

Desenvolvimento de um Programa em LabVIEW e de um Circuito de Condicionamento para Medir os Esforços dos Membros Superiores e Inferiores de Pacientes Paraplégicos

Uender C. Faria¹; Aparecido A. Carvalho²

Departamento de Engenharia Elétrica de Ilha Solteira – UNESP
Caixa Postal 31,-15385-000 - Ilha Solteira (SP) - Brasil
E-mail¹: uender@dee.feis.unesp.br; E-mail²: aac@dee.feis.unesp.br

RESUMO

Este artigo descreve um sistema de aquisição de dados constituído por um microcomputador Pentium 266 MHz, uma placa de aquisição da National Instruments, modelo AT-MIO-16E-10 (com conversor A/D de 12 Bits e taxa de amostragem de 100 KS/s) e por um programa desenvolvido em LabVIEW (National Instruments), que monitora os esforços dos membros superiores e inferiores de pacientes paraplégicos. Implementou-se também um circuito de condicionamento de sinais para extensômetros metálicos, que possibilita a medição de forças, simultaneamente, em 14 diferentes pontos. O LabVIEW foi escolhido por ser uma linguagem gráfica de fácil programação. O programa possui boa interface gráfica, capacidade de armazenar e visualizar dados, apresentando a importante característica de interagir com o circuito. O circuito é alimentado por baterias de 9V, compacto, de fácil montagem e possui uma autonomia de 3h, podendo ser ligado e desligado através do programa. O sistema desenvolvido pode ser útil em Engenharia de Reabilitação, Biomecânica e Medicina.

Palavras chave: Engenharia de Reabilitação, LabVIEW, Muleta instrumentada, Força nos membros, Distribuição de forças nos pés.

DEVELOPMENT OF A PROGRAM IN LABVIEW AND OF A CIRCUIT OF CONDITIONING TO MEASURE THE EFFORTS OF THE SUPERIOR MEMBERS IS INFERIOR OF PARAPLEGIC PATIENT

ABSTRACT

This paper describes a data acquisition system constituted by a 266 MHz Pentium computer, a National Instruments model AT-MIO 16E-10 (12-bit resolution and 100 kS/s of sampling rate) acquisition board, and a program developed in LabVIEW (National Instruments), that measures the efforts of the superior and inferior members of paraplegic patient. Also a signal conditioning circuit for metallic strain gage was implemented. It allows the simultaneous measurement of forces at 14 different points. LabVIEW was chosen because it is an easy programming graphic language. The program has good graphic interface, capacity of storing and visualizing data, and the important characteristic of interacting with the circuit. The circuit is supplied by 9V batteries, it is compact, and easily assembled. Its autonomy is 3 hours. The program can turn on and turn off the circuit. The developed system can be very useful in Rehabilitation Engineering, Biomechanics, and Medicine.

Keywords : Rehabilitation engineering, LabVIEW, efforts of members.

1. INTRODUÇÃO

Em Engenharia de Reabilitação freqüentemente se faz necessário o monitoramento dos esforços exercidos pelos membros superiores e inferiores de pacientes.

A falta de sentido cinestésico ou proprioceptivo dos indivíduos lesados medulares leva-os a utilização de muletas ou andadores. Vários estudos têm sido feitos com o objetivo de amenizar as dificuldades na marcha de deficientes físicos com dispositivos auxiliares de apoio.

Muletas são necessárias para ajudar no equilíbrio do indivíduo. No caso de um sistema artificial de reabilitação ou de um sistema de estimulação neuromuscular para paraplégicos, quanto menos se fizer uso dos membros superiores mais bônus é a locomoção e melhor o sistema artificial.

O consumo de energia na locomoção de um paciente lesado com muletas é considerável [1]. Devido às dificuldades encontradas na locomoção, muitos pacientes abandonam as muletas e passam a utilizar cadeira de rodas [2], que são mais cômodas, causando o atrofiamento dos músculos dos membros inferiores [3] e tornando mais difícil a reabilitação dos membros lesados.

