

MÓDULO PORTÁTIL PARA AQUISIÇÃO DO ELETROMIOGRAMA

M.F. AMORIM -1 e A.C. CAVALCANTI -2

**RESUMO** -- Este trabalho apresenta um sistema portátil e autônomo para aquisição do EMG, utilizando um gravador nacional e de baixo custo. Empregou-se a técnica de modulação em frequência, utilizando um dos canais como referência para permitir a subtração do "flutter". Resultados comparativos com o uso de gravador topo de linha nacional são apresentados.

Introdução

O objetivo deste trabalho foi produzir um equipamento portátil e de baixo custo, capaz de amplificar, gravar e reproduzir sinais elétricos musculares com baixos níveis de ruído, distorção ou interferência, viabilizando o aperfeiçoamento e o surgimento de novas técnicas de análise do eletromiograma, incluindo o uso do microcomputador.

As técnicas analógicas de aquisição e armazenamento em fita cassete, possibilitam o registro perene do sinal a um custo muito baixo, se comparado aos gravadores de instrumentação. Trabalhos nesse sentidos já foram apresentados por Brito Filho [1] e Vi-lar [6], por exemplo.

Justificativas

Devido à faixa de frequência do EMG ser muito ampla, com componentes de frequência a partir de 0,5 Hz até 300 Hz para eletrodos cutâneos [3,4,7] e até 20 kHz para eletrodos invasivos [2,5], os gravadores tradicionais apresentam problemas técnicos que não permitem a gravação direta do EMG na fita magnética, pois, não respondem em baixas frequências e não são lineares na faixa que conseguem responder, conforme figura 1.

Além da não linearidade na amplitude, o sinal gravado tem sua forma alterada de modo tão significativo, em baixas frequências, que o torna inútil a gravação direta do EMG, conforme pode ser observado na figura 2.

-----  
1 Engenheiro Eletrônico pela UFRN, Mestre em Engenharia Biomédica pela UFPb, Bolsista do CNPq (Des. Cient. Regional) junto ao Departamento de Informática/CCEN da UFPb - João Pessoa - Pb.

2 Professor Adjunto IV do Departamento de Informática/CCEN da UFPb - João Pessoa - Pb.

Uma solução para os problemas citados seria a compensação externa através de equalizador, visando manter linear a faixa de frequência desejada. Do ponto de vista teórico esse raciocínio é muito simples, porém, na prática, existem problemas com distorções e ruídos acrescidos ao sinal gravado. Tais acréscimos inviabilizam a gravação de sinais em que a qualidade seja primordial.

Outra saída seria utilização de técnicas de modulação sobre o sinal que se deseja gravar, levando sua informação à faixa linear do gravador.

Dentre as técnicas de modulação existentes, analisaram-se duas possibilidades: modulação em amplitude e modulação em frequência.

O primeiro possibilita sua gravação na faixa linear, porém, esses sinais ficam sujeitos a ruídos em amplitude provenientes de interferências externas e do próprio sistema de gravação. Tais ruídos são difíceis de serem eliminados, uma vez que variam com a qualidade da fita e do equipamento utilizado.

Uma etapa moduladora de frequência possibilita a gravação sem os problemas citados, pois, neste tipo de modulação, a variação de amplitude e até mesmo pequenas variações na forma do sinal, na resposta da fita, não causarão perda de informação do sinal original, já que o que importa é a variação de frequência do sinal base.

Contudo, problemas podem surgir, devido ao seguintes tipos de causas possíveis:

- \* Sistema mecânico que traciona a fita - formado pelas engrenagens, polias e correias que produzem vibrações mecânicas, provocando oscilações na velocidade e tração;

- \* Variação na tensão de alimentação do gravador - altera a velocidade do motor e, conseqüentemente, do sistema que traciona a fita;

- \* Peso da fita - sempre presente em equipamentos e/ou fitas de qualidade inferior.

As causas citadas alteram a velocidade com que a fita passa pela cabeça de gravação/reprodução, provocando alterações na frequência do sinal durante a gravação ou reprodução. Esses tipos de perturbações são chamados de "flutter" e "wool".

