T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖMÜLÜ SİSTEM ÜZERİNDEN BULANIK KONTROL İLE EV OTOMASYONUNUN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Hakkı SOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ
EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
Konya – 2006

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖMÜLÜ SİSTEM ÜZERİNDEN BULANIK KONTROL İLE EV OTOMASYONUNUN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Hakkı SOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ
EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez 25 / 12 / 2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

……	……	……
Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ (Danışman)	Prof.Dr. Ahmet ARSLAN (üye)	Doç.Dr. Hakan IŞIK (üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÖMÜLÜ SİSTEM ÜZERİNDEN BULANIK KONTROL İLE EV OTOMASYONUNUN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Hakkı SOY
Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ

2006, 84 Sayfa

Jüri: Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ
Prof.Dr. Ahmet ARSLAN
Doç.Dr. Hakan IŞIK

Modern binalar için konforlu bina içi iklim şartları gerekli olup bundan dolayı geniş çapta ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) sistemleri kullanılmaktadır. Bu tezde ev otomasyon sistemi bulanık kontrolör kullanılarak denetlenmeye çalışılmıştır. Belirtilen amaca erişmek için uygun bulanık kurallar, üyelik fonksiyonları, bulanıklaştırma ve durulaştırma işlemlerini yapan birimler belirlenmiş ve sonunda bütün bunlar gömülü kontrolör üzerindeki yazılımla gerçekleştirilmiştir.

Bulanık mantık kuralları insan tecrübelerine dayanmaktadır. Proje ev içinde konforlu iklim sağlamak için sıcaklık kontrol sisteminin tipik uygulamasıdır. Kontrolörün çıkışları bina içi sıcaklık, bina dışı sıcaklık ve nispi nem üzerine kurulmuştur.

Sistem mikrokontrolör içine gömülü bulunmakla birlikte sensorlar, kompresör ve hava devir daim fanı arasında arabirim görevi üstlenir. Microchip PIC18F452 çok sayıda güçlü özelliğe sahip olması sebebiyle gömülü kontrolör olarak tahsis edilmiştir. Mikrokontrolör için kod C programlama dilinde yazılmıştır. Sistemin çalışmasını basitçe göstermek için kullanıcı dostu arabirim tasarlanmıştır.

Çalışmanın amacı HVAC sisteminin kontrolünü daha hassas olarak sağlamak ve aynı zamanda enerji tasarrufu yapmaktır. Uygulamaya bağlı olarak sistem, beklentileri karşılayacak ince ayarlara sahip olabilir.

Anahtar Kelimeler: Ev Otomasyonu, Gömülü Sistem, Termal Konfor, Bulanık Kontrol, Mikrokontrolör, PIC18F452, CCS PIC C Derleyicisi

ABSTRACT

MSc Thesis

FUZZY CONTROL IMPLEMENTATION OF A HOME AUTOMATION ON EMBEDDED SYSTEM

Hakkı SOY

Selçuk University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electronics and Computer Systems Education

Supervisor: Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ

2006, 84 Pages

Jury: Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ

Prof.Dr. Ahmet ARSLAN

Doç.Dr. Hakan IŞIK

A comfortable indoor climate environment is necessary for modern buildings and therefore the Heating, Ventilation and Air-Conditioning (HVAC) systems are widely used. In this study, it is attempted to supervise a home automation by using a fuzzy controller. In order to achieve desired goal, appropriate fuzzy rules, membership functions are established, the units that responsible for fuzzyfying and defuzzyfying are designated and finally all of them realized with software on embedded system.

Fuzzy logic rules are based on human experience. The project has typical application in a home including temperature control system that provides comfortable climate inside the home. The controller outputs are based on the indoor temperature, outdoor temperature and relative humidity.

This system has been embedded in microcontroller with interfaces to the sensors, compressor and air circulation fan. Microchip PIC18F452 has a lot of powerful features and for this reason it is assigned as embedded controller. The code is written in C programming language for microcontroller. User friendly interface is designed for presented to operate the system easily.

The goal of the study is to provide more sensitive control to HVAC system and also to conserve energy. Depending on the application, the system has to be fine tuned to suit the requirements.

Keywords: Home Automation, Embedded System, Thermal Comfort, Fuzzy Control, Microcontroller, PIC18F452, CCS PIC C Compiler

ÖNSÖZ

Üniversite eğitimim sırasında bulanık mantıkla tanışmamı sağlayıp sevdiren değerli hocam merhum Doç.Dr. Arzu BABAEV'e, yüksek lisans eğitimim sırasında desteğini esirgemeyip teşvik eden danışmanım Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ'ye, çalışmalarım sırasında bilgi, deneyiminden faydalandığım Sayın İlhan ŞEN'e ve aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT iii
ÖNSÖZ v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
ÇİZELGELER LİSTESİ x

1.GİRİŞ 1
1.1. Ev Otomasyon Sistemi İhtiyacı 1
1.2. Çalışmanın Konusu ve Amacı 2

2. GÖMÜLÜ KONTROL SİSTEMLERİ 3
2.1. Mikrokontrolörlerin Yapısı 4
2.2. Gömülü Kontrolörler İçin Sistem Geliştirme Çevrimi 6
2.2.1. Problem tanımlama 7
2.2.2. Donanım seçimi 7
2.2.3. Yazılım planlaması 8
2.2.4. Donanım tasarımı 8
2.2.5. Kodlama ve derleme 8
2.2.6. Test 9
2.2.7. Bütünleştirme 9

3. BULANIK KONTROL 11
3.1. Bulanık Kümeler 13
3.2. Üyelik Fonksiyonu 13
3.3. Bulanık Kontrol Sisteminin Yapısı 15
3.4. Bulanık Modeller 18
3.4.1. Mamdani bulanık modeli 18
3.4.2. Sugeno bulanık modeli 19
3.5. Bulanık Kontrolör Tasarımı 19

4. İKLİMLENDİRME KONTROL SİSTEMİ 21
4.1. İklimlendirme Sistemi Kullanım Amaçları 22
4.2. Termal Konfor Kavramı 22
4.3. Sıcaklığın İnsan Sağlığı Üzerinde Etkileri 26
4.4. Etkili Sıcaklık Değeri 27
4.5. İklimlendirme Sistemlerinde Kontrolün Önemi 28
4.6. İklimlendirme Sistemlerinde Geleneksel Kontrol Yaklaşımı 28
4.7. İklimlendirme Sistemlerinde Bulanık Kontrol Yaklaşımı 29
4.8. Bulanık Kontrolör Tasarımı 30

5. SİSTEMİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ 45
5.1. Kontrol Probleminin Tanımlanması 45
5.2. Kullanılacak Donanımların Seçimi 45
5.2.1. Gömülü kontrolör 45
5.2.2. Sıcaklık sensoru 52
5.2.3. Nispi nem sensoru 56
5.2.4. HD44780 LCD ekran 57
5.2.5. Uygulama devresi 59
5.3. Kullanılacak Yazılım Geliştirme Ortamının Seçimi 62
5.4. Yazılım Planlaması 63
5.5. Donanım Tasarımı 66
5.6. Test 66
5.7. Bütünleştirme 67
5.8. Sistemin Çalışmasının Örneklenmesi 67

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 74

7. KAYNAKLAR 76

EK-A Tasarlanan Devrenin Açık Şeması 78
EK-B Elektronik Kart Baskılı Devre Şeması 79
EK-C Elektronik Kart Baskılı Devre Ayrıntılı Şeması 80
EK-D Elektronik Kart Baskılı Devre Önyüz Şeması 81
EK-E Elektronik Kart Yerleşim Planı 82
EK-F Elektronik Kart Montaj Şeması 83
EK-G Elektronik Kart Malzeme Listesi 84

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. PIC mikrokontrolör kullanarak sistem geliştirme akış diyagramı 10
Şekil 3.1. Geleneksel geri beslemeli kontrol çevrimi 12
Şekil 3.2. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonu..... 14
Şekil 3.3. Bulanık kontrol sisteminin blok diyagramı..... 15
Şekil 3.4. Üç giriş iki çıkışlı sistem modeli 16
Şekil3.5. Üç giriş iki çıkışlı sistemin çok değişkenli fonksiyonlarla gösterimi 16
Şekil 3.6. Üç giriş iki çıkışlı sistemin bulanık modeli 17
Şekil 4.1. Doygunluk su buharı basıncının sıcaklıkla değişimi 24
Şekil 4.2. Çiy noktasının grafiksel olarak belirlenmesi 26
Şekil 4.3. Etkili sıcaklık değerinin elde edilmesi..... 27
Şekil 4.4. İklimlendirme sistemlerde geleneksel kontrol çevrimi..... 29
Şekil 4.5. İklimlendirme kontrol sistemi için tasarlanan bulanık kontrolör modeli... 31
Şekil 4.6. Etkili sıcaklık değeri için bulanık çıkarım modeli..... 33
Şekil 4.7. Fan motoru hızı için bulanık çıkarım modeli..... 34
Şekil 4.8. Kompresör motoru hızı için bulanık çıkarım modeli..... 34
Şekil 4.9. Bina içi sıcaklık için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları 39
Şekil 4.10. Bina dışı sıcaklık için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları..... 40
Şekil 4.11. Nispi nem miktarı için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları 41
Şekil 4.12. Etkili sıcaklık için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları 42
Şekil 5.1. PIC18F452 pin görünüş şeması 46
Şekil 5.2. PIC18F452 portlarının fonksiyonel olarak gruplandırılması..... 48
Şekil 5.3. PIC18F452 program hafıza haritası..... 49
Şekil 5.4. PWM modu basitleştirilmiş blok diyagramı..... 49
Şekil 5.5. PWM çıkış işareti..... 50
Şekil 5.6. PIC18F452 özel fonksiyona sahip kaydedicilerin hafıza haritası..... 51
Şekil 5.7. DS1822 görünüşü ve bacak bağlantıları 52
Şekil 5.8. DS1822 ROM kodu formatı 53
Şekil 5.9. DS1822 blok diyagramı..... 53

Şekil 5.10. DS1822 müsvedde hafızası 54
Şekil 5.11. DS1822 sıcaklık değer kaydedicilerinin konfigürasyonu 54
Şekil 5.12. DS1822 konfigürasyon kaydedicisi 55
Şekil 5.13. SHT1x nispi nem sensorunun genel görünümü 56
Şekil 5.14. SHT1x nispi nem sensorunun mikrokontrolör bağlantısı 57
Şekil 5.15. HD44780 LCD ekran genel görünüşü 58
Şekil 5.16. Uygulama devresinin genel görünüşü 60
Şekil 5.17. PWM kontrol işareti 61
Şekil 5.18. Programlayıcı ve hata ayıklayıcı birimi genel görünüşü 62
Şekil 5.19. PIC C derleyicisi ile yazılan programdan kodlama örneği 64
Şekil 5.20. Sistemin çalışma algoritması 65

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 4.1. Kuru havanın bileşenlerinin kısmi hacimleri 23
Çizelge 4.2. Sistem giriş/çıkış değişkenlerinin bulanık sözel değişkenleri 35
Çizelge 4.3. Sistem giriş değişkenlerinin özellikleri 36
Çizelge 4.4. Sistem çıkış değişkenlerinin özellikleri 36
Çizelge 4.5. Bina içi sıcaklık değerinin bulanıklaştırılması 36
Çizelge 4.6. Nispi nem miktarının bulanıklaştırılması 37
Çizelge 4.7. Bina dışı sıcaklık değerinin bulanıklaştırılması 37
Çizelge 4.8. Etkili sıcaklık değerinin bulanıklaştırılması 38
Çizelge 4.9. Etkili sıcaklık değeri için kural tabanı 43
Çizelge 4.10. Fan motoru hızı için kural tabanı 43
Çizelge 4.11. Kompresör motoru hızı için kural tabanı 44
Çizelge 5.1. DS1822 sıcaklık/çıkış değeri ilişkisi çizelgesi 55
Çizelge 5.2. DS1822 çözünürlük konfigürasyonu 56
Çizelge 5.3. Etkili sıcaklık için bulanık çıkarım 68
Çizelge 5.4. “Orta Soğuk” bulanık kümesinin üyelik dereceleri 68
Çizelge 5.5. Bulanık kümenin üyelik derecelerinin karşılaştırılması 69
Çizelge 5.6. Tüm çıkarımlar için elde edilen üyelik dereceleri 69
Çizelge 5.7. Üyelik derecelerinin maksimum değerlerinin bulunması 70
Çizelge 5.8. Kompresör motoru hızı için bulanık çıkarım 71
Çizelge 5.9. Kompresör motoru hızı tüm çıkarımlar için üyelik dereceleri 71
Çizelge 5.10. Fan motoru hızı için bulanık çıkarım 72
Çizelge 5.11. Fan motoru hızı tüm çıkarımlar için elde edilen üyelik dereceleri 72

1. GİRİŞ

Bu çalışmada yeni bir yöntem olan bulanık mantıkla geliştirilmiş kontrol birimi mikrokontrolör içine gömülerek ev otomasyon sisteminin kontrolünde görevlendirilmiştir. Ev otomasyon sisteminin yapısı düşünüldüğünde belirlenen kontrol stratejisi için bulanık kontrol oldukça uygundur. Bunun nedenleri ev otomasyon sisteminin lineer olmaması, basit olmayan matematiksel hesaplamalar gerektirmesi ve aynı zamanda sistemin çalışması için gerçek zamanlı hesaplamalara ihtiyaç duyulmasıdır. Benzer pek çok durumda gerçekleştirilen uygulamalarda bulanık kontrolörlerin çok başarılı sonuçlar verdiği yapılan çalışmalarda görülmüştür. Bulanık kontrol özellikle direkt uzman bilgisine ihtiyaç duyulan yüksek seviyede kompleks sistemlerde karşılaşılan kontrol problemlerinin çözümünde kullanılan bir araçtır.

1.1. Ev Otomasyon Sistemi İhtiyacı

Acaba ev akıllı olabilir mi? Günlük hayatta yapılan pek çok sıkıcı rutin işin gerçekleştirilmesinin yaşantımızdan çıkarılıp, alınması gereken kararların insan hareketlerini taklit edecek şekilde ev kontrol sistemi tarafından gerçekleştirilmesi sağlanabilir mi? Hiç şüphesiz bu soruların cevapları olumlu olursa yakın gelecekte günlük hayata birçok yönden etki edecek gelişmeler ortaya çıkacaktır. Şu an kullanılan kontrol sistemleri ev içinde sınırlı sayıda cihazı kapsayacak şekilde tasarlanmış, geleneksel kontrole dayalı sistemlerdir. Genellikle ev otomasyon sistemleri ışıklandırma kontrolü, ısıtma-havalandırma-klima (HVAC) kontrolünü içine alan iklimlendirme kontrolü, güvenlik gibi amaçlar için insanların hizmetine sunulur. Böylece ev içinde konfor seviyesi yükseltilir, enerji tasarrufu sağlanır ve güvenlik artırılır.

1.2. Çalışmanın Konusu ve Amacı

Bu çalışmanın konusu ev içinde temel ihtiyaçları karşılayacak bir otomasyon sisteminin gömülü kontrolör üzerinden bulanık kontrol yöntemi ile gerçekleştirilmesi ve bununla birlikte mevcut sistemlere yeni bir boyut kazandırmaktır. Akıllı kontrol sistemlerinde kullanılan en temel tekniklerden biri olan bulanık mantık tabanlı bulanık kontrol, gömülü kontrolör üzerinde çalışacak şekilde ev otomasyon sisteminin kontrol birimine yerleştirilmiştir. Çalışmanın kapsamında gömülü kontrolör için yazılım geliştirme, bulanık kontrol sistemi tasarımı, sıcaklık ve nem ölçümü, donanım tasarımı gibi konular bulunmaktadır.

Literatürde ev otomasyon sistemleri ile ilgili geleneksel kontrol yaklaşımıyla gerçekleştirilen çok sayıda çalışma vardır. Yapılan çalışmanın amacı bulanık kontrol yöntemi ve gömülü kontrolörlerin avantajlarını birleştirerek mevcut sistemlerin yetersiz kaldığı durumlarda bile kabul edilebilir sonuçlar veren daha güvenilir ve kararlı bir sistem oluşturmaktır. Ayrıca enerji maliyetlerinin gittikçe arttığı bir dünyada ev içinde harcanan enerji miktarı da sistemin gözetlemesi ve kontrol etmesi gereken parametrelerden biridir.

Bu tez çalışması toplam yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tezin konusu tanıtılmış, amacı hakkında kısa bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde gömülü kontrol sistemleri ve gömülü kontrolörlerle sistem geliştirme çevrimi açıklanıp mikrokontrolörler hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde bulanık kontrol yöntemi hakkında açıklamalar yapılmıştır. Dördüncü bölümde iklimlendirme sistemleri tanıtılmış ve termal konfor gibi temel kavramlar üzerinde durulmuştur. Beşinci bölümde bu çalışmanın içinde gerçekleştirilen kontrol sisteminin geliştirilmesi anlatılmış donanım ve yazılım tasarımı hakkında bilgi verilmiştir. Altıncı bölümde yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar açıklanmış ve ileride yapılabilecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur. Yedinci bölümde ise çalışmada faydalanılan kaynaklar hakkında bilgi verilmiştir.

2. GÖMÜLÜ KONTROL SİSTEMLERİ

Gömülü kontrol sistemi genellikle mikrokontrolör, mikroişlemci veya sayısal işaret işlemci çipi gibi en az bir tane programlanabilir entegre devre içeren uygulamalardır. Gömülü sistemler genellikle özel bir görevi gerçekleştirmek için tasarlanırlar. Donanım ve yazılıma ilave olarak sistem içinde bazen mekanik parçalarda bulunabilir. Gömülü sistem uygulamaları cep telefonları, medikal sistemler, uzay ve savunma sistemleri gibi pek çok alanda gömülü işlemci/kontrolör kullanımı şeklinde görülebilir.

Gömülü sistemler ve masaüstü bilgisayar sistemleri arasında iki temel farklılık vardır. Bunlardan ilki gömülü sistemlerin çok büyük bir kısmı için sadece bir tane programın çalışmasına izin verilmesidir. Yani farklı programların çalışmasını denetleyecek bir işletim sistemi gömülü sistemlerde bulunmaz. Mikrokontrolöre enerji verildiği zaman ana program çalışmaya başlar ve enerji kesildiği zaman ana programın çalışması sona erer. İkincisi ise gömülü sistemlerde masaüstü bilgisayarlarda olduğu gibi grafik ekranlar, yazıcılar ve disklerin kullanımından faydalanılamaz.

Yeni bir gömülü sistem projesine başlamadan önce bazı önemli konularda yapılacak seçimlere karar verilmelidir. Bunlardan bazıları kullanılacak mikroişlemci/mikrokontrolörün seçimi, programlama dilinin seçimi ve çevre birimlerin seçimidir. Gömülü sistemlerde uygulama avantajlarından dolayı mikrokontrolör kullanımı yaygındır. Mikrokontrolörlerin mikroişlemcilerden en büyük farkı kendi üzerlerinde hafıza, sistem yolları ve giriş/çıkış birimlerini bulundurmasıdır.

Mikrokontrolörler fonksiyonel olarak bir sistem veya prosesin kontrolünden sorumlu çiplerdir. Gerçek dünya ile bağlantılı olan cihazları kontrol etmek için büyük sistemlerin kontrol birimlerinde gömülü kontrolör olarak kullanılırlar. Çoğu zaman ucuz bütçeli çözümler olarak tasarlandıklarından, faydalanıldıkları projelerin maliyetlerini de önemli ölçüde düşürürler (Banks ve Hayward 2002).

Mikrokontrolörler sadece makine kodunda yazılmış komutları çalıştırmayı kabul ederler. C ve buna benzer yüksek seviyeli dillerde yazılan programlar

çalıştırılmadan önce mutlaka makine diline çevrilir. Kusursuz kaynak kodlar yazmak ancak güçlü derleyicilerin kullanımıyla mümkündür. Zayıf derleyiciler ile üretilen çalıştırılabilir kodlar çoğu zaman uygulamada tasarlandığı şekilde sonuç vermez. Bunun yanında gömülü kontrolörler için sınırlı işlemci gücü ve sınırlı hafıza kapasitesi gibi kısıtlamalar söz konusudur. Bu sebepten uygulamada kullanılan programlama dili donanımın etkili kullanıma izin verecek güce sahip olmalıdır. Gömülü sistemlerde program yazmak için donanıma düşük seviyede erişime ihtiyaç duyulur. Buna örnek olarak özel hafıza bölgelerinden bilgi okumak ve bilgi yazmak gösterilebilir.

Sistem geliştirme sırasında hiçbir yazılım uzmanı her yeni proje için karalamalardan yeni kodlar üretmeye gereksinim duymaz. Böyle durumlarda kullanılmak üzere programlama dilleri esnek kütüphanelerin oluşumunu ve kullanımını destekler. Yeniden kullanabilir kodların tasarlanan program içinde yer alması çoğu kez proje geliştirmeyi basitleştirir.

2.1. Mikrokontrolörlerin Yapısı

Pek çok mikrokontrolör için beş temel bileşenden söz edilebilir. Bunlar sırası ile merkezi işlem birimi (CPU), kalıcı hafıza (ROM), geçici hafıza (RAM), giriş ve çıkış birimi (I/O) ve yollardır. Mikrokontrolörler kullanıldıkları sistemler içinde kontrol görevi üstlenirler. Şayet kullanıldıkları sistem büyük ölçekli ise sistem içinde gömülü bulunduklarından çoğunlukla gömülü kontrolör olarak adlandırılırlar.

Mikrokontrolörlerin mimari yapıları Harvard mimarisi veya değiştirilmiş Harvard tabanlı mimari şeklindedir. Harvard mimarisi program komutları ve veriler için farklı hafıza alanları gerektirir. Böylece iki veya daha fazla iç veri yolu eşzamanlı olarak hem program komutlarına hem de verilere erişebilir. Merkezi işlem birimi program komutlarını program hafıza yolu üzerinden getirirken, komutların veri hafızasında gereksinim duyduğu veriler bir sonraki program komutu okunurken veri hafıza yolundan getirilir. Harvard mimarisine sahip sistemler için dikkat

edilmesi gereken diğer bir nokta yazılacak programın büyüklüğünün program hafızası ile saklanacak verilerin sayısının da veri hafızası ile sınırlı olmasıdır.

Merkezi işlem birimi (CPU) program üzerinde tüm hesaplamaları yapar. CPU hesaplama yapmak için sırasıyla program komutlarını alıp getirir, kodunu çözer, yürütür. Hafızadan gelen ve hafızaya giden veri akışı CPU tarafından yönlendirilir. CPU'ların birçoğu senkron (eşzamanlı) yapıda çalışır. Senkron yapıda çalışma yapmak için saat darbelerine ihtiyaç duyulur. Bu darbelerin üretilmesi kristal, RC devresi ya da harici kaynakla sağlanır. Darbeleri üreten saat genellikle osilatör olarak isimlendirilir.

Program, CPU'ya hangi görevi yapması gerektiğini anlatan mantıklı komutlar dizisidir. Komutlar her mikrokontrolör için bir komut seti halinde bulunur ve farklı mikrokontrolörlerin komut setleri de farklıdır. Buna rağmen ne kadar farklılıklar olsa da komut setleri çoğu zaman birbirine benzer özelliktedir. Programlama kavramı mikrokontrolöre girişleri nasıl değerlendirip, buna karşılık çıkışları nasıl değiştireceğinin anlatılmasıdır.

CPU içinde komutların yürütülmesinden ve aynı zamanda hesaplamaların gerçekleştirilmesinden sorumlu kısım aritmetik lojik birim (ALU) olarak isimlendirilir. ALU kendi içinde kod çözücü, sıralayıcı ve çeşitli kaydedici birimlerinden meydana gelir. Kaydediciler CPU tarafından önemli bilgilerin geçici olarak depolanması amacı ile kullanılırlar. Çoğu mikrokontrolör için kaydediciler hafıza haritasında gösterilmiş olup CPU çalışma durum bilgilerini depolarlar. Kaydedicilerin sayı ve isimleri yine her mikrokontrolör için kendine özgüdür.

ROM, salt okunur hafıza olup program bilgileri ve sabit veriler için kalıcı hafıza olarak kullanılır. Program komutları ROM hafızada depolandığı için enerji kesintilerinden etkilenmezler.

RAM, rasgele erişimli bellek olup mikrokontrolör tarafından program çalışması sırasında veri değerlerini okumak ve yazmak için kullanılır. Programda kullanılan her değişken için RAM bellekte yer ayrılır. RAM uçucu bellek olduğu için enerji kesintileri sırasında içeriğini kaybeder.

Mikrokontrolörler için paralel ve seri olmak üzere iki tip; senkron ve asenkron olmak üzere iki mod haberleşme portu mevcuttur. Paralel giriş/çıkış portu her bit için ayrı bir veri hattına ihtiyaç duyarken seri giriş/çıkış portu tek bir hattı kullanır.

Senkron giriş/çıkış saat darbeleri ile senkronize olmuşken asenkron giriş/çıkış senkronize değildir. RS-232, RS-422, RS-485 gibi standartlar genellikle asenkron haberleşme için kullanılırlar.

Mikrokontrolör üzerinde giriş/çıkış portlar aracılığı ile gerçekleştirilir. Giriş/çıkış portları mikrokontrolörlere sensorlar, tuş takımları ve lcd ekranlar gibi çevre birimleri ile iletişim kurma imkânı sağlar. Giriş/çıkış portları pek çok mikrokontrolör için hafızada işaretlenmiş olup diğer hafıza birimleri gibi kullanılabilirler. Programlama sırasında giriş veya çıkış olarak tanımlanabilecek özellikteki portlar iki yönlü port olarak isimlendirilir. Portların yönünü ayarlamak için özel olarak tanımlanmış kaydediciler mevcuttur.

Portlar giriş olarak tanımlanırsa çoğu zaman bu girişler dijital özelliktedir. Bazı mikrokontrolörlerde analog özellikte girişler kullanmakta mümkündür. Mikrokontrolörün analog değer üzerinde işlem yapabilmesi için bunu önce kendi anlayabileceği dijital formata çevirmesi gerekir. Analog giriş bir gerilim değerini ölçer ve bunu ikilik (binary) olarak saklar. Burada örnekleme olarak isimlendirilen bir yöntem uygulanır. Gerilimi tanımlayan değer aralığı sayısı çözünürlük olarak ifade edilir. Analog değerin karşı geldiği değer aralığı hafızada saklanır ve bundan sonraki hesaplamalarda bu değer kullanılır.

