



**PROJE RAPORU**

**KAHVE MAKİNESİ TASARIMI**

**Yaşar ŞENTÜRK 6017023**

**EE526 İLERİ SAYISAL TASARIM**

**Prof.Dr.Mehmet SAĞBAŞ**

**İZMİR BAKIRÇAY ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ A.B.D.**

**Mayıs 2023**

# İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	1
1. ÖZET .....	2
2. DURUM DİYAGRAMI .....	3
3. VERİLOG KODLARI .....	4
4. TESTBENCH .....	7
5. BLOK DİYAGRAMI .....	10
6. ŞEMATİK .....	11
7. SİMULASYON .....	12
8. SONUÇ .....	13

## 1. ÖZET

Bu çalışmada 5TL, 10TL, 20TL kabul eden bir kahve makinesi 10TL ücretinde olan Türk Kahvesi, 20TL ücretinde olan Filtre Kahve, 30TL ücretinde olan Latte ve 40TL ücretinde olan Mocha kahve çeşitlerini vermektedir. Bu kahve makinesine atılan paralar istenilen kahve verilene kadar bakiyede toplanmaktadır ve bu kahve makinesi para üstü vermemektedir. Vivado'da Verilog kullanarak kahve makinesi sonlu durum makinesi olarak modellenmiştir. Vivado üzerinde Spartan-7 (xc7s15csga225-2) FPGA kullanılarak simülasyonlar yapılmıştır.

Verilog ile tasarlanan kahve makinesinde kullanıcı para girişi yaparak istediği kahve çeşidini seçebilmektedir ve ardından istenilen kahveyi almaktadır. Makineye yapılan para girişleri istenilen kahve alınana kadar bakiyede toplanmaktadır. Aşağıda tasarım ve işleyiş hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Tasarımda temel olarak clk, rst, para ve secim sinyalleri bulunmaktadır. clk; kahve makinesi için temel Clock sinyalini ifade etmektedir. rst; sistemin sıfırlanması için kullanılan sıfırlama sinyalidir. para; kullanıcının kahve almak için kahve makinesine yatırdığı para miktarıdır yani bakiyedir. secim; kahve makinesinde secilen kahve çeşidini göstermekte olan çıkış sinyalidir.

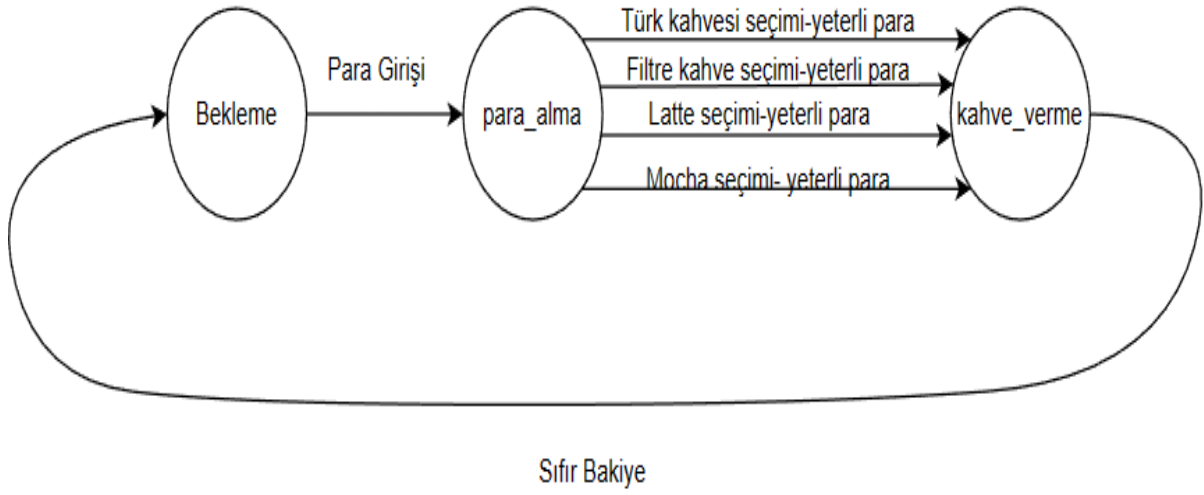
Tasarımda üç adet temel durum bulunmaktadır. Bu durumlar BEKLEME, PARA\_ALMA ve KAHVE\_VERME durumlarıdır. BEKLEME durumu kahve makinesinin başlangıç durumudur ve makine para girişi beklemektedir. PARA\_ALMA durumu kullanıcın para girişi yaptığı durumdur. Bu durumda yeterli bakiye ve istenilen ürün için para miktarı kontrol edilmektedir. KAHVE\_VERME durumu kahvenin verildiği durumdur. Bu durumda seçilen ve teslim edilen kahve çeşidine göre bakiye güncellenmektedir.

