

BULANIK MANTIK TABANLI MİKRODENETLEYİCİLİ SICAKLIK DENETİM SİSTEMİ

Uğur FİDAN, Ö.Faruk BAY
Gazi Üni.versitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Bölümü,
06500 Teknikokullar, Ankara

ÖZET

Bu makalede AT89C205 mikrodenetleyici kullanarak bir kuluçka makinesinin sıcaklık denetimi için bir bulanık mantık denetleyicisinin tasarımı ve gerçekleştirilmesi sunulmaktadır. Bulanık mantık denetiminin temelleri ve bulanık mantık denetleyicisinin genel yapısı anlatıldıktan sonra tasarımı yapılan denetleyicinin tasarım ve yapım aşamaları açıklanmaktadır. Deneysel sonuçlar da makalede verilmektedir. Gerçekleştirilen sistemle bir kuluçka makinesinin sıcaklığı 25°C ile 40°C arasında istenilen bir değerde tutulabilmektedir.

Bu çalışmada bulanık mantık denetleyicisi kullanmanın en büyük avantajı denetlenen sistemin matematik modeline ihtiyaç duyulmaması, sözel uzman bilgilerinin dikkate alınması ve cevap zamanının geleneksel denetleyicilerden daha küçük olmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık Denetleyicisi, Sıcaklık kontrolü, İnkübatör

FUZZY LOGIC BASED TEMPERATURE CONTROL SYSTEM USING A MICROCONTROLLER

ABSTRACT

This paper is aimed to illustrate the design and the implementation of a fuzzy logic controller(FLC) for an incubator using an AT89C205 microcontroller. The basis for fuzzy control and the general structure of the fuzzy logic controllers are illustrated. Then design and implementation steps of the FLC are explained. Experimental results are also included. The incubator temperature can be adjusted at any point between 25°C – 40 °C . The use of fuzzy logic controller in this application has potential advantages where the incorporation of a priori information, expressed linguistically, is concerned.

Keywords: Fuzzy Logic Controller, Temperature Control, Incubator

1. GİRİŞ

Sıcaklık denetiminin kullanıldığı bir çok uygulama alanı mevcuttur. Bunlardan bazıları şöyledir. Seracılıkta bitkilerin yaşayabilmesi için en uygun ortamın hazırlanmasında , hayvancılıkta kuluçka makinelerinin iç sıcaklığını ayarlayarak yumurtaların uygun kuluçka sıcaklığında bulundurulmasında, gıda sanayisinde kazanları istenilen sıcaklık değerlerinde tutarak en kaliteli ürünün elde edilmesinde, iklimlendirme cihazlarında vb yerlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygulama alanları bunlarla sınırlı olmayıp bu listeyi daha da uzatmak mümkündür.

Sıcaklığı denetlemek için birçok geleneksel denetim metodu bulunmaktadır örneğin P, PI, PID vb. Bu çalışmada ise bir inkübatörün sıcaklığını kullanılan yumurtanın cinsine bağlı olarak istenilen sıcaklık değerinde sabit tutmak için, mikro denetleyicili bulanık mantık tabanlı bir denetleyici tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bulanık mantık denetleyicisinin kullanılmasındaki

amaç istenilen sıcaklık değerine en kısa zamanda ulaşmak ve dış bozucu etkilere maruz kaldığında bile istenilen sıcaklık değerinde sabit kalmasını sağlamaktır. Bunları yaparken de güç tüketimini olabildiğince azaltmaktır.

Bu makalede AT89C205 mikrodenetleyici kullanarak bir kuluçka makinesinin sıcaklık denetimi için bir bulanık mantık denetleyicisinin tasarımı ve gerçekleştirilmesi sunulmaktadır. 2. bölümde Bulanık Mantık Denetleyicisi yazılımının tasarımı anlatılmaktadır. 3. bölümde kuluçka makinesi inkübatör sıcaklığının bulanık denetimi sunulmaktadır. 4. bölümde bulanık mantık denetleyici sisteminin mikrodenetleyici ile gerçekleştirilmesi detaylı olarak verilmektedir. 5. bölümde ise deneysel çalışma sunulmakta, alınan değerler verilmekte ve değerlendirilmektedir.

2. BULANIK MANTIK DENETLEYİCİSİ YAZILIMININ TASARIMI

Bir bulanık mantık denetleyicisi temel olarak dört kısımdan oluşmaktadır. Bunlar bulanık-

laştırma, bilgi tabanı, karar verme mekanizması ve durulaştırma üniteleridir.

2.1 Bulanıklaştırma

Bu çalışmada süreç değişkeni olarak ortam sıcaklığı(inkübatör sıcaklığı) (C) ve denetim değişkeni olarak da ısıtıcı akımı (i) seçilmiştir. Sistem giriş değişkenleri referans sıcaklık ile ortam sıcaklığı arasındaki sıcaklık hatası (e) ve sıcaklık hatasındaki değişim (ce) olarak tanımlanmıştır. Sistem çıkış değişkeni ise ısıtıcı denetimini yapan sürücü devreye gönderilen PWM sinyalinin iş saykılındaki değişim seçilmiştir.

$$e(k)= C_{ref}(k) - C(k)$$

$$ce(k)=e(k) - e(k-1)$$

burada:

$C_{ref}(k)$ k'nıncı örnekleme anında istenilen referans sıcaklık,

$C(k)$ k'nıncı örnekleme anında ortam sıcaklığı,

$e(k)$ k'nıncı örnekleme anındaki sıcaklık hatası ve

$ce(k)$ ise k'nıncı örnekleme anında sıcaklık hatasındaki değişimdir.

