T.C

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TERMAL AYAKKABI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ

Hüseyin HARMANCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

KONYA, 2010

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TERMAL AYAKKABI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ

Hüseyin HARMANCI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Hakan IŞIK

2010, 68 sayfa

Jüri : Prof. Dr. Şirzat KAHRAMANLI

Doç. Dr. Hakan IŞIK

Yrd. Doç. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

Bu çalışmada, ayak taban sıcaklığını istenilen sıcaklık değerinde sabit tutacak bir ayakkabı pedi tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Gerekli kontrol devresi, bulanık mantık algoritması ile çalışmaktadır ve gerekli algoritma ve kurallar bir mikro denetleyici içerisine gömülmüştür. Ortam sıcaklığı, nem ve ayakkabı taban sıcaklığı verileri mikro denetleyici yardımı ile yorumlanarak çıkışta ayakkabı pedi içerisindeki ısıtıcıya uygulanacak gerilimin PWM görev çevrimi (duty cycle) oranı değiştirilmektedir. Böylelikle ayakkabı iç sıcaklığının ayak sağlığı için en uygun sıcaklıkta kalması sağlanmaktadır.

Tez çalışması sonunda esnek, her ayakkabıya uygun, şarj edilebilir, uzaktan kumandalı bulanık mantık kontrollü termal ayakkabı pedi gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması Türkiye Cumhuriyeti Sanayi Bakanlığı ve Selçuk Üniversitesi ile ortak yapılan 00165.STZ.2007-2 no' lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gömülü Sistem, Bulanık Kontrol, Termal Ayakkabı

ABSTRACT

Master Thesis

Designing Thermal Footwear and Manufacturing Prototype

Hüseyin HARMANCI

Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Electronic and Computer System Education Department

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hakan IŞIK

2010, 68 Pages

Jury : Prof. Dr. Şirzat KAHRAMANLI

Assoc. Prof. Dr. Hakan IŞIK

Assist. Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

In this study, a footwear pad designed and carried out which keep sole temperature stable at desired values. Control circuit works with fuzzy logic algorithm and required rules and algorithm embedded in a microcontroller. Ambient temperature, humidity and sole temperature interprets by microcontroller and alter the value of PWM duty cycle that applies to heater. Hereby inside temperature of footwear keeps at most suitable value.

At the end of thesis, flexible, appropriate for all shoes, chargeable, remote controlled and fuzzy logic controlled thermal footwear pad carried out. My thesis supported by the 00165.STZ.2007-2 numbered project that carried out by partnership between Republic of Turkey - Ministry of Industry and Trade and Selçuk University.

Keywords: Embedded Systems, Fuzzy Control, Thermal Footwear

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, T.C. Sanayi Bakanlığı ve Selçuk Üniversitesi Rektörlüğü işbirliği ile Santez projesi kapsamında 00165.STZ.2007-2 proje numarası ile desteklenmiştir. Tez çalışması süresince öneri ve tecrübelerini esirgemeyen, proje yürütücüsü ve danışmanım Doç. Dr. Hakan IŞIK' a ve proje ekibinde görev alan Yrd.Doç.Dr. Recai KUŞ' a, Dr. Kemal TÜTÜNCÜ' ye ve Araş. Gör. Esra SARAÇOĞLU' na, bulanık mantık yazılımının gömülü sisteme aktarılmasında Arş. Gör. Okan UYAR' a, SAN-TEZ projesi kapsamında destekleyen T.C. Sanayi Bakanlığına ve Selçuk Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkürleri bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i

ABSTRACT iii

TEŞEKKÜR iv

İÇİNDEKİLER v

ŞEKİLLER LİSTESİ viii

TABLOLAR LİSTESİ ix

SİMGELER VE KISALTMALAR x

1. GİRİŞ ..... - 1 -

2. TEMEL BİLGİLER ..... - 2 -

2.1. AYAK ..... - 2 -

2.1.1. VÜCUT YÜKÜNÜN DAĞILIMI ..... - 4 -

2.1.2. VÜCUT YÜKÜNÜN TABANDA DAĞILIMI ..... - 5 -

2.1.3. ORTOPEDİK AYAKKABI KULLANIMI ..... - 6 -

2.1.4. DİYABETİK AYAK ..... - 8 -

2.2. BULANIK MANTIK ..... - 9 -

2.2.1. Girişler ..... - 12 -

2.2.2. Bulanıklaştırma ..... - 12 -

2.2.3. Veri Tabanı ..... - 13 -

2.2.4. Kural Tabanı ..... - 13 -

2.2.5. Bulanık Çıkarım ..... - 14 -

2.2.6. Durulaştırıcı ..... - 15 -

2.2.7. Bulanık Mantık Üstünlükleri ..... - 15 -

2.2.8. Bulanık Mantık Sakıncaları ..... - 16 -

3. TEZİN KONUSU VE AMACI ..... - 17 -

4. KAYNAK ARAŞTIRMASI ..... - 18 -
5. MATERYAL VE METOT ..... - 20 -
5.1. MATERYAL ..... - 20 -
5.1.1. Yarı iletken Isıtıcı ..... - 22 -
5.1.2. Lityum Polimer Batarya ..... - 24 -
5.1.2.1. Üstünlükleri ..... - 25 -
5.1.3. CC1000 RF Alıcı-Verici ..... - 26 -
5.1.3.1. Özellikleri ..... - 27 -
5.1.3.2. Bacak Bağlantıları ..... - 27 -
5.1.3.3. Devre Tanımlaması ..... - 27 -
5.1.3.4. Temel Uygulama Devresi ..... - 29 -
5.1.4. Şarj Ünitesi ..... - 30 -
5.1.5. Mikro denetleyicili Devre ..... - 30 -
5.2. METOT ..... - 31 -
5.2.1. Bulanık Mantık Verileri ..... - 31 -
5.2.2. Bulanık Mantık Üyelikleri ..... - 32 -
5.2.3. Giriş ve Çıkış Fonksiyonlarına Ait Olan Üyelik Fonksiyonları ..... - 34 -
5.2.4. 1 -Giriş: Ayakkabı; İç Sıcaklığına Ait Üyelik ..... - 34 -
5.2.5. 2 – Giriş : Dış Ortam Sıcaklığına Ait Üyelik ..... - 35 -
5.2.6. 3- Giriş: Ayakkabı İçi Bağıl Neme Ait Üyelik ..... - 35 -
5.2.7. 1-Çıkış: Yarı iletken Isıtıcı PWM Oranına Ait Üyelik ..... - 36 -
6. SİSTEMİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ ..... - 37 -
6.1. Termal Ayakkabı Pedi Elektronik Donanımı ..... - 38 -
6.1.1. Mikro Denetleyici Bulanık Mantık Kontrolü ..... - 39 -
6.2. Termal Ayakkabı Pedi Mikro denetleyici Yazılımı ..... - 42 -
7. GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ ..... - 44 -

7.1. Örnek Giriş Değerinin Bulanık Mantık Hesaplaması ..... - 45 -

8. SONUÇ VE ÖNERİLER ..... - 51 -

KAYNAKLAR ..... - 52 -

EKLER ..... - 55 -

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1. Tarsal bölge kemikleri..... - 3 -

Şekil 2-2. Vücut Yükünün Dağılımı ..... - 4 -

Şekil 2.-3. Denge Üçgeni..... - 5 -

Şekil 2–4. Ayağın Uzunluğu..... - 5 -

Şekil 2-5. Ayağın Genişliği..... - 6 -

Şekil 2-6. Klasik Mantık - Bulanık Mantık arasındaki fark.....- 11 -

Şekil 2–7 Mamdani tipi bulanık mantık modelleme.....- 12 -

Şekil 2–8. Bulanıklaştırma İşlemi.....- 13 -

Şekil 2-9 Mamdani üyelik fonksiyonu.....- 15 -

Şekil 5–1. CC1000 Üstten Görünüş .....- 27 -

Şekil 5–2. CC1000 Blok Şeması .....- 28 -

Şekil 5–3. CC1000 Temel Uygulama Devresi .....- 29 -

Şekil 5–4. Ayakkabı İçi Sıcaklığının Üyelik Fonksiyonu Grafiği .....- 32 -

Şekil 5–5. Nem Üyelik Fonksiyonuna Ait Grafik.....- 33 -

Şekil 5–6. Dış Sıcaklık Üyelik Fonksiyonuna Ait Grafik.....- 33 -

Şekil 5–7. Çıkış PWM Duty Scyle (Görev Çevrim) Oranı Üyelik Fonksiyonuna Ait Grafik ...- 33 -

Şekil 6–1. Termal Ayakkabı Pedi Temel Tasarımı.....- 37 -

Şekil 6–2. Termal Ayakkabı Pedi Elektronik Sistemin Yerleşimi.....- 38 -

Şekil 6–3. 433MHz Uzaktan Kumanda Alıcısı.....- 41 -

Şekil 6–4. Mikro denetleyicili Kontrol Devresi.....- 42 -

Şekil 6–5. PCB Çıktısı .....- 42 -

Şekil 6–6. Bulanık Mantık Kontrollü Mikro denetleyici Yazılım Algoritması.....- 43 -

Şekil 7–1. Matlab ve Termal Ayakkabı Pedi Sonuçlarının Karşılaştırılması.....- 45 -

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 5–1. Kullanılan Makine Teçhizatların Özellikleri:.....- 21 -

Tablo 5–2. Termal Ayakkabı Pedi Kural Tablosu.....- 31 -

Tablo 7-1 Test Sonuçlarının Karşılaştırılması.....- 44 -

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simge	Açıklama
$\sum$	Kartezyen toplam
μ	Mikro
Ω	Ohm
L	Henry
mA	Mili Amper
uA	Mikro Amper
Si	Silisyum
Ge	Germanyum
V	Volt
A	Akım

Kısaltmalar	Açıklama
PWM	Pulse Width Modulation
Min	Minimum değer
Max	Maksimum değer
VCO	Voltage Controlled Oscillator

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Ayaklar vücudu taşıyan, yer küre ile en fazla temas eden organlardır. Yetişkin bir insanın sadece bir ayağında 26 kemik, 33 eklem, 107 bağ, 19 kas ve tendon bulunmaktadır. Ayrıca denge ve hareketimizi sağlaması amacıyla beyne bilgi aktaran sinir reseptörleri mevcuttur.

Ayakta kemik ve deri hastalıkları oluşabilmektedir. Bu hastalıklara en fazla yol açan sebep ayak temizliği ve bakımı gelmektedir. Bir diğeri ise şeker hastalığı ve yaşlılıktan oluşan romatizmadır. Zemin ile temasta olan ayaklar hem hastalıkların belirtilerinin görülebildiği, hem de hastalık oluşturabilecek bir organdır.

Kış aylarında soğuk zemin ile en fazla temas eden ve en uç noktadaki uzuv ayak olduğu için sıcaklık düşümü ilk burada görülür. Dağ sporcuları sürekli soğuk zeminde oldukları için tüm vücutlarının sıcaklığını korumaktalar ve ayaklarına dikkat etmektedirler. Ayak hem soğuğa hem de ıslaklığa maruz kaldığında vücut ısısını düşürecektir. Bu da ayakta donmaya sebebiyet verecektir.

Gerçekleştirilen termal ayakkabı pedi tasarımı ayakların soğuktan korunmasını sağlamak amacıyla batarya, kontrol ve ısıtıcının birleştirilmesinden oluşturulmuştur. Tasarımın giyilebilir olması amaçlanmış, bunun için de teknolojik ısıtma sistemi ve günde 10 saat kullanılmasına olanak sağlayan şarj edilebilir batarya kullanılmıştır. Dış ortam sıcaklığı, nem ve iç ortam sıcaklık verileri okunarak ısıtıcıya uygulanacak darbe genişlik modülasyon oranı bulanık mantık yazılımı ile hesaplanmaktadır. Ayrıca radyo frekansı ile kontrol sağlanarak istenilen sıcaklık değerinde sabit tutulabilmektedir. Isıtıcı olarak geleneksel ısıtma sistemleri yerine yarı iletken ısıtma teknolojisi kullanılarak özel ısıtıcı tasarımı yapılmıştır.

BÖLÜM 2

2. TEMEL BİLGİLER

Bu bölümde ayağın anatomisi ve gerçekleştirilen termal ayakkabı pedinin çalışma metodu hakkında bilgi verilmektedir. Ayak taban sıcaklığının kontrolünde bulanık mantık yönteminin kullanım amacı ve faydalarından bahsedilmiştir.

2.1. AYAK

Bacakların bilekten başlayan son kısmı: Ayak iskeleti, tarsal, metatarsal ve parmaklar diye adlandırılan üç bölgede bulunan 26 küçük kemikten meydana gelmiştir. Bu kemikleri bilek, tarak ve parmak kemikleri oluşturur. Bilek ayağın arka üst kısmını meydana getirir; 7 kemikten oluşmuştur. İki diz üzerinde yer alan bu kemikler; Tarsal bölgedeki kemikler ;

Topuk kemiği (calcaneus)

Aşık kemiği (talus)

Sandal kemiği (skafoid)

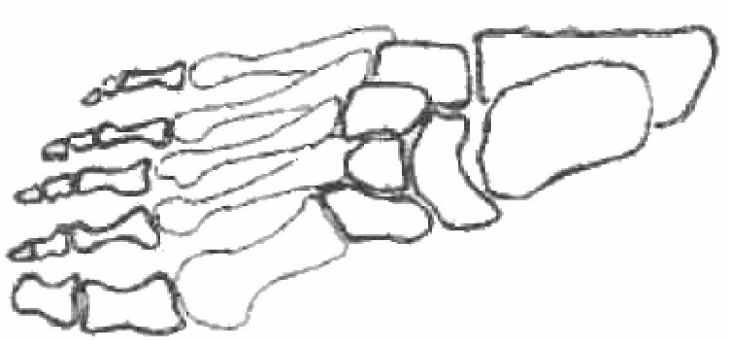
Kübsü kemik (cuboide)

Üç adet köşeli kemik (cuneiforme) Metarsal bölgede ;

- Dört adet tarak kemiği (metatars) bulunmaktadır.

