

# PCS3225 - Sistemas Digitais II

## Exemplo de Atividade Formativa - Multiplicador Binário

Edson Toshimi Midorikawa; Antonio Vieira da Silva Neto

Data: 06/08/2025

O objetivo deste trabalho, que consiste em um exemplo de Atividade Formativa, é analisar o projeto de um Multiplicador Binário. O algoritmo do processo de multiplicação é apresentado no enunciado. O método de projeto de sistemas digitais síncronos estudado em PCS3115 - Sistemas Digitais I, foi aplicado ao projeto com as seguintes etapas: (i.) detalhamento do funcionamento do algoritmo com diagrama ASM, (ii.) identificação dos elementos do fluxo de dados, (iii.) elaboração do diagrama ASM da Unidade de Controle, (iv.) desenvolvimento do Fluxo de Dados e (v.) criação dos casos de teste para a verificação do circuito. *Nota: Este exemplo de Atividade Formativa não vale nota para a disciplina.*

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

### Introdução

O algoritmo usado no projeto aplica **somas sucessivas** do valor do multiplicando pelo número de vezes dado pelo valor do multiplicador. O algoritmo segue os seguintes passos básicos:

Somas sucessivas do multiplicando

---

#### Algorithm 1 Multiplicação com somas sucessivas

---

```
1: procedure MULTIPLICADOR BINÁRIO
2:   armazenar multiplicando de  $n$  bits
3:   armazenar multiplicador de  $n$  bits
4:   iniciar produto parcial de  $2n$  bits para ZERO
5:   // ▷ somar o multiplicando ao produto parcial o número de vezes dado pelo multiplicador
6:   while não terminou de somar o número de vezes dado pelo multiplicador do
7:     soma multiplicando com o produto parcial
8:     atualiza número de vezes que a soma foi realizada
9:   // ▷ fim da multiplicação
10:  Resultado ← produto parcial
```

---

Um exemplo de aplicação deste algoritmo é mostrado a seguir.

Diagram illustrating the multiplication process:  $5 \times 3 = 3 + 3 + 3 + 3 + 3$ . The diagram shows the multiplier (5) and the multiplicand (3) being added together repeatedly to find the product.

### Enunciado

Neste exemplo de Atividade Formativa, utilizado como forma de revisar conceitos e técnicas estudados em PCS3115 - Sistemas Digitais I, cada grupo deve analisar o algoritmo apresentado e, usando o método de projeto de sistemas digitais síncronos, estudar o projeto do

circuito digital que implementa a multiplicação binária com somas sucessivas e **validar seu funcionamento através de simulações.**

A **entidade principal** do circuito do multiplicador binário é dada a seguir.

```
entity multiplicador_binario 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 da Atividade*

Este exemplo de Atividade Formativa, com o projeto do multiplicador binário, pode seguir as seguintes etapas:

1. **Estudo do algoritmo** de multiplicação binária por somas sucessivas;
2. Definição dos **casos de teste** para verificação de funcionamento do circuito;
3. **Estudo da descrição do circuito em VHDL** de multiplicação binária por somas sucessivas;
4. Detalhamento do algoritmo usado e desenvolvimento do **pseudocódigo**;
5. Elaboração do **diagrama ASM de alto nível**;
6. Identificação dos **elementos do Fluxo de Dados** e de seus respectivos sinais de controle e sinais de condição (ou *status*);
7. Identificação do diagrama de transição de estados da **máquina de estados da Unidade de Controle**;
8. Simulação dos casos de teste definidos, usando o *testbench* fornecido;
9. Análise crítica da verificação de funcionamento correto do circuito, com base na análise das saídas das simulações.

Ao final, nas atividades formativas, o grupo deve elaborar um breve relato da execução das etapas de estudo do multiplicador, incluindo figuras das simulações e as justificativas técnicas, e submeter o arquivo **PDF** do relato e um **arquivo ZIP com os fontes VHDL** na tarefa da atividade no e-Disciplinas.

Sugestão de etapas de atividade

Visa o entendimento detalhado do algoritmo

*O que são casos de teste?* São testes a serem aplicados na etapa de verificação do circuito nos *testbenches*

Análise crítica do código fonte e anotações

Detalhar operações como p.ex a verificação do número de vezes em que o multiplicando foi somado

Desenhe o diagrama baseado nos resultados da etapa anterior

Desenhar o diagrama de blocos e identificar os respectivos sinais de cada categoria

Desenhar o diagrama de transição de estados

Dica: execute as simulações com o GHDL/GtkWave ou EDAPlayground

Analise as formas de onda obtidas e documente-as

Não é necessário enviar arquivos nesta atividade exemplo

### *Instruções para os Grupos*

As Atividades Formativas devem ser realizadas em **grupos de 4 a 6 alunos**.

Recomenda-se que sejam desenvolvidas no horário da aula, com auxílio do professor. A depender dos critérios da disciplina, eventuais entregas antes da próxima aula podem ser aceitas.

#### **IMPORTANTE:**

- 1) NÃO ESQUECER de identificar os membros do grupo no relato a ser submetido. Alunos não identificados no relato da Atividade Formativa ficarão sem nota.**
- 2) SOMENTE um dos membros do grupo precisa submeter o relato da atividade no e-Disciplinas.**

O material sobre o projeto do Multiplicador Binário está disponível no *site* do e-Disciplinas.