

# Linguagem e Descrição de Hardware

## Greatest Common Divisor - (GCD)

Giovanna Fantacini<sup>1</sup>, Higor Grigorio<sup>2</sup>, Leonardo Reneres<sup>3</sup>, Luis<sup>4</sup>, Raul Prado Dantas<sup>5</sup>

### SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>3</b>
2.1	Conceitos Básicos de GCD . . . . .	3
2.2	Algoritmo de Euclides . . . . .	3
2.3	Aplicações do GCD em Computação . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Desenho de Arquitetura</b>	<b>3</b>
3.1	Partição em Módulos . . . . .	3
3.2	Diagramas de Blocos . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Desenvolvimento e Implementação</b>	<b>3</b>
4.1	Descrição do Algoritmo em C . . . . .	4
4.2	Modelagem em Verilog . . . . .	4
4.2.1	Módulo Datapath . . . . .	4
4.2.2	Módulo Controle . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Máquina de Estados Finitos (FSM)</b>	<b>8</b>
5.1	Descrição dos Estados . . . . .	8
5.2	Implementação da FSM . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Simulações e Verificação</b>	<b>8</b>
6.1	Simulação do módulo GCD . . . . .	8
6.2	Ambiente de Simulação . . . . .	8
6.3	Resultados da Simulação . . . . .	8
<b>7</b>	<b>Otimizações e Melhorias Futuras</b>	<b>8</b>
7.1	Otimização do Datapath . . . . .	8
7.2	Expansão do Design para Sistemas Maiores . . . . .	8
<b>8</b>	<b>Discussão sobre Integração com Sistemas Maiores</b>	<b>8</b>

<b>9</b>	<b>Conclusões</b>	<b>8</b>
<b>10</b>	<b>CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES</b>	<b>8</b>
<b>11</b>	<b>Agradecimentos</b>	<b>9</b>

**RESUMO:** Este artigo apresenta a implementação do algoritmo para cálculo do Greatest Common Divisor (GCD) em hardware, utilizando uma abordagem de Control e Datapath. Serão abordadas as principais etapas de desenvolvimento, incluindo a descrição do algoritmo em linguagem C, a modelagem dos módulos de controle e datapath em Verilog, e a simulação e validação do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** GCD; Greatest Common Divisor; Hardware Description Language; Control; Datapath.

## **Greatest Common Divisor - (GCD)**

**ABSTRACT:** This paper presents the implementation of the Greatest Common Divisor (GCD) algorithm in hardware, using a Control and Datapath approach. The main development steps will be addressed, including the description of the algorithm in C language, the modeling of control and datapath modules in Verilog, and the system simulation and validation.

**KEYWORDS:** GCD; Greatest Common Divisor; Hardware Description Language; Control; Datapath.

## **1 INTRODUÇÃO**

O Greatest Common Divisor (GCD) é um problema clássico da teoria dos números, com aplicações em diversas áreas da computação. Este trabalho baseia-se nas notas de aula da disciplina CSE 141L: Introduction to Computer Architecture Lab, ministrada na Universidade da Califórnia. O objetivo é desenvolver uma implementação eficiente do GCD utilizando linguagem de descrição de hardware.

O cálculo do GCD é frequentemente utilizado em algoritmos de criptografia, compressão de dados e outros campos onde operações matemáticas eficientes são essenciais. Este projeto visa criar um design em hardware que maximize a eficiência dessas operações.

As referências devem estar citadas no trabalho conforme a sua forma de citação, como por exemplo (ALVES; RODRIGUES, 2004), (GALVANI, 2008) e (INSTRUMENTS, 2019) ou em Pandorfi, et al, (2007). Na seção Referências devem ser listadas em ordem alfabética (PANDORFI et al., ).

