

# Implementação de um Sistema Digital de Razoável Complexidade – Treino de uso de VHDL para implementar sistemas síncronos

## 1 TRABALHO A SER DESENVOLVIDO E REGRAS DO JOGO

### Um Cronômetro para Jogos de Basquete

1. **Introdução:** Embora a funcionalidade básica de um cronômetro seja conceitualmente simples, quando se acrescenta diferentes operações às básicas, visando adaptar o módulo a uma finalidade específica, pode-se aumentar sobremaneira a complexidade de projeto. O objetivo deste trabalho é especificar um módulo que deverá ser implementado em hardware pelos alunos, desde a escrita dos diferentes trechos em VHDL que corresponderão aos módulos funcionais de um cronômetro para jogos de basquete.
2. **Pressupostos:** O cronômetro deve operar sobre a plataforma Nexys2 disponível em laboratório, com todas as restrições que esta plataforma impõe, o que inclui;
  - 2.1. Só existe uma fonte de relógio na plataforma, um cristal de 50MHz;
  - 2.2. Somente podem ser usados os dispositivos de entrada e saída nativos da placa, quais sejam: para saída de dados, existem 4 mostradores de sete segmentos e 8 diodos emissores de luz (LEDs); para entrada de dados existem apenas 8 chaves deslizantes e quatro botões (push Button)
3. **Especificação do Cronômetro:** Para servir a jogos de basquete o cronômetro deve:
  - 3.1. Mostrar o jogo ordinário como sendo composto de 4 quartos de exatamente 15 minutos (numerados de 1 a 4). O tempo que falta para terminar um quarto de jogo em curso é visualizável em notação decimal com precisão de centésimos de segundo. Logo o cronômetro deve mostrar minutos, segundos e centésimos, cada um destes em dois dígitos decimais. Todos os valores do cronômetro evoluem sempre em ordem decrescente (minutos, segundos e centésimos), exceto os quartos que evolui em ordem crescente. Assim, suponha que se está antes do início do primeiro quarto, com o cronômetro marcando 15min 00s 00centésimos. Ao comandar o início da contagem do tempo do quarto, a primeira mudança no cronômetro ocorre exatamente 1 centésimo de segundo após o início do quarto, com o cronômetro passando para 14min 59s 99centésimos.
  - 3.2. Ser dotado de um botão (denominado Para\_Continua) que uma vez apertado para imediatamente o cronômetro, congelando o tempo de jogo. Sendo este apertado novamente reinicia-se o cronômetro do ponto em que parou.
  - 3.3. Possuir um botão (denominado Novo\_Quarto) que, estando o jogo parado, se apertado leva para o início do próximo quarto, deixando o cronômetro congelado no tempo de início do quarto 15min 00s 00centésimos.
  - 3.4. Para considerar eventos especiais durante um jogo, que possam implicar o reinício deste em qualquer contagem de quarto, minutos e segundos, deve haver suporte para tanto. Assim, deve existir um botão de controle que, quando acionado com o cronômetro parado, lê um conjunto de entradas que especificam novos valores de minutos e segundos, assumindo que os centésimos reiniciarão em 00.
  - 3.5. Toda vez que um quarto for concluído, o cronômetro automaticamente para. O reinício do mesmo pode ser obtido apertando o botão Novo\_Quarto, seguido do botão Para\_Continua que dispara a contagem do novo quarto.

3.6. A implementação do cronômetro deve utilizar um processo de projeto absolutamente síncrono, onde todos os módulos são operados a partir de dois sinais de controle globais comuns, o sinal de relógio (gerado pelo cristal de 50MHz da placa) e o sinal de reset.

4. **Módulos da Implementação:** Uma forma simples de criar o cronômetro de basquete é usar cinco módulos contadores, todos síncronos:

4.1. Um contador de ciclos de relógio, que avisa quando se deu a passagem de 1 centésimo de segundo, equivalente à passagem de 500.000 ciclos de relógio.

4.2. Um contador de centésimos, que avisa quando “virou”, ou seja, quando passou de 0 para 99, indicando quando passou 1s.

