

# SISTEMA BIOTELEMÉTRICO ADESIVO PARA TRANSMISSÃO SEM FIO DO PARÂMETRO VITAL ELETROCARDIOGRAMA (ECG)

M. M. Albano\*, P. J. Abatti\* e I. Deconto\*\*

\*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Avenida Sete de Setembro, 3165  
CEP 80230-901 – Curitiba, Paraná, Brasil

\*\*Hospital Veterinário (HV-UFPR)  
Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua dos Funcionários, 1540  
CEP 80035-050 – Curitiba, Paraná, Brasil  
e-mail: magooalbano@gmail.com

**Resumo:** Este artigo descreve o funcionamento de um transmissor analógico biotelemétrico não-invasivo com pulso subamortecido de RF, cuja distância entre pulsos consecutivos é modulada pelo sinal de ECG. O sistema foi originalmente concebido e implementado apenas para aplicações implantáveis na transmissão de informação dos parâmetros vitais: temperatura, frequência cardíaca e frequência respiratória, mas com poucas modificações e o uso de um amplificador de instrumentação de baixo consumo, permite também a transmissão do parâmetro fisiológico do ECG. O novo dispositivo biotelemétrico desenvolvido é descrito e discutido em detalhes. Os resultados experimentais mostram um bom desempenho e a viabilidade do novo sistema desenvolvido.

**Palavras-chave:** Transmissor Biotelemétrico, ECG, Biotelemetria.

**Abstract:** This article describes the operation of a non-invasive analog biotelemetric transmitter with underdamped RF pulse, which the distance between consecutive pulses is modulated by ECG signal. The system was originally designed and implemented only for implantable information transmission applications of vital parameters: temperature, heart rate and respiratory rate, but with a few modifications and the use of a instrumentation amplifier low consumption, it also allows the transmission parameter physiological ECG. The new developed biotelemetric device is described and discussed in details. The experimental results show a good performance and the viability of the new developed system.

**Keywords:** Biotelemetric Transmitter, ECG, Biotelemetry.

## Introdução

A Biotelemetria é a ciência que trata da transmissão e da recepção de sinais modulados por algum parâmetro fisiológico de origem humana ou animal. Um de seus principais objetivos é a avaliação contínua de parâmetros vitais com um mínimo de perturbação externa, tanto nos processos naturais inerentes aos

tecidos biológicos, quanto no comportamento psicológico natural do animal em cativeiro sob observação [1].

No cumprimento desse objetivo, procura-se desenvolver circuitos transmissores progressivamente menores nas dimensões físicas e no consumo de energia. Neste aspecto, dispositivos com habilidade de transmitir parâmetros fisiológicos com fidelidade e com um mínimo de componentes mostram-se particularmente interessantes nas aplicações que envolvem a Biotelemetria [2].

O circuito transmissor biotelemétrico empregado pulsos subamortecidos de RF, mostrado na figura 1, já foi descrito anteriormente na literatura [3, 4]. Basicamente quando alimentado por meio de  $L_5/L_3$  ( $D_1$  e  $C_3$ ) o circuito deflagra uma sequência de pulsos senoidais exponencialmente amortecidos, cuja distância entre eles pode ser modulada por um parâmetro vital biológico que se deseja avaliar, quando um transdutor adequado é utilizado.

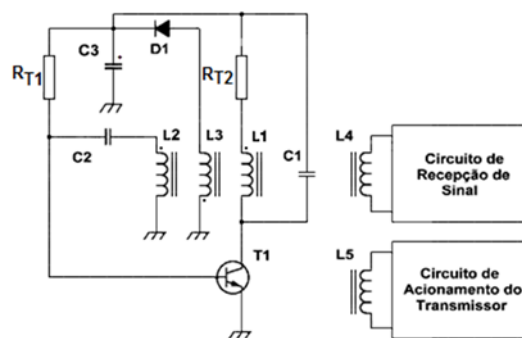


Figura 1: Circuito transmissor biotelemétrico.

Ressalta-se que pelas características do sinal transmitido, mostrado na figura 2, pode-se utilizar até três informações biológicas independentes podem ser transmitidas simultaneamente: uma por meio da frequência natural do pulso subamortecido de RF, outra pela quantidade deles por trem de pulsos e a última por meio do período de tempo entre dois pulsos consecutivos, (x, z e y na figura 2, respectivamente).

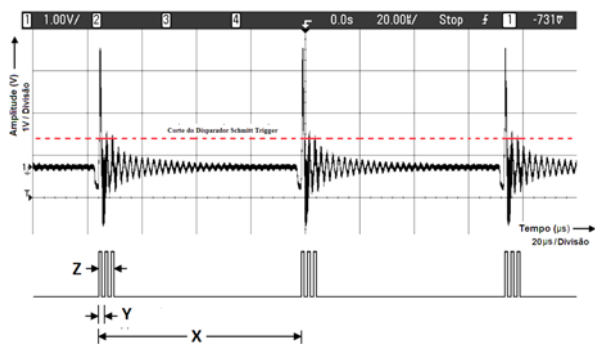


Figura 2: Forma de onda característica do transmissor.

