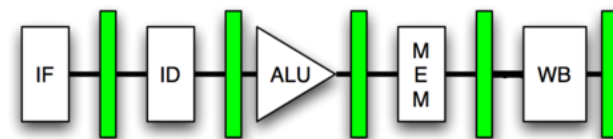
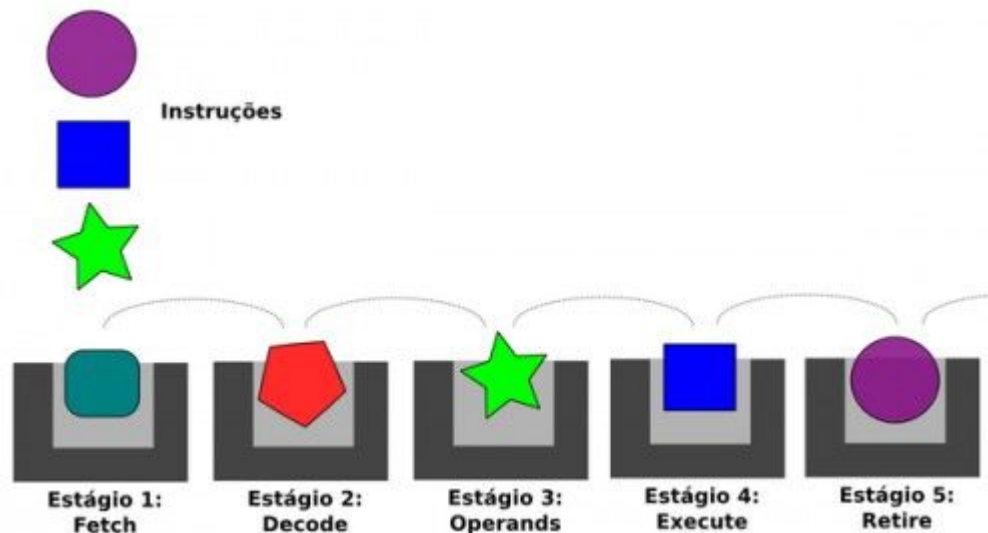


Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline



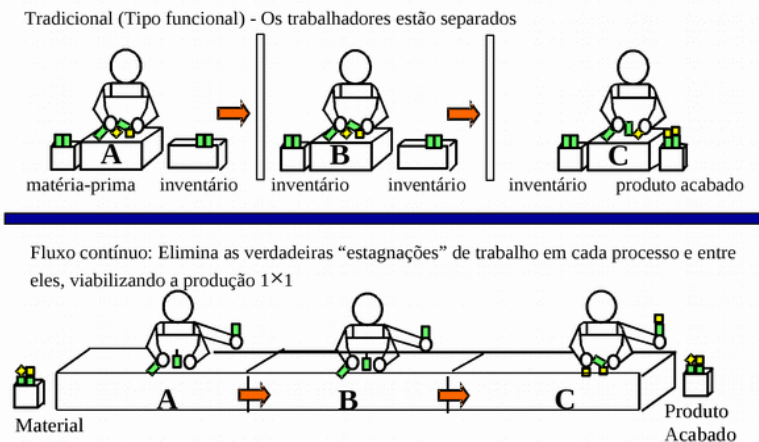
A **linha de produção** é um conjunto de operações sequenciais estabelecidas numa fábrica em que as matérias primas são colocadas através de um processo sofrendo transformações para se obter um produto final que é adequado para o consumo, ou componentes que são montados para fazer um artigo acabado.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

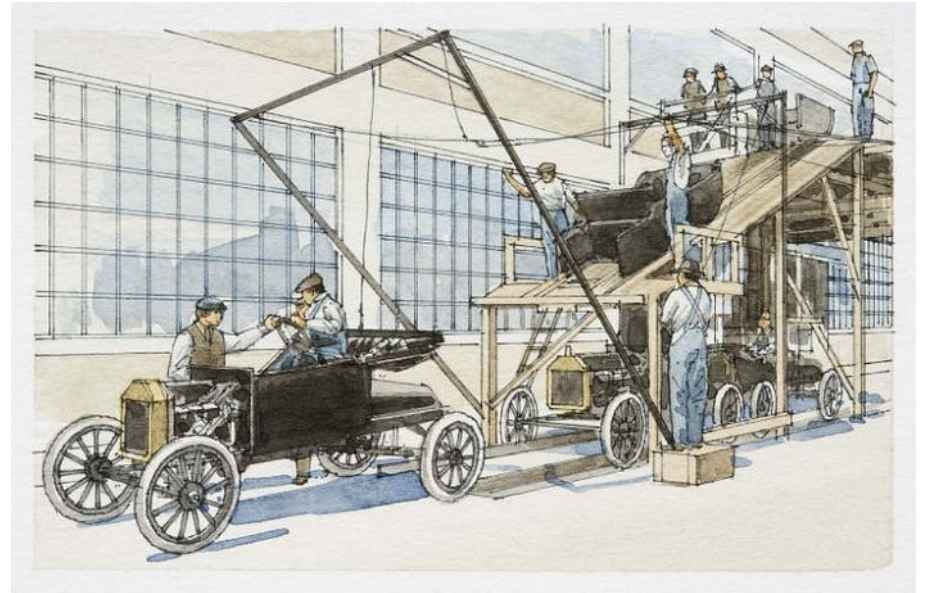
Linha de produção pode ser entendida como uma forma de produção em série, onde vários operários, com ajuda de **máquinas**, especializados em diversas funções específicas e repetitivas, trabalhando de forma sequencial, chega-se a um produto semi-acabado ou acabado; ocorre quando um estabelecimento industrial com o auxílio de máquinas transformam as matérias-primas e produtos semi-acabados em produtos acabados destinados ao consumo.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

A forma mais característica, a da montagem em série, foi inventada por [Henry Ford](#), empresário estadunidense do setor automobilístico. Graças a ela, Ford conseguiu produzir em massa seu famoso carro [Ford T](#).



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

história ilustrada

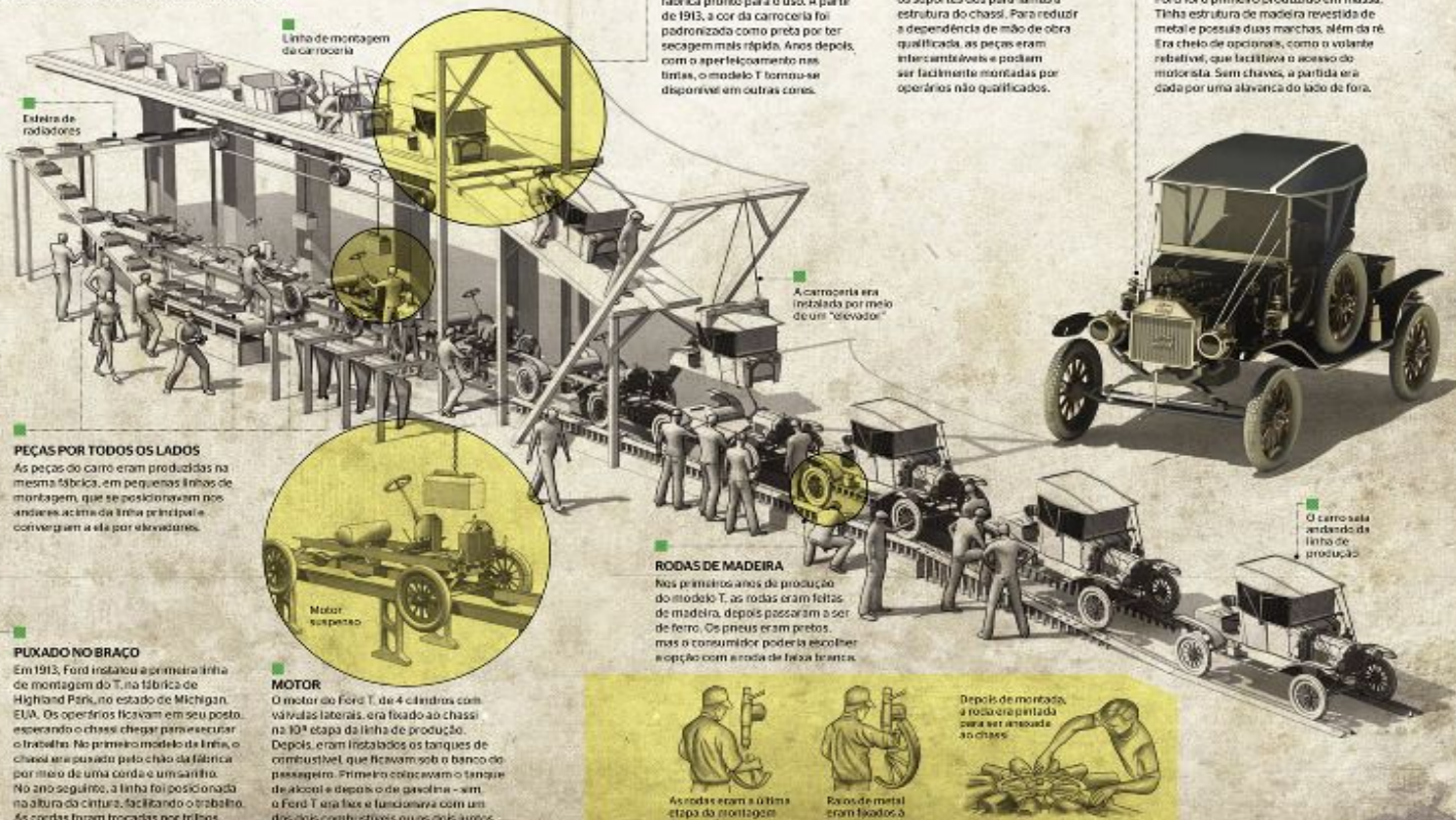
LINHA DE MONTAGEM FORD-T

Com a criação da linha de montagem, Henry Ford diminuiu o tempo de produção do carro e aumentou as vendas

