

## PN25 - UM PROCESSADOR DE ALTO DESEMPENHO PARA MICROCOMPUTADOR DO TIPO PC E SUA APLICAÇÃO EM PROCESSAMENTO DE IMAGENS

José Claudio Mura  
Sueli Pissarra Castellari

Instituto de Pesquisas Espaciais  
Ministério da Ciência e Tecnologia  
Caixa Postal 515 - 12201 - São José dos Campos SP Brasil

### RESUMO

Este trabalho apresenta um processador numérico de alto desempenho, do tipo placa aceleradora, para microcomputador padrão IBM-PC, denominado PN25, baseado no Processador Digital de Sinais DSP TMS320C25. São descritos também alguns tipos de algoritmos na área de processamento de imagens, bem como o ensaio desses algoritmos no Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM-150), desenvolvido no INPE, utilizando o processador PN25 acoplado a este.

### ABSTRACT

This work describes the numerical processor PN25, for IBM-PC microcomputer compatible, based on DSP TMS320C25. The work also presents some kind of image processing algorithms, and the processing times for these algorithms, using the PN25.

### 1 - INTRODUÇÃO

Em algumas áreas tais como: processamento de sinais, processamento de imagens, computação gráfica; a velocidade de processamento é essencial devido ao volume de dados envolvidos e a repetitividade com que os algoritmos são executados.

A motivação para o desenvolvimento do PN25 foi a necessidade de aumentar o poder de cálculo do SITIM-150 (Sistema de Tratamento de Imagens desenvolvido no Departamento de Processamento de Imagens do INPE e comercializado pela ENGESPAÇO). O SITIM-150 é composto de um microcomputador do tipo IBM-PC compatível e de uma unidade de visualização (UVI), que utiliza 4 planos de imagem de 1024 x 1024 pixels com uma janela de vídeo de 512 x 472 pixels.

Nesse sistema todo processamento era feito anteriormente pelo micro. Após a conexão do PN25 no microcomputador, os cálculos intensivos dos algoritmos ficaram a cargo do processador, enquanto que o micro ficou liberado para efetuar a transferência de dados (E/S) da UVI para o PN25 e vice-versa. Dessa maneira o micro e o PN25 trabalham em paralelo, aumentando bastante o desempenho do sistema.

No final do trabalho são apresentadas algumas medidas de desempenho do sistema, com e sem o processador acoplado.

## 2 - O PROCESSADOR PN25

O processador PN25 confeccionado em placa padrão de microcomputador do tipo IBM-PC é constituído de uma memória de programa de 128 Kbytes, de uma memória de dados de 128 Kbytes, de registradores de controle, de uma unidade de endereçamento, multiplexador e formatador de dados, e de uma unidade de processamento, como mostra a figura 2.1.