Tarak ayağın orta kısmıdır ve 5 ince uzun kemikten meydana gelmiştir; bu kemiklerin her biri bir parmağı oluşturur. Parmak kemiklerine falankslar denir. Bunlar 14 tanedir. Başparmakta iki, geri kalan dördünde üçer falanks vardır. Bu kemiklerden, tarak kemiklerine bağlananlara bağlantı kemiği, ortadakilere orta kemik ve extremitedekilere uç kemiği denir. Ayrıca 1. parmak ve 1. tarak kemiği ekleminde, ileri yaşlarda oluşan, hareketleri kolaylaştıran 2 adet susam kemiği

(sesamoide) mevcuttur. Ayağın hareketlerini çeşitli kemikler arasındaki boğumlama ile çeşitli kaslar sağlar. Bu kasların bir kısmı ayağın kendi kasları, bir kısmı ise bacağın kasları olup, bunlar ayağın bazı kemiklerine kadar inen kirişlerle son bulurlar. Ayağın önemli kasları arasında ayak parmaklarının açıcı kası, ayak parmaklarının bükücü kası, uzaklaştırıcı kaslar, başparmağın ve serçe parmağın bükücü kasları vb. vardır. Bunlardan bükücü kaslar ayak sırtının bacaktan uzaklaşmasını, açıcı kaslar bacağa yaklaşmasını sağlarlar. Uzaklaştırıcı kaslar tabandadır. Morfolojik bakımdan ele alındığında, ayağın üst kısmı dışbükeylik (ayak sırtı) gösterir. Burası bacağın ön kısmına ayak boynuyla bağlıdır. Ayağın alt kısmı ise merkezde içbükeydir; buraya ayak kemeri denir.



Şekil 2-1. Tarsal bölge kemikleri

AYAK ANATOMİSİ: Ayağı oluşturan kemiklerin, kasların, bağların; şekillerini, dizilişlerini ve yapılarını inceleyen bilim dalıdır.

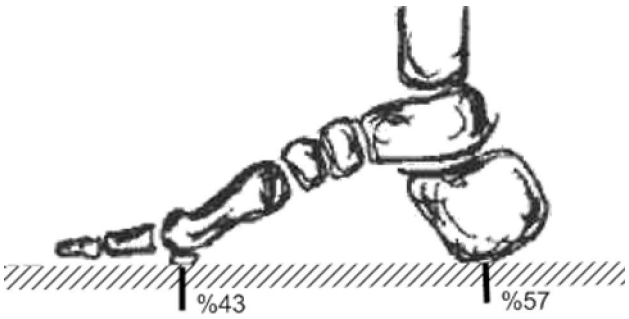
AYAK FİZYOLOJİSİ: Ayağı oluşturan kemik vs. gibi elemanların işlevlerini hareketlerini inceleyen bilim dalıdır.

AYAK PATOLOJİSİ: Ayaktaki yapı ve işlev değişiklikleri ile hastalıklarını inceleyen bilim dalıdır.

AYAK ORTOPEDİSİ: Ayaktaki kemik, eklem, kas gibi elemanları yapı ve işlev bozukluklarını, deformasyonları kısaca ayak hastalıklarını tedavi etmeyi amaçlayan bilim dalıdır.

2.1.1. VÜCUT YÜKÜNÜN DAĞILIMI

İki bacaktan gelen vücut ağırlığı, ayaklar vasıtası ile yere intikal eder. Oyuk bir taş zemin üzerine, iki ayağımızı çıplak olarak, 10 santimetre aralıkla basalım. Ayağımızın her noktasının yere aynı şiddetle basmadığını belli noktaların zemin ile daha çok temasta olduğunu hissederiz. Bu noktalar vücut yükünün yere intikal ettiği noktalardır. Çıplak bir ayakta, bacaktan gelen yükün yüzde 57 'si topuk merkezinde, yüzde 43 'ü tetatarsların başlarındadır. Şekil 2-2' de vücut yükünün dağılı gösterilmiştir. Bacaktan gelen yük P, topuk merkezi yükü T, metatars başları yükü ise M dir. T= 0.57 P, M=0,43 P 'dir.



Şekil 2 Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**-2. Vücut Yükünün Dağılımı**

Ayakkabı giyildiğinde, vücut yükünün dağılımı topuk yüksekliğine göre değişir.

Topuk Yüksekliği 2 cm ise, T=0.50 P, M=0.50 P, M-T' dir.

Topuk Yüksekliği 4 cm ise, T=0.43 P, M=0.57 P, M,P 'den büyüktür.

Topuk Yüksekliği 6 cm ise, T=025 P, M=0.75P,

Topuk Yüksekliği 6 cm 'den daha fazla ise, T=0.10P, M=0.90P'dir.

2.1.2. VÜCUT YÜKÜNÜN TABANDA DAĞILIMI

Daha önce belirtildiği gibi topuk yüzü merkezi, topuk çapının orta noktasıdır. Metatars yükü ise, 1. ve 5. metatarsların başlarında yoğunlaşan yüktür.

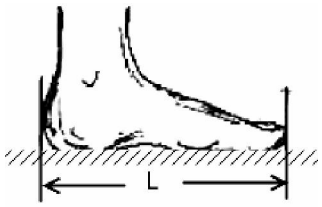
Denge Üçgeni: Birinci metatars başı, beşinci metatars başı ve topuk merkezini birleştiren doğruların oluşturduğu üçgene, "Denge Üçgeni" denir. Şekil 2-3' de ayak tabanı denge üçgeni gösterilmiştir.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**-3. Denge Üçgeni**

Ayağın Biometrisi: Ayağın biometrisi, ayağın ölçülerinin incelenmesi için kullanılan kavram ve sistemlerdir.

Ayak Uzunluğu: Şekil 2-4' de gösterilen ayak tabanının en uzun olan parmağın uç noktası ile topuk arka noktası arasındaki mesafedir. Bu mesafe yükleme durumunda daha fazladır. Dolayısıyla ayak ölçüsü, ayaktayken alınmalıdır.



Şekil 2–4. Ayağın Uzunluğu

Ayağın genişliği: Pratikte "tarak " denilen ayak genişliği, 1. metatars başı ile 5. metatars başı hizasından geçen elipsin çevresidir. Şekil 2-5' de ayak genişliği gösterilmiştir.



Şekil 1-5. Ayağın Genişliği

Ayağın numarası tabir edilen ölçü için genellikle Fransız Pontu'nu kullanılmaktadır. Ayağın uzunluğu için, Fransız Pontu, genişliği için metrik sistem kullanılır. Ortopedik ayakkabı için ölçü alırken, tarak ölçüsüne ilaveten, tars ve bilek kısmının çevresinin de ölçüsünü almak gerekir.

2.1.3. ORTOPEDİK AYAKKABI KULLANIMI

Genellikle ortopedik ayakkabı özelliklerinin faydaları sadece ayağımıza yönelik gibi düşünülür. İşte tüketicilerin ayakkabı seçiminde yaptığı en önemli hata burada başlar. Yürümeye başladığımız andan itibaren seçilen doğru ayakkabılar her zaman vücut sağlığımızın destekleyicisidir. İnsan ayağı tabiat anamızın bir şaheseridir. 26 kemik ve kemikçik bir araya gelmiş, kasların, bağ dokularının ve sinirlerin harika bir uyumu ile harekete geçirilmiştir. Vücudumuzun bütünü ile ayaklar üzerine bindiği ve bu yükü bir ömür boyu taşıdıkları halde, neredeyse hiç kimse, ayaklar sağlıklı oldukları sürece bir nebze olsun onları düşünmez. Ortopedik ayakkabının üretilmesi özel bilgi ve düzen gerektirir.

Ortopedik ayakkabı ayak tabanına temas eden iç düzeni, ayakkabının dış tabanı ve saya bölümü ile beraber düşünülmelidir. İmalatta kullanılan malzemenin doğal deri olması sağlıklıdır. Derinin gözenekli yapısı ayağın teneffüs etmesini sağlar. Esneme kabiliyeti vardır, ayak için uygun şekli alabilir. Şekli çabuk bozulmaz. İçine yerleştirilen özel destekleyiciler bitmiş bir ayakkabıya takıldığında dışarıdan görünmez. Dolayısıyla ayakkabıyı sadece dış görünüşüyle değerlendirmek yanlıştır. Ortopedik ayakkabılar ayağın ağırlık taşıma ve ayağın hareket noktaları ile uyumludur. Yürürken ayak kaslarına ve kemiklerine dengeli yük binmesini sağlar. Çocuklara giydirilen ayakkabılar sağlıklı ayak ve bacak gelişimini destekler. Ayak kemiklerinin doğru teşekkül etmesine yardımcı olur.

Ortopedik ayakkabılar vücut dengesi için çok önemlidir. Yanlış ayakkabı seçiminin ayak bileği burkulmalarına, bel ve sırt ağrılarıyla çabuk yorulmalara yol açabilir. Ayağındaki basış bozukluğunu farkında olmayıp buna bağlı olarak, özellikle ileri yaşlarda düşen kırık, çatlak ve ciddi kas zedelenmeleriyle karşılaşanlar vardır. Basış bozuklukları doğru ortopedik ayakkabı kullanımıyla önlenebilir.

Taban altı basınç dağılımı dengelendiği için nasırlı bölgeler tırnak patlamaları ve bunların sebep oldukları ağrılar azalır. İsveç Ayak Sağlığı Merkezi'nde uygulanan kuru sistem ayak bakımı ile beraber ortopedik ayakkabılar nasırlarından ve tırnak batmasından kurtulmanızı sağlar. Basış problemleri çabuk yorulmaya sebep olur. Dolayısıyla fazla kilolardan kurtulmak ya da kalp sağlığı için yapılması gereken egzersizler bu sebepten ihmal edilir. Ortopedik ayakkabı kullananların yorulmadan uzun mesafeler yürüyebildikleri tespit edilmiştir. Bacak damarlarında varis ve dolaşım problemi olanlarda ortopedik ayakkabı kullanımı tavsiye edilir. Hanımların giydiği yüksek topuklu dar ve basık kalıplı ayakkabılar dolaşımı olumsuz yönde etkiler ve şikâyetlerin artmasına sebep olur. Ortopedik ayakkabılarda bulunan özel derinlik, genişlik, bağcık ve sağlıklı topuk yüksekliği kanın damarlarda rahatça dolaşarak kalbe geri dönmesine yardımcı olur.

Ortopedik ayakkabının çok gerekli olduğu bir başka noktada diyabet alanıdır. Diyabet hastaları belli bir süre (yaklaşık 10 yıl) diyabetle yaşadıktan sonra ayaklarındaki koruyucu duyuyu kaybederler. Bu kimseler farkında olmadan ayaklarına iki numara küçük ayakkabı alabilirler. Farkında olmadan ayakları su toplayabilir, yaralar açabilir. Bir ayak sağlığı uzmanıyla beraber seçilmiş ortopedik ayakkabı kullanıldığında oluşabilecek birçok problem önlenmiş olur. Diyabet hastalarının ayaklarında yaralar çok zor kapanır. Basit bir su toplaması diyabetli bir kişide bazen tamiri zor hasarlara yol açabilir. Bu konuda dikkati elden bırakmamak gerekir (Yorulmaz A. 2006).

2.1.4. DİYABETİK AYAK

20. yüzyılın başında Joslin, diyabetik hastalarda ayak ülseri ve kangren oluşumunun kaçınılmaz bir durum olduğunu vurgulamıştır. O zamandan itibaren son 70 yıl içinde diyabet tedavisinde önemli gelişmeler olmuştur. Bunlar; komplikasyonların primer ve sekonder korunma yöntemleri, diyabetik hastaların uzun süreli komplikasyonlar açısından takibi, glisemik kontroldeki düzelme ve ölçümü, yoğunlaştırılmış insulin ve oral hipoglisemik ajanlardır.

Diyabetik Ayak Sendromu, diyabetik nöropati ve vasküler yetersizliğin birlikte olmasının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Özellikle diyabetik nöropati diyabetik ayak gelişiminde çok önemlidir. Vasküler yetersizlik yani damar tıkanıklığı özellikle damarlar, arterioller ve kapillerleri etkiler, prekapiller seviyede yaygın artriyovenöz şantlar olur ve riskli bölgelerde doku oksijenizasyonunun azalmasına neden olur. Nöropati ise başlıca sensoriyeldir ve ağrı hissi, vibrasyon hissi ve pozisyon duygusunda azalmaya neden olur. Ayrıca diyabetik otonom nöropatiden dolayı terleme hissi de bozulur, cilt kurur, yüzeysel inflamasyon ve kronik dermatit olur. Diyabetik nöropatiden dolayı ayakta his kusuru olunca minimal incinme veya inflamasyon iyileşmesi için oraya gelen kanın artması gerekir, vasküler yetersizlikten dolayı bu olmaz. Ayrıca yine diyabetik nöropatiden dolayı ayakta basıncın anormal dağılımından kaynaklanan kallus teşekkülü olur, bu da iskemi, mikrotrombus ve ileride ülser veya gangren oluşumuna neden olur (Linger ve ark. 1988). Diyabetik hasta üzerinde yapılan bir çalışmada (15–34 ay, prospektif çalışma) pletismografi ve ayak basınç ölçümü yapıldığı zaman, ayak basınç ölçümü yüksek olanların %35'inde ayak tabanı ülserasyonu gelişmiş, ayak basıncı normal olanların ise hiçbirinde gelişmemiştir.

2.2. BULANIK MANTIK

İnsan yaşamı boyunca düşünce modelleri incelenmiş ve bunların bilimsel ifadeleri çıkartılmaya çalışılmıştır. Bu ifadelerden yararlanılarak günlük karşılaşılan problemlerin çözümleri üretilmeye çalışılmıştır. Sorunların çözümüne yönelik bilimsel yöntemler geliştirilmeye çalışılmıştır. Klasik mantığın modellenmesi ile günümüz teknolojisinin temelleri atılmış, bilgisayarların çalışma yapısı şekillenerek günümüze kadar gelmiştir. Elektronik alanına yeni bir konu olan dijital (mantık) dahil edilmiştir.

Klasik mantıkta olayın iki durumu mevcuttur. Bir şey ya var olmalı ya da olmamalı. Bir lamba ya ışık veriyordur ya da vermiyordur. Bilgi ya var ya da yoktur. Klasik mantık kümesinde sadece 2 değişkene yer vardır. İlişkiler hep bu küme üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde varlık-yokluk tabanında çalışan ikili sistemler geliştirilmiştir. Klasik mantık durumları bilgisayarın düşünme mantığını oluşturmuş ve kompleks hesaplamaların en temel ikilik sistemlerle çözümü sağlanmıştır.

