

RA: _____ **Nome:** _____

1. Uma aplicação de computação numérica executa exaustivamente um cálculo correspondente à expressão

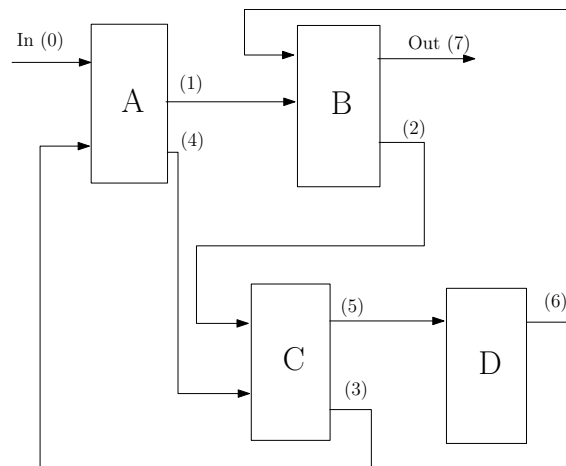
$$((a + b) \times (a - b)) / (c + d) \times (c - d)$$

A análise do código intermediário gerado pelo compilador padrão do sistema mostrou que a variável correspondente à a é alocada ao registrador R1, b a R2, c a R3, d a R4 e o resultado a R5, e o cálculo é executado pela seguinte sequência de instruções (em linguagem intermediária de três endereços):

```
R5 := R1 + R2
R6 := R1 - R2
R5 := R5 * R6
R1 := R3 + R4
R2 := R3 - R4
R6 := R1 * R2
R5 := R5 / R6
```

- (a) Liste todas as dependências entre as sete instruções geradas pelo compilador. Apresente também o grafo das dependências para essas instruções.
- (b) Aplique a técnica de renomeação de registros no código gerado pelo compilador e mostre o código equivalente sem dependências de saída e sem antidependências.
- (c) Obtenha o perfil de paralelismo para o cálculo da expressão aritmética usando o resultado do item (b), ou seja, sem a existência de dependências artificiais. Considere que a operação de soma ou subtração consome um ciclo e que a operação de multiplicação ou divisão consome dois ciclos, qual a quantidade mínima de ciclos em que o cálculo com esse perfil de paralelismo pode ser realizado?
- (d) A sequência de expressões do item (b) será executada em um processador superescalar com política de emissão fora de ordem e escrita fora de ordem. O processador tem duas unidades de busca e decodificação, duas unidades de escrita e duas unidades de execução, um somador e subtrator (operação em um ciclo) e um multiplicador e divisor (operação em dois ciclos). Mostre a melhor escala de execução para esse código nesse processador.
- (e) Como projetista da próxima geração do processador do item (d), você recebeu do líder do projeto a missão de decidir entre duas possibilidades de evolução do módulo superescalar. A primeira opção é acrescentar um segundo multiplicador e divisor; a segunda opção é acrescentar um segundo somador e subtrator juntamente com uma terceira unidade de busca e decodificação. Tendo como parâmetro de decisão o cálculo dessa expressão aritmética, apresente uma justificativa para a seleção de uma das duas opções.

2. Um pipeline não-linear de quatro estágios apresenta a seguinte estrutura:



Os números entre parênteses indicam a sequência para a realização da operação que será considerada nesta questão.

- Para a operação indicada, monte a tabela de reserva para a ocupação dos estágios do pipeline.
- Para esse pipeline, obtenha a mínima latência média para uma longa sequência de execuções dessa operação.
- Introduza a menor quantidade possível de estágios de atraso para maximizar a vazão do pipeline para a execução dessa operação. Mostre a nova estrutura do pipeline, a sequência para a execução da operação e a nova tabela de reserva de ocupação.
- Obtenha o diagrama de estados para o controlador de iniciação de operações do pipeline modificado apresentado no item (c).
- Para o diagrama de estados obtido no item (d), apresente todos os ciclos gulosos de iniciação de operações e indique qual ciclo (ou quais ciclos, se houver mais de um) garante a vazão ótima para uma longa sequência de execuções dessa operação.