

GRAVADOR DIGITAL DE INSTRUMENTAÇÃO PARA SINAIS BIOLÓGICOS

por

C.Almeida Rodrigues¹; C.Inácio Zanchin²; W.Celso Lima²

RESUMO -- O VCR (gravador de fitas de vídeo) é um equipamento que oferece grande capacidade de armazenamento de informação (até 8 horas de registro contínuo). Projetou-se um sistema de armazenamento digital de sinais biológicos de 4 canais, provenientes de instrumentação de medida de precisão, gravados sob a forma de sinal de luminância, em um vídeo-cassete padrão VHS ("video home system"). O sistema é apto a atingir os objetivos acima, sem que haja necessidade de modificações internas no VCR, o que o torna bastante versátil quando do interfaceamento com outras unidades de VCR. O GPEB usa este instrumento para gravar digitalmente sinais provenientes de instrumentação biomédica.

INTRODUÇÃO

O VCR é intrinsecamente um sistema de armazenamento de sinais analógicos (vídeo composto), os quais estão regulamentados por normas estabelecidas pelo CCIR ("Comitê Consultivo Internacional de Radio"). O sistema desenvolvido é apto a gravar/reproduzir sinais de TV do sistema PAL-M, utilizado no Brasil, caracterizados pela forma entrelaçada de exploração 2:1, com um total de 525 linhas de exploração por quadro, à uma frequência de campo de 60Hz.

Um sinal de TV (luminância em preto e branco) em forma de barras, para um campo típico do sistema PAL-M, com polaridade de sincronismo negativa, é mostrado na figura 1. Pode-se observar três níveis distintos de amplitude. O nível inferior(0%) corresponde ao nível de pulsos de sincronismo (fim de linha e fim de campo) necessários ao correto posicionamento do sinal de imagem recebido. O nível imediatamente superior (25%) corresponde aos pulsos de apagamento, em nível de preto, cuja finalidade é tornar invisível o retraço do feixe eletrônico de exploração no receptor de TV. Durante a presença destes pulsos, nenhuma informação de imagem está presente. O limite superior (100%) na forma de onda mostrada, corresponde ao nível de branco de informação de imagem.

¹-Engenheiro Eletricista, mestrando em Eng. Elétrica da UFSC

²-Prof Titular, Grupo de Pesquisa em Enga Biomédica da UFSC

nível de branco de informação de imagem.

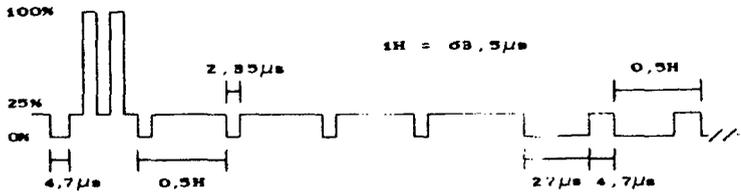


Figura 1. Sinal de luminância.

Os pulsos de sincronismo de fim de linha (horizontal), ocorrem a uma taxa de 15750Hz com uma duração de $4,7\mu s$. Os pulsos de sincronismo de fim de campo, ocorrem a uma taxa de 60Hz, e são caracterizados por dois tipos distintos: 6 pulsos de equalização, espaçados a intervalos de meia linha, com uma duração de $2,35\mu s$. Seis pulsos de sincronismo vertical, também espaçados a meia linha, com duração maior e interrompidos por curtas denteações, cada uma com duração de $4,7\mu s$. Posteriormente a estes, existem outros seis pulsos de equalização com as mesmas características dos anteriores.

O espectro do sinal de luminância, para o sistema PAL-M, está limitado à faixa de 0 até aproximadamente 4,2MHz para a radiodifusão comercial. Entretanto, nos VCR's comerciais, tal faixa é reduzida de modo a permitir a reprodução, e ao mesmo tempo evitar interferências entre os sinais de TV monocromático e a cores. Com isso, sacrifica-se as altas frequências da faixa e ao mesmo tempo diminui-se a resolução da imagem exibida.