Hata, hatadaki değişim ve denetim değişkenleri ilgili evrensel kümeye yerleştirilmektedir. Sistem değişkenlerinin quantizasyonu yapıldıktan sonra quantizelenmiş giriş verisi bulanık kümelerin etiketleri olacak şekilde uygun sözel değişkenlere çevrilmektedir. Bu sözel değişkenler ise aşağıda verilmektedir.

PB: (Pozitif Büyük)

PO: (Pozitif Orta)

PK: (Pozitif Küçük)

S: (Sıfır)

NK: (Negatif Küçük)

NO: (Negatif Orta)

NB: (Negatif Büyük)

2.2 Üyelik Fonksiyonları

Bir bulanık küme evrensel kümedeki her elemana üyelik değerinin bir derecesi atanarak tanımlanmaktadır. Bir çok üyelik fonksiyonu çeşidi mevcuttur. Bu üyelik fonksiyonlarının seçimi kullanıcıya bağlı bulunmaktadır(1,2). Bu uygulamada daha basit hesaplama gerektirdiği için üçgen tipi üyelik fonksiyonları tercih edilmiştir.

2.3 Dinamik Sinyal Analizi

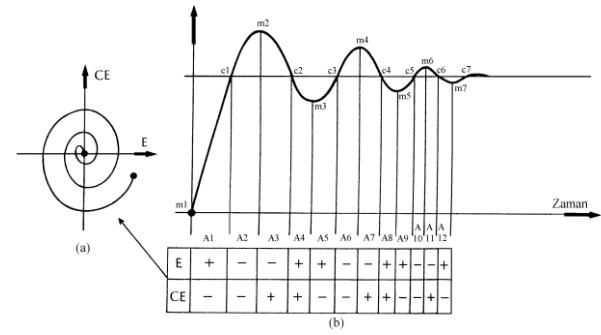
Sezgi ve tecrübeyi bulanık denetim algoritmasında uygun bir şekilde birleştirip kullanmak için hata sinyalinin dinamik davranışının önceden bilinmesi gerekmektedir (3,4). Analizi kolaylaştırmak için ortam sıcaklığının tepkisi Şekil 1'de çizilmiştir.

Burada:

$c1, c2, \dots, c6$: referans geçiş noktalarını,

$m1, m2, \dots, m6$: referans uç noktalarını ve

A_1, A_2, \dots, A_{12} : referans aralıklarını ifade etmektedir



Şekil 1. a) Dinamik sinyal analizi

b) faz düzlemi yörüngesi

Şekil 1'den geçiş ve uç noktaları için şu özellikleri çıkarmak mümkündür.

$c1: (e>0 \rightarrow e<0)$ ve $ce \lll 0$,

$c2: (e<0 \rightarrow e>0)$ ve $ce \ggg 0$,

$c3: (e>0 \rightarrow e<0)$ ve $ce \ll 0$,

$c4: (e<0 \rightarrow e>0)$ ve $ce \gg 0$,

$c5: (e>0 \rightarrow e<0)$ ve $ce < 0$,

$c6: (e<0 \rightarrow e>0)$ ve $ce > 0$,

$m1: ce \cong 0$ ve $e \ggg 0$,

$m2: ce \cong 0$ ve $e \lll 0$,

$m3: ce \cong 0$ ve $e \gg 0$,

$m4: ce \cong 0$ ve $e \ll 0$,

$m5: ce \cong 0$ ve $e > 0$,

$m6: ce \cong 0$ ve $e < 0$,

Analizin kolaylığı için her aralıkta e ve ce'nin polariteleri de Şekil 1'de belirtilmiştir. Hatanın karakteristiğinin daha iyi ifade edilebilmesi ve sözel kuralın doğrulanması için Şekil 1(a)'ya karşılık gelen faz düzlemi yörüngesi Şekil 1(b)'de ve-

rilmiştir. Geçiş noktalarının, uç noktalarının ve referans aralıklarının birleştirilmiş durumu Tablo 1'de görülmektedir (3).

Tablo1. Birleştirilmiş kural tablosu

ce \ e	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
NB				c1			
NO	A2	A6	A10	c3	A1	A5	A9
NK				c5			
S	m2	m4	m6	S	m5	m3	m1
PK				c6			
PO	A3	A7	A11	c4	A4	A8	A12
PB				c2			

2.4 Bulanık Denetim Kurallarının Elde Edilmesi

Bulanık denetim kuralları uzman tecrübesi ve kontrol mühendisliği bilgisine dayalı olarak elde edilmektedir(4). Tecrübeler ve dinamik sinyal analizine göre bulanık denetim kuralları Tablo 2'de listelenmiştir. Bu kurallar dinamik sinyal analizindeki geçiş noktalarına göre çıkarılmıştır. Bu bulanık denetim kuralları sözel kural tablosu Tablo 3'te de görülmektedir. Şartlı kurallar Tablo 2 ve Tablo 3'te ifade edilmektedirler. Örneğin Tablo 2'nin üçüncü satırındaki kural şu anlama gelmektedir:

Eğer (e= S ve ce=NK) O Halde (denetim girişindeki değişim du=NK) dir.