Gömülü sistem geliştirme pek çok yönden düşünülmesi gereken bir çalışmadır. En başta geliştirilen gömülü sistem güvenilir olmalıdır. Mikrokontrolör uygulamalarında yapılacak bir hata sistemin çalışmamasına ve dolayısıyla kullanılamamasına sebep olur. Bunun yanında geliştirilen sistemin verimliliği önemlidir. Sistem gerçek dünyada gerçekleşen olaylara uygun olarak cevap verebilmelidir. Son olarak pazarda rekabet edebilecek bir ürün geliştirmek için proje geliştirilirken maliyet de düşünülmesi gereken bir faktördür.

2.2. Gömülü Kontrolörler İçin Sistem Geliştirme Çevrimi

Mikrokontrolör projelerinde geliştirme platformu olarak kişisel bilgisayarlardan yararlanılır. Platform içinde ayrıca assembler veya benzeri geliştirme yazılımları,

derleyiciler, editörler ve simülatörler kullanılır. Proje geliştirme aşaması tamamlandıktan sonra üzerinde çalışacağı hedef platforma taşınır.

Özetlemek gerekirse geliştirme platformu üzerinde yapılan çalışmalar tamamlanarak hedef platform üzerinde gerçekleştirilir. Gömülü kontrolör tabanlı sistemler için geliştirme süreci yedi aşamada ele alınabilir.

2.2.1. Problem tanımlama

Herhangi bir çözüm düşünülmeden çözülecek problemlerin ifade edilmesi aşamasıdır. Temel düşünce programın nasıl çalışacağının ve çalışma ayrıntılarının açıklanmasıdır. Örnek vermek gerekirse problemin termostatla sıcaklık kontrolü yapılması olduğu durumda ihtiyaç duyulan fonksiyonlar sıcaklığın okunması, sıcaklığın görüntülenmesi, ısıtıcının açılması, klimanın açılması, saatin okunması ve saatin gösterilmesi olabilir. Fonksiyonların gerçekleştirilebilmesi için sıcaklık sensoru, tuş takımı ve lcd ekran gibi donanımlara ihtiyaç duyulacaktır.

2.2.2. Donanım seçimi

Uygulama tipi genellikle seçilecek mikrokontrolörün özelliklerini belirler. İhtiyaç duyulan hafıza büyüklüğü, hız ve özel niteliklerin bulunmasına bağlı olarak en uygun cihaz tespit edilir. Aynı zamanda maliyet ve temin edilebilirlik de göz önünde tutulmalıdır.

2.2.3. Yazılım planlaması

Bu aşamada ilk basamak tanımlanan problem için çözüm sağlayacak bir algoritmanın seçilmesidir. Hız, zorluk, genişleme ve hata bulma gibi faktörler düşünülüp kıyaslanarak çeşitli algoritmalar arasından seçim yapılır. Problemin tümü üzerinde temel bir algoritma seçildikten sonra küçük problemler kendi içinde ayrıca düşünülebilir. Bu aşamada en sık karşılaşılan hatalar planlamada eksiklikler, yapılacak görevlerin tam olarak bilinmemesi ve tanımlanan görevlerin kullanıma uygun olmamasıdır.

2.2.4. Donanım tasarımı

Donanım özellikleri için bazı yordamların önceden planlaması gerekir. Bu yordamlar reset vektörünün ayarlanması, kesme vektörünün ayarlanması, yığının izlenmesi, çevre birimler (zamanlayıcı, seri port, analog dijital çevirici vb.) ile etkileşimin belirlenmesi ve giriş/çıkış portlarının tespit edilmesidir.

2.2.5. Kodlama ve derleme

Yazılım planlama aşamasında elde edilen çözümler proje dilinde kodlanır. Programda sentaks ve zamanlama hataları varsa düzeltilir.

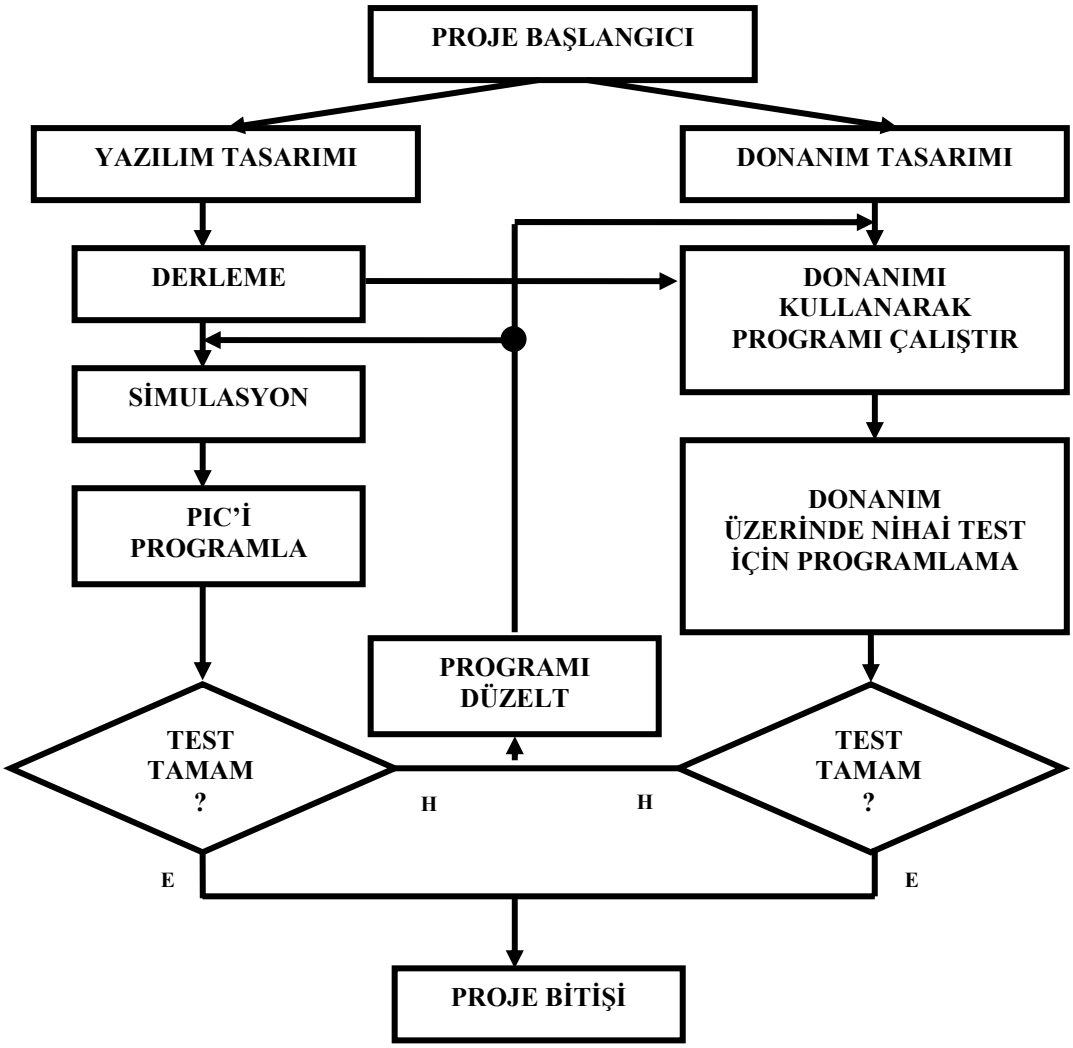
2.2.6. Test

Her modülün kendi fonksiyonunu düzgün olarak gerçekleştirip gerçekleştirmediği test edilir. Bu aşamada simülatör ve/veya emülatör kullanımı mümkündür. Simülatör tasarımcıya geliştirme platformu üzerinde hedef platform için tasarlanmış programı çalıştırma imkânı sağlayan yazılım programıdır. Emülatör ise hedef platform gibi davranan donanım cihazlarıdır.

2.2.7. Bütünleştirme

Program fonksiyonunu oluşturacak şekilde modüller birleştirilir. Tüm program tasarlanan donanım üzerinde baştan sona test edilir. Karşılaşılacak problemlerin çözümü için tekrar başa dönülerek program revize edilir. Bu çevrim tüm sistemin kusursuz çalışması gerçeklenene kadar devam eder.

PIC mikrokontrolör kullanarak sistem geliştirme akış diyagramı Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. PIC mikrokontrolör kullanarak sistem geliştirme akış diyagramı

3. BULANIK KONTROL

Kontrolde geleneksel yaklaşım geri besleme kavramına dayanır. Negatif geri besleme değeri sistemin sürekli olarak ölçülen çıkış değerini istenilen gerçek değerden çıkarılması ile bulunur. Uygulamaların pek çoğu kapalı çevrim kontrol şeklindedir.

Kapalı çevrim kontrol dışında ardışık kontrol biçiminde kontrol uygulamaları da görülebilir. Ardışık kontrolde otomatik kontrol sağlamak için her çevrim başlangıcında bir takım hareketlere gereksinim duyulur. Asansör uygulamasında kapının asansör hareket etmeden önce kapanması ardışık kontrole verilebilecek bir örnektir.

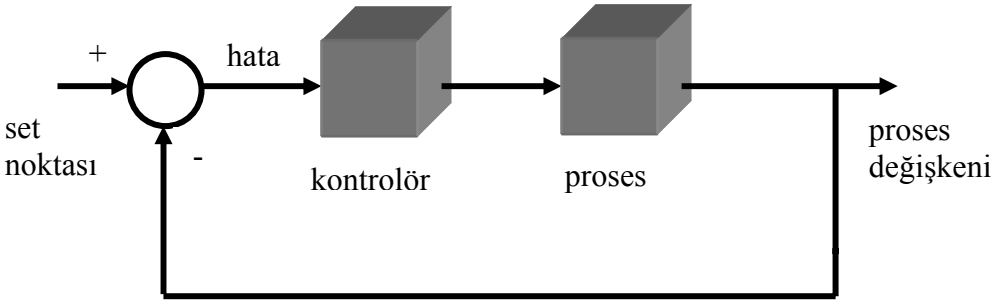
Diğer bir kontrol biçimi de açık/kapalı (on/off) kontroldür. Sistem çıkışı hareket sağlayıcı cihaz ile açık veya kapalı şeklinde uyarılır. Termostat kontrolü en çok bilinen uygulama şeklidir.

Servomekanizma tipi kontrol, kontrol edilen değişkeninin tamamen uygulamaya göre değiştiği durumlarda kullanılır. Robot uygulamalarında genellikle bu tip kontrol tercih edilir.

Kapalı çevrim kontrolün genişletilmiş ve en çok gerçekleştirilen şekillerinden biri PID (proportional-integral-derivative) kontrol olarak isimlendirilir. PID kontrolör çıkışını bulmak daha detaylı bir algoritma gerektirir. Anlık hata değeri, son zaman aralığında hatanın entegrali ve hatanın güncel türev değeri sadece ne büyüklükte bir düzeltmeye ihtiyaç duyulduğunu değil aynı zamanda düzeltmenin ne kadar zaman uygulanacağını belirler. Burada o(t) ile gösterilen kontrol çıkışını bulmak için hata, entegral ve türev büyüklüklerinin her biri (3.1) denkleminde olduğu gibi ayarlama sabitleri ile çarpılır.

$$o(t) = P.hata(t) + I.(\int_0^t hata(\tau)d\tau) + D.(\frac{dhata(t)}{dt}) \qquad (3.1)$$

Formülde P,I ve D oransal, entegral ve türev ayarlama sabitleridir. Hata değeri olan hata(t) ise set noktası ve proses değişkeni arasındaki farktır. Her PID kontrolör uygulamasında hatayı ortadan kaldıracak yönde ayarlamalara ihtiyaç duyulur.



Şekil 3.1. Geleneksel geri beslemeli kontrol çevrimi

Şekil 3.1'de çevrim modeli gösterilen geleneksel geri beslemeli kontrolü başarıyla gerçekleştirmek için proses hareket bilgilerinin tümünü bilmek gerekir. Kompleks proses uygulamalarında bunu gerçekleştirmek bazen çok zor hatta imkansızdır. Aynı zamanda çoğu kez prosesin lineer modelinin bilinmesi de istenir.

Bulanık kontrol, proses hareket bilgisinin bilinmediği ve lineer modelinin kurulamadığı uç noktadaki durumlarda çözüme yardımcı olur. Üzerinde sahip olunan insan bilgisinin kullanılabileceği proseslerde bulanık çıkarım mekanizması, bulanık mantık kontrolörü olarak kullanılır. Bulanık sistemler genellikle bulanık modelleme üzerinde geliştirilir. Bulanık modelleme üç temel bileşenden oluşur:

1. Bulanık "eğer ise o halde" kurallarından oluşan *kural tabanı*,
2. Bulanık kurallarda kullanılan *üyelik fonksiyonları*,
3. Çıkarım mekanizmasından elde edilen *kontrolör çıkışı*.

3.1. Bulanık Kümeler

Bulanık kümeler herhangi bir sınıra sahip olmayan kümelerdir. Genel kullanımda birçok nesne için açıkça tanımlanan sınırlarla karşılaşılmaz. Yani üyelik kriteri kesin olarak belirlenemez. Bunun aksine klasik kümelerde sınırlar açıkça tanımlanmıştır. Bulanık kümeler küme sınırlarının düzgün geçişleriyle birlikte sürekli değişen üyelik dereceleri yardımıyla tanımlanır, sistemin lojik durumun temsil eder ve sonuçta insan düşüncesi ile sistem geliştirmeye imkân tanır.

1965 yılında Zadeh tarafından tanıtılmış olan bulanık küme kavramı sözel ifadelerin matematiksel gösterimini ifade eder. Klasik kümelerde bir evrensel kümenin elemanı ya kümeye aittir ya da değildir. Bulanık kümelerde ise her elemanın farklı değerlerde kümeye aitliğine izin verilir.

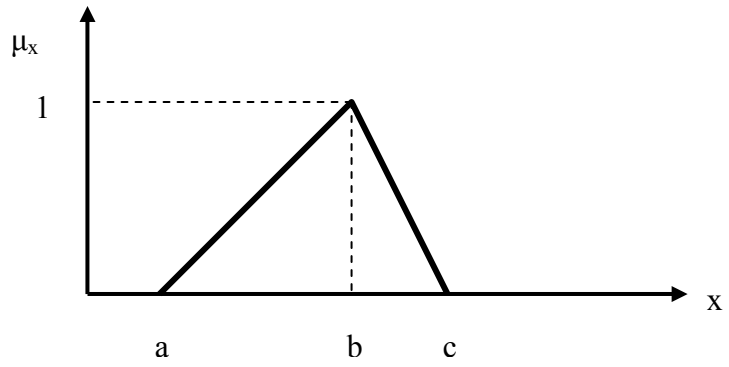
Matematiksel anlamda bulanık küme üzerinde tanımlandığı kümenin elemanlarına değişik derecelerden üyelik değerleri verebilecek bir üyelik fonksiyonuna sahip olarak tanımlanır. X evrensel küme olmak üzere, X üzerinde tanımlanmış A bulanık kümesi (3.2) ifadesinde verildiği gibi tanımlanabilir. Burada $\mu_A(x)$, x'in A'ya üyelik derecesidir (Allahverdi 2002).

$$A = \{\mu_A(x) / x \mid x \in X\} \qquad (3.2)$$

3.2. Üyelik Fonksiyonu

Üyelik fonksiyonu bulanık kümeler için elemanın bulanık kümeye aitliğini anlatır. Bulanık kümeler için her elemanın üyelik değerinin [0,1] aralığında olmasına izin verilir. Klasik kümelerde ise üyelik değeri ya 0 ya da 1 olabilir. Ayrıca klasik kümeler tek bir üyelik fonksiyonuna sahipken bulanık kümeler kendini ifade edebilecek sonsuz sayıda üyelik fonksiyonuna sahiptir. Bu özelliği sayesinde bulanık sistemler karşılaştıkları bir durum karşısında en iyi sonucu verecek şekilde ayarlama yapabilirler.

Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde en çok kullanılan yöntem uzman bilgilerindeki değer kümelerinin nokta nokta birleştirilerek analitik fonksiyon biçiminde ifade edilmesidir. Üyelik fonksiyonları tek boyutta çeşitli sınıflara aittir. Tek boyutlu üyelik fonksiyonlarının en çok bilinenlerinden bazılarına üçgen şeklinde üyelik fonksiyonu (triangular), trapez şeklinde üyelik fonksiyonu (trapezoidal), gauss şeklinde üyelik fonksiyonu (gaussian), s tipi ve z tipi üyelik fonksiyonu örnek verilebilir (Hariharan 2002).



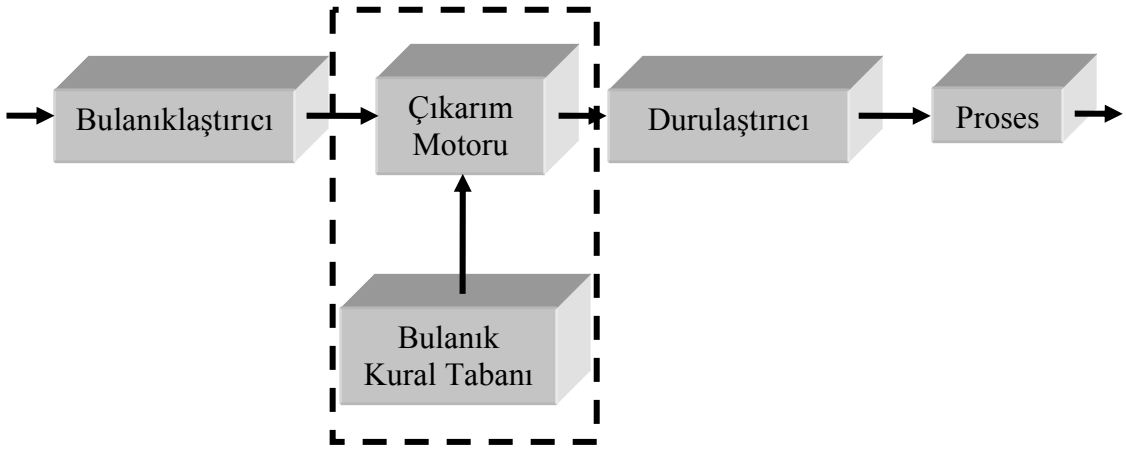
Şekil 3.2. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonu

Hesaplama verimliliğinden dolayı bu çalışmada üçgen şeklinde üyelik fonksiyonları tercih edilmiştir. Şekil 3.2'de gösterilen üçgen şeklinde üyelik fonksiyonu a, b, c gibi üç parametre ve (3.3) ifadesinde verilen bağıntı ile ifade edilir.

$$\text{Fonk}(a,b,c) = \begin{cases} 0, & x <= a \\ (x-a)/(b-a) & a < x <= b \\ (c-x)/(c-b) & b < x <= c \\ 0 & c < x \end{cases} \qquad (3.3)$$

3.3. Bulanık Kontrol Sisteminin Yapısı

Bulanık kontrol, bulanık mantığın en çok kullanılan alanlarından biridir. Matematiksel eşitlikler yerine sözel ifadelerle kontrol imkânı sağlar. Bu sebepten de bulanık kontrol insanın düşünce yapısına daha yakındır. Genel anlamda bulanık kontrol sisteminin blok diyagramı Şekil 3.3 üzerinde gösterilmiştir. Bulanık kontrol temelde üç aşamada gerçekleştirilir. Bu aşamalar sırasıyla bulanıklaştırma, çıkarım ve durulaştırmadır (Babaev 1998).



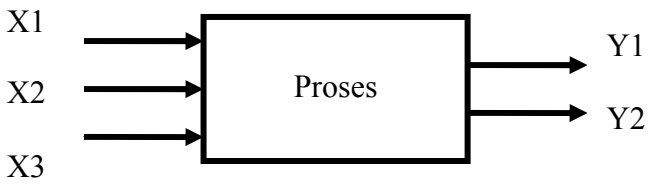
Şekil 3.3. Bulanık kontrol sisteminin blok diyagramı (Allahverdi 2002)

Bulanıklaştırıcı girişteki kesin değerleri uygun sözel değişkenlere çevirir. Böylece ölçülebilir giriş verileri sözel değerlere dönüşür. Bulanık kural tabanı proses davranışlarını taklit edecek "eğer, ise o halde" kurallarını içerir ve uzman bilgileri doğrultusunda görev yapar. Bulanık kontrol giriş ve çıkış arasındaki ilişkileri tanımlayacak şekilde bulanık kural tabanı ile karakterize edilir.

Eğer $x=A_k$ ve $y=B_k$ **ise o halde** $z=C_k$ olmalıdır. (k=1,2,3,…,n) (3.4)

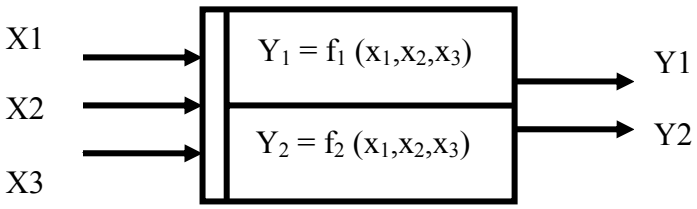
İki giriş ve tek çıkışlı bir sistem için bulanık kuralların yapısı (3.4) ifadesindeki gibidir. Burada x, y ve z sırası ile proses durum değişkenleri ve kontrol değişkenlerinin sözel karşılıklarını gösterirken; A_k , B_k ve C_k ifadeleri x,y,z'nin konuşma evreninde sözel değişkenleridir.

Çıkarım motoru proses bilgileri üzerinde benzetim yürütür. Bu çalışmada kullanılan çıkarım motoru ev kontrolü için insan düşüncelerini taklit edecek yapıdadır. Proses kontrol sisteminin modellenmesi için farklı yaklaşım yolları izlenebilir. Üç giriş ve iki çıkışlı bir sistemin temel yapısı Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



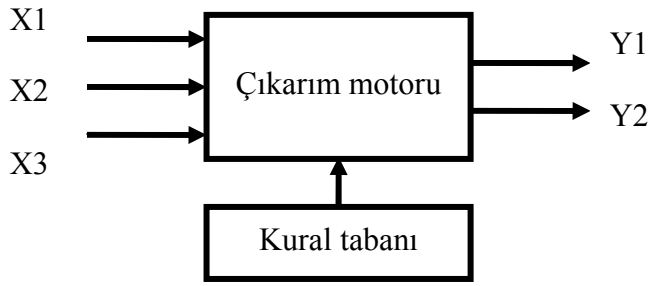
Şekil 3.4. Üç giriş iki çıkışlı sistem modeli

Nicel ve rasgele olmayan bir proses mevcutsa karar verme işlemi her çıkış için çok değişkenli fonksiyonlar serisi ile Şekil 3.5'de olduğu gibi gösterilebilir.



Şekil 3.5. Üç giriş iki çıkışlı sistemin çok değişkenli fonksiyonlarla gösterimi

Eğer proses girişi sonlu ise ve bunun yanında değerlerin kapsamında kayda değer bir belirsizlik bulunmuyorsa bir kural tabanı ve ona eşlik eden çıkarım motoru ile prosesi Şekil 3.6 da gösterildiği biçimde tanımlamak mümkündür.



Şekil 3.6. Üç giriş iki çıkışlı sistemin bulanık modeli

Durulaştırıcı sözel ifadeleri çıkışta kesin değerlere çevirerek bulanıklaştırıcının tam tersine işlev görür. Bulanık kontrol üzerine kurulu herhangi bir sistem bu çıkışı, giriş durumlarının belirlediği yeni duruma kendini uyarlamak için kullanır. Durulaştırma için farklı yöntemler mevcuttur. Bu çalışmada durulaştırma yöntemi olarak (3.5) ifadesinde formülü verilen alan ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır.

$$y = \frac{\int \mu(x).x.dx}{\int \mu(x).dx} \qquad (3.5)$$

Bulanık kontrolör çıkışını istenen değere getirme işleminin başarılı olması büyük oranda sistemi karakterize eden proses değişkenlerinin seçimine bağlıdır. Girişteki her sözel değişken için bir terim kümesi tanımlanır. Terim kümesinin büyüklüğü bulanık girişin bulanık bölümlerini belirler. Bulanık bölümleme ise kontrol çıkışının inceliğini/kabalığını belirler. Giriş uzayı genellikle üst üste kesişen (örtüşen) terimlere parçalanır. Başarılı bulanık kontrolör oluşturmak için giriş ve çıkışta doğru bulanık bölümlemelerin seçilmesi önemlidir. Sonuç olarak bulanık kontrolör tasarımı temelde bulanık modellemeye dayanır.

3.4. Bulanık Modeller

Bulanık mantık ve bulanık kümelerin bulunuşundan itibaren bulanık mantıkta iki temel model uygulaması kontrolör olarak önerilmiştir. Bunlardan birincisi Mamdani modeli, ikincisi ise Sugeno modelidir.

3.4.1. Mamdani bulanık modeli

Mamdani bulanık kontrolörü operatörlerden elde edilen insan deneyimleri üzerine kurulmuştur. İlk defa buhar motoru ve kazan uygulamalarının kontrolünde sözel kurallarla denenmiştir. İnsan deneyimi mantıksal kurallar dizisine dönüştürülür. Uygun bulanıklaştırma ve durulaştırma ile birlikte bulanık mantık kurallarından gerçek kontrol değerlerini üretmek üzere kullanılır. Kontrol kuralları (3.6) ifadesinde gösterildiği gibi lojik söylemler olarak anlatılır (Hariharan 2002).

Eğer $z_1=S_{1i}$ ve $z_2=S_{2i}$ **ve** …. $z_n=S_{ni}$ **ise o halde** $z_0=S_{0i}$ olmalıdır. (3.6)

Burada $z_1,z_2,\ldots,z_n$ giriş değişkenleri, S_{1i}, $S_{2i},\ldots$, S_{ni}, S_{0i} bulanık kümeler ve z_0 bulanık çıkış değişkenidir. Mamdani kuralları üzerine kurulmuş bir kontrolör aşağıda belirtilen özelliklere sahiptir:

- Değişkenlerin sınırları ya gerçek aralıkların sonlu sayılarına ayrılmıştır ya da değişkenlere gerçek sayıların sadece bir sonlu sayı değeri alınmasına izin verilir.
- Karar kuralları verilen kontrol giriş değerleri için kontrol çıkış değerini belirtecek "eğer ise o halde" ifadelerine dayanır.
- Belirli bir zamanda kontrolör çıkışının gerçek değerini belirlemek için o belirli zaman aralığında tek bir kural ateşlenir.