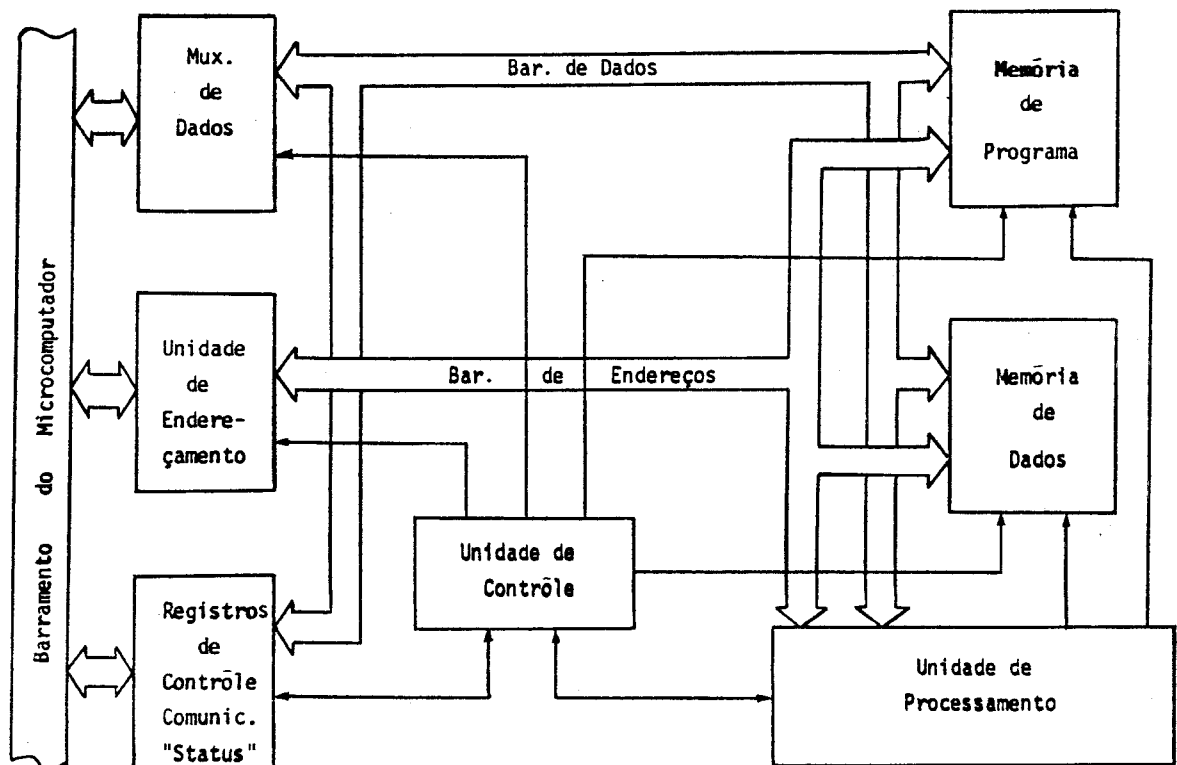


Fig. 2.1 - Diagrama em blocos do PN25

A unidade de controle estabelece os vários estados em que a placa processadora pode se encontrar. Esses estados são comandados pelo micro através do registrador de controle, dentre alguns estão a parada do processador, a liberação do barramento de dados e endereços para que o micro acesse as memórias de programa ou dados, o "reset" na unidade de processamento, etc.

O registrador de comunicação constitui uma via de dados por onde pode-se passar informações do micro para a unidade de processamento e vice-versa. O registrador de "status" fornece ao microcomputador o estado em que a placa se encontra.

As memórias de programa e de dados e os registradores estão mapeados no espaço de endereçamento do microcomputador no esquema do tipo "I/O mapeado em memória". O multiplexador e formatador transformam os bytes que chegam de maneira sequencial do micro em palavras de 16 bits para a unidade de processamento e vice-versa.

A unidade de processamento é representada pelo Processador Digital de Sinais (DSP) TMS320C25, que trabalha a uma taxa de relógio de 40 MHz, com ciclo de instrução de até 100 ns. Este é um DSP de segunda geração, confeccionado em tecnologia CMOS.

## 2.1 - PROCESSADOR DIGITAL DE SINAIS (DSP)

Nessa década, com o advento da técnica de projeto de circuitos integrados em VLSI, foi possível a construção de Processadores Digital de Sinais (DSP) em pastilha única, utilizando tecnologia NMOS e posteriormente CMOS. A principal característica da arquitetura desse tipo de processador é a estrutura multiplica/soma/acumula, mostrada na figura 2.2, que permite a execução de operações de acumulação de produtos em "pipeline".

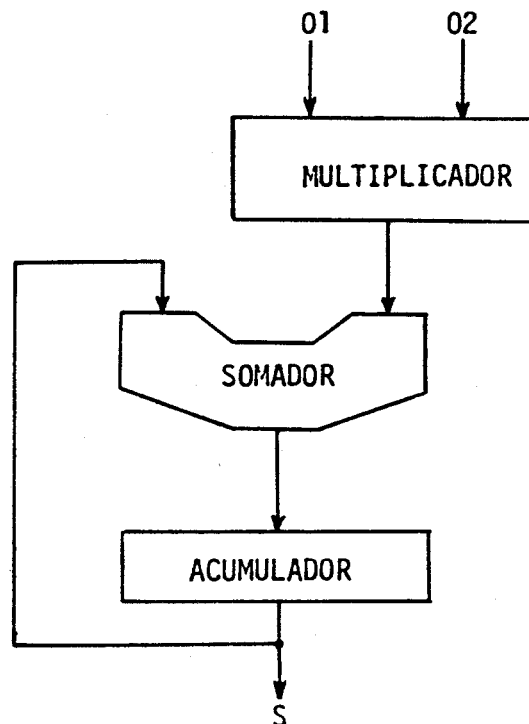


Fig. 2.2 - Estrutura multiplica/soma/acumula em "pipeline"

O DSP TMS320C25 utilizado no PN25 possui quatro operadores aritméticos principais: ALU, Multiplicador, Acumulador e Registradores de deslocamento. Todas as operações aritméticas são executadas por "hardware" em ponto fixo de 16 bits. Os resultados de uma multiplicação, soma ou acumulação são

representados em inteiro de 32 bits em complemento de dois. A figura 2.3 apresenta o diagrama da unidade de processamento do TMS320C25.