ILUSTRAÇÃO Anna Luiza Aragão/Mand'ê

"O cliente pode escolher a cor que desejar, desde que seja preta." A célebre frase, dita por Henry Ford em referência ao carro Ford modelo T, tem lógica: a tinta preta era a única com secagem rápida no mercado de 1913. E Ford precisava de tintas desse tipo para finalizar sua criação, a primeira linha de montagem automobilística do mundo.

Produto da segunda revolução industrial, o "fordismo" mudou a forma de confeccionar carros. Se em 1908, ano de criação do Ford T, um automóvel era feito de forma artesanal e demorava aproximadamente 12 horas para ser montado, seis anos depois ele era produzido, em massa, em apenas 93 minutos. Além de produzir muito – foram mais de 15,4 milhões de veículos até 1927 –, a linha de montagem também permitiu baratear o produto. O carro custava US\$ 850 (ou R\$ 42,7 mil em valores atuais) quando apareceu pela primeira vez e chegou a ser vendido a US\$ 280 (R\$ 7,1 mil) poucos anos depois.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

Na forma da montagem em série a indústria é associada a uma **máquina**, com cada operário se especializando pela repetição em uma determinada função. Criticada por "desumanizar" o homem, sofreu um dos mais famosos ataques quando Charles Chaplin realizou o filme Tempos Modernos, fazendo com que o seu personagem Carlitos sofresse uma crise nervosa ao trabalhar como autômato numa linha de produção.

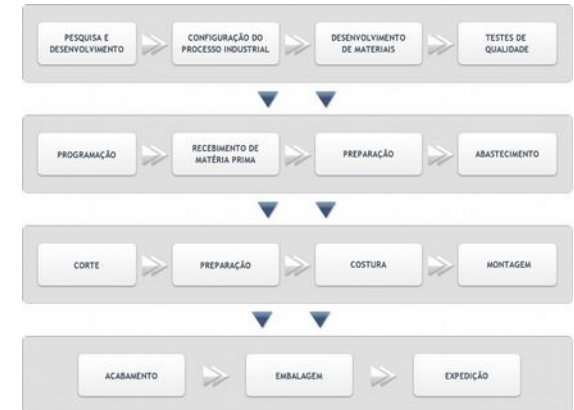
Autômato: Aquele que não age nem pensa por conta própria.

Mero repetidor de ações.



Arquitetura e Organização de Computadores

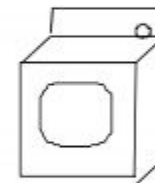
Pipeline



Arquitetura e Organização de Computadores

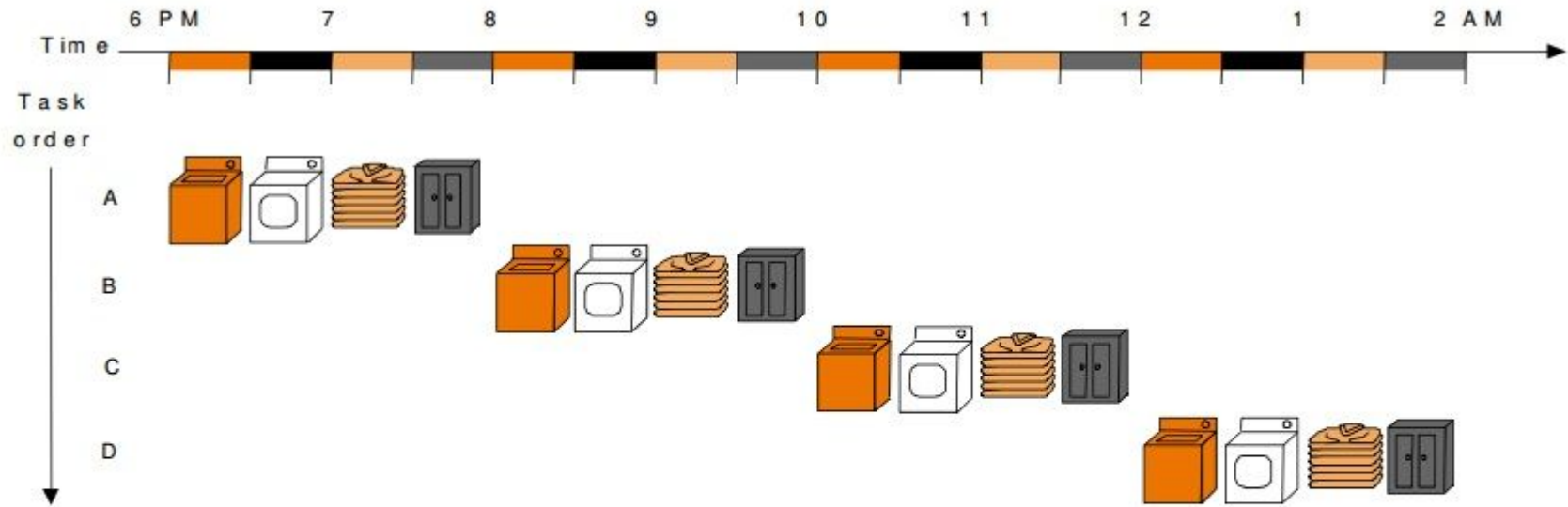
Pipeline

- Exemplo: Lavanderia
 - Lavagem: 30 min
 - Secagem: 30 min
 - Passar a ferro: 30 min
 - guardar : 30 min