3.4.2. Sugeno bulanık modeli

Bu model Takagi, Sugeno ve Kang tarafından önerilmiştir. TSK modeli olarak da bilinip verilen giriş ve çıkışlardan bulanık kuralların geliştirilmesine yardım eder. Bu model için tipik bir bulanık kural (3.7) ifadesinde verilmiştir (Hariharan 2002).

Eğer x=A ve y=B **ise o halde** z=f(x,y) olmalıdır. (3.7)

Burada A ve B bulanık kümeler olup z ise kesin değer fonksiyonudur. x ve y giriş değişkenleri için f(x,y) polinom şeklini alır. f(x,y) fonksiyonu kuralda belirtilen bulanık bölgelerle birlikte model çıkışını haritalayacak herhangi bir fonksiyon olabilir.

Eğer f(x,y) birinci dereceden polinom ise sonuçta oluşan bulanık çıkarım sistemi birinci derece Sugeno bulanık modeli olarak isimlendirilir. Eğer f sabit ise sıfırıncı derece Sugeno bulanık modeli olup bu durumda çıkış sadece girişlerin fonksiyonudur. Giriş değişkenleri için üyelik fonksiyonlarında yeterli örtüşme varsa çıkış da düzgün olacaktır.

3.5. Bulanık Kontrolör Tasarımı

Tasarımcı bulanık kontrolör kullanmak isterse önce kontrol kurallarının biçimini belirler ve bunları kayıt altına alır. Bu işlem (3.8) ifadesinde görüldüğü gibi iki parçaya ayrılır. Birinci parçada kontrol kuralının ön kısmı belirlenirken, ikinci parçada bunun sonucu olan arka kısmı belirlenir (Banks ve diğ. , 1995).

Eğer x KÜÇÜK ve y BÜYÜK **ise o halde** z ORTA olmalıdır. (3.8)

Ön Kısım Arka Kısım

Kuralın ön kısmında belirlenmesi gerekenler giriş bilgisi, durum ve parametrelerdir. Arka kısımda genellikle kontrol edilen proses için çıkış bilgisi belirlenir. Arka kısmın belirlenmesi zor olmamakla birlikte problem ön kısmın tam olarak belirlenmesidir.

4. İKLİMLENDİRME KONTROL SİSTEMİ

Isıtma, havalandırma ve klima (HVAC – heat ventilation air conditioning) sistemleri olarak bilinen iklimlendirme sistemlerinin tarihi insanlık tarihinin eski zamanlarına kadar dayanır. İnsanlar tarih boyunca sıcaktan ve soğuktan korunmak için sürekli tedbirler düşünmüşlerdir. Orta çağda evlerde havalandırma amacıyla ilkel mekanizmalar yapılmış, bunun yanında yiyecekleri sıcaktan korumak amacıyla da bazı yöntemler geliştirilmiştir. Yakın tarihte 1911 yılına gelindiğinde Willis H. Carrier havanın özellikleriyle ilgili bir takım formüller bulmuş ve bulunan formüller iklimlendirme sistemlerinde hesaplamalar için temel teşkil etmiştir.

Konfor için tasarlanan iklimlendirme sistemleri 1920 yılından itibaren özellikle Amerika'da sinema ve tiyatro salonlarında yaygınlaşmaya başlamıştır. İkinci dünya savaşından sonra bu tip sistemlerin geliştirilmesinde büyük bir patlama yaşanmıştır. 1970'li yılların başında yaşanan enerji krizi yapılan çalışmalarda daha verimli sistemlerin geliştirilmesi yönünde çabaların artırılmasına sebep olmuştur.

İklimlendirme sistemlerinde kullanılan kontrol ünitelerinin gelişimi de sistem gelişimine benzer özelliktedir. Tasarlanan ilk sistemlerde kontrol elle manüel olarak yapılmaktadır. 1885 yılında termostatın icat edilmesi ile birlikte otomatik kontrol çalışmaları ancak 1900'lü yılların başlarında iklimlendirme sistemlerinde yer bulabilmiştir.

1903 yılında J.H.Kinealy sıcaklık kontrolünde göz önünde tutulması gereken sıcaklık ayarları ile ilgili bir takım saptamalarda bulunmuştur. Kinealy'in görüşleri "Sıcaklık; sürekli hareket halinde çalışan ve sağlıklı insanların bulunduğu ortamlar için 13°C - 18°C, sabit çalışma koşullarında sağlıklı insanların bulunduğu ortamlar için 22°C, yaşlı ve hasta insanlar için ise 22°C'den daha yüksek sıcaklıklar olmalıdır. Çalışma koşullarına göre yıl boyunca 16°C - 27°C arasında bulunması gereken ortam havasının kışın ısıtılmaya yazın ise soğutulmaya ihtiyacı vardır" ifadeleri ile özetlenebilir. Bu prensipler iklimlendirme sistemlerinin kontrolünde temel fikir olmuştur.

4.1. İklimlendirme Sistemi Kullanım Amaçları

İklimlendirme sistemlerinin amacı kapalı ortam içindeki hava parametrelerini ihtiyaç duyulan termal konfor, hava kalitesine göre kontrol etmek ve burada yaşayan insanların verimliliğini yükseltmektir. Bina içi hava kalitesi terimi temiz, sağlıklı ve kokusuz bina içi ortamı anlatır. Düşük bina içi hava kalitesi sağlık problemleri, mesleki hastalıklar ve ekonomik kayıplara neden olur.

İklim şartları kontrol edilen ortamın değişen ısı dağılımının, dış etkenlere karşı sürekli istenen şartlarda tutulması kontrolün temel amacıdır. İstenen bina içi hava parametrelerini sağlamak için sistem tarafından ısıtma, soğutma, nemlendirme, nem alma ve dış ortam havasını filtre etme gibi kontrol hareketleri gerçekleştirir (Baughmann ve Arens, 1996).

İklimlendirme sistemi seçiminde göz önünde tutulması gereken etkenler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Performans gereksinimleri (yük ve proses gibi)
- Kapasite gereksinimleri (bina tipi gibi)
- Hacimsel gereksinimler
- İşletme masrafları
- Güvenilirlik
- Esneklik
- Bakım kolaylığı

4.2. Termal Konfor Kavramı

Termal konfor; sıcaklık, nem ve hava hareketinin etkilerini tanımlayan kavramdır. Genellikle insanın hava sıcaklığını soğuk veya sıcak algılaması ile ilgili olarak dört farklı çevresel etkenden söz edilebilir. Bunlar hava sıcaklığı, hava akımı hareket hızı, nem ve ortalama ısı yayan sıcaklıktır.

Hava sıcaklığı içi cıva dolu cam termometre ile ölçülür. Oda sıcaklığını ölçmek için kullanılan termometre merkezi bir yerde yüz hizasında konumlandırılır. Hassas bir ölçme için termometre direk güneş ışığı ve asimetrik ısı kaynaklarından etkilenmeyecek şekilde yerleştirilmelidir.

Ortalama ısı yayan sıcaklık, küp biçimindeki odada yüzeylerin ortalama sıcaklığıdır. Ortalama ısı yayan sıcaklık değeri oda sıcaklığından yüksek veya düşük olabilir.

Mutlak nem havada su buharı şeklinde rutubetin oranıdır. Havanın birim hacminde su buharının kütlesi olarak ölçülür ve SI birim sisteminde havanın metreküpünde gram cinsinden ifade edilir. Normal bir gün için mutlak nemin sabit değerde kaldığı durumda nispi nem değeri önemli ölçüde değişebilir. Nispi nem değeri bir sıcaklık değeri için havadaki su buharı kütlesinin, yine aynı sıcaklıkta havadaki maksimum su buharı hacmine oranıdır. Sembolik gösterimi %RH şeklindedir. Eğer havanın içinde maksimum su buharı varsa nispi nem değeri %100 olup hava doygun olarak nitelendirilir. Havadaki nem miktarı higrometre ile ölçülür. Higrometreler havanın nispi nem değerini ölçerler (Sen, 2004).

Kuru havanın bileşenleri Çizelge 4.1'de yüzdeleri ile birlikte verilmiştir. Hava normal ortamlarda daima nem taşır fakat havanın içindeki su moleküllerinin sayısı şartlara bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir.

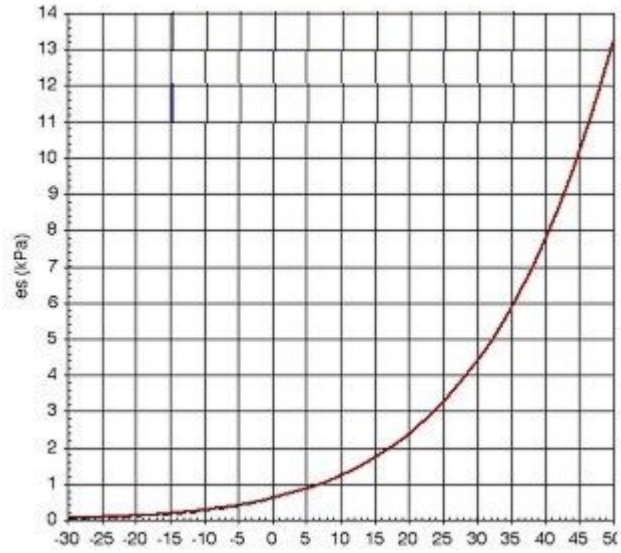
Çizelge 4.1. Kuru havanın bileşenlerinin kısmi hacimleri

KURU HAVA BİLEŞİMİ	**YÜZDE**
Nitrojen	%78.084
Oksijen	%20.948
Argon	%0.934
Karbondioksit	%0.031
Önemsiz gazlar	%0.003
Su buharı	Çok az
Toz	Çok az

Hava bazen çöllerdeki gibi kuru bazen de tropik bölgelerdeki gibi nemli olabilir. Kapalı yaşama alanlarında %35-55 arasında nispi nem değeri normal kabul edilir. %45 seviyesinde nispi nem ideal değerdir. Nispi nemin %35 değerinin altında olduğu ortamlar kuru, %55 değerinin üzerinde olduğu ortamlar ise nemlidir. Ortamda nem kontrolü bakterilerin, virüslerin, küf ve toz oluşumlarının çoğalmasını engellemek için de önemlidir. Isı yalıtımı yapılan binalarda kış aylarında meydana gelen fazla nem ise damlamalara ve terlemelere sebep olacağından pencere ve kapılarda çürüme yapar.

Havada bulunan nem miktarı için sıcaklığa göre bir üst sınır değeri vardır. Bu sınırın ötesinde doygunluk başlar. Eğer herhangi bir nedenle nem seviyesi bu sınırın ötesine geçerse yoğunlaşma ve buğulanma ile birlikte su damlacıkları görülür. Nispi nem, havadaki mevcut nem miktarının maksimum nem miktarına göre yüzde kaç oranında olduğunu anlatır. Nispi neme karşın mutlak nem doygunluk seviyesine bakmaksızın havadaki nemin mutlak miktarını gösterip birim hava hacmindeki su moleküllerinin toplam kütlesi ile ifade edilir.

Havanın taşıyabileceği nemin maksimum miktarı sıcaklığın bir fonksiyonu olup doygunluk su buhar basıncı olarak yeniden tanımlanabilir. Doygunluk su buhar basıncının sıcaklıkla değişimi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Doygunluk su buharı basıncının sıcaklıkla değişimi

Mümkün olabilecek en büyük nem miktarı tıpkı havada mevcut nemin gerçek değerinde olduğu gibi su buharı basıncı ile belirlenir. (4.1) denklemi ile verilen Dalton kanununa göre toplam hava basıncı miktarı, havanın bileşenlerinin (oksijen, nitrojen ve diğerleri) kısmi buhar basınçları ve su buharı basıncının toplamıdır.

$$P_{toplam} = P_{su\ buharı} + P_{oksijen} + P_{nitrojen} + P_{diğerleri} \qquad (4.1)$$

Eğer kısmi su buharı basıncı, doygunluk su buharı basıncına eşitse yoğunlaşma başlar. Matematiksel olarak nispi nem, kısmi su buharı basıncının doygunluk su buharı basıncına yüzde olarak oranı olup (4.2) ifadesinde formüle edilmiştir.

$$RH(\%) = (P_{su\ buharı} / P_{doygunluk}) \times 100 \qquad (4.2)$$

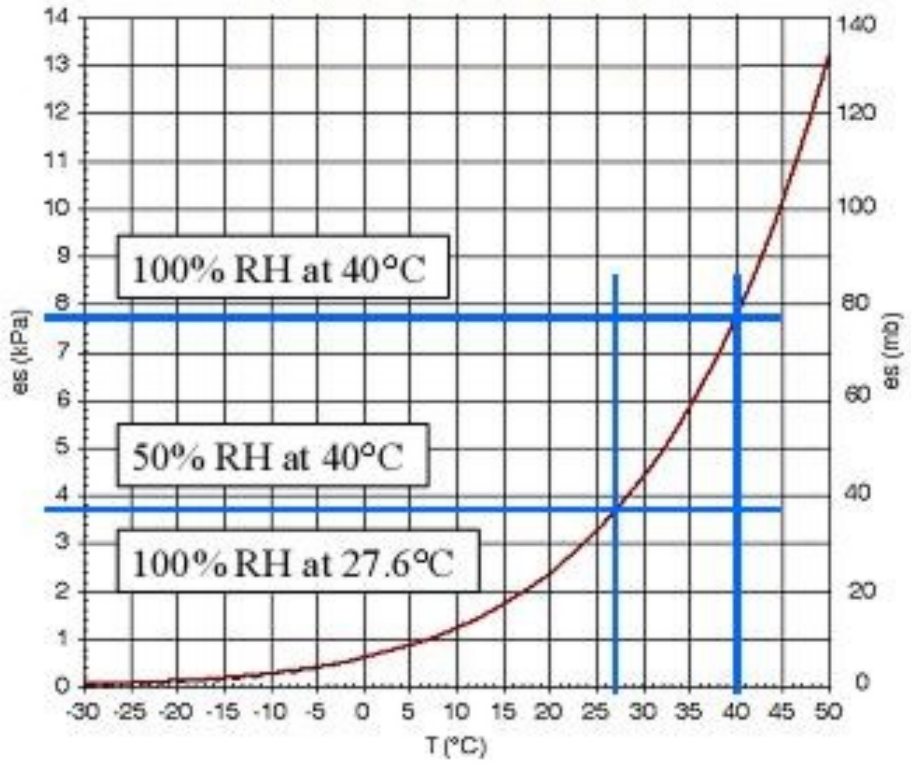
Kapalı sistem içinde sıcaklık artar veya azalırsa doygunluk buhar basıncıda artar veya azalır. Sonuçta buna bağlı olarak nispi nem miktarı da artacak veya azalacaktır. Doygunluk su buhar basıncı, toplam hava basıncının bir fonksiyonun olmasa bile kısmi su buhar basıncı fonksiyonudur. Kapalı sistem içindeki toplam hava basıncı artarsa Dalton kanununa göre bununla orantılı olarak kısmi su buhar basıncıda artacağından nispi nemde artar. Fakat doygunluk su buhar basıncı sürekli olarak aynı değerde kalır.

Nispi nem ile ilgili diğer bir kavram çiy noktasıdır. Çiy noktası havadaki nem miktarının yoğunlaşmaya başladığı sıcaklıktır. Eğer hava sıcaklığı 40˚C ve nispi nem %50 ise yoğunlaşma hava sıcaklığı 27,6˚C kadar soğutulunca başlayacaktır. Çiy noktasında nispi nem %100 değerindedir. Çiy noktasının belirlenmesi Şekil 4.2'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Nem sensorları doğrudan çiy noktasını ölçerler. Genellikle bu değer aynı zamanda nispi nem ve sıcaklık değeri girişleri kullanılarak hesaplanabilir. Çiy noktası mutlak nem değeri için ölçüdür. Sonuç olarak kapalı sistem içinde hava bölgesel olarak ısıtılsa veya soğutulsa bile havanın çiy noktası sabit kalacaktır.

Nem ölçümünde en önemli faktör daima sıcaklıktır. Sıcaklık, doygunluk buhar basıncını tanımlar. Özellikle yüksek nem değerlerinde sıcaklıkta meydana gelebilecek küçük bir değişim nispi nem üzerinde önemli etkilere sahiptir.

50˚C sıcaklıkta ve %80 nem değeri için sıcaklıkta meydana gelecek 1˚C artış nispi nem için yaklaşık %4 oranında bir değişikliğe sebep olacaktır. Bundan dolayı nispi nem ölçüm değerleri kıyaslanırken sıcaklığın tam olarak bilinmesi önemlidir.



Şekil 4.2. Çiy noktasının grafiksel olarak belirlenmesi

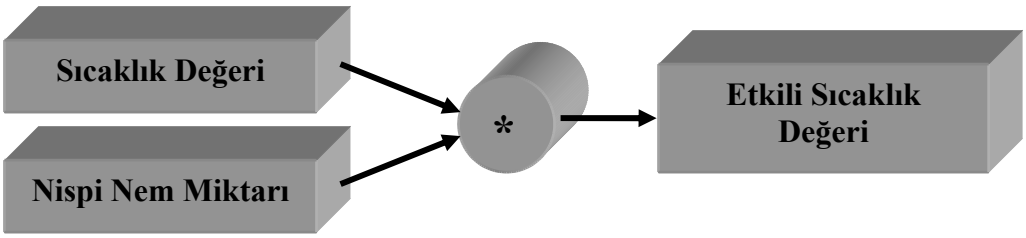
4.3. Sıcaklığın İnsan Sağlığı Üzerinde Etkileri

Sıcaklığın insan sağlığı üzerinde direkt ve endirekt birçok etkisi vardır. Aşırı sıcak sonucu sıcak çarpması (hipertermi), hipertansiyon ve çalışma verimliliğin düşmesi gözlenirken, aşırı soğuk sonucu donma, hipotermi gibi sağlık sorunları ortaya çıkar. Bu sebepten ortam sıcaklığı için optimum değerler 22 – 24ºC arasında,

nispi nem için optimum değerler % 60 – 40 arasındadır. Ayrıca çalışma alanlarında hava akımı hızı 0,1 m/s'yi geçmemelidir (Baughmann ve Arens, 1996).

4.4. Etkili Sıcaklık Değeri

Ortam parametrelerinin içinde belki de en çok bilineni ve uygulamalarda en geniş çapta kullanılanı etkili sıcaklıktır. Etkili sıcaklık Şekil 4.3'de gösterildiği gibi sıcaklık ve nemi birleştirerek tek bir göstergeye dönüştürür.



Şekil 4.3. Etkili sıcaklık değerinin elde edilmesi

İki ortam farklı sıcaklık ve nem değerlerine sahip olsa bile aynı hava akımı hareket hızına sahip olmak şartıyla aynı etkili sıcaklığa sahip olabilirler. Etkili sıcaklık giyime ve hareketliliğe bağlı olduğundan evrensel geçerliliği olan etkili sıcaklık grafiği üretmek mümkün değildir. Etkili sıcaklığın hesaplanması çok bilinmeyenli denklemlerin çözümünü gerektirip, bu işlem sıkıcı bir süreçtir. Genel bina içi uygulamalarının durum gösterimlerinin standart kümeleri kullanılarak standart etkili sıcaklık tanımlaması yapılabilir.

4.5. İklimlendirme Sistemlerinde Kontrolün Önemi

İklimlendirme sistemi kullanılarak yapılan ortam sıcaklık kontrolü aynı ortamda yaşayan insanlar için büyük öneme sahiptir. İklimlendirme sistemlerinin amacı bina içi hava parametrelerinin kontrolü ile birlikte istenen termal konfor ve bina içi hava kalitesinin sağlanmasıdır. İstenen bina içi hava parametrelerinin gerçekleştirilmesi için sistem ısıtma, soğutma, nemlendirme, nem alma ve bina dışındaki havanın filtrelenmesi gibi faaliyetleri düzenler.

Kontrol sistemi tasarımında sistem karakterinden kaynaklanan pek çok lineer olmayan durumla karşılaşılır. Bunlara örnek olarak hava akımı gecikmesi, ölü zamanlar ve düzgün olmayan hava akımı dağılımı verilebilir. Yine çoğu kez böyle sistemlerde sistem parametrelerinde belirsizlik gözlenebilir. Bu belirsizliklere örnek olarak da kapalı alanın büyüklüğü ve şekli, sensorların ortam içinde konumu, duvarların ve ortam içindeki eşyaların ısıl kütlesi, dışarıdaki havanın içeriye giriş zamanı ve miktarı verilebilir. Kontrol sistemi tasarımında göz önüne alınması gereken faktörler şunlardır (Hariharan, 2002):

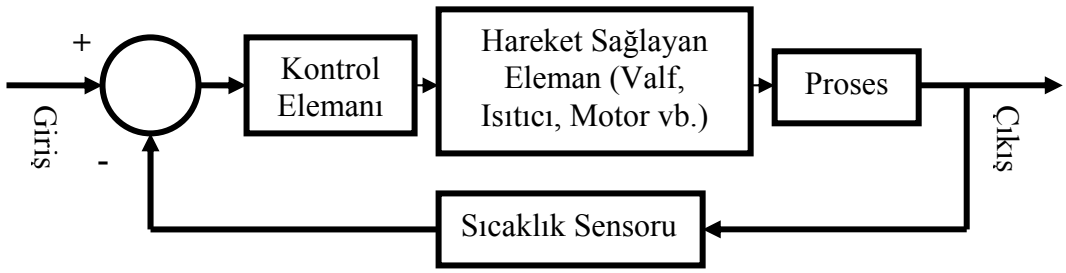
1. Hassas olarak yapılan sıcaklık ve nem kontrolü
2. Çevrim zamanlarının en aza indirilmesi (kompresörün açılıp kapanması gibi)
3. Enerji verimliliğinin artırılması ve maliyetin düşürülmesi
4. Ekipman ömrünün uzatılması

4.6. İklimlendirme Sistemlerinde Geleneksel Kontrol Yaklaşımı

İklimlendirme sistemlerinin yapısında bulunan otomatik kontrol birimi sistem hareketlerini düzenler. Kontrol edilen değişkenlerden birinde meydana gelebilecek değişiklik ve dengesizlikleri yeniden istenilen dengeye getirmek için otomatik kontrol birimi diğer değişkenler üzerinde ayarlamalar yaparak tepki verir.

Modern sistemlerde otomatik kontrol birimi enerji kullanımını en aza indirecek şekilde tasarlanır. Kontrol edilen değişken veya değişkenler büyük oranda sistem karakteristiğini düzenler. Sistem hatası genellikle istenilen değer ile gerçek değer arasındaki farktır. Sensorlar kontrol edilen değişkenin gerçek değerini ölçer. Kontrolör, hata değerine bağlı olarak kontrol edilen sistemin hata cevabını değiştirir. Hata cevabı, hareket sağlayıcı elemanlar aracılığı ile sisteme iletilir.

Genellikle iklimlendirme sistemlerinde kapalı çevrim kontrol uygulanır. Kapalı çevrim kontrol sistemlerinde kontrol edilen değişken sensorlar tarafından ölçülerek geri besleme yapılır. Bu tip kontrol sisteminin yapısı Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. İklimlendirme sistemlerinde geleneksel kontrol çevrimi

Sıcaklık sensoru ortamdaki sıcaklığı ölçer. Bu değer istenen sıcaklıkla karşılaştırılarak aralarındaki fark hata olarak kontrol elemanına gönderilir. Kontrol elemanı hataya bağlı olarak kontrol işareti üretir ve bunu hareket sağlayan elemana gönderir. Çıkışlar mevcut şartlara ve istenilen sıcaklığa bağlı olarak hesaplanır.

4.7. İklimlendirme Sistemlerinde Bulanık Kontrol Yaklaşımı

Geleneksel kontrol sistemlerinin çalışması ancak kontrol edilecek sistemin matematiksel modelinin kurulması ile mümkündür. Matematiksel model üzerindeki hesaplamaları yapmak için genellikle mikroişlemci tabanlı sistemler tercih

edilmektedir. Son zamanlarda mikroişlemcilerin kontrolde yaygınlaşması ile birlikte matematiksel modeller kurmak yerine bilgiye dayalı kontrol yöntemleri kullanımı fikri ağırlık kazanmıştır. Bilgi temelli yöntemlerin başında bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar sayılabilir. Bu yöntemler matematiksel model kurmanın mümkün olmadığı, lineer olmayan sistemler üzerinde de kontrol sağlama imkânı sağlamıştır (Lea ve diğ. , 1996).

Lineer olmayan ve önceden kestirilemeyen sistemlerin kontrolü için bulanık kontrol yenilikçi ve etkili bir yaklaşımdır. Daha öncede belirtildiği gibi bu yaklaşım matematiksel denklemler yerine kurallara dayanan muhakeme kullanır. Bulanık kontrol sistemleri insan davranışlarına yakın çalışma mantığına sahip olup kendisinden önce kullanılan geleneksel PID kontrolörlere göre belirgin avantajları vardır. Kural tabanlı bir bulanık iklimlendirme kontrol sistemi (4.3) ifadesi benzeri tanımlama ile yönlendirilebilir.

