

# Processamento Digital de Sinais e Entretenimento Eletrônico

Robson dos S. França<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do ABC (UFABC)  
Rua Santa Adélia, 166 - Bangu 09.210-170 – Santo André – SP – Brazil

robson.franca@ufabc.edu.br

**Abstract.** *This article deals with digital signal processing at electronic entertainment, like in the videogames. Among other things, it express the electronic devices restrictions which take to restrictions in computations; the counter-measures implied and the application of these measures in different fields.*

**Resumo.** *Este artigo fala sobre as aplicações de processamento de sinais digitais no Entretenimento eletrônico, como nos videogames. Entre outras coisas, fala das limitações dos dispositivos eletrônicos que levam à limitações nos cálculos realizados; nas contra-medidas empregadas e na utilização dessas medidas em outras áreas.*

## 1. Introdução

A evolução do Entretenimento eletrônico - que engloba jogos, aplicações multimídia, entre outros - acompanhou a evolução do poder de processamento dos microcomputadores domésticos e dos dispositivos dedicados ao Entretenimento, chamados de consoles. Por outro lado, os jogos e demais aplicativos foram projetados levando-se em consideração todas as limitações do dispositivo-alvo.

Uma aplicação multimídia lida com várias mídias, como o nome indica. No caso do Entretenimento eletrônico, isso significa a utilização de imagens e sons, que são modificados de acordo com ações realizadas pelo usuário. A manipulação dessas imagens e sons é feita digitalmente, utilizando exatamente as mesmas técnicas disponíveis em processamento digital de sinais.

Tais manipulações, contudo, devem ocorrer em um tempo reduzido, restrito ao tempo de ciclo de jogo, que costuma ser de 15 a 60 milisegundos, dependendo do tipo do jogo e da sua complexidade. Devido a isso, muitas vezes faz-se necessária a utilização de componentes dedicados para auxiliar o processamento total da aplicação.

## 2. Arquitetura Básica dos Consoles de Jogos Eletrônicos

## 3. Processamento de Sinais Digitais no Entretenimento Eletrônico

O uso de cálculos e operações lineares é bastante comum em jogos eletrônicos, como pode ser observado em [LaMothe 2003] e [Savchenko 2000]. Em outras aplicações, o uso de técnicas de compressão e de filtragem dos dados também é presente, como nos programas que lidam com som. Alguns exemplos dessas técnicas estão em [Kientzle 1998].

Basicamente, as operações mencionadas previamente têm as seguintes características:

- utilizam operações simples, como adições e multiplicações;
- normalmente afetam todos os sinais da mídia, como os pixels ou as amostras de som;
- além disso, as operações ocorrem tanto entre sinais dentro da mesma mídia e entre mídias, como quadros de animação, por exemplo.

Alguns exemplos dessas operações seguem abaixo:

### 3.1. Mesclagem de duas imagens bidimensionais (*Alpha Blending*)

Considere duas imagens,  $I_1$  e  $I_2$ . Parte-se do pressuposto que ambas as imagens possuem o mesmo tamanho. Essas imagens são mescladas utilizando um fator  $\alpha$  que varia de 0 (somente a imagem  $I_1$  aparece totalmente) a 1 (somente a imagem  $I_2$  aparece totalmente).

Para determinar a cor do pixel de saída  $O$ , com seus componentes  $O_r$ ,  $O_g$  e  $O_b$ , as seguintes fórmulas podem ser aplicadas:

$$O_r = I_{1r} \times \alpha + (1 - \alpha) \times I_{2r} \quad (1)$$

$$O_g = I_{1g} \times \alpha + (1 - \alpha) \times I_{2g} \quad (2)$$

$$O_b = I_{1b} \times \alpha + (1 - \alpha) \times I_{2b} \quad (3)$$

Esta operação deve ser aplicada em todos os pixels da imagem. É possível notar a presença de uma operação de adição e duas multiplicações. Considerando uma imagem de 256 por 192 pixels, isso significa 49152 adições e 98304 multiplicações para cada quadro de animação, que costuma ocorrer a cada 33 milissegundos.

### 3.2. Algoritmo de compressão $\mu$ -Law

O algoritmo de compressão  $\mu$ -Law foi criado para facilitar a transferência e o armazenamento de som. É um algoritmo de compressão logarítmico. Considere que as amostras ( $s$ ) estão no intervalo  $[-1, 1]$  e as amostras podem assumir qualquer valor real dentro desse intervalo. Para obter o valor de amostra correspondente dentro da compressão  $\mu$ -Law aplica-se a fórmula:

$$s_\mu = \text{sign}(s) \frac{\log(1 + 255|s|)}{\log(1 + 255)} \quad (4)$$

Justamente devido a complexidade da fórmula, normalmente esta não é aplicada diretamente. Em vez disso é utilizada uma tabela de consulta (ou *Lookup Table*), relacionando cada valor provável de amostra ao seu código de compressão correspondente. Porém, o algoritmo  $\mu$ -Law foi projetado tendo em mente as implementações por hardware, que não utilizam tabelas de consulta. Para este caso, é utilizada uma variação do cálculo que consegue se aproximar do valor real com grande precisão [Kientzle 1998].