Arquitetura e Organização de Computadores

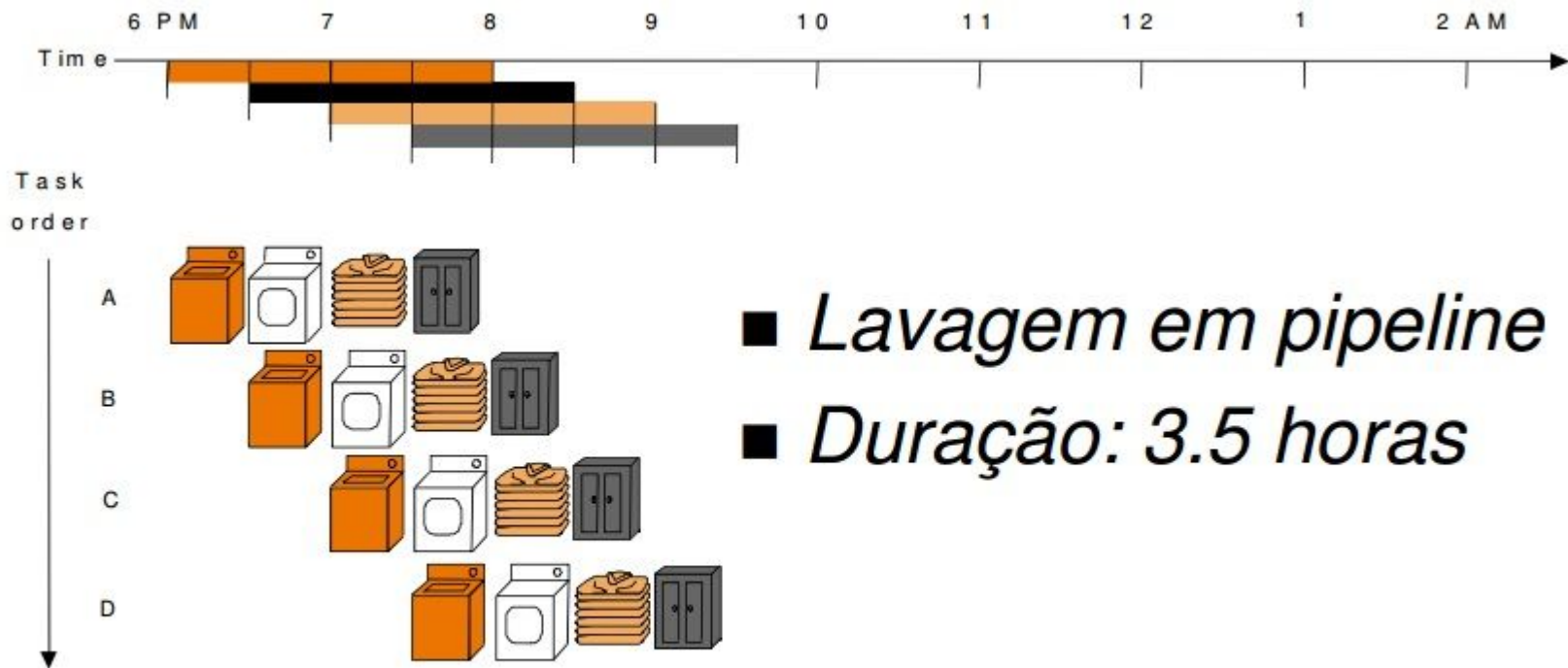
Pipeline



- Lavagem sequencial
- Duração: 8 horas

Arquitetura e Organização de Computadores

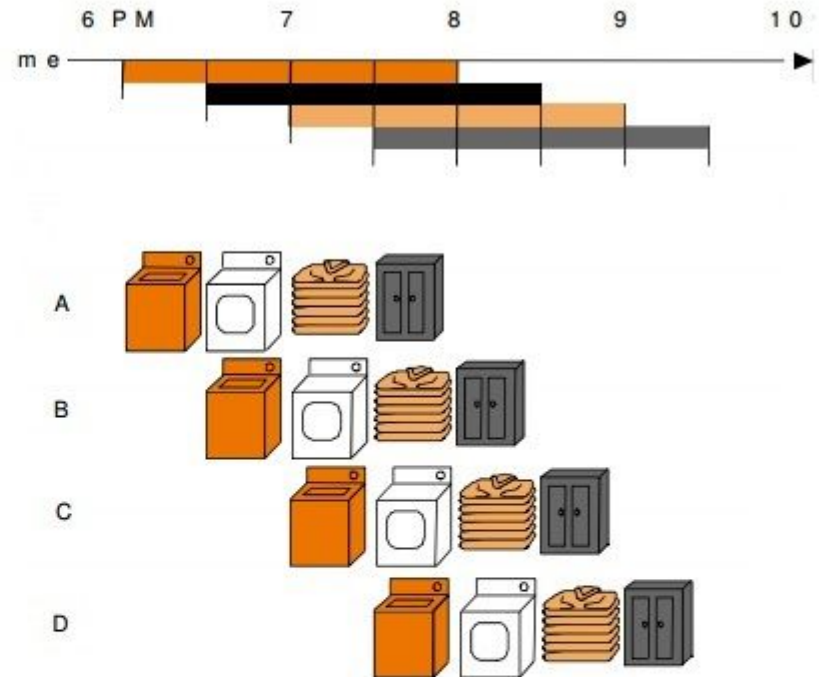
Pipeline



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

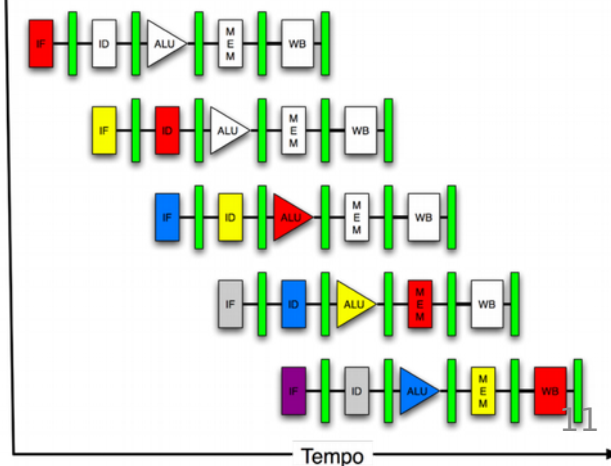
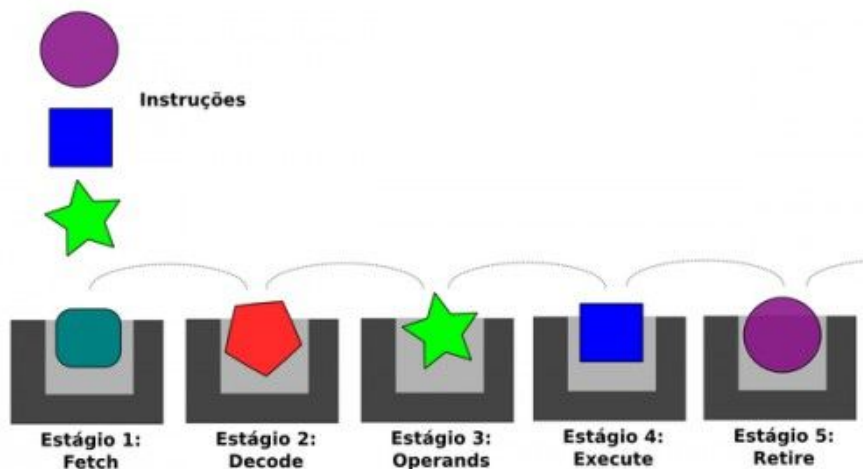
- Pipelining não diminui o *tempo de execução* de uma tarefa, ele melhora a *taxa de execução* de um conjunto de tarefas
- Tarefas *múltiplas* simultâneas usando diferentes recursos
- Aumento no desempenho = *Número de estágios*
- Taxa é limitada pelo estágio *mais lento*
- Tempo para “*encher*” e “*esvaziar*” o pipeline reduz o desempenho
- Espera quando houver dependências



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

Até o 386, os processadores da família x86 eram capazes de processar apenas uma instrução de cada vez. Uma instrução simples podia ser executada em apenas um ciclo de clock, enquanto instruções mais complexas demoravam vários ciclos de clock para serem concluídas. Seria mais ou menos como montar um carro de maneira artesanal, peça por peça. Para melhorar o desempenho do 486, a Intel resolveu usar o pipeline, uma técnica inicialmente usada em processadores RISC, que consiste em dividir o processador em vários estágios distintos. O 486, possui um pipeline de 5 níveis, ou seja, é dividido em 5 estágios.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

Quando é carregada uma nova instrução, ela primeiramente passa pelo primeiro estágio, que trabalha nela durante apenas um ciclo de clock, passando-a adiante para o segundo estágio.

Ciclos de Clock:

Basicamente, o clock é um pulso elétrico que sincroniza as atividades do computador. A cada “pulso de clock”, os dispositivos executam suas tarefas, param e aguardam o próximo ciclo de clock.

Ciclos do clock															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Instruction fetch	I1					I2					I3				
Instruction decode		I1					I2					I3			
Operand fetch			I1					I2					I3		
Execute				I1					I2					I3	
Result Store					I1					I2					I3

Execução sem pipelining

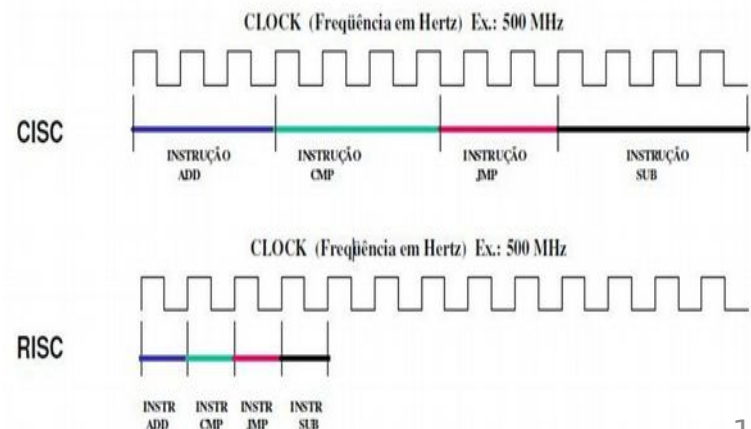
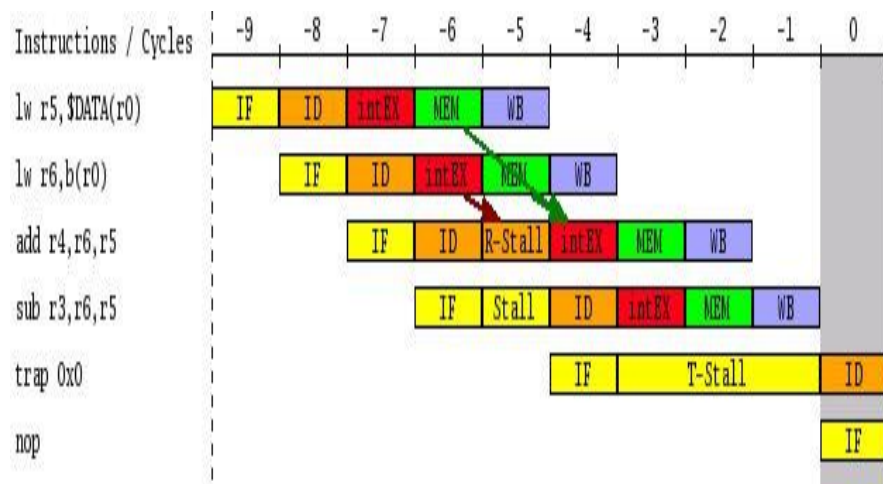
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Instruction fetch	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11				
Instruction decode		I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11			
Operand fetch			I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11		
Execute				I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	
Result Store					I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11

