

## گزارش کار هشتم آزمایشگاه معماری کامپیوتر

تهیه و تنظیم: مبین خیبری

شماره دانشجویی: 994421017

استاد راهنما: دکتر سجاد حاجی زاده

### چکیده:

در این جلسه ابتدا اقدامات انجام شده در جلسه‌ی گذشته به طور کلی مرور و سپس با ویژگی‌ها و اجزای مختلف واحد محاسباتی و منطقی در پردازنده‌ی کامپیوترهای امروزی آشنایی به عمل آمد.

پس از آشنایی با این قطعات الکترونیکی، دانشجویان به طراحی و پیاده‌سازی نرم‌افزاری آن پرداخته و به کمک یک ماژول تست، عملکرد آن را شبیه‌سازی و ارزیابی کردند.

### واحد ALU یا واحد محاسبه و منطق در پردازنده‌ها چیست و چه کاربردی دارد؟

پردازنده‌ها بخش‌های مختلفی را در درون خود دارند. یکی از این بخش‌ها واحد ALU یا محاسبه و منطق است. این واحد که به عنوان واحد پردازش منطق و محاسبات در پردازنده‌ها شناخته می‌شود وظیفه خاصی بر عهده دارد. وظیفه واحد ALU انجام عملیات حساب و منطق در پردازنده‌ها است. واحد ALU در تمامی پردازنده‌های مدرن و قدیمی قرار دارد.

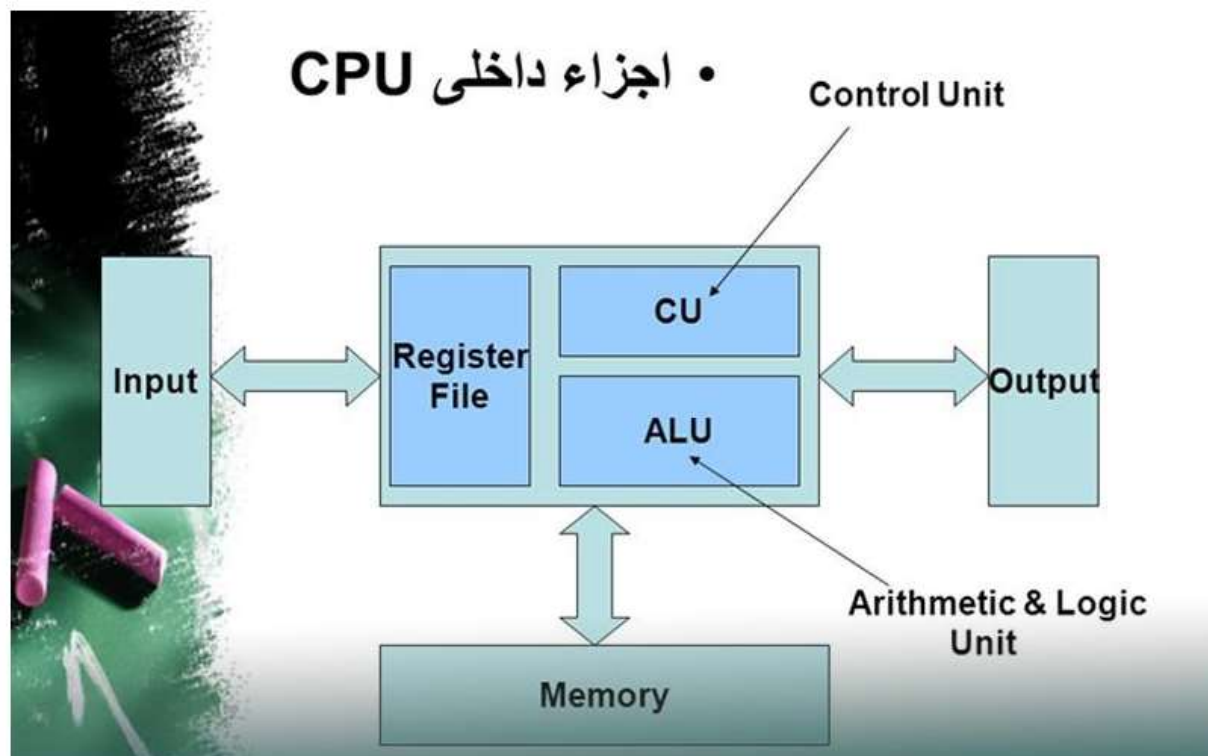
### واحد ALU چیست؟

واحد محاسبه و منطق در پردازنده‌ها بخشی جداگانه و حساس است که در تمامی پردازنده‌های قدیمی و جدید قرار دارد. این واحد که برای محاسبه منطق و عملیات حساب استفاده می‌شود یکی از بخش‌های حساس و مهم در پردازنده‌ها را تشکیل می‌دهد. فرقی نمی‌کند که پردازنده به عنوان یک CPU رایانه مورد استفاده قرار گیرد و یا یک میکروچیپ ساده باشد.