Tablo 2. Geçiş ve Uç Noktalardaki Bulanık Denetim Kuralları

Kural no:	e	ce	Du	Ref. Nok.
1	S	NB	NB	c1
2	S	NO	NO	c3
3	S	NK	NK	c5
4	NB	S	NB	m2
5	NO	S	NO	m4
6	NK	S	NK	m6
7	S	PB	PB	c2
8	S	PO	PO	c4
9	S	PK	PK	c6
10	PB	S	PB	m1
11	PO	S	PO	m3
12	PK	S	PK	m5
13	S	S	S	Kur.Nok.

Dinamik sinyal analizine ve faz düzlemi yörüngesine göre referans aralıklarındaki kuralların ispatını yapmak mümkündür. Denetim

kurallarının belirlenmesinde kullanılan bazı yorumlar şu şekildedir.

1. A4, A8, A12 aralıklarında : e="+" ve ce="+", hata pozitif ve artmaktadır dolayısıyla hatayı azaltmak için pozitif denetim girişi verilmelidir.
2. A1, A5, A9 aralıklarında : e="+" ve ce="-", hata hala pozitifdir ancak yavaş yavaş düşmektedir. Bu durumda denetim girişi küçük olacak şekilde kurulmalıdır.
3. A2, A6, A10 : aralıklarında e="-" ve ce="-" bu durum (1) deki durumun tam tersidir, yani hata negatif ve artmaktadır dolayısıyla hatayı azaltmak için negatif kontrol girişi verilmelidir.
4. A3, A7, A11 : aralıklarında e="-" ve ce="+" bu durum ise (2) deki durumun tam tersidir, yani hata negatif ve azalmaktadır. Bu durumda kontrol girişi küçük olacak şekilde kurulmalıdır.

Yukarıdaki çıkarımlara göre referans aralıklarında elde edilen sözel kuralların listesi Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Sözel Kural Tablosu

ce \ e	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
NB	NB	NB	NB	NB	S	S	S
NO	NB	NB	NO	NO	S	S	S
NK	NB	NB	NK	NK	PK	PK	PO
S	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
PK	NO	NK	NK	PK	PK	PB	PB
PO	S	S	S	PO	PO	PB	PB
PB	S	S	S	PB	PB	PB	PB

2.5 Bulanık Muhakeme (Karar verme mekanizması)

Kural tabanı elde edildikten sonra, bulanık muhakeme stratejisinin belirlenmesi gerekmektedir. Bulanık muhakemeyi gerçekleştirmek için bir çok teknik mevcuttur. Her hangi bir giriş için, her kural belli bir ağırlık derecesi ile kullanılmaktadır. Bu işi gerçekleştirmek için bu uygulamada MAX-MIN bulanık muhakeme metodu seçilmiştir.

2.6 Durulaştırma

Bulanık muhakeme işlemi ile yine bulanık bir değer elde edilmektedir. Bunun ortam sıcaklığının ayarlanabilmesi için kesin bir değere çevrilmesi gerekmektedir. Durulaştırma stratejisi, elde edilen bu bulanık denetim işlevini en iyi şekilde

temsil edebilecek bulanık olmayan denetim işlevini üretmeye yardım etmektedir(4,5). Durulaştırma işlemini gerçekleştirmek için bir çok durulaştırma metodu kullanmak mümkündür. Bu çalışmada ağırlık merkezi durulaştırma metodu kullanılmaktadır.

3. İNKÜBATÖR SICAKLIĞININ BULANIK DENETİMİ

İnkübatör sıcaklığının denetimini gerçekleştirmek için, bulanık mantık denetleyicisi sıcaklık denetim halkasına uygulanmaktadır.

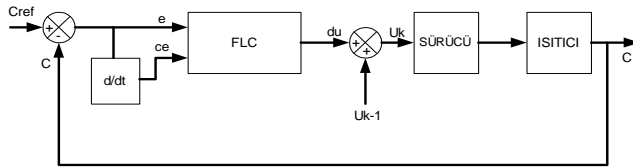
Bulanık denetleyicili sıcaklık denetim sisteminin blok diyagramı Şekil 2'de görülmektedir. Bulanık sıcaklık denetleyicisindeki giriş değişkenleri sıcaklık hatası (E) ve sıcaklık hatasındaki değişim (CE) dir. Çıkış değişkeni ise iş saykılındaki değişim (DU) dur. Tasarımda esneklik sağlamak ve denetleyiciyi ayarlamak için değişkenler birim değer olarak temsil edilmektedirler. Birim değer olarak açıklanan değişkenler aşağıdaki şekildedirler.

$$e(pu) = E/GE$$

$$ce(pu) = CE/GCE$$

$$du(pu) = DU/GDU$$

Buradaki GE, GCE, ve GDU bulanık denetleyicinin ilgili kazanç katsayılarıdır.