A solução utilizada foi aproveitar o outro canal (utilizando-se um gravador ESTÉREO) para gravar um sinal de referência. Após a demodulação de ambos os canais, faz-se a subtração e minimiza-se os problemas citados.

Algumas vantagens desse sistema são:

- aplicação de vários tipos de processamento a um mesmo sinal, já que o mesmo encontra-se gravado, bem como a formação de bancos de sinais, otimizando-se as formas de arquivo do eletromiograma e sua aplicação em ensino, pesquisa e clínica;

- se utilizado em conjunto com um microcomputador (tipo APPLE, por exemplo), dotado de uma placa conversora A/D e D/A, possibilitará a utilização de algoritmos computacionais para efetuar processamentos.

- uma vez implementado em um módulo portátil e autônomo, permitirá aquisição de sinais em ambientes remotos, evitando a necessidade de deslocamento de equipamentos maiores, muitas vezes impossíveis de serem transportados e instalados;

- possibilidade de uso em aquisição de sinais com características semelhantes as do EMG (por ex.: vibrações mecânicas).

### Descrição

A figura 3 apresenta o sistema em diagrama de blocos. A primeira parte corresponde à etapa amplificadora e moduladora, dividida nos seguintes estágios:

\* Amplificador (A) - apresenta um ganho de 400.

\* Filtro (B) - filtro passa-faixa de 0,7 a 300Hz.

\* Modulador (C) - leva o sinal original de 250 Hz de banda para um sinal FM de 4 kHz  $\pm$  1 kHz.

\* Modulador (D) - gera um sinal de frequência fixa (4kHz) correspondente a uma tensão de referência constante, equivalente a zero de sinal, na entrada do mesmo.

A outra parte corresponde à etapa demoduladora, dividida nos seguintes estágios:

\* Demodulador (E) - demodula o sinal gerado pelo modulador (C), restaurando o sinal amplificado e filtrado durante a primeira etapa. (Acrescido a esse sinal estão as oscilações provenientes do "flutter" e "wool").

\* Demodulador (G) - Demodula o sinal gerado pelo modulador (D), restaurando a tensão de referência também acrescida das mesmas oscilações provenientes do "flutter" e "wool", existentes no canal de sinal. As etapas demoduladoras apresentam um ganho de 1,2.

\* Filtro (F) e (H) - filtros passa-baixas de 300 Hz para eliminar as componentes da portadora na qual o sinal é modulado.

\* Subtrator I - subtrai do sinal principal, obtido na saída do filtro (F), o efeito das oscilações caracterizadas por "flutter" e "wool" presente em ambos os canais, obtido isoladamente na saída do filtro (H).

### Implementação

Após as etapas de projeto, testes e otimização dos circuitos, foram utilizados um gravador topo de linha nacional, marca Gradiente modelo DII e um sistema portátil da CCE modelo MS-10 (cerca de 5 vezes mais barato que o DII), de modo a comparar a influência do equipamento nos resultados obtidos.

O resultado de tal análise nos levou a implementar o equipamento no gabinete do Micro System MS-10, constituindo assim, um módulo portátil.

Para torná-lo autônomo e isolado da rede elétrica, o sistema foi alimentado por uma bateria de 12 V, também inserida no gabinete do mesmo, assim como um circuito que permite a carga da bateria enquanto o mesmo não estiver sendo utilizado em aquisições.

Quando em funcionamento, o protótipo dispõe de um led indicador que sinaliza quando a tensão da bateria for inferior a 11,7 V, alertando à necessidade de recarga da bateria.

### Resultados Obtidos

A partir do equipamento montado foram executados testes finais cujos resultados e condições de medição são apresentados a seguir:

#### - Resposta em frequência do sistema:

O sistema foi projetado para trabalhar com aquisição de EMG com eletrodos cutâneos e, portanto, para uma faixa de frequência de 0,7 a 300 Hz. O gráfico mostrado na figura 4 foi obtido a partir da aplicação de sinais à entrada do amplificador, gravação dos sinais fornecidos pelo moduladores, demodulação dos sinais gravados e subtração para minimizar o "flutter" e "wool".

