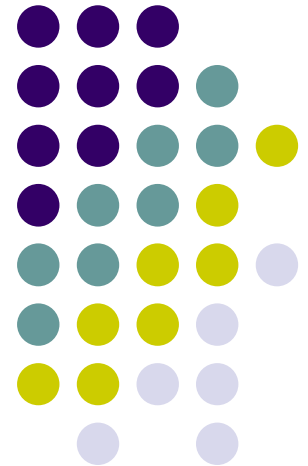


Arranjos Sistólicos

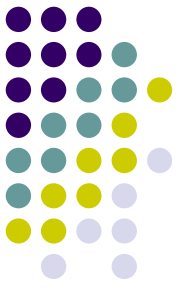
SCE 200 Arquiteturas Avançadas
de Computadores

Regina Helena Carlucci Santana

ICMC – USP 2005

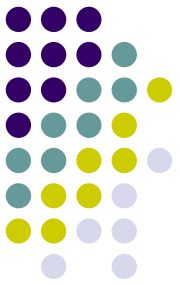


Arranjos Sistólicos - Definição



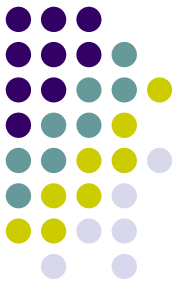
- Classe especial de arquitetura de computadores que possui como características:
 - Conjunto de elementos ou células que executam uma função simples
 - Elementos conectados formando uma estrutura em grade. Conexão: malha, linear, hexagonal, etc.
 - Dados fluem sincronamente da memória para os elementos e entre os elementos, de forma síncrona
- Assíncronos – Arranjos de Frente de Onda

Arranjos Sistólicos - Definição



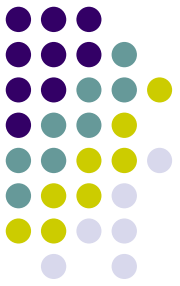
- Origem: melhor desempenho em sistemas de propósito específico
- Nome: analogia com sistema vascular humano:
- O coração mantém o fluxo sangüíneo bombeando o sangue de forma freqüente e ritmada:
 - Sangue – dados
 - Coração – memória ou sub sistema que fornece os dados
 - Corpo (células) - Elementos de processamento
 - Artérias e veias – Comunicação
- Coração recebe e bombeia o sangue pelo corpo
- Memória recebe dados e os envia para processamento

Arranjos Sistólicos – Funcionamento



- Cada elemento de processamento, a cada pulso de clock:
 - Pega dados de um ou mais vizinhos
 - Processa o dado
 - Envia resultados para vizinhos em posição oposta aos recebidos
- Dados fluem sincronamente através do arranjo entre os vizinhos
 - Normalmente dados diferentes fluem em direções diferentes
 - Não tem comunicação global. Comunicação apenas entre vizinhos

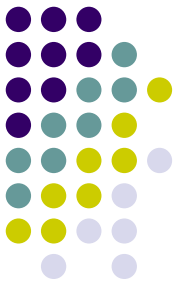
Arranjos Sistólicos – Funcionamento



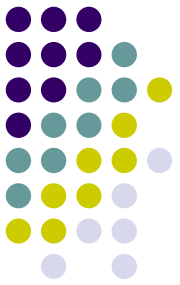
Arranjo sistólico X Pipeline

- Pipeline
 - Unidimensional
 - Em cada estágio, dados de entrada são modificados e novos resultados enviados para próximo estágio
 - Dados fluem em um único sentido
- Arranjos Sistólicos
 - Multidimensional
 - Dados e Resultados fluem pelo arranjo
 - Dados e Resultados podem fluir em diferentes sentidos

Arranjos Sistólicos - Tipos



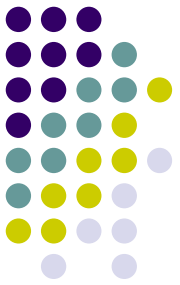
- Propósito Específico
 - Arranjo sistólico projetado para uma aplicação específica e implementado usando tecnologia VLSI
 - Aplicação específica
 - Centenas de células em chip
 - Quanto mais especializado o hardware, melhor seu desempenho
 - Não é flexível
 - Custo por aplicação é muito alto



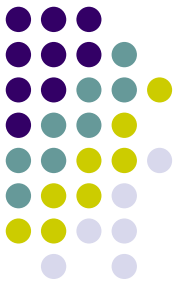
Arranjos Sistólicos - Tipos

- Propósito Geral:
 - Pode ser adaptado para alguns tipos de aplicação
 - Maior flexibilidade
 - Custo mais baixo
 - Desempenho inferior
 - Pode ser:
 - Programável
 - Reconfigurável
 - Híbridos