Testes experimentais realizados em laboratório, atestaram uma faixa disponível para o sinal de luminância, na prática em torno de 2MHz. O procedimento adotado foi o seguinte: gerou-se um sinal de vídeo composto (luminância + apagamento + sincronismo) padrão ao VCR (1Vp-p), com polaridade de sincronismo negativo. Simulou-se o sinal de luminância com um gerador de funções HP3310A de forma a se ter variações lentas entre os níveis de branco e preto. Mediu-se o tempo de subida t_s (entre os pontos de 10 a 90%) dos pulsos gravados, e então calculou-se a faixa disponível pela relação $f=0,35/t_s$.

A máxima taxa de informação aceitável pelo VCR para um sinal de TV transmitido na forma padrão, isto é, ausência de imagem durante os pulsos de apagamento horizontal e vertical, é função básica da faixa disponível ao sinal de vídeo (luminância) e da porcentagem de utilização das linhas de um campo. Isto pode ser calculado aproximadamente a partir dos dados anteriormente expostos, como segue:

- número de linhas/quadro : 525
- número de linhas/campo : 262,5
- número de linhas desperdiçadas durante o apagamento vertical : 21
- número de linhas úteis/campo : $262,5-21 = 241,5$

- faixa disponível : 2MHz
- tempo mínimo de duração no nível de branco ou preto: $1/(2 \times 2E6) = 250ns$
- tempo útil de uma linha horizontal : $63,5 \mu s - 10 \mu s$ (apagamento horizontal) = $53,5 \mu s$
- número máximo de bits/linha útil: $53,5 \mu s / 250ns = 214$ bits
- taxa máxima de transferência de informação: $214(\text{bits/linha}) \times 15750(\text{linhas/seg}) \times (241,5 / 262,5) = 3,1\text{Mbits/seg.}$

ESQUEMA DE GRAVAÇÃO DIGITAL

A figura 2. mostra o método utilizado de gravação digital nos diagramas em blocos. Pode-se observar pela figura que o sistema está capacitado a digitalizar e gravar no VCR até 4 canais analógicos, simultâneos, sem condicionamento. O número desejado de canais para operação pode ser escolhido por programação apropriada da unidade de controle. Os sinais analógicos relativos aos 4 canais passam por um multiplex analógico, cuja saída encontra-se ligada a um amplificador "sample-hold" (amostrador-retentor). O sinal amostrado é então convertido na forma digital através de um conversor analógico-digital. Portanto, a saída deste contém a informação paralela do processo de amostragem. Os bits de inicialização, endereço de canal e parada são inseridos pela unidade de controle para formação do carácter a ser transmitido. O carácter é transmitido serialmente a cada transição do sinal de relógio. O circuito de temporização consiste de um relógio mestre e uma cadeia de divisores de frequência, que fornece os sinais necessários a operação síncrona dos diversos módulos do sistema, desde o processo de aquisição de dados até a gravação no VCR.

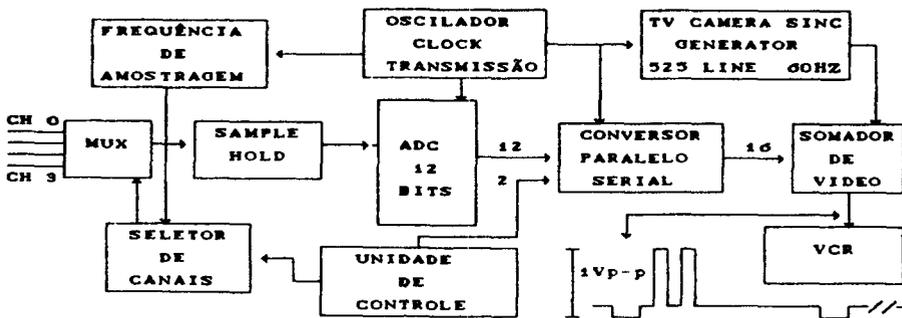


Figura 2. Diagrama em Blocos (gravação)

O carácter é transmitido segundo protocolo de comunicações seriais assíncrono, com bits de inicialização e parada, segundo o modelo abaixo :

Bit 0 : bit de "inicialização", indicativo do começo de um caractere, e sempre com nível lógico alto (1).