İnsan ihtiyaçlarından doğan klasik mantık artık yetmemektedir. Uç noktalarda durum üreten klasik mantık için ya beyaz ya da siyah varken aradaki gri tonları göstermemektedir. Bulanık mantığın ardındaki temel fikir, bir önermenin ‘beyaz’, ‘siyah’, ‘çok beyaz’, ‘çok siyah’, ‘çok çok beyaz’, ‘çok çok siyah’, ‘yaklaşık olarak beyaz’, ‘yaklaşık olarak siyah’ gibi olabileceğidir. Şöyle ki bulanık mantık klasik siyah ve beyaz arasındaki sonsuz sayıdaki doğruluk değerlerini içeren bir kümede ilişkilendiren fonksiyondur. Bu, Zadeh’in bulanık kümeler üzerindeki ilk çalışmasının bir sonucudur.

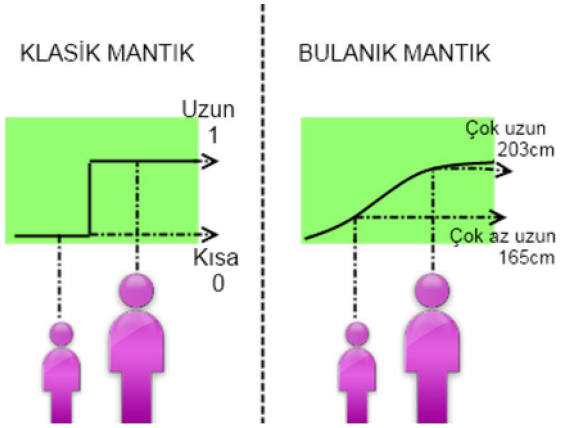
Birbirinden keskin farklılık gösteren iki durumla tasvir edilen Boole mantığı,bir takım durumlarda kullanılamamaktadır. Tam ve kesin olmayan bilgelere dayanarak tutarlı ve doğru kararlar vermeyi sağlayan düşünme ve karar verme mekanizması bulanık mantık olarak adlandırılır (Allahverdi 2002).

California Berkeley Üniversitesinden Azeri bilim adamı Prof. Lütfü A.Zade bulanık mantık (Fuzzy Logic) kavramı ilk kez 1965 yılında makalelerinde yayınlaması ile duyurmuştur (Özkan 1997). Siyah – Beyaz gibi ikili kavramlar arasına sıkışan belirsizliklerin klasik mantıkla aşılamayan sorunlara alternatif bir yöntem geliştirilmiş oldu. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin çözümüne ışık tutmuştur. İnsan düşünce sisteminin incelenmesi ile geliştirilen bulanık mantık kavramının siyah-beyaz arasındaki belirsizliklerle çalışabilmeye olanak sağlamıştır.

Bulanık mantık kendini iki değer arasında sıkıştırmadan istenilen aralıkta değerle çalışabilmektedir. Bu değerleri bulanık mantık kümesinde belirlenerek yapmaktadır. Kümeyi oluşturan durumlar dilsel ifadelerdir. Sayısal değişkenleri küme oluştururken dilsel ifadelere dönüşümü sağlanır. Bu dönüşümler kişiler arası farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin; Konya' da yaşayan birisi için +15 ^{o}C "soğuk" olarak ifade edilirken Van' da yaşayan birisi için "az soğuk" olarak ifade edilebilecektir. Kümeyi oluştururken kesin matematiksel ifadeler yer verilmediği için formüle edilemez. Bu yüzden küme oluşturulurken normal şartlarda +10 ^{o}C ile +20 ^{o}C için "soğuk" ifadesi için sınır teşkil ettiği düşünülebilir. Bu ifadeler grafiksel gösterimde "aitlik eğrisi" olarak gösterilir ve hangi değerin hangi ağırlıkta olduğunu gösterir.

Bulanık küme kuramı, klasik mantıktaki var-yok arasındaki belirsizlerin bir tür formüle edilmesidir. Matematiksel olarak 0-1 arasında 0,65 gibi bir değerin var olduğunu kabul eden bir anlayıştır. Fakat işlemleri, diğer küme kuramlarınınkilerden farklılıklar gösterir.

Kümedeki her bir birey, çift-değerli küme kuramlarında olduğu gibi 'üye' ya da 'üye değil' olarak değil, bir dereceye kadar üye olarak görülür. Örneğin, 1.90 m. boyundaki bir adam 'uzun adamlar' kümesinin bir üyesidir. 2.00 m. boyundaki bir adam ve 2.10 m. boyundaki bir adam da öyle. Bu gibi durumlarda, onların üyelik değerlerini, dereceli olarak, boylarına göre tanımlamak uygun olabilir. Şekil 2-6' da bu durumu açıklayan şekilsel gösterimi mevcuttur.



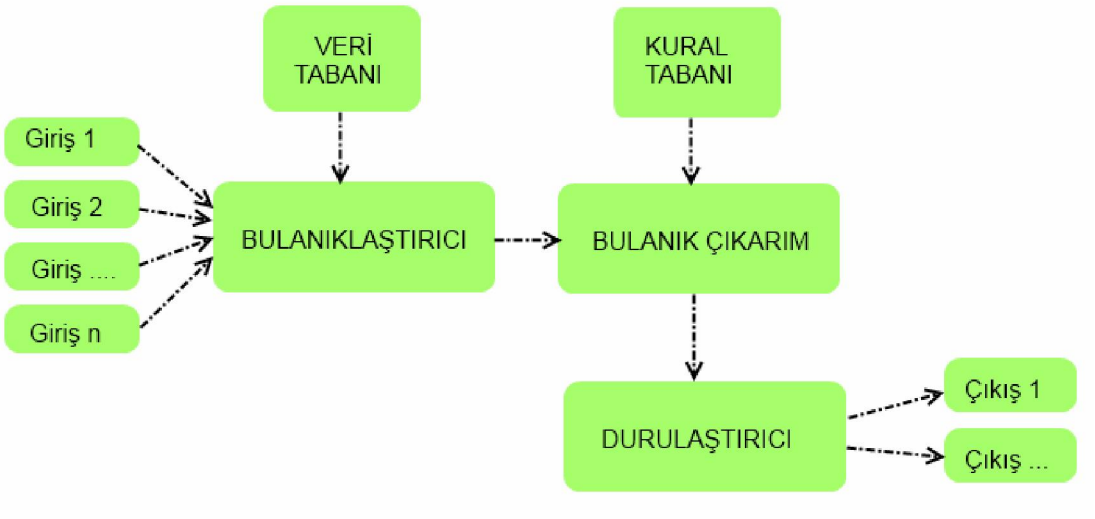
Şekil 2-6. Klasik Mantık - Bulanık Mantık Arasındaki Fark

'Bulanık küme' kavramı, hassasiyetin arttırılması açısından, klasik kümelerinkine göre daha uygun olan yeni bir araç sağlıyor olarak görülebilir. Getirdiği yaklaşım, klasik küme kuramlarında kullanılan üyelik kavramını bir kenara bırakıp yerine tamamen yenisini koymak değil, iki-değerli üyeliği çok-değerliliğe taşıyarak genellemesini yapmaktır.

Bulanık mantıkla uygulamaları yazılımlarla kalmayıp elektronik cihazların içerisine gömülür hale getirildi. Bulanık mantık işlemleri yapan mikro işlemciler üzerine çalışmalar yapılırken standart mikro işlemciler içerisine bulanık mantık yazılımları gömülmeye başlandı. Asansör denetimlerinde yolcu trafiğine göre asansör trafiği ve hızının ayarlanması, zoom ve aydınlatmayı ayarlayan fotograf makinesi, fotoğraf çekimlerinde sarsıntıdan oluşabilecek görüntü hatalarının giderilmesi, çamaşırın kirliliği, ağırlığı kumaş cinsine göre yıkama programı seçen çamaşır makinesi, yerin durumu ve kirliliğine göre motor emiş gücünü kontrol eden süpürge günümüz bulanık mantık uygulamalarına birer örnek teşkil etmektedir (Özkan 1997). Gelecek teknolojilerde akıllı sistemler olarak hayatımıza giren ürünlerin çoğunda kendi çıkarım mekanizmalarına sahip olduğu görülecektir.

California Berkeley Üniversitesinden Azeri bilim adamı Prof. Lütfü A.Zade' nin öncülüğünde başlayan bulanık mantık yöntemi ile nem, iç ve dış sıcaklığa göre ısıtıcı geriliminin PWM görev çevrim oranını kontrol eden mikro denetleyicili termal ayakkabı pedi gerçekleştirilmiştir.

Bulanık mantığın yöntem ve teknikleri incelendiğinde temel bileşenleri Şekil 2-7 de gösterildiği gibidir.



Şekil 2–7 Mamdani Tipi Bulanık Mantık Modelleme

Buradaki bileşenleri kısaca açıklayacak olursak:

2.2.1. Girişler

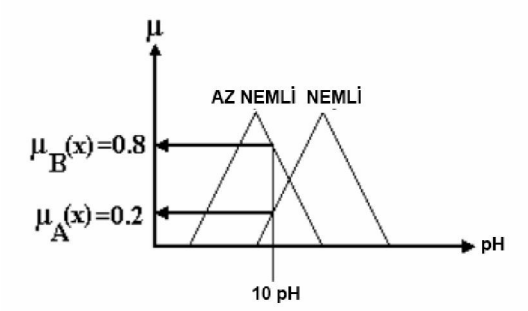
Çıkışı etkileyen durumların değişkenlere dönüştürülerek değer halinde sisteme aktarılması sağlanır. Örneğin nem bilgisi çıkışı etkileyen bir faktörse, ortam nem değişkeni ölçülerek pH değeri bulanık mantık modelinin içine aktarılır.

2.2.2. Bulanıklaştırma

Bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için klasik küme şeklinde belirtilen değişim aralıklarının bulanıklaştırılması gereklidir. Bunun için bir aralıkta bulunabilecek öğelerin hepsinin, 1' e eşit üyelik dercesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. Bu durumda, bazı öğelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilir. Bu belirsizliklerin, sayısal olmayan durumlardan kaynaklanması halinde bulanıklıktan söz edilir (Şen 2001).

Gerçek giriş değerleri ait oldukları üyelik fonksiyonlarına göre bulanık değerlere dönüştürülür ve elde edilen bu bulanık değerler ait oldukları üyelik fonksiyonlarında ki üyelik derecelerine karşılık gelmektedir. Bulanık değere dönüştürme işlemi üyelik fonksiyonun türüne göre değişmektedir (Torun 2007).

Girişlerden gelen değerlerin kontrol sisteminde kullanılacak bulanık değerlere dönüştürülmesi sağlanır. Bulanık küme oluşumu sağlanarak giriş değerleri dilsel ifadelere dönüştürülecektir. Örneğin ortamın nem bilgisi pH olarak ölçülüp girildiğinde değerin hangi aralıkta olduğuna bakılıp ona göre dilsel ifade oluşturulması sağlanmıştır. "az nemli" ifadesi bulanık bir ifadedir. Nem girişine ait örnek bir değerin bulanık bir değere dönüştürülmesi Şekil 2-8'de gösterilmektedir.



Şekil 2–8. Bulanıklaştırma İşlemi

2.2.3. Veri Tabanı

Giriş – çıkış değişkenlerinin dilsel ifade dönüştürülmesinde kullanılan ifadeler ve anlamlarının yer aldığı bölümdür. Bulanık küme oluşturulmasına yardımcı olacak bilgileri, bunların üyelik derecelerini barındırır.

2.2.4. Kural Tabanı

Giriş değişkenlerinin dilsel ifadelere dönüşümünden sonra uygun çıkışların seçilmesi için belli bir kurala ihtiyaç duyulur. Bu kurallar uzman bilgisine sahip sebep – sonuç ilişkisini içerir. Örneğin nem girişi için bulanıklaştırılan nem bilgisi kural tabanındaki ait olduğu kuralın tetiklenmesini sağlayacaktır. Kural tabanı eğer-o

halde yapılarını içerdiğinden tetiklenen kuralın sonucu bir çıkış ifadesini gerçekleştirmektedir.

Kontrol tabanını oluşturan kurallar aşağıdaki özelliklere sahiptir.

1. Her kural bağımsız bilgi parçasını içerir.
2. Yeni kurallar diğer kurallardan bağımsız olarak kural tabanına eklenebilir.
3. Eski kurallar diğer kurallardan bağımsız olarak değiştirilebilir.
4. Kontrol sisteminin kararlarını ve çözümlerini içerir (Kıyak 2003).

Giriş değerleri bulanıklaştırıldıktan sonra kural tabanı örneği aşağıdaki gibi olacaktır.

EĞER nem= “az nemli” ve sıcaklık= “az sıcak” O HALDE PWM= “çok yüksek”

EĞER nem= “az nemli” ve sıcaklık= “sıcak” O HALDE PWM= “az yüksek”

EĞER nem= “çok nemli” ve sıcaklık= “çok az sıcak” O HALDE PWM= “yüksek”

Bu kurallardan hangilerinin tetiklendiği ait oldukları üyelik fonksiyonuna göre değişecektir. Tetikleme ve sonuç çıkarım işlemleri bulanık çıkarım da yapılacaktır.

2.2.5. Bulanık Çıkarım

Bulanıklaştırılan giriş değişkenleri ilgili kural tabanındaki kuralları tetikleyerek karara bağladığı bölümdür. Burada dilsel ifade edilen durumlar karşılaştırılarak sistemin en uygun çıkış ifadesi seçilir.

Mamdani bulanık çıkarım sisteminde; Sözel değişkenler (e,f ve g) arasındaki ilişki genelleştirilmiş bulanık ilişkiye bağlı olarak ve maksimum-minimum operatörleri kullanılarak tanımlanır (Yıldırım 2007). Mamdani üyelik fonksiyonu Şekil 2-9’ da gösterilmiştir.

$$\mu_R = MIN\left(\mu_{\text{nemli}}(x), \mu_{\text{sıcak}}(y)\right)$$

Şekil 2-9 Mamdani üyelik fonksiyonu

2.2.6. Durulaştırıcı

Bulanıklaştırma işleminin tersine yaparak bulanık mantıkta bulunan sonucu gerçek değişkenlere aktarmaktadır. Gerilim seviyesi için çıkarılan sonuç dilsel olarak "çok yüksek" ifadesi ise çıkışta bulunan yükün gerilim seviyesi artırılmalıdır. Bu ifadenin gerilim cinsine dönüştürülerek sayısal bir değer atanması işlemi burada gerçekleşmektedir.

Nem ve sıcaklık girişine göre PWM ifadesi "çok yüksek" çıkmış ise burada PWM için gerekli hesaplama yapılarak PWM = %90 gibi bir değere dönüştürülür.