Execução com pipelining

Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

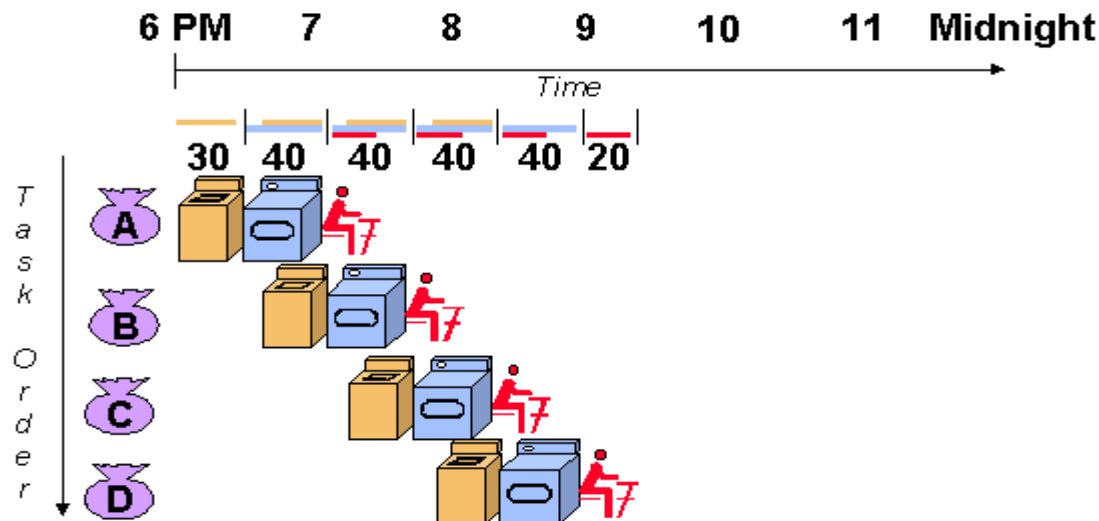
A instrução continua então sendo processada sucessivamente pelo segundo, terceiro, quarto e quinto estágios do processador. A vantagem desta técnica, é que o primeiro estágio não precisa ficar esperando a instrução passar por todos os demais para carregar a próxima, e sim carregar uma nova instrução assim que se livra da primeira, ou seja, depois do primeiro pulso de clock.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

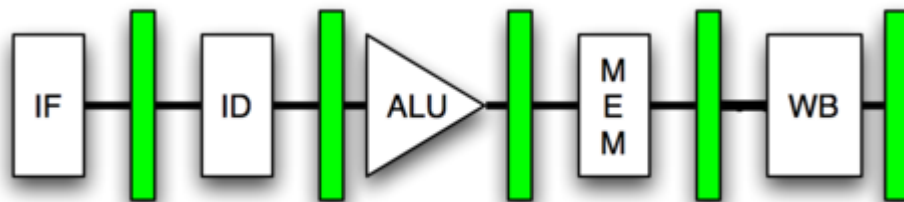
As instruções trafegam dentro do processador na ordem em que são processadas. Mesmo que a instrução já tenha sido processada ao passar pelo primeiro ou segundo estágio, terá que continuar seu caminho e passar por todos os demais. Se por acaso a instrução não tenha sido completada mesmo após passar pelos 5 estágios, voltará para o primeiro e será novamente processada, até que tenha sido concluída.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

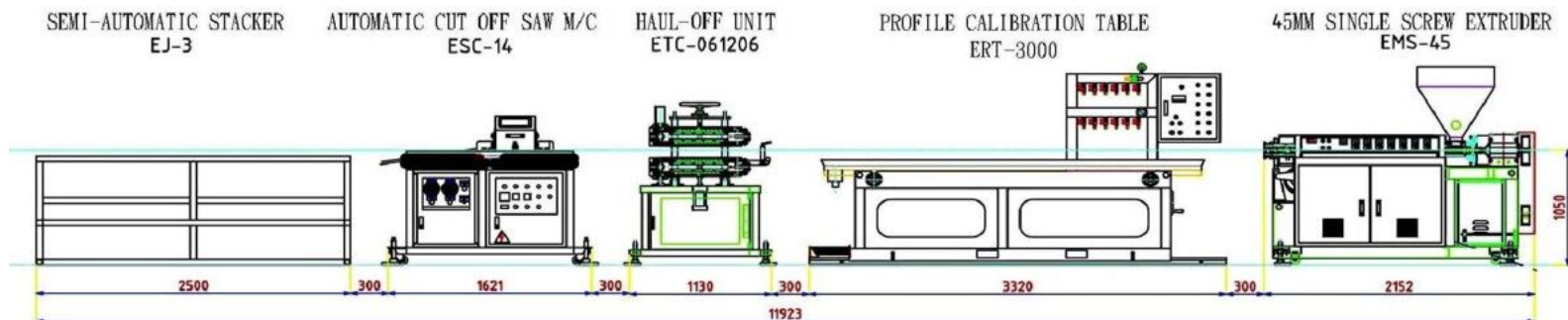
Desta maneira, conseguimos que o processador seja capaz de processar simultaneamente, em um único ciclo de clock, várias instruções que normalmente demorariam vários ciclos para serem processadas. Voltando ao exemplo do carro, seria como se trocássemos a produção artesanal por uma linha de produção, onde cada departamento cuida de uma parte da montagem, permitindo montar vários carros simultaneamente. O uso dos 5 estágios de pipeline no 486 não chegava a multiplicar por cinco a performance do processador, na verdade a performance não chegava nem mesmo a dobrar, mas o ganho é bem significativo.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

Os processadores atuais utilizam um número muito maior de estágios de pipeline. O Pentium II possui 10, o Athlon Thunderbird possui 12 e o Pentium 4 possui 20. No Pentium 4 por exemplo, cada estágio processa uma pequena parte da instrução, que só são concluídas pelo último estágio, a cada ciclo, cada um dos estágios passa a instrução para a frente e recebe uma nova. Cada instrução demora 20 ciclos para ser processada, mas em compensação são processadas 20 instruções ao mesmo tempo, em fila.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

Mais estágios permitem que o processador seja capaz de atingir frequências mais altas, já que cada estágio fará menos trabalho por ciclo, suportando mais ciclos por segundo, mas, por outro lado, o uso de muitos estágios pode prejudicar o desempenho do processador nas operações de tomada de decisão, já que cada instrução demorará mais ciclos para ser concluída.

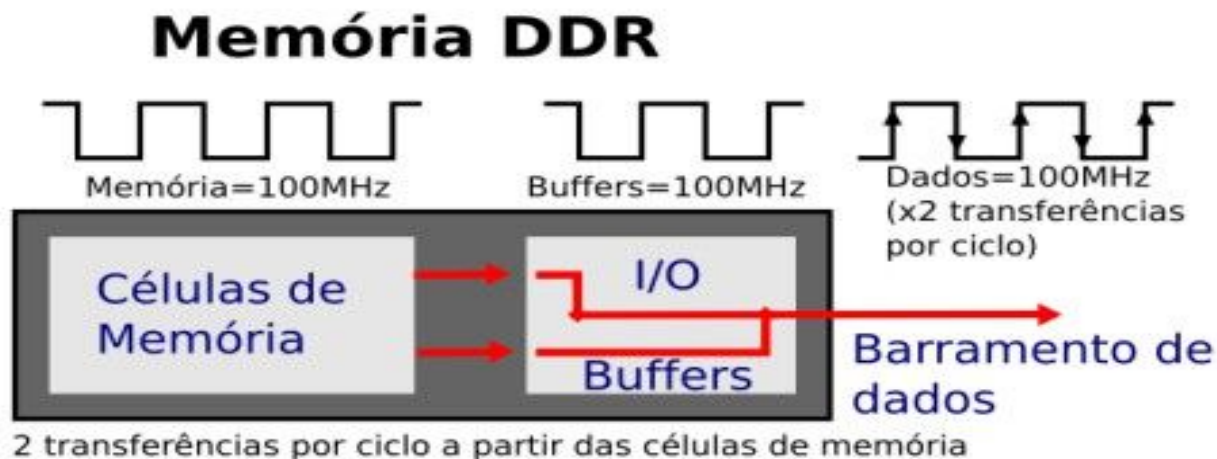
Ciclos do clock																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Instruction fetch	11	12	13	14												
Instruction decode		11	12	13	14											
Operand fetch			11	12	13	14										
Execute (única ALU)				11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Result store							11			12			13			14
ALU única																

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Instruction fetch	11	12	13	14	15	16	17	18	19							
Instruction decode		11	12	13	14	15	16	17	18	19						
Operand fetch			11	12	13	14	15	16	17	18	19					
Execute (ALU 1)				11	12	13	14	15	16	17	18	19				
Execute (ALU 2)					11	12	13	14	15	16	17	18	19			
Execute (ALU 3)						11	12	13	14	15	16	17	18	19		
Result store							11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Múltiplas ALUs																

Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline – Ciclos de Clock

A medição do clock é feita em hertz (Hz), daí as velocidades dos processadores receberem por exemplo, 2.8Ghz – Gigahertz. Esta medida indica o número de ciclos que ocorre dentro de uma determinada medida de tempo – para o computador, é adotado a medida em segundos. Sendo assim, quando você diz que a velocidade do computador é de 600MHz, velocidade baixa para os dias de hoje, quer dizer que este processador trabalha com 600 milhões de ciclos por segundos! Para 2.8GHz, são 2.8 bilhões.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline – Ciclos de Clock

Um fato bastante interessante, é que a partir do clock, podemos entender também o tempo de **latência** de alguns componentes. Se por exemplo uma memória RAM tem latência 5, quer dizer que ela vai levar cinco ciclos de clock completos para executar a transferência dos dados. Outra curiosidade é que o processador sabe quanto ciclos uma instrução vai demorar, pois ele tem uma tabela com essas informações. Desta forma, se ele tem instruções sequenciais, ele consegue prever em qual pulso de clock ele vai iniciar a próxima.