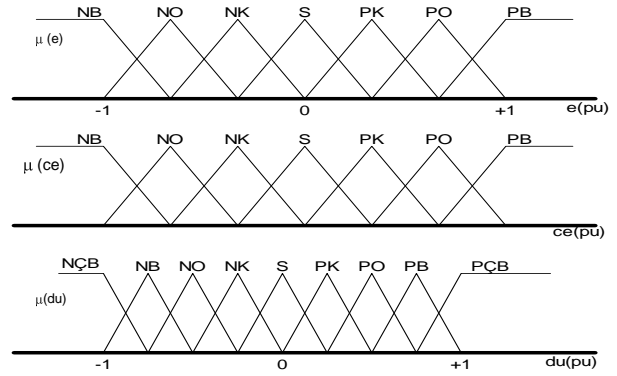


Şekil 2. Sıcaklık denetim sisteminin blok diyagramı

Şekil 3'de giriş değişkenleri e(pu), ce(pu) ve du(pu) nun üyelik fonksiyonları görülmektedir. Tablo 4'te bulanık sıcaklık denetleyicisi için uygun hale getirilmiş kural tabanı matrisi verilmektedir. Sıcaklık denetimi için işlem sırası aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

1. Ortamın sıcaklık değeri ölçülmektedir.
2. Sıcaklık hatası ve sıcaklık hatasındaki değişim hesaplanmaktadır.
3. Sıcaklık hatası ve sıcaklık hatasındaki değişim için bulanık kümeler ve üyelik dereceleri belirlenmektedir.

4. Her bir bulanık kurala bağlı olarak denetim işlevindeki bulanık değişim (du) belirlenmektedir.
5. Ağırlık merkezi durulaştırma metodu kullanılarak du'nun keskin değeri hesaplanmaktadır.
6. Bir sonraki denetim sinyali $U(k) = U(k-1) + du$ formülüne göre hesaplanmakta ve sürücüyü denetlemek için gönderilmektedir.



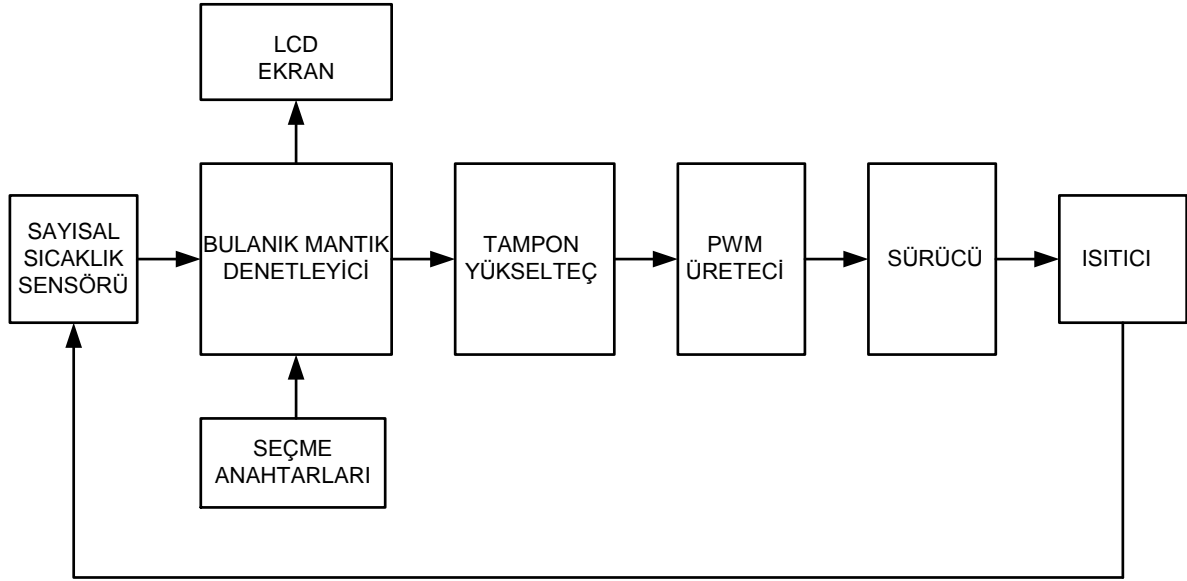
Şekil 3. e(pu), ce(pu) ve du(pu) değişkenlerinin üyelik fonksiyonları

Tablo 4. Sıcaklık denetimi için bulanık denetim kuralları

ce \ e	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
NB	NÇB	NB	NB	NO	NK	NK	S
NO	NB	NB	NO	NK	NK	S	PK
NK	NB	NO	NK	NK	S	PK	PK
S	NO	NK	NK	S	PK	PK	PO
PK	NK	NK	S	PK	PK	PO	PB
PO	NK	S	PK	PK	PO	PB	PB
PB	S	PK	PK	PO	PB	PB	PÇB

4. 8051 AİLESİ MİKRODENETLİYİCİ İLE BULANIK DENETİM SİSTEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Şekil 4'de bulanık mantık tabanlı mikrodenetleyicili sıcaklık denetim sisteminin blok diyagramı görülmektedir. Sistemin çalışması şu şekilde açıklanabilir.

