

Laboratório sobre Implementação de Sistemas Digitais Mediante Esquemáticos - Experimento Avançado

Prática: Implementação de um Circuito Medidor Digital de Frequência

Recursos: CAD Foundation, Gerador de frequências e Osciloscópio

Parte I – Introdução e Objetivos

Os laboratórios anteriores serviram para dar embasamento na captura de projeto, simulação e síntese de sistemas digitais baseados em diagramas de esquemáticos e geradores automáticos de módulos. Também foi exercitada, nestes laboratórios, a síntese física de sistemas digitais visando sua implementação sobre FPGAs e a configuração e teste destes dispositivos sobre a plataforma educacional XS40/XST-1 da empresa Xess.

Este laboratório tem por objetivo consolidar os conhecimentos adquiridos, através do projeto de um freqüencímetro digital, ou seja, um circuito digital capaz de medir a freqüência de sinais digitais periódicos. Neste projeto, o aluno deve elaborar, através de esquemáticos, um circuito que permita a medição de várias freqüências, apresentando o valor da freqüência medida nos displays de 7 segmentos disponíveis na placa de prototipação. Este laboratório, ao contrário dos anteriores não fornece extensa informação sobre o que implementar, cabendo aos grupos descobrir, eventualmente com o auxílio do professor em sala de aula, como realizar as tarefas de implementação e teste.

Para realizar o laboratório, os grupos devem usar o gerador de freqüências, e o osciloscópio, que permitirá comprovar os resultados, obtidos nas medições, e apresentados através do display de 7 segmentos.

Parte II – Princípio de funcionamento do freqüencímetro proposto

Para a implementação do freqüencímetro será utilizada uma freqüência previamente conhecida (freqüência de referência - **Fr**). A partir de **Fr** e de dois contadores, que são incrementados a cada pulso de relógio, é possível obter o valor da freqüência de entrada, **Fin**. Cada freqüência tem o seu próprio contador. O contador de **Fr** será denominado de **ContFr**, e o contador de **Fin** será denominado de **ContIn**.

Tarefa 1: Estude, Pense e Responda: Considerando a estrutura da plataforma de prototipação XS40/XST1, qual ou quais as freqüências de referência disponível(is) nesta? Escolha a freqüência com base nesta disponibilidade, pois esta pautará a implementação em hardware.

Para demonstrar o princípio de funcionamento do freqüencímetro, considere que o contador **ContIn** sempre é incrementado quando **Fin** alterar o seu valor de 0 para 1 (biestável sensível à borda de subida), e que o contador **ContFr** sempre é incrementado quando **Fr** alterar o seu valor de 0 para 1 (idem para a sensibilidade à borda). Neste caso, se **Fr** for igual a **Fin**, ambos contadores terão o mesmo valor de contagem para qualquer instante em que forem avaliados. Porém, se **Fr** for maior que **Fin**, então o **ContFr** terá um valor maior que **ContIn**. Se ocorrer a situação inversa (**Fr** menor que **Fin**), **ContFr** terá um valor menor que **ContIn**. Contudo, existe uma relação constante, já que os contadores informam o número de vezes que as freqüências tiveram transições, assim como pode ser observado na Equação 1, que estabelece uma proporção entre as freqüências envolvidas a partir dos valores de contagem:

$$\frac{\text{ContFr}}{\text{Fr}} = \frac{\text{ContIn}}{\text{Fin}}$$

Equação 1 – Proporção entre Fr e Fin a partir de valores de ContFr e ContIn.

Transformando a Equação 1 é possível obter uma relação de **Fin** em função do valor dos contadores e de **Fr**, como pode ser observado na Equação 2.

$$\mathbf{Fin} = \frac{\mathbf{ContIn} \cdot \mathbf{Fr}}{\mathbf{ContFr}}$$

Equação 2 – Mesma equação 1, com isolamento do fator Fin.

Como artifício de implementação, pode-se utilizar uma frequência constante para **Fr**, e usar o conteúdo de **ContFr** apenas em momentos pré determinados quando este atingir um valor pré definido e conhecido. Uma maneira simples de fazer isto é escolher um dos bits (ou uma configuração de bits) de **ContFr** para servir de indicador dos momentos a usar para computar a frequência a medir.