Latência: apesar de não ser um componente de hardware, a latência está totalmente ligada a ele. O termo é utilizado para especificar o tempo que um componente leva para acessar determinado dado, sendo que quanto menor o tempo de latência (atraso), mais rápido será resposta e enviará dados aos demais componentes de hardware.

Leia mais em:

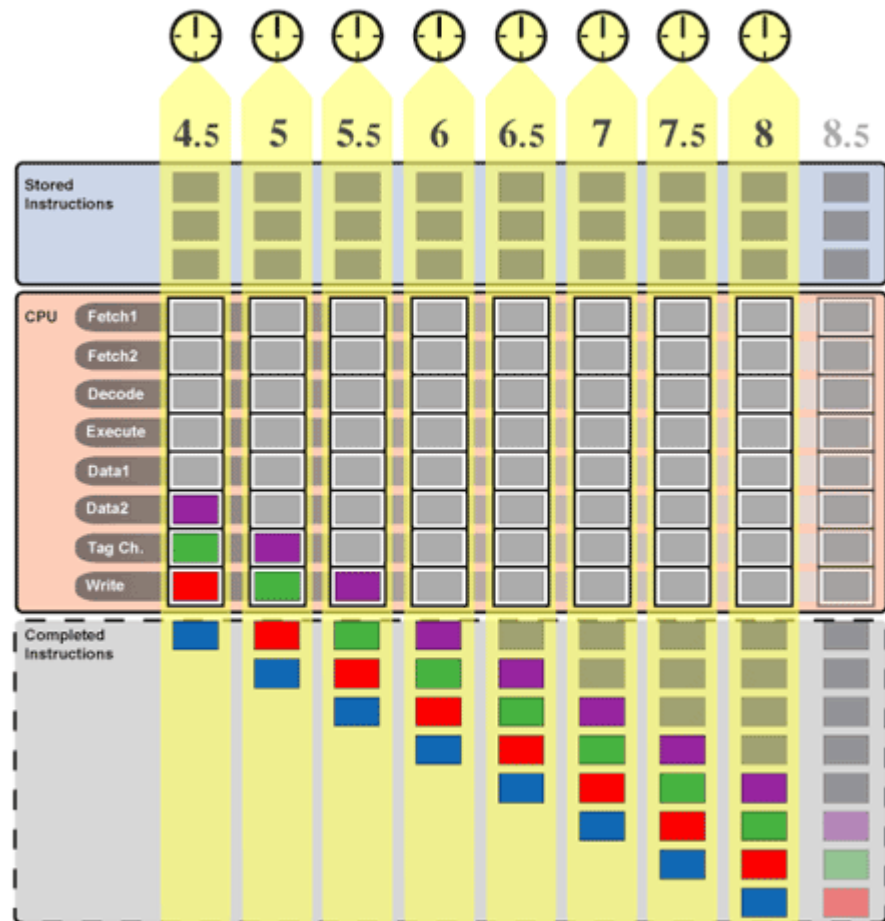
<http://www.tecmundo.com.br/hardware/1718-hardware-o-dicionario-de-a-a-z.htm#ixzz2gJY3qHQV>



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline – Ciclos de Clock

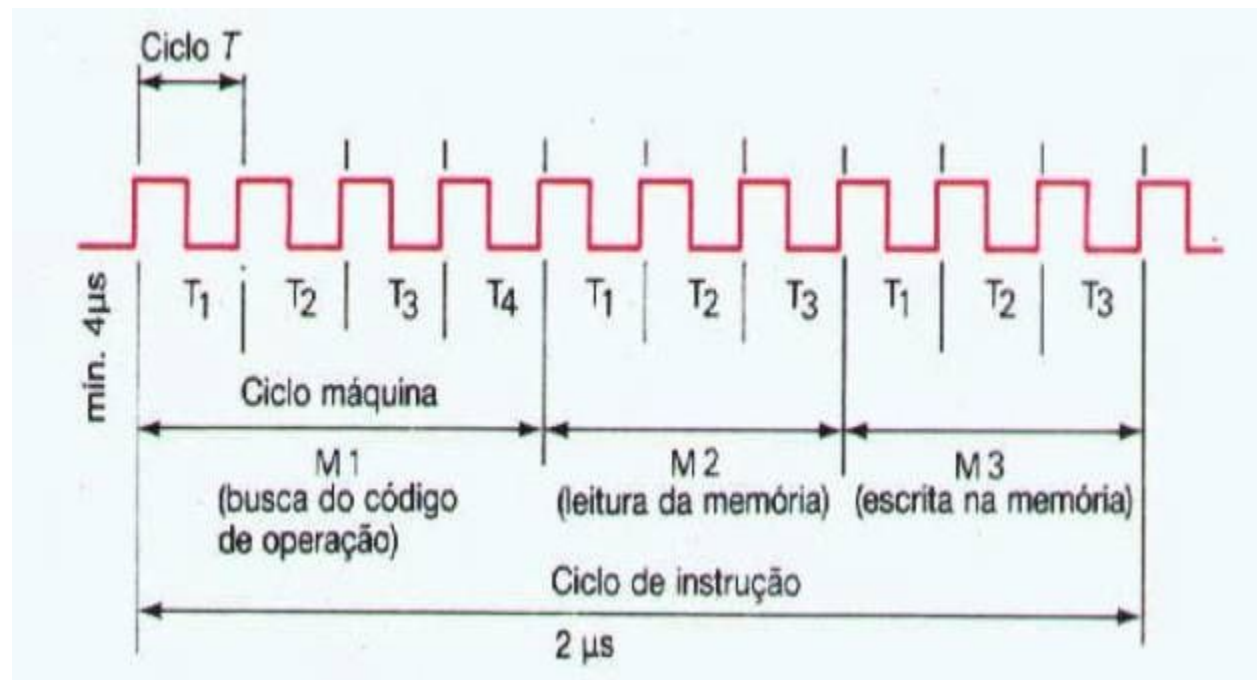
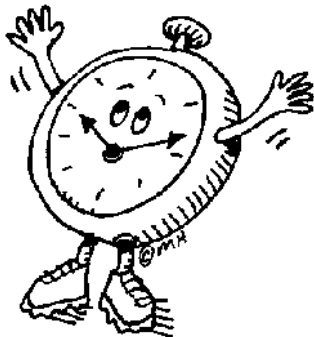
Agora, para saber se um processador é mais rápido que o outro, é preciso comparar a taxa de clock de ambos, aquele que tiver a taxa mais alta sempre será o mais rápido. A taxa mais alta diminui o tempo entre cada ciclo, e as tarefas serão executadas em menos tempo e o desempenho será mais alto.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline – Ciclos de Clock

Mas para medir o desempenho de dois processadores diferentes, medir a taxa de clock apenas não basta, é preciso também analisar a **arquitetura**, que muda de acordo com o fabricante.