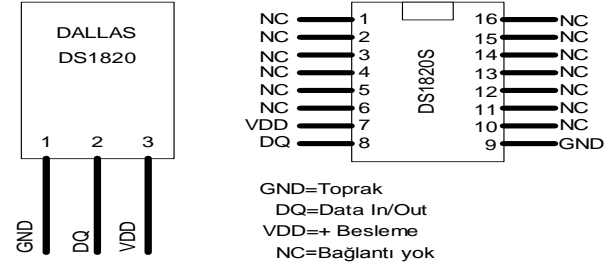


Şekil 4. Bulanık Mantık Tabanlı Mikrodenetleyicili Sıcaklık Denetim Sistemine Ait Blok Diyagram

Ortaman sıcaklık değeri sayısal sıcaklık sensörü ile alınmaktadır. Sıcaklık değeri doğrudan sayısal olarak alındığı için ayrıca analog/sayısal dönüştürücüye ihtiyaç duyulmamaktadır. Ölçülen sıcaklık değeri bulanık mantık denetleyicisi içerisinde değerlendirilerek sıcaklık değerine bağlı gerekli olan denetim ifadeleri üretilmektedir. Ayrıca tasarlanan sistem seçme anahtarlarının konumuna göre bulanık mantık denetleyicinin aldığı ara değerleri ve sıcaklık değerlerini LCD ekran üzerinde göstermektedir. Sıcaklık değerine bağlı olarak üretilmesi gereken PWM değeri ilk önce tampon yükselteçlerden geçirilerek PWM üreticisine verilmiştir. PWM üreticisi bulanık mantık denetleyicisinin ürettiği değere bağlı olarak PWM sinyallerini üretmektedir. Sürücüye uygulanan PWM sinyali ile ısıtıcıdan geçen akım ayarlanmaktadır.

4.1 Sayısal Sıcaklık Sensörü

Dallas firması tarafından üretilen DS1820 sayısal ısı sensörünün şekli ve ayak yapısı Şekil 5'de gösterilmiştir. DS1820, içerisinde bulunan işlemci ve analog / sayısal dönüştürücü yardımı ile ortam sıcaklığını biri işaret biti olmakla beraber 9 bit seri sayısal bilgiye dönüştürmektedir. DS 1820'nin çalışabilmesi için bir yazılıma ihtiyaç vardır. Sensörün çalışması için gerekli komut ve veriler mikrodenetleyici tarafından sensörün DQ ucuna uygulanır. Sayısal olarak dönüştürülen sıcaklık tekrar DQ ucundan okunup mikrodenetleyicide değerlendirilmek üzere kullanılır(6)



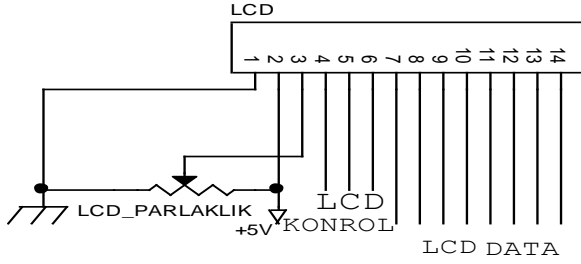
Şekil 5. DS1820 Sayısal sıcaklık sensörü ayak yapısı

Sayısal sıcaklık sensörü DS1820'nin birkaç özelliğini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Tek bir uç üzerinden haberleşme
- Harici bir elemana ihtiyaç duyulmaması
- Data hattı üzerinden de beslenebilme özelliği
- 55°C ile 125 °C arasında ölçme aralığı
- 0,5 °C sıcaklık değişimi için bir bitlik değişim
- Sıcaklığı 9 bitlik seri dijital bilgiye dönüştürme

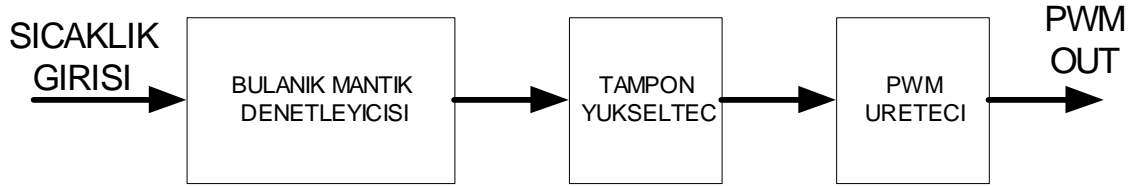
4.2 LCD Display

Şekil 6'da LCD displayin ayak bağlantıları görülmektedir. LCD'ler satır sayılarına göre adlandırılmaktadır. Bu çalışmada 2X16'lık LCD kullanılmıştır.



Şekil 6. LCD Display ayak bağlantısı

Şekil 6'de görülen potansiyometre ile ekrana-

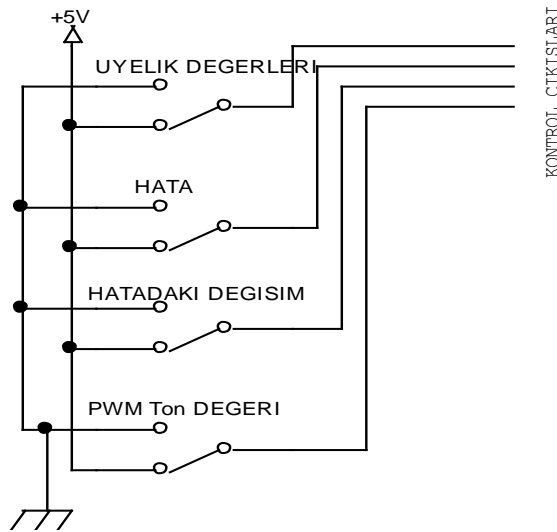


Şekil 8. Bulanık Mantık Denetleyici

nın parlaklığı ayarlanmaktadır. 4,5 ve 6 nolu uçlar denetim uçları olup gönderilecek verinin zamanını ve hangi satıra yazılacağını belirlemek için mikro denetleyici tarafından denetlenmektedir. 7-14 nolu uçlar veri uçları olup yazdırılabilecek olan 256 karakterden birine tekabül eden 8 bitlik veri giriş uçları olarak kullanılmaktadır.