2.2.7. Bulanık Mantık Üstünlükleri

İnsan ihtiyacından doğan, problemlere bakış açısının sistemlere uyarlanması amacıyla gerçekleştirilen bulanık mantık sistemleri insan düşünüş biçimine en yakın sonuçlar çıkarmak için kullanılmaktadır.

Bulanık mantık yaklaşımı matematiksel modele ihtiyaç duymadığından, matematiksel modeli iyi tanımlanmamış, zamanla değişen ve doğrusal olmayan sistemler en başarılı uygulama alanlarıdır (Elmas 2007).

Kompleks problemlerin çözümlerinde ikili sistemlerin kısıtlamalarından kurtularak eğer-o halde ifadeleri ile dilsel kurallara bağlı olarak çözüm üretebilen bir kontrol sistemi tasarlanabilmektedir.

Bulanık mantık işlemini gerçekleştirecek sistemler klasik mantıkla çalışan bilgisayar, mikroişlemcilerle sağlanabilmektedir. Kendi içinde bulanık mekanizmaları var olan mikroişlemcilerin geliştirilmesine çalışılarak işlemlerin daha hızlı ve güvenli yapılması sağlanacaktır.

Bulanık mantıkta sistemin kararlığının artırılması için giriş sayısı artırılarak ortama en uygun çıkışların verilmesi sağlanır. Örneğin çamaşır makinesi kontrolünde sadece çamaşırın ağırlığı yeterli olmayacaktır. Bunun yanında kirlilik oranı, çamaşırların türleri, suyun sıcaklığı gibi diğer etkenler de kontrolün bir parçası haline getirilerek zengin bir kural tabanı ile insan düşünce sistemine en uygun sonuç üretilebilir.

2.2.8. Bulanık Mantık Sakıncaları

Sonuç çıkarım mekanizmasının doğru kararlar verebilmesi için kural tabanın sağlam ifadelerle oturtulması gerekmektedir. Kural tabanı oluşumunda giriş ve çıkış hakkında bilgi birikimine sahip uzmanlarca oluşturulması sistemin kararlılığını sağlayacaktır.

Sistemin çalışmasının doğruluğu test edilebilmesi için oluşturulan kural tabanın tüm koşulları sağlanarak denemeler yapılması gerekmektedir. Giriş sayısının çokluğuna göre kuralların sayısı artacağı için oluşturulan sistemin test edilmesi uzun zaman alacaktır.

Bulanık mantık yaklaşımında üyelik işlevlerinin değişkenleri sisteme özeldir, başka sistemlere uyarlanması çok zordur (Elmas 2007).

Verilen kurallar haricinde başka durumların oluşması durumunda sistemin cevapsız kalıyor olması başka bir sakıncasıdır. Tıp ve askeri alanda yapılan uygulamalarda kurallara uymayan bir durumla karşılaşıldığında sistem cevapsız kalabilir.

BÖLÜM 3

3. TEZİN KONUSU VE AMACI

Bu çalışmada ayakkabı iç sıcaklığını ayak sağlığı açısından uygun değerde sabit tutan, yarı iletken ısıtma teknolojisine ve bulanık mantık kontrollü gömülü sisteme sahip termal ayakkabı pedi gerçekleştirilmiştir. Prototip termal ayakkabı pedinde ayakkabının bulunduğu ortam sıcaklığı, ayakkabının iç sıcaklığı ve ayakkabının içindeki nem bilgilerini sensörler vasıtasıyla elektriksel bilgiye dönüştürülerek mikro denetleyiciye aktarılır. Mikro denetleyiciye gömülen bulanık mantık yazılımı ile giriş bilgilerine uygun çıkış silikon ısıtıcıya aktarılır. Bu sayede ısıtıcıya uygulanan gerilimin PWM görev çevrim oranı kontrol edilmektedir.

Bulanık mantık yöntemi kural tabanında; ayakkabı iç sıcaklığı, ayakkabı dışı ortam sıcaklığı, ayakkabı içindeki nemin yüzde oranı ve PWM görev çevrimi oranı bulunmaktadır. Bulanık mantık kontrollü gömülü sistemden ayrı olarak kullanıcı termal ayakkabı pedi sıcaklığını uzaktan kumanda ile istenen sıcaklıkta sabit tutabilmektedir.

Ayak tabanı kan dolaşımının en hassas bölgelerinden biridir. Vücudun iki uç noktasından bir tanesi ayak, diğeri ise ellerdir. Parmak uçlarında incelen damarlar dış ortamlardan çok çabuk etkilenmektedir. Soğuk havalarda donma bu uç noktalardan başlamaktadır. Ayaklar, yer küreye temas eden en yakın organdır. Bu sebeple ortamın ısısından çok çabuk etkilenebilmektedir.

Vücut ısısı korunması için öncelikle ortam sıcaklığının korunması gerekir. Kışlık ayakkabı tabana yerleştirilecek olan termal ayakkabı pedi ile ayakucu bölgesinin sıcaklığı bulanık mantık yöntemi ile kontrol edilir.

Tasarım aşamasında ısıya en az duyarlı olan topuk bölgesine şarj edilebilir batarya yerleştirilmiştir. Basıncın en az olduğu bölge olan aya kısmına elektronik kontrol devresi yerleştirilmiştir. Damarların inceldiği ve ısıya en fazla duyarlı ayakucu bölgesinde yarı iletken teknolojisi ile üretilen esnek ısıtıcı kullanılmıştır.

BÖLÜM 4

4. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Termal ayakkabı pedi tasarımı ve bulanık mantık ile sıcaklık kontrol sistemleri üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur. Aşağıda bu çalışmaların bazılarından kısaca bahsedilmiştir.

Işık H. , ve ark. (2007) çalışmalarında ayakkabı tabanına yerleştirdikleri batarya, ısıtıcı ve elektronik kontrol devresi ile taban sıcaklığını bulanık mantık kullanarak kontrol edilmektedir. Nem, iç ve dış sıcaklık bilgileri girilerek ısıtıcı PWM görev çevrimi oranı kontrolü sağlanmaktadır. Ayakkabı taban sıcaklığını kontrol eden sistem bulanık mantık kural tabanına uygun çıkış verebilmektedir.

Işık H. (2005) çalışmasında şeker hastalığından veya başka bir hastalık sebebiyle ayakları üşüyen hastalar için bir termoelektrik ayakkabı tasarımı gerçekleştirmiştir. NTC sıcaklık algılayıcısı ile geri beslemeli analog elektronik devre tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Newton J.M. ,ve ark (1957). , bu çalışmalarında -18,5 ^{o}C ısıya maruz kalan parmakların fonksiyonları ve deri sıcaklığına etkisi incelenmiştir.

Güler İ. , ve ark. (2000). , bu çalışmalarında diş protezi işlemlerinde kullanılmak üzere mikro denetleyici tabanlı elektronik devre tasarlamıştır. Isıtıcı, kompresör ve valf kontrolü 16C64 ile sağlanmıştır. Isı ve zaman kontrolü klavyeden girilen değerde otomatik olarak sabitlenmiştir.

Yasin F. , ve ark. (2004). , bu çalışmalarında Altera FPGA ile endüstriyel alanda bulanık mantık ısı kontrolü uygulaması gerçekleştirmiştir. Sistemi; bulanıklaştırma, çıkarım, dahil etme ve durulaştırma adı verilen 4 ana bölümden oluşturmuştur. Bulanık mantıkta yaygın kullanılan Mamdani metodu kullanılmıştır. Modelin test sonuçları ile simülasyon sonuçları incelenmiştir.

Zhiqiang Gao ve ark. (2002). , bu çalışmalarında endüstriyel sıcaklık düzenlemelerinde geleneksel kullanılan kapalı çevrim kontrol sistemlerinin

geliştirilmesini sağlamışlardır. Basit kural tabanlı bir bulanık mantık sistemi entegrasyonu ile kapalı çevrim kontrol sistemlerinin cevap veremediği durumlarda sistemin ısısını otomatik sabitleyen ısıtma sistemi gerçekleştirmişlerdir.

Provins K.A., ve ark. (1960). , bu çalışmalarında farklı sıcaklıklarda soğuğa maruz bırakılan işaret parmağı ve deri yüzeyinde oluşturduğu sakıncaları incelenmiştir. Soğuma nedeniyle parmakta oluşan his kaybı, uyuşukluk ve dokunsal farkındalık etkisi tespit edilmiştir.

Kaur G., ve ark. (2005). , bu çalışmada bulanık mantık denetleyicisi belli sıcaklık aralığında iklim koşullaması yapması öngörmüştür. Intel 8031 mikro denetleyicisi ile bulanık mantık denetleyicili oda sıcaklık kontrolü sağlamıştır. Geleneksel PID kontrolörüne karşı avantajları incelenmiştir.

Cobb J. , ve ark. (2001). , bu çalışmada şeker hastaları için üretilmiş bir ayakkabıya doppler sensör yerleştirilerek, kan akışına olan etkisi incelenmiştir. Ayakları ısıtmanın şeker hastaları için rahatlatıcı bir etkisi olduğu söylenmektedir.

Kuklane K. , ve ark. (2000), çalışmalarında, ayak tabanı ısıtıldığında bu sıcaklığın ayak deri yüzey sıcaklığına olan etkisi incelenmiş ve ayak tabanının ısıtılmasının faydası vurgulanmış ve uygun ayak sıcaklığı tespit edilmiştir.

Kuklane K. , ve ark. (1999), Bu çalışmada ayak tabanının ısıtılmasının faydasından bahsedilip, normal bir rezistansla ısıtılmış bir ayakkabının üzerinde Avrupa ayakkabı standardı olan EN 344, 345, 347 testleri yapılmıştır. Uygun ayak ısısı tespit edilmiştir.

Kuklane K. ve ark. , (1998), Bu çalışmada soğuk havalarda ayak tabanının ısıtılmasının önemi vurgulanmış ve ayakkabı yalıtımının ısı kaybına olan etkisi incelenmiştir.

Haupl P. , ve ark. (1983), Bu çalışmada hijyeniklik ve tasarım yönünden ayak tabanının ısıtılmasının üzerine bir çalışma yapılmıştır.

Kuwamoto M, ve ark. (1980), Bu çalışmada ayak tabanındaki yüzey sıcaklığı ve ortam sıcaklığı arasındaki ilişki incelenmiş ve ideal ayak sıcaklığı tespit edilmiştir.

BÖLÜM 5

5. MATERYAL VE METOT

5.1. MATERYAL

Gerçekleştirilen termal ayakkabı pedinde ayak tabanı sıcaklığı mikro denetleyicili bulanık mantık modelli elektronik devre yardımıyla kontrol edilmiştir. Nem, iç ve dış sıcaklık bilgileri sisteme giriş yapılarak çıkışta bulunan ısıtıcının gerilim değeri PWM görev çevrim oranı değiştirilerek kontrol edilmiştir. Sistem; ısıtıcı, algılayıcılar, elektronik kontrol devresi ve sistemi besleyecek bataryadan oluşmaktadır. Proje sonunda hazırlanan kalıplarda poliüretan taban malzemesi ped haline getirilmiş ve elektronik sistem bu pedin içerisine yerleştirilmiştir.

Ortam sıcaklığı, LM35 analog ısı sensörü ile algılanarak gerilim haline dönüştürülmüştür. National firmasına ait LM35 sıcaklık sensörü yarı iletken teknolojisi sayesinde ortam ısısını elektriksel değere dönüştürmektedir. Besleme girişleri ve bir analog çıkışa sahiptir. Çıkış gerilimi lineer karakteristikli ve ^{o}C başına 10mV artış sağlamaktadır. -55 ^{o}C ila +150 ^{o}C aralığında çıkış verebilmektedir. Ayakkabı dışına sıvı nem ve darbeden korunacak şekilde montajı sağlanmıştır.

İç sıcaklık ve nem bilgisi için SHT11 sıcaklık ve rutubet sensörü tercih edilmiştir. SHT11, Sensirion firmasına ait sayısal çıkış veren sıcaklık ve bağıl rutubet sensörüdür. SHT11 içinde 14 bitlik AD dönüştürücü ve seri haberleşme ünitesi vardır. Algılama sonucu seri haberleşme birimi ile iki kablo üzerinden mikro denetçiye sayısal olarak iletilir. Sıcaklık değeri 14 bit çözünürlükte (varsayılan değerdir, istendiğinde 12 bit seçilebilmektedir) , bağıl rutubet değeri ise 12 bit çözünürlükte (varsayılan değerdir, istendiğinde 8 bir seçilebilmektedir) mikro denetçiye iletilmektedir. -40 °C ile +128 °C sıcaklıkları arasında ± 0.5 °C hata ile sıcaklık ölçümü, ± % 3.5 hata ile de bağıl rutubet ölçümü yapabilmektedir.

Tablo 5–1. Kullanılan Makine Teçhizatların Özellikleri:

Malzeme Adı	**Özellikleri**
LM35 Sıcaklık Sensörü	Çalışma Gerilimi : +3,2V … +30V Çıkış Gerilimi : +10.0mV/^{o}C Sıcaklık Aralığı : -55^{o}C ila +150^{o}C
Lityum Polimer Batarya	Çıkış Gerilimi : 3,7 V Çıkış Akımı : 3400mA/h Kalınlık : 7mm Uzunluk : 7cm En : 3cm
SHT -11 Sıcaklık ve Nem sensörü	Çalışma Gerilimi : +2,4V … +5,5V Sıcaklık Çıkış Aralığı : 14bit /^{o}C Sıcaklık Aralığı : -40^{o}C ila +123^{o}C Nem çıkış : 12bit / pH Nem Aralığı : 0-100 pH
Şarj Aleti	Çıkış Gerilimi : 3,7V DC Çıkış Akımı : 900mAh DC Çalışma Gerilimi : 220V AC 50Hz
Isıtıcı	Çalışma Gerilimi : 3,7V DC Çalışma Akımı : 500mAh Ebatlar : 2mmx12cmx7cm Sıcaklık Çıkışı : +50^{O}C Esnek yapı - Silikon ısıtıcı
CC1000	Çalışma Frekansı :300-1000MHz Çalışma Gerilimi : +3,2V … +8V 76,8KBaud FSK Miliwatt Güç tüketimi
Pic16F685	İşlemci Hızı : 10 MIPS Çalışma Frekansı : 31 KHz – 20 MHz Program Hafızası : 4 Kb RAM :256 Byte ADC 12ch 18 pin IO
MCP73832	Çalışma Gerilimi : 4V-5V DC Şarj Akımı : 900mAh Giriş Gerilimi : 5V DC Çıkış Gerilimi : 4,2V DC

Tasarımda kullanılan elektronik malzemelerin teknik detayları Tablo 5–1 de gösterilmiştir.

