Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Instituto de Informática
Sistemas Digitais
Prof. Fernanda Lima Kastensmidt

Definição Trabalho 3 – Sistemas Digitais – 2017-1

1) Implementar uma versão em VHDL de um hardware que realize o cálculo da **média e o desvio padrão** (raiz quadrada da variância) da produção de um conjunto de funcionários produzindo peças em uma fábrica por 30 dias segundo a tabela, prototipar na placa e apresentar resultados conforme descrito a seguir.

Numero de peças fabricadas por dia para cada funcionário A a O

	Dias																													
Funcionarios	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**18**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
A	10	9	11	13	14	13	15	15	12	13	15	16	17	11	10	9	7	8	13	18	12	13	15	15	13	10	9	8	7	14
B	21	22	12	12	24	21	12	16	17	18	16	19	21	20	22	21	12	12	13	15	16	16	16	12	12	21	21	21	21	21
C	13	13	21	12	11	21	21	11	11	11	13	14	19	9	9	9	8	7	11	12	13	15	18	18	18	17	18	19	11	12
D	14	14	21	12	11	21	21	11	14	14	15	16	14	13	15	16	18	17	12	18	18	12	12	15	15	16	17	18	19	20
E	15	15	12	12	17	21	21	10	11	12	11	9	9	8	7	6	6	6	5	4	6	7	8	9	11	12	11	12	7	6
F	16	16	12	10	13	12	21	10	15	16	17	17	14	15	15	16	14	13	12	14	15	15	16	16	17	14	13	13	12	11
G	11	17	13	12	16	14	19	11	18	19	19	20	5	17	21	20	20	21	22	13	18	19	19	19	21	21	21	22	22	20
H	21	12	17	15	18	16	21	11	17	18	17	18	17	18	18	18	17	18	17	18	18	17	18	18	18	17	19	17	18	18
I	11	12	14	14	11	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	13	11
J	12	13	19	18	12	21	20	14	20	21	22	23	22	21	21	22	18	17	18	18	16	17	17	18	11	18	19	19	19	22
K	10	11	0	0	0	19	19	13	19	20	21	22	22	22	21	22	18	19	17	18	16	17	17	19	11	18	22	22	21	19
L	14	14	21	12	11	21	21	11	14	14	15	16	14	13	15	16	18	17	12	18	18	12	12	15	15	16	17	18	19	20
M	13	10	23	12	11	18	19	11	18	19	19	20	5	17	21	20	20	21	22	13	18	19	19	19	21	21	21	22	22	20
N	15	9	20	13	10	19	21	11	17	18	17	18	17	18	18	18	17	18	17	18	18	17	18	18	18	17	19	17	18	18
O	16	8	19	15	11	18	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	13	11

Sobre a entrada dos dados

a) **A tabela deve ser gravada em memoria usando .COE**
b) **A organização dos dados na memoria é de escolha do projetista**

Sobre o processamento

c) **a simulação sem e com atraso deve apresentar o numero de ciclos de relógio para realizar as operações e se foi implementado pipeline, paralelismo, etc.**

   Nesta etapa será importante apresentar dados de
   - **AREA**
   - **DESEMPENHO em numero de ciclos de relógio, frequência máxima de operação, tempo de execução.**
   - **arquitetura como organização da memoria, operadores, registradores e interfaces.**

d) **O resultado da media e do desvio padrão de cada funcionário deve ser gravado em 15 endereços de memoria consecutivos. (15 funcionários de A a O).**

Sobre apresentar os resultados

e) **As chaves da placa devem poder selecionar os endereços de memoria para informar os resultados de cada funcionário, e esses resultados devem ser expostos no display 7 segmentos.**

Exemplo
A 20 2
B 19 3

Criar um contador que conta do inicio da operação (BOTAO de START) ate o DONE (termino do calculo) e mostra o numero de ciclos de relógio nos LEDS da placa.

Avaliação
4 pontos: definição da arquitetura, organização, fluxograma ASM e diagrama de blocos do PC e PO
2 pontos: implementação do VHDL e simulação sem atraso
1 ponto: simulação com atraso
1 ponto: testbench inteligente que compara resposta com valor gold
2 pontos: implementação na placa

+ 1 ponto para a implementação que funcionar na placa e for a mais rápida em TEMPO (s)

+ 1 ponto para a implementação que funcionar na placa e tiver a menor área (# LUT, ffp, DSP)

Funcionários	**Quantidade de peças produzidas por dia**				
	Segunda	**Terça**	**Quarta**	**Quinta**	**Sexta**
A	10	9	11	12	8
B	15	12	16	10	11
C	11	10	8	11	12
D	8	12	15	9	11

Para saber a produção média de seus funcionários, o chefe faz o cálculo da **média aritmética** $(\bar{x})$ de produção, isto é, a soma do número de peças produzido em cada dia dividida pela quantidade analisada de dias.

A partir desse cálculo, temos a produção diária média de cada funcionário. Mas se observarmos bem a tabela, veremos que há valores distantes da média. O funcionário **B**, por exemplo, produz uma média de **12,8 peças por dia.** No entanto, houve um dia em que ele produziu **16 peças** e outro dia em que ele confeccionou apenas **10 peças**. Será que o processo utilizado pelo dono da empresa é suficiente para o seu propósito?

Para esse exemplo, ficou fácil concluir que há uma grande variação entre a produção de cada funcionário. Mas e se essa fosse uma grande empresa, com mais de mil funcionários, ou se fosse observada a produção em um ano, será que conseguiríamos definir essa variação com tanta facilidade?