Arranjos Sistólicos - Tipos

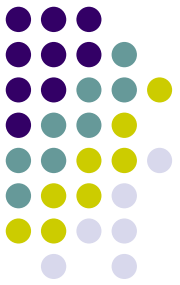


- Propósito Geral:
 - Programável
 - Hardware fixo
 - Maior flexibilidade e maior complexidade
 - Software controla
 - Operações dentro de cada célula
 - Comunicação entre as células
 - Reconfigurável
 - Hardware e Software podem ser configuráveis
 - Maior complexidade para a programação inicial
 - Flexibilidade intermediária
 - Desempenho intermediário
 - Normalmente utiliza-se tecnologia FPGA
 - Híbridos
 - Parte do arranjo é fixo e parte reconfigurável
 - Parte fixa com tecnologia VLSI e reconfigurável com FPGA



Arranjos Sistólicos - Projeto

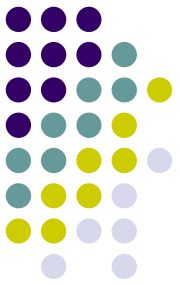
- Utilizado em equipamentos dedicados ou partes específicas de arquiteturas de computadores
- Fases para o desenvolvimento de AS
 - Identificação de gargalos
 - Definição das tarefas realizadas
 - Projeto
 - Implementação



Arranjos Sistólicos - Projeto

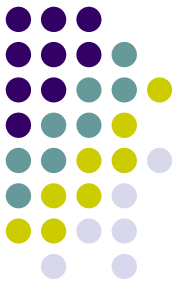
- Projetista deve conhecer:
 - Computação Sistólica
 - Aplicação
 - Algoritmos a ser empregado
 - Tecnologia a ser utilizada
- Projeto de um AS envolve:
 - Definição do tamanho da topologia
 - Processamento a ser realizado por cada célula
 - Como os dados, entradas e saídas devem fluir através do arranjo
 - Fatores tecnológicos
 - Relacionamento do AS com o resto do sistemas

Arranjos Sistólicos - Projeto Técnicas



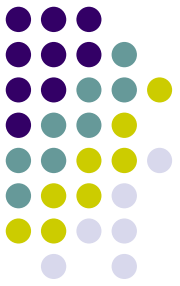
- Técnicas Heurísticas
 - Baseada na experiência do projetista
 - Processo lento
 - Requer muitos testes para garantir que não possui erros
 - Não tem se mostrado eficiente
- Avaliação do Balanceamento das Operações
 - Levantamento estatístico das operações
 - Cada célula possui as operações necessárias para a execução do algoritmo

Arranjos Sistólicos - Projeto Técnicas



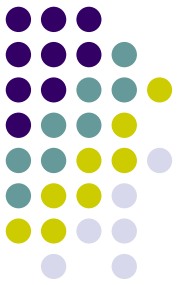
- Regras de Projeto Pré Definidas
 - Técnica baseia-se em:
 - Linguagem para descrever o algoritmo
 - Conjunto de regras para a transformação
 - Sistema automático que aplica regras no algoritmo e gera o hardware
- Métodos Semi-automáticos
 - Automatizar a transformação do algoritmo em hardware, eliminando dependências
 - Utilização de grafos de dependência

Arranjos Sistólicos - Projeto



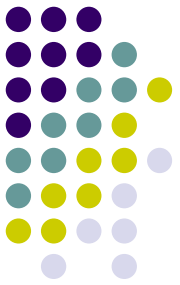
- Principais itens a serem definidos
 - Organização dos elementos de processamento
 - Topologia do arranjo sistólico
 - Interconexão e Dimensão

Arranjos Sistólicos – Projeto Organização



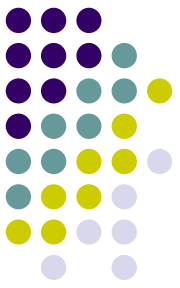
- Granulosidade – pode variar de operação sobre um bit a um programa completo
- Depende do tipo de arranjo sistólico:
 - Se for programável: SIMD ou MIMD
 - Se for híbrida: depende da organização
 - Caso contrário: VFIMD – Very Few Instructions stream Multiple Data stream