4.3 Seçme Anahtarları

Şekil 7'de görülen seçme anahtarları LCD ekranında hangi verilerin gösterileceğini belirlemektedir. Anahtarların konumu mikrodenetleyiciye bildirilerek LCD ekran üzerinde bulanık mantık denetleyicisinin çalışması sırasında hangi ara değerleri aldığını görmek için kullanılmaktadır.



Şekil 7. Seçme Anahtarları

4.4 Bulanık Mantık Denetleyici Sistemi

Şekil 8'de bulanık mantık denetleyicisinin blok şeması görülmektedir. Bulanık mantık denetleyicisi olarak Atmel firmasının ürettiği 51 ailesi AT89LV52 mikrodenetleyicisi kullanılmaktadır. Sistemin tüm çalışması denetleyici içerisindeki yazılım ile belirlenmektedir. AT89LV52 denetleyicisi 8K'lık program hafızasına sahip 8 bitlik bir

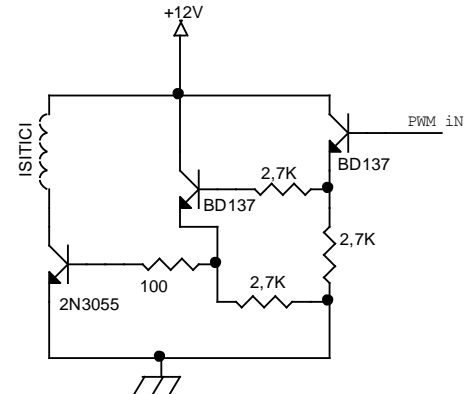
işlemcidir. En fazla 30 MHz'lik osilatör frekansı ile çalışabilmektedir(7,8).

Tampon yükselteç 8 adet emiter izleyiciden oluşmaktadır. Tampon yükselteç iki işlemci arasına konularak sistemin geriye doğru yüklenmesini engellemekle beraber işlemciler arasındaki veri alışverişinin hatasız olarak gerçekleşmesini sağlamaktadır.

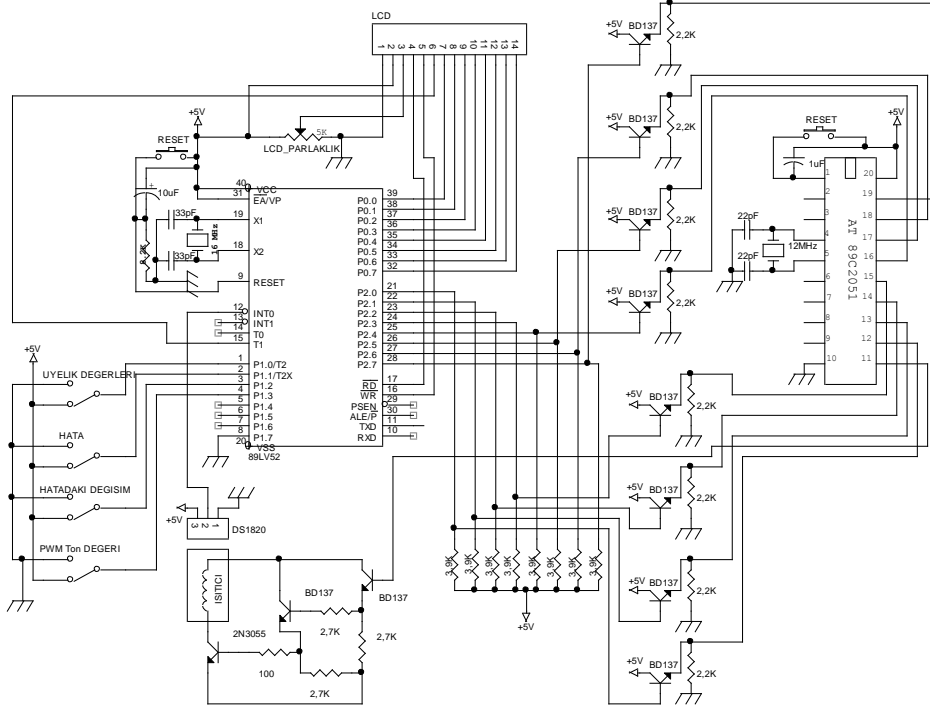
PWM üretici olarak kullanılan AT89C2051 işlemcisi tampon yükselteç üzerinden bulanık mantık denetleyicisinden aldığı değere bağlı olarak gerekli olan PWM sinyalini üretmektedir. PWM üreticinin mikrodenetleyici ile yapılmasıyla PWM'in frekansı kolayca değiştirilebilmektedir.

