

## UM PROCESSADOR PARALELO PARA TRATAMENTO DE IMAGENS

Alexandre Silva Carissimi, Philippe Navaux  
Pós-Graduação em Ciência da Computação  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Caixa Postal 1501 90.001 Porto Alegre RS

**SUMÁRIO:** A simulação e estudos de problemas físicos implicam muitas vezes em um tratamento matemático complexo, onde necessita-se de grandes capacidades de processamento. Arquitetura e algoritmos que exploram paralelismo na execução de operações são usadas para aumentar o desempenho de processamento. Nesta comunicação particulariza-se o estudo em desenvolvimento de uma aplicação: o cálculo de transformadas de Fourier.

### 1. INTRODUÇÃO

Em aplicações como por exemplo, sonares, radares, prospecção de petróleo e tratamento de imagens, uma série de variáveis analógicas descrevem o comportamento de um sistema. Tensões, intensidades luminosas, intensidades radioativas são amostradas sincronamente e quantizadas digitalmente por conversores analógicos/digital para serem armazenadas e processadas. O tipo de processamento a ser aplicado nestas informações depende muito da natureza do problema e do que se necessita obter, porém todos possuem um ponto em comum: o tratamento matemático. Este tratamento na maioria das situações implica em uma grande capacidade de computação que computadores de grande porte não atendem adequadamente /COH 81/. O uso de estruturas e conceitos do tipo pipeline e array processor, que exploram o paralelismo na execução de funções, e o uso de elementos de alta-performance dedicados surgem como solução para o problema de grandes necessidades de processamento.

A presente comunicação descreve o trabalho que está sendo desenvolvido no PGCC/UFRGS pelo grupo de Arquitetura de Computadores em relação a este assunto. Inicialmente far-se-á uma breve descrição do

caso em estudo, e após é apresentado uma sugestão de processador dedicado para avaliação de transformadas de Fourier.

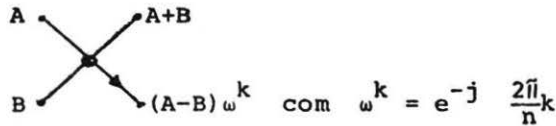
## II. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente observa-se uma introdução crescente de computadores na área médica. Máquinas de raio-x e de tomografia estão sendo cada vez mais utilizadas na diagnose, tratamento, pesquisa e prevenção de doenças. Por trás destas aplicações estão envolvidas uma série de problemas referentes ao processamento gráfico. O tratamento de imagens de forma computacional, na maioria das vezes, implica no cálculo de filtragens, correlação, convolução e análise de espectros utilizando transformadas de Fourier. Como na avaliação de transformadas de Fourier existem um grande número de operações a serem realizadas, a solução é definir um processador que as execute de forma paralela.

O bom desempenho na avaliação de uma função está relacionado com o algoritmo escolhido para sua computação. Quando implementa-se algoritmos por hardware deve-se buscar um algoritmo que expresse ou permita um certo grau de paralelismo na solução do problema: As formas mais comuns de explorar paralelismo através de hardware é a execução simultânea em tarefas cujas avaliações são independentes (não compartilham mesmas variáveis), e a duplicação de recursos que representam gargalos no sistema.

Os algoritmos FFT (Fast Fourier Transformer) exploram justamente a avaliação simultânea dos pontos da função que compõem a transformada que se deseja calcular. Estes pontos podem ser tomados "n" a "n", onde "n" representa a base do algoritmo. Os principais algoritmos FFT são: DIT (Decimation In Time), e DIF (Decimation In Frequency), também conhecidos como algoritmos Cooley-Tukey e Sande-Tukey, respectivamente.

Para a representação dos cálculos a serem efetuados com os pontos da função usa-se o que é denominado diagrama de fluxo /GOL 75/. A esquerda do diagrama estão os pontos a serem combinados, à direita as funções obtidas. O diagrama abaixo representa um algoritmo de base 2.



representação esquemática para algoritmo DIF

### III - ARQUITETURA PROPOSTA

A configuração do sistema como um todo é composta por um computador hospedeiro e um processador aritmético, baseado em um ou mais conjuntos de quatro multiplicadores e dois somadores, que atua como periférico. O hospedeiro é responsável pelo gerenciamento dos dados (imagens), pela organização das transferências de dados entre o hospedeiro e o processador, e pela programação de funções no processador. O processador recebe um conjunto de dados e uma palavra de controle do hospedeiro que indica a função a ser executada.

De uma maneira geral o funcionamento pode ser descrito como: o hospedeiro de posse do conjunto de dados a ser avaliado, informa ao processador o seu status, e transfere estes dados para uma memória local do processador. A seguir o hospedeiro coloca em um registrador de operações o código de função a ser executada, o processador então informa o hospedeiro, via registrador de status, que a transferência foi completa, isto permite sua liberação para execução de outras tarefas. O processador após completar o cálculo da função espera o hospedeiro recuperar o resultado lendo a sua memória local.

O processador para realizar suas funções precisa preencher requisitos como: rapidez de processamento aritmético complexo, ser facilmente programável, e permitir transferências de dados de forma bidirecional. As funções que o processador deve executar tem seu controle microprogramado, onde o código da função dado pelo registrador de operações é o endereço do início do microprograma que executa a função. Para efetuar as transferências há um canal entre a memória local do processador e o barramento principal do hospedeiro controlado por um buffer tri-state.

