

TOMASULO



**Edson Pimenta de Almeida
Luís Augusto Starling Toledo
Túlio Gomes Braga**

ALGORITMO DE TOMASULO

- + O Algoritmo de Tomasulo implementa o escalonamento dinâmico de instruções, permitindo que o processador execute instruções fora da ordem original do programa (Out-of-Order Execution) para evitar que a CPU fique ociosa enquanto espera por dados.



QUAL A SUA FINALIDADE?

- **Maximizar o Parallelismo:** Aumentar o número de instruções executadas por ciclo
- **Minimizar Paradas (Stalls):** Evitar que o processador pare completamente só porque uma instrução lenta está bloqueando o caminho.
- **Resolver Dependências:** Eliminar dependências falsas de dados (WAR e WAW) através do renomeamento de registradores em hardware.

COMPONENTES PRINCIPAIS

- **Estações de Reserva (Reservation Stations):** Buffers na entrada das unidades funcionais (ALUs) que permitem que o processador busque novas instruções mesmo que as anteriores não tenham terminado.
- **Common Data Bus (CDB):** Um barramento de dados que conecta a saída das unidades funcionais diretamente às estações de reserva e aos registradores. Permite o "broadcast" (transmissão) do resultado assim que ele fica pronto.
- **Fila de Instruções :** De onde as instruções são despachadas.

COMO FUNCIONA O RENOMEAMENTO DE REGISTRADORES?

- **O Problema:** Em arquiteturas antigas, usar o mesmo nome de registrador (ex: R1) para cálculos diferentes causava conflitos.
- **A Solução:** O algoritmo substitui o nome do registrador arquitetural pelo nome da Estação de Reserva que produzirá o valor.
- **O Resultado:** Isso elimina conflitos de escrita (WAR - Write After Read e WAW - Write After Write), permitindo que o loop continue executando sem esperar a iteração anterior terminar fisicamente.

OS 3 ESTÁGIOS DO ALGORITMO

- **Despacho (Issue):** Se houver uma estação de reserva livre, a instrução é enviada e os registradores são renomeados para evitar conflitos.
- **Execução (Execute):** A instrução monitora o barramento (CDB) aguardando seus operandos. Assim que os dados chegam, ela executa (permitindo o fluxo fora de ordem).
- **Escrita (Write Result):** O resultado calculado é transmitido no barramento (CDB) para todas as estações e registradores que estavam esperando, liberando a unidade funcional.

**VALIDAÇÃO
ESPECULAÇÃO E
FLUSH**

PROGRAMA (INSTRUÇÕES)

OP	Destino / Alvo	Fonte 1	Fonte 2
BNE	3	F1	F2
MULT	F4	F4	F4
MULT	F5	F4	F5
ADD	F0	F4	F0

LATÊNCIA (CLOCKS)

LOAD/STORE:

2

ADD/SUB:

10

MULT/DIV:

4

2º CICLO

RESERVATION STATIONS

RS	Busy	Op	Vj	Vk	Qj	Qk	Rem
Load1	NO						0
Load2	NO						0
Add1	YES	BNE	10.0	20.0			8
Add2	NO						0
Add3	NO						0
Mult1	YES	MULT	15.0	15.0			3
Mult2	NO						0

REORDER BUFFER (ROB)

ID	Busy	Tipo	Dest/Alvo	Valor/Tomado	Ready
1	YES	BNE	3		NO
2	YES	MULT	F4		NO
3	NO				NO
4	NO				NO
5	NO				NO
6	NO				NO

4º CICLO

RESERVATION STATIONS

RS	Busy	Op	Vj	Vk	Qj	Qk	Rem
Load1	NO						0
Load2	NO						0
Add1	YES	BNE	10.0	20.0			6
Add2	YES	ADD		40.0	ROB2		0
Add3	NO						0
Mult1	YES	MULT	15.0	15.0			1
Mult2	YES	MULT		135.0	ROB2		0

REORDER BUFFER (ROB)

ID	Busy	Tipo	Dest/Alvo	Valor/Tomado	Ready
1	YES	BNE	3		NO
2	YES	MULT	F4		NO
3	YES	MULT	F5		NO
4	YES	ADD	F0		NO
5	NO				NO
6	NO				NO

5º CICLO

RESERVATION STATIONS

RS	Busy	Op	Vj	Vk	Qj	Qk	Rem
Load1	NO						0
Load2	NO						0
Add1	YES	BNE	10.0	20.0			5
Add2	YES	ADD	225.0	40.0			0
Add3	NO						0
Mult1	NO						0
Mult2	YES	MULT	225.0	135.0			0

REORDER BUFFER (ROB)