واحد ALU به عنوان یک واحد اساسی و مهم در پردازنده‌ها شناخته می‌شود. حتی ساده‌ترین پردازنده‌ها و میکروچیپ‌ها نیز این واحد را در اختیار دارند و ساده‌ترین بخش‌های محاسباتی را نیز در این واحد انجام می‌دهند. یکی از مهمترین کارها در محاسبه و منطق محاسبه زمان و نگهداری آن است.

## ALU پردازنده چیست؟

ALU پردازنده بیشتر به عنوان بخشی از پردازنده طراحی و ایجاد شده است تا حسابات را روی داده های منطقی از نوع اعداد صحیحی و یا Integer انجام دهد. این واحد تنها واحدی است که در پردازنده وظیفه محاسبه جمع و تفریق ها را بر عهده دارد. همچنین در خصوص عملیات ضرب ALU پردازنده می تواند به راحتی عملیات ضرب را بین دو عدد صحیح از نوع Integer انجام دهد.



عملیات تقسیم نیز در واحد ALU پردازنده تحت شرایط خاصی انجام می شود. عملیات تقسیم معمولاً در پردازنده ها توسط بخش های محاسباتی شناور یا همان Floating Point Unit انجام می شود. یکی از مهمترین بخش هایی که از واحد محاسبه و منطق پردازنده استفاده می شود برای انجام محاسبات های گرافیکی است.

## ALU مخفف چیست؟

واحد ALU مخفف کلمه Arithmetic Logic Unit است. این واحد کار انجام عملیات های محاسباتی را در پردازنده ها انجام می دهند. منظور از عملیات های محاسباتی منطقی عملیات های جمع و تفریق و ضرب است. همچنین عملیات های منطقی مانند عملیات های AND – OR – XOR و Not نیز در این

واحد انجام می شود. شرایط انجام عملیات های منطقی در واحد محاسبه و منطق با عملیات های محاسباتی کمی متفاوت است و مقایسه صحنم و اشتباه بودن این عملیات ها در این واحد انجام می شود.

### وظیفه واحد ALU چیست؟

وظیفه واحد ALU همانطور که اعلام شد حساب و منطق است. این واحد در پردازنده عملیات های محاسباتی را بر روی اعداد انجام داده و بخش های منطقی محاسبه را بررسی می کند و خروجی را به پردازنده اصلی اعلام می کند. وظیفه واحد ALU به نوعی ترکیبی بوده و این به آن معناست که خروجی این واحد صرفاً وابسته به مقدار های ورودی اولیه آن است.

در واحد ALU بر اساس پهنای اختصاص یافته در ساختار پردازنده امکان انجام عملیات ها با توان متفاوت وجود دارد. به عنوان مثال اگر واحد محاسبه و منطق به صورت گذرگاه 4 بیتی باشد می تواند حداکثر از 16 عمل مختلف پشتیبانی کند. خروجی های واحد محاسبه و منطق را شکل های مختلف تشکیل می دهند:

مهمترین خروجی های واحد ALU عبارت اند از:

1. رقم نقلی

این نوع رقم ها معمولاً در عملیات های جمع رخ می دهد.

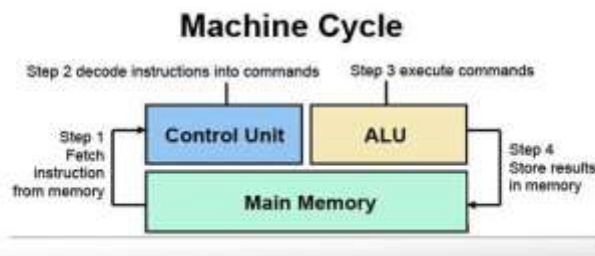
2. رقم قرضی:

این نوع رقم ها معمولاً در عمل تفریق به وجود می آیند.

