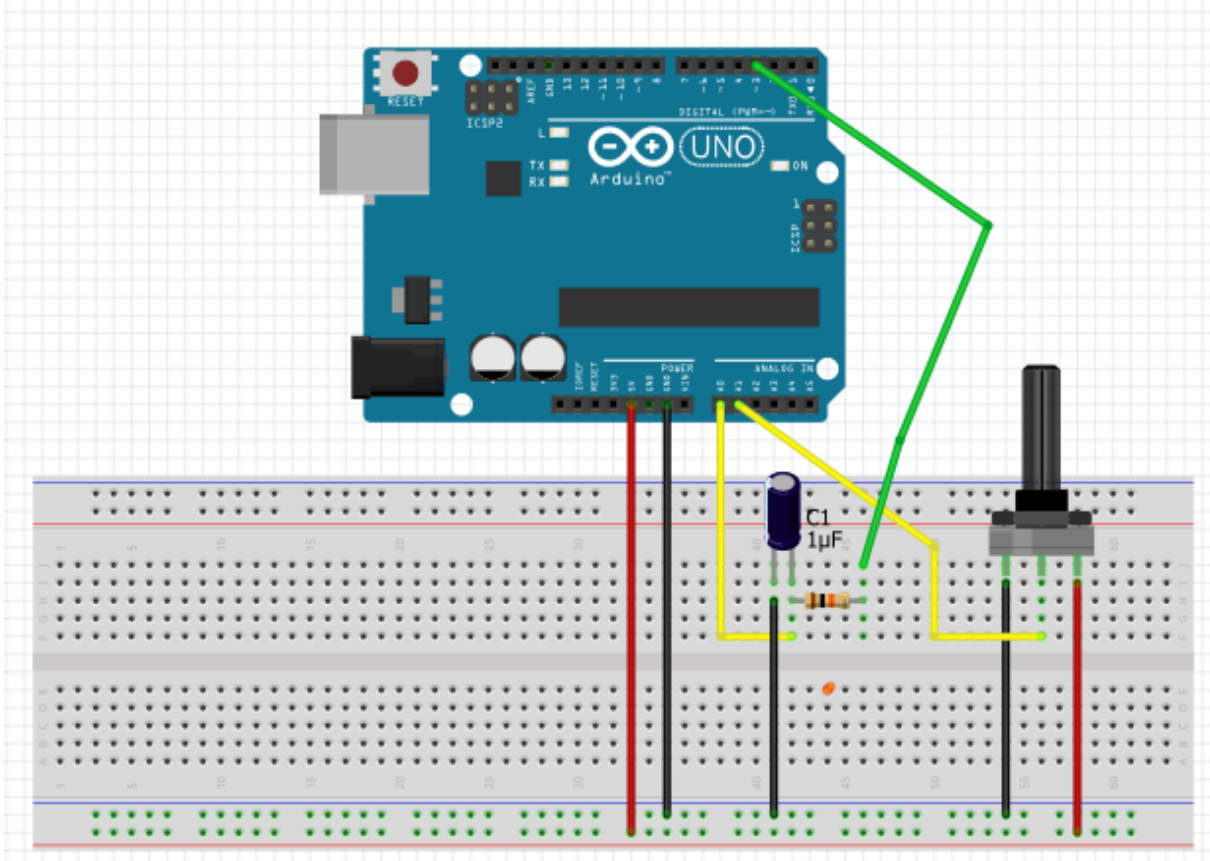


## BULANIK MANTIK ile KONTROL DERS-7 YARDIMCI NOTLARI -2019

### BULANIK MANTIK DENETLEYİCİLER (BMD)

#### Sistemin gerçek zamanlı olarak uygulanması:



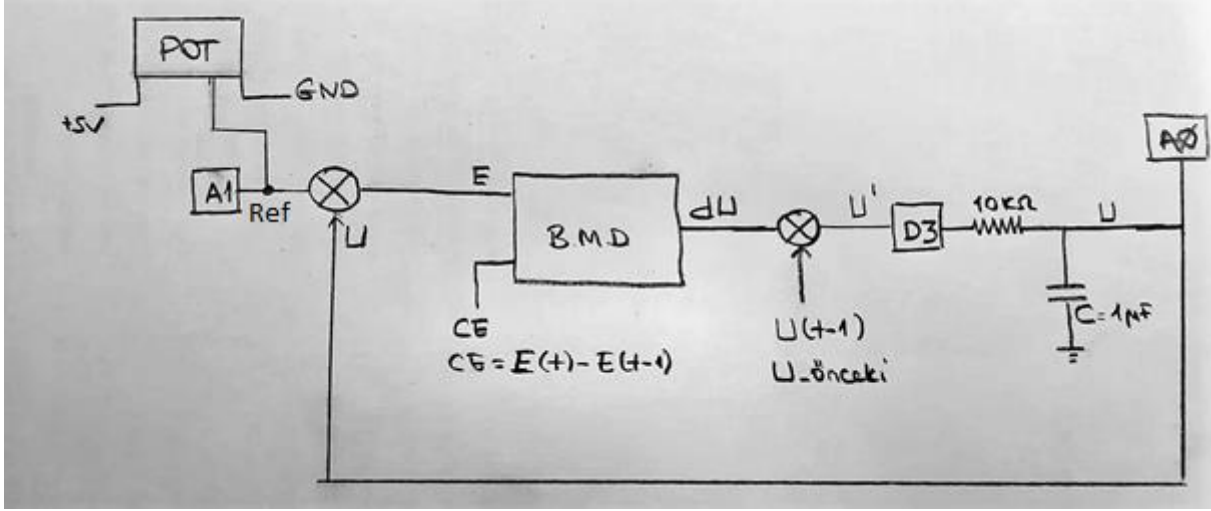
Yukarıdaki deneysel devrede D3 tarafından oluşturulan PWM gerilimi 10K Ohm direnç ve 1  $\mu$ F'lık kondansatör tarafından analog gerilime dönüştürülecek ve bu gerilimin değeri bulanık mantık denetleyicisi tarafından denetlenecektir. Bu denetleme sisteminin referans gerilimi A1'de bağlı bulunan potansiyometre tarafından üretilecektir. Sistemin grafiksel çıktısı analog gerilimin A0 pininden okunmasıyla oluşturulacaktır. Sonuç olarak potansiyometre tarafından üretilen referans gerilimi D3 pininden üretilen pwm gerilimi tarafından takip edilecektir.



## AKÜ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ



Oluşturulan devrenin blok şema olarak ifadesi aşağıda verilmiştir.



Denetleyicinin matlab kodları:

```
clc;clear;close all;
f=readfis('Kontrol_3_1.fis');%9 kurallı (3x3) kural tablosu kullanılıyor.