ID	Busy	Tipo	Dest/Alvo	Valor/Tomado	Ready
1	YES	BNE	3		NO
2	YES	MULT	F4	225.0	YES
3	YES	MULT	F5		NO
4	YES	ADD	F0		NO
5	NO				NO
6	NO				NO

6º CICLO

RESERVATION STATIONS

RS	Busy	Op	Vj	Vk	Qj	Qk	Rem
Load1	NO						0
Load2	NO						0
Add1	YES	BNE	10.0	20.0			4
Add2	YES	ADD	225.0	40.0			9
Add3	NO						0
Mult1	NO						0
Mult2	YES	MULT	225.0	135.0			3

REORDER BUFFER (ROB)

ID	Busy	Tipo	Dest/Alvo	Valor/Tomado	Ready
1	YES	BNE	3		NO
2	YES	MULT	F4	225.0	YES
3	YES	MULT	F5		NO
4	YES	ADD	F0		NO
5	NO				NO
6	NO				NO

9º CICLO

RESERVATION STATIONS

RS	Busy	Op	Vj	Vk	Qj	Qk	Rem
Load1	NO						0
Load2	NO						0
Add1	YES	BNE	10.0	20.0			1
Add2	YES	ADD	225.0	40.0			6
Add3	NO						0
Mult1	NO						0
Mult2	NO						0

REORDER BUFFER (ROB)

ID	Busy	Tipo	Dest/Alvo	Valor/Tomado	Ready
1	YES	BNE	3		NO
2	YES	MULT	F4	225.0	YES
3	YES	MULT	F5	30375.0	YES
4	YES	ADD	F0		NO
5	NO				NO
6	NO				NO