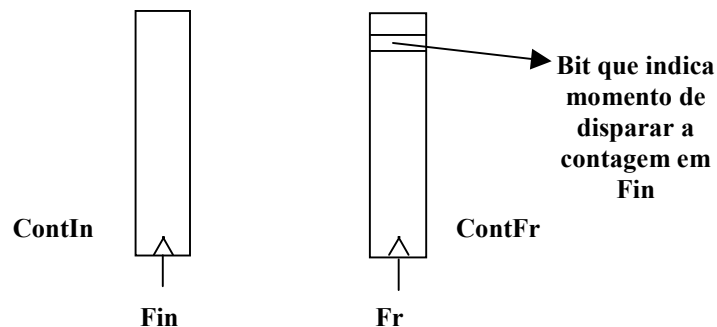


Figura 1 – Ilustração de como os contadores podem ser usados para efetuar o disparo da contagem. Na figura, mostra-se apenas a versão que usa um bit de Fr para computar o momento de cálculo de Fin.

A forma para utilizar **ContFr** é fazer com que o cálculo de **Fin** seja disparado *sempre e apenas* quando o **ContFr** tiver contado o valor pré definido. Desta forma, tanto **Fr**, quanto **ContFr** passam a ser constantes no momento da amostragem e **Fin** passa a depender apenas de **ContIn** (ver Figura 1). Por exemplo, supondo que **Fr** seja 10MHz e o **ContFr** dispare a análise de **ContIn** quando o mesmo tiver contado 10.000 bordas da frequência de referência, a Equação 2 pode ser reescrita sob as formas das Equações 3 e 4 abaixo:

$$\mathbf{Fin} = \frac{\mathbf{ContIn} \cdot 10000000}{10000}$$

Equação 3.

$$\mathbf{Fin} = \mathbf{ContIn} \cdot 1000$$

Equação 4.

Note que com tal esquema simplificado de medida, o circuito seria adequado para medir frequências com aproximadamente a mesma ordem de grandeza. Logo, **ContIn** deverá armazenar valores na ordem de 10000.

Parte III – Detalhes de implementação

O grupo deve atentar ao fato de que quem dispara o processo de cálculo de **Fin** é o valor armazenado em **ContFr**. Logo, deve ser implementado um circuito para detectar quando **ContFr** tem o valor desejado.

Uma vez disparado o cálculo de **Fin**, o resultado deve ser armazenado em alguma memória para que seja possível apresentar o resultado no display de 7 segmentos, e esta memória não deve ser alterada até um novo valor válido de **Fin** ser obtido, conforme descrito acima.

Uma vez calculado o valor de **Fin**, uma nova contagem deve ser efetuada. Logo, é necessário então reinicializar os contadores.

Tarefa 2: Simule funcionalmente o seu projeto. **Estude, Pense e Responda**: Esta simulação não deve ser muito simples de ser realizada, devido à temporização do freqüencímetro. Aponte quais as características do projeto que dificultam a simulação, e como estas dificuldades foram superadas para que a simulação fosse executada corretamente.

Parte IV - A fazer e a entregar

O grupo deve analisar cuidadosamente a idéia de implementação do freqüencímetro proposto na **Partes II e III** e fazer as considerações e perguntas que julgar necessário para a melhor compreensão do problema proposto.

O grupo deve implementar em esquemático um contador para a freqüência de referência **Fr** e outro para a freqüência de entrada **Fin**. Devido à forma como será exibida **Fin**, e à forma de efetuar a contagem de **ContFr**, analise qual o melhor tipo de contador (hexadecimal ou decimal), tanto para **ContIn**, quanto para **ContFr**.

Se considerar adequado, o grupo deve propor uma máquina de estados finita que controle o funcionamento do processo de contagem, exibição do resultado e reinicialização para uma nova contagem. Deve também simular o esquemático com um script adequado, apresentando a correta simulação para duas freqüências de entrada distintas. O grupo deve implementar o circuito na placa XS40/XST-1, criando o arquivo **.ucf** adequado para o seu projeto e testar o mesmo com um gerador de freqüências e osciloscópio no laboratório.

Entregar dentro de no máximo duas semanas (aula que vem ou seguinte):

- Projeto completo, arquivado via Foundation (opção de menu **File** → **Archive Project...** do Gerenciador de Projeto), com o script para duas freqüências distintas de teste (após gerar a forma de onda, use a opção de menu **File** → **Save Simulation State...**);
- Relatório com as respostas às questões aqui colocadas;
- Demonstrar o projeto funcionando em sala de aula.

Percentuais de nota atribuídos às Tarefas:

Item Avaliado	Percentual
Projeto completo e simulação	40%
Implementação em Hardware funcional	40%
Respostas às questões (Estude, Pense e Responda)	20%