso, (B) Potencial pós-sináptico excitatório, (C) Potencial pós-sináptico inibitório.

A inicialização do potencial de ação se dá por feedback positivo, uma vez que, quando se provoca uma variação do potencial de membrana de -90mV em direção a zero, a própria variação faz com que muitos canais de Na voltagem-dependente comecem a abrir. Isso permite um rápido influxo de íons Na, o que faz com que o potencial varie ainda mais em direção a zero, o que abre também mais canais de Na, gerando um ciclo vicioso (3).

I.III Efeitos da Eletricidade no Corpo Humano

Ao passar pelo corpo humano a corrente elétrica pode danificar os tecidos, provocar coágulos nos vasos sanguíneos e pode paralisar a respiração e os músculos cardíacos. A corrente elétrica pode matar imediatamente ou pode deixar a pessoa inconsciente, dependendo da intensidade, do tempo de circulação e do local por onde ela passa. A sensibilidade do organismo à passagem de corrente elétrica inicia-se em um ponto conhecido como Limiar de Sensação e que ocorre com uma intensidade de corrente de 1mA para corrente alternada e 5mA para corrente contínua (4).

Tabela 01 – Efeitos da corrente elétrica sobre o corpo humano.

Intensidade de corrente (m A)	Perturbações possíveis
1 (limiar de sensação)	Nenhuma
1 a 9	Sensação desagradável.

	Contrações musculares
9 a 20	Sensação dolorosa. Contrações violentas. Perturbações circulatórias.
20 a 100	Sensação insuportável. Contrações violentas. Asfixia. Perturbações circulatórias graves, inclusive fibrilação ventricular.
Acima de 100	Asfixia imediata. Fibrilação ventricular.
Vários ampères	Asfixia imediata. Queimaduras graves.

I.IV Registro do Sinal Biológico

É devido a bioeletricidade que muitos experimentos e aplicações clínicas têm sido realizados. Utilizando-se sistemas de amplificadores biopotenciais com dois ou três eletrodos obtém-se adequadamente o sinal biológico desejado. Eletrocardiogramas, desfibriladores e monitores ambulatoriais, são exemplos desses tipos de sistema.

O circuito de interface paciente-amplificador com e sem isolamento, e utilizando dois ou três eletrodos, têm sido estudado por muitos pesquisadores (7).

A função principal dos amplificadores é possibilitar a captura de um sinal bioelétrico, aumentando sua amplitude de maneira que possa ser posteriormente processado, visualizado e armazenado.

Sinais de entrada com amplitudes pico a pico de $5\text{ }\mu\text{V}$ a 50 mV devem ser amplificados uniformemente até a escala total do conversor analógico-digital (A/D). A impedância diferencial das entradas do amplificador deve ser de no mínimo $10\text{ K}\Omega$ e a rejeição de modo comum (CMRR) de pelo menos 80 dB , para o caso de um sinal de modo comum aplicado entre duas entradas e o neutro e com o amplificador configurado no ganho máximo. Com as entradas conectadas ao neutro e numa banda de passagem de $0,1$ a 5000 Hz , o nível de ruído do amplificador não deve superar $2\text{ }\mu\text{V RMS}$. As características dos filtros devem ser especificadas, enquanto que a utilização de filtros *notch* para redução de ruídos na frequência da rede é desaconselhada, devido a possibilidade de alteração da resposta fisiológica nesta banda em alguns casos.

Para o projeto de um amplificador, deve-se levar em conta ainda que este deve atender a todas as especificações acima mesmo na

presença sustentada de um *Offset* diferencial (entre duas entradas) ou de modo comum (das entradas em relação a terra do paciente ou ao eletrodo neutro) de até 300 mV (5).

DOBREV e DASKALLOVI (2002) propõem um bioamplificador, com base em um amplificador de instrumentação, tendo como entradas fontes de corrente. Segundo os autores com esta configuração (fig. 05), o circuito pode ser muito útil para a aquisição de sinais em áreas de altos campos eletromagnéticos. Os autores utilizaram este circuito para o registro de eletrocardiograma.

O princípio do circuito proposto está mostrado na figura 02. As entradas do amplificador diferencial estão conectadas nos pontos de referência através de fontes de corrente, gerando uma tensão de modo comum na saída.

Uma fonte de corrente ideal impõe uma corrente de um dado valor predeterminado aos seus terminais qualquer que seja a tensão resultante sobre o circuito. A fonte de corrente ideal força uma corrente no circuito onde está ligada qualquer que seja a tensão aos terminais. Se aplicarmos um gerador de corrente constante a uma resistência cujo valor que for aumentando ao longo do tempo a partir do valor 0 Ω , a trajetória dos pontos descreve um segmento de reta.

O valor da corrente é constante e o valor da tensão varia consoante a resistência de carga: se a resistência de carga é nula a tensão é nula; se a resistência for elevada o valor de tensão é elevado.

Neste circuito as fontes de corrente são utilizadas para balancear as impedâncias de entrada, a fim de minimizar o ruído do sinal de entrada e melhorar a segurança para o paciente.