Eğer DURUM **ise o halde** HAREKET (4.3)

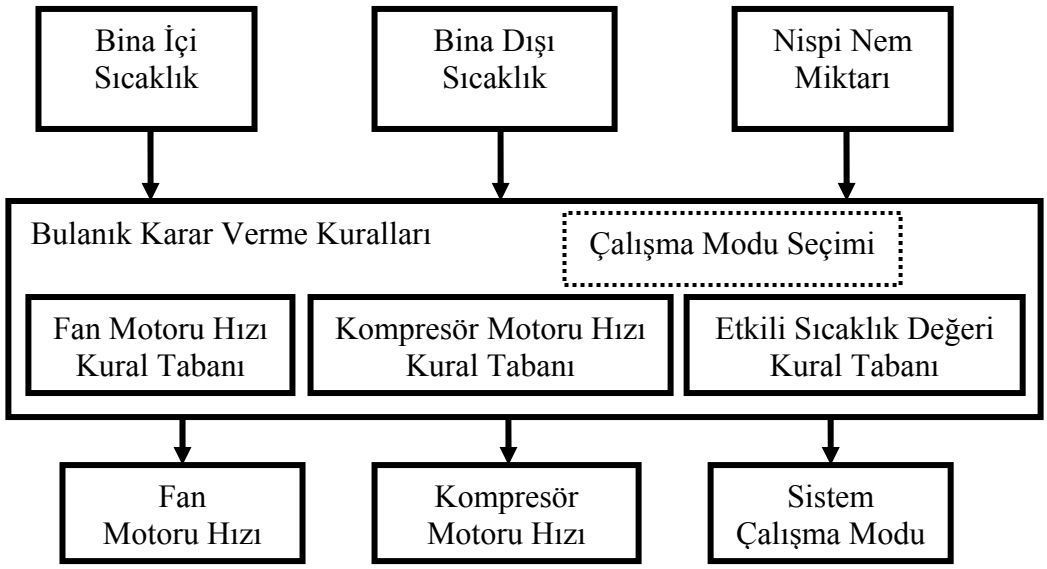
Eğer Sıcaklık Farkı *BÜYÜK* **ise o halde** Fan Hızı *ÇOK YÜKSEK*
DURUM = "Sıcaklık Farkı *BÜYÜK* "
HAREKET = "Fan Hızı *ÇOK YÜKSEK* "

Bu şekilde sözel kuralların tercümesi kullanılarak uzman bilgisi kontrol edilen sisteme aktarılır. Girişteki değişkenlerin sayısının artması ile muhtemelen sistemi tanımlamak için düşünülen kuralların sayısı büyük rakamlara ulaşır. Kural sayısını azaltacak şekilde tasarlanan kontrolör mimarileri aynı şekilde kontrol stratejisinin doğruluğunu da azaltır.

4.8. Bulanık Kontrolör Tasarımı

Yapılan çalışmada kullanılan bulanık kontrolör için üç farklı giriş değişkeni mevcuttur. Bunlar bina içi sıcaklık değeri, bina dışı sıcaklık değeri ve nispi nem miktarıdır. Sıcaklık değerleri (ºC) santigrat olarak, nispi nem miktarı ise (%) yüzde

olarak değerlendirmeye alınmıştır. Sistemin çıkış değişkenleri ise çalışma modu (ısıtma, soğutma, kapalı), fan motoru hızı ve kompresör motoru hızıdır. Sistem çıkışları hesaplanmadan önce bina içi sıcaklık ve nispi nem miktarı giriş değerleri birlikte değerlendirilerek etkili sıcaklık değeri için bulanık çıkarım yapılır. Burada bulunan etkili sıcaklık değeri daha sonra kompresör motoru hızı değeri hesaplamasında yapılacak bulanık çıkarım için giriş olarak alınarak hiyerarşik bir yapı sağlanmıştır. Tasarlanan sistem modeli Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. İklimlendirme kontrol sistemi için tasarlanan bulanık kontrolör modeli

Bulanık kontrolörün giriş ve çıkış değerleri için kullanılan sözel değişkenler aşağıda verilmiştir. Bina içi sıcaklık değeri için evrensel küme [-10…55]ºC değerleri arasındadır ve beş sözel değişken tanımlanmıştır:

— Çok soğuk
— Soğuk
— Normal
— Sıcak
— Çok sıcak

Bina dışı sıcaklık değeri için evrensel küme [-25…55]ºC değerleri arasındadır ve yedi sözel değişken tanımlanmıştır:

- Çok soğuk
- Soğuk
- Serin
- Ilık
- Sıcak
- Çok Sıcak
- Tropik

Nispi nem miktarı için evrensel küme %[0…100] değerleri arasındadır ve üç sözel değişken tanımlanmıştır:

- Kuru
- Normal
- Nemli

Etkili sıcaklık değeri için evrensel küme [-8…+8] değerleri arasındadır. Çıkış olarak alındığı durum için yedi sözel değişken, giriş olarak alındığı durum için beş sözel değişken tanımlanmıştır:

- Çok Soğuk
- Orta Soğuk
- Az Soğuk
- Normal
- Az Sıcak
- Orta Sıcak
- Çok Sıcak

} Etkili sıcaklık çıkış olarak alınırsa sözel değişkenler

— Negatif Büyük
— Negatif Küçük
— Yaklaşık Sıfır
— Pozitif Küçük
— Pozitif Büyük

} Etkili sıcaklık giriş olarak alınırsa sözel değişkenler

Fan motoru hızı değeri ve kompresör motoru hızı değeri için evrensel küme %[0…100] değerleri arasındadır ve beş sözel değişken tanımlanmıştır.

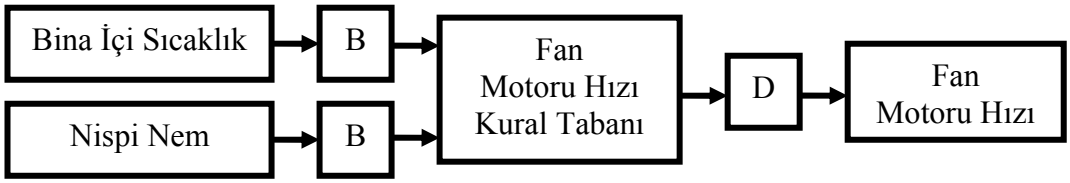
— Seviye1
— Seviye2
— Seviye3
— Seviye4
— Seviye5

Sistem kullanılan sensorlar yardımı ile bina içi sıcaklık, bina dışı sıcaklık ve nispi nem miktarı değerlerini toplar. Elde edilen bina içi sıcaklık, bina dışı sıcaklık ve nispi nem miktarı kesin değerleri mevcut üyelik fonksiyonları yardımıyla bulanıklaştırılır. Etkili sıcaklık değerini hesaplamak için bina içi sıcaklık ve nispi nem miktarına bağlı olarak bulanık çıkarım yapılır. Çıkarım sonunda elde edilen bulanık değer tekrar sistemde kullanılmak üzere durulaştırılarak etkili sıcaklık kesin değeri bulunur. Etkili sıcaklık değeri için kullanılan bulanık çıkarım modeli Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Etkili sıcaklık değeri için bulanık çıkarım modeli

Daha sonra yine bina içi sıcaklık ve nispi nem miktarı giriş olarak alınarak fan motoru hızı için bulanık çıkarım yapılır. Bu defa çıkarım yapılırken fan motoru hızı için hazırlanan kural tabanından faydalanılır. Çıkarım sonucu elde edilen bulanık değer durulaştırılarak fan motoru hızı kesin değeri elde edilir. Bu değer kullanılarak fan motoru dönüş hızı belirli bir yüzde oranında ayarlanır. Fan motoru hızı için kullanılan bulanık çıkarım modeli Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Fan motoru hızı için bulanık çıkarım modeli

Son olarak etkili sıcaklık ve bina dışı sıcaklık değerleri giriş olarak alınarak kompresör motoru hızı çıkışı için bulanık çıkarım yapılır. Kompresör motoru için yine fan motoruna benzer bir yaklaşım izlenmiş ve durulaştırma sonunda elde edilen kesin değerle bağlantılı olarak kompresör motoru hız ayarı gerçekleştirilmiştir. Kompresör motoru hızı için kullanılan bulanık çıkarım modeli Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Kompresör motoru hızı için bulanık çıkarım modeli

Sistemin çalışma mantığı bina içi/dışı sıcaklık ile birlikte bina içi ortamın nispi nem değerlerini birlikte değerlendirerek sonuçta fan ve kompresör motorlarının hızlarını istenen iklim şartlarına uyduracak şekilde ayarlamaktır. Yapılan tüm bulanık çıkarımlar için Mamdani bulanık modelinin kullanımı tercih edilmiştir. Bunun sebebi Mamdani bulanık modelinin hem basit hem de sistem yapısına uygun olmasıdır.

Tasarlanan sistem için kontrol hareketleri sürekli olarak bina içi sıcaklık değerini 23ºC ve nispi nem miktarını %50 değerlerinde tutacak şekilde gerçekleştirilir. Bu değerler pek çok kuruluş ve uzman tarafından normal şartlarda insan sağlığı ve verimliliği açısından en uygun değerler olarak kabul edilmiştir. Sistem çalışma modu; bina içi sıcaklığın 23ºC'den düşük olduğu durumlarda ortamı ısıtma, 23ºC'den yüksek olduğu durumlarda ise ortamı soğutma şeklindedir. Çalışma modu seçimi için ısıtıcı ve soğutucu ünitelerin çalışma anahtarları aktif konuma getirilir. Bina içi sıcaklık 23ºC veya kabul edilebilir sınırlar içinde ise sistem bekleme modunda pasif olarak giriş değerlerini takip eder.

Sistem giriş/çıkış değişkenlerinin sözel değişkenleri, özellikleri, üyelik fonksiyonları, matematiksel ifadeleri ve grafiksel gösterimleri, kural tabanları aşağıdaki şekil ve çizelgelerde sırası ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Sistem giriş/çıkış değişkenlerinin bulanık sözel değişkenleri

DEĞİŞKEN ADI	**TİPİ**	**BULANIK SÖZEL DEĞİŞKENLER**
Bina İçi Sıcaklık	Giriş	Çok Soğuk, Soğuk, Normal, Sıcak, Çok Sıcak
Bina Dışı Sıcaklık	Giriş	Çok Soğuk, Soğuk, Serin, Ilık, Sıcak, Çok Sıcak, Tropik
Nispi Nem Miktarı	Giriş	Kuru, Normal, Nemli
Etkili Sıcaklık	Giriş/Çıkış	Negatif Büyük, Negatif Orta, Negatif Küçük, Normal, Pozitif Küçük, Pozitif Orta, Pozitif Büyük
Fan Motoru Hızı	Çıkış	Seviye 1, Seviye 2, Seviye 3, Seviye 4, Seviye 5
Kompresör Motoru Hızı	Çıkış	Seviye 1, Seviye 2, Seviye 3, Seviye 4, Seviye 5

Çizelge 4.3. Sistem giriş değişkenlerinin özellikleri

GİRİŞ DEĞİŞKENİ	**MİN**	**MAX**	**BİRİM**	**BULANIKLAŞTIRMA**
Bina İçi Sıcaklık	- 10	+ 55	˚C	Üçgen Şeklinde Üyelik Fonksiyonu
Bina Dışı Sıcaklık	- 25	+ 55	˚C	Üçgen Şeklinde Üyelik Fonksiyonu
Nispi Nem Miktarı	0	100	%	Üçgen Şeklinde Üyelik Fonksiyonu
Etkili Sıcaklık	- 8	+ 8	-	Üçgen Şeklinde Üyelik Fonksiyonu

Çizelge 4.4. Sistem çıkış değişkenlerinin özellikleri

ÇIKIŞ DEĞİŞKENİ	**MİN**	**SET**	**MAX**	**BİRİM**	**DURULAŞTIRMA**
Etkili Sıcaklık	- 8	0	+ 8	-	Alan Ağırlık Merkezi
Fan Motoru Hızı	0	10	100	%	Alan Ağırlık Merkezi
Kompresör Motoru Hızı	0	10	100	%	Alan Ağırlık Merkezi

Çizelge 4.5. Bina içi sıcaklık değerinin bulanıklaştırılması

SÖZEL DEĞİŞKEN	MATEMATİKSEL İFADE	DEĞİŞKEN ARALIĞI
ÇOK SOĞUK	1	$-10 \leq x < 3$
	(13-x)/10	$3 \leq x < 13$
	0	$13 \leq x \leq 55$
SOĞUK	0	$-10 \leq x \leq 3$
	(x-3)/10	$3 \leq x < 13$
	(23-x)/10	$13 \leq x < 23$
	0	$23 \leq x \leq 55$
NORMAL	0	$-10 \leq x \leq 19$
	(x-19)/4	$19 \leq x < 23$
	(27-x)/4	$23 \leq x < 27$
	0	$27 \leq x \leq 55$
SICAK	0	$-10 \leq x \leq 23$
	(x-23)/10	$23 \leq x < 33$
	(43-x)/10	$33 \leq x < 43$
	0	$43 \leq x \leq 55$
ÇOK SICAK	0	$-10 \leq x \leq 33$
	(x-33)/10	$33 \leq x < 43$
	1	$43 \leq x \leq 55$

Çizelge 4.6. Nispi nem miktarının bulanıklaştırılması

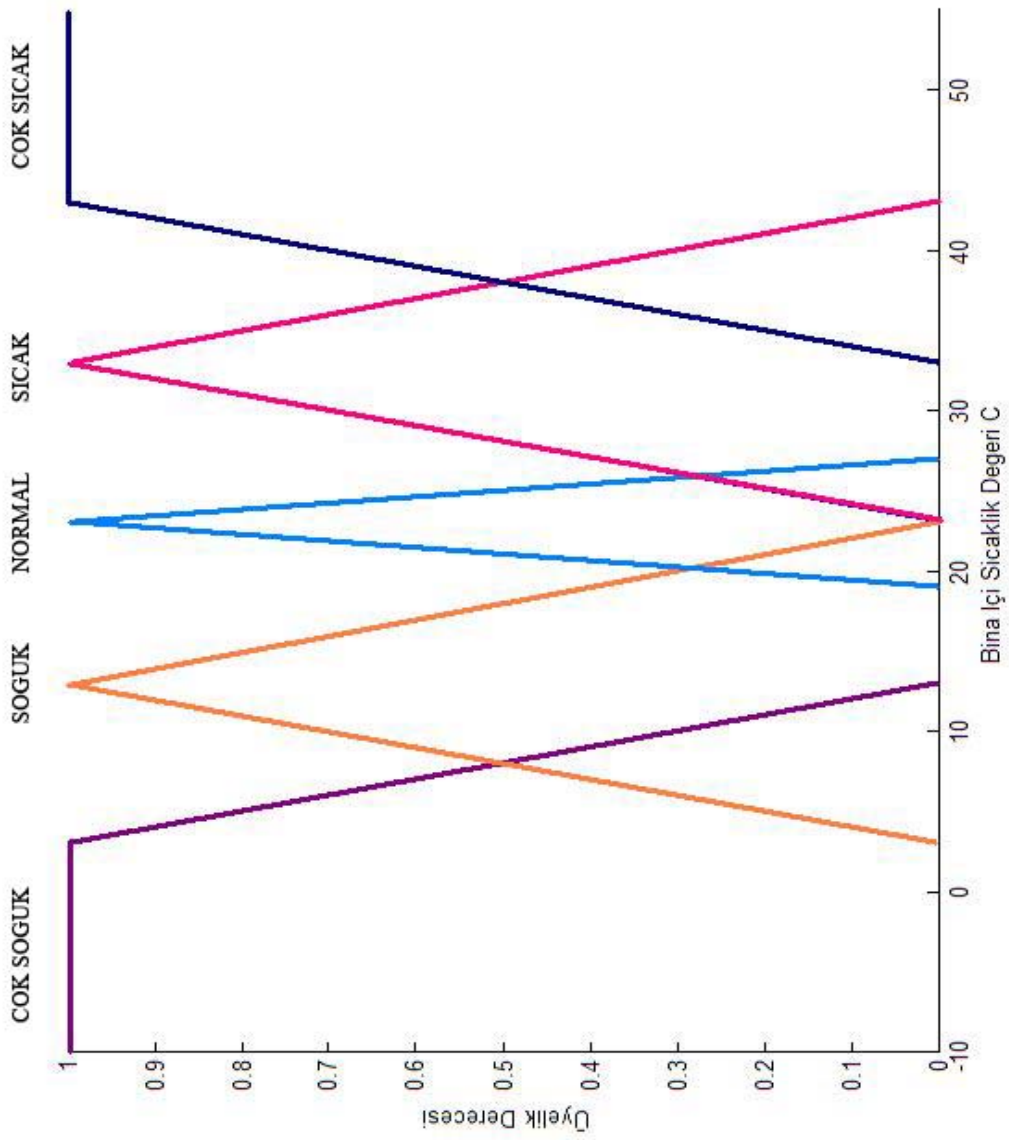
SÖZEL DEĞİŞKEN	MATEMATİKSEL İFADE	DEĞİŞKEN ARALIĞI
KURU	1	$0 \leq x < 30$
	(50-x)/20	$30 \leq x < 50$
	0	$50 \leq x \leq 100$
NORMAL	0	$0 \leq x \leq 40$
	(x-40)/10	$40 \leq x < 50$
	(60-x)/10	$50 \leq x < 60$
	0	$60 \leq x \leq 100$
NEMLİ	0	$0 \leq x \leq 50$
	(x-50)/20	$50 \leq x < 70$
	1	$70 \leq x \leq 100$

Çizelge 4.7. Bina dışı sıcaklık değerinin bulanıklaştırılması

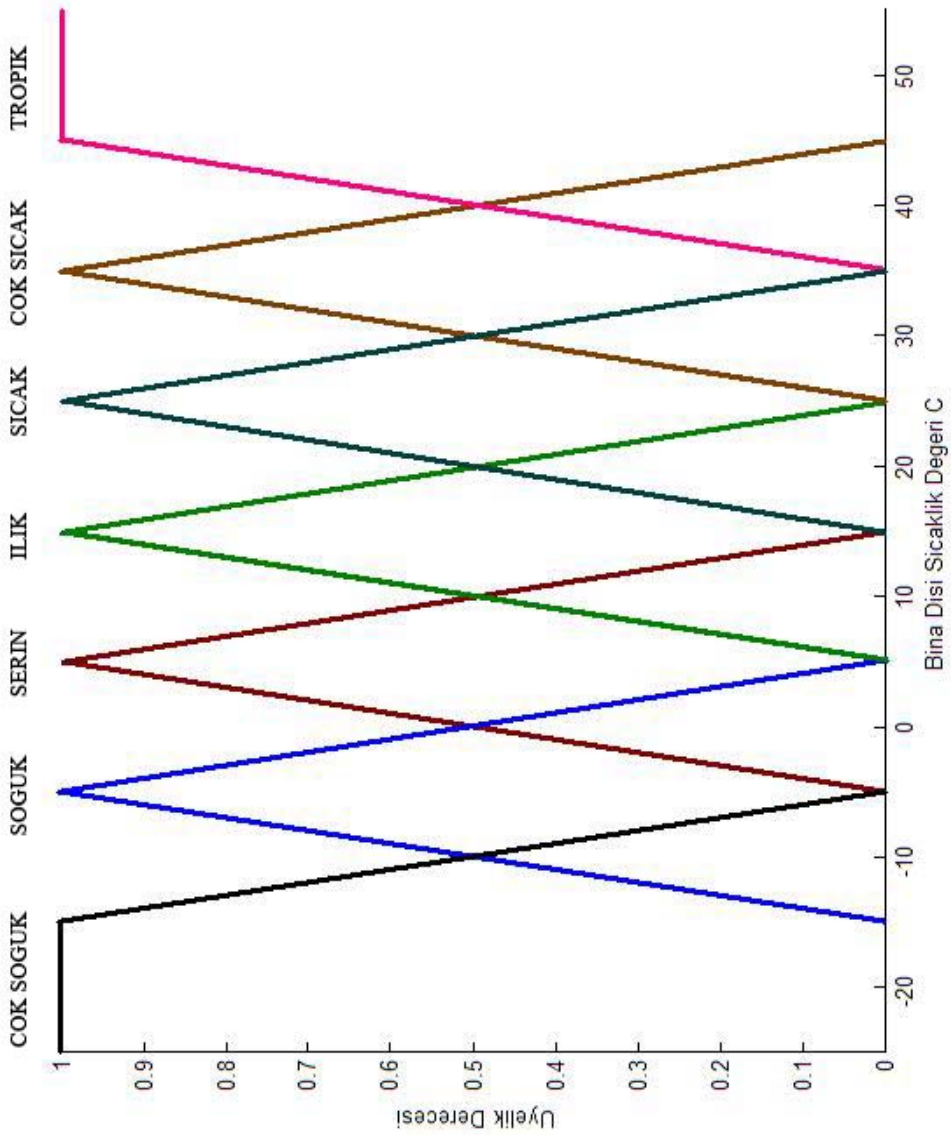
SÖZEL DEĞİŞKEN	MATEMATİKSEL İFADE	DEĞİŞKEN ARALIĞI
ÇOK SOĞUK	1	$-25 \leq x < -15$
	(-5-x)/10	$-15 \leq x < -5$
	0	$-5 \leq x < 55$
SOĞUK	0	$-25 \leq x < -15$
	(x+15)/10	$-15 \leq x < -5$
	(5-x)/10	$-5 \leq x < 5$
	0	$5 \leq x \leq 55$
SERİN	0	$-25 \leq x < -5$
	(x+5)/10	$-5 \leq x < 5$
	(15-x)/10	$5 \leq x < 15$
	0	$15 \leq x \leq 55$
ILIK	0	$-25 \leq x < 5$
	(x-5)/10	$5 \leq x < 15$
	(25-x)/10	$15 \leq x < 25$
	0	$25 \leq x \leq 55$
SICAK	0	$-25 \leq x < 15$
	(x-15)/10	$15 \leq x < 25$
	(35-x)/10	$25 \leq x < 35$
	0	$35 \leq x \leq 55$
ÇOK SICAK	0	$-25 \leq x < 25$
	(x-25)/10	$25 \leq x < 35$
	(45-x)/10	$35 \leq x < 45$
	0	$45 \leq x \leq 55$
TROPİK	0	$-25 \leq x < 35$
	(x-35)/10	$35 \leq x < 45$
	1	$45 \leq x \leq 55$

Çizelge 4.8. Etkili sıcaklık değerinin bulanıklaştırılması

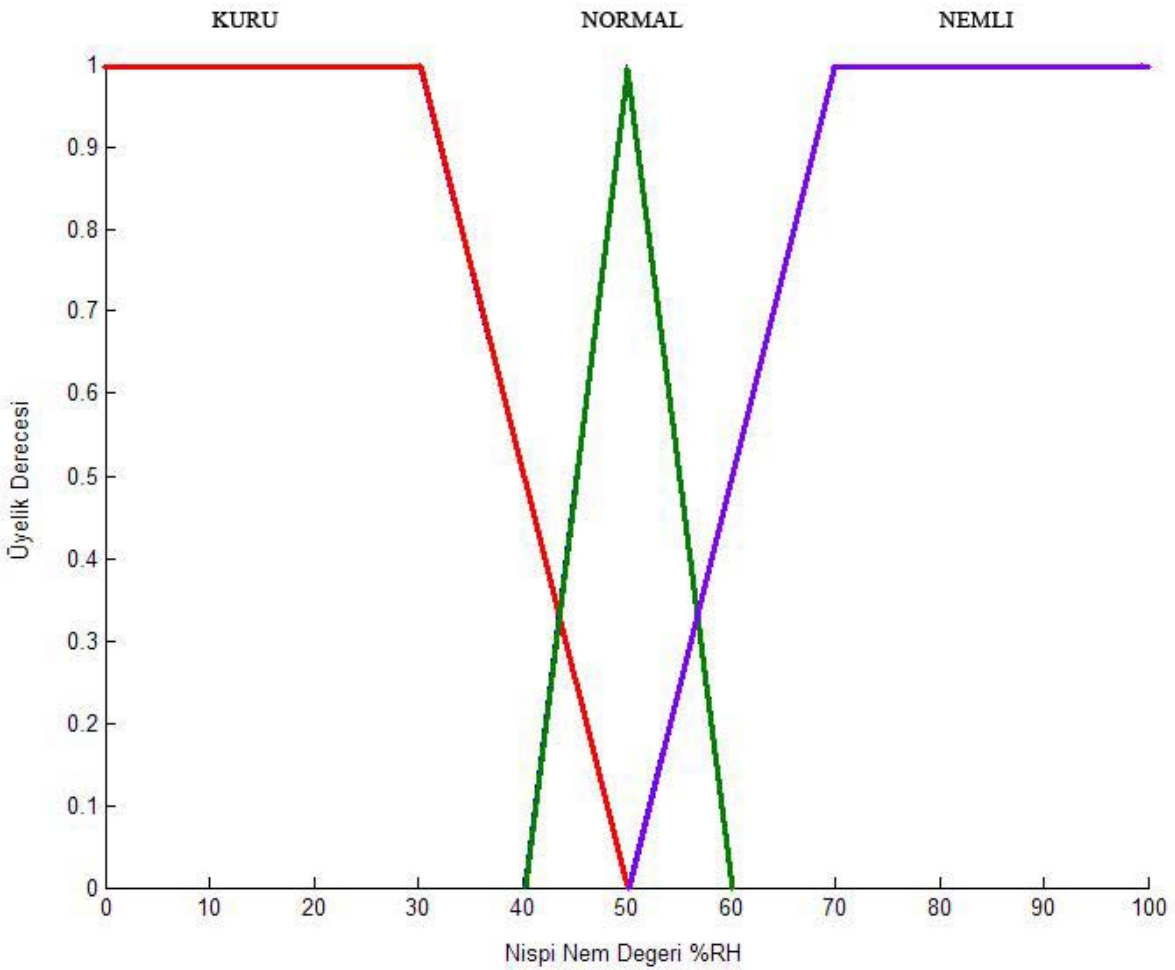
SÖZEL DEĞİŞKEN	MATEMATİKSEL İFADE	DEĞİŞKEN ARALIĞI
NEGATİF BÜYÜK	(-4-x)/4	$-8 \leq x < -4$
	0	$-4 \leq x \leq 8$
NEGATİF KÜÇÜK	(x+8)/4	$-8 \leq x < -4$
	-x/4	$-4 \leq x < 0$
	0	$0 \leq x \leq 8$
YAKLAŞIK SIFIR	0	$-8 \leq x < -4$
	(x+4)/4	$-4 \leq x < 0$
	(4-x)/4	$0 \leq x < 4$
	0	$4 \leq x \leq 8$
POZİTİF KÜÇÜK	0	$-8 \leq x < 0$
	x/4	$0 \leq x < 4$
	(8-x)/4	$4 \leq x \leq 8$
POZİTİF BÜYÜK	0	$-8 \leq x < 4$
	(x-4)/4	$4 \leq x \leq 8$