4.5 Sürücü

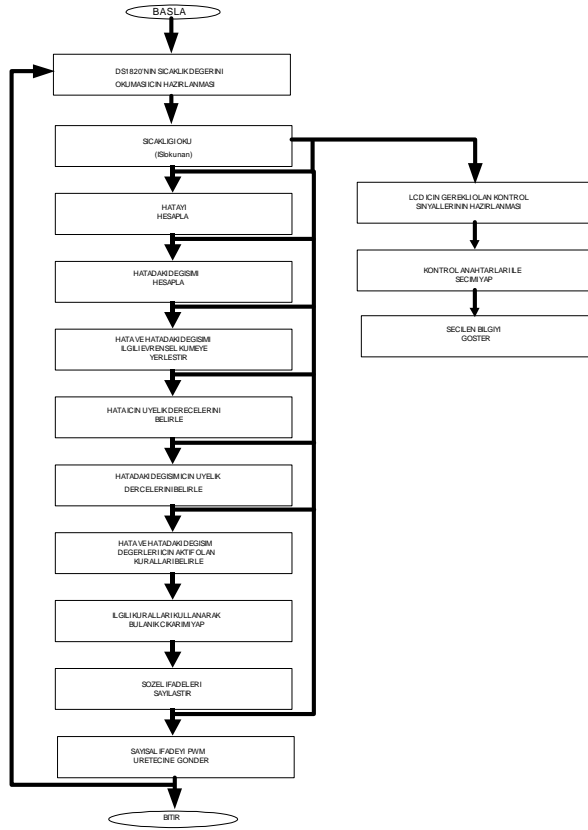
Şekil 9'daki sürücü devresi PWM sinyali ile ısıtıcıdan geçecek akımı ayarlamak için kullanılmaktadır. Bu amaçla sürücü devresi ön yükselteç, sürücü yükselteci ve çıkış güç yükselteci olmak üzere üç kısımda tasarlanmıştır.



Şekil 9. Sürücü Devresi



Şekil 10. Bulanık Mantık Tabanlı Mikrodnetleyicili Sıcaklık Denetim Sisteminin Devre Şeması



Şekil 11. Bulanık Mantık Denetleyicisi Yazılımına Ait Akış Diyagramı

Şekil 10 ve Şekil 11'de Bulanık mantık tabanlı mikrodenetleyicili sıcaklık denetim sisteminin devre şeması ile bulanık mantık denetleyicisine ait programın akış diyagramı verilmektedir.

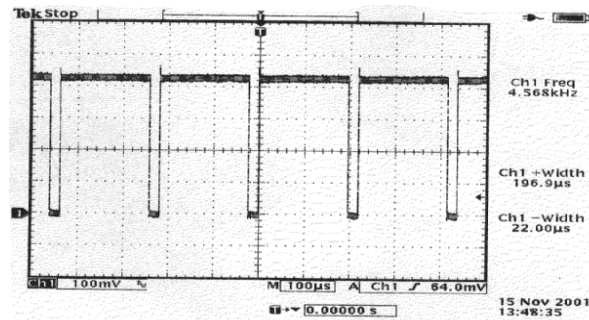
5. DENEY SONUÇLARI

Bulanık mantık tabanlı mikrodenetleyicili sıcaklık denetim sisteminin çalışmasını test etmek için yapılan deneyde referans sıcaklık değeri 40 °C olarak seçilmiş ve değişik ortam sıcaklık değerleri için sistemin göstermiş olduğu tepkiler Tablo 5'de kaydedilmiştir.

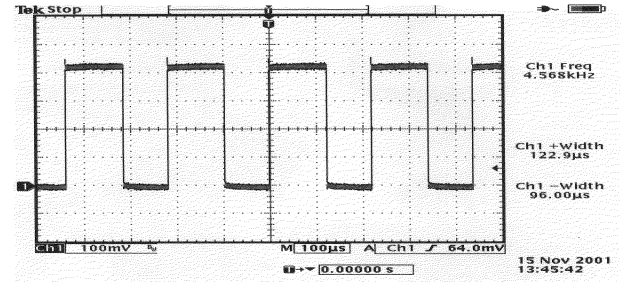
Tablo 5. Sistemin Değişik Sıcaklık Değerlerine Karşı Gösterdiği Tepkiler

	ÖLÇÜLEN SICAKLIK (°C)	HATA (°C)	PWM T _{ON} Değeri (%)	HATA İÇİN Üyelik Dereceleri
1	20	20	90	PB=1
2	26	14	56	PB=0,4 PO=0,6
3	32	8	29	SF=0,2 PK=0,8
4	38	2	8	SF=0,8 PK=0,2
5	39	1	3	SF=0,9 PK=0,1
6	40	0	0	SF=1

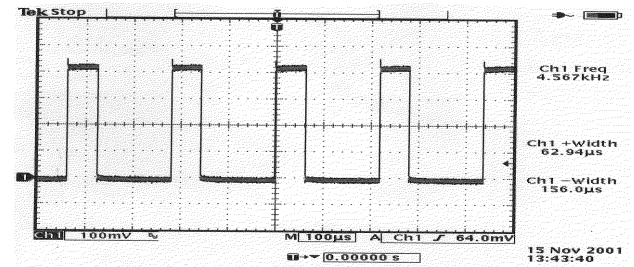
Ortam sıcaklığını istenen sıcaklık (referans sıcaklık) değerine ulaştırmak için sistemin değişik sıcaklık değerlerinde gösterdiği tepkiler Şekil 12, Şekil 13, Şekil 14, Şekil 15 ve Şekil 16'da osiloskop çıktısı olarak gösterilmiştir. Sıcaklık hatası 20 °C iken ısıtıcı akımını ayarlayan PWM iş saykılı %90, sıcaklık hatası 1°C olduğunda ise PWM iş saykılı %3 olmaktadır. Bulanık mantık tabanlı mikrodenetleyicili sıcaklık denetim sistemi ortam sıcaklığını 25 °C ile 40°C arasında istenilen bir değerde sabit tutmak için tasarlanmıştır. Sistem istenilen sıcaklığa en kısa sürede ulaşmak ve sabit tutmak için ısıtıcıdan geçen akımı değiştirmektedir.