O trabalho mecânico realizado durante a marcha com muletas é o mesmo da marcha normal, mas este trabalho que, antes era realizado pelos membros inferiores, passa, então a ser realizado pelos membros superiores que não estão, funcionalmente preparados para suportar o peso do corpo [3].

Há muito interesse também em medições de forças e pressões na região plantar dos pés.

Pacientes com lesões medulares ou diabéticos perdem a sensação de contato com o chão [4,5]. A distribuição não uniforme e repetitiva de forças, na região dos pés, pode causar lesões nos pontos onde os esforços são excessivos [5,6,7 e 8]. As ulcerações podem levar a amputação do membro lesado [7,8], sendo que 50% de todas as amputações ocorrem em pacientes com diabetes [8]. Vários estudos têm sido feitos no intuito de descrever o comportamento dos esforços dos pés e para diagnosticar patologias presentes na marcha.

Zhu et al. [6] implementaram um sistema de aquisição de dados com microprocessador para monitorar os esforços em 7 pontos diferentes de cada pé. Wertsch et al. [9] desenvolveram um sistema portátil de aquisição de dados para monitorar as pressões na área dos pés durante atividades da vida diária. O sistema permite armazenar dados de 14 sensores de pressão instalados em uma palmilha. Harris et al. [10] coletaram dados, durante uma marcha, usando um sistema portátil, baseado em microprocessadores, com 6 células de carga montadas em uma palmilha de sapato. Ranu [11] gravou as forças de reação de um paciente, com um membro inferior amputado abaixo do joelho, e de um paciente com paralisia infantil, com múltiplas células de carga fixadas na sola do sapato.

Em todos estes estudos os sistemas de aquisição são de fundamental importância, pois possibilitam a visualização, na tela de um computador, e o armazenamento, para posterior análise, das informações relativas aos esforços exercidos pelos membros superiores e inferiores

O objetivo deste trabalho foi o de implementar um programa em LabVIEW e um circuito de condicionamento de sinais para os sensores desenvolvidos por Faria e Carvalho [12 e 13], visando medir, de forma automatizada, os esforços exercidos pelos membros inferiores e superiores de pacientes paraplégicos, durante uma marcha com muletas.

2. Metodologia

O sistema de aquisição de dados implementado é constituído por uma placa modelo AT-MIO-16E-10 (com conversor A/D de 12 Bits e taxa de amostragem de 100 KS/s) da National Instruments, por um programa e um microcomputador Pentium 266 MHz. O programa foi desenvolvido em LabVIEW 4.1, devido as facilidades que este ambiente oferece, pois apresenta varias rotinas prontas, o que facilita a programação e possibilita criar programas de uso extremamente fácil para o usuário.

O programa desenvolvido é composto de vários outros programas. Este procedimento é para evitar que programas desnecessários em uma determinada tarefa ocupem espaço na memória, ficando assim assegurada uma execução mais rápida da tarefa solicitada. Cada programa executa uma tarefa específica. Após o término da mesma, o programa chama um segundo que, durante a abertura, fecha aquele que o chamou. Apenas um programa fica aberto.

O conjunto de todos os programas propicia ao usuário ligar e desligar o circuito de condicionamento de sinais, checar se todos cabos que ligam o circuito à placa de aquisição estão conectados, checar se todos os transdutores estão conectados ao circuito, a tensão de alimentação do circuito, cadastrar pacientes em um banco de dados, verificar e gravar os resultados de uma aquisição feita durante a marcha com muletas e visualizar dados já armazenados, em forma de gráficos.

Fica muito simples acompanhar a evolução das condições físicas de um paciente que está sendo submetido a um determinado tratamento ou mesmo comparar os resultados de diferentes pacientes.

Algumas telas do programa, como a apresentada na Figura 1, dão opções para o usuário escolher qual tarefa será executada. Outras não apresentam esta particularidade, sendo programadas para executar as tarefas automaticamente.

Há um menu de ajuda para facilitar o trabalho do usuário na eventualidade do surgimento de dúvida na execução do programa. O banco de dados implementado totalmente em LabVIEW, permite armazenar várias informações sobre o paciente e também de alterar qualquer dados sobre o mesmo. A Figura 2 mostra a tela onde é feito o cadastro do paciente.