E_önceki=0;
U_önceki=0.5;
a=arduino('COM3','Uno');
writePWMVoltage(a,'D3',U_önceki);
for i=1:500
    U(i)=readVoltage(a,'A0');%sensorDegeri Referansa yetiyecek olan analog sinyaldir.
    Ref(i)=readVoltage(a,'A1');%referansı pot ile ayarlıyorum.
    E(i)=Ref(i)-U(i);% E hata değerini temsil ediyor.
    Ce(i)=E(i)-E_önceki;% Ce hatanın değişimini temsil ediyor.

    if E(i)<-1
        E(i)=-1;
    elseif E(i)>1
        E(i)=1;
    end

    if Ce(i)<-1
        Ce(i)=-1;
    elseif Ce(i)>1
        Ce(i)=1;
    end

    du(i)=evalfis([E(i) Ce(i)],f); %BMD'nin ürettiği çıktı alınıyor.
    U(i)=du(i)*0.7+U_önceki;%Gerçek çıktı değeri hesaplandı.
    writePWMVoltage(a,'D3',U(i));%Olması gereken çıktı D3'e gönderildi.
    plot(U,'r');
    hold on;
    plot(Ref,'b');
    drawnow;
    fprintf('i=%d Ref=%.2f E=%.2f Ce=%.2f du=%.2f U=%.2f\n',i,Ref(i),E(i),Ce(i),du(i),U(i));
```

$E(i)$  ve  $Ce(i)$  değerleri  $(-1,+1)$  aralığını aştığında  $-1$ 'den küçükse  $-1$  Değeri alıyor.  $+1$ 'den büyük ise  $+1$  değerini alıyor.