Arranjos Sistólicos – Projeto Organização



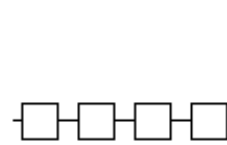
- Se for programável: SIMD ou MIMD
 - SIMD:
 - Similar ao processador vetorial
 - Host possui a unidade de controle e memória
 - Células são simples e não armazenam programa ou instrução
 - Todas as células executam a mesma instrução em dados diferentes
 - Como são simples pode-se ter diversas (dezenas ou centenas) em um único chip
 - MIMD:
 - Similar à máquinas com multi-processadores
 - Cada célula possui unidade de controle, memória, ULA, etc.
 - Células podem executar programas diferentes
 - Caso contrário, VFIMD - Very Few Instruction stream Multiple Data stream
 - Poucas em um chip devido a complexidade

Arranjos Sistólicos – Projeto Topologia e Interconexão

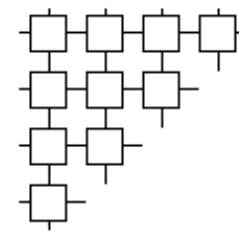


Seguem os padrões tradicionais

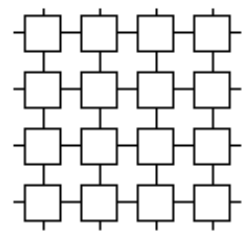
- Dimensão:
 - Lineares
 - Bidimensionais
 - Dimensão n
- Reconfiguráveis – no máximo dimensão 2



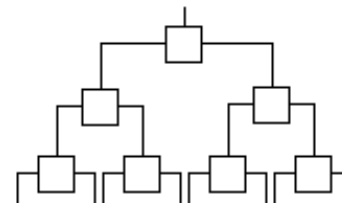
arranjo linear



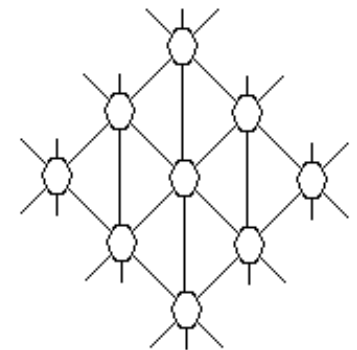
arranjo triangular



arranjo retangular



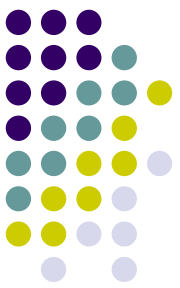
arranjo em árvore



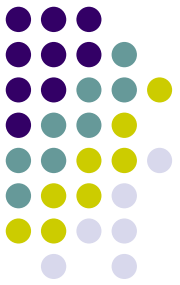
arranjo hexagonal

Arranjos Sistólicos – Projeto

Topologia e Interconexão



- Fixa
 - Limita o tipo de algoritmo possível
 - Pode limitar o desempenho obtido
- Programável
 - Comunicação através de chaves permite obtenção de diferentes topologias
 - Podem ser:
 - Estáticas: alterada entre as aplicações
 - Dinâmicas: alterada durante as aplicações
- Reconfigurável
 - Através de chaves implementadas por FPGA
 - Estáticas

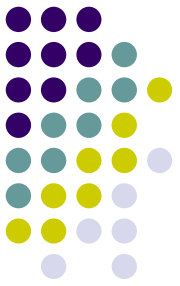


Arranjos Sistólicos

Tipos	Específico	Geral-Programável	Geral-Reconfigurável	Geral-Híbrido
Característica				
Organização	VFIMD	SIMD MIMD	VFIMS	Pode ser qq tipo
Topologia	Fixa	1. Fixa 2. Programável	1. Fixa 2. Reconfigurável	1. Fixa 2. Híbrida
Interconexão	Fixa	1. Fixa 2. Estática/ Dinâmica	1. Fixa 2. Estática/ Dinâmica	1. Fixa 2. Estática/ Dinâmica
Dimensão	N-dimen- sional	N-dimensional Normalmente $N < 3$		

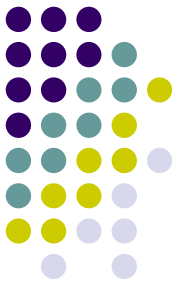
VFIMD – Very few instructions multiple data

Arranjos Sistólicos - Aplicação



- Aplicação
 - Implementação de algoritmos especializados
 - Estrutura de dados homogênea
 - Necessitam co-processador de alto desempenho
- Exemplos
 - Processamento de Imagens
 - Processamento de sinais
 - Reconhecimento de linguagem
 - Manipulação de caracteres
 - Cálculos com matrizes

Avaliação – 14/10/2005



Compare as características gerais de arranjos sistólicos com:

- Pipelines,
- Máquinas SIMD
- Processadores vetoriais.

Indique as vantagens e desvantagens de cada um deles.