Kısaca kahve makinesinin çalışma prensibinden bahsetmek gerekirse şu şekilde açıklayabiliriz. Kahve makinesi başlangıçta BEKLEME durumunda bulunmaktadır ardından kullanıcı para girişi yaptığında PARA\_ALMA durumuna geçmektedir ve bu durumda istenilen ürün için bakiye kontrolü gerçekleşmektedir. İstenilen ürün için yeterli bakiye bulunduğunda KAHVE\_VERME durumuna geçilmektedir ve bakiye güncellenmektedir. İlerleyen bölümlerde durum diyagramı, kodlar ve simülasyon sonuçları verilmektedir.

## 2. DURUM DİYAGRAMI

Kahve Makinesi para üstü vermemektedir.

Türk Kahvesi = 10TL, Filtre Kahve = 20TL, Latte = 30TL, Mocha = 40TL



### 3. VERİLOG KODLARI

```
module KahveMakinesi(  
    input clk,  
    input rst,  
    input [4:0] para,  
    output reg [3:0] secim  
);  
    // Durum tanımları  
    localparam [1:0] BEKLEME = 2'b00;  
    localparam [1:0] PARA_ALMA = 2'b01;  
    localparam [1:0] KAHVE_VERME = 2'b10;  
    // Kahve fiyatları  
    localparam [4:0] TURK_KAHVESI_FIYATI = 5'd10;  
    localparam [4:0] FILTRE_KAHVE_FIYATI = 5'd20;  
    localparam [4:0] LATTE_FIYATI = 5'd30;  
    localparam [4:0] MOCHA_FIYATI = 5'd40;  
    // İçsel değişkenler  
    reg [1:0] durum;  
    reg [4:0] toplamBakiye;  
    always @(posedge clk or posedge rst) begin  
        if (rst) begin  
            durum <= BEKLEME;  
            toplamBakiye <= 5'd0;  
            secim <= 4'b0000;  
        end  
        else begin  
            case (durum)  
                BEKLEME:  
                    begin  
                        if (para != 5'd0) begin  
                            toplamBakiye <= toplamBakiye + para;  
                            durum <= PARA_ALMA;  
                        end  
                    end  
            end  
        end  
    end
```

```

end
PARA_ALMA:
begin
    if (toplambakiye >= TURK_KAHVESI_FIYATI && para == TURK_KAHVESI_FIYATI) begin
        toplamBakiye <= toplamBakiye - TURK_KAHVESI_FIYATI;
        secim <= 4'b0001; // Türk Kahvesi seçimi
        durum <= KAHVE_VERME;
    end else if (toplambakiye >= FILTRE_KAHVE_FIYATI && para == FILTRE_KAHVE_FIYATI) begin
        toplamBakiye <= toplamBakiye - FILTRE_KAHVE_FIYATI;
        secim <= 4'b0010; // Filtre Kahve seçimi
        durum <= KAHVE_VERME;
    end else if (toplambakiye >= LATTE_FIYATI && para == LATTE_FIYATI) begin
        toplamBakiye <= toplamBakiye - LATTE_FIYATI;
        secim <= 4'b0100; // Latte seçimi
        durum <= KAHVE_VERME;
    end else if (toplambakiye >= MOCHA_FIYATI && para == MOCHA_FIYATI) begin
        toplamBakiye <= toplamBakiye - MOCHA_FIYATI;
        secim <= 4'b1000; // Mocha seçimi
        durum <= KAHVE_VERME;
    end else begin
        durum <= BEKLEME;
    end
end
KAHVE_VERME:
begin
    if (toplambakiye == 5'd0) begin
        durum <= BEKLEME;
    end
end
endcase
end
end
endmodule