Uma baixa impedância na entrada de referência é obtida sem a redução na impedância diferencial de entrada. Este princípio é conhecido na engenharia de comunicações, na qual o balanceamento de impedâncias ajuda a reduzir o ruído e a baixa impedância garante segurança ao paciente (7).

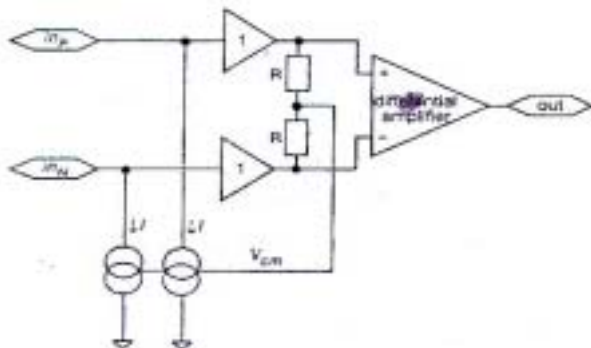


Figura 02 – Princípios do bioamplificador baseado no modelo de DOBREV e DALASKLOVI (2002).

II. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é implementar um bioamplificador com base nos estudos de DOBREV e DASKALLOVI (2002) visando registrar sinais da atividade elétrica do sistema nervoso.

III. METODOLOGIA

MATERIAIS:

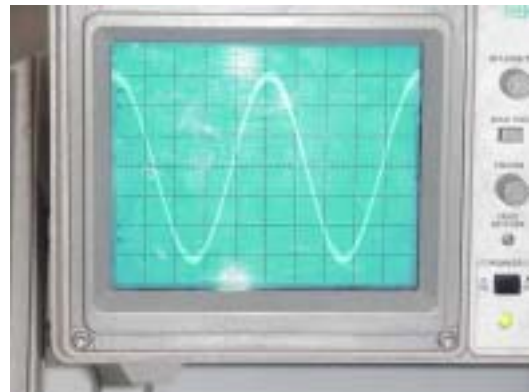
- 4 Amplificadores operacionais TL072;
- Componentes eletrônicos;
- Gerador de sinal;
- Osciloscópio.

MÉTODO:

Implementou-se o circuito da figura 05 numa placa proto-board. Alimentou-se V_{CC} com +12 V e V_{EE} com -12V, nos pinos 8 e 4 respectivamente. Inicialmente determinou-se o ganho do bioamplificador variando-se a frequência.

IV. RESULTADOS

O circuito implementado foi testado inicialmente com senóides de baixas frequências desde 0,1 Hz e altas frequências até 10 KHz e amplitude pico a pico de 200 mV (fig. 03). O sinal no osciloscópio apresentou-se uma senóide com alta relação sinal ruído.



A resposta de frequência do amplificador (fig. 04) mostra que a largura de banda passante

está entre 0,1 Hz a aproximadamente 1.100 Hz (frequência de corte superior).

Figura 03 – Sinal amplificado, com alta relação sinal ruído. Amplificação de 60 vezes (frequência de 100 Hz).

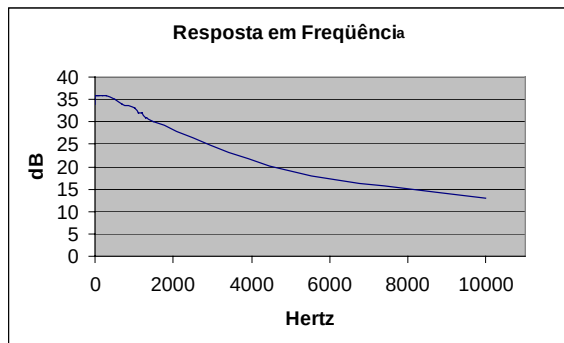


Figura 04 – Função da frequência (Hz) pelo ganho de tensão (dB) do bioamplificador.

V. DISCUSSÃO

Foram feitas alterações no modelo original do bioamplificador proposto por DOBREV e DALASKOVI (2002), foram colocados nas duas entradas resistores de 47 K Ω , adotou-se como pontos o cruzamento da saída do pino 3 e 5 dos pré-amplificadores com o resistor de 47 K Ω e o capacitor de 33 pF, essa modificação foi feita em ambas entradas (fig. 05).

A resposta temporal de frequência do bioamplificador mostrou-se adequado para aplicações biológicas de até 1 KHz e 200 mV, obtendo-se um amplificação de aproximadamente 60 vezes. O bioamplificador mostrou-se também adequado para sinal de eletrocardiograma simulado com 31 mV de amplitude.

VI. CONCLUSÃO

Os resultados iniciais demonstraram uma amplificação do sinal de entrada em 60 vezes com alta relação sinal ruído, o que comprova a eficácia do

circuito para captação e amplificação de sinais com pequenas tensões e baixas frequências.