4.3. Um contador de segundos, que avisa quando “virou”, ou seja, quando passou de 0 para 59, indicando que passou 1 min.

4.4. Um contador de minutos, que avisa quando chegou a 0.

4.5. Um contador de quartos, que conta de 1 a 4.

Dado os cinco contadores que funcionem como mencionado acima, cada um deles deve ter uma entrada de habilitação de contagem. Esta entrada de habilitação de contagem deve ficar ativa por exatamente um ciclo do relógio de 50MHz. Cada contador possui uma condição distinta de contagem, cada uma explicada a seguir:

- Contador de ciclos de relógio – Está sempre habilitado quando o cronômetro está operando, em todo ciclo de relógio. Quando o cronômetro é parado a contagem é desabilitada;
- Contador de centésimos – É habilitada sua contagem a cada 500.000 ciclos de relógio e se o cronômetro está operando;
- Contador de segundos – Sua contagem é habilitada cada vez que o cronômetro está operando, e está na hora de virar o contador de centésimos e o contador de ciclos;
- Contador de minutos – Sua contagem é habilitada cada vez que o cronômetro está operando, e está na hora de virar os contadores de segundos, centésimos e de ciclos;
- Contador de Quartos – Sua contagem é habilitada quando o cronômetro está parado e aperta-se o botão Novo\_Quarto.

5. **Estratégia de Implementação:** Sugere-se criar uma estrutura com um Bloco de Dados e um Bloco de Controle. O Bloco de Dados conterá os cinco contadores, que recebem, além dos sinais de controle clock e reset, uma entrada de habilitação cada e fornecem um sinal avisando que “viraram”, conforme descrito antes. O Bloco de Controle será uma máquina de estados (simples), que monitora se o cronômetro está operando ou está parado e gera as habilitações de cada contador de forma individualizada, a partir dos sinais de virada de cada um. Além desta organização em dois blocos, sugere-se criar todos os contadores como contadores que contam em binário e módulos conversores que adaptam os valores de contagem ao que se espera como forma de representação útil para leitura por seres humanos, ou seja, em decimal para os dados que aparecem nos mostradores de sete segmentos, em binário codificado em decimal (BCD), etc. Para adaptar os valores dos botões, recomenda-se o uso do módulo debounce, disponível na página da disciplina. Para adaptação das saídas aos displays recomenda-se o uso do driver de display, também disponível na página da disciplina.

6. **Especificação das Entradas e Saídas para a Placa Nexys:** A tabela abaixo mostra uma proposta de organização a nível de pinos para a implementação do cronômetro de basquete na placa Nexys, associando conjuntos de pinos a dispositivos de entrada e saída da placa.

	Pino(s)	Função e Comentários
Controles Básicos	Clock	Proveniente do cristal externo, ligado a pino específico do FPGA.
	Reset	Associar ao push-button BTN0.
Entradas	Para_Continua	Associar ao push-button BTN1. Internamente, usar debounce.
	Novo_Quarto	Associar ao push-button BTN2. Internamente, usar debounce.
	Novo_Valor	Associar ao push-button BTN3. Internamente, usar debounce.
	Novos_Minutos	Associar às chaves SW7-SW4, onde deve-se entrar um número entre 0 a 15 em binário.
	Novos_Segundos	Associar às chaves SW3-SW0, onde se deve entrar um número entre 0 a 11, que será associado a um número de segundos obtido pela multiplicação deste valor binário por 5, fornecendo um valor entre 0 e 55 segundos, em incrementos de 5 segundos. A justificativa é a ausência de mais recursos de entrada para representar qualquer valor de segundos entre 0-59.
Saídas	Quarto	Associar aos Leds LD7-LD5 que mostrarão em binário um número entre 1 e 4.
	Minutos	Associar aos Leds LD4-LD0 que mostrarão em BCD um número entre 0 e 15. Representações em BCD usam cada quatro bits para representar um número decimal entre 0-9. Por exemplo, 13 minutos seria representado em BCD como 1 0011.
	Val_Display	Estes 12 pinos deverão ser as saídas conectadas ao mostrador de sete segmentos de quatro dígitos. Os dois dígitos mais à esquerda devem mostrar o valor atual do contador de segundos, enquanto os dois dígitos mais à direita mostram o valor atual do contador de centésimos, ambos em decimal.
	Anodo	

7. Formato do trabalho e entrega: O trabalho deverá ser entregue via sala do Moodle até **30/05/2012**, contendo o projeto ISE completo e uma documentação contendo exemplos de telas com resultados da simulação VHDL do projeto, bem como evidências e comentários mostrando que o mesmo foi prototipado com sucesso na plataforma Nexys.
8. Valor do trabalho: Este trabalho vale 25% da nota final da disciplina.