5.1.1. Yarı iletken Isıtıcı

Isıtıcı olarak silikon yapılı esnek ısıtıcılardan faydalanılmıştır. Bu ısıtıcılar sayesinde düşük güç sarfiyatı ve yapısal esneklik kazandırılmıştır. 340mA lik maksimum güç tüketimi ile 50^{o}C ye kadar ısı artışı sağlayabilmektedir. Çalışma geriliminin de düşük olması sebebiyle sistemi besleyecek batarya seçimini etkilemiştir.

Geleneksel rezistans yapılı ısıtıcılar üzerinden geçen elektrik akımına direnç gösterirler ve bu sayede ortama ısı yayarlar. Yapıları tel şeklinde olduğu için esneme payları azdır, darbe uygulandığında kırılırlar. Çektiği akım ortalama 12W ısıtıcı rezistans için 3.7V besleme ile yaklaşık 3 amper civarındadır. Bu, giyilebilir sistemlerde görülen en önemli dezavantajdır. Peltier etkisinden etkilenilerek üretilen peltier ısıtıcılar da denenmiş ve 12V ile beslenen bir peltierin 600mA akım çektiği gözlenmiştir. Sistemin en önemli özelliğinin giyilebilir olması sebebiyle peltier ve geleneksel rezistans ısıtıcı yapılarında besleme sorunu ortaya çıkmaktadır.

Yarıiletkenlerin çok fazla çeşitleri ve özellikleri mevcuttur. Bunların kullanım alanları o kadar geniştir ki yarıiletkenlerin kullanılmadığı alan kalmamıştır. Dünyada son yıllarda ısı enerjisini direkt elektrik enerjisine dönüştürme ve elektrik enerjisini direkt ısı enerjisine çevirmek gibi problemler ile ilgili yarıiletkenlerin termoelektrik özelliklerinin araştırılması ağırlık kazanmıştır. Ayrıca yarıiletkenlerin termoelektrik özelliklerinin araştırılması yarıiletken fiziğinin temel araştırmalarından olup bu bilim dallarının gelişmesi açısından da önem taşımaktadır. Termoelektrik yarıiletkenler şu anda bile en çok kullanım alanına sahip oldukları ve ileride bu malzemelerin daha çok kullanılacağı bilinmektedir. Bu nedenlerden dolayı yarıiletkenlerin elde etme teknikleri üzerindeki çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Gündemde olan diğer bir araştırma konusu ise kulanım alanını genişletecek yüksek performanslı termoelektrik yarıiletkenlerin elde edilmesidir.

Soğutma ve ısıtma teknolojisindeki talepler doğrultusunda, son yıllarda manyetokalorik etki gösteren malzemeler üzerine yapılan çalışmalar hızla artmıştır. Manyetokalorik etki manyetik soğutma teknolojisinin temelini oluşturması

nedeniyle, günümüzde büyük önem kazanmıştır. Manyetik soğutucular, az enerji tüketmeleri, yüksek verime sahip olmaları ve çevre dostu olmaları gibi özelliklerinden dolayı geniş kullanım alanları bulabilecek bir soğutma teknolojisidir. Manyetokalorik etki uygulanan manyetik alanın oranına bağlı olarak, manyetik malzemenin sıcaklığında meydana gelen değişimdir. Adiyabatik (eş-entropi) durumda bulunan ferromanyetik bir malzemenin üzerine manyetik alan uygulandığında malzemenin sıcaklığı artar, manyetik alan kaldırıldığında ise malzemenin sıcaklığı azalır (Tishin 2003).

Manyetokalorik etkinin büyüklüğü; adiyabatik sıcaklık değişimi ya da eş-ısıl manyetik entropi değişimi ile tanımlanmaktadır. Ferromanyetik bir malzeme manyetik alana girdiğinde, alanın etkisiyle manyetik momentler düzenlenir ve bunun sonucunda manyetik entropi azalır. Adiyabatik durumda entropi sabit kalacağı için, manyetik entropideki azalma, örgü ve elektronik entropisinde artışa neden olur. Örgü ve elektronik entropisindeki bu artışın sonucunda atomlar, daha büyük genlikte titreşimler yaparlar ve malzemenin sıcaklığında artış olur. Manyetik alan kaldırıldığı zaman ise, manyetik momentler eski düzensiz durumlarına geri dönerler. Örgü entropisinin azalması, malzemenin soğumasına neden olur. Üstün manyetokalorik etki gösteren $Tb_5Si_2Ge_2$ alaşımına bazı geçiş elementleri katkılanarak, yeni oluşan alaşımların faz geçişleri, Curie sıcaklıkları ve manyetik entropi değişimleri incelenmiştir. $Tb_5Si_{1-x}Ge_{1-x}$ R_{2x} (R = Fe, Mn) alaşımları $2x$ = 0, 0.05, 0.08, 0.1 kompozisyonlarında hazırlanmıştır. Bütün alaşımlar, alaşımları oluşturan elementlerin argon atmosferi altında ark fırınında, su soğutmalı bakır pota içinde ergitilmesi ile ede edilmiştir. X-ışını toz kırınım deneyleri, $CuK\alpha_{1,2}$ hedefli Rigaku D-Max 2200 modelindeki toz kırınım difraktometresinde yapılmıştır. 3K–350K aralığındaki sıcaklığa bağlı mıknatıslanma ve 0–5T aralığındaki manyetik alana bağlı mıknatıslanma ölçümleri ise Quantum Design PPMS cihazı ile yapılmıştır. X-ışını kırınım deneyleri sonucunda, Si ve Ge atomlarının yerine Mn ve Fe atomları girdikçe, birim hücre hacimlerinde değişim gözlemlenmiştir. Katkılanan Mn ve Fe atomları, Curie sıcaklığında keskin bir değişime neden olmamıştır. Katkılanan Fe ile manyetokalorik etkinin uygulamaya yönelik bir problemi olan histerisis kayıpları azaltılmıştır ve manyetokalorik etkinin büyüklüğünü korunmuştur (Morellon L. 2001).

Bileşik yarıiletken filmler farklı yöntemlerle elde edilmektedir. Bu çalışmada, bu yöntemlerden biri olan spray pyrolysis yöntemi incelenmiştir. Elde edilen filmlerin fiziksel özellikleri değişik elde etme parametrelerine bağlı olduğu görülmektedir. Bu yöntemle elde edilen filmler polikristal yapıda oluşmaktadır. Bu yöntemin çok kullanılmasının nedeni basit ve ekonomik bir yöntem olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle spray pyrolysis yöntemi ile film elde edilmesine ilgi artmaktadır. CdZnS filmleri 275^0C taban sıcaklığında ve hazırlama parametrelerinden bazıları değiştirilerek elde edilmektedir (Minco Corp. 2004).

5.1.2. Lityum Polimer Batarya

Batarya olarak 3,7V 3400mA lik lityum polimer batarya kullanılmıştır. Yapılarının esnek ve ince olması sebebiyle 13W lık güce sahip bu bataryalardan kullanılmıştır. Termal ayakkabı pedinin topuk kısmına yerleştirilecek ölçülerde özel olarak üretilmiştir. Kullanılan bataryanın diğer bir özelliği ise şarj edilebilir olmasıdır. 13Wlık gücü ile günlük sürekli kullanımda sistemi 10 saat besleyebilmektedir. 4 saatlik şarj ile tekrar 13W lık güce sahip olabilmektedir. Gerçekleştirilen elektronik devrede şarj girişi sayesinde, termal ped kullanılmadığı durumlarda 220V AC / 3,7V DC şarj aleti ile şarj edilmesine olanak sağlanmıştır.

Lityum polimer bataryalar yapısal esnekliğe sahiptir. Boyutlarının ince olmasına karşın yüksek güç verebilmekte ve şarj edilebilirliği sayesinde defalarca kullanılabilmektedir. Ayrıca, EN standartlarına göre ayakkabı ağırlığı dikkate alındığında enerji kaynağının ağırlığı da bu noktada önem kazanmaktadır.

Kullanılan elektrolitik içeriği açısından lityum-polimer piller diğer pillerden farklılıklar gösterir. 1970'lerde ilk yapılan tiplerinde katı polimer elektrolitik kullanılıyordu. Bu plastiğe benzer film tabakasından oluşan elektrolit elektriği iletmiyor ama iyon (elektrikle yüklenmiş atomlar veya atom gurupları) değişimine izin veriyordu. Bu çözüm daha önceleri kullanılan elektrolite bandırılmış süngerimsi ayırıcının yerini aldı.

Kuru polimer tasarımının üretim, dayanıklılık, güvenlik ve boyutların küçültülmesinde bir sürü kolaylıklar getirdiğini kolaylıkla söyleyebiliriz. 1mm kadar

inebilen hücre kalınlığı ile artık tasarımcılar cihazlarında pillerin ne şekilde olacağı ve nasıl yerleştirecekleri konusunda kafa yormaktan kurtulduklarını rahatlıkla söyleyebiliriz.

Ama yaşamın kurallarını bilirsiniz, hiçbir şey karşılıksız değildir ve bu kural da burada o kadar kolaylıktan sonra karşımıza kötü iletkenlik olarak çıkıyor. Polimer piller ne yazık ki günümüzün modern iletişim cihazlarının ve taşınabilir bilgisayarların gerektirdiği ani yüksek akım gereksinmelerine yüksek iç dirençleri nedeni ile cevap veremiyorlar. Pilin çalışma ısısını 60°C' çıkarmak iç direncin azalmasına etkili oluyor ama kabul edersiniz ki elinizde ya da cebinizde bu kadar sıcak bir şeyi taşımak size fazla güven vermeyecektir.

Bu sorunu aşmak için zamanla pillerin içinde jöleleştirilmiş elektrolitler kullanılmaya başlandı. Bu gün piyasada bulunan pil hücrelerinde polietilen veya poliüretandan yapılan süngersi ayırıcılar kullanılıyor. Bu süngersi yapının içi polimer ile dolduruluyor ve polimer hücrenin içine elektrolitik doldurulduğunda onu emerek jöle haline geliyor. Kimyasal olarak sıvı elektrolit kullanan piller ile jöle kullananlar arasında hiç bir farklılık yoktur.

Lityum-iyon-polimer piller günümüze kadar yapılan araştırmalarda hala elde edilebilen güç olarak lityum-iyon pillerin gerisinde kalmakta ve bu nedenle kullanımı ancak çok ince yapılı pillerin gerektiği kullanım sahaları ile sınırlı kalıyor. Sistemimizde de kullanılacak yer ayak tabanı altı olması ve esnek olması gerektiği için lityum polimer batarya kullanımı uygun görülmüştür. Devre donanımı 3.7V volt gerilim 3400mA akıma sahip batarya uygun görülmüştür. Bu özelliklere uygun olarak üretici firmalar ile görüşülecektir.

5.1.2.1.Üstünlükleri

- Çok ince bir kesit - günümüzde bir kredi kartının içine konabilecek kalınlığa inilebilindi.

- Esnek fiziki yapı - üreticiler artık standart pil yapıları (silindirik, kübik, AA, AAA) ile sınırlı değiller, eğer üretilecek sayı yüksek ise her şekilde pili ekonomik olarak üretmek olası.
- Hafif - jöle elektrolitler sıvı elektrolitlerin gerektirdiği güvenli metal kutu gereksinimi ortadan kaldırarak basit bir hale getiriyor.
- Gelişmiş güvenlik - fazla şarja daha dayanıklı; elektrolit sızıntısı yapmıyor

5.1.3. CC1000 RF Alıcı-Verici

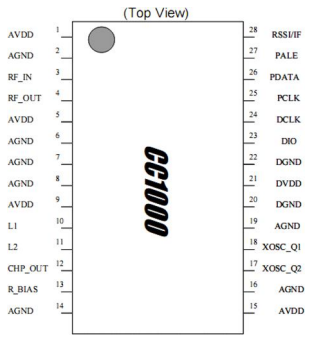
Sistemin kullanıcı tarafından kontrolü için uzaktan kumanda sistemi geliştirilmiştir. Bu sayede eğer kullanıcı isterse sıcaklık değerini kumandadan artırıp azaltarak kendi istediği sıcaklık değerinde sabitleyebilmektedir. Uzaktan kumanda modülü için CC1000 radyo frekans entegresi kullanılmıştır. Kolay kullanımı sayesinde şifreli bilgiler kumandadan termal ayakkabı pedine radyo dalgaları aracılığıyla aktarılmaktadır. Termal ayakkabı pedinde bulunan alıcı sayesinde bu bilgiler alınarak yorumlanır ve ısıtıcının PWM oranı kontrol edilmektedir.

CC1000, çok düşük çalışma gerilimi ve gücü gerektiren kablosuz veri iletimi uygulamaları için tasarlanmış, gerçek manada tek parça olan, bir UHF alıcı-verici (transceiver) yongasıdır (chip). Söz konusu yonga, aslen ISM (Industrial, Scientific and Medical/ Endüstriyel, Bilimsel ve Tıbbi) ve SRD (Short Range Device/ Kısa Menzilli Cihaz) uygulamaları için ayrılmış olan 315, 433, 868 ve 915 MHZ frekans bantları için tasarlanmıştır. 300–1000 MHZ aralığında kullanılmak üzere herhangi bir frekansta çalışmak için kolaylıkla programlanabilmektedir. CC1000'in işletme parametreleri, seri veri yolu (serial bus) üzerinden programlanabilmekte bu da söz konusu yongayı son derece esnek ve kullanımı kolay kılmaktadır. Temel bir uygulama için, CC1000, birkaç pasif harici devre elemanı ve bir mikro denetleyici yeterli olmaktadır.