## AKÜ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

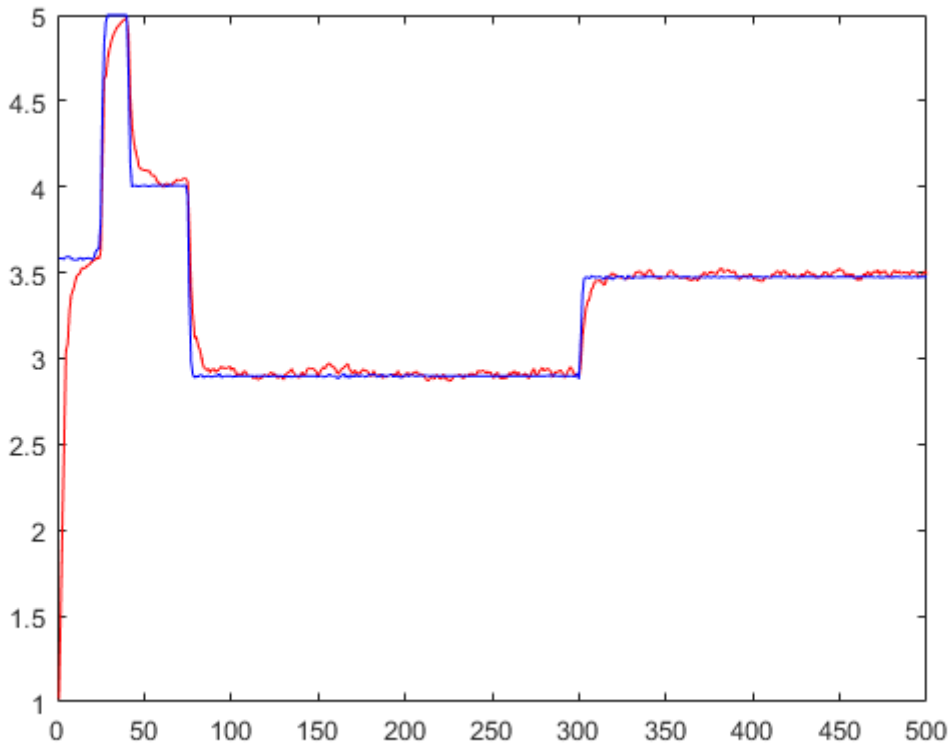


```
E_onceki=E(i);%şimdiki E değeri bir sonraki çevrimde E_onceki olacak.  
U_onceki=U(i);%şimdiki U değeri bir sonraki çevrimde U_onceki olacak.  
pause(0.1);
```

end

Yukarıdaki kodda 9 kuralı olan yani (3x3) kural tablosu kullanılmıştır. Üyelik fonksiyonları standart üçgen üyelik fonksiyonudur. Mamdani çıkarsama yöntemi kullanılmıştır. Bu seçenekler çoğaltılabilir.

Kurulan devre üzerinde kodların çalıştırılması sonucu aşağıdaki grafikler elde edilmiştir.



Yukarıdaki grafikte BMD sisteminin mavi ile çizilmiş olan referans değeri başarılı bir şekilde takip ettiği ancak bir kısım harmonikler oluşturduğu görülmektedir. Bu harmonikleri gidermek üzere bir kısım çalışmalar yapılabilir.

Referans değere hızlı bir şekilde ulaşmaya çalışmak için yukarıdaki kodda 0.7 olarak belirlenen ölçekleme çarpanı büyütülebilir ancak fazla büyük değerde tutulduğunda kontrol sinyali referans değer ile örtüşmeyecektir. Bunun gibi pek çok alternatif daha iyi bir BMD sistemi tasarlamak için denenebilir.

Aşağıda kontrol sinyalinin referans sinyale erişirken gerçekleştirmiş olduğu aşamalar bulunmaktadır.