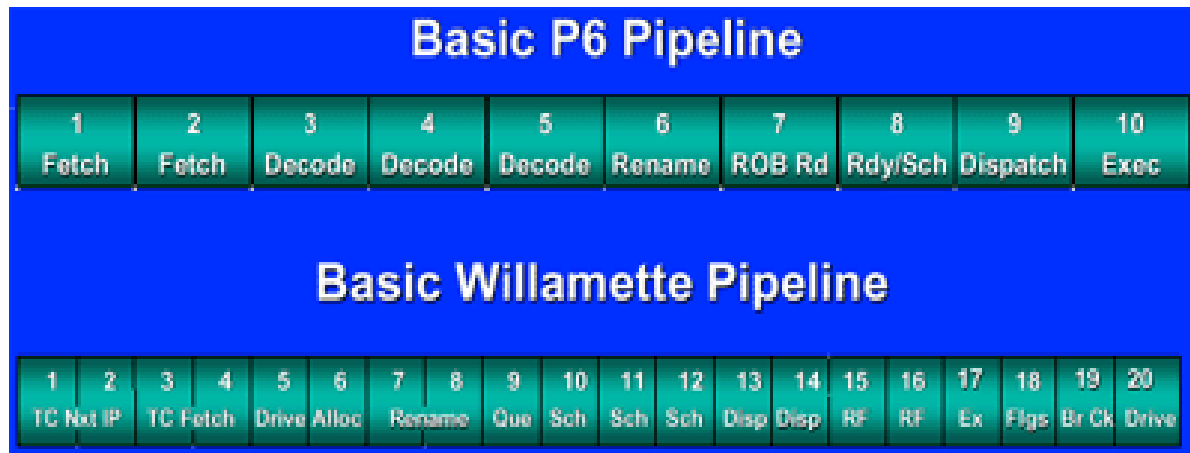


Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

A principal característica da arquitetura NetBurst era o uso de um longo pipeline de processamento, batizado pela Intel de "Hyper Pipelined Technology"

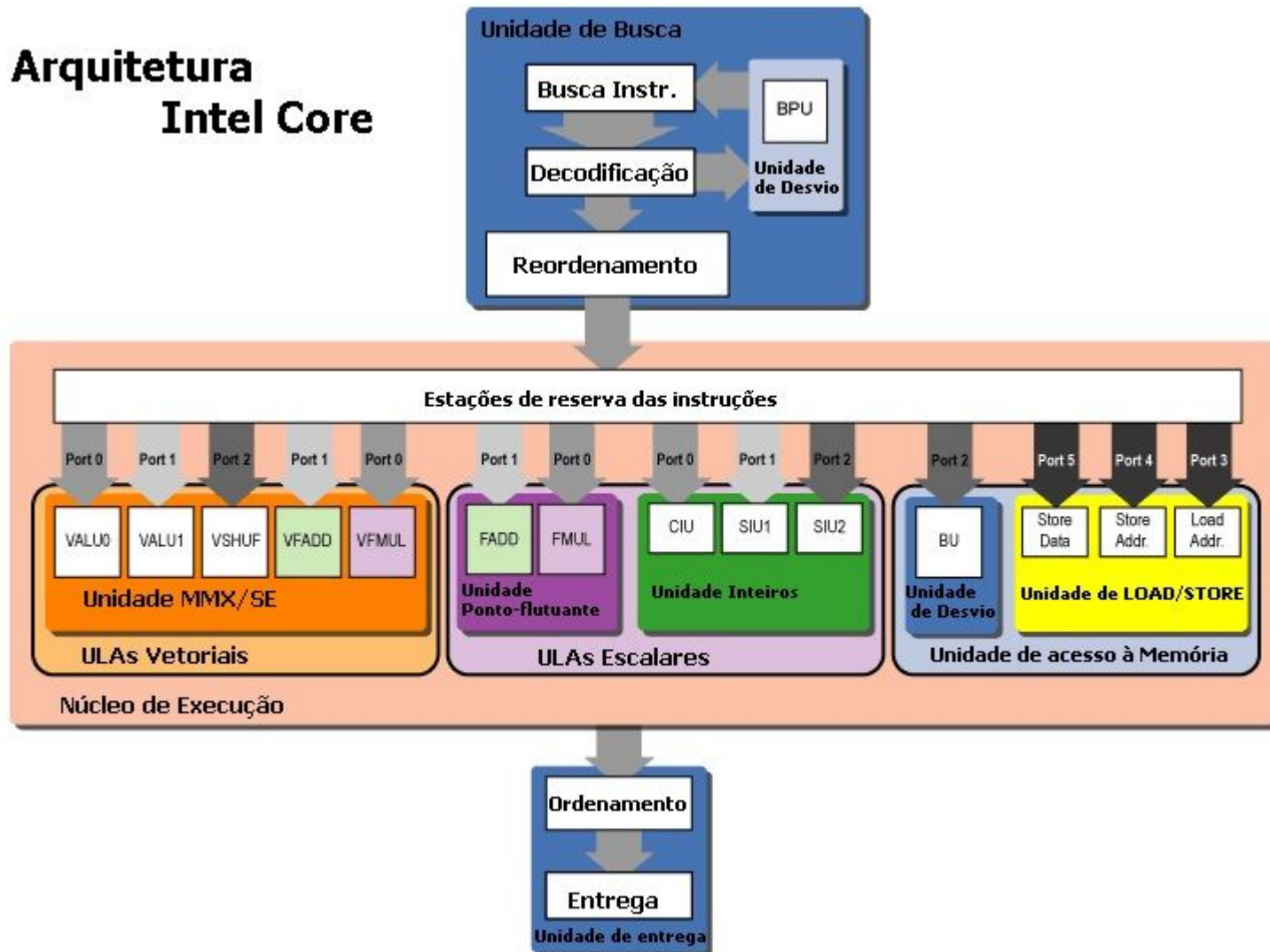
O Pentium 4 levou essa filosofia adiante, utilizando um total de 20 estágios de pipeline, daí o nome "Hyper Pipelined". Temos aqui um slide da Intel que mostra um comparativo entre o pipeline do Pentium III com os 20 estágios do Willamette



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

Arquitetura Intel Core



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline

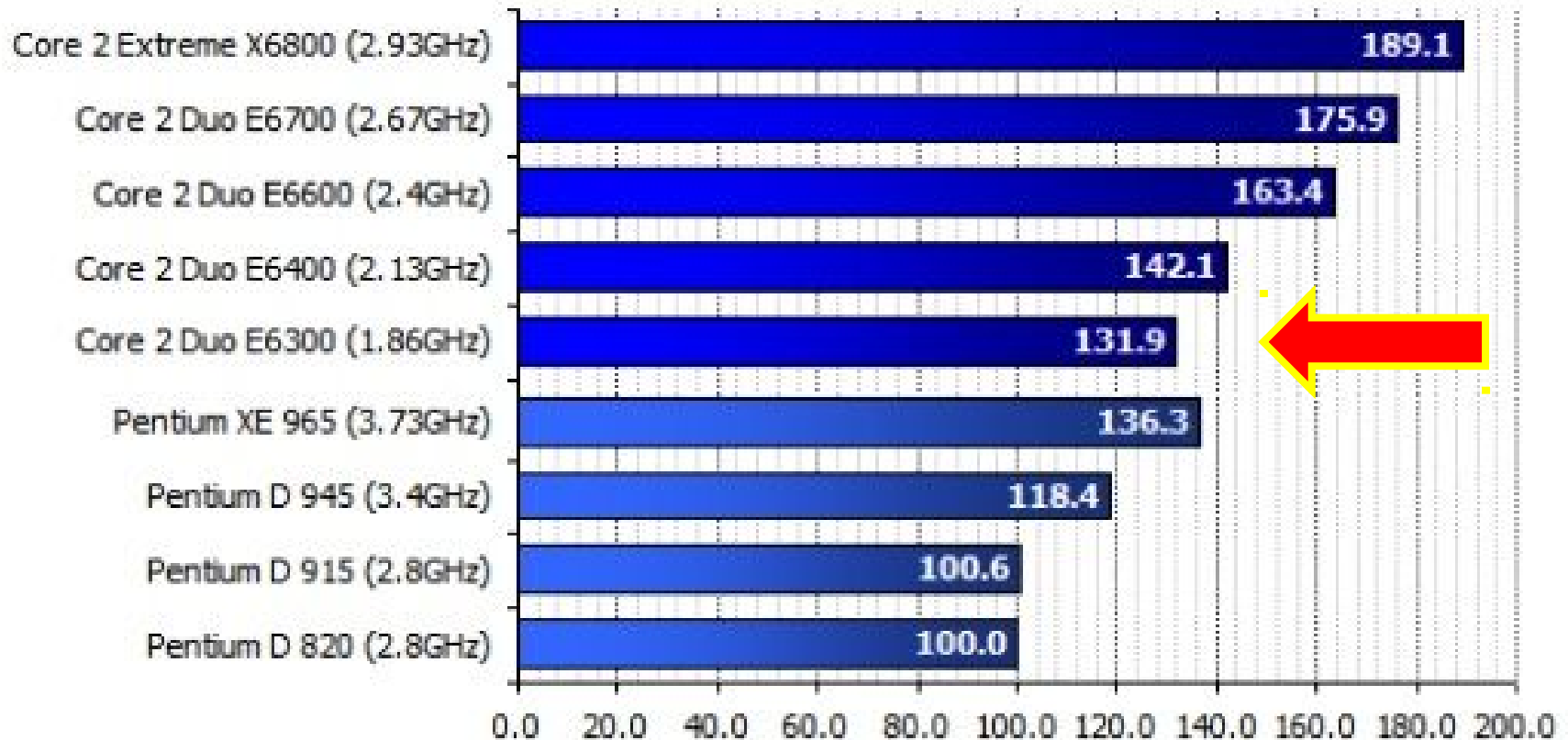
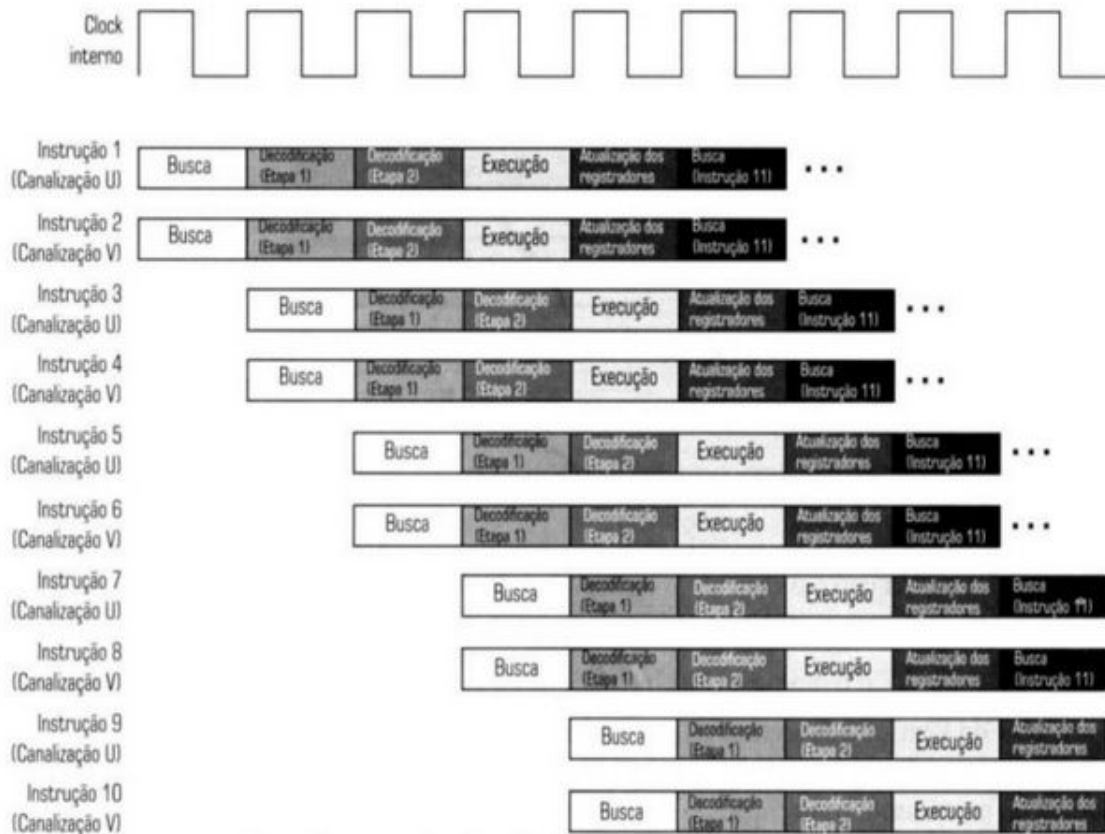