A rapidez no processamento aritmético é obtido através de

uma série de técnicas, como o emprego de um circuito multiplicador rápido (multiplicação ternária) /FLO 63/, a duplicação de recursos que representam gargalos (somadores, multiplicadores) e o uso de uma ROM como tabela trigonométrica evitando gastos de tempo na avaliação de senos e cossenos.

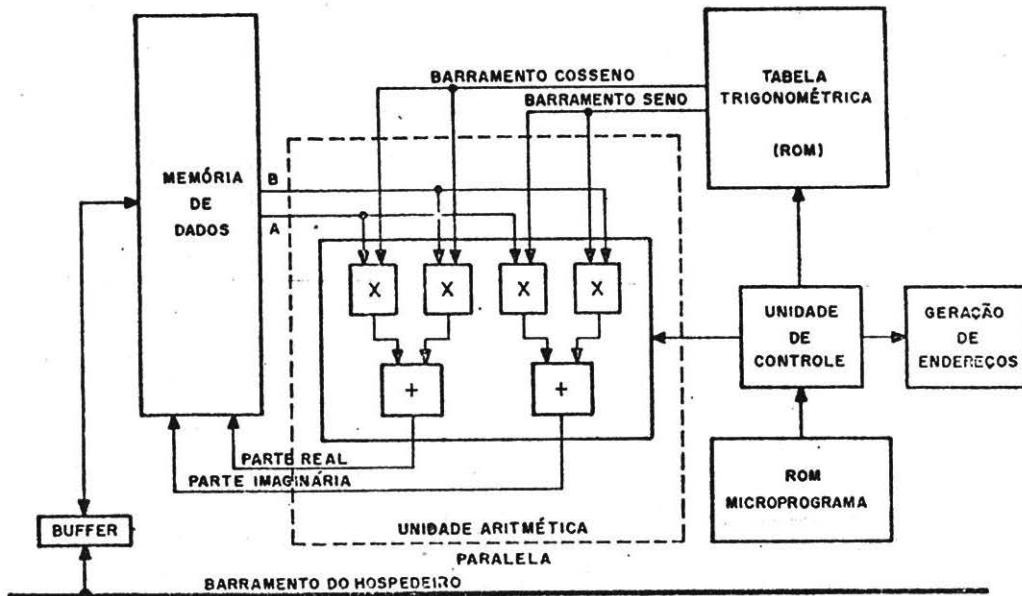


Figura I - Arquitetura Básica.

A unidade aritmética com o uso de 4 multiplicadores, e 2 somadores explora o paralelismo existente na aritmética complexa trazida na multiplicação simultânea dos pares que compõem as parcelas real e imaginária do resultado  $((A-B)\omega^K = A \cos \frac{2\pi}{n} K - jB \cos \frac{2\pi}{n} K + jB \sin \frac{2\pi}{n} K)$ . Operações com aritmética não-complexa pode ser obtida utilizando os valores do seno e do cosseno para um angulo igual a zero, que fornecem os valores constantes 0 e 1. A tabela trigonométrica é endereçada pelo fator  $\frac{2\pi}{n} K$ . A palavra selecionada na sua parte superior possui o valor do cosseno, e na parte infe-

rior o valor do seno para o ângulo  $\frac{2\pi}{n} K$ . O uso de barramentos divididos em parte real e imaginária permitem o fluxo de resultados complexos, com isto pode-se novamente obter para uma mesma palavra de memória um resultado complexo (parte superior, parte real; e na parte inferior a parte imaginária).

#### IV. CONCLUSÃO

Acima verificou-se que com a utilização de um processador dedicado explorando o uso de paralelismo, quer seja a nível de algoritmo, ou de execução de tarefas, pode-se aumentar bastante o performance na avaliação de funções do tipo transformadas de Fourier.

Resta ainda pensar em melhorias como: Deve-se ou não usar uma ou mais unidades aritméticas do tipo mostrado na fig. 1?. Os dados da(s) unidade(s) aritmética(s) podem ou não ser fornecidos de forma pipeline? Certamente as respostas a estas perguntas são obtidas em função do desempenho desejado.

#### V. REFERÊNCIAS:

- /COH 81/ COHEN, Dan e KARPLUS W.J, "Architectural and software issues in the design and applications of peripheral array processors", Computer, Vol 14, nº 9, setembro 81, pg 11-17.
- /FLO 63/ FLORES, Ivan "Ternary Multiplication", In: "The logic of computer arithmetic", PRENTICE HALL inc, 1963. pg-164.
- /GOL 75/ GOLD Bernard, RABINER Lawrence, "Special purpose hardware for the FFT", In: "Theory and application of digital signal processing" PRACTICE HALL inc, 1975, pg-573.

VI. BIBLIOGRAFIAS

- /BRI 74/ BRIGHAM, E. O "The fast fourier transform" PRENTICE HALL  
in, 1974
- /GOL 75/ GOLD Bernard, RABINER Lawrence, "Theory and application  
of digital signal processing" PRENTICE HALL inc, 1975.
- /NUS 81/ NUSSBAUMER, H.J, "Fast Fourier transform and convolution  
algorithms", SPRINGER-VERLAG BERLIM HEIDELBERG, 1981.
- /SAL 77/ SALAZAR, Andres C. "Digital signal computers & Processors"  
IEEE PRESS, NY, 1977.
- /RAB 78/ RABINER, Lawrence R., RADER Charlis M. "Digital signal  
processing" IEEE PRESS, NY, 1972.