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Conceitos Básicos de GCD**

### **2.2 Algoritmo de Euclides**

### **2.3 Aplicações do GCD em Computação**

## **3 DESENHO DE ARQUITETURA**

### **3.1 Partição em Módulos**

### **3.2 Diagramas de Blocos**

## **4 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO**

Os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento da pesquisa incluem a descrição do algoritmo em C, a modelagem dos módulos de controle e datapath em Verilog, e a simulação utilizando o ambiente

## 4.1 Descrição do Algoritmo em C

O algoritmo para cálculo do GCD pode ser implementado de diversas maneiras. Abaixo, apresentamos uma implementação em linguagem C:

```
int GCD(int inA, int inB) {
    int swap;
    int done = 0;
    int A = inA;
    int B = inB;
    while (!done) {
        if (A < B) {
            swap = A;
            A = B;
            B = swap;
        } else if (B != 0) {
            A = A - B;
        } else {
            done = 1;
        }
    }
    return A;
}
```

## 4.2 Modelagem em Verilog

A implementação do GCD em hardware envolve a criação de módulos para o controle e o datapath. O datapath lida com a movimentação e transformação dos dados, enquanto o módulo de controle gerencia as operações de controle.

### 4.2.1 Módulo Datapath

```
module GCDdatapath#( parameter W=16 )
(
    input clk,
    input [W-1:0] operand_A,
    input [W-1:0] operand_B,
    output [W-1:0] result_data,
    input A_ld,
    input B_ld,
    input [1:0] A_sel,
    input B_sel,
    output B_zero,
    output A_lt_B,
    output [W-1:0] A_chk, B_chk, sub_chk, A_mux_chk, B_mux_chk
)
```

```

);

wire [W-1:0] A;
wire [W-1:0] B;
wire [W-1:0] sub_out;
wire [W-1:0] A_mux_out;
wire [W-1:0] B_mux_out;

Mux3#(W) A_mux
(.in0 (operand_A),
 .in1 (sub_out),
 .in2 (B),
 .sel (A_sel),
 .out (A_mux_out) );

register#(W) A_reg
(.clk (clk),
 .d (A_mux_out),
 .en (A_ld),
 .q (A) );

Mux2#(W) B_mux
(.in0 (A),
 .in1 (operand_B),
 .sel (B_sel),
 .out (B_mux_out) );

register#(W) B_reg
(.clk (clk),
 .d (B_mux_out),
 .en (B_ld),
 .q (B) );

assign B_zero = (B==0);
assign A_lt_B = (A < B);
assign sub_out = A - B;
assign result_data = A;
// send checking signals only for debugging purposes
assign A_chk = A;
assign B_chk = B;
assign sub_chk = sub_out;
assign A_mux_chk = A_mux_out;
assign B_mux_chk = B_mux_out;
endmodule

```

### 4.2.2 Módulo Controle

```
module GCDcontrol(
    input input_available,
    output reg idle,
    input clk, reset,
    output reg A_ld, B_sel, B_ld,
    output reg [1:0] A_sel,
    input B_zero, A_lt_B,
    output reg result_rdy,
    input result_taken,
    output [1:0] State
);

    // States naming
    localparam WAIT = 2'd0;
    localparam CALC = 2'd1;
    localparam DONE = 2'd2;

    // Constants naming for A_mux selector
    localparam A_SEL_IN = 2'b00;
    localparam A_SEL_SUB = 2'b01;
    localparam A_SEL_B = 2'b10;
    localparam A_SEL_X = 2'b11;
    // Constants naming for B_mux selector
    localparam B_SEL_A = 1'b0;
    localparam B_SEL_IN = 1'b1;
    localparam B_SEL_X = 1'bx;

    reg [1:0] CurrentState, NextState;

    always @(posedge clk or posedge reset)
    begin
        if (reset)
            CurrentState <= WAIT;
        else
            CurrentState <= NextState;
    end

    always @(CurrentState)
    begin
        // default is to stay in the same state
        NextState <= CurrentState;
        case ( CurrentState )
            WAIT :
```

```

        if ( input_available )
            NextState <= CALC;
    CALC :
        if ( B_zero )
            NextState <= DONE;
    DONE :
        if ( result_taken )
            NextState <= WAIT;
    endcase
end

always @( * )
begin
    // Default control signals
    A_sel <= A_SEL_X;
    A_ld <= 1'b0;
    B_sel <= B_SEL_X;
    B_ld <= 1'b0;
    idle <= 1'b0;
    result_rdy = 1'b0;

    case ( CurrentState )
        WAIT :
            begin
                idle <= 1'b1;
                if(input_available)begin
                    A_sel <= A_SEL_IN;
                    B_sel <= B_SEL_IN;
                    A_ld <= 1'b1;
                    B_ld <= 1'b1;
                end
            end
        CALC :
            if ( A_lt_B )begin
                A_sel <= A_SEL_B;
                B_sel <= B_SEL_A;
                A_ld <= 1'b1;
                B_ld <= 1'b1;
            end
            else if ( !B_zero )begin
                A_sel <= A_SEL_SUB;
                A_ld <= 1'b1;
            end
        DONE :