5.1.3.1.Özellikleri

- Tek parça halinde UHF RF (Radio Frequency) alıcı-verici
- Çok düşük akım sarfiyatı
- 300–1000 MHZ frekans aralığı
- Dahili bit eş zamanlayıcısı (bit synchronizer)
- Yüksek alma hassasiyeti (2,4 KBaud için -110 dBm)
- Programlanabilir çıkış gücü (-20 dBm – 10 dBm)
- Küçük boyut (TSSOP–28 Kılıf)
- RSSI (Radio Signal Strength Indicator) çıkışı
- Tek noktadan anten bağlantısı (Alıcı ve Verici için ortak)
- 76,8 KBaud'a kadar FSK

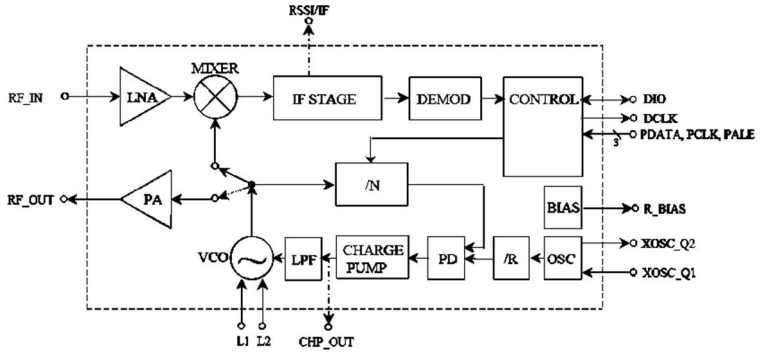
5.1.3.2.Bacak Bağlantıları



Şekil 5–1. CC1000 Üstten Görünüş

5.1.3.3.Devre Tanımlaması

CC1000'e ait basitleştirilmiş blok devre yapısı Şekil 5-2' deki gibidir. Blok gösterimde sadece sinyal bacakları gösterilmiş, besleme bacaklarına yer verilmemiştir.



Şekil 5–2. CC1000 Blok Şeması

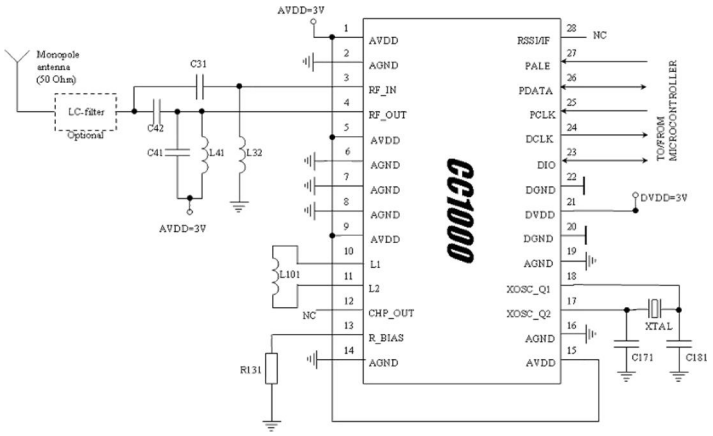
CC1000, alıcı olarak koşullandığında klasik bir süper heterodin (super heterodyne) alıcı gibi davranmaktadır. Antenden gelen RF sinyalleri (RF_IN) düşük gürültülü yükselteç (LNA, Low Noise Amplifier/ Düşük Gürültülü Yükselteç) tarafından yükseltilerek mikser katına (MIXER) gönderilmekte, mikserde lokal (yerel) osilatör tarafından üretilen sinyal ile çarpılarak ara frekans sinyali (IF, Intermediate Frequency/ Ara Frekans) elde edilmektedir. Mikser katının çıkışındaki ara frekans sinyali, ara frekans katına (IF Stage) aktarılmakta, burada yükseltilmekte ve filtre edilmektedir. Elde edilen filtrelenmiş ve yükseltilmiş ara frekans sinyali bir sonraki kat olan demodülatör (DEMOD) gönderilmekte, burada sayısal olarak demodülasyona tabi tutulmaktadır. Alınan sinyalin demodülasyonu işlemi ile beraber eş zamanlama bilgisi de elde edilmekte ve netice itibariyle elde edilen veri ile eş zamanlama verisi, CC1000' in DIO (Data Input-Output/ Veri Giriş-Çıkış) ve DCLK (Data Clock/ Veri Saat) bacaklarına aktarılmaktadır.

CC1000, verici olarak koşullandığında zaman ise VCO (Voltage Controlled Oscillator/ Gerilim Kontrollü Osilatör) tarafından üretilen sinyal doğrudan güç yükseltecine (PA, Power Amplifier) aktarılmaktadır. Bu arada, VCO tarafından üretilen sinyalin frekansını belirleyen PLL' e (Phase Locked Loop/ Faz Kilitlemeli Çevrim) ait /N bölücüsünün değeri, DIO bacağından gelen ve kablosuz olarak iletilmek istenen veriye (1/0) göre değiştirilmektedir. Bu da VCO tarafından üretilen sinyalin frekansının, DIO' dan gelen veriye göre değişmesini sağlamakta, netice itibariyle güç yükseltecine, DIO bacağındaki veriye göre FSK modülasyonuna tabi tutulmuş olan bir RF sinyali (RF_OUT) iletilmektedir.

CC1000 yongası, programlanabilir yazmaçları sayesinde biçimlendirilmektedir. Belirlenen değerlerin yazmaçlara aktarılması veya yazmaçların değerlerinin okunması işlemleri 3 telli seri ara yüz üzerinden, PDATA, PCLK ve PALE bacakları kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

5.1.3.4.Temel Uygulama Devresi

CC1000 yongasının çalıştırılabilmesi için, az miktarda pasif devre elemanı yeterli olmaktadır. Şekil 5-3' de CC1000' e ait kullanım kılavuzunda yer alan örnek uygulama devresi gösterilmiştir.



Şekil 5–3. CC1000 Temel Uygulama Devresi

L101 bobini CC1000' de dâhili olarak bulunan VCO' nun tek ayrık elemanıdır. Bu elemanın, gerçekleştirilecek uygulama devresi üzerindeki yeri, istenmeyen frekansların oluşumunun önlenmesi açısından önem arz etmektedir. L101 bobini, söz konusu yonganın L1 ve L2 bacaklarına olabildiğince yakın ve simetrik olarak yerleştirilmelidir. Ayrıca yukarıdaki tipik uygulama devresi üzerinde gösterilmeyen ancak uygulamada bulunacak olan beslemeye ait dekuplaj kondansatörlerinin ve filtrelerinin kullanılması, istenen verimin elde edilmesi açısından çok önemlidir.

Termal ayakkabı pedi gerçekleştirilirken CC1000 yongasının üreticisi olan Chipcon firmasının bu konudaki tavsiyelerinin ve örneklerinden faydalanılmıştır.

5.1.4. Şarj Ünitesi

Lityum polimer yapılı bataryaların şarj gerilimleri hassas devreler gerektirmektedir. Microchip firmasına ait 900mA/h şarj kapasiteli MCP73832 şarj kontrol entegresi, basit yapısı sayesinde şarj ünitesi olarak sisteme entegre edilmiştir. Şarj aleti olarak Nokia marka cep telefonu şarj aletlerine uygun soket girişi konulmuştur. Böylelikle cep telefonu ve termal ayakkabı pedi için pratik kullanım sağlanmıştır.

5.1.5. Mikro denetleyicili Devre

Sistemin kontrolü için 8Bit CMOS mimari yapılı, 10bit ADC ve dijital giriş çıkış birimlerine sahip Microchip firmasına ait 16F685 mikro denetleyicisi tercih edilmiştir. Giriş değerleri yorumlandıktan sonra ısıtıcı gerilimi mikro denetleyiciye bağlı mosfetli sürücü devre yardımıyla ayarlanmaktadır. Çıkış olarak verilen PWM oranı mosfetin gate ucunu tetikleyerek Drain ucundan akan akımın kısılıp açılmasını sağlamaktadır. Bu sayede ısıtıcı uçlarına düşen gerilim kontrol edilmiştir.

Gerçekleştirilen termal ayakkabı pedinde batarya, elektronik kontrol devresi, algılayıcılar ve ısıtıcı poliüretan ped içerisine monte edilerek muhafazası sağlanmıştır. Isıtıcı sıcaklığı için mosfetli PWM sürücü devresi gerçekleştirilmiştir. Girişten alınan sıcaklık ve nem bilgileri bulanık mantık yöntemi ile PWM oranı hesaplanmaktadır. PWM oranı değişimi mikro denetleyici vasıtasıyla sağlanmaktadır. Kullanıcı isterse radyo frekanslı uzaktan kumanda ile istediği sıcaklığa sabitleyebilmektedir.

Gerçekleştirilen elektronik donanım Santez projesi kapsamında seri üretime hazır hale getirilmiştir. PCB gerber dosyaları hazırlanarak fabrikasyon pcb üretilmiştir. Devre malzemeleri SMD dizgi işlemi ile el değmeden otomatik olarak montaj lehimleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Elektronik devre tasarımından sonra pedi oluşturacak poliüretan çalışmaları yapılmıştır.

5.2. METOT

5.2.1. Bulanık Mantık Verileri

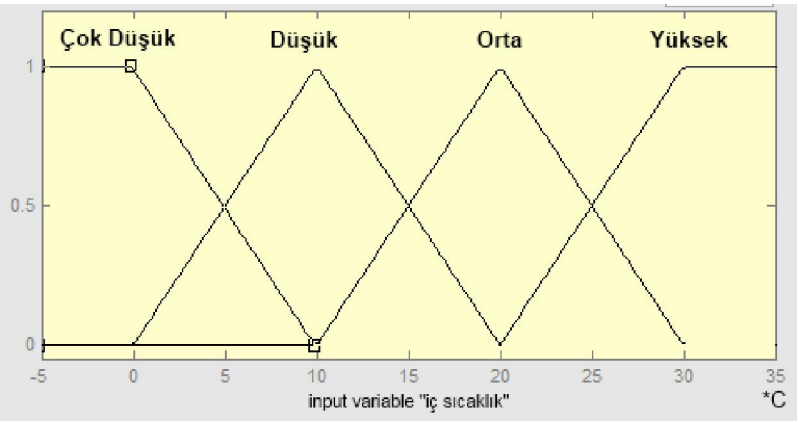
Sistemde kullanılan kural tablosu ayakkabı iç sıcaklığının insan vücut sıcaklığını koruyacak şekilde hazırlanmasına özen gösterilmiştir. Sistem tasarımında ayakkabı içinden ölçülen sıcaklık çok düşük, düşük, orta ve yüksek olmak üzere 4 dilsel ifade ile belirtilmiştir. Dış ortam sıcaklığı ise düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 adet dilsel ifade ile, bağıl nem oranı ise düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 adet dilsel ifade ile açıklanmıştır. Bu yüzden kural tablosunda 36 adet kural tanımlanmıştır. Çıkış ise çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olmak üzere 5 dilsel ifade ile açıklanmıştır. Sistemde kullanılan kural tablosu girişlerin çarpımı 4*3*3=36 olması sebebiyle 36 adet tanımlanmıştır. Hazırlanan kural tablosu Tablo 5-2' deki gibidir.

Tablo 5–2. Termal Ayakkabı Pedi Kural Tablosu

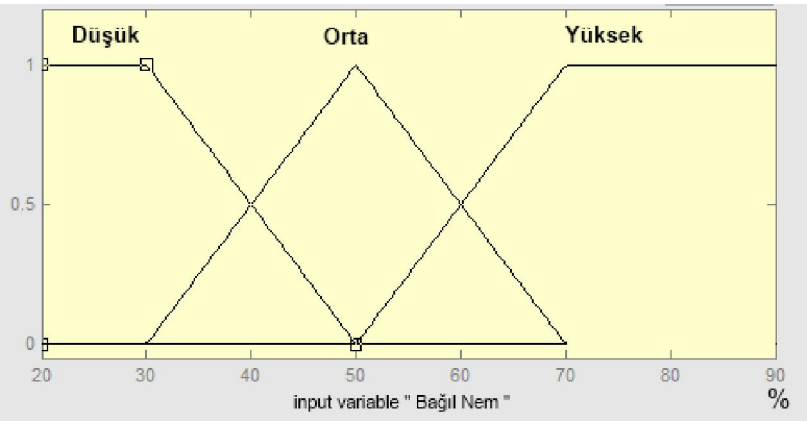
Kurallar	**Girişler**			**Çıkış**
	Ayakkabı İçinin Sıcaklığı	**Dış Ortam Sıcaklığı**	**Ayakkabı İçinin Bağıl Nemi**	**PWM Oranı**
1	Çok Düşük	Düşük	Düşük	Çok
2	Çok Düşük	Düşük	Orta	Çok
3	Çok Düşük	Düşük	Yüksek	Çok
4	Çok Düşük	Orta	Düşük	Yüksek
5	Çok Düşük	Orta	Orta	Yüksek
6	Çok Düşük	Orta	Yüksek	Çok
7	Çok Düşük	Yüksek	Düşük	Orta
8	Çok Düşük	Yüksek	Orta	Orta
9	Çok Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
10	Düşük	Düşük	Düşük	Orta
11	Düşük	Düşük	Orta	Yüksek
12	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek
13	Düşük	Orta	Düşük	Orta
14	Düşük	Orta	Orta	Yüksek
15	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek

16	Düşük	Yüksek	Düşük	Orta
17	Düşük	Yüksek	Orta	Orta
18	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
19	Orta	Düşük	Düşük	Orta
20	Orta	Düşük	Orta	Orta
21	Orta	Düşük	Yüksek	Orta
22	Orta	Orta	Düşük	Orta
23	Orta	Orta	Orta	Orta
24	Orta	Orta	Yüksek	Düşük
25	Orta	Yüksek	Düşük	Orta
26	Orta	Yüksek	Orta	Orta
27	Orta	Yüksek	Yüksek	Düşük
28	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
29	Yüksek	Düşük	Orta	Düşük
30	Yüksek	Düşük	Yüksek	Çok Düşük
31	Yüksek	Orta	Düşük	Düşük
32	Yüksek	Orta	Orta	Çok Düşük
33	Yüksek	Orta	Yüksek	Çok Düşük
34	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük
35	Yüksek	Yüksek	Orta	Çok Düşük
36	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Çok Düşük