O estudo da **Estatística** apresenta **medidas de dispersão** que permitem a análise **da dispersão dos dados**. Inicialmente veremos a **variância**, *uma medida de dispersão que mostra quão distantes os valores estão da média*. Nesse caso, como estamos analisando todos os valores de cada funcionário, e não apenas uma "amostra", trata-se do cálculo da **variância populacional (var)**.

O cálculo da variância populacional é obtido através da soma dos quadrados da diferença entre cada valor e a média aritmética, dividida pela quantidade de elementos observados. Observe o cálculo simplificado para esse exemplo:

$$\text{var} = \frac{(\text{segunda} - \text{média aritmética})^2 + (\text{terça} - \text{média aritmética})^2 + \cdots + (\text{sexta} - \text{média aritmética})^2}{\text{quantidade de dias}}$$

Vamos então calcular a **variância populacional** para cada funcionário:

Funcionários	Média Aritmética ($\bar{x}$)	
A	$\bar{X}_A = \frac{10 + 9 + 11 + 12 + 8}{5} = \frac{50}{5}$	$\bar{X}_A = 10,0$
B	$\bar{X}_B = \frac{15 + 12 + 16 + 10 + 11}{5} = \frac{64}{5}$	$\bar{X}_B = 12,8$
C	$\bar{X}_C = \frac{11 + 10 + 8 + 11 + 12}{5} = \frac{52}{5}$	$\bar{X}_C = 10,4$
D	$\bar{X}_D = \frac{8 + 12 + 15 + 9 + 11}{5} = \frac{55}{5}$	$\bar{X}_D = 11,0$

*****Os dados finais serão todos inteiros então serão arredondados para cima ou para baixo.**

Variância → Funcionário A:

$$\text{var (A)} = \frac{(10 - 10)^2 + (9 - 10)^2 + (11 - 10)^2 + (12 - 10)^2 + (8 - 10)^2}{5}$$

$$\text{var (A)} = \frac{10}{5} = 2{,}0$$

Variância → Funcionário B:

$$\text{var (B)} = \frac{(15 - 12{,}8)^2 + (12 - 12{,}8)^2 + (16 - 12{,}8)^2 + (10 - 12{,}8)^2 + (11 - 12{,}8)^2}{5}$$

$$\text{var (B)} = \frac{26{,}8}{5} = 5{,}36$$

Variância → Funcionário C:

$$\text{var (C)} = \frac{(11 - 10{,}4)^2 + (10 - 10{,}4)^2 + (8 - 10{,}4)^2 + (11 - 10{,}4)^2 + (12 - 10{,}4)^2}{5}$$

$$\text{var (C)} = \frac{9{,}2}{5} = 1{,}84$$

Variância → Funcionário D:

$$\text{var (D)} = \frac{(8 - 11)^2 + (12 - 11)^2 + (15 - 11)^2 + (9 - 11)^2 + (11 - 11)^2}{5}$$

$$\text{var (D)} = \frac{30}{5} = 6{,}0$$

Podemos afirmar que a produção diária do funcionário **C** é mais uniforme do que a dos demais funcionários, assim como a quantidade de peças diárias de **D** é a mais desigual. **Quanto maior for a variância, mais distantes da média estarão os valores, e quanto menor for a variância, mais próximos os valores estarão da média.**

Em algumas situações, apenas o cálculo da variância pode não ser suficiente, pois essa é uma medida de dispersão muito influenciada por valores que estão muito distantes da média. Além disso, o fato de a variância ser calculada “ao quadrado” causa uma certa camuflagem dos valores, dificultando sua interpretação. Uma alternativa para solucionar esse problema é o **desvio padrão**, outra **medida de dispersão.**

O **desvio padrão** **(dp)** *é simplesmente o resultado positivo da raiz quadrada da variância*. Na prática, o desvio padrão indica qual é o “erro” se quiséssemos substituir um dos valores coletados pelo valor da média. Vamos agora calcular o desvio padrão da produção diária de cada funcionário:

O **desvio padrão (dp)** *é simplesmente o resultado positivo da raiz quadrada da variância*. Na prática, o desvio padrão indica qual é o "erro" se quiséssemos substituir um dos valores coletados pelo valor da média. Vamos agora calcular o desvio padrão da produção diária de cada funcionário:

Desvio Padrão → Funcionário A:

$$dp(A) = \sqrt{var\,(A)}$$
$$dp(A) = \sqrt{2{,}0}$$
$$dp(A) \approx 1{,}41$$

Desvio Padrão → Funcionário B:

$$dp(B) = \sqrt{var\,(B)}$$
$$dp(B) = \sqrt{5{,}36}$$
$$dp(B) \approx 2{,}32$$

Desvio Padrão → Funcionário C:

$$dp(C) = \sqrt{var\,(C)}$$
$$dp(C) = \sqrt{1{,}84}$$
$$dp(C) \approx 1{,}36$$

Desvio Padrão → Funcionário D:

$$dp(D) = \sqrt{var\,(D)}$$
$$dp(D) = \sqrt{6{,}0}$$
$$dp(D) \approx 2{,}45$$

Podemos ver a utilização do desvio padrão na apresentação da média aritmética, informando o quão "confiável" é esse valor. Isso é feito da seguinte forma:

média aritmética (x) ± desvio padrão (dp)

média aritmética (x) ± desvio padrão (dp)

Se o dono da empresa de nosso exemplo pretende concluir seu relatório com a produção média diária de seus funcionários, ele fará da seguinte forma:

Funcionário A: 10,0 ± 1,41 peças por dia
Funcionário B: 12,8 ± 2,32 peças por dia
Funcionário C: 10,4 ± 1,36 peças por dia
Funcionário D: 11,0 ± 2,45 peças por dia

***** Iremos trabalhar com números inteiros positivos apenas logo no nosso caso veríamos**

10 +- 1
12 +- 2
10 +- 1
11 +- 2