#### 4. Dispositivos Dedicados

Em princípio, o processamento dos sinais digitais dentro de uma aplicação de Entretenimento eletrônico era realizado pela própria unidade central de processamento (CPU). Devido a isso, havia duas possibilidades: ou o jogo era complexo no seu processamento central, mas limitado quanto aos recursos de multimídia, ou o inverso. De modo a minimizar esses problemas, foram utilizados co-processadores, que ficavam responsáveis por certos processamentos.

Para reduzir os custos de produção e facilitar o desenvolvimento, normalmente era utilizado um processador com arquitetura idêntica ao processador principal, ou as funções de processamento de sinais eram implantadas no próprio processador, como pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1. Consoles e Microcomputadores e seus Co-Processadores (fonte: Wikipédia em inglês )**

Equipamento	CPU	Chip Gráfico	Chip de Som
Atari 2600	MOS 6507	TIA <sup>1</sup>	TIA
Nintendo Famicom	Ricoh 2A03	PPU	Ricoh 2A03 <sup>2</sup>
Sega Mega Drive	MC68000	VDP TMS9918	YM2612, SN76489 <sup>3</sup>
Nintendo Super NES	Ricoh 5A22	PPU	SPC700
Atari 800	MOS 6502	ANTIC + GTIA	POKEY
Commodore Amiga	MC68000	AGA	PAULA
MSX	Z80 ou R800 (Turbo R)	TMS9918 à TMS9958	AY-3-8910, YM2413, ...

1. Apenas gerava os sinais analógicos, todo o processamento é realizado pelo 6507
2. É o mesmo chip da CPU, as funções estão integradas nele
3. Ambos controlados por um Zilog Z80

Uma alternativa no processamento foi a utilização de tipos numéricos de ponto fixo. Em [Savchenko 2000], o autor coloca que o console Sony Playstation possui um processador para cálculos matriciais chamado GTE (*Geometry Transformation Engine*), que trabalha com números em ponto fixo, ao invés de números em ponto flutuante. Embora haja uma perda na precisão, ela é compensada na velocidade de processamento, pois os números em ponto fixo podem ser calculados como se fossem números inteiros.

O próximo passo na otimização desse processamento surgiu com a criação de chips dedicados ao processamento gráfico, capazes de realizar várias operações em paralelo. Inicialmente, as CPU's foram equipadas com instruções e modos de processamento capazes de executar, em poucos ciclos de máquina, várias operações de adição e multiplicação.

Com o passar do tempo e com a especialização das empresas de projeto e construção de microchips, surgiu a necessidade de criar uma unidade de processamento dedicada ao processamento gráfico, o que resultou nas GPU's (ou *Graphical Processing Unit*). Elas possuem uma estrutura muito semelhante a de uma CPU convencional. No entanto, são direcionadas para o processamento de imagens, principalmente dos cálculos envolvidos em imagens tridimensionais, como rotações em um eixo, translações, projeções, etc. Todas essas operações são realizadas de forma rápida, paralela e independente da CPU.

Por exemplo, as operações indicadas em 3.1 podem ser realizadas simultaneamente, em uma quantidade mínima de ciclos de clock por uma GPU, pois ela consegue trabalhar com vários pixels ou vértices ao mesmo tempo, realizando a mesma operação em todos eles.

Pode-se notar uma grande influência da plataforma RISC no projeto desses componentes. E, conforme coloca claramente em [Hays 2004], isto é uma tendência para o futuro.

## 5. Conclusões

Atualmente, os diversos equipamentos multimídia contam com uma arquitetura similar às dos microcomputadores pessoais PC que, por sua vez, possuem vários co-processadores, desde os processadores gráficos até mesmo processadores para cálculos físicos, para simular fluidos, movimento de objetos, etc.

O aumento do poder de processamento dos diversos dispositivos eletrônicos pessoais foi estimulado, em sua grande parte, pelo Entretenimento eletrônico. Pode-se contar, atualmente, com equipamentos multiprocessados, com chips dedicados às diversas operações críticas do processamento multimídia. E já existem projetos de utilização desses chips dedicados (principalmente a GPU) para um processamento genérico, como se fosse realmente uma outra CPU. Isto pode ser observado em [Luebke et al. 2004].

## Referências

- Hays, W. P. (2004). Dsps: Back to the future. *ACM Queue*.
- Kientzle, T. (1998). *A Programmer's Guide to Sound*. Addison Wesley Developers Press.
- LaMothe, A. (2003). *Tricks of the 3D Game Programming Gurus*. SAMS.
- Luebke, D., Harris, M., Krüger, J., Purcell, T., Govindaraju, N., Buck, I., Woolley, C., and Lefohn, A. (2004). Gpgpu: general purpose computation on graphics hardware. In *SIGGRAPH '04: ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes*, page 33, New York, NY, USA. ACM.
- Savchenko, S. (2000). *3D Graphics Programming: Games and Beyond*. SAMS.