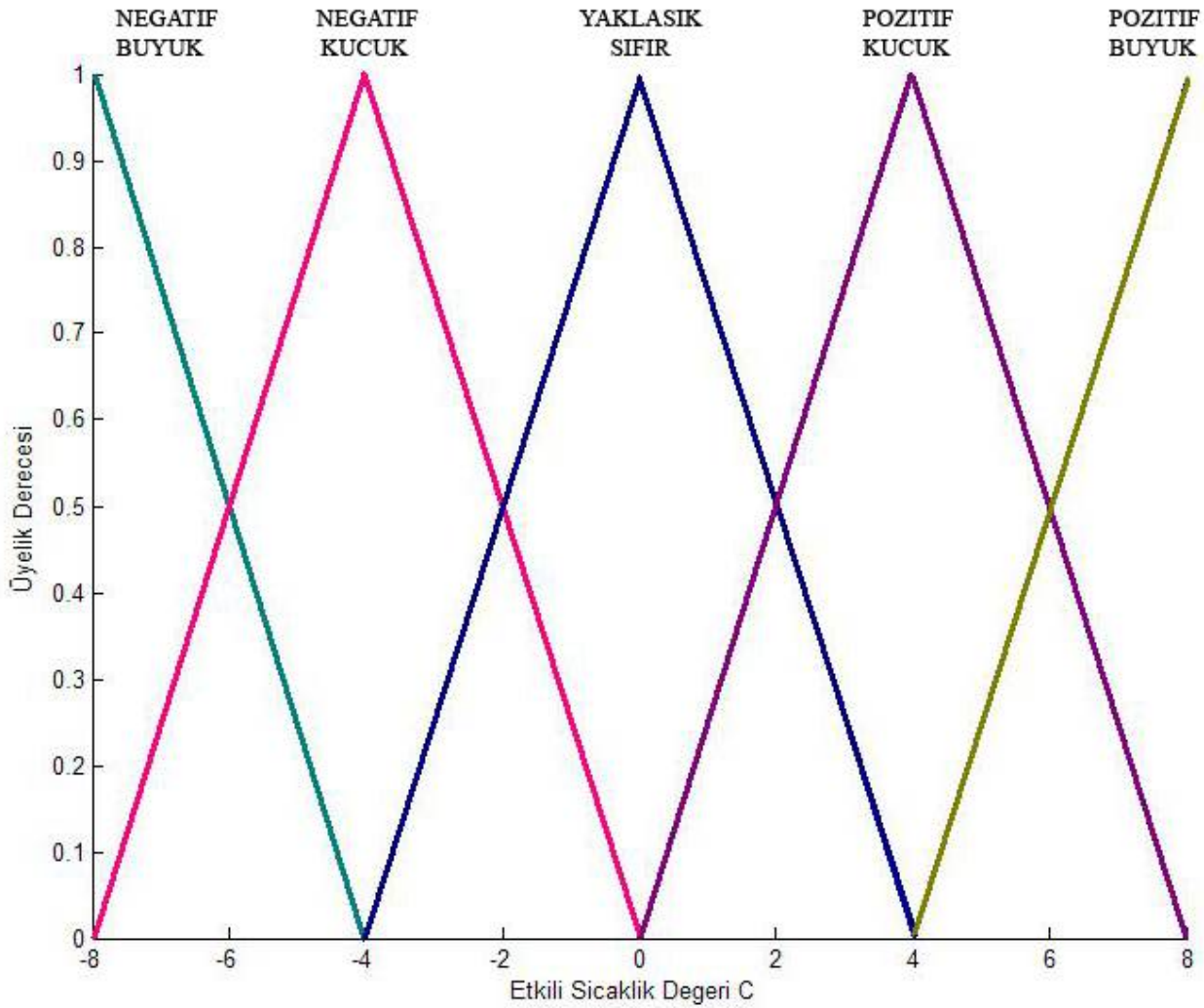
Şekil 4.9. Bina içi sıcaklık için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları



Şekil 4.10. Bina dışı sıcaklık için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları



Şekil 4.11. Nispi nem miktarı için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları



Şekil 4.12. Etkili sıcaklık için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları

Çizelge 4.9. Etkili sıcaklık değeri için kural tabanı

ETKİLİ SICAKLIK KURAL TABANI		BİNA İÇİ SICAKLIK				
		ÇOK SOĞUK	**SOĞUK**	**NORMAL**	**SICAK**	**ÇOK SICAK**
NİSPİ NEM MİKTARI	**KURU**	ÇOK SOĞUK	ÇOK SOĞUK	AZ SOĞUK	AZ SICAK	ORTA SICAK
	NORMAL	ÇOK SOĞUK	ORTA SOĞUK	NORMAL	ORTA SICAK	ÇOK SICAK
	NEMLİ	ORTA SOĞUK	AZ SOĞUK	AZ SICAK	ÇOK SICAK	ÇOK SICAK

Çizelge 4.10. Fan motoru hızı için kural tabanı

FAN MOTORU HIZI KURAL TABANI		BİNA İÇİ SICAKLIK				
		ÇOK SOĞUK	**SOĞUK**	**NORMAL**	**SICAK**	**ÇOK SICAK**
NİSPİ NEM MİKTARI	**KURU**	SEVİYE 5	SEVİYE 4	SEVİYE 2	SEVİYE 3	SEVİYE 4
	NORMAL	SEVİYE 5	SEVİYE 4	SEVİYE 1	SEVİYE 4	SEVİYE 5
	NEMLİ	SEVİYE 4	SEVİYE 3	SEVİYE 2	SEVİYE 4	SEVİYE 5

Çizelge 4.11. Kompresör motoru hızı için kural tabanı

KOMPRESÖR MOTORU HIZI KURAL TABANI		ETKİLİ SICAKLIK				
		NEGATİF BÜYÜK	**NEGATİF KÜÇÜK**	**YAKLAŞIK SIFIR**	**POZİTİF KÜÇÜK**	**POZİTİF BÜYÜK**
BİNA DIŞI SICAKLIK	**ÇOK SOĞUK**	SEVİYE 5	SEVİYE 4	SEVİYE 3	SEVİYE 4	SEVİYE 5
	SOĞUK	SEVİYE 4	SEVİYE 3	SEVİYE 2	SEVİYE 3	SEVİYE 4
	SERİN	SEVİYE 3	SEVİYE 2	SEVİYE 1	SEVİYE 2	SEVİYE 3
	ILIK	SEVİYE 3	SEVİYE 2	SEVİYE 1	SEVİYE 2	SEVİYE 3
	SICAK	SEVİYE 4	SEVİYE 3	SEVİYE 2	SEVİYE 3	SEVİYE 4
	ÇOK SICAK	SEVİYE 5	SEVİYE 4	SEVİYE 3	SEVİYE 4	SEVİYE 5
	TROPİK	SEVİYE 5	SEVİYE 4	SEVİYE 4	SEVİYE 4	SEVİYE 5

5. SİSTEMİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

5.1. Kontrol Probleminin Tanımlanması

Bu çalışmada gömülü kontrolör üzerinden bulanık kontrol tekniğini kullanarak iklimlendirme sisteminin kontrolünü gerçekleştirmiştir. Kontrol edilen parametreler kompresör hızı, fan hızı ve sistem çalışma modudur. Bina içi sıcaklık, bina dışı sıcaklık ve nispi nem miktarı gibi giriş parametreleri gözetlenerek kompresör ve fan motorları hız değerleri maksimum devir sayısına göre belirli bir yüzde oranında artırılıp azaltılmıştır. Bunun yanında bina içi sıcaklık değeri ve kapalı ortamdaki nispi nem miktarı için optimum değerler baz alınarak ısıtma ve soğutma gerçekleştirilmiştir. Tanımlanan hareketlerin gerçekleştirilebilmesi için mikrokontrolör, sıcaklık sensoru, nem sensoru, lcd ekran, vb. donanımlara ihtiyaç duyulmuştur.

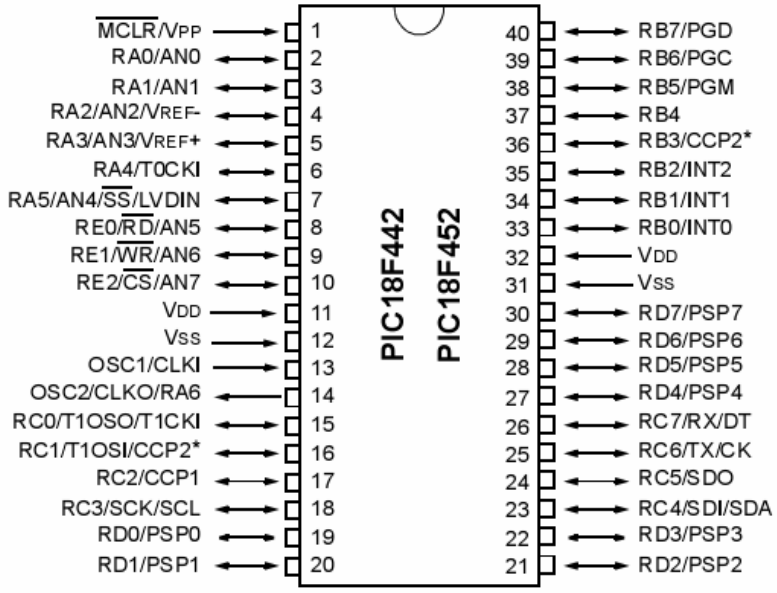
5.2. Kullanılacak Donanımların Seçimi

5.2.1. Gömülü kontrolör

Sistem içinde gömülü kontrol birimi görevini üstlenmek üzere Microchip firmasının PIC (Peripheral Inreface Controller) mikrokontrolörü seçilmiştir. PIC ailesinden mikrokontrolörler çevre birimleri ve giriş/çıkış elemanlarını hızlı ve kolay kontrol edebilecek yapıdadırlar. Hızlı çalışmaları amacıyla RISC (reduced instruction set computing) komut mimarisinde tasarlanmışlardır. Hafıza mimarisi ise Harvard mimarisi tipindedir. Program belleği flash ROM bellek, veri belleği ise statik RAM bellek yapısındadır.

PIC ailesi mikrokontrolörler kendi içinde mimari yapıları ve sahip olduğu özelliklere göre alt sınıflara ayrılmıştır. Bu çalışmada ihtiyaç duyulan hafıza büyüklüğü, hız ve özel nitelikler göz önünde tutularak aile üyelerinin seçkin elemanlarından PIC18F452 gömülü mikrokontrolör olarak görevlendirilmiştir.

PIC18F452 gelişmiş özellikler sunan (seri haberleşme, ADC çevrim, PWM, analog karşılaştırıcı, zamanlayıcılar), flash rom yapısında 16 bit genişliğinde program hafızasına sahip, hızlı (maksimum 40 MHz) bir mikrokontrolördür. Üzerinde beş farklı giriş/çıkış portu bulunur. Bunlar PORTA (6 bit), PORTB (8 bit), PORTC (8 bit), PORTD (8 bit) ve PORTE (3 bit) olarak adlandırılır. PIC18F452 üzerinde giriş/çıkış yeteneğine sahip toplam 34 adet pin ve portların giriş/çıkış olarak tanımlanabilmesi için özel kaydediciler mevcuttur. Giriş işareti sensor, tuş takımı veya ayarlanabilir dirençten alınabilirken; çıkış işareti led, buzzer, LCD ekran veya yedi parçalı gösterge gibi çevre birimlere gönderilebilir. PIC18F452 mikrokontrolörü 16384x16 byte flash ROM program belleğine, 1536 byte RAM veri belleğine sahiptir. Bunun yanında 256 byte EEPROM veri belleği bulunur ve bu bellek enerji kesildiği zamanlarda bile kaydedilen verileri saklayabilir. PIC18F452'ye ait pin diyagramı Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. PIC18F452 pin görünüş şeması

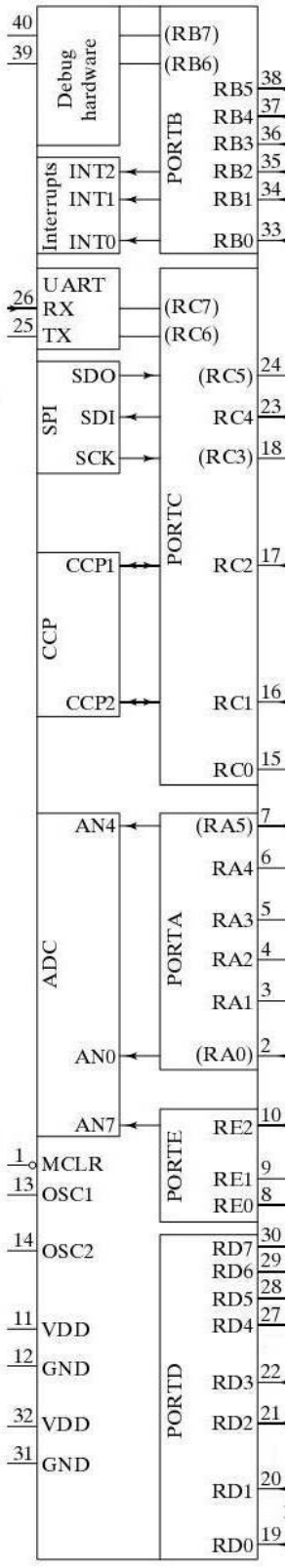
PIC18 ailesi mikrokontrolörlerin genel özellikleri aşağıda sırası ile verilmiş olup PIC18F452 mikrokontrolör pinlerinin fonksiyonel olarak gruplandırılması ise Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

- Yüksek performanslı 8 bit RISC CPU
- 40 MHz çalışma hızı
- 2,0 V – 5,5 V arası çalışma gerilimi
- 2 MB'a kadar lineer program hafıza adreslemesi
- 4 KB'a kadar lineer veri hafıza adreslemesi
- Bağımlı şartlı dallanma komutları bulundurma
- 2 saniye programlama zamanı
- Esnek program hafıza koruması
- Çeşitli osilatör modlarında çalışma
- Saat giriş frekansının ¼'ü oranında komut çevrim zamanı
- Harvard mimarisi ile komutlar ve veriler için farklı hafıza alanları
- 40 yıldan fazla program hafızasındaki bilgileri koruma imkânı
- 100.000 defa program hafızasına silme/yazmaya izin verme
- 2 adet Compare/Capture/PWM (CCP) çıkışı

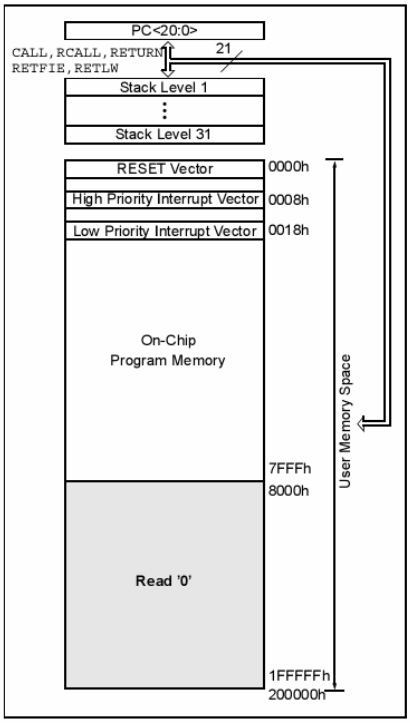
PIC ailesi mikrokontrolörler için hafıza haritası incelendiğinde program hafızasının sayfalara, veri hafızasının da kısımlara ayrıldığı görülür. PIC18F452 mikrokontrolörü için program hafıza haritası Şekil 5.3'de gösterilmiştir.

PIC18F452 mikrokontrolörünün bir başka önemli özelliği de 10 bitlik 8 kanallı analog/dijital çeviriciye (ADC) sahip olmasıdır. Analog giriş, işareti örnekler ve kondansatörde depolar. Örnekle ve tut kondansatörünün çıkışı, çeviricinin girişine bağlıdır. Çevirici işaretin seviyesine bağlı olarak yaklaşım yaparak dijital sonuçlar üretir. Analog dijital çevrici çıkışında analog giriş işaretine karşılık gelen 10 bitlik dijital sayı görülür.

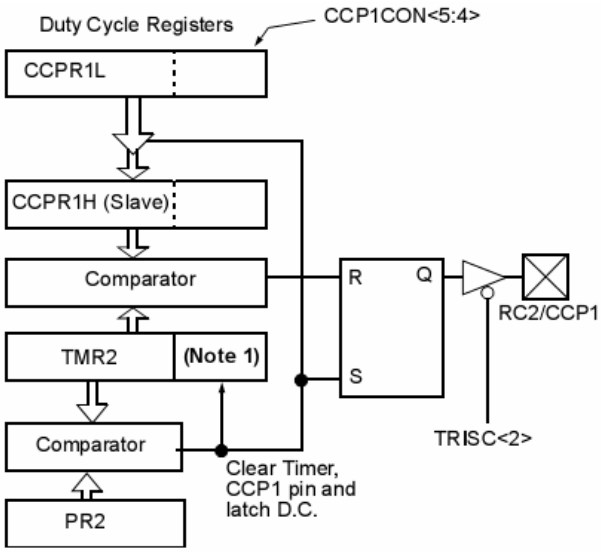
PIC18F452 mikrokontrolör aynı zamanda 2 adet CCP modülüne (Capture/Compare/PWM) sahiptir. Capture ve Compare modlarında zamanlayıcı olarak Timer 1 ve Timer 3'den faydalanılırken, PWM modunda Timer 2'den faydalanılır. Şekil 5.4'de PWM modu çalışması basit olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.2. PIC18F452 portlarının fonksiyonel olarak gruplandırılması

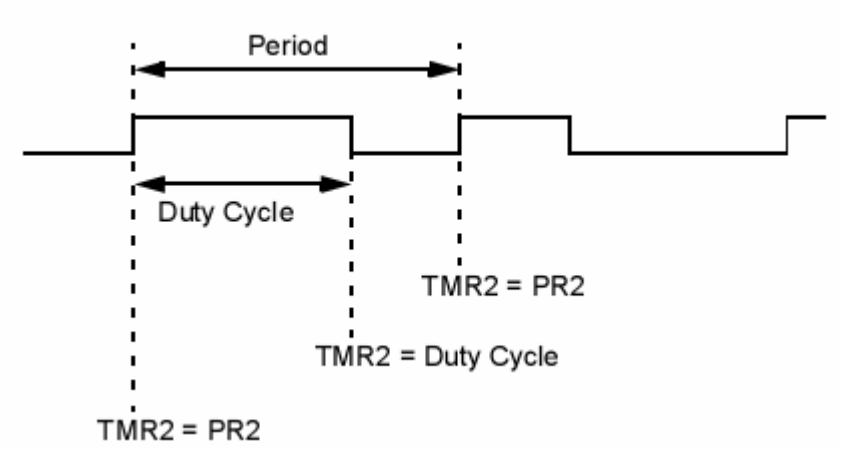


Şekil 5.3. PIC18F452 program hafıza haritası



Şekil 5.4. PWM modu basitleştirilmiş blok diyagramı

PWM modunda CCP1 pini 10 bit çözünürlükte PWM çıkışı sağlar. PWM çıkış işareti zaman tabanlı olup periyot ve görev döngü zamanı (duty cycle) değerlerine sahiptir. Şekil 5.5'de bu değerler grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.5. PWM çıkış işareti

PWM periyot değeri PR2 kaydedicisine yazılan değerle belirtilir. Periyot değerinin matematiksel olarak hesaplanışı (5.1) ifadesinde gösterilmiştir.

$$\text{PWM periyodu} = [PR2+1] \times 4 \times T_{OSC} \times (\text{Timer2 ön ölçekleme değeri}) \quad (5.1)$$

Benzer şekilde PWM görev döngü zamanı CCPR1L kaydedicisi ve CCP1CON kaydedicisinin <5:4> bit değerleri ile belirtilip matematiksel olarak hesaplanışı (5.2) de gösterilmiştir.

$$\text{PWM döngü zamanı} = (CCPR1L{:}CCP1CON\langle 5{:}4\rangle) \times T_{OSC} \times (\text{Timer2 ön ölçekleme değeri}) \quad (5.2)$$

Hesaplamalarda kullanılan özel fonksiyona sahip kaydedicilerin hafıza haritası Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Hafıza haritasından faydalanarak kaydedicilerin hafıza adresleri de bulunabilir.

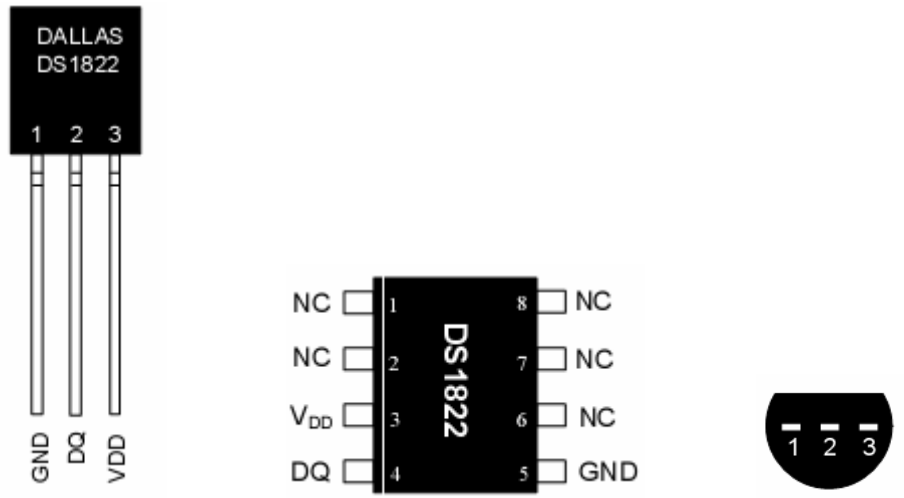
Address	Name	Address	Name	Address	Name	Address	Name
FFFh	TOSU	FDFh	INDF2(3)	FBFh	CCPR1H	F9Fh	IPR1
FFEh	TOSH	FDEh	POSTINC2(3)	FBEh	CCPR1L	F9Eh	PIR1
FFDh	TOSL	FDDh	POSTDEC2(3)	FBDh	CCP1CON	F9Dh	PIE1
FFCh	STKPTR	FDCh	PREINC2(3)	FBCh	CCPR2H	F9Ch	—
FFBh	PCLATU	FDBh	PLUSW2(3)	FBBh	CCPR2L	F9Bh	—
FFAh	PCLATH	FDAh	FSR2H	FBAh	CCP2CON	F9Ah	—
FF9h	PCL	FD9h	FSR2L	FB9h	—	F99h	—
FF8h	TBLPTRU	FD8h	STATUS	FB8h	—	F98h	—
FF7h	TBLPTRH	FD7h	TMR0H	FB7h	—	F97h	—
FF6h	TBLPTRL	FD6h	TMR0L	FB6h	—	F96h	TRISE(2)
FF5h	TABLAT	FD5h	T0CON	FB5h	—	F95h	TRISD(2)
FF4h	PRODH	FD4h	—	FB4h	—	F94h	TRISC
FF3h	PRODL	FD3h	OSCCON	FB3h	TMR3H	F93h	TRISB
FF2h	INTCON	FD2h	LVDCON	FB2h	TMR3L	F92h	TRISA
FF1h	INTCON2	FD1h	WDTCON	FB1h	T3CON	F91h	—
FF0h	INTCON3	FD0h	RCON	FB0h	—	F90h	—
FEFh	INDF0(3)	FCFh	TMR1H	FAFh	SPBRG	F8Fh	—
FEEh	POSTINC0(3)	FCEh	TMR1L	FAEh	RCREG	F8Eh	—
FEDh	POSTDEC0(3)	FCDh	T1CON	FADh	TXREG	F8Dh	LATE(2)
FECh	PREINC0(3)	FCCh	TMR2	FACh	TXSTA	F8Ch	LATD(2)
FEBh	PLUSW0(3)	FCBh	PR2	FABh	RCSTA	F8Bh	LATC
FEAh	FSR0H	FCAh	T2CON	FAAh	—	F8Ah	LATB
FE9h	FSR0L	FC9h	SSPBUF	FA9h	EEADR	F89h	LATA
FE8h	WREG	FC8h	SSPADD	FA8h	EEDATA	F88h	—
FE7h	INDF1(3)	FC7h	SSPSTAT	FA7h	EECON2	F87h	—
FE6h	POSTINC1(3)	FC6h	SSPCON1	FA6h	EECON1	F86h	—
FE5h	POSTDEC1(3)	FC5h	SSPCON2	FA5h	—	F85h	—
FE4h	PREINC1(3)	FC4h	ADRESH	FA4h	—	F84h	PORTE(2)
FE3h	PLUSW1(3)	FC3h	ADRESL	FA3h	—	F83h	PORTD(2)
FE2h	FSR1H	FC2h	ADCON0	FA2h	IPR2	F82h	PORTC
FE1h	FSR1L	FC1h	ADCON1	FA1h	PIR2	F81h	PORTB
FE0h	BSR	FC0h	—	FA0h	PIE2	F80h	PORTA

Şekil 5.6. PIC18F452 özel fonksiyona sahip kaydedicilerin hafıza haritası

5.2.2. Sıcaklık sensoru

Sayısal sıcaklık sensorları hassas sıcaklık ölçümü ve sıcaklık kontrolü alanlarında yaygın olarak kullanılırlar. Bu sensorların en büyük avantajları oldukça hassas olmaları, diğer sensorlara kıyasla lineer çalışmaları ve analog sayısal çeviriciye (ADC) gerek kalmadan doğrudan mikrokontrolörlere bağlanabilmeleridir. Sayısal sıcaklık sensorları genellikle birkaç bacağa sahip olup tek bir bacaktan 8-12 bit arasında seri çıkış verirler.

Bu çalışmada sistem girişlerinden biri olan bina dışı sıcaklık değerini ölçmek için Dallas Semiconducor firması tarafından üretilen zaman paylaşımlı olarak iki yönlü veri iletişimi sağlayan ve mikrokontrolör ile tek hattan haberleşme protokolüne sahip DS1822 dijital sıcaklık sensoru kullanılmıştır. Bu sensorun temel özellikleri kullanımın kolay, maliyetinin düşük olması ve hassas sıcaklık ölçümü yapabilmesidir. DS1822 sensorunun bacak bağlantıları Şekil 5.7'de gösterilmiştir. Burada DQ bacağı sensorun seri giriş/çıkış veri hattıdır.