```

```

        result_rdy <= 1'b1;
    endcase
end

    assign State = CurrentState;
endmodule

```

## 5 MÁQUINA DE ESTADOS FINITOS (FSM)

### 5.1 Descrição dos Estados

### 5.2 Implementação da FSM

## 6 SIMULAÇÕES E VERIFICAÇÃO

Para validar a implementação, foi realizada a simulação dos módulos utilizando o ambiente Intel QuestaSim. A Figura 1 mostra a simulação do módulo GCD.

### 6.1 Simulação do módulo GCD

Figura 1: Simulação do módulo GCD

Os resultados da simulação confirmam que o design do GCD em hardware funciona conforme esperado. O módulo datapath executa corretamente as operações de subtração e troca, enquanto o módulo de controle gerencia os estados do sistema de maneira eficiente.

### 6.2 Ambiente de Simulação

### 6.3 Resultados da Simulação

## 7 OTIMIZAÇÕES E MELHORIAS FUTURAS

### 7.1 Otimização do Datapath

### 7.2 Expansão do Design para Sistemas Maiores

## 8 DISCUSSÃO SOBRE INTEGRAÇÃO COM SISTEMAS MAIORES

## 9 CONCLUSÕES

Neste artigo, apresentamos a implementação do algoritmo GCD em hardware, detalhando a modelagem dos módulos de controle e datapath em Verilog. A simulação mostrou que a abordagem utilizada é eficiente e atende aos requisitos do projeto. Futuras melhorias podem incluir a otimização do datapath e a integração com outros módulos de um sistema maior.

## 10 CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Raul Prado Dantas, Higor Grigorio dos Santos, Leonardo Reneres, Giovanna Fantacini e Luis contribuíram com a concepção e escopo do estudo. Higor e Raul procederam com a metodologia e



experimentos. Leonardo, Giovanna e Luis escreveram o trabalho. Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

## 11 AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo pelo suporte e infraestrutura fornecidos para a realização deste projeto. Agradecemos também aos professores Michael B. Taylor e Matt Devuyt por suas valiosas contribuições através das notas de aula da disciplina CSE 141L.

## REFERÊNCIAS

ALVES, S. P.; RODRIGUES, E. Sombreamento arbóreo e orientação de instalações avícolas. *Engenharia Agrícola*, v. 24, n. 2, p. 241 – 245, 2004.

GALVANI, E. Estudo comparativo dos elementos do balanço hídrico climatológico para duas cidades do estado de são paulo e para paris. *Confins* [Online], v. 4, n. 4, p. 1–106, 2008. Disponível em: <<<http://confins.revues.org/4733>>.doi:10.400/confins.4733>.

INSTRUMENTS, N. *Data Acquisition*. [S.l.], 2019. Disponível em: <<http://www.ni.com/pt-br/shop/select/compactdaq-controller>>. Acesso em: 19 Abril. 2019.

PANDORFI, H. et al. Estudo da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. *Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 1, p. 83–92. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n1/01.pdf>>. Acesso em: 24 Setembro. 2007.