Com a estrutura "pipeline" desse processador, cada termo de uma acumulação de produtos, ou seja,  $c = a_i * b_j$  pode ser executada a cada ciclo de instrução, 100 ns, o que perfaz uma taxa de 10 MIPs (valor de pico) de trabalho.

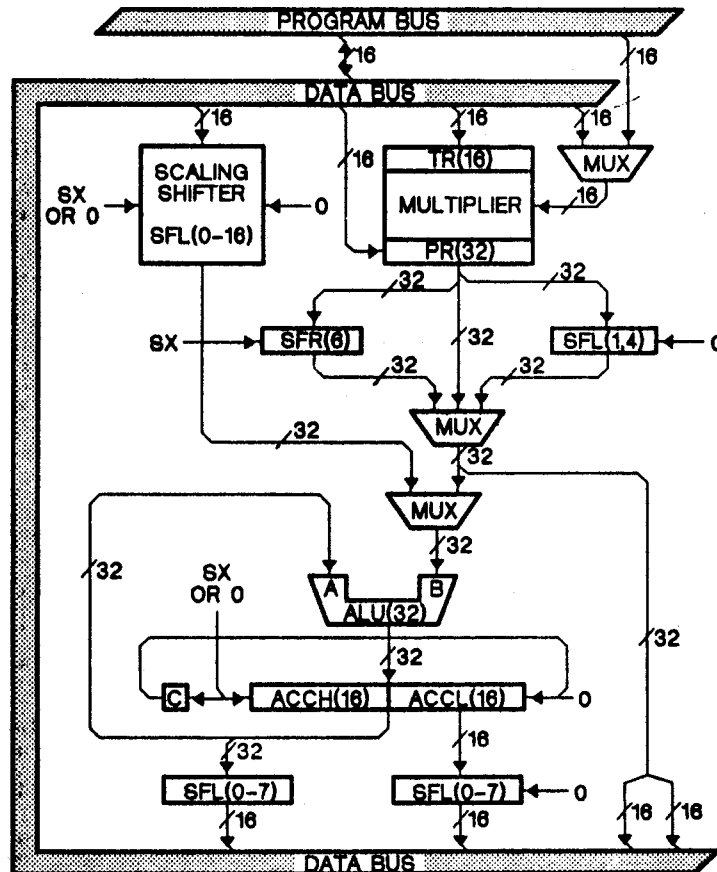


Fig. 2.3 Unidade de processamento do TMS320C25

### 3 - APLICAÇÕES EM PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Uma imagem pode ser vista como uma matriz bidimensional, onde os índices de linha e coluna identificam um ponto no espaço. O valor desse ponto é proporcional à intensidade de luz emitida naquela porção do espaço. Os elementos de imagem ou "pixels" podem ser representados por  $f(i,j)$ , onde  $i$  e  $j$  são índices de linha e coluna respectivamente. Normalmente os valores de  $f(i,j)$  são quantizados em 8 bits (256 níveis) nas imagens de satélites.

As técnicas de processamento de imagens podem ser divididas em dois grupos : métodos que levam em conta as relações entre um ponto e seus vizinhos no espaço 2D e métodos que alteram o valor digital de cada "pixel", independentes dos pontos vizinhos. O primeiro método é chamado de "operações de vizinhança" e o segundo "ponto a ponto".

Um exemplo típico de "operações de vizinhança" é a filtragem espacial, onde cada novo ponto é expresso como sendo a soma ponderada entre o ponto em questão e seus vizinhos. Os coeficientes do filtro são representados em forma de uma "máscara" que percorre a imagem ponto a ponto.