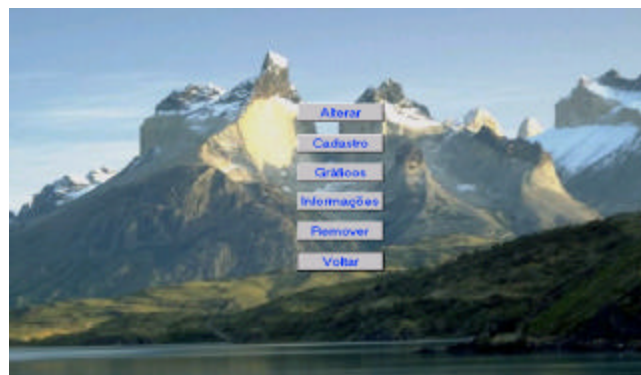


Fig. 1. Tela do programa que permite o escolher a próxima tarefa a ser executada.

Fig. 2. Local onde é feito o cadastro do paciente no banco de dados.

O programa permite ao usuário visualizar as forças durante e após a aquisição. Na Figura 3 está apresentada uma tela que mostra os esforços durante uma marcha.

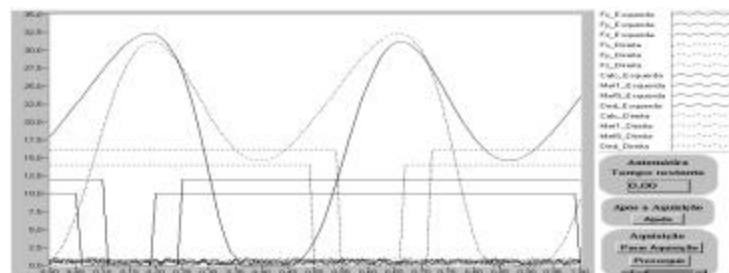


Fig. 3. Tela do programa que mostra os esforços durante uma marcha.

Após feita a aquisição podem ser calculados as forças máximas e os momentos máximos exercidas no antebraço

O circuito de condicionamento desenvolvido é compacto e de fácil implementação. A Figura 4 apresenta o circuito para um dos transdutores. Foi implementado com um amplificador de instrumentação INA 129 (Burr-Brown) de baixa potência e de excelente precisão. Na saída do amplificador conecta-se um filtro Butterworth, de quarta ordem, com capacitor chaveado (MF4-National Semiconductor) e frequência de corte de 25 Hz. O filtro necessita de um clock e é através deste que se determina a frequência de corte do filtro.

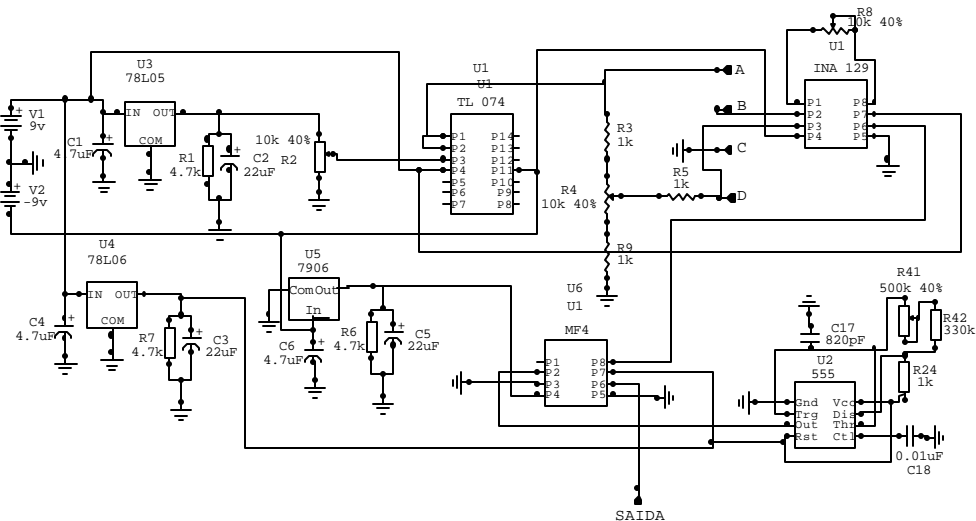


Fig. 4. Diagrama de um bloco do circuito de condicionamento.