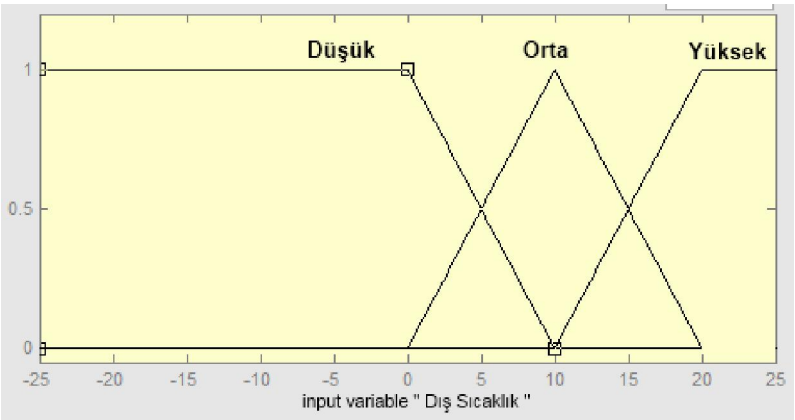
5.2.2. Bulanık Mantık Üyelikleri



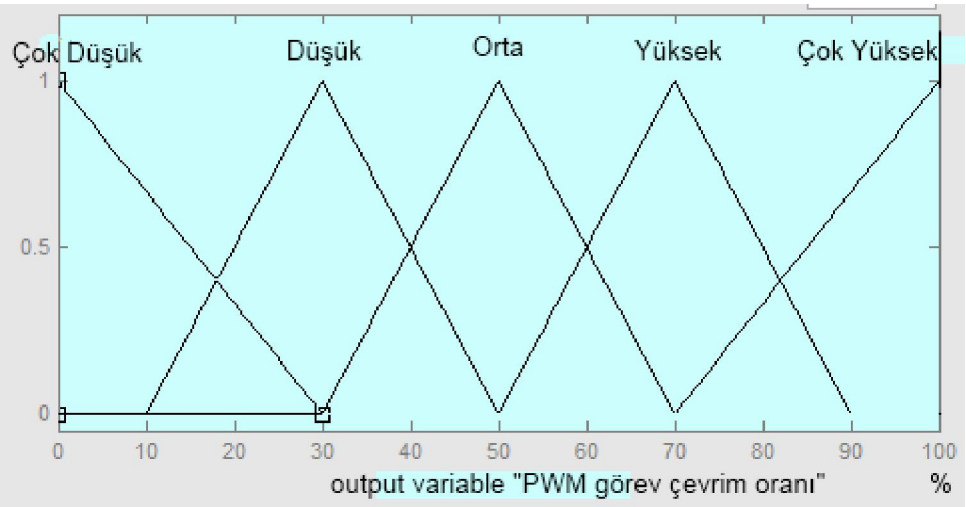
Şekil 5–4. Ayakkabı İçi Sıcaklığının Üyelik Fonksiyonu Grafiği



Şekil 5–5. Nem Üyelik Fonksiyonuna Ait Grafik



Şekil 5–6. Dış Sıcaklık Üyelik Fonksiyonuna Ait Grafik



Şekil 5–7. Çıkış PWM Duty Scyle (Görev Çevrim) Oranı Üyelik Fonksiyonuna Ait Grafik

5.2.3. Giriş ve Çıkış Fonksiyonlarına Ait Olan Üyelik Fonksiyonları

5.2.4. 1 -Giriş: Ayakkabı; İç Sıcaklığına Ait Üyelik

$$\mu_{çok\ düşük}\begin{cases} eğer -5 \le x < 0 & ise \ \ \mu = 1 \\ eğer\ 0 \le x < 10 & ise \ \ \mu = \dfrac{10-x}{10} \\ 10 \le x \le 38 & ise \ \ \mu = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{düşük}\begin{cases} eğer \ \ -5 \le x < 0 & ise \ \ \mu = 0 \\ eğer \ \ -0 \le x < 10 & ise \ \ \mu = x/10 \\ eğer \ \ 10 \le x < 20 & ise \ \ \mu = \dfrac{20-x}{10} \\ eğer \ \ 20 \le x \le 38 & ise \ \ \mu = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{orta}\begin{cases} eğer -5 \le x < 10 & ise \ \ \mu = 0 \\ eğer\ 10 \le x < 20 & ise \ \ \mu = \dfrac{x-10}{10} \\ eğer\ 20 \le x < 30 & ise \ \ \mu = \dfrac{30-x}{10} \\ eğer\ 30 \le x \le 38 & ise \ \ \mu = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{yüksek}\begin{cases} eğer -5 \le x < 20 & ise \ \ \mu = 0 \\ eğer\ 20 \le x < 30 & ise \ \ \mu = \dfrac{x-20}{10}; \\ eğer\ 30 \le x < 38 & ise \ \ \mu = 1 \end{cases}$$

5.2.5. 2 – Giriş : Dış Ortam Sıcaklığına Ait Üyelik

$$\mu_{düşük}\begin{cases} eğer\ -25 \le x < 0 & ise \quad \mu = 1; \\ eğer\ 0 \le x < 10 & ise \quad \mu = \dfrac{10-x}{10} \\ 10 \le x \le 25 & ise \quad \mu = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{orta}\begin{cases} eğer -25 \le x < 0 & ise\ \mu = 0 \\ eğer\ 0 \le x < 10 & ise\ \mu = \dfrac{x}{10}; \\ eğer\ 10 \le x < 20 & ise\ \mu = \dfrac{20-x}{10} \\ eğer\ 20 \le x \le 25 & ise\ \mu = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{yüksek}\begin{cases} eğer\ -25 \le x < 10 & ise.....\mu = 0 \\ eğer\ 10 \le x < 20 & ise\ .....\mu = \dfrac{x-10}{10} \\ eğer\ 20 \le x \le 25 & ise..... \mu = 1 \end{cases}$$

5.2.6. 3- Giriş: Ayakkabı İçi Bağıl Neme Ait Üyelik

$$\mu_{düşük} = \begin{cases} 0 < x < 30 & için \quad \mu = 1 \\ 30 \le x < 50 & için \quad \mu = \dfrac{50-x}{20} \\ 50 \le x \le 100 & için \quad \mu = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{orta} = \begin{cases} 0 \le x < 30\ için & \mu = 0 \\ 30 \le x < 50\ için & \mu = \dfrac{x-30}{20} \\ 50 \le x < 70\ için & \mu = \dfrac{70-x}{20} \\ 70 \le x \le 100 & \mu = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{yüksek} = \begin{cases} 0 \le x < 50 & için & \mu = 0 \\ 50 \le x < 70 & için & \mu = \dfrac{x-50}{20} \\ 70 \le x \le 100 & için & \mu = 1 \end{cases}$$

5.2.7. 1-Çıkış: Yarı iletken Isıtıcı PWM Oranına Ait Üyelik

$$\mu_{çok\ düşük} = \begin{cases} eğer\ 0 \le x < 30\ ise & \mu = \dfrac{30-x}{30} \\ eğer\ 30 \le x < 100\ ise & \mu = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{düşük} = \begin{cases} eğer\ 0 \le x < 10 & ise.....\mu = 0 \\ eğer\ 10 \le x < 30 & ise.....\mu = \dfrac{x-10}{20} \\ eğer\ 30 \le x < 50 & ise.....\mu = \dfrac{50-x}{20} \\ eğer\ 50 \le x \le 100 & ise.....\mu = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{orta} = \begin{cases} eğer\ \ 0 \le x < 30 & ise.....\mu = 0 \\ eğer\ \ 30 \le x < 50 & ise.....\mu = \dfrac{x-30}{20} \\ eğer\ \ 50 \le x < 70 & ise.....\mu = \dfrac{70-x}{20} \\ eğer\ \ 70 \le x \le 100 & ise.....\mu = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{yüksek} = \begin{cases} eğer\ \ 0 \le x < 50 & ise.....\ \mu = 0 \\ eğer\ \ 50 \le x < 70 & ise.....\ \mu = \dfrac{x-50}{20} \\ eğer\ 70 \le x < 90 & ise.....\mu = \dfrac{90-x}{20} \\ eğer\ \ 90 \le x \le 100 & ise.....\mu = 0 \end{cases}$$

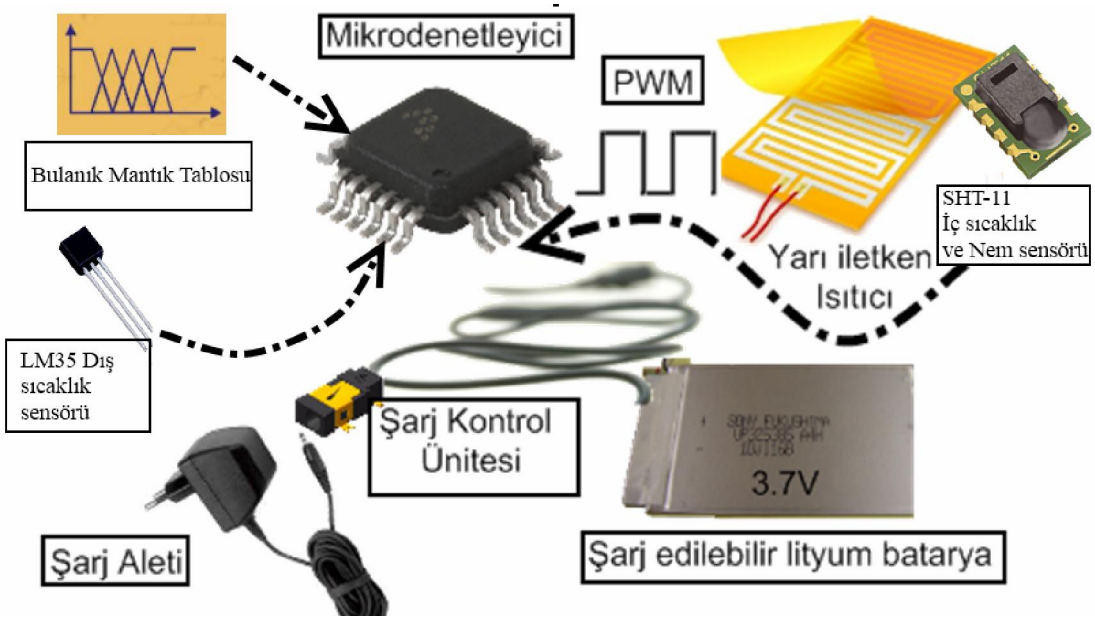
$$\mu_{çok\ yüksek} = \begin{cases} eğer\ \ 0 \le x < 70 & ise.....\ \mu = 0 \\ eğer\ \ 70 \le x \le 100 & ise.....\mu = \dfrac{x-70}{30} \end{cases}$$

BÖLÜM 6

6. SİSTEMİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Tasarlanan sistem 3 adet girişe ve 1 adet çıkışa sahiptir. Girişler ayakkabı dışındaki sıcaklık, içindeki sıcaklık ve nem değerleridir. Girilen kesin giriş değerleri program tarafından değerlendirilerek çıkıştan elde edilecek sinyalin PWM görev çevrimi belirlenmektedir. Oluşacak PWM (Darbe Genişlik Modülasyonlu) sinyalin maksimum değerde olduğu sürenin attırılması ayakkabı içinde istenen sıcaklığa ulaşılma süresinin değiştirilmesine sebep olur. Sistem olması gereken insan vücudu sıcaklığının 36,5 – 37ºC aralığında olması gerektiği göz önüne alınarak tasarlanmıştır.

Sistem genel olarak batarya, kontrol devresi, algılayıcılar ve ısıtıcıdan oluşmaktadır. Sistemin ayakkabı içerisine girecek şekilde tasarlanması amacıyla kullanılan materyaller esnek yapılı olması tercih edilmiştir. Şekil 6-1' de tasarlanan sistemin genel görüntüsü mevcuttur.

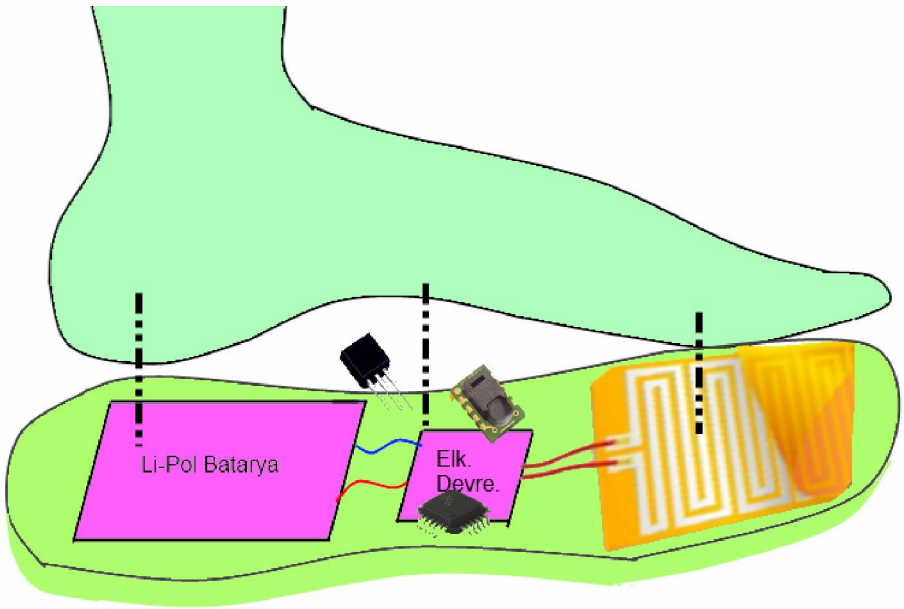


Şekil 6–1. Termal Ayakkabı Pedi Temel Tasarımı

Sistem elektronik donanım ve yazılım olmak üzere iki kısımda anlatılacaktır.

6.1. Termal Ayakkabı Pedi Elektronik Donanımı

Sistem genel olarak batarya, kontrol devresi, algılayıcılar ve ısıtıcıdan oluşmaktadır. Ayak tabanına rahatsızlık vermeyecek şekilde ortopedik yapıya uygun olarak ped oluşturulmuştur. Ayağın topuk bölgesinin parmak uçlarına nazaran daha hissiz olması sebebiyle şarj edilebilir batarya topuk bölgesine yerleştirilmiştir. Elektronik devrenin hasar görmemesi için kontrol devresi ayağın ayasına yerleştirilmiştir. Ayağın hassas ısı alan bölgesi parmak uçlarının olduğu kısma esnek yapılı silikon ısıtıcı yerleştirilmiştir. Nem ve iç sıcaklık sensörü termal ayakkabı pedinin aya kısmına denk gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Dış sıcaklık sensörü ayakkabı dışına alınmıştır. Donanımın ped yüzeyine yerleşimi Şekil 6-2' de gösterilmiştir.



Şekil 6–2. Termal Ayakkabı Pedi Elektronik Sistemin Yerleşimi

Termal ayakkabı pedi elektronik donanımın montajına uygun olacak şekilde kalıp çalışmaları yapılmış ve poliüretan malzemeden oluşturulan ped içerisine sistemi oluşturan batarya, devre, ısıtıcı ve algılayıcılar yerleştirilmiştir. Ayakkabı içerisine

yerleştirilen termal ayakkabı pedi sayesinde ortam sıcaklığı, ayakkabı iç sıcaklığı ve nemine bağlı olarak bulanık mantıkla ayak tabanı sıcaklığını kontrol etmiştir.