Uma máscara 3 x 3 aplicada em um ponto  $f(i,j)$  de uma imagem resulta em um ponto  $g(i,j)$  da seguinte maneira :

Dada a máscara :

$$\begin{array}{ccc} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{array}$$

cada novo ponto  $g(i,j)$  é dado por :

$$\begin{aligned} g(i,j) = & c_{12} * f(i-1,j) + c_{11} * f(i-1,j-1) + c_{13} * f(i-1,j+1) + \\ & c_{22} * f(i,j) + c_{21} * f(i-1,j) + c_{23} * f(i+1,j) + \\ & c_{32} * f(i+1,j) + c_{31} * f(i+1,j-1) + c_{33} * f(i+1,j+1) \end{aligned}$$

Note que esse algoritmo se adapta muito bem para ser executado em um processador que possua estrutura de acumulação de produtos em "pipeline", como é o caso do DSP TMS320C25.

Um exemplo do método "ponto a ponto" são os algoritmos de classificação estatística de imagem. Um algoritmo desse tipo calcula para cada ponto os valores de probabilidade de todas as classes presentes na imagem; o ponto é então atribuído à classe mais provável. Esse tipo de algoritmo é o mais custoso computacionalmente.

Nesse trabalho são ensaiados no PN25 um algoritmo de cada método, ou seja, a filtragem espacial e a classificação estatística (MAXVER).

#### 4 - RESULTADOS OBTIDOS

A tabela I apresenta os tempos de processamento bem como os ganhos obtidos com a adição do processador PN25 no SITIM-150. Foram ensaiados dois tipos de algoritmos, a filtragem espacial utilizando tres tipos de máscaras e a classificação estatística

MICRO Utilizado	ALGORITMOS Testados	Tempo de I/O (Acesso a UVI)	Tempo de Processamento no Micro	Tempo total de execução no Micro	Tempo de Processamento no PN25	Tempo efetivo de execução com o PN25	Ganho em tempo de Processamento	GANHO EFETIVO
Micro PC - XT	Filtro: 3x3	9 seg.	8:47 min.	8:56 min.	4 seg.	9 seg.	94	59
	Filtro: 5x5	9 seg.	19:46 min.	19:55 min.	8 seg.	9 seg.	148	132
	Filtro: 7x7	9 seg.	34:02 min.	34:11 min.	12 seg.	12 seg.	170	170
	Maxver: 3 bandas 3 classes	44 seg.	24:46 min.	25:30 min.	12 seg.	44 seg.	123	34
	Maxver: 3 bandas 5 classes	44 seg.	37:42 min.	38:26 min.	22 seg.	44 seg.	102	52
Micro PC - AT	Filtro: 3x3	5 seg.	4:35 min.	4:40 min.	4 seg.	5 seg.	68	56
	Filtro: 5x5	5 seg.	10:50 min.	10:55 min.	8 seg.	8 seg.	81	82
	Filtro: 7x7	5 seg.	18:32 min.	18:37 min.	12 seg.	12 seg.	92	93
	Maxver: 3 bandas 3 classes	28 seg.	12:52 min.	13:20 min.	12 seg.	28 seg.	64	28
	Maxver: 3 bandas 5 classes	28 seg.	18:12 min.	18:40 min.	22 seg.	28 seg.	49	40

de imagem (MAXVER), variando o número de classes. Os ensaios foram realizados em dois tipos de micros, um PC-XT e um PC-AT, para se comparar o desempenho do PN25 nesses dois micros.

Devido ao esquema de processamento em paralelo, micro/PN25, o tempo efetivo de execução de alguns algoritmos foi somente o tempo de I/O do micro. Isso pode ser observado no algoritmo MAXVER nos dois micros utilizados e também no algoritmo FILTRO 3 x 3 e 5 x 5 executado com o PC-XT e no FILTRO 3 x 3 com o PC-AT.

O ganho efetivo do PN25 no micro PC-AT foi praticamente igual ao PC-XT. Isso significa que em micros mais rápidos ainda é viável a utilização do PN25.

Verifica-se também na tabela I que no algoritmo FILTRO, que utiliza método de "vizinhança", obteve-se um ganho maior, como era de se esperar, devido a "acumulação de produtos" que este envolve.

De um modo geral o PN25 mostrou-se uma boa opção para a execução de algoritmos que envolvam cálculos intensivos.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MENDES, C.L.; NETO, G.C.; MURA, J.C.; GARRIDO, J.C.P.; SOUZA, R.C.M. Análise de Arquiteturas para Processamento de Imagens. I Simpósio Brasileiro de Arquitetura de Computadores, 1987.
- MURA, J.C.; Aumento da performance do SITIM-150 através de um processador numérico de alto desempenho. V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1988.
- TEXAS INSTRUMENTS Digital Signal Processor. TMS320C25 Users Guide, 1986.