10° CICLO

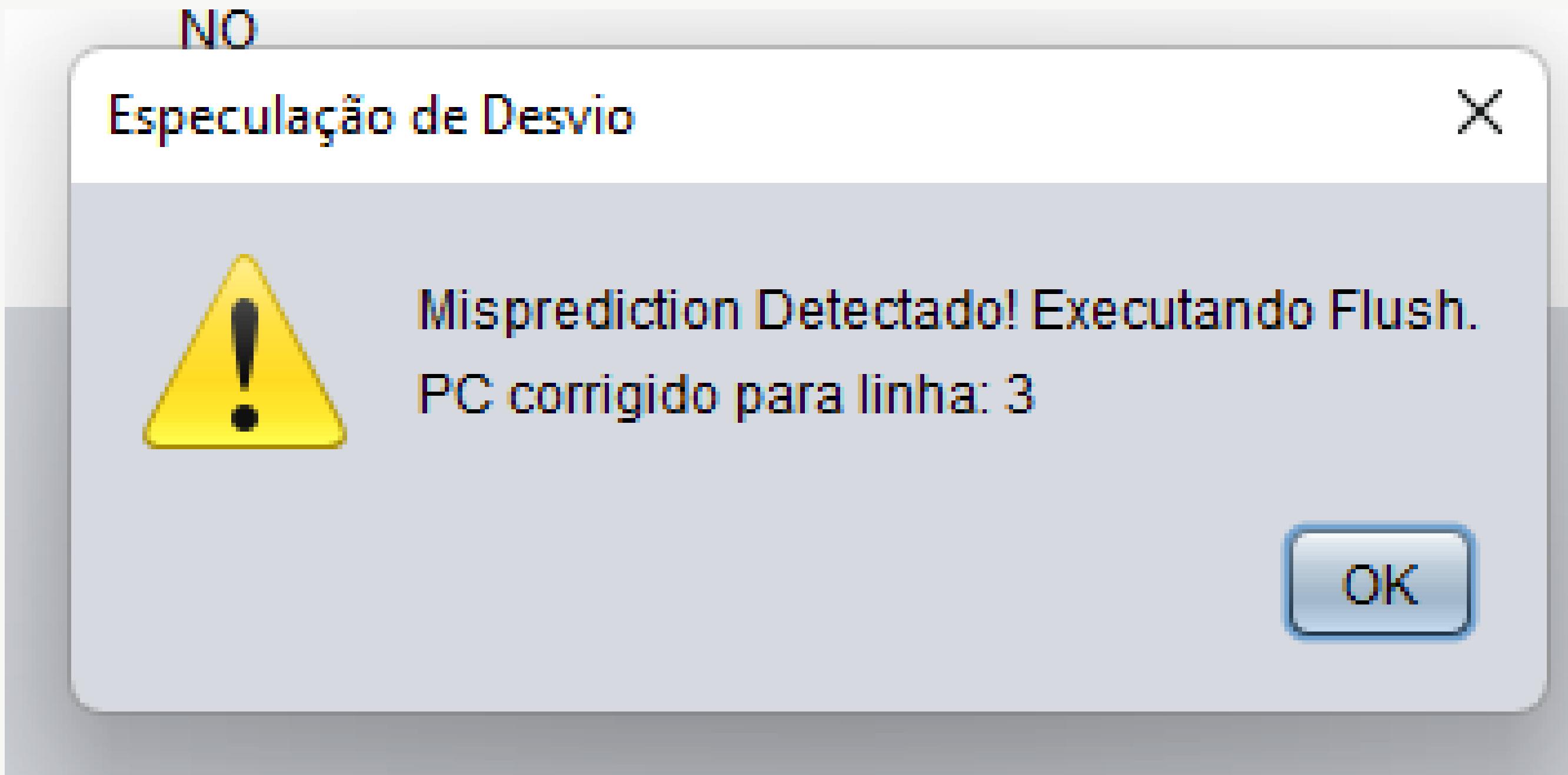
RESERVATION STATIONS

RS	Busy	Op	Vj	Vk	Qj	Qk	Rem
Load1	NO						0
Load2	NO						0
Add1	NO						0
Add2	YES	ADD	225.0	40.0			5
Add3	NO						0
Mult1	NO						0
Mult2	NO						0

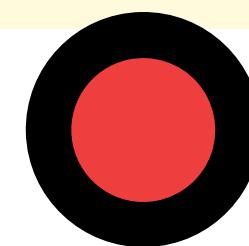
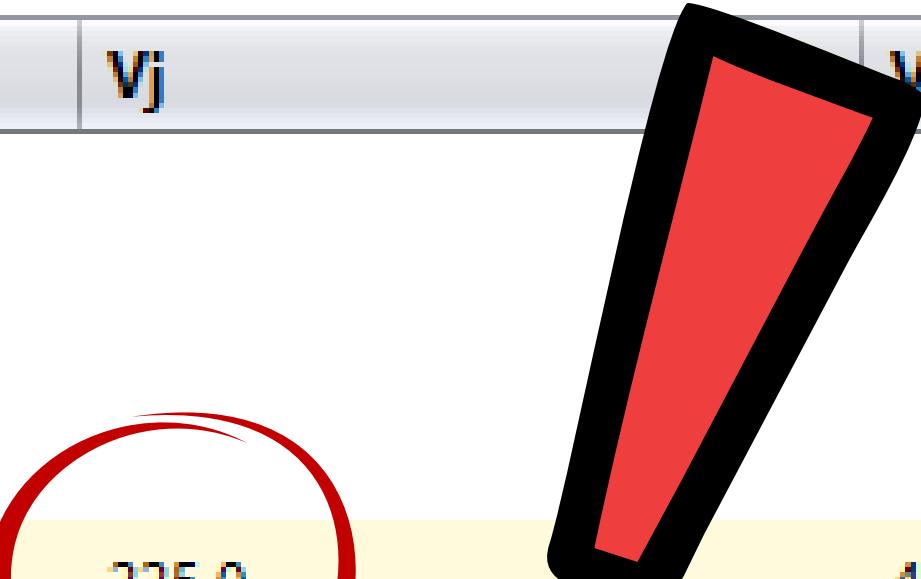
REORDER BUFFER (ROB)

ID	Busy	Tipo	Dest/Alvo	Valor/Tomado	Ready
1	YES	BNE	3	TOMADO	YES
2	YES	MULT	F4	225.0	YES
3	YES	MULT	F5	30375.0	YES
4	YES	ADD	F0		NO
5	NO				NO
6	NO				NO

11º CICLO



RS	Busy	Op	Vj	Vk
Load1	NO			
Load2	NO			
Add1	NO			
Add2	YES	ADD	225.0	40.0
Add3	NO			
Mult1	NO			
Mult2	NO			



RESERVATION STATIONS

RS	Busy	Op	Vj	Vk
Load1	NO			
Load2	NO			
Add1	YES	ADD	15.0	40.0
Add2	NO			
Add3	NO			
Mult1	NO			

REORDER BUFFER (ROB)

ID	Busy	Tipo	Dest/Alvo	Valor/Tomado	Ready
1	YES	ADD	F0		NO
2	NO				NO
3	NO				NO
4	NO				NO
5	NO				NO
6	NO				NO

COMMIT

REORDER BUFFER (ROB)

ID	Busy	Tipo	Dest/Alvo	Valor/Tomado	Ready
1	YES	ADD	F0	55.0	YES
2	NO				NO
3	NO				NO
4	NO				NO
5	NO				NO
6	NO				NO

FP REGISTERS

F0:	40.0	F1:	10.0
F2:	20.0	F3:	5.0
F4:	15.0	F5:	135.0

DEMONSTRAÇÃO