O circuito completo é constituído por 14 blocos idênticos ao ilustrado na Figura 4. Para cada 7 blocos há um gerador de clock. O circuito de alimentação é único para todos os blocos. No circuito foram inseridos dois multiplexadores (4051- Philips) para que fosse possível checar as conexões dos cabos, a tensão da bateria e a conexão dos transdutores. A Figura 5 mostra uma foto de 7 blocos do circuito.

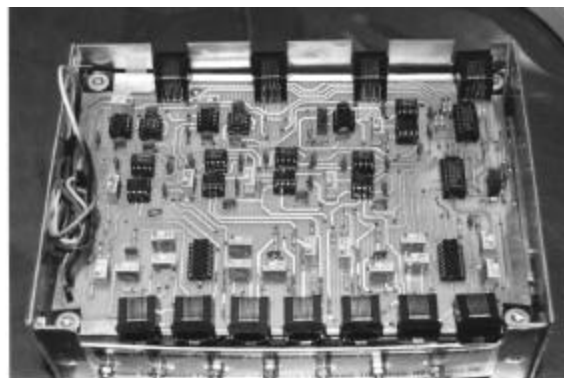


Fig. 5. Foto de 7 blocos do circuito de condicionamento.

O circuito monitora esforços em 14 pontos distintos sendo que em cada ponto há um transdutor. Por isso os blocos possuem ganhos diferentes. A localização dos transdutores que monitoram os esforços dos membros inferiores foram apresentados por Faria e Carvalho [12]. Para monitorar os esforços dos membros superiores foi implementado um transdutor, que mede forças em 3 direções distintas. O

transdutor é constituído por 3 elementos, cada um deles sensível a uma direção de força [13]. A tabela I mostra os ganhos de cada bloco e qual força este bloco monitora.

Tabela I
Representação dos ganho de cada bloco e as respectivas forças que cada um monitora

Blocos	Ganho	Força
Bloco 01	9321	Fx esquerda
Bloco 02	20584	Fy esquerda
Bloco 03	1746	Fz esquerda
Bloco 04	7160	Fx direita
Bloco 05	49401	Fy direita
Bloco 06	2246	Fz direita
Bloco 07	1052	Calcanhar esquerdo
Bloco 08	1063	Metatarso1 esquerdo
Bloco 09	1089	Metatarso5 esquerdo
Bloco 10	1065	Dedão esquerdo
Bloco 11	1065	Calcanhar direito
Bloco 12	1063	Metatarso1 direito
Bloco 13	1103	Metatarso5 direito
Bloco 14	1277	Dedão direito

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 mostra uma foto do sistema completo desenvolvido para monitorar os esforços dos membro superiores e inferiores de pacientes paraplégicos.



Fig. 6. Sistema que monitora os esforços dos membros superiores e inferiores de pacientes.

O sistema implementado apresenta uma interface amigável para o usuário. O circuito de condicionamento e o programa de aquisição funcionaram de forma plenamente satisfatória.

A Figura 7 ilustra o resultado de uma aquisição feita durante a marcha de um paciente. São apresentadas, na tela do computador, os seis sinais correspondentes aos esforços exercidos pelos membros superiores e os oito sinais correspondentes à distribuição de forças nos pés.

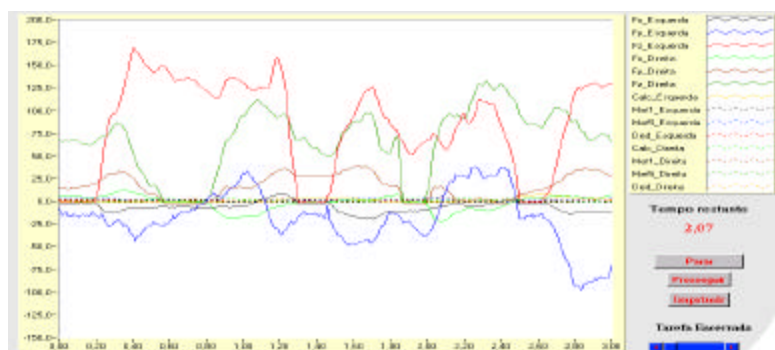


Fig. 7. Resultado de uma aquisição feita durante uma marcha. Nos testes efetuados o circuito apresentou uma autonomia de 3 h.