3. بیت سرریز:

بیت سرریز یا همان Overflow که معمولاً در اثر عمل شیفت باینری رخ می دهد.

بر اساس استاندارد ها عملیات های زیادی در واحد محاسبه و منطق انجام می شود. این عملیات ها شامل اعمال حسابی مانند مل جمع، جمع با رقم نقلی، تفریق، تفریق با رقم قرضی، محاسبه مکمل دوم یک عملوند، افزایش و کاهش یک واحدی یکی از عملوندها و همچنین عمل منطقی بین بیت ها مانند اعمال محاسبه ای AND و OR و XOR می باشد.



همچنین در واحد ALU اعمال شیفت بیتی مانند اعمالی که در آن یک عملوند به سمت چپ یا راست شیفت داده می‌شود و شامل شیفت منطقی، شیفت حسابی و چرخش نیز انجام می‌شود.

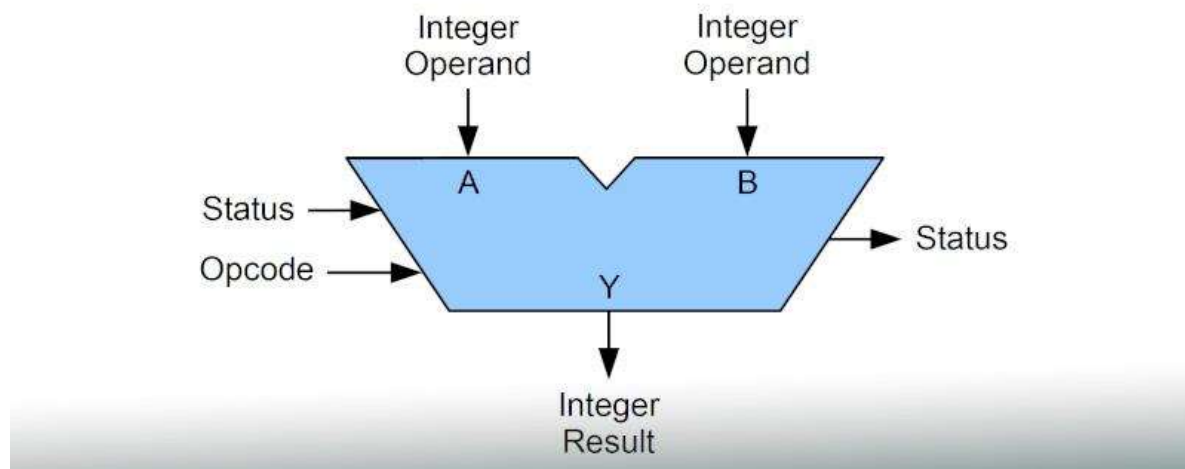
واحد ALU دسترسی مستقیم به سخت افزارهای سیستمی دارد. از سخت افزارهایی که این واحد به آنها دسترسی دارد می‌توان به کنترلر پردازنده یا همان Processor controller و همچنین حافظه RAM، دستگاه های ورودی و خروجی اشاره کرد.

واحد ALU را می‌توان تنها بخشی از پردازنده نام برد که کار واقعی و محاسباتی در آن انجام می‌شود. این واحد در پردازنده های رایانه ها سری اینتل و ای ام دی قرار دارد. البته باید به این نکته اشاره کرد که واحد محاسبه و منطق در پردازنده های سری اینتل دارای پیچیدگی های بیشتری است. این نکته را باید به یاد داشته باشد که پردازنده ها الزاماً تنها یک واحد ALU ندارند و ممکن است در مدل های خاصی از پردازنده ها و یا سری های پیشرفته آنها از چند واحد از این مدار در آنها استفاده شود.

بر اساس نوع محاسبه و نوع پردازنده ای که اجرا می‌شود ممکن است خروجی های واحد محاسبه و منطق در بخش های مختلف استفاده شوند. در رایانه ها خروجی این واحد عموماً بر روی RAM ها قرار می‌گیرد. واحد ALU خود از دو واحد داخلی تشکیل شده است و این واحدها با نام های:

1. واحد محاسبه که بخش های محاسباتی ریاضی را انجام می‌دهد و با نام AU شناخته می‌شود که مخفف کلمه Arithmetic Unit است.

2. واحد منطق که عملیات های منطقی را روی داده ها انجام می‌دهد و با نام LU که مخفف کلمه Logic Unit است شناخته می‌شود.



## سؤالات متداول:

- آیا واحد ALU در تمامی پردازنده ها وجود دارند؟

بله فرقی نمی کند که پردازنده استفاده شده یک پردازنده چند هسته ای رایانه ای باشد یا پردازنده یک ابر رایانه یا یک میکروچیپ ساده، واحد محاسبه و منطق به صورت ثابت در تمامی پردازنده ها وجود دارد. البته ممکن است تعداد آن ها در پردازنده ها تفاوت کند اما تمامی پردازنده ها حداقل یک واحد از این مدار را در داخل خود دارند.

- چه عملیات هایی در واحد ALU انجام می شود؟

در واحد محاسبه و منطق عملیات های محاسبه ای و منطقی انجام می شود. واحد محاسبه و منطق خود از دو بخش تشکیل شده است که بخش اول آن با نام بخش محاسبه ای یا Arithmetic Unit وظیفه محاسبه بین داده ها را به صورت عملیات های ریاضی تفریق، جمع، ضرب و تقسیم بر عهده دارد. واحد منطقی که با نام Logic Unit شناخته می شود که بخش محاسبه ای های منطقی بین داده ها را بر عهده دارد. در این واحد از عملوند های AND و OR و XOR استفاده می شود.

- ALU مخفف چیست و چه کاربردی دارد؟

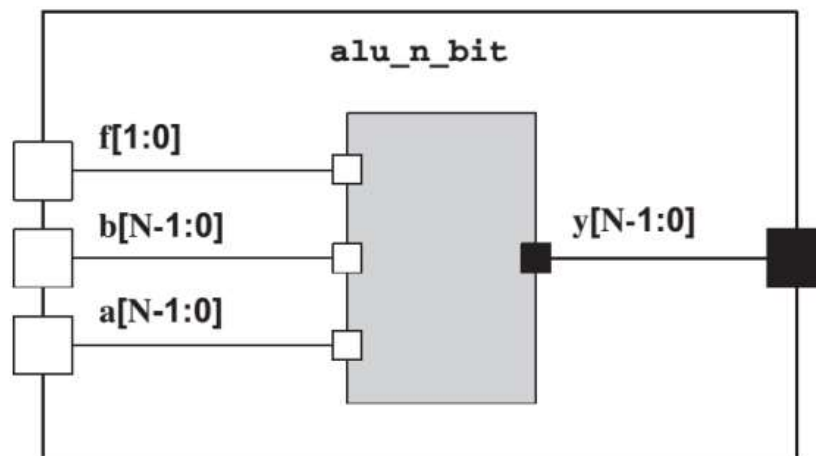
کلمه ALU مخفف کلمه arithmetic logic unit می باشد. کار اصلی این واحد در واقع انجام محاسبه ها و انجام عملیات های منطقی بر روی داده ها در داخل پردازنده اصلی یا همان CPU است.

- داده های ورودی واحد ALU شامل چه داده هایی است؟

داده هایی که وارد این واحد می شوند باید از نوع صحیح و یا از نوع Integer باشند که بتوان بر روی آن ها از عملیات های محاسبه ای و یا منطقی استفاده کرد.

شکل زیر ساختار درونی یک واحد محاسباتی و منطقی n بیتی را نشان می دهد:

### ALU N bit



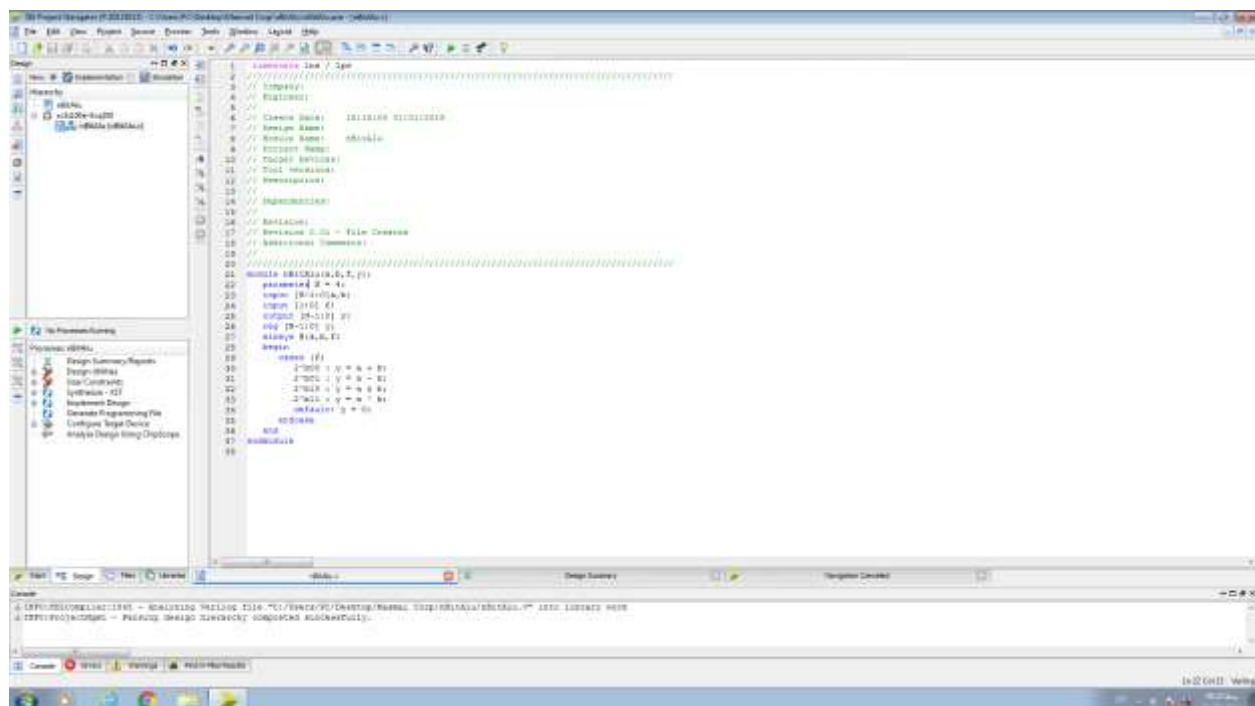
برای طراحی چنین سخت‌افزاری، لازم است که کد زیر را در یک ماژول Verilog بنویسیم:

## Assign Statements

### ALU N bit

```
module alu_n_bit (a, b, f, y);
    parameter N=4;
    input [N-1:0] a, b;
    input [1:0] f;
    output [N-1:0] y;
    reg [N-1:0] y;
    always @ (a, b, f)
    begin
        casez ( f )
            2'b00 : y = a + b;
            2'b01 : y = a - b;
            2'b10 : y = a & b;
            2'b11 : y = a ^ b;
            default: y = 0;
        endcase
    end
endmodule
```

حاصل نوشتن این کد در محیط نرم‌افزار ISE در زیر آورده شده:



حال برای ارزیابی عملکرد این سخت‌افزار انتزاعی، لازم است که کد زیر را در قالب یک ماژول تست بنویسیم:

## Assign Statements

### ALU N bit

```
module test_alu;

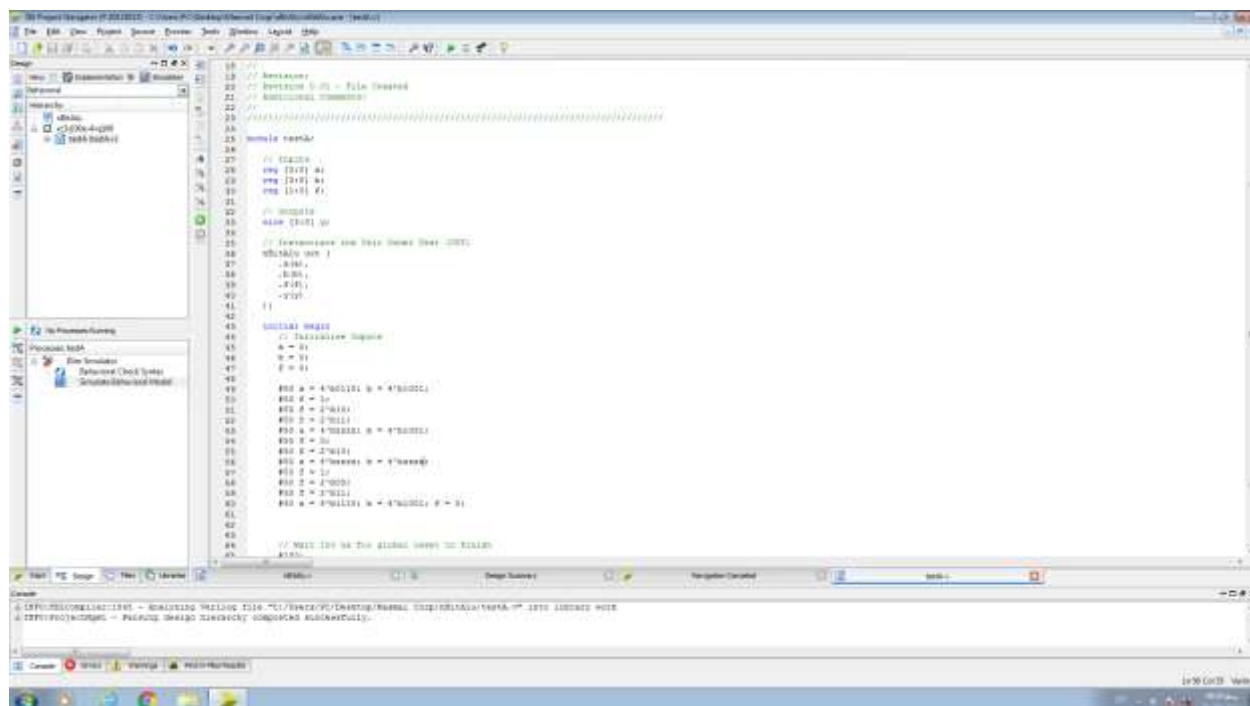
    // Inputs
    reg [3:0] a;
    reg [3:0] b;
    reg [1:0] f;

    // Outputs
    wire [3:0] y;

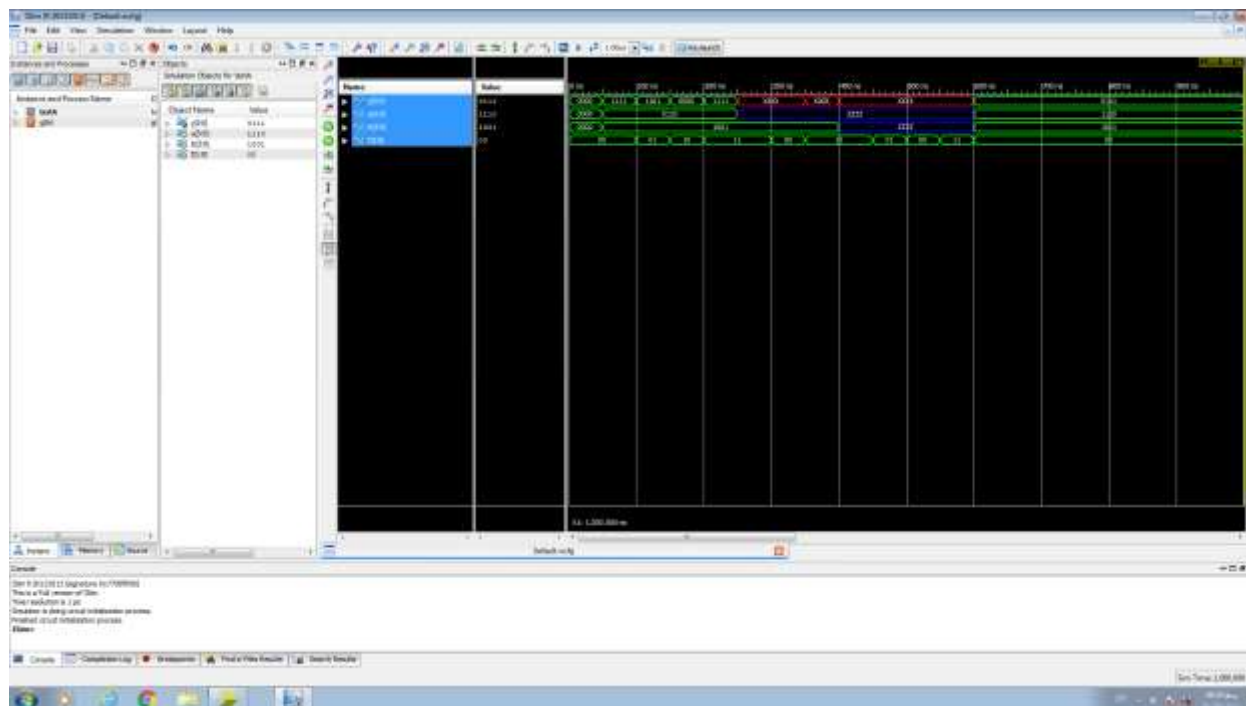
    // Instantiate the Unit Under Test
    alu_n_bit uut (
        .a(a),
        .b(b),
        .f(f),
        .y(y)
    );

    initial begin
        // Initialize Inputs
        a = 0;
        b = 0;
        f = 0;
        #50 a = 4'b0110; b = 4'b1001;
        #50 f = 1;
        #50 f = 2'b10;
        #50 f = 2'b11;
        #50 a = 4'bzzzz; b = 4'b1001;
        #50 f = 0;
        #50 f = 2'b10;
        #50 a = 4'bzzzz; b = 4'bzzzz;
        #50 f = 1;
        #50 f = 2'b00;
        #50 f = 2'b11;
        #50 a = 4'b1110; b = 4'b1001; f = 0;
    end
endmodule
```

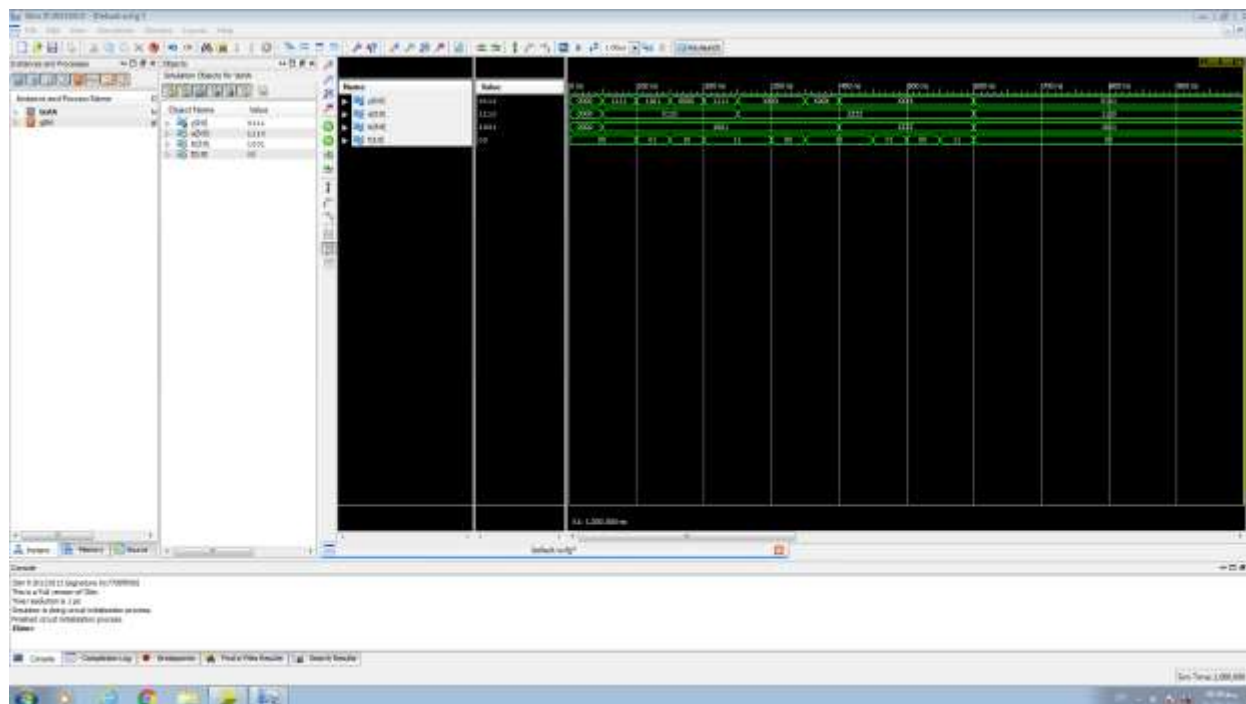
که به صورت زیر خواهد بود:



در نهایت با اجرای این کد در محیط شبیه‌سازی، به نتیجه‌ی زیر دست خواهیم یافت:



که با کمی تغییر، می‌توان آن را به شکل زیر به نمایش گذاشت:



پایان.