Şekil 5.7. DS1822 görünüşü ve bacak bağlantıları

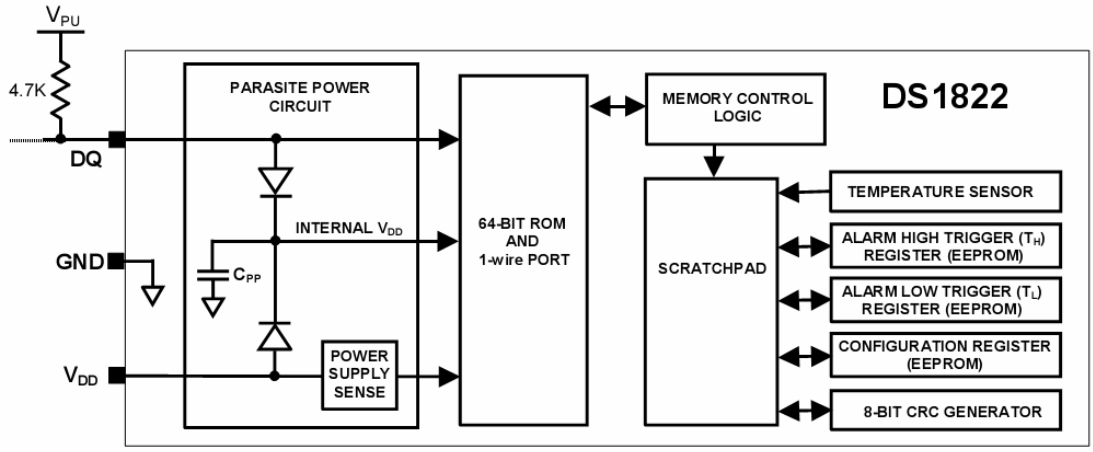
DS1822 sıcaklık sensorunun ölçüm sınırları -55ºC ile +125ºC arasındadır. Bunun yanında sensor -10ºC ile +85ºC sıcaklık değerleri arasında 2ºC hassasiyetle ölçüm yapılmasına imkân tanır. Sensor çözünürlüğü 9 bit ya da 12 bit olarak kullanılmak üzere kullanıcının seçimine bırakılmıştır. Böylece sıcaklık 9-12 bit sayısal bilgi olarak okunabilir. Sensor dışarıdan harici güç kaynağına ihtiyaç duymadan direk veri hattından enerji ihtiyacını karşılayabilecek yapıda olup besleme gerilimi 3…5,5 volt aralığındadır.

DS1822 sadece tek bir cihazda bulunabilecek 64 bitlik cihaz seri kodunu (8 bit CRC kodu, 48 bit seri numarası, 8 bit aile kodu) ROM hafıza içinde depolar. Sensorlarda bulunan bu seri kodu sayesinde aynı hatta çok sayıda sıcaklık sensoru bağlanarak tek hat üzerinde çok noktadan sıcaklık ölçümü yapmak mümkündür. 64 bitlik ROM kodu formatı Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



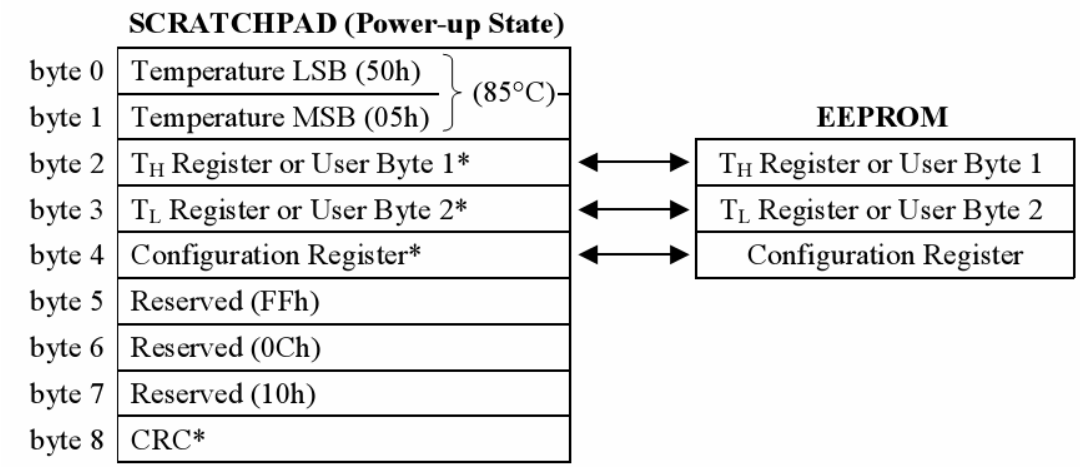
Şekil 5.8. DS1822 ROM kodu formatı

DS1822 sıcaklık sensoru Dallas firmasına özel tek hat (1-wire) haberleşme protokolünü kullanır. Sensorun blok diyagramı Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



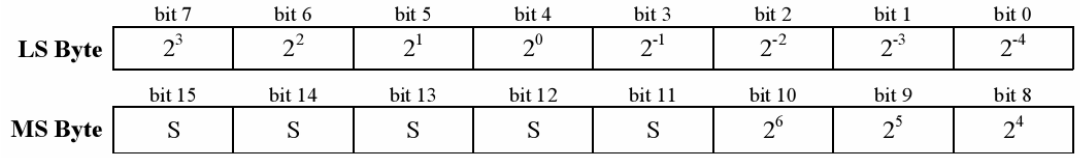
Şekil 5.9. DS1822 blok diyagramı

Müsvedde hafıza (sctrachpad memory) içinde cihazın çalışması ile ilgili çeşitli kaydediciler vardır. Bu kaydediciler Şekil 5.10'da müsvedde hafıza haritası üzerinde gösterilmiştir. Kaydedicilerden iki tanesi sıcaklık sensorunun dijital çıkışını depolayan sıcaklık değeri kaydedicileridir.



Şekil 5.10. DS1822 müsvedde hafızası

Sıcaklık değeri kaydedicilerinin konfigürasyonu Şekil 5.11'de gösterilmiştir. En çok değerlikli baytında (MSB) bulunan 11-15 numaralı bitler sıcaklığın işaretini yani pozitif mi yoksa negatif mi olduğunu anlatır. Pozitif sıcaklık değerleri için işaret bitleri "0" değerini alırken, negatif sıcaklık değerleri için işaret bitleri "1" değerini alır. Sensorun çözünürlüğü en az değerlikli (LSB) baytında bulunan 0-1-2-3 numaralı bitler sayesinde sıcaklığın ondalık kısmı ile belirlenir. Bu bitler kullanılırsa 0,0625ºC - 0,125ºC - 0,25ºC - 0,5ºC hassasiyetle sıcaklık değerleri ölçülebilir.



Şekil 5.11. DS1822 sıcaklık değer kaydedicilerinin konfigürasyonu

DS1822 sıcaklık sensoru için algılanan sıcaklık değeri ve dijital çıkış değeri arasındaki ilişki Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. DS1822 sıcaklık/çıkış değeri ilişkisi çizelgesi

TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+125°C	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85°C*	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625°C	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55°C	1111 1100 1001 0000	FC90h

Müsvedde hafızanın içinde bulunan diğer bir önemli kaydedici konfigürasyon kaydedicisidir. Bu kaydedicinin içeriği Şekil 5.12'de gösterilmiştir.

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
0	R1	R0	1	1	1	1	1

Şekil 5.12. DS1822 konfigürasyon kaydedicisi

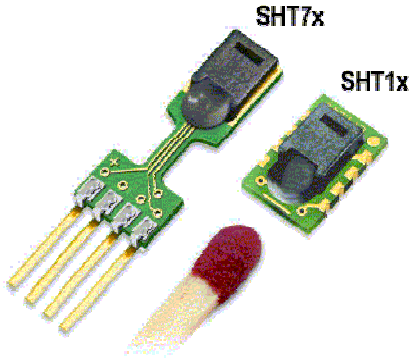
Konfigürasyon kaydedicisinin içinde bulunan R0 ve R1 bitleri kullanıcının sensor çözünürlüğünü seçmesine izin verir. Üzerinde bir değişiklik yapılmazsa sensor 12 bit çözünürlük kullanarak ölçüm yapılacağını varsayar. R0 ve R1 bitleri kullanılarak yapılacak çözünürlük seçimleri Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. DS1822 çözünürlük konfigürasyonu

R1	R0	Resolution	Max Conversion Time	
0	0	9-bit	93.75ms	(t_{CONV}/8)
0	1	10-bit	187.5ms	(t_{CONV}/4)
1	0	11-bit	375ms	(t_{CONV}/2)
1	1	12-bit	750ms	(t_{CONV})

5.2.3. Nispi nem sensoru

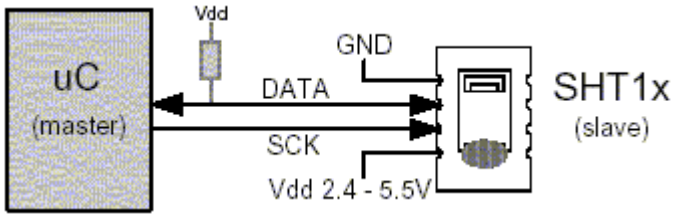
Bu çalışmada sistem girişlerinden nispi nem miktarını ölçmek için kullanılan nem sensoru Sensirion AG firması tarafından üretilen SHT1x nispi nem sensorudur. Sensorun genel görünümü Şekil 5.13'de gösterilmiştir.



Şekil 5.13. SHT1x nispi nem sensorunun genel görünümü

SHT1x nispi nem sensorunun ölçüm tipi kapasitif olup direnç odaklı sensorlar ile kıyaslandığında pek çok avantajları bulunmaktadır. Direnç odaklı sensorlar sadece yoğunlaşmanın olmadığı ortamlarda kullanılabilirler ve nispi nem seviyesi %20 değerinin altına düştüğünde çalışmazlar. Aynı zamanda uzun dönemli kararlılıkları kapasitif sensorlar kadar iyi değildir.

SHT1x nem sensoru özel bir algılayıcı polimerin kapasitans değerinin değişmesi ile nem değerini ölçer. Kapasitans değeri 14 bit analog/dijital çevirici ile çip üzerinde kalibre edilerek dış dünyaya gönderilir. Ayrıca nem sensorunun içine entegre edilmiş bir sıcaklık sensoru ile hatasız çiy noktası hesaplaması yapılmasına izin verir. Bunun ötesinde sensor dijital arabirime sahip olup sistem entegrasyonu oldukça basittir. SHT1x nispi nem sensorunun mikrokontrolör bağlantısı Şekil 5.14'de gösterilmiştir.



Şekil 5.14. SHT1x nispi nem sensorunun mikrokontrolör bağlantısı

SHT1x nispi nem sensorunun içine entegre edilmiş sıcaklık sensoru aynı zamanda sensorun -40…123,8 ºC aralığında sayısal sıcaklık bilgisi vermesini sağlar. Bu sıcaklık bilgisi sistem girişlerinden bina içi sıcaklık değerini ölçmek için kullanılmıştır.

5.2.4. HD44780 LCD ekran

Mikrokontrolör tabanlı uygulamalarda kontrol çevrimi gerçekleştirilirken çoğu zaman giriş ve çıkış değişkenlerinin anlık değerleri ile ilgili bilgilerin gösterilmesi gerekir. Bu amaçla gerçekleştirilen sistemlerde bir veya daha fazla LCD (liquid crystal display) ekran kullanımına ihtiyaç duyulur. Çok çeşitli tiplerde LCD ekranlar bulunmakla birlikte ortak özellikleri sayı ve karakterleri gösterebilmeleridir.

LCD ekranlar bağlantı tiplerine göre seri LCD ve paralel LCD olmak üzere iki tiptir. Paralel LCD ekranlar ucuz ve kullanışlı olmaları nedeniyle daha çok kullanılırlar. Paralel LCD modelleri içinde yaygın olarak kullanılan Hitachi HD44780 LCD kontrolörü kullanan modellerdir. LCD ekran satır ve sütun sayısına göre ekran modelleri isimlendirilir. Bu çalışmada LM016L olarak adlandırılan 2 satır ve her satırda 16 karakter LCD ekran kullanılmıştır. Şekil 5.15'de bu tip ekranın genel görünüşü gösterilmiştir. Ekran uygulama devresine 16 pinlik bağlantıyla irtibatlıdır.



Şekil 5.15. HD44780 LCD ekran genel görünüşü

LCD ekran programlanması özellikle düşük seviyeli dillerde oldukça zor gerçekleştirilmesine karşılık CCS C derleyicisi bunun için hazır rutinler barındırır. Böylece karakter veya sayı değerlerini ekranda görüntülemek için detaylı hesaplamalar yapılmasına gerek kalmaz.

Ekran arabirim bağlantısı paralel yapıdadır. Bu yapı içinde veriler birden fazla veri hattını kullanarak (4 veya 8 bit) transfer edilir. Bu çalışmada 4 bit kullanılarak LCD ekrana veri gönderilmiştir. Ayrıca ekranın çalışması için en az 2,7 volt en fazla 5,5 volt besleme gerilimine ihtiyaç vardır. LCD ekran üzerinde gösterge RAM belleği (DDRAM), karakter RAM belleği (CGRAM) ve karakter ROM belleği (CGROM) olmak üzere üç çeşit hafıza bulunur.

5.2.5. Uygulama devresi

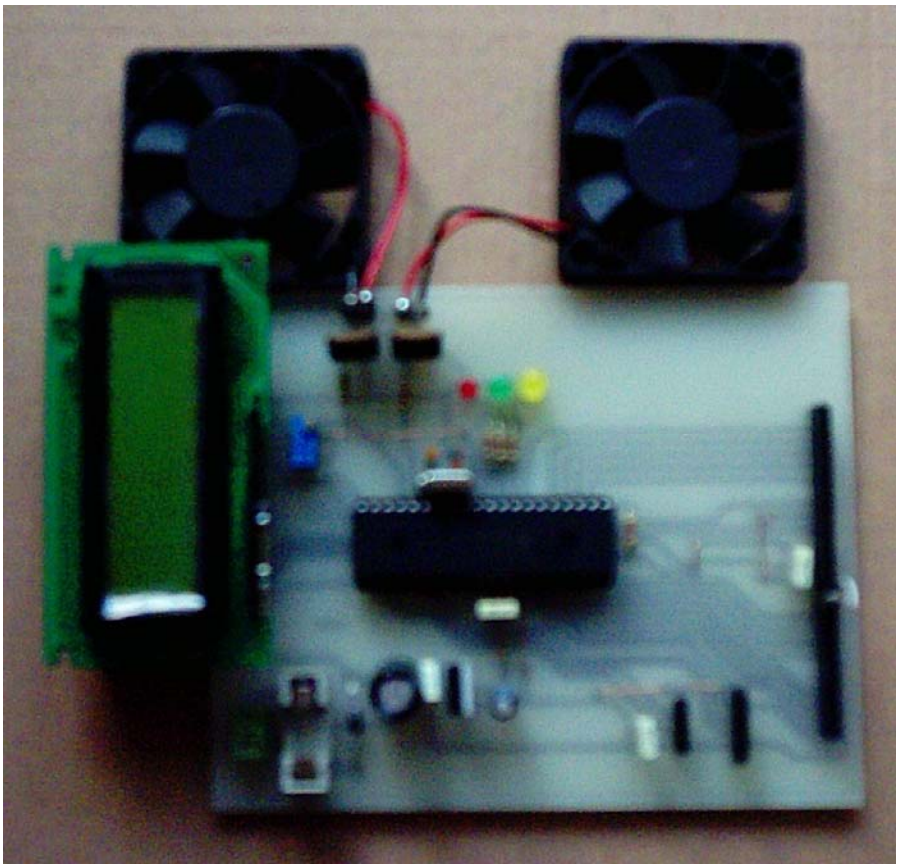
Sistemin gerçekleştirilmesi için tüm çevre birimlerle haberleşerek kontrol görevlerini gerçekleştirecek bir elektronik kart tasarlanmıştır. Kartın üzerinde mikrokontrolör başta olmak üzere sistemin çalışması için gerekli olan direnç, kondansatör, diyot ve transistor gibi donanımlar bulunur. Ayrıca LCD ekran ve sensorlar ile haberleşme için uygun bağlantılar yine kart üzerinde yer bulmuştur. Tasarlanan kontrol kartının genel görünümü Şekil 5.16'da gösterilmiştir. Sistemin genişletilmesi olasılığı da düşünülerek kart üzerinde analog/dijital giriş ve çıkış imkânları sunulmuştur. Kart ile bilgisayar ve benzeri sistemlerin haberleşmesini sağlamak için USART haberleşme portu da bulunmaktadır. USART verilerin senkron veya asenkron iletişimi için kullanılan ve belli bir protokol kapsamında kullanılan haberleşme ünitesidir. İki adet seri giriş/çıkış modülü yardımı ile çevre birimler ile bağlantı kurma imkânı sağlar.

Kart tasarımı ve baskılı devrenin hazırlanmasında Altium Ltd. firmasının Protel programından faydalanılmıştır. Karta ait Protel programı çıktıları sekizinci bölümde ek olarak verilmiştir. Tasarlanan devrenin açık şeması, baskılı devre şeması, dizayn şeması, yerleşim planı ve kart üzerindeki elektronik ekipman bilgileri burada detaylı olarak bulunabilir.

Yapılan çalışmada kompresör ve fan motorları için deneysel olarak model teşkil edebilecek iki adet bilgisayar fanı kullanılmıştır. Bu fanların besleme gerilimleri DC 12 volt ve devreden çektikleri maksimum akım ise 0,15 amperdir. Dolayısıyla motorların hızlarını ayarlamak için DC motor hız kontrol prensiplerinden faydalanılır. Fan ve kompresör motoru için farklı motor tiplerinin kullanımı düşünülecek olursa motor hız kontrolü de buna bağlı olarak yeniden gözden geçirilmelidir.

DC motorlar genellikle tekerlek gibi silindirik cisimlerin döndürülmesi için kullanılırlar ve mikrokontrolörlere bir sürücü devre ile bağlanırlar. Bunun nedeni mikrokontrolörün tek başına motor için gerekli akımı sağlayamamasıdır. DC motorların çektikleri akımlar motor besleme gerilimine ve gücüne göre değişir. PIC ailesi mikrokontrolörler tek bir pinden maksimum 25 mA akım verebileceğinden DC

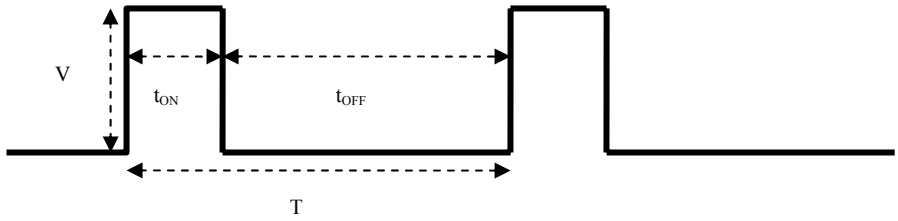
motor uygulaması yapmak için motor akımını üzerinden geçirecek transistor, FET veya röle gibi elektronik elemanlara ihtiyaç duyulur. Bu çalışmada motorun çalışması için gerekli akım BDX53 darlington transistor üzerinden geçirilmiştir. BDX53 bu tip uygulamalarda kullanımı popüler olan 8 amper sürekli kolektör akımına sahip bir güç transistorudur.



Şekil 5.16. Uygulama devresinin genel görünüşü

Çalışmanın amaçlarından biri motor hızlarını sıcaklık ve nem değerlerine göre değiştirmektir. Bu sebepten DC motorların hızları çevresel şartlara göre ayarlanmalıdır. Motor hızlarını kontrol etmek için darbe genişliği modülasyonu (PWM) olarak bilinen teknik kullanılmıştır.

PWM'de kontrol işareti olarak sabit periyota sahip kare dalganın ON/OFF zamanları değiştirilir. PWM işareti Şekil 5.17'de gösterilmiştir.



Şekil 5.17. PWM kontrol işareti

. Kontrol işareti için ON zamanının periyota oranı (5.1) ifadesinde belirtildiği gibi darbe genişlik oranıdır.

$$\text{Darbe genişlik oranı} = t_{ON} / (t_{ON} + t_{OFF}) = t_{ON} / T \qquad (5.1)$$

ON zamanı 0 ile T aralığında artıp/azalınca yani darbe genişlik oranı %0 ile %100 arasında değiştikçe işaretin maksimum değeri V ise motora giden ortalama gerilim değeri (5.2) denklemi ile bulunabilir.

$$\text{Ortalama Motor Gerilimi} = (t_{ON} / T) \times V \qquad (5.2)$$

Bu çalışmada kullanılan PIC18F452 mikrokontrolörün iki adet PWM çıkışı bulunmaktadır. Bu çıkışlar CCP1 ve CCP2 olarak isimlendirilir. PWM işaretinin ON zamanı ve periyodu, Timer2 zamanlayıcısı ve preset değerleri kullanılarak ayarlanır.

Sistemin geliştirilmesi sürecinde uygulama devresinin yanında kullanılan programlayıcı ve hata ayıklayıcı birimi PIC mikrokontrolörüne yüklenen makine kodunun icrasında kısmi çalıştırma, adım adım çalıştırma, durak noktaları koyma gibi emulasyon kontrollerine olanak tanır. Şekil 5.18'de kullanılan programlayıcı ve hata ayıklayıcı biriminin genel görünümü gösterilmiştir.



Şekil 5.18. Programlayıcı ve hata ayıklayıcı birimi genel görünüşü

5.3. Kullanılacak Yazılım Geliştirme Ortamının Seçimi

PIC mikrokontrolörler ile uygulama geliştirilirken yapılabilecek çalışmanın sınırları çoğu zaman tasarımcının beklentileri ile kısıtlıdır. Tasarımcının beklentilerini mikrokontrolöre anlatmasında tercümanlık görevi yapacak olan programlama dili hiç şüphesiz burada önemli bir rol oynar.

Bugün PIC mikrokontrolörler ile programlama yapmaya imkân sağlayan çok sayıda derleyici (compiler) mevcuttur. Bunların başında makine diline en yakın olan assembler derleyicisi gelir. PIC assembler güçlü ve hızlı bir derleyici olmasına karşılık öğrenilmesi ve kullanılması zor bir yazılım geliştirme platformudur. Bu sebepten tasarımcılar PIC mikrokontrolör uygulamalarında tıpkı bilgisayar programlama da olduğu gibi yüksek seviyeli dillere yakın, öğrenilmesi ve kullanımı basit derleyicilerle çalışmayı tercih ederler.

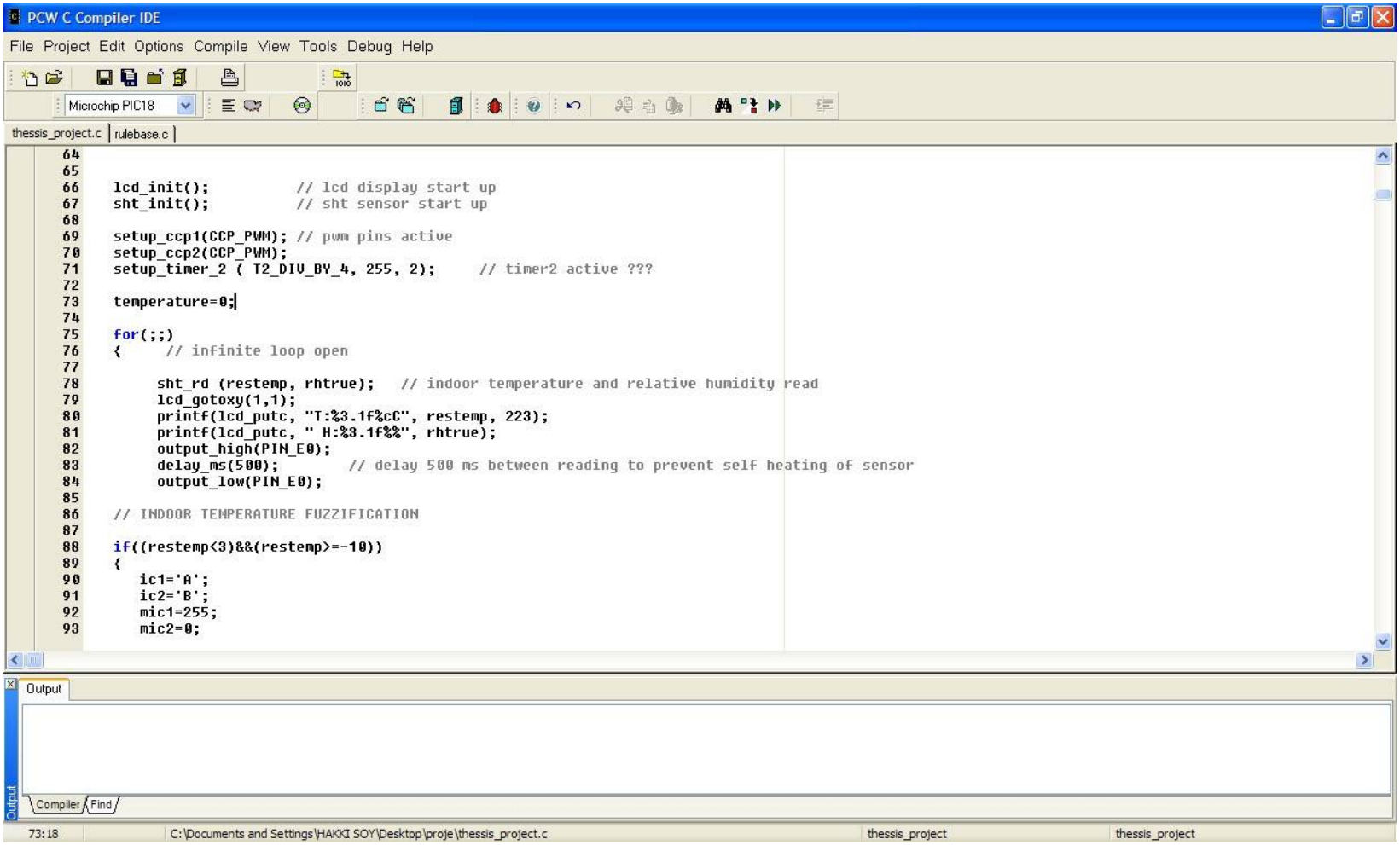
Bu çalışmada da yazılım geliştirme ortamı olarak CCS firmasının PCWH derleyicisi kullanılmıştır. PIC C derleyicisi ile yazılan programdan küçük bir kodlama örneğine ait pencere Şekil 5.19'da gösterilmiştir. Gömülü sistem geliştirmek için C dilinin sahip olduğu güç projede karşılaşılan tüm zorlukların üstesinden gelebilecek kapasitedir. C programlama dilinin bazı temel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- C dili hem yüksek seviyeli diller gibi fonksiyon ve modül kullanımını destekler, hem de işaretçi (pointer) kullanımı ile düşük seviyeli dillere benzer. Bu özelliklerinden dolayı C dili orta seviyeli dil olarak nitelendirilebilir.
- Sahip olduğu özellikleri ile donanıma etkili olarak hükmetme imkânı sunar.
- Kullanımı popülerdir ve kolay anlaşılabilir.
- Her gömülü kontrolör tipi için kullanılabilen düzenli derleyiciler mevcuttur.
- Program geliştirmek için çok sayıda kaynak ve kod örnekleri mevcuttur.