O objetivo principal deste trabalho é o de apresentar o circuito transmissor biotelemétrico adaptado para a transmissão do sinal de ECG de equinos, que foi usado para modular a distância entre pulsos consecutivos.

**Materiais e métodos**

**Descrição do Transmissor Biotelemétrico** – O circuito transmissor de RF operando no modo contínuo (figura 1) consiste de um oscilador de bloqueio modificado [5, 6], onde um circuito ressonante formado por C<sub>1</sub> e L<sub>1</sub>, permite gerar sequencialmente oscilações senoidais exponencialmente amortecidas na faixa de rádio frequência (RF) que podem ser captadas através de uma antena no formato de bobina externa L<sub>4</sub> [3, 4].

Para iniciar o ciclo de funcionamento do transmissor deve-se aplicar um sinal senoidal, no presente caso 200 kHz, à bobina L<sub>3</sub>, ativando o circuito por meio da carga de C<sub>3</sub> via D<sub>1</sub>. Isto faz com que C<sub>2</sub> carregue, aumentando V<sub>BE</sub> e quando este atinge a barreira de potencial (≈0,65 V) o transistor conduz. Porém devido às características da carga de L<sub>1</sub>/C<sub>1</sub> o transistor é levado em seguida, após um intervalo Δt<sub>1</sub>, à saturação. Esse processo descarrega C<sub>3</sub>, via L<sub>1</sub>/L<sub>3</sub> reduzindo o valor da tensão sobre C<sub>2</sub> levando o transistor ao corte. O transistor voltará a conduzir após um intervalo Δt<sub>2</sub>, que corresponde ao período de carga de C<sub>2</sub> via R<sub>T1</sub>, assim iniciando um novo ciclo.

A análise deste circuito permite escrever [3, 4]:

Período entre Pulsos Consecutivos (x)

$$T = \Delta t_2 = k R_{T1} C_2 \quad (1)$$

Frequência do Pulso Subamortecido de RF (y)

$$f = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} e \quad (2)$$

Tensão de saída cuja largura do trem de pulsos pode ser obtida (z)

$$V_{L1} \cong \left( -e^{\frac{R_{T2}(t-\Delta t_1)}{2L_1}} \right) \left( \frac{V_{CC}}{R_{T2}} \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} \right) \text{sen} \frac{(t-\Delta t_1)}{\sqrt{L_1 C_1}} \quad (3)$$

No presente trabalho Δt<sub>2</sub> foi utilizado para a transmissão de ECG de equinos por meio do acoplamento a base do transistor de um amplificador de instrumentação e filtros, apresentados a seguir.

Observa-se que com isto o tempo de carga de C<sub>2</sub> é modificado, pois a corrente em R<sub>T1</sub> varia com a tensão de saída do amplificador de ECG.

**Amplificador de ECG** – O sinal de ECG de equinos possui uma amplitude muito baixa (da ordem de 35 mV), o que faz necessário o uso de um amplificador de instrumentação, INA326 (ver figura 3) [7].

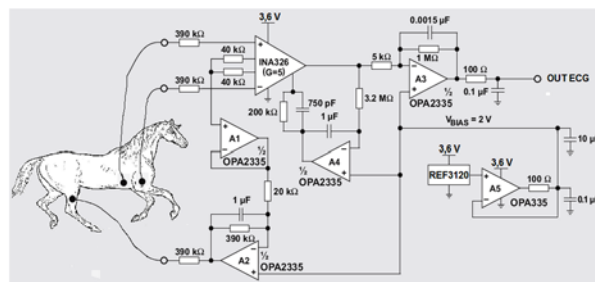


Figura 3: Circuito amplificador de ECG (INA326).

Observa-se que foram acrescentados ao amplificador de instrumentação dois circuitos de filtragem, o primeiro um passa-baixa operando na frequência de 20 Hz e o segundo um passa-alta operando na frequência de 100 Hz, ambos utilizando as portas A<sub>3</sub> e A<sub>4</sub> do OPA2335, respectivamente.

Para adaptar o sinal de ECG ao transmissor biotelemétrico (na base do transistor), foi necessário o grampeamento de sinal em 2 V<sub>DC</sub> (REF3120) aplicado na entrada positiva das portas A<sub>5</sub> (OPA2335).

A figura 4 apresenta o sinal obtido na saída deste bloco utilizando-se um simulador de ECG (Fluke Biomedical PS420).

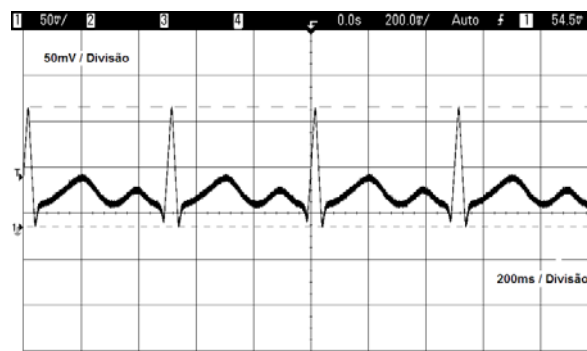


Figura 4: Sinal de ECG amplificado pelo INA326.