4. CONCLUSÕES

Um programa e um circuito de condicionamento para extensômetros metálicos foram implementados. O circuito é compacto, de fácil montagem e, acoplado aos sensores possibilita medir forças em 14 pontos distintos. O programa, desenvolvido em LabView, é relativamente complexo para ser realizado mas é de fácil utilização pelo usuário do sistema. Ele gerencia todo o equipamento, possibilitando o monitoramento automatizado de forças exercidas pelos membros superiores e inferiores de pacientes.

A próxima etapa do trabalho consistirá na substituição dos cabos de conexão, entre o microcomputador e o circuito, por um sistema telemétrico.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem à FAPESP e à CAPES pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- [01] W. J. Crosbie and A. C. Nicol, "Reciprocal aided gait in paraplegia", *Paraplegia*, 28:6, p. 353-363, 1990.
- [02] K. A. Opila, A. C. Nicol, J. P. Paul, "Upper limb loadings of gait with crutches", *Journal of Biomechanical Engineering*, 109, p. 285-290, 1987.
- [03] M. Reisman, R. G. Burdet, C. Norkin, "Elbow moment and forces at the hands during swing-through axillary crutch gait", *Phys.*, 65:5, p. 601-605, 1985.
- [04] Nabil Maalej, John G. Webster, "A Miniature Electrooptical Force Transducer" *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 35:02, p. 93-98, 1988.
- [05] Zhu Hs, Wertsch JJ, Harris GF, Loftsgaarden JD e Price Mb, "Foot Pressure Distribution During Walking and Shuffling", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72:06, p. 390-397, 1991.
- [06] Hogsheng Zhu, Gerard F. Harris, Jaqueline J. Wertsch, Willis J. Tompkins e John G. Webster "A Microprocessor-Based Data-Acquisition System for Measuring Plantar Pressures From Ambulatory Subjects" *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 38:07, p. 710-714, 1991.
- [07] Veves A, Vanross ERE e Boulton AJM, "Foot Pressure Measurements in Diabetic and Nondiabetic Amputees", *Diabetes Care*, 15:07, p. 905-907, 1992.
- [08] Campbell LV, Graham AR, Kidd RM, Molloy HF, O'Rourke SR, Colagiuri S, "The Lower Limb in People with Diabetes – Position Statement of the Australian Diabetes Society" *Medical Journal of Australia*, 173:07, 369-372, 2000.
- [09] Wertsch JJ, Webster JG, Tompkins WJ, "A Portable Insole Plantar Pressure Measurement System", *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 29:01, 13-18, 1992.
- [10] G. F. Harris, S. A. Riedel, R. C. Weber e L. Kazarian, "Validation Evaluation, and Preliminary Study of the AAMRL/BBD Portable Force Dosimeter", *ISA*, p. 391-396, 1988.
- [11] H. S. Ranu, "Miniature Load Cells for the Measurement of Foot-Ground Reaction Forces and Centre of Foot Pressure During Gait", *J. Biomed. Eng.*, vol. 8, p. 175-177, 1986
- [12] Faria, Uender C., Carvalho, A. A., "Monitoramento Automatizado dos Esforços Exercidas pelos Membros Superiores de Pacientes Paraplégicos", *IBERDISCAP*, pp. 253-258, Madrid- ES, Out. 2000.
- [13] Faria, Uender C., Carvalho, A. A., "Implementação de um Transdutor com Extensômetros Metálicos para Monitorar Forças Exercidas pelos Membros Superiores de Pacientes ", *CBEB em CD-ROM*, Florianópolis – SC, Set. 2000.