Bit1-Bit2 : bits de endereçamento de canal(4 canais).

Bit3-Bit14 : bits de informação relativos a amostragem do sinal analógico oriunda do ADC(12 bits).

Bit 15: bit de "parada" indicativo de fim de caractere, e sempre com nível lógico baixo (0).

O gerador de sincronismo de TV fornece os sinais de sincronismo e apagamento composto, os quais associados aos bits do caractere, permite ao somador de vídeo adequar os níveis relativos de amplitude no sinal de vídeo composto (luminância em preto e branco). Este , com padrão de transmissão negativa, é compatível com as especificações de entrada de vídeo em banda básica do VCR, isto é : 1Vp-p em uma carga de 75 Ohms.

O sistema utiliza uma frequência de amostragem igual a frequência de exploração horizontal de 15750Hz. Isto permite uma largura de faixa máxima de 7875Hz para um canal em operação. No caso de amostragem sequencial dos 4 canais, esta faixa fica limitada a aproximadamente 2kHz por canal. O aproveitamento do campo é de 100%, uma vez que caracteres também são transmitidos durante o intervalo de apagamento vertical. Neste sistema, os pulsos de sincronismo vertical são modificados, de forma a permitir a alocação dos caracteres durante o intervalo das denteações. A fig 3. mostra a parte final de um campo do sinal de luminância, disponível na saída do sistema, pronto para ser gravado no VCR.

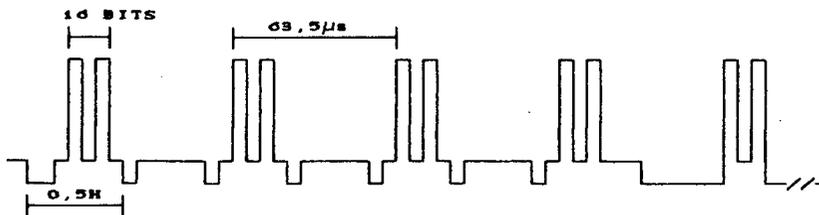


Figura 3. Campo par

ESQUEMA DA REPRODUÇÃO

A figura 4. mostra o diagrama em blocos relativo à parte da reprodução. O sinal de vídeo, proveniente do VCR, é amplificado para permitir a separação dos sinais de sincronismo composto e caractere do sinal de vídeo, presentes nas saídas do separador de sinc e dados, respectivamente.

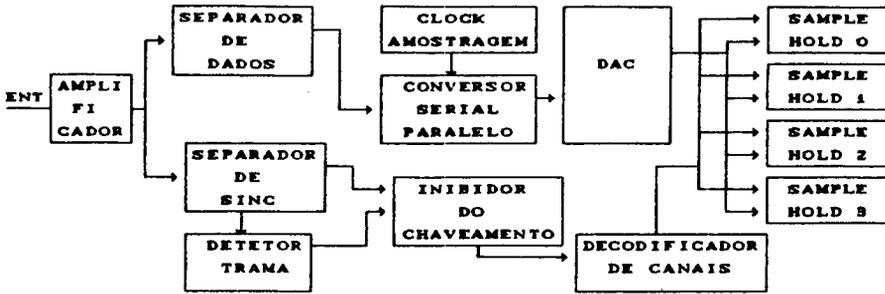


Figura 4. Diagrama em Blocos (REPRODUÇÃO)

O detector de início de trama recupera o sinal de acionamento vertical, o qual indica o início de um campo. O conversor paralelo-seria recebe em sua entrada os bits relativos ao caractere. A transformação dos mesmos no formato paralelo e realizada a toda transição do sinal de relógio de amostragem, presente em sua entrada de relógio, depois que um bit de inicialização é detectado.