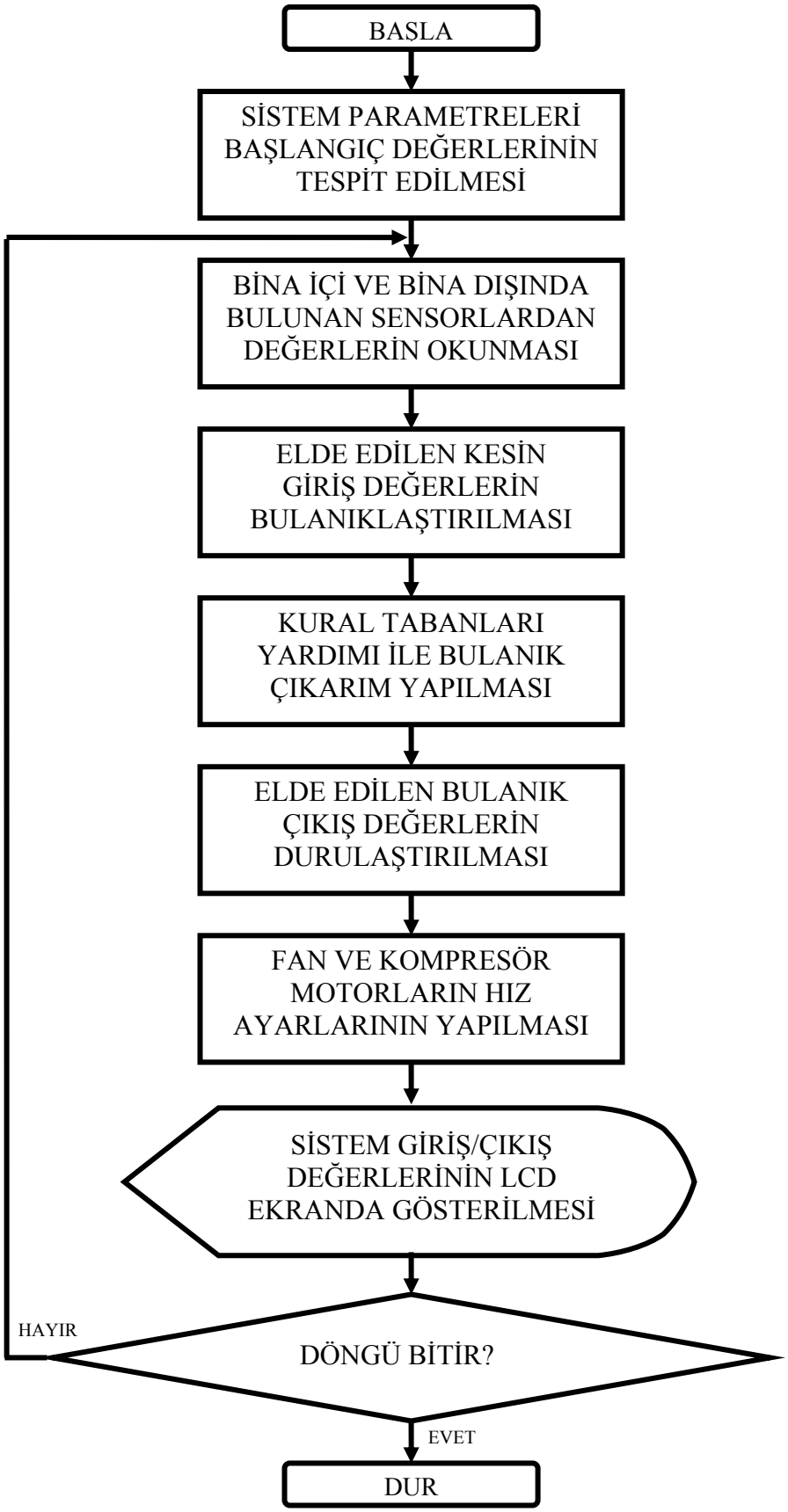
5.4. Yazılım Planlaması

Sistem gömülü kontrolör üzerinden bulanık kontrol yöntemi ile ev otomasyon sistemine ait denetimleri gerçekleştirecek yapıda tasarlanmıştır. Bulanık kontrol yöntemini kullanıyor olması sebebi ile sistem matematiksel model üzerine değil uzman bilgileri üzerine kurulmuştur. Kontrol edilen parametrelerin alabileceği olası değerler için gerçekleştireceği kontrol hareketleri kural tabanlarında depolanmıştır.

Sistemin çalışma algoritması Şekil 5.20'de gösterilmiştir. Öncelikle sistem girişine bağlı sensorlar yardımı ile bina içi/dışı sıcaklık ve nispi nem miktarı bilgileri mikrokontrolöre aktarılır. İlk aşamada bu giriş değişkenlerine ait kesin değerler bulanıklaştırıcı birimi ile bulanık değerlere dönüştürür. İkinci aşamada kural tabanı üzerinde mevcut bulanık giriş değerleri için çıkarım yapılır. Böylece sistem çıkış değişkenleri için bulanık değerler elde edilir. Üçüncü aşamada son olarak bulanık çıkış değişkenleri durulaştırıcı birimi ile kesin değerlere dönüştürülür. Bu değerler kullanılarak kompresör motoru ve fan motoru için motor hızları ayarlanır ve sistem çalışma modu belirlenir.



Şekil 5.19. PIC C derleyicisi ile yazılan programdan kodlama örneği



Şekil 5.20. Sistemin çalışma algoritması

5.5. Donanım Tasarımı

Bina dışı sıcaklık değerini ölçmek için kullanılan DS1822 sayısal sıcaklık sensoru PIC18F452 mikrokontrolörünün C portunun 6 numaralı pinine bağlanmıştır. Program DS1822 sıcaklık sensorundan sıcaklık bilgisini okumak için tek hat haberleşme protokolünü kullanan bir rutini çalıştırır.

Bina içi sıcaklık değerini ölçmek için SHT1x nispi nem sensorunun içine entegre edilmiş sıcaklık sensoru kullanılmıştır. Aynı sensor ayrıca ortam nispi nem miktarını ölçmek içinde kullanılır. SHT1x sensorunun veri bağlantısı mikrokontrolörün D portunun 3 numaralı pinine, saat darbesi bağlantısı ise C portunun 4 numaralı pinine bağlanmıştır. Sensordan bilgi okumak için I^2C protokolüne benzer bir protokolü kullanan rutin çalıştırılır.

Kullanıcıya sistemin çalışma durumu ile ilgili bilgileri aktaran HD44780 LCD bilgi ekranı mikrokontrolörün D portuna bağlanmıştır. LCD ekran veri bağlantıları sırasıyla mikrokontrolörün 4-5-6-7 numaralı pinlerine, Enable bağlantısı 0 numaralı pine, RS bağlantısı 1 numaralı pine, RW bağlantısı ise 2 numaralı pine bağlanmıştır.

Fan motoru ve kompresör motorunun hızlarını ayarlamak için C portunda bulunan PWM çıkışları kullanılmıştır. Fan motoru RC2/CCP1 pinine ve kompresör motoru RC1/CCP2 pinine bağlanmıştır.

Sistemin çalışma modunu göstermek için mikrokontrolörün E portu kullanılır. Isıtıcının çalışma durumu RE0 pinine bağlı kırmızı renkli led ile soğutucunun çalışma durumu ise RE1 pinine bağlı yeşil led ile belirtilir. RE2 pinine bağlı sarı led ise sistemin çalışması ile ilgili bilgileri aktarır.

5.6. Test

Tasarlanan sistemin çalışmasının test edilmesi amacıyla Labcenter Electronics firmasının Proteus ISIS v6.7 şematik çizim ve simulasyon programı ile Oshon Software firmasının PIC18 Simulator IDE v1.52 programından faydalanılmıştır.

Proteus ISIS programının temel özelliği mikrokontrolör modelleri ve diğer devre elemanlarının modellerini birleştirerek mikrokontrolör tabanlı sistemlerin simülasyonunu başarılı olarak yapmasıdır. Tasarımın gerçek zamanlı enteraktif simülasyonunu yapmak için gerekli olan tüm araçlar program içinde mevcuttur. Yazılan program kodları Proteus ISIS programında oluşturulan sistem modeli üzerinde test edilerek çalışması gözlenmiştir.

PIC18 Simulator IDE programı yardımı ile de benzer şekilde yazılan program kodlarının çalışması izlenerek mikrokontrolörün parametreleri belirlenmiştir.

5.7. Bütünleştirme

Uygulama geliştirme seti üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda yazılımsal ve donanımsal olarak tüm hatalar giderilip sistemin hatasız çalışması sağlandıktan sonra bütün parçalar bir bütün olarak birleştirilmiştir.

5.8. Sistemin Çalışmasının Örneklenmesi

Bina içi sıcaklık değerinin 15˚C, bina dışı sıcaklık değerinin 8˚C ve nispi nem miktarının %42 olduğu durumda sistemin çalışması için aşağıdaki hesaplamalar yapılarak kontrol hareketleri üretilir. Bina içi sıcaklık değeri 15˚C ise bu kesin değer bulanıklaştırıldığında SOĞUK bulanık kümesine üyeliği bulunduğu görülür. Üyelik derecesi Çizelge 4.5 yardımıyla kolayca bulunabilir.

$$\mu_{SOĞUK}(15^{\circ}C) = (23 - 15) / 10 = 0,8$$

Sistem her giriş için iki farklı bulanık kümeye üyeliği kullanarak çıkarım yaptığı için üyelik derecesi sıfır olsa bile 15˚C bina içi sıcaklığı NORMAL bulanık kümesine de üyeymiş gibi hesaba alınır.

$$\mu_{NORMAL}(15^{\circ}C) = 0$$

Aynı şekilde nispi nem miktarı içinde %42 kesin değeri bulanıklaştırılırsa hem KURU hem de NORMAL bulanık kümelerine üyeliği bulunduğu görülür ve üyelik dereceleri Çizelge 4.6 yardımıyla bulunabilir.

$$\mu_{NORMAL}(\%42) = (42 - 40) / 10 = 0,2$$
$$\mu_{KURU}(\%42) = (50 - 42) / 20 = 0,4$$

Çizelge 5.3. Etkili sıcaklık için bulanık çıkarım

BİNA İÇİ SICAKLIK	**NİPİ NEM MİKTARI**	**ETKİLİ SICAKLIK**
SOĞUK 0,8	NORMAL 0,2	ORTA SOĞUK
NORMAL 0	KURU 0,4	AZ SOĞUK
SOĞUK 0,8	KURU 0,4	ÇOK SOĞUK
NORMAL 0	NORMAL 0,2	NORMAL

Etkili sıcaklık değerini hesaplamak için bulunan bulanık değerler sırası ile kural tabanında değerlendirilmeye alınır. Böylece iki farklı bina içi sıcaklık ve iki farklı nispi nem miktarı değeri düşünüldüğünde toplam dört kez kural tabanından çıkarım yapılacaktır. Her çıkarım için bina içi sıcaklık ve nispi nem miktarının üyelik dereceleri karşılaştırılarak minimum değer alınır. Birinci çıkarım için 0,8 ve 0,2 değerleri karşılaştırılıp daha küçük olan 0,2 değeri tutulur. Çıkarımın sonunda kural tabanından etkili sıcaklığın ORTA SOĞUK olduğu görülür. Etkili sıcaklık için orta soğuk bulanık kümesinin üyelik dereceleri aşağıdaki Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. "Orta Soğuk" bulanık kümesinin üyelik dereceleri

-8	**-7**	**-6**	**-5**	**-4**	**-3**	**-2**	**-1**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
0	0,33	0,66	1	0,66	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Etkili sıcaklık için her değerin üyelik derecesi 0,2 değeri ile karşılaştırılarak minimum değer daha sonra kullanılmak üzere Çizelge 5.5'de gösterildiği gibi tutulur.

Çizelge 5.5. Bulanık kümenin üyelik derecelerinin karşılaştırılması

-8	**-7**	**-6**	**-5**	**-4**	**-3**	**-2**	**-1**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 5.3'de verilen dört farklı çıkarım için bu işlem ayrı ayrı gerçekleştirilir. Bulunan bulanık kümelerin üyelik dereceleri Çizelge 5.6'da gösterildiği gibi listelenebilir.

Çizelge 5.6. Tüm çıkarımlar için elde edilen üyelik dereceleri

-8	**-7**	**-6**	**-5**	**-4**	**-3**	**-2**	**-1**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,4	0,4	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 5.6'da elde edilen üyelik dereceleri etkili sıcaklık değerini bulmak için kullanılacak bulanık kümeyi aramak için kullanılacaktır. Çizelgede her etkili sıcaklık değeri için bulunan değerler karşılaştırılarak tüm sütunların maksimum üyelik derecesi alınır. Bu işlem Çizelge 5.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7. Üyelik derecelerinin maksimum değerlerinin bulunması

-8	**-7**	**-6**	**-5**	**-4**	**-3**	**-2**	**-1**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
0,4	0,4	0,33	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Etkili sıcaklık için maksimum üyelik dereceleri bulunduktan sonra elde edilen bulanık değer durulaştırma işlemi ile kesin değere çevrilir. Her etkili sıcaklık değeri kendisine karşılık gelen üyelik derecesi ile çarpılarak kendi aralarında toplanır. Bu toplam değeri daha sonra üyelik değerlerinin kendi aralarında toplamına bölünür. Böylece kesin etkili sıcaklık değeri bulunur.

Etkili Sıcaklık = [- (3,2+2,8+1,98+1+0,8+0,6)] / (0,4+0,4+0,33+0,2+0,2+0,2)
Etkili Sıcaklık = (- 10,38) / 1,73 = - 6

Bundan sonraki aşamada etkili sıcaklık ve bina dışı sıcaklık değerleri birlikte değerlendirilerek kompresör motoru hızı için bulanık çıkarım yapılır. Öncelikle etkili sıcaklık kesin değeri tekrar bulanıklaştırılır. Etkili sıcaklık değeri – 6 ise bu kesin değer bulanıklaştırıldığında hem NEGATİF BÜYÜK hem de NEGATİF KÜÇÜK bulanık kümesine üyeliği bulunduğu görülür. Çizelge 4.8 yardımıyla her iki bulanık küme içinde üyelik derecesinin 0,5 olduğu anlaşılır.

Bina dışı sıcaklık değeri 8˚C ise bu değer bulanıklaştırıldığında hem SERİN hem de ILIK bulanık kümelerine üyeliği bulunur. Üyelik dereceleri ise Çizelge 4.7 yardımıyla hesaplanır.

$$\mu_{SERİN}(8^{\circ}C) = (15 - 8) / 10 = 0,7$$
$$\mu_{ILIK}(8^{\circ}C) = (8 - 5) / 10 = 0,3$$

Etkili sıcaklık değerini hesaplamak için bulunan bulanık değerler sırası ile Çizelge 4.11'de verilen kural tabanında değerlendirilmeye alınır.

Çizelge 5.8. Kompresör motoru hızı için bulanık çıkarım

BİNA DIŞI SICAKLIK	**ETKİLİ SICAKLIK**	**KOMP. MOTORU HIZI**
SERİN **0,7**	NEGATİF BÜYÜK **0,5**	SEVİYE 3
ILIK **0,3**	NEGATİF KÜÇÜK **0,5**	SEVİYE 2
SERİN **0,7**	NEGATİF KÜÇÜK **0,5**	SEVİYE 2
ILIK **0,3**	NEGATİF BÜYÜK **0,5**	SEVİYE 3

Her çıkarım için bina dışı sıcaklık ve etkili sıcaklık değeri üyelik dereceleri karşılaştırılarak minimum değer alınır. Bulunan minimum değer kural tabanından elde edilen kompresör motor hızı bulanık kümesi üyelik dereceleri ile tekrar karşılaştırılıp minimum değerler elde edilir.

Çizelge 5.9. Kompresör motoru hızı tüm çıkarımlar için üyelik dereceleri

M_1	**M_2**	**MİN**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
0,7	0,5	**0,5**	0	0,1	0,4	0,5	1	1	0,5	0,4	0,1	0
0,3	0,5	**0,3**	0,2	0,6	1	0,6	0,2	0	0	0	0	0
0,7	0,5	**0,5**	0,2	0,6	1	0,6	0,2	0	0	0	0	0
0,3	0,5	**0,3**	0	0,1	0,4	0,5	1	1	0,5	0,4	0,1	0

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
0	0,1	0,4	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,4**	**0,1**	**0**
0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0	0	0	0	0
0,2	**0,5**	**0,5**	0,5	0,2	0	0	0	0	0
0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0

10	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**
0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,1	0

Komp. Mot Hızı = 0,2 + 1 + 1,5 + 2 + 2,5 + 3 + 3,5 + 3,2 + 0,9 / 0,2 + 3 +0,4 + 0,1
Komp. Mot. Hızı = 17,8 / 3,7 = 4,81

Bu durumda kompresör motoru hızı maksimum değerinin %48,1 i kadar olacaktır. Son olarak bina içi sıcaklık ve nispi nem miktarı birlikte değerlendirilerek fan motoru hızı hesaplanır. Bina içi sıcaklık kesin değeri 15˚C olduğu durumda daha önce bulanıklaştırıldığı gibi SOĞUK bulanık kümesine üyelik derecesi 0,8 ve NORMAL bulanık kümesine üyelik derecesi 0 olarak bulunur. Aynı şekilde nispi nem miktarı içinde %42 kesin değeri bulanıklaştırılırsa KURU bulanık kümesine üyeliği 0,4 ve NORMAL bulanık kümesine üyeliği 0,2 olarak bulunur.

Çizelge 5.10. Fan motoru hızı için bulanık çıkarım

BİNA İÇİ SICAKLIK	**NİSPİ NEM MİKTARI**	**FAN MOTORU HIZI**
SOĞUK **0,8**	NORMAL **0,2**	SEVİYE 4
NORMAL **0**	KURU **0,4**	SEVİYE 2
SOĞUK **0,8**	KURU **0,4**	SEVİYE 4
NORMAL **0**	NORMAL **0,2**	SEVİYE 1

Çizelge 5.11. Fan motoru hızı tüm çıkarımlar için elde edilen üyelik dereceleri

M_1	**M_2**	**MİN**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
0,8	0,2	**0,2**	0	0	0	0	0	0,2	0,6	1	0,6	0,2
0	0,4	**0**	0,2	0,6	1	0,6	0,2	0	0	0	0	0
0,8	0,4	**0,4**	0	0	0	0	0	0,2	0,6	1	0,6	0,2
0	0,2	**0**	1	0,66	0,33	0,1	0	0	0	0	0	0

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0,2**	0,2	0,2	0,2	**0,2**
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,2	**0,4**	**0,4**	**0,4**	0,2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2

Fan Mot. Hızı = 1,2 + 2,8 + 3,2 + 3,6 + 2 / 0,2 + 0,4 + 0,4 + 0,4+ 0,2
Fan Mot. Hızı = 12,8 / 1,6 = 8

Fan motoru hızı kural tabanı kullanılarak yapılan bulanık çıkarımlar yukarıda sırasıyla gösterilmiştir. Bu durumda fan motoru hızı maksimum değerinin %80 i kadar olacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada gömülü kontrol sistemlerin ve bulanık kontrol tekniğinin avantajları birleştirilerek ev otomasyon sistemi üzerinde bir uygulama yapılmıştır. Gerçekleştirilen sistemin geleneksel kontrol yöntemleri ile denetlenen klasik sistemlere göre pek çok yönden üstünlüğü bulunmaktadır.

Sistem farklı ortam koşullarını kendi içinde ayrı ayrı değerlendirerek optimum değerlere yaklaşmak için kontrol etkileri üretmektedir. Burada geleneksel kontrol sistemlerinden ayrılan nokta sisteme verilecek cevapların ortam parametrelerinin konumuna göre değişmesidir. Geleneksel kontrol sistemlerinde hava sıcaksa termostat yardımı ile fan ve kompresör motorları çalıştırılıp soğutma sağlanır. Gerçekleştirilen sistemde ise öncelikle havanın ne kadar sıcak olduğu incelenir. Elde edilen sonuçlara göre sistem kendi içinde barındırdığı zeka ile kompresör ve fan motorlarının hızını ayarlar, ihtiyaç duyulan durumlarda ısıtma ve soğutma sağlar. Şayet ortam şartları yüksek performansta çalışma gerektirmiyorsa motor hızları daha düşük seviyelerde tutulacaktır. Sonuç olarak bu tip çalışmanın ekonomik ve konfor bakımından avantajları açıkça görülebilir. Şüphesiz en büyük kazanç sistemin enerji tüketiminin daha aşağıya çekilmesidir. Bununla birlikte ekipman ömrü artar ve sistem daha verimli çalıştırılır.

İklimlendirme sistemleri, evlerde enerji tüketimi düşünüldüğünde küçümsenemeyecek kadar büyük bir paya sahiptir. Bu derece vazgeçilmez sistemlerin kontrolü de şüphesiz olabildiğince kusursuz şekilde gerçekleştirilebilmelidir. Akıllı kontrol sistemlerinin gelişimi, iklimlendirme sistemlerinin dördüncü kuşağında kullanılmış olup genellikle bulanık ve uyarlamalı kontrol şeklinde kendine yer bulmuştur. İklimlendirme sistemlerinde yapılan kontrol büyük çoğunlukla sadece sıcaklık ve/veya nem kontrolü şeklindedir. Fakat daha yüksek konfor için bunun yanında termal konfor kontrolünün sağlanması gerekmektedir. Termal konforu ölçmek için standart “etkili sıcaklık” ve “beklenen ortalama oy” gibi terimler tanımlanmıştır. Bu çalışmada özellikle etkili sıcaklıktan faydalanılarak sistemin çalışma karakteristiği belirlenmiştir.

Bulanık kontrol tekniğinin her geçen gün farklı tip uygulamalarda karşımıza çıktığı günümüzde ev otomasyon sistemlerinde de bu tekniğin avantajlarından fayda sağlanılması kaçınılmazdır. Teknolojideki gelişmelere bağlı olarak daha üstün niteliklerde gömülü kontrolörlerin kullanılmaya başlanması ve bulanık kontrol sistemi tasarımında elde edilecek iyileşmeler ışığında gelecekte akıllı sistemler hayatımızın her alanında daha fazla yer tutacaktır. Ev otomasyon sistemleri akıllı kontrol sistemi uygulamaları için oldukça uygun yapıdadır. İnsan müdahalesine gerek kalmadan insan zekâsını taklit ederek kontrol hareketleri gerçekleştirecek (hava durumuna göre iklimlendirme sistemi kontrolü yapacak, havanın aydınlık seviyesine göre ışıkları yakacak ve bunun yanında güvenlik imkânları sunan) ev otomasyon sistemleri giderek günlük hayatın vazgeçilmezleri arasına girecektir.

İlerde yapılacak çalışmalarla gerçekleştirilen sisteme uzaktan kontrol imkânının eklenmesi sistemin konfor ve güvenilirliğini artırabilir. Böylece internet üzerinden sistem denetimi sağlanabilir. Ayrıca kontrol yaklaşımında bulanık kontrol tekniği yanında yapay sinir ağlarından yararlanarak oluşturulacak hibrid yapı ile sistemin eğitilip bağımsız çalışması düşünülebilir.

7. KAYNAKLAR

Allahverdi, N. , 2002. Bulanık Mantık, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Angelov P.P. , 1999. An Evolutionary Approach to Fuzzy Rule-Based Model Synthesis Using Indices For Rules, University of Loughborough, Loughborough

Ari, S. , Cosden, I. A. , Khalifa, H. E. , Dannenhoffer, J. F. , Wilcoxen P. , Isik, C., 2000. Constrained Fuzzy Logic Approximation for Indoor Comfort and Energy Optimization, Syracuse University, Syracuse

Babaev, A. , 1998. Bulanık Mantık ve Uygulamaları, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Baughmann, A.V. , Arens, E.A. , 1996. Indoor Humidity and Human Health, ASHRAE Transactions, Vol 102:193-211

Banks, W. , Patel, A. , Sherif, A. , 1995. A Home Control System Based on Fuzzy Logic. Home Automation & Building Control, 6:51-58

Banks, W. , Hayward, G., 2002. Fuzzy Logic in Embedded Microcomputers and Control Systems, Byte Craft Limited, Ontario.

Banks, W. , Hayward, G. , 2002. First Steps with Embedded Systems, Byte Craft Limited, Ontario.