6.1.1. Mikro Denetleyici Bulanık Mantık Kontrolü

Termal ayakkabı pedi tasarımında microchip firmasına ait 16F685 8bit mikro denetleyicisi kullanılmıştır. Düşük çalışma gerilimi, iç osilatöre sahip olması, ADC çevirici barındırması ve programlamasının kolay olması sebebiyle tercih edilmiştir. Oluşturulan kural tabanına uygun yazılım hazırlanarak giriş-çıkış verileri analiz edilmektedir.

Sistem, enerji kaynağı olarak lityum polimer bataryadan güç almaktadır. Çıkışa bağlı yarı iletken ısıtıcının gerilim değeri PWM görev çevrimi oranı değiştirilerek kontrol edilmektedir. Giriş ile çıkış arasında ilişkilendirmeyi ise mikro denetleyici içerisine gömülen yazılım sayesinde yapılmaktadır.

LM35 analog çıkışlı ısı sensöründen alınan gerilim değeri mikro denetleyici üzerinde bulunan 10bit ADC sayesinde dijital bilgiye çevrilmektedir. SHT11 sıcaklık ve nem sensöründen veri almak için dijital girişler kullanılmaktadır. Ortam sıcaklığı ve nem bilgisi dijital olarak okunup mikro denetleyici yazılımına aktarılmaktadır. Bulanık mantık çıkarımı ile çıkışa aktarılan PWM görev çevrim oranı mikro denetleyicinin dijital portuna bağlı mosfet sürücü devre ile ısıtı gerilimi kontrol edilmektedir.

Ayrıca termal ayakkabı pedinin uzaktan kumanda ile istenen sıcaklıkta sabitlenmesi için radyo frekans alıcı verici modül eklenmiştir. Kumandadan istenen sıcaklık değeri seçildiğinde sistem iç sıcaklığı ayarlanan değere ulaşıncaya kadar ısıtıcıyı beslemekte, değere ulaşınca ısıtıcı gerilimini kesmektedir. Bu şekilde bulanık mantık harici alternatif çalışma sağlanmıştır. Uzaktan kumanda modülü için sık kullanılan CC1000 kullanılmıştır. Kumandadan gelen sıcaklık verisi alcı devrede okunarak mikro denetleyiciye aktarılır. Mikro denetleyici kumandadan veri geldiğinde iç sıcaklık değeri istenen değere eşit oluncaya kadar ısıtıcıyı besleyerek kapalı çevrim kontrol sistemi sağlanmıştır.

Şekil 6-3’ de uzaktan kumanda alıcı devresi görülmektedir. Elektronik çizimler Eagle çizim programı ile PCB aktarımları sağlanmıştır. Kumandaya uygun CC1000 alıcı devresi ile alınan istenen sıcaklık değeri Şekil 6-4’ de gösterilen mikro denetleyici kontrol devresine aktarılmaktadır. Uzaktan kumanda alıcı devresi 433MHz de çalışacak şekilde ayarlanmıştır.

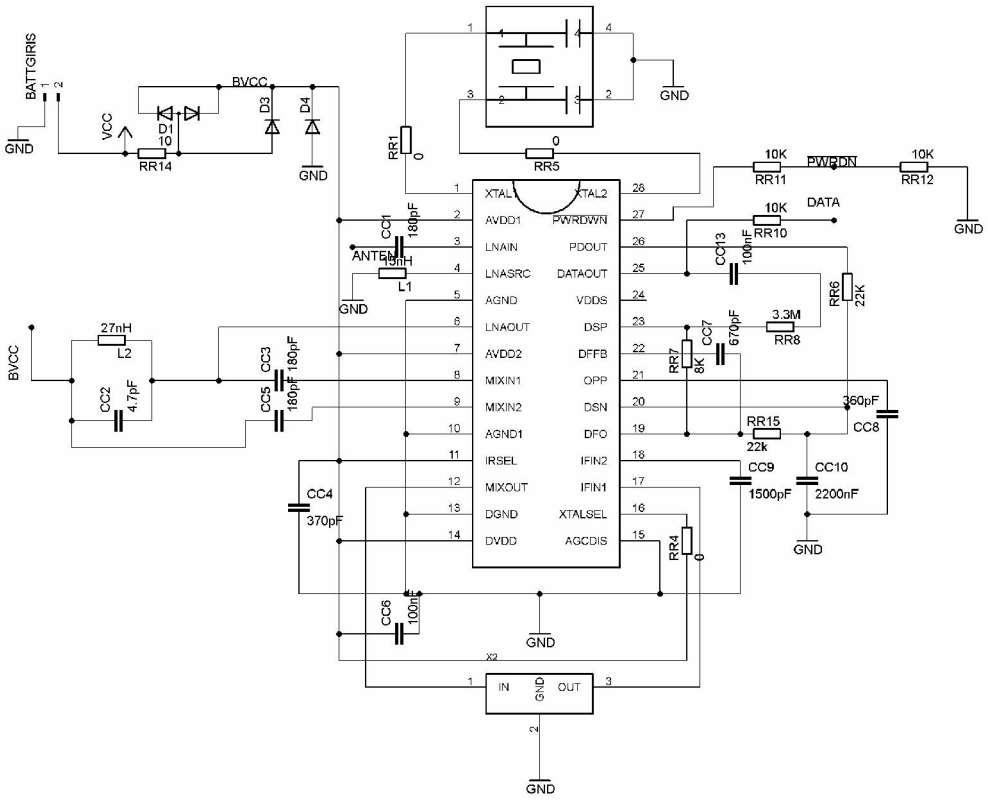
Şekil 6–4’ de mikro denetleyicili kontrol devresinin bulanık mantıkla çalışması halinde nem, iç ve dış sıcaklıkların sisteme dahil edilmesi için SHT 11 in dijital girişlere ve LM35 sıcaklık sensörünün mikro denetleyicinin analog girişe bağlantısı sağlanmıştır.

National Semiconductor firmasının üretmiş olduğu lm35 ısı sensörü besleme gerilimi minimum 4V maksimum 30V da, sıcaklık derecesi olarak -55ºC ile +150ºC arasında çalışmakta, çıkış değeri 10mV/ºC , (+/-) 1, 0.5 ºC doğrulukta ölçüm yapmaktadır. Sensör çıkış değerini A/D dönüştürücü özelliği ile mikro denetleyiciye aktarılmaktadır.

Sensirion firmasının üretmiş olduğu SHT 11 sensörü ile iç sıcaklık ve nem değerleri okunmaktadır. SHT kendi içinde ADC ve 2 hat dijital bilgi üreten mimariye sahiptir. ±3 % hassasiyeti ile nem ve ±0.4 ^{o}C hassasiyeti ile de sıcaklık ölçümü sağlamaktadır. Besleme 2,4V ile 5,5V DC çalışma gerilimi ile de kullanılan lityum polimer bataryaya uyum sağlamaktadır.

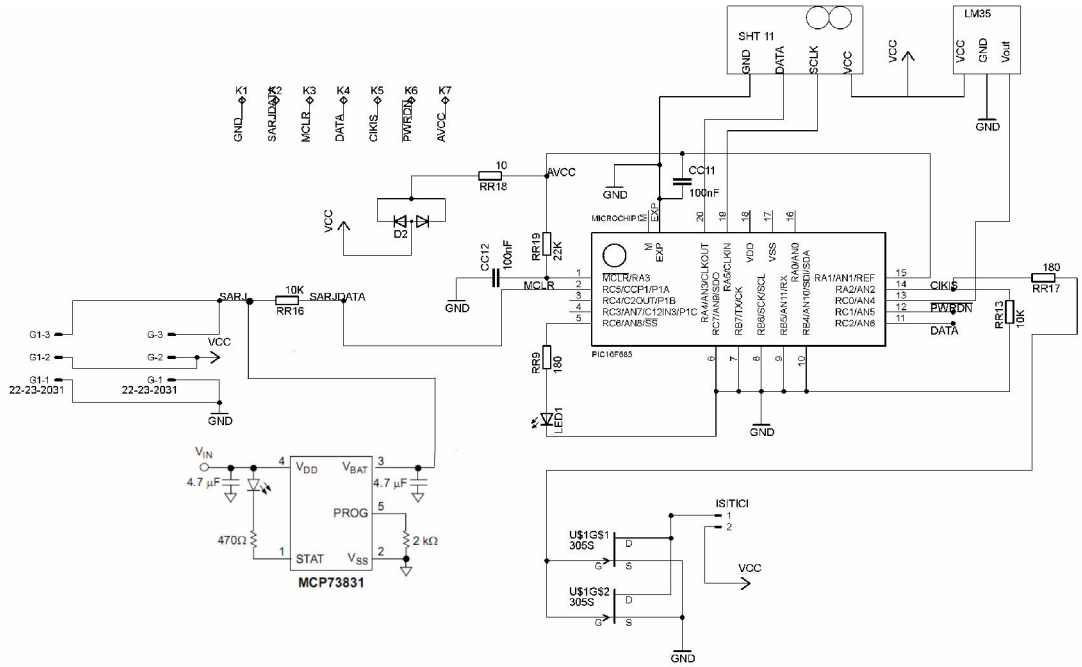
Ayrıca lityum polimer batarya şarj ünitesi de bu kısma eklenmiştir. Akım sınırlama ve şarj bittiğinde kesme özelliği sebebiyle microchip firmasına ait MCP73832 li-pol şarj entegresi kullanılmıştır. Saatte 900mA ile şarj etmesi sağlanarak 3400mAh bataryanın yaklaşık 4 saatte tam dolumu sağlanmıştır.

Nokia model cep telefonlarına ait şarj aletlerinin kullanımına olanak sağlayan soket kullanılmıştır. Lityum polimer pillerin şarj edilmesi gerektiğinde termal ayakkabı pedi üzerindeki şarj ışığı ikaz vermektedir. Bu ikazdan sonra bir saat daha sistemin çalışmasına olanak sağlar. Kullanıcı, bu ışığı gördükten sonra cep telefonu şarj aleti ile termal ayakkabı pedinin bataryasını şarj edebilir. Bu sayede özel bir şarj aleti tasarlanmadan da sistemin kullanılabilir olması sağlanmıştır.

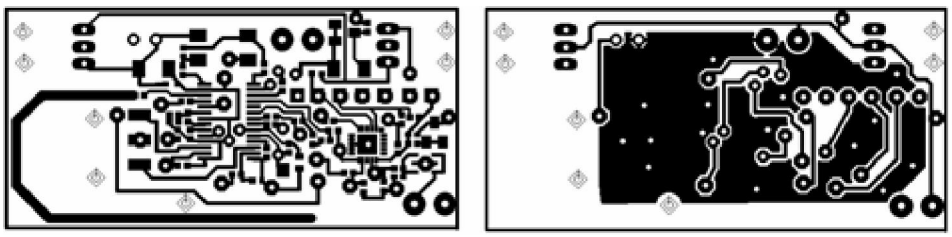


Şekil 6–3.2 433MHz Uzaktan Kumanda Alıcısı

Şekil 6–5' de tasarımı tamamlanan elektronik kontrol devresinin PCB çizimi oluşturulmuştur. Kullanılan malzemelerin paket türleri SMD seçilerek elektronik devre dizgi işlemi seri üretime göre hazırlanmıştır. Termal ayakkabı pedinin kullanılacağı alanın az olması sebebiyle devrenin baskılı hali için mikrodevre elemanları kullanılarak olabilecek en kompakt tasarım gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.



Şekil 6–4. Mikro denetleyicili Kontrol Devresi



Şekil 6–5. PCB Çıktısı

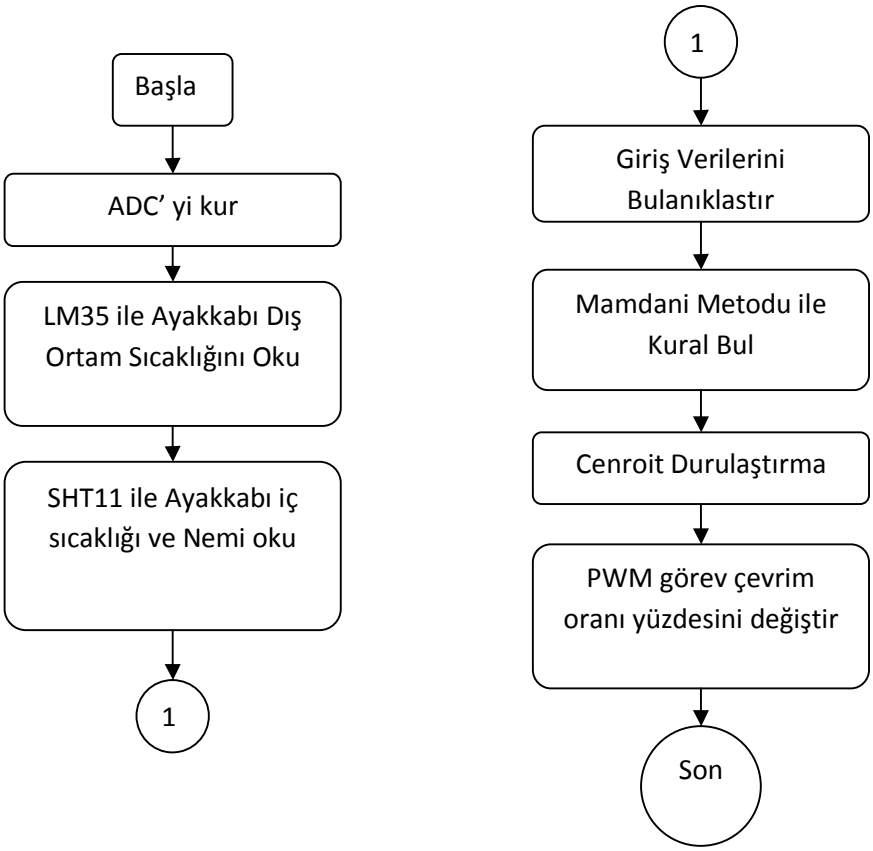
6.2. Termal Ayakkabı Pedi Mikro denetleyici Yazılımı

Microchip firmasına ait 16F685 mikro denetleyicisi yazılımı için mikro C dili tercih edilmiştir. Kullanılan sensörlerin analog/dijital çevrim, dijital haberleşme işlemlerinin rahatlıkla yapılmasına olanak sağlayan kod blokları ve geniş örnek kullanımları yardımıyla programın geliştirilmesi sağlanmıştır. Termal ayakkabı pedi için hazırlanan gömülü sistem bulanık mantık kontrollü mikro denetleyicili