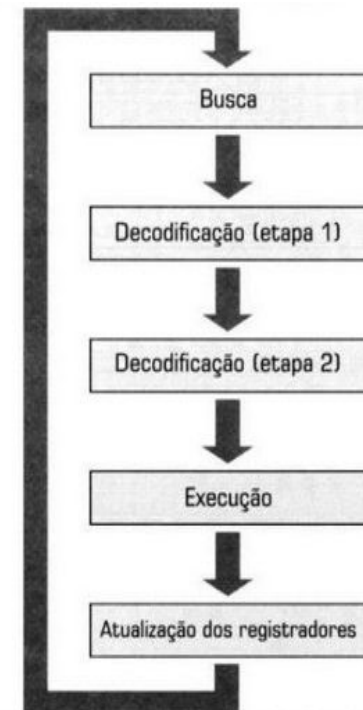
Figura 1 - Eficiência da arquitetura Core

Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline



Funcionamento do pipeline do Pentium e do Pentium MMX.

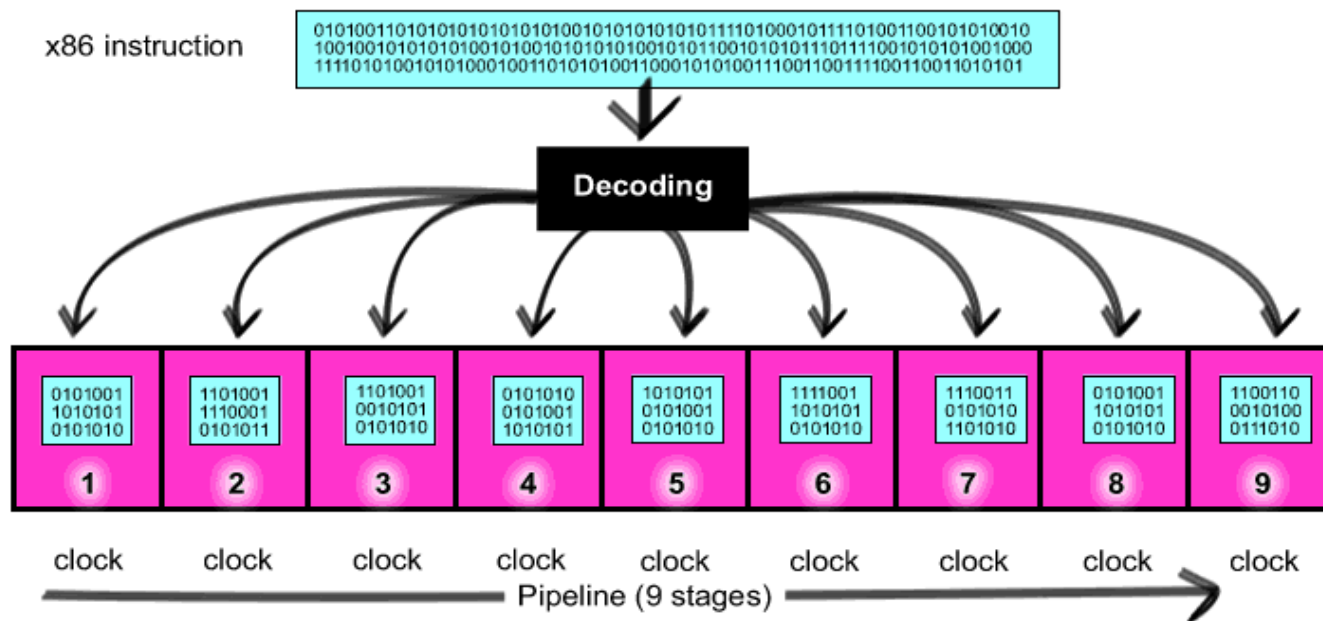


Etapas para a execução de instruções no Pentium

Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline X Superpipelines

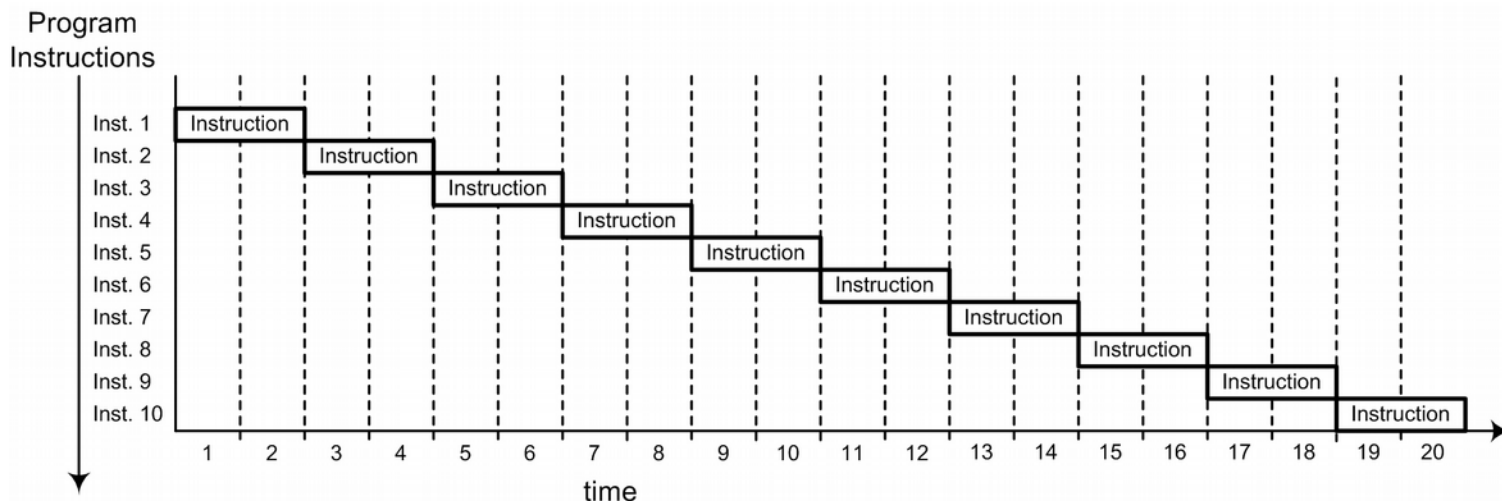
Pipeline é uma técnica de hardware que permite que o processador (CPU) realize a busca de uma ou mais instruções além da próxima a ser executada, ou melhor dizendo, pipeline é uma técnica de projeto onde o hardware processa mais de uma instrução de cada vez, sem esperar que uma instrução termine antes de começar a outra.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline X Superpipelines

A técnica pipeline é utilizada para acelerar a velocidade de operação da CPU. Explica-se isso, pelo fato de a próxima instrução estar armazenada dentro da CPU, não precisando ser buscada na memória, que é normalmente mais lenta. O pipeline consiste em colocar instruções em uma linha de produção de modo que torne o processamento mais rápido.