**Resultados**

A avaliação in vivo do transmissor foi realizada no hospital veterinário da UFPR, com autorização do comitê de ética de uso de animais da própria UFPR e com apoio e supervisão de médicos veterinários do departamento acadêmico de medicina veterinária.

Os testes in vivo foram efetuados em um equino de raça mestiça de aproximadamente 8 anos de idade. Por se tratar de um ensaio não invasivo todos os procedimentos transcorreram com absoluta serenidade, observando-se apenas uma variação significativa dos valores da frequência cardíaca (FR) de 78 bpm (batimentos por minuto) no início a 38 no final do teste, provavelmente devido ao estresse inicial do animal.

A figura 5 mostra um trecho do exame em que o animal apresentava aproximadamente 74 batimentos por minuto. Ressalta-se que neste exame foram tomados 68 medidas por ciclo cardíaco, correspondendo a uma medida amostrada a cada 10 ms.

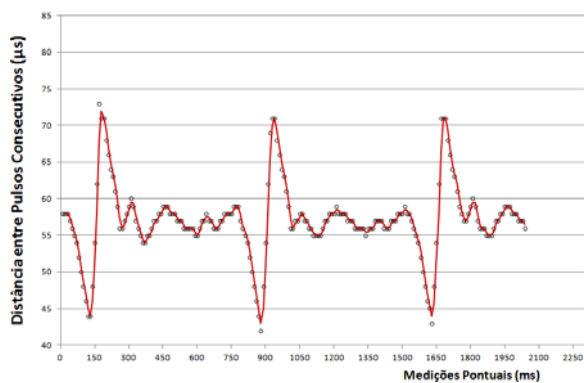


Figura 5: Sinal de ECG obtido no teste in vivo.

A figura 6 apresenta o circuito transmissor biotelemétrico de RF construído (5x2 cm). O protótipo foi alimentado externamente por um sinal senoidal de 200 kHz aplicado a uma antena em formato de bobina ( $L_5$ ) de 120 cm de diâmetro, conseguindo-se uma distância de captação de sinal, via  $L_4$ , de até 21 cm praticamente sem ruídos interferentes.

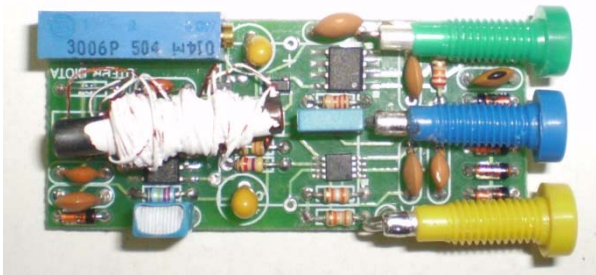


Figura 6: Sinal de ECG amplificado pelo INA326.

## Discussão

Um sistema Biotelemétrico para transmissão de sinais de ECG foi apresentado e discutido em detalhes, apresentando resultados que podem ser considerados satisfatórios do ponto de vista experimental.

## Conclusão

Espera-se na continuidade deste trabalho poder utilizar todas as potencialidades do circuito transmissor, permitindo o monitoramento de outros parâmetros fisiológicos, por exemplo frequência respiratória, temperatura concomitantemente com o sinal de ECG.

## Agradecimentos

Agradecemos a CAPES pelo apoio financeiro.

## Referências

- [1] Mackay, R. S. (1993), Bio-Medical Telemetry, IEEE press, second edition, Piscataway New Jersey.
- [2] Albano, M. M. (2001), Transmissor Biotelemétrico Monoestável com Controle Remoto Multi-Frequencial para Acionamento e Leitura de Três Parâmetros Fisiológicos Simultaneamente, Dissertação de Mestrado, CPGEI, CEFET PR, Curitiba, p. 17-64.
- [3] Abatti, P. J. e Pichorim, S. F. (1994), "Single transistor underdumped RF pulse Position modulator with remote switching for implantable units", IEEE Electronics Letters, v. 30, n. 19, p. 1564-1565.
- [4] Pichorim, S. F. e Abatti, P. J. (1996), Transmissor com Acionamento Remoto Utilizando Apenas um Transistor para Unidades Biotelemétricas Implantáveis ou Ingeríveis, Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, v. 12, n. 3, p. 51-60.
- [5] Morris, N. M., (1976), Fundamentos de Eletrônica Industrial, Marcombo, Barcelona.
- [6] Strauss, L. (1977), Wave Generating Circuits, in Giacoletto, L. J., Electronic designers' handbook, McGraw-Hill, New York.
- [7] Texas Instruments (2010), Electrocardiogram (ECG)/Portable ECG and Electroencephalogram (EEG), Medical Application Guide, Diagnostic, Patient Monitoring and Therapy, Dallas, Texas.