A proposta de trabalhos futuros é realizar testes com menor amplitude de entrada e a utilização deste amplificador para registro da atividade elétrica do sistema nervoso *in vivo*.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SABBATINI, Renato M.E., A Descoberta da Bioeletricidade. **Cérebro & Mente**. São Paulo, v.2, n.6, Jun/ Ago1998. Disponível em: <<http://www.epub.org.br>>. Acesso em: 25 abril 2003.
2. TIERRA-CRIOLLO, Carlos Julio **Monitorização objetivada da resposta à estimulação somato-sensitiva utilizando parâmetros espectrais**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
3. GUYTON, Arthur C., HALL, John E. **Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças**. 6ªed. Guanabara, Rio de Janeiro, 1998.
4. PAULA, Túlio Carisio. **Efeitos da Corrente Elétrica Sobre o Corpo Humano**. Eletricidade. Disponível em: <<http://www.tcfisicanet.com>>. Acesso em: 13 Março 2003.
5. SCHWANKE, Dieter. **Exames de potenciais evocados auditivos utilizando processador digital de sinais**. 2000.105f. Tese (Mestrado em Ciências da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
6. TEIXEIRA, Fernando. UNIVERSITÉ DU MAINE. **Generateur de courant countant**. Disponível em: <<http://www.univlemans.fr>>. Acesso em: 26 Março 2003.
7. DOBREV, D., DASKALOVI. Two-electrode biopotential amplifier with current-driven inputs. **Medical & Biological Engineering & Computing**. Sofia, Bulgária, p. 122-127. vol.40, October 2002.

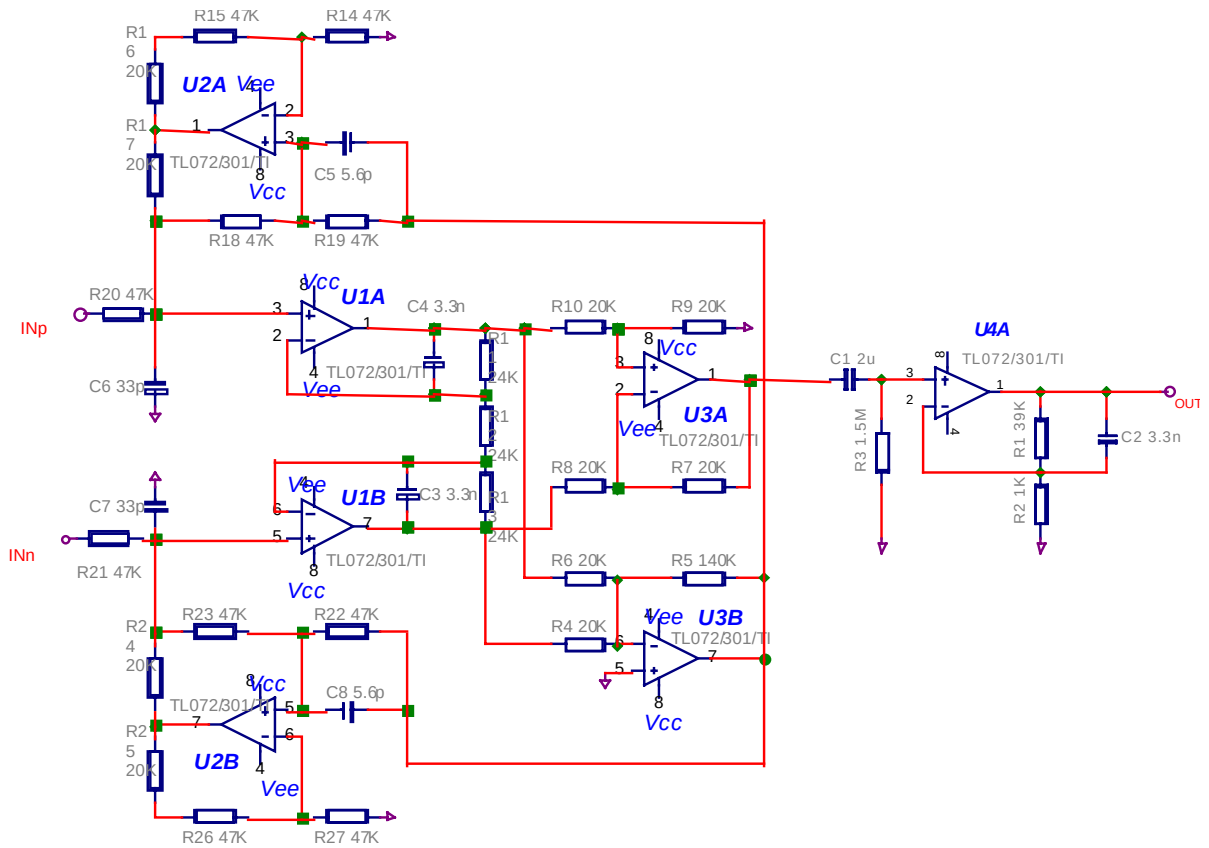


Figura 05 – Circuito do bioamplificador (modificado de DOBREV e DASKALOV).