AKÜ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ MEKATRONİK  
MÜHENDİSLİĞİ



**İlk 40 adımda referans sinyal de tarafımızdan değiştirilmiştir.**

i=1 Ref=3.58 E=1.00 Ce=1.00 du=0.74 U=1.02  
i=2 Ref=3.58 E=1.00 Ce=1.00 du=0.74 U=1.54  
i=3 Ref=3.58 E=1.00 Ce=1.00 du=0.74 U=2.05  
i=4 Ref=3.58 E=1.00 Ce=0.53 du=0.68 U=2.53  
i=5 Ref=3.59 E=0.96 Ce=-0.04 du=0.74 U=3.05  
i=6 Ref=3.59 E=0.50 Ce=-0.46 du=0.05 U=3.08  
i=7 Ref=3.59 E=0.54 Ce=0.04 du=0.26 U=3.27  
i=8 Ref=3.58 E=0.37 Ce=-0.17 du=0.14 U=3.37  
i=9 Ref=3.58 E=0.15 Ce=-0.22 du=0.04 U=3.40  
i=10 Ref=3.58 E=0.17 Ce=0.01 du=0.05 U=3.43  
i=11 Ref=3.57 E=0.21 Ce=0.04 du=0.07 U=3.48  
i=12 Ref=3.58 E=0.05 Ce=-0.16 du=0.01 U=3.49  
i=13 Ref=3.59 E=0.05 Ce=-0.00 du=0.01 U=3.50  
i=14 Ref=3.58 E=0.15 Ce=0.10 du=0.04 U=3.53  
i=15 Ref=3.57 E=0.00 Ce=-0.15 du=0.00 U=3.53  
i=16 Ref=3.58 E=-0.00 Ce=-0.00 du=-0.00 U=3.53  
i=17 Ref=3.58 E=0.07 Ce=0.08 du=0.02 U=3.54  
i=18 Ref=3.59 E=0.03 Ce=-0.04 du=0.01 U=3.54  
i=19 Ref=3.58 E=0.04 Ce=0.01 du=0.01 U=3.55  
i=20 Ref=3.57 E=0.07 Ce=0.02 du=0.02 U=3.56  
i=21 Ref=3.58 E=0.04 Ce=-0.02 du=0.01 U=3.57  
i=22 Ref=3.62 E=0.02 Ce=-0.02 du=0.01 U=3.58  
i=23 Ref=3.64 E=0.07 Ce=0.05 du=0.02 U=3.59  
i=24 Ref=3.64 E=-0.06 Ce=-0.13 du=-0.02 U=3.58  
i=25 Ref=3.81 E=0.18 Ce=0.24 du=0.06 U=3.62  
i=26 Ref=4.47 E=0.88 Ce=0.70 du=0.71 U=4.12  
i=27 Ref=4.84 E=0.82 Ce=-0.07 du=0.73 U=4.63  
i=28 Ref=4.96 E=0.36 Ce=-0.46 du=0.02 U=4.64  
i=29 Ref=5.00 E=0.39 Ce=0.03 du=0.16 U=4.75  
i=30 Ref=5.00 E=0.23 Ce=-0.16 du=0.08 U=4.80  
i=31 Ref=5.00 E=0.20 Ce=-0.03 du=0.06 U=4.85  
i=32 Ref=5.00 E=0.15 Ce=-0.05 du=0.04 U=4.88  
i=33 Ref=5.00 E=0.13 Ce=-0.02 du=0.04 U=4.90  
i=34 Ref=5.00 E=0.11 Ce=-0.02 du=0.03 U=4.92  
i=35 Ref=5.00 E=0.07 Ce=-0.03 du=0.02 U=4.94  
i=36 Ref=5.00 E=0.06 Ce=-0.01 du=0.02 U=4.95  
i=37 Ref=5.00 E=0.06 Ce=-0.00 du=0.02 U=4.96  
i=38 Ref=5.00 E=0.06 Ce=0.00 du=0.02 U=4.97  
i=39 Ref=5.00 E=0.04 Ce=-0.02 du=0.01 U=4.98  
i=40 Ref=5.00 E=0.03 Ce=-0.00 du=0.01 U=4.98