#### - Relação sinal/ruído:

Com um sinal senoidal de 5 mV aplicado à entrada do amplificador a relação sinal/ruído obtido a partir da reprodução do sinal gravado assume valores diferentes, conforme o gravador utilizado. Os valores abaixo mostram os resultados obtidos nas diversas combinações para gravação/reprodução, utilizando os gravadores citados:

Gravação/reprodução utilizando CCE ..... 36,9 dB

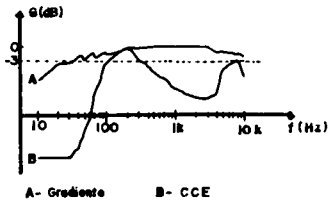


Figura 1. Resposta em frequência de 2 gravadores nacionais.

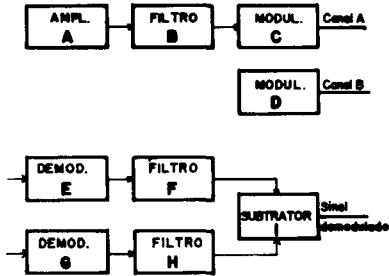


Figura 3. Diagrama de blocos do sistema.

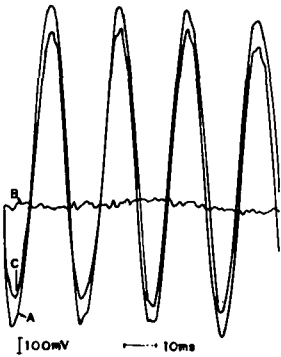


Figura 5. Demodulação de um sinal de 40 Hz. (A) sinal com os efeitos do "flutter" e "wool"; (B) sinal na saída do filtro H; (C) subtração do sinal de referência sobre o sinal principal, utilizando o osciloscópio NICOLET.

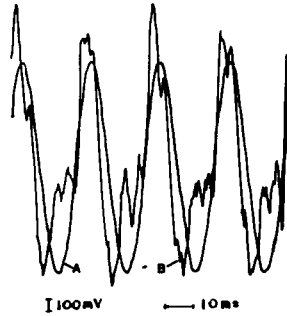


Figura 2. Gravação de um sinal de 40 Hz através da entrada de microfone do gravador MS-10 da CCE. (A) sinal original; (B) sinal gravado.

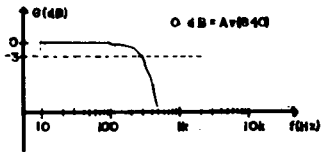


Figura 4. Resposta em frequência do sistema.

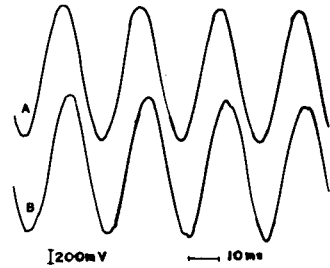


Figura 6. Demodulação de um sinal de 40 Hz com a subtração do sinal de referência sendo efetuada pelo protótipo. (A) sinal original; (B) sinal demodulado.

Gravação/reprodução utilizando Gradiente .....	42,9 dB
Gravação CCE/reprodução Gradiente .....	38,5 dB
Gravação Gradiente/reprodução CCE .....	41.6 dB

- Distorção harmônica:

Com auxílio de um medidor de distorção harmônica foram efetuadas algumas leituras para quantificar a contribuição do protótipo nesse parâmetro. O equipamento utilizado foi o Harmonic Distortion Analyzer da HEATHKIT, modelo IM 5258.

As medições foram feitas na saída do gerador de sinais, na saída do filtro (B) e na saída do subtrator (I), demodulando e recuperando um sinal gravado. Os resultados foram:

Na saída do gerador de sinais .....	1,1 %
Na saída do filtro (B) .....	1,2 %
Na saída do subtrator (I) .....	2,7 %

A partir dos resultados obtidos concluímos que a técnica para eliminar os ruídos introduzidos basicamente pelo sistema mecânico que traciona a fita nos gravadores, minimiza tais efeitos. A figura 5 ilustra o processo de subtração do "flutter" e "wool" feito por um osciloscópio digital de marca NICOLET.