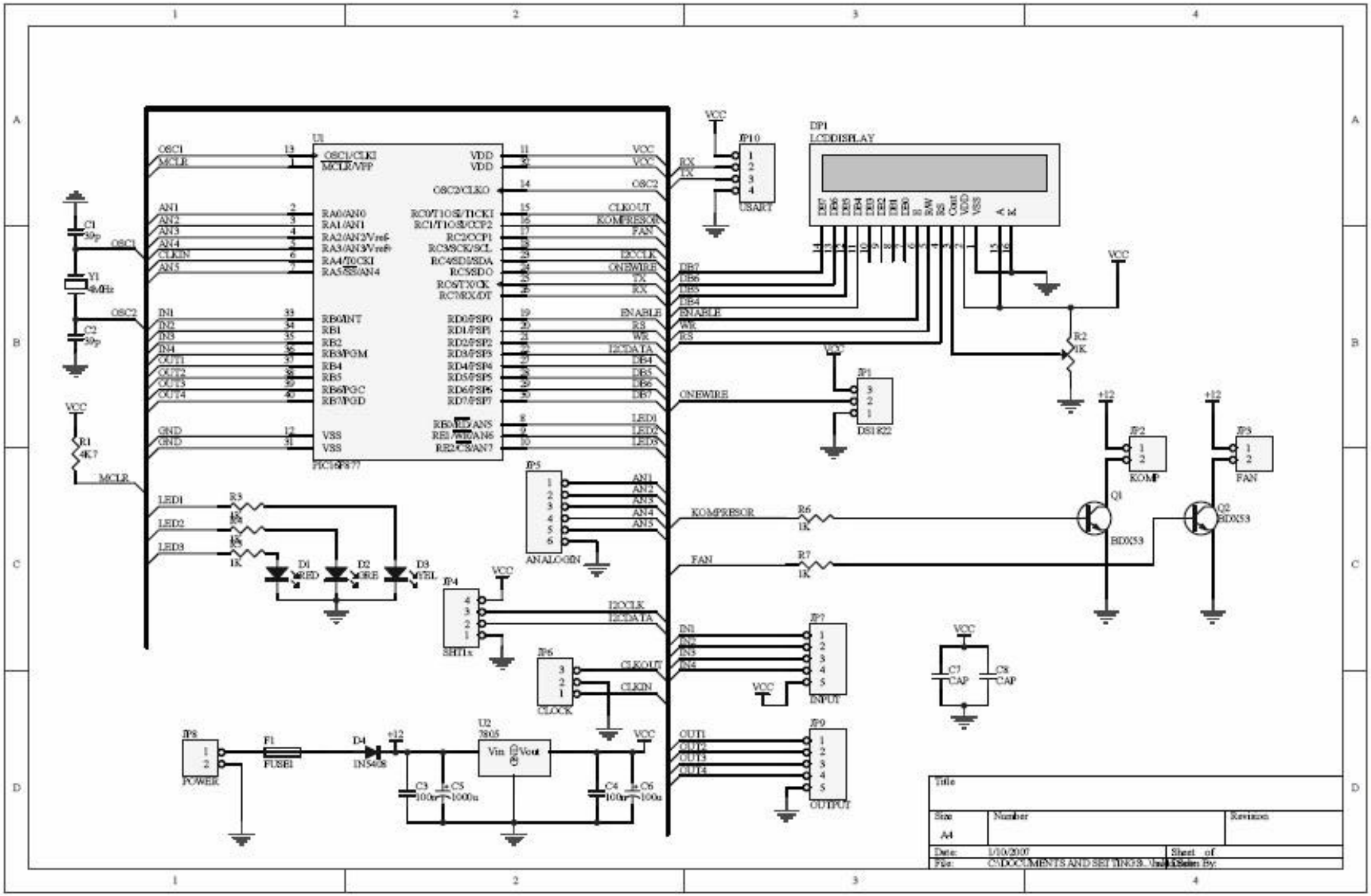
Gardner, N.C. , 1998. An Introduction to Programming the Microchip PIC in C, A Bluebird Technical Pres Limited Publication, UK.

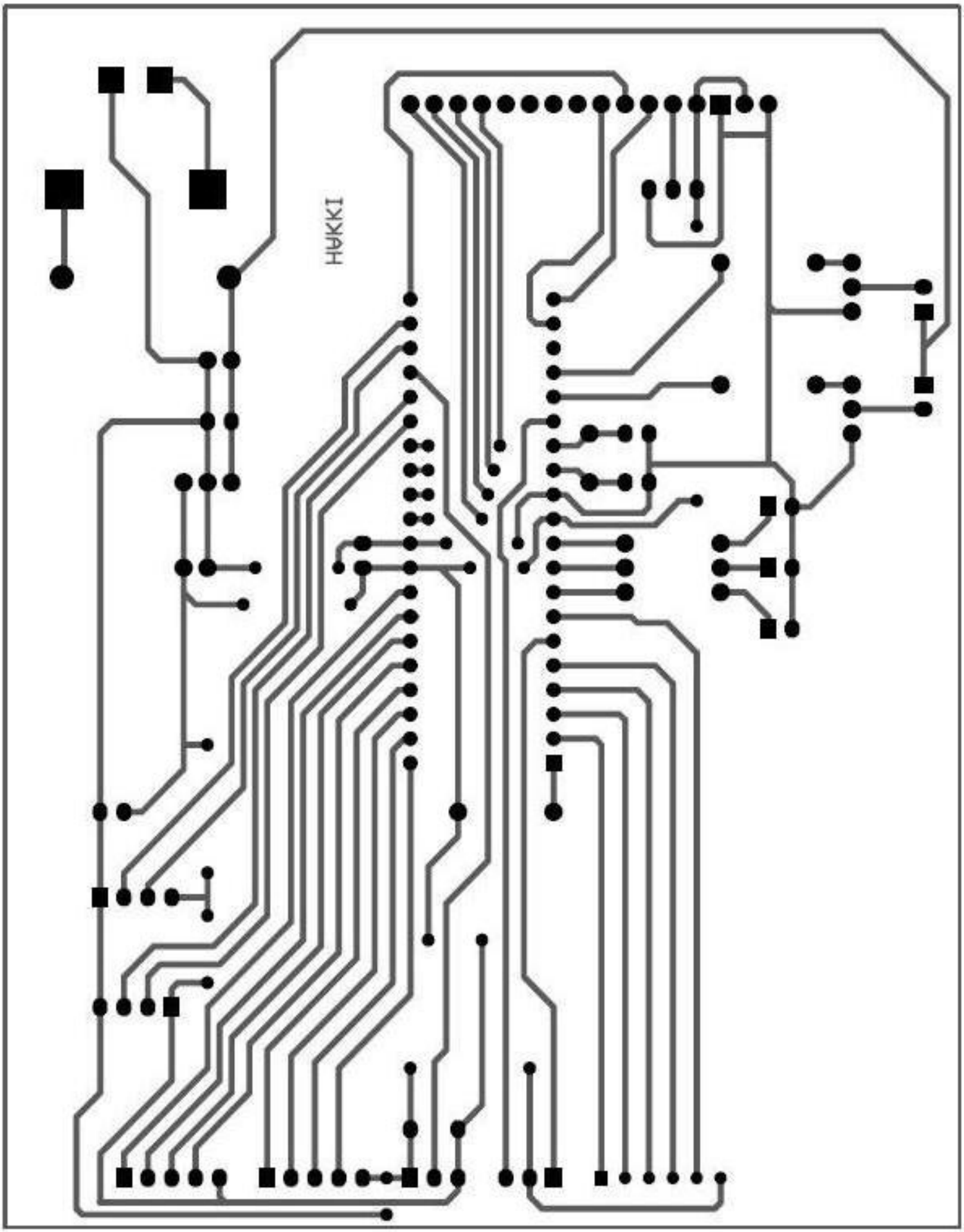
Hariharan,V. , 2002. Fuzzy Control Implementation of A Home Automation System, M.S.Thesis, University of Windsor, Ontario.

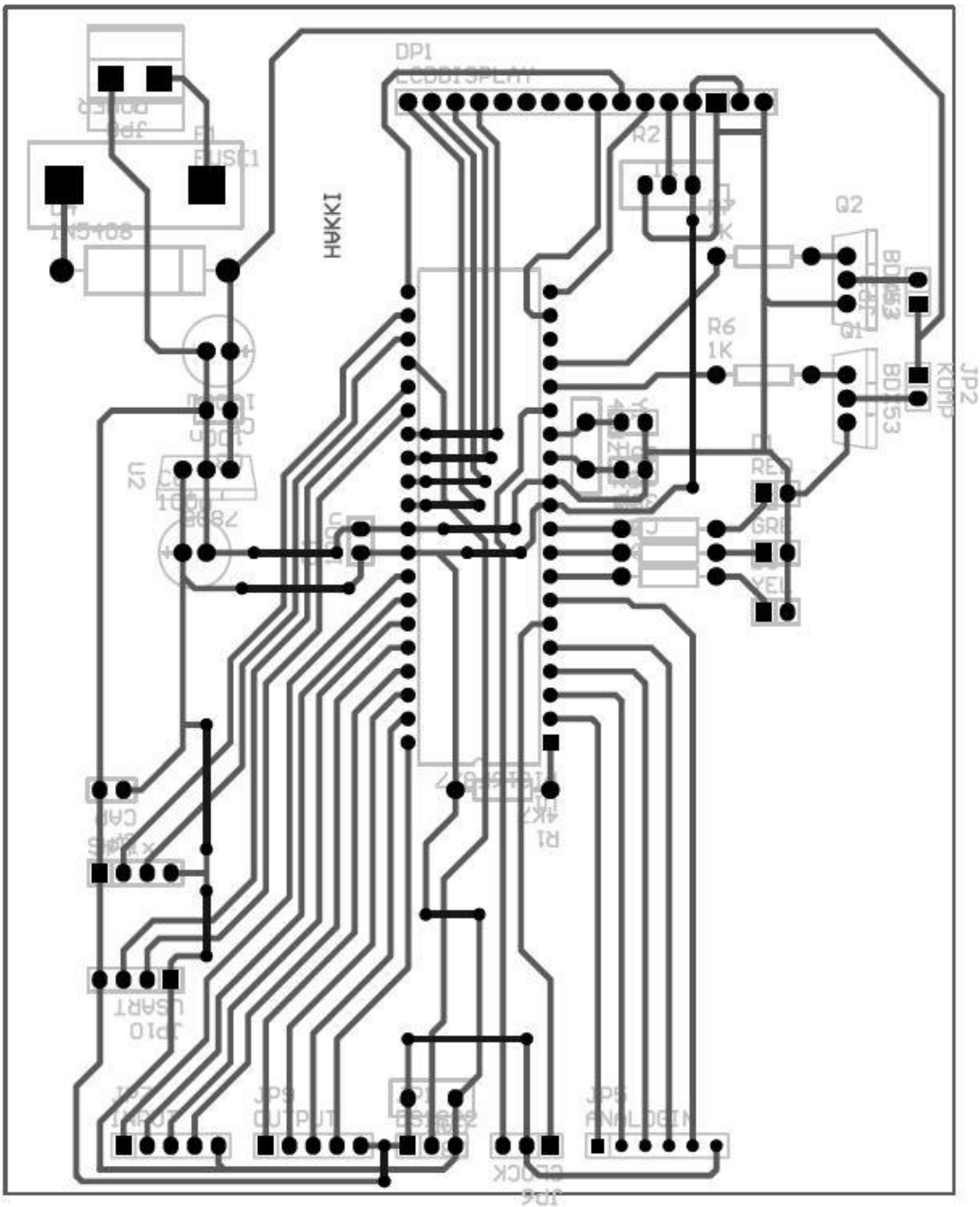
Lea, R.N. , Dohmann, E. , Prebilsky, W. ve Jani, Y. , 1996. An HVAC Fuzzy Logic Zone Control System and Performance Results, IEEE, 2175-2180

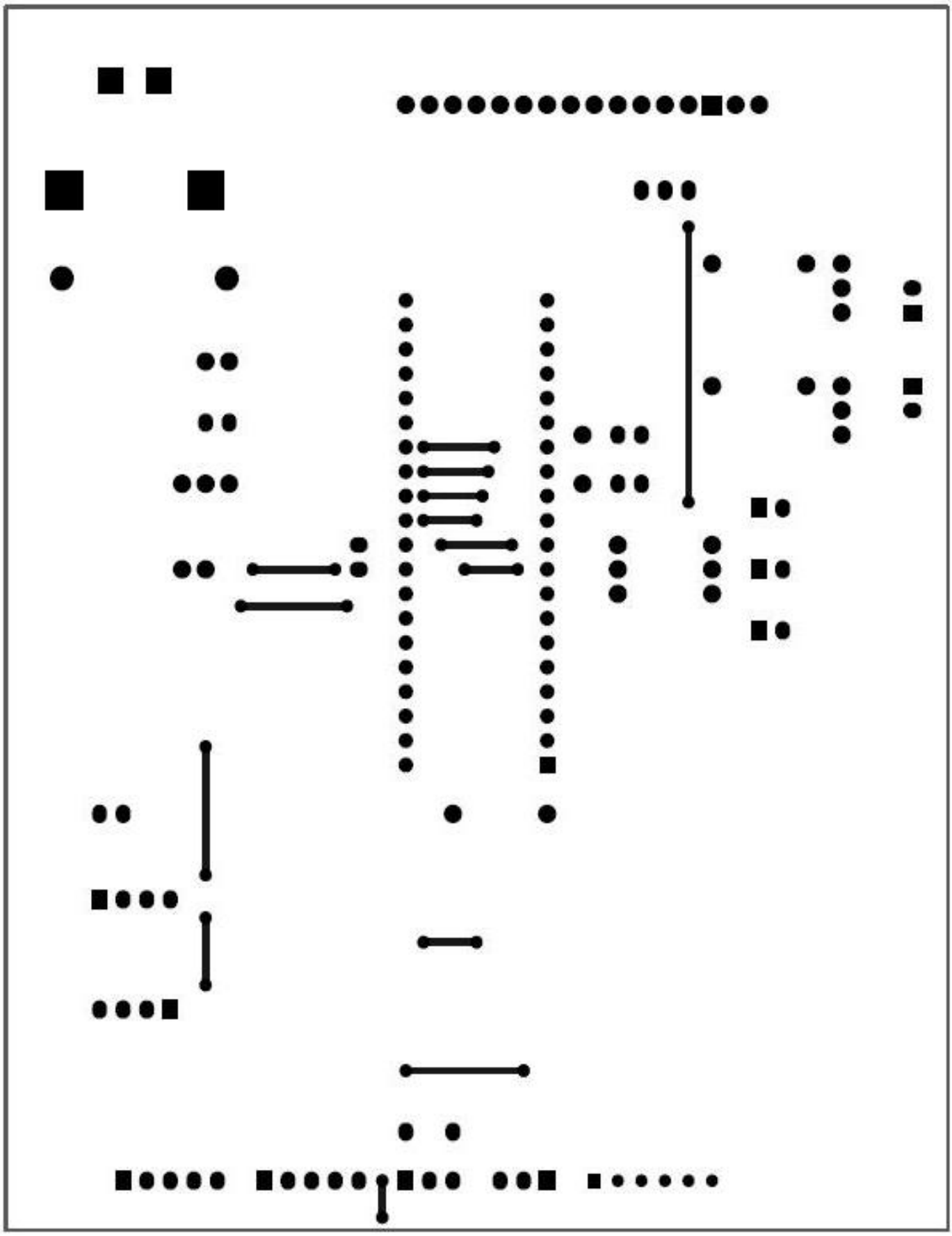
Sen, M. , 2004. Principles of Thermal Control, University of Notre Dame, N Dame.

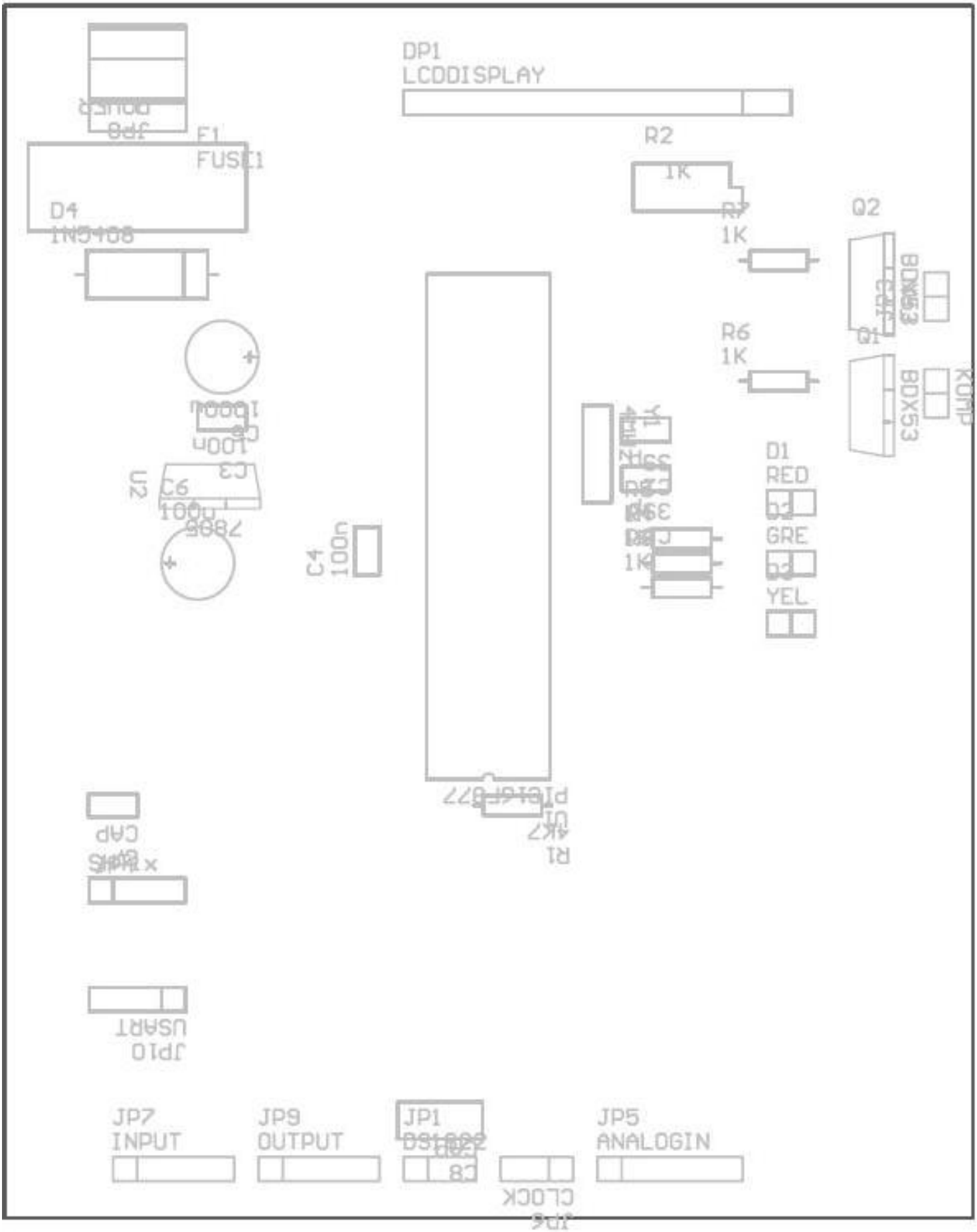
Tanaka, K. , Hua, O.W. , 2001. Fuzzy Control Systems Design and Analysis, John Wiley & Sons Inc. New York.

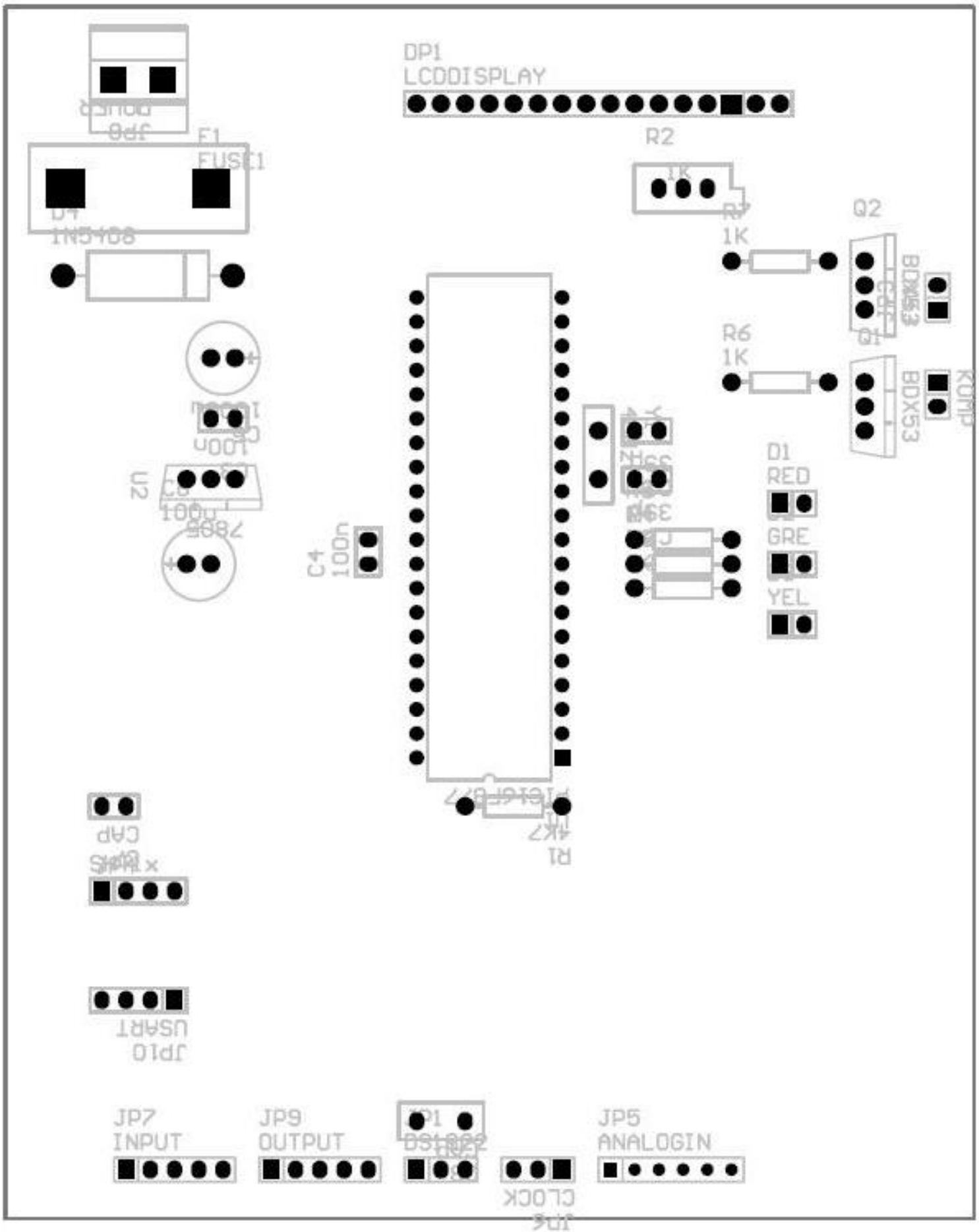

U1
PIC16F877
OSC1
MCLR
AN1
AN2
AN3
AN4
CLKIN
AN5
OSC2
IN1
IN2
IN3
IN4
OUT1
OUT2
OUT3
OUT4
GND
GND
RA0/AN0
RA1/AN1
RA2/AN2/Vref-
RA3/AN3/Vref+
RA4/T0CKI
RA5/SS/AN4
RB0/INT
RB1
RB2
RB3/PGM
RB4
RB5
RB6/PGC
RB7/PGD
VSS
VSS
VDD
VDD
OSC2/CLKO
RC0/T1OSO/T1CKI
RC1/T1OSI/CCP2
RC2/CCP1
RC3/SCK/SCL
RC4/SDI/SDA
RC5/SDO
RC6/TX/CK
RC7/RX/DT
RD0/PSP0
RD1/PSP1
RD2/PSP2
RD3/PSP3
RD4/PSP4
RD5/PSP5
RD6/PSP6
RD7/PSP7
RB3/PGM/AN5
RE1/WR/AN6
RE2/CS/AN7
VCC
OSC2
CLKOUT
KOMPRESOR
FAN
I2CCLK
I2CDATA
ENABLE
RS
WR
CS
DB4
DB5
DB6
DB7
LED1
LED2
LED3
C1
30p
Y1
C2
30p
R1
4K7
MCLR
R3
1K
D1
RED
D2
GRE
D3
YEL
JP10
USART
RX
TX
DP1
LCDDISPLAY
DB7
DB6
DB5
DB4
ENABLE
WR
RS
Cout
VDD
VSS
A
K
R2
1K
JP1
DS1822
ONEWIRE
JP2
KOMP
JP3
FAN
Q1
BDX53
Q2
BDX53
KOMPRESOR
R6
1K
FAN
R7
1K
JP5
ANALOGIN
JP4
SHT1x
JP6
CLOCK
CLKOUT
CLKIN
JP7
INPUT
C7
CAP
C8
CAP
JP8
POWER
F1
FUSE1
D4
1N5408
+12
U2
7805
Vin
Vout
C3
100n
C5
1000u
C4
100n
C6
100u
JP9
OUTPUT
Title
Size
A4
Number
Revision
Date:
1/10/2007
Sheet of
File:
C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\...
Drawn By:


HAKKI


DP1
LCDDISPLAY
R2
Q2
R6
1K
JP2
KUMP
HAKKI
U2
JP10
USART
JP3
OUTPUT
JP5
ANALOGIN
JP4
CLOCK




DP1
LCDDISPLAY
F1
FUSE1
D4
R2
1K
R7
1K
Q2
R6
1K
JP2
D1
RED
GRE
YEL
C4
100n
U2
C3
100n
JP7
INPUT
JP9
OUTPUT
JP1
JP5
ANALOGIN
CLOCK


DP1
LCDDISPLAY
F1
FUSE1
R2
1K
R7
1K
Q2
BDX53
R6
1K
JP2
KOMP
D1
RED
GRE
YEL
C4
100n
JP7
INPUT
JP9
OUTPUT
JP5
ANALOGIN

Report Generated From DXP

Designator	LibRef	Description	Footprint	Comment
C1	CAP	Capacitor	RAD-0.1	39p
C2	CAP	Capacitor	RAD-0.1	39p
C3	CAP	Capacitor	RAD-0.1	100n
C4	CAP	Capacitor	RAD-0.1	100n
C5	CAPACITOR POL	Capacitor	CAPACITOR	1000u
C6	CAPACITOR POL	Capacitor	CAPACITOR	100u
C7	CAP	Capacitor	RAD-0.1	CAP
C8	CAP	Capacitor	RAD-0.1	CAP
D1	LED		SIP-2	RED
D2	LED		SIP-2	GRE
D3	LED		SIP-2	YEL
D4	DIODE	Diode	DIODE-0.7	1N5408
DP1	LCDDISPLAY		LCDSIP	LCDDISPLAY
F1	FUSE1	Fuse	FUSE1	FUSE1
JP1	HEADER 3		SIP-3	DS1822
JP2	HEADER 2		SIP-2	KOMP
JP3	HEADER 2		SIP-2	FAN
JP4	4 HEADER	4 Pin Header	SIP-4	SHT1x
JP5	HEADER 6		SIP-6	ANALOGIN
JP6	HEADER 3		SIP-3	CLOCK
JP7	HEADER 5		SIP-5	INPUT
JP8	HEADER 2		MKDS3_2RMI	POWER
JP9	HEADER 5		SIP-5	OUTPUT
JP10	4 HEADER	4 Pin Header	SIP-4	USART
Q1	BDX53		TO220V	BDX53
Q2	BDX53		TO220V	BDX53
R1	RES1		AXIAL-0.4	4K7
R2	POT1	Potentiometer	VR-5	1K
R3	RES1		AXIAL-0.4	1K
R4	RES1		AXIAL-0.4	1K
R5	RES1		AXIAL-0.4	1K
R6	RES1		AXIAL-0.4	1K
R7	RES1		AXIAL-0.4	1K
U1	PIC16C74/JW	EPROM-Based 8-Bit CMOS M	DIP-40/D53	PIC16F877
U2	VOLTREG		TO220V	7805
Y1	CRYSTAL	Crystal	XTAL-1	4MHz