**75 ve 120. Adımlar arasında referans sinyali sabit ve 2.90 V olarak belirlenmiştir.**



AKÜ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ MEKATRONİK  
MÜHENDİSLİĞİ



i=75 Ref=3.95 E=-0.06 Ce=-0.04 du=-0.02 U=4.04  
i=76 Ref=3.33 E=-0.69 Ce=-0.63 du=-0.41 U=3.74  
i=77 Ref=2.98 E=-0.70 Ce=-0.01 du=-0.48 U=3.41  
i=78 Ref=2.90 E=-0.51 Ce=0.20 du=-0.24 U=3.24  
i=79 Ref=2.89 E=-0.43 Ce=0.08 du=-0.18 U=3.12  
i=80 Ref=2.90 E=-0.11 Ce=0.32 du=0.01 U=3.13  
i=81 Ref=2.89 E=-0.25 Ce=-0.14 du=-0.08 U=3.07  
i=82 Ref=2.90 E=-0.09 Ce=0.16 du=-0.03 U=3.05  
i=83 Ref=2.90 E=-0.22 Ce=-0.13 du=-0.07 U=3.00  
i=84 Ref=2.89 E=-0.22 Ce=0.00 du=-0.07 U=2.95  
i=85 Ref=2.89 E=-0.08 Ce=0.14 du=-0.02 U=2.94  
i=86 Ref=2.90 E=-0.04 Ce=0.04 du=-0.01 U=2.93  
i=87 Ref=2.90 E=0.06 Ce=0.10 du=0.02 U=2.94  
i=88 Ref=2.89 E=-0.13 Ce=-0.19 du=-0.04 U=2.92  
i=89 Ref=2.89 E=0.10 Ce=0.23 du=0.03 U=2.94  
i=90 Ref=2.89 E=0.02 Ce=-0.08 du=0.00 U=2.94  
i=91 Ref=2.90 E=-0.11 Ce=-0.13 du=-0.03 U=2.92  
i=92 Ref=2.89 E=0.05 Ce=0.16 du=0.01 U=2.93  
i=93 Ref=2.91 E=0.02 Ce=-0.03 du=0.01 U=2.93  
i=94 Ref=2.90 E=0.10 Ce=0.08 du=0.03 U=2.95  
i=95 Ref=2.89 E=-0.04 Ce=-0.15 du=-0.01 U=2.95  
i=96 Ref=2.90 E=-0.01 Ce=0.03 du=-0.00 U=2.94  
i=97 Ref=2.90 E=0.00 Ce=0.01 du=0.00 U=2.94  
i=98 Ref=2.90 E=0.00 Ce=-0.00 du=-0.00 U=2.94  
i=99 Ref=2.90 E=0.06 Ce=0.06 du=0.02 U=2.96  
i=100 Ref=2.90 E=-0.12 Ce=-0.18 du=-0.04 U=2.93  
i=101 Ref=2.89 E=0.08 Ce=0.20 du=0.02 U=2.95  
i=102 Ref=2.89 E=-0.07 Ce=-0.15 du=-0.02 U=2.93  
i=103 Ref=2.90 E=-0.15 Ce=-0.08 du=-0.04 U=2.90  
i=104 Ref=2.90 E=0.04 Ce=0.19 du=0.01 U=2.91  
i=105 Ref=2.90 E=-0.01 Ce=-0.05 du=-0.00 U=2.91  
i=106 Ref=2.90 E=-0.09 Ce=-0.08 du=-0.03 U=2.89  
i=107 Ref=2.90 E=0.14 Ce=0.23 du=0.04 U=2.92  
i=108 Ref=2.90 E=0.04 Ce=-0.09 du=0.01 U=2.93  
i=109 Ref=2.90 E=-0.13 Ce=-0.17 du=-0.04 U=2.90  
i=110 Ref=2.90 E=-0.02 Ce=0.11 du=-0.00 U=2.90  
i=111 Ref=2.90 E=-0.01 Ce=0.00 du=-0.00 U=2.90  
i=112 Ref=2.90 E=-0.01 Ce=0.00 du=-0.00 U=2.90  
i=113 Ref=2.89 E=-0.08 Ce=-0.07 du=-0.02 U=2.88  
i=114 Ref=2.90 E=0.08 Ce=0.16 du=0.02 U=2.90  
i=115 Ref=2.90 E=-0.08 Ce=-0.16 du=-0.02 U=2.88  
i=116 Ref=2.90 E=-0.01 Ce=0.07 du=-0.00 U=2.88  
i=117 Ref=2.90 E=0.04 Ce=0.06 du=0.01 U=2.89  
i=118 Ref=2.90 E=0.02 Ce=-0.02 du=0.01 U=2.89  
i=119 Ref=2.90 E=0.09 Ce=0.07 du=0.03 U=2.91