Essa ilustração mostra a demodulação de um sinal de 40 Hz. Em (A) está apresentado o sinal na saída do filtro (F), representando o sinal de 40 Hz com os efeitos do "flutter" e "wool". Em (B), o sinal na saída do filtro (H), representando isoladamente os ruídos introduzidos pelo sistema de gravação/reprodução. Em (C), a subtração do sinal de referência sobre o sinal principal, efetuada pelo osciloscópio digital.

Na figura 6 está a ilustração da performance do protótipo, mostrando em (A) o sinal original de 40 Hz que foi gravado e em (B) o sinal obtido pela demodulação do sinal gravado. Aqui, a subtração do sinal de referência sobre o sinal principal é feita analogicamente pelo protótipo.

### Conclusão

Com o presente trabalho, buscamos verificar a validade no emprego da modulação FM na gravação de sinais eletromiográficos, visando o uso de equipamentos de baixo custo, portáteis e autônomos.

Apesar de projetado para efetuar aquisição de sinais eletromiográficos EMG, esse equipamento é perfeitamente compatível com quaisquer sinais de características semelhantes às encontradas no EMG.

Enfatizamos que nenhuma tecnologia nova foi empregada. Apenas nos preocupamos com o rigor no projeto, execução e teste do

material desenvolvido. Procuramos demonstrar que "performances" satisfatórias podem ser obtidas a partir de sistemas de baixo custo, existentes no mercado nacional.

### Agradecimentos

Ao Departamento de Biofísica e Radiologia da Universidade Federal de Pernambuco e ao Professor Tetsuo, do mesmo, pela colaboração na obtenção dos gráficos referentes ao desempenho do protótipo.

Ao CNPq pela concessão de bolsas de Pesquisa, Mestrado e Iniciação Científica.

### Referências Bibliográficas

1. BRITO FILHO, M.T. de. (1982), "Aplicação da análise de predição linear na identificação dos pontos de ocorrência das 1ª e 2ª bulhas no fonocardiograma", João Pessoa, Dissertação (Mestrado em Eng. Biomédica) UFPB/CCS.
2. DUMOULIN, J.; BISSCHOP, G. de (1975), "Saber Interpretar um eletro-diagnóstico e um EMG", Como interpretar o eletromiograma, São Paulo, Organização Andrei Ed., Volume 13, Capítulo 1, páginas 57 - 70.
3. GONCALVES, C.A. (1985), Techniques d'évaluation de la vitesse de conduction des potentiels d'action musculaires. Application a l'interpretation des remaniements spectraux de l'électromyogramme, Compiègne - France, 136 páginas, tese (doutorado) UTC.
4. LYNN, P.A.; BETTLES, N.D.; HUGHES, A.D.; JOHNSON, S.W. (1978), "Influences of electrode geometry on bipolar recordings of the surface electromyogram", Medical and Biological Engineering and Computing, Volume 16, páginas 651 - 659.
5. NEUMAN, M.R. (1978), "Medical Instrumentation Application and Design", Biopotential amplifiers, In: Webster, J.G. Boston, Houghton Mifflin Company. Capítulo 6, páginas 273 - 335.
6. VILAR, G. (1982), "Análise discriminante em eletroencefalografia - aplicação em ondas alfa e beta", João Pessoa. páginas 27 - 40, Dissertação (Mestrado em Eng. Biomédica) UFPB/CCS.
7. ZIPP, P. (1978). "Effect of electrode on the parameters on the bandwidth of the surface EMG power-density spectrum", Medical and Biological Engineering and Computing, Volume 16, páginas 537 - 541.

PORTABLE MODULE FOR ACQUISITION OF ELECTROMIOGRAM

M.F. AMORIM and A.C. CAVALCANTI

ABSTRACT -- This work presents a portable and autonomous system for acquisition of EMG, using a low cost cassette tape recorder. The technic employed was the frequency modulation, with wool and flutter compensation by analog subtraction of demodulated carrier, recorded in the other stereo channel. Comparative results between the system developed and another using a high quality tape recorder are also presented.