Os 12 bits relativos a informação estão presentes nas entradas digitais do conversor digital-analógico. A saída deste contém, portanto, as saídas analógicas correspondentes aos canais gravados. Os bits de endereçamento atuam em um decodificador, o qual seleciona a etapa de saída que deve receber a amostra analógica de saída do conversor.

O sistema incorpora também um circuito detector do chaveamento das cabeças do VCR, o qual provoca um transitório no sinal de vídeo reproduzido. Este fenômeno pode acarretar a presença de amostras analógicas erradas na saída, quando ocorrer durante o tempo de existência do caractere. Este chaveamento acontece no final de cada campo, a aproximadamente 4 a 8 linhas antes dos pulsos de sincronismo vertical, dependendo do VCR utilizado. Portanto, este circuito inibe o decodificador de canais, o qual desabilita as etapas de saída durante a presença destes chaveamentos.

As saídas de cada canal são obtidas a partir de circuitos "Sample-Hold", os quais capturam as amostras analógicas de saída do conversor de acordo com o canal selecionado. Durante a comutação das cabeças, estes mantém a amostra anterior, os quais levam a um negligenciável erro em relação ao sinal analógico original (sinais biológicos), cujo espectro de frequências é muito baixo.

O sistema aqui descrito oferece a oportunidade de se dispor de um gravador-reprodutor multicanal, o qual interconectado a um vídeo-cassete comercial, sem qualquer modificação interna, permite a gravação digital contínua de sinais analógicos, como auxílio a futuras análises e/ou processamento dos mesmos em laboratórios de pesquisa. A escolha do VCR como sistema de armazenamento deve-se entre outros à sua elevada capacidade de registro, aproximadamente da ordem de Gbytes no modo de operação SP("standard play"); tempo de gravação contínua de até 8 horas; gravação digital preferivelmente aos gravadores analógicos do tipo FM existentes; custo total do sistema; manutenção facilmente disponível; permite a multiplexagem de vários canais com largura de faixa razoável. Além disso, o suporte físico do registro, as fitas de vídeo, são bastante baratas e estão mais protegidas contra agentes externos. Pela extrema facilidade de operação e interfaceamento com o VCR, o sistema pode ser direcionado ao setor produtivo industrial, com a finalidade de torná-lo de uso comercial. A dependência única e exclusiva do número de fitas de vídeo em disponibilidade, torna-o versátil a trabalhar com qualquer quantidade desejada de informação, prolongando a vida útil do mesmo. Particularmente, este gravador está sendo utilizado em laboratório como gravador de instrumentação de sinais biológicos pelo Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o auxílio recebido do PADCT-SINST para este trabalho – proc. no 701.030/89.5.

REFERÊNCIAS

- BERNSTEIN A.(1980) Analog Storage of M-Mode Echocardiograph Signals Using Video Tape, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol BME-27, No. 8, pp. 448-451.
- SMITH D.,PROPST R.(1979) Analog Recording With a Video Cassete Recorder, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol BME-26, No. 3, pp 166-168.
- C.A.RODRIGUES, C.I.ZANCHIN, e W.CELSO DE LIMA (1989) Gravação Digital de Sinais Analógicos utilizando VCR, 1o Encontro Regional de Automação e Instrumentação, SBA, Vitória, ES, 9-12 agosto de 1989, anais vol. 2, trab. CIB-10.
- BERNARD GROB (1980) Television Basic Aplication and Servicing, McGrawHill.

INSTRUMENTATION DIGITAL TAPE RECORD FOR BIOLOGICAL SIGNALS

ABSTRACT – The VCR is an equipment that offers a large capacity of information storage (up to 8 hours of continuous recording). A digital 4 channel recording system is presented for biological signals provided by precision instruments and recorded as luminance signals on standard VHS video cassette. The system is capable of achieving the above objective without any need of internal modifications on the VCR, wich makes it very versatile when interfacing with other VCR units. The GPEB uses this equipment to digitally record signals from biomedical instrumentation.