

Nome: _____

Matrícula: _____

Instruções

- Prova individual em sala de aula com duração de 2:00 horas. O ponto 1 da prova deve ser entregue em sala de aula, enviando os arquivos VHDL produzidos e o esquemático RTL pelo repositório.
- O restante da prova deverá ser entregue via repositório até o dia 09/05 às 23:50 horas.
- Crie uma pasta chamada *prova* e coloque dentro dela um arquivo em PDF contendo as respostas aos questionamentos, assim como a pasta *.srcs* do seu projeto no Vivado contendo os arquivos VHDL, IPs e arquivos de simulação. Acrescente também arquivos Matlab, *prints* das simulações, o reporte de consumo de recursos e o reporte de timing.

QUESTÃO ÚNICA. Um robô móvel usa medidas de distância aos obstáculos através de um sensor de ultrassom e de um sensor de infravermelho. Deseja-se fazer a fusão sensorial dos sensores no intuito de melhorar a estimativa do valor de distância medida pelo robô. Para isto as equações (1), (2) e (3) são usadas. A cada instante de tempo k duas novas medidas (x_{UL} e x_{IR}) são realizadas e um novo valor da distância pode ser estimado através da fusão sensorial.

$$x_{fusao} = x_{UL} + G_{k+1} (x_{IR} - x_{UL}) \quad (1)$$

$$\sigma_{k+1}^2 = \sigma_k^2 - G_{k+1} \sigma_k^2 \quad (2)$$

$$G_{k+1} = \frac{\sigma_k^2}{\sigma_k^2 + \sigma_z^2} \quad (3)$$

onde,

- x_{fusao} é a estimativa da fusão dos dois sensores em centímetros
- x_{UL} é a medida do sensor de ultrassom em centímetros
- x_{IR} é a medida do sensor de infravermelho em centímetros
- σ_z^2 é o erro de covariância associado ao sensor de infravermelho
- σ_k^2 é o erro de covariância associado ao sensor de ultrassom no instante k
- σ_{k+1}^2 é o erro de covariância da fusão no instante de tempo $k+1$.
- G_{k+1} é conhecido como Ganho do filtro e é calculado a cada instante de tempo k

Requisitos:

1. (3 pontos. Entrega em sala de aula pelo repositório) Usando os operadores de cálculo aritmético em ponto flutuante de 27 bits implemente uma arquitetura de hardware que permita realizar a fusão sensorial com as medidas dos sensores de ultrassom e infravermelho. Explore o paralelismo intrínseco das equações. As entradas do circuito são x_{UL} e x_{IR} . Use uma entrada *start* para indicar o início do cálculo e uma saída *ready* para indicar que a saída (x_{fusao}) está pronta. Apresente um diagrama de blocos da arquitetura de hardware proposta. Apresente os diagramas de estado das máquinas de estados finitos (se aplica). Envie pelo repositório o print do esquemático RTL.

2. (2 pontos) Use a metodologia de verificação automática usando o Matlab para criar os estímulos de entrada e para decodificar a saída. Calcule o erro quadrático médio entre a solução hardware (27 bits) e a solução no Matlab (64 bits). Use a sua matrícula como semente inicial do gerador de números aleatórios do Matlab (exemplo: rand('twister', 141936920)). O valor inicial das covariâncias dos sensores devem ser aleatoriamente gerados. Assuma que o valor inicial do erro de covariância do sensor de ultrassom está na faixa $\sigma_k^2 = [0.1 \ 0.25]$ e para o sensor infravermelho $\sigma_z^2 = [0.50 \ 0.75]$.

4. (1 ponto) Qual é o tempo de execução da sua solução? Apresente prints de simulação. Qual é a latência da sua solução? Qual é o throughput?
5. (2 pontos) Crie um arquivo *top_module* no qual o componente da fusão sensorial recebe, através de duas memórias ROM, as medidas x_{UL} e x_{IR} . O arquivo de inicialização das memórias contém 100 dados aleatórios com distribuição normal e média em 100 centímetros. O valor da fusão deve ser mapeado em leds e o switch 15 deve ser usado para selecionar a parte mais significativa ou a menos significativa da palavra. Ajuste os *input delays* e *output delays* assim como a frequência do clock para resolver os possíveis problemas de *setup* e *hold*. Apresente o reporte de timing. Qual é a frequência máxima de operação da sua arquitetura?
6. (1 ponto) Apresente uma tabela com o consumo de recursos de hardware (slices LUTs, slices Registers, DSPs, BRAMs e pinos de IO) após o processo de implementação (processo PAR).
7. (1 ponto) Apresente um print do layout do circuito e do consumo de energia. Qual é a potência total consumida pela arquitetura? Qual é a potência dinâmica? Qual a potência estática?

BOA PROVA !