

PCS3225 - Sistemas Digitais II

Atividade Formativa 1 - Multiplicador Binário Modificado

Edson Midorikawa

Data: 07/08/2023

O objetivo deste trabalho é implementar uma variante do Multiplicador Binário estudado em PCS3115. O algoritmo do processo de multiplicação é apresentado no enunciado. A metodologia de projeto de circuitos digitais síncronos deve ser seguida com o detalhamento do funcionamento do algoritmo, identificação dos elementos do fluxo de dados, elaboração do diagrama ASM da Unidade de Controle, desenvolvimento do Fluxo de Dados e criação dos casos de teste para a verificação funcional do circuito.

Atividades formativas visam praticar os conceitos estudados através de exercícios práticos na aplicação de técnicas de Aprendizagem Ativa.

Introdução

O algoritmo usado no projeto mostrado em PCS3115 aplicava **somas sucessivas** do valor do multiplicando pelo número de vezes dado pelo valor do multiplicador. Um **algoritmo alternativo** de multiplicação binária é baseado em somas e deslocamentos. O algoritmo segue os seguintes passos:

Somas sucessivas vs somas e deslocamentos

Algorithm 1 Multiplicação com somas e deslocamentos

```
1: procedure MULTIPLICADOR MODIFICADO
2:   armazenar multiplicando de  $n$  bits
3:   armazenar multiplicador de  $n$  bits
4:   iniciar produto parcial de  $2n$  bits para ZERO
5:   // ▷ processar um bit do multiplicador de cada vez, começando pelo bit menos significativo
6:   while não terminou processamento de todos os bits do multiplicador do
7:     if bit do multiplicador = 1 then
8:       produto parcial ← multiplicando + produto parcial
9:       // ▷ soma realizada nos  $n$  bits mais significativos do produto parcial
10:      armazenar o bit de vai-um do somador em um flip-flop
11:      deslocar o conjunto do flip-flop e produto parcial para a direita
12:     else
13:       somente deslocar o conjunto do flip-flop e produto parcial para a direita
14:     passa para próximo bit do multiplicador
15:   // ▷ fim da multiplicação
16:   Resultado ← produto parcial
```

Um exemplo de aplicação deste algoritmo para 4 bits é mostrado abaixo.

13	1101	multiplicando
11	1011	multiplicador
	0000	valor inicial do produto parcial
	1101	soma multiplicando, bit do multiplicador é 1
	1101	
	0110 1	desloca para a direita
	1101	soma multiplicando, bit do multiplicador é 1
1	0011 1	
	1001 11	desloca para a direita
	0100 111	só desloca para a direita, bit do multiplicador é 0
	1101	soma multiplicando, bit do multiplicador é 1
1	0001 111	
	1000 1111	desloca para a direita
	<u>10001111</u>	
143	10001111	produto

Enunciado

Nesta atividade, cada grupo deverá estudar o algoritmo apresentado acima e, usando a metodologia de projeto estudado em PCS3115, projetar o circuito digital que implementa a multiplicação binária com somas e deslocamentos.

Adotar a seguinte definição da **entidade principal** do circuito do multiplicador modificado.

```
entity multiplicador_modificado is
  port (
    Clock:    in  bit;
    Reset:    in  bit;
    Start:    in  bit;
    Va,Vb:    in  bit_vector(3 downto 0);
    Vresult:  out bit_vector(7 downto 0);
    Ready:    out bit
  );
end entity;
```

Etapas de Projeto

A implementação do projeto do multiplicador modificado pode seguir as seguintes etapas:

1. **Estudo do algoritmo** de multiplicação binária por somas e deslocamentos;
2. Definição dos **casos de teste** para verificação de funcionamento do circuito;
3. Detalhamento do algoritmo e desenvolvimento do **pseudocódigo**;
4. Elaboração do **diagrama ASM de alto nível**;
5. Identificação dos **elementos do fluxo de dados** e seus respectivos sinais de controle e sinais de condição (ou *status*);
6. Detalhamento da **máquina de estados da unidade de controle**;
7. Codificação do circuito em VHDL;
8. Codificação do *testbench* em VHDL;
9. Simulação dos casos de teste definidos.

Sugestão de etapas de projeto

Ao final, o grupo deve elaborar um breve relato do projeto do multiplicador, incluindo figuras das simulações e submeter o arquivo PDF e um arquivo ZIP com os fontes VHDL na tarefa da atividade no e-Disciplinas.

Instruções para os Grupos

As atividades formativas devem ser realizadas em **grupos de até 5 alunos**. Recomenda-se que sejam desenvolvidas no horário da aula, com auxílio do professor.

Material sobre o projeto do Multiplicador Binário desenvolvido em PCS3115 está disponível no *site* do e-Disciplinas.