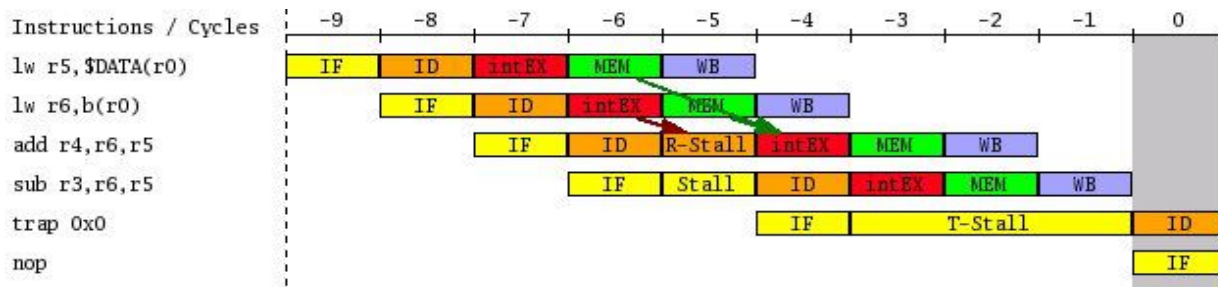


Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline X Superpipelines

Vantagens do uso do pipeline:

- No pipeline todas as instruções têm o mesmo comprimento, ajudando na performance da máquina.
- Existem poucos formatos de instrução, o que o torna menos complexo que outras técnicas.
- Os operandos no pipeline, só aparecem em loads e stores, trazendo uma praticidade por simplificar a busca por eles.

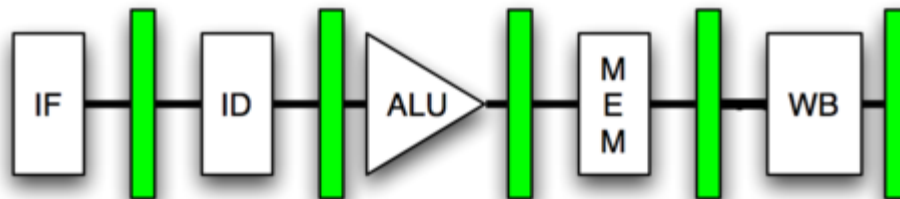


Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline X Superpipelines

Desvantagens do uso do pipeline:

- Tendo apenas uma memória, está fica sobrecarregada e não atende às expectativas e exigências do pipeline.
- As instruções de desvio podem bloquear uma determinada instrução que teria que ser executada.
- As dependências de dados podem gerar problemas na hora de se executar um conjunto de instruções.

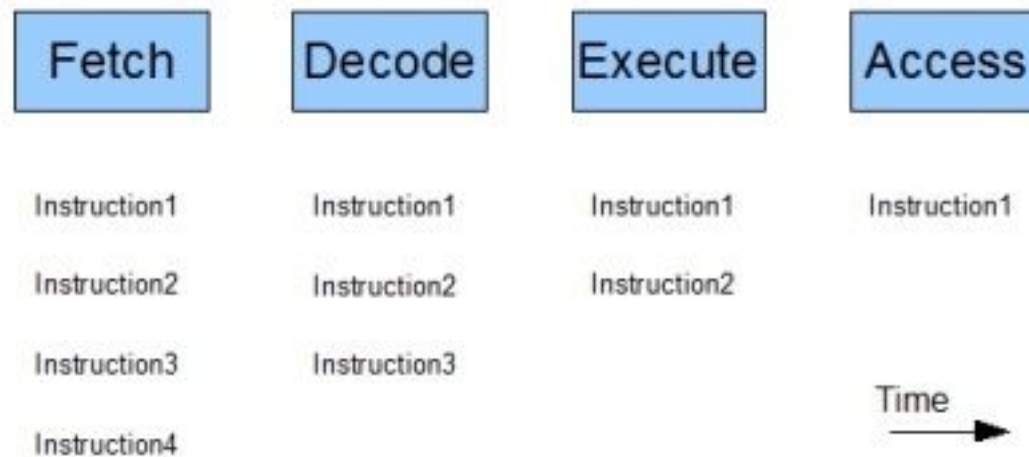


Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline X Superpipelines

Qual o princípio de funcionamento da técnica?

Há a execução de uma tarefa através da sua divisão num conjunto de sub-tarefas, empregando a concorrência temporal (também chamada de overlap). Na medida que conclui a execução num estágio e que o resultado segue para a próxima etapa, o estágio é carregado com a próxima tarefa. Os tempos de execução em cada estágio devem ser bastante semelhantes para que não haja tempos ociosos.

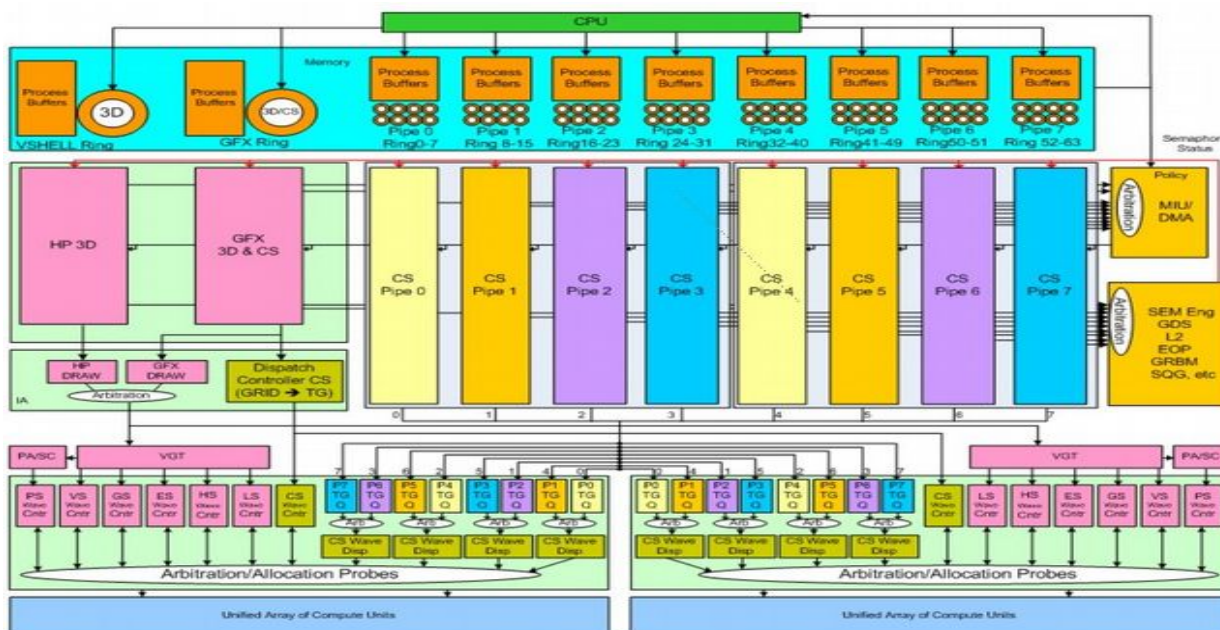


Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline X Superpipelines

A configuração do pipeline:

Unifunção x Multifunção = Na multifunção o processador possui um pipeline capaz de assumir funções diferentes, e na unifunção só se pode trabalhar com um tipo de função por vez.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline X Superpipelines

Estático x Dinâmico = No estático o pipeline multifunção só assume uma função por vez, enquanto que no dinâmico, pode assumir mais de uma.

Escalar x Vetorias = O pipeline vetorial processa instruções vetoriais e o escalar processa os outros tipos de instruções.

Vendo as vantagens e desvantagens, pode-se concluir que, apesar de tudo, o pipeline melhora o desempenho da máquina por meio do aumento do número de instruções executadas numa unidade de tempo, e não pela diminuição do tempo de execução de uma instrução individual.



Arquitetura e Organização de Computadores

Pipeline X Superpipelines

Superpipelines

Os superpipelines nada mais são, do que pipelines mais extensos. Possuem as mesmas propriedades que os anteriormente citados.

A única particularidade que os diferencia um do outro, é que a arquitetura superpipeline subdivide cada estágio do pipeline em sub-estágios e multiplica o clock internamente. Cada sub-estágio continua executando uma instrução por clock, mas como o clock interno é multiplicado, o pipeline pode aceitar duas ou mais instruções para cada clock externo.