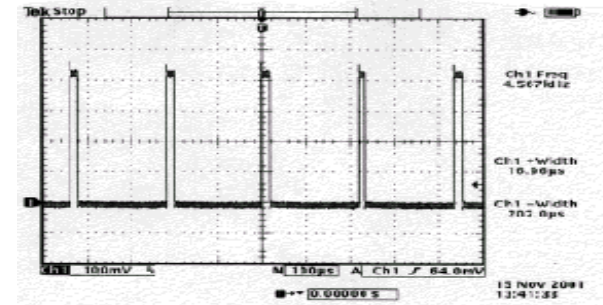
Şekil 12. T_{ortam}=20°C iken I_{ısıtıcı} akım dalga şekli



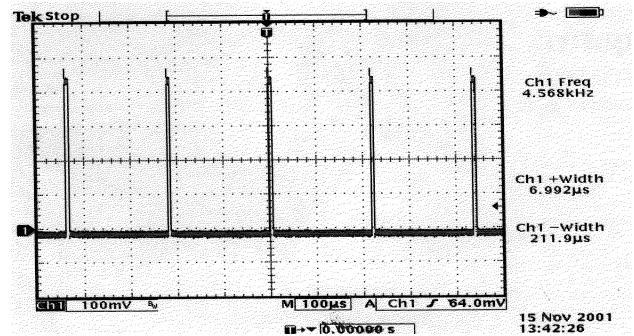
Şekil 13. T_{ortam}=26°C iken I_{ısıtıcı} akım dalga şekli



Şekil 14. T_{ortam}=32°C iken I_{ısıtıcı} akım dalga şekli



Şekil 15. T_{ortam}=38°C iken I_{ısıtıcı} akım dalga şekli



Şekil 16. T_{ortam}=39°C iken I_{ısıtıcı} akım dalga şekli

6. SONUÇ

Gerçekleştirilen sistemle bir kuluçka makinesinde inkübatörün sıcaklığı istenen sıcaklık değerine en kısa sürede ulaştırılmakta ve dış etkilerden dolayı oluşabilecek sıcaklık değişimi en aza

indirilmektedir. Bu ise Atmel firması tarafından üretilen 8051 ailesi mikro denetleyici(AT89C2051) üzerinde koşturulan bulanık mantık denetleyicisi vasıtası ile sağlanmaktadır. Tasarlanan ve gerçekleştirilen sistem ile inkübatör sıcaklığı 25°C ile 40°C arasında istenilen bir değerde sabit olarak tutulmaktadır

Gerçekleştirilen sistem bulanık mantık denetim sisteminin sağladığı tüm faydaları içermektedir. Gerçekleştirilen sistemin bir diğer avantajı da hiçbir cihaza veya sisteme bağlı olmaksızın tüm denetim işlemlerini gerçekleştiriyor olabilmesidir. Ayrıca kullanılan LCD display yardımı ile bulanık mantık denetleyicisinin çalışması sırasında denetleyici giriş değişkenlerinin üyelik dereceleri ve kontrol değişkeninin iş saykılı oranı ile ölçülen inkübatör sıcaklığı görüntülenebilmektedir.

Tasarlanan sistemin bir dezavantajı kullanılan mikrodenetleyicinin floating point özelliği olmadığı için, bulanık mantık denetleyicisi aldığı kesirli değerleri yuvarlatmaktadır. Bundan sonucunda ise sistemin kuralları işleyişinde bir miktar hata meydana gelmektedir. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için DSP (Digital Signal Processor) işlemcilerin floating point özelliği olanlarını kullanmak gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Elmas, C. and Bay, Ö. F., Modeling and Operation of a Nonlinear Switched Reluctance Motor Drive Based on Fuzzy Logic, European Power Electronics and Applications Conference, pp. 3/592-3/597, 19-21 September, 1995, Sevilla, Spain.
2. Sousa, C. D.,and Bose, B. K., A Fuzzy Set Theory Based Control of a Phase Controlled Converter DC Machine Drive, IEEE Tran. on Ind. App., pp.34-44, 1994.
3. Bay, Ö. F., Anahtarlamalı Relüktans Motorun Sayısal Sinyal İşlemcisi Tabanlı Bulanık Kontrolü, Politeknik Dergisi, cilt-2, sayı.3, s.7-21, 1999, Ankara,Türkiye
4. Lee, C. C., Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part II, IEEE Tran. on Systems Man and Cybernetics, vol. 20, no. 2, april 1990.
5. Gates, R.S. ve diğerleri, Identifying design parameters for fuzzy control of staged ventilation control, Computers and Electronics in Agriculture, 31, 61-74, 2001.
6. DS1821 User's Guide, 1998 Gümüşkaya, H., Mikroişlemciler ve 8051 Ailesi, 1998 89LV52 User's Guide, 2000