```

Bu verilog kodlarında KahveMakinesi adında bir modül tanımlanmıştır. Bu modül clk, rst, para ve secim sinyallerini barındırmaktadır. Durumlar bir parametre olarak tanımlanmıştır. Bulunan üç adet durum üç farklı parametre olarak “BEKLEME, PARA\_ALMA, KAHVE\_VERME” parametreleri tanımlanmıştır. Dört farklı kahve türünün fiyatı dört ayrı parametre kullanılarak tanımlanmıştır. Durum değişkeni iki bitlik, toplamBakiye değişkeni ise beş bitlik registerlara tanımlanmıştır. Durum makinesi olarak çalışan kodlama “posedge clk” pozitif kenar ya da “posedge rst” sıfırlama sinyalinin pozitif kenarında çalışmaktadır. Durum sinyali “rst” sinyali etkin olduğunda başlangıç durumu BEKLEME ve diğer değişkenleri sıfırlamaktadır. Durum makinesi “rst” etkin olmadığında ise farklı durumlar işlenmektedir. Bekleme durumunda kahve makinesi para girişi beklemektedir. BEKLEME durumunda eğer para girişi sıfırdan farklı bir değer almakta ise toplamBakiye değişkeni para değeri ile güncellenmektedir ve PARA\_ALMA durumuna geçmektedir. PARA\_ALMA durumunda toplamBakiye değeri seçilen kahve türünün fiyatına eşit veya daha fazla ise ve “para” girişi seçilen kahve türünün fiyatıyla eşleşiyorsa “toplamBakiye” değeri güncellenir, “secim” çıkışı seçilen kahve türüne göre güncellenir ve durum KAHVE\_VERME durumuna geçmektedir. Eğer koşullar sağlanmaz ise BEKLEME durumuna geçilir. KAHVE\_VERME durumu makinenin kahve verme durumunu temsil etmektedir. “toplamBakiye” değeri sıfır ise BEKLEME durumuna geçilmektedir.

#### 4. TESTBENCH

```
module KahveMakinesi_Testbench;

    reg clk;

    reg rst;

    reg [4:0] para;

    wire [3:0] secim;

    KahveMakinesi dut (

        .clk(clk),

        .rst(rst),

        .para(para),

        .secim(secim)

    );

    initial begin

        // Test senaryosu 1: Bekleme durumu testi

        rst = 1;

        clk = 0;

        para = 0;

        #5 rst = 0;

        #10;

        $display("Test Senaryosu 1 - Bekleme Durumu");

        $display("secim[3:0] = %b", secim);

        #50;

        // Test senaryosu 2: Para alma durumu testi

        rst = 1;

        clk = 0;

        para = 5;

        #5 rst = 0;

        #10;

        $display("Test Senaryosu 2 - Para Alma Durumu");

        $display("secim[3:0] = %b", secim);

        #50;

        // Test senaryosu 3: Türk Kahvesi seçimi

        rst = 1;
```



```

clk = 0;

para = 10;

#5 rst = 0;

#10;

$display("Test Senaryosu 3 - Türk Kahvesi Seçimi");

$display("secim[3:0] = %b", secim);

#50;

// Test senaryosu 4: Filtre Kahve seçimi

rst = 1;

clk = 0;

para = 20;

#5 rst = 0;

#10;

$display("Test Senaryosu 4 - Filtre Kahve Seçimi");

$display("secim[3:0] = %b", secim);

#50;

// Test senaryosu 5: Latte seçimi

rst = 1;

clk = 0;

para = 30;

#5 rst = 0;

#10;

$display("Test Senaryosu 5 - Latte Seçimi");

$display("secim[3:0] = %b", secim);

#50;

// Test senaryosu 6: Mocha seçimi

rst = 1;

clk = 0;

para = 40;

#5 rst = 0;

#10;

$display("Test Senaryosu 6 - Mocha Seçimi");

$display("secim[3:0] = %b", secim);

```

```

#50;

// Test senaryosu 7: Yetersiz para durumu

rst = 1;

clk = 0;

para = 5;

#5 rst = 0;

#10;

$display("Test Senaryosu 7 - Yetersiz Para Durumu");

$display("secim[3:0] = %b", secim);

#50;

$finish;

end

always begin

    #5 clk = ~clk;

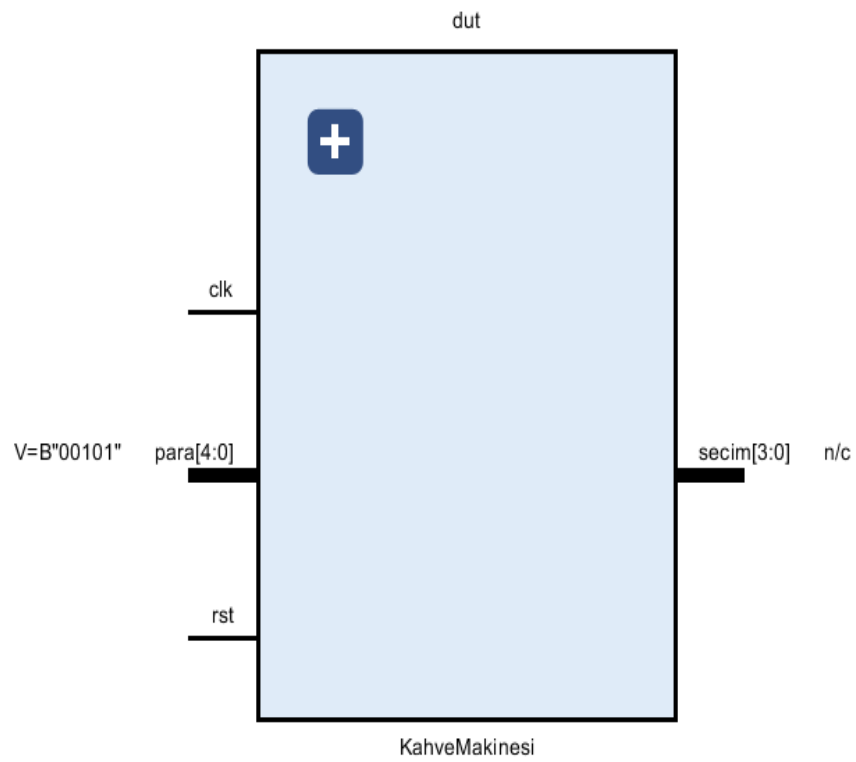
end

endmodule

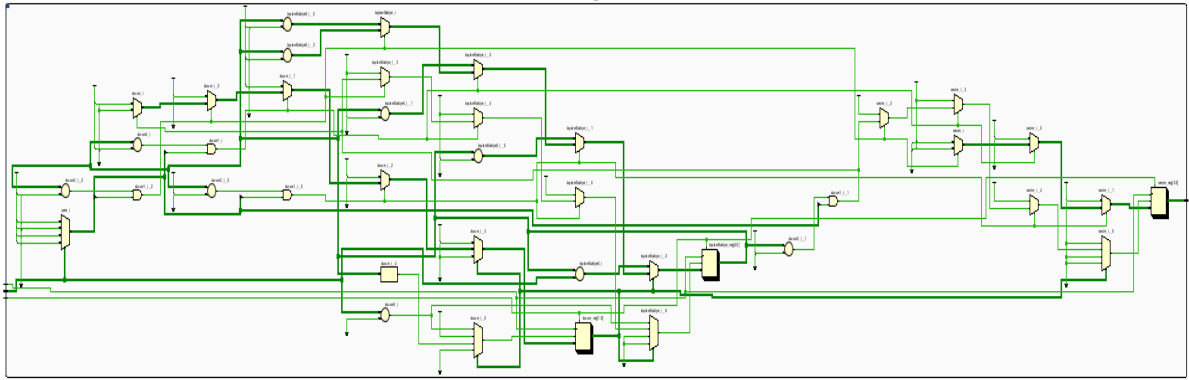
```

Bu testbench' te 7 farklı test durumu test edilmektedir. Test senaryolarını şu şekilde değerlendirebiliriz. Test senaryosu 1 aşaması bekleme durumunu yani kahve makinesi sıfır para ve sıfır seçim durumundayken beklenen çıkışı test etmektedir. Bu senaryoda secim[3:0] çıkışı herhangi bir kahve tercihi yapılmadığı için sıfır olarak kalmaktadır. Test senaryosu 2, para alma durumunu test etmektedir. Bu durumda makineye 5TL verilerek para alma durumu test edilmektedir. Bu durumda secim[3:0] çıkışı yine herhangi bir kahve tercihi yapılmadığı için sıfır olarak kalmaktadır. Test senaryosu 3, kahve makinesine 10TL verilerek Türk Kahvesi seçimi durumunu test etmektedir. Bu durumda secim[3:0] çıkışı Türk kahvesini temsil eden değer olmaktadır. Test senaryosu 4, kahve makinesine 20TL verilerek Filtre Kahve seçimi durumunu test etmektedir. Bu durumda secim[3:0] çıkışı Filtre Kahveyi temsil eden değer olmaktadır. Test senaryosu 5, kahve makinesine 30TL verilerek Latte seçimi durumunu test etmektedir. Bu durumda secim[3:0] çıkışı Latte' yi temsil eden değer olmaktadır. Test senaryosu 6, kahve makinesine 40TL verilerek Mocha seçimi durumunu test etmektedir. Bu durumda secim[3:0] çıkışı Mocha' yı temsil eden değer olmaktadır. Test senaryosu 7 durumunda kahve makinesinin herhangi bir ürüne karşılık yetersiz para durumu test edilmektedir. Makineye 5TL atılarak bu durum test edilmektedir ve secim[3:0] çıkışı bir kahveyi temsil etmemektedir.

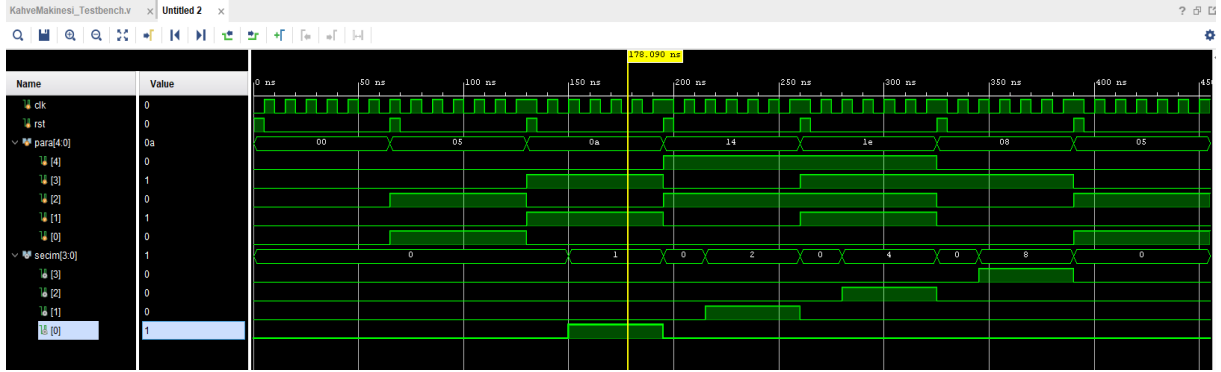
## 5. BLOK DİYAGRAMI



## 6. ŞEMATİK



## 7. SİMULASYON



Simulasyonda secim[0] Türk kahvesi, secim[1] Filtre Kahve, secim[2] Latte, secim[3] Mocha seçimlerini ve bu seçimlerin sonucunda bakiyede bulunan para miktarına göre kahvenin teslim edilme durumunu göstermektedir. Kahve makinesi ilk olarak başlangıç durumundadır ve 5TL atılmaktadır. Bu durumda herhangi bir kahve teslim edilmemektedir. 178ns anında secim[0] Türk kahvesi teslim edilmektedir çünkü bakiyede 10TL bulunduğu görülmektedir ve kahve teslim edilmektedir. İlerleyen zaman dilimlerinde secim[1] Filtre Kahve 20TL değeri bakiyede biriktiğinde teslim edilmektedir, secim[2] Latte 30TL değeri bakiyede biriktiğinde teslim edilmektedir, Mocha secim[3] 40TL değeri bakiyede biriktiğinde teslim edilmektedir. Bu test sürecinin bitmesinin ardından kahve makinesi tekrar başlangıç konumuna geri dönmektedir ve bu durumda herhangi bir kahve teslim edilmemektedir.

## 8. SONUÇ

Bu uygulamada Verilog ile tasarlanan kahve makinesi sonlu durum makinesi olarak modellenmiştir. Vivado üzerinde Spartan-7 (xc7s15csga225-2) FPGA kullanılarak simülasyonlar yapılmıştır. Kullanıcı para girişi yaparak istediği kahve çeşidini seçebilmektedir ve seçim yaptığı kahveyi alabilmektedir. Para girişleri istenilen kahve teslim alınana kadar bakiyede toplanmaktadır. Simülasyonda secim[0], secim[1], secim[2], secim[3] değişkenleri ile kahve çeşidi seçimleri ve bakiyedeki para durumları kontrol edilmektedir.

Test süreci simülasyonunda, başlangıç durumunda kahve makinesi 5TL kabul etmekte ve herhangi bir kahve teslim etmemektedir. Simülasyon başlatıldıktan 178ns sonra secim[0] Türk Kahvesi seçimi bakiyede 10TL olduğu için teslim edilebilmiştir. Ardından ilerleyen zaman dilimlerinde secim[1], secim[2], secim[3] için bakiyedeki para miktarı ile kahve tercihinin fiyatı karşılaştırılarak kahvenin verilip verilemeyeceği değerlendirilmekte ve verilebilecek durumda olan tercihlerde bakiyeden düşülerek kahve teslim edilmektedir.

Test süreci tamamlandıktan sonra kahve makinesi tekrar başlangıç durumuna dönmekte ve herhangi bir kahve teslim etmemektedir.

Sonuç olarak, tasarlanan kahve makinesi kullanıcının para girişlerine bağlı olarak istenilen kahve çeşidini teslim etmektedir. Kahve makinesi, bakiyede birikten parayı kontrol ederek kahve seçimlerine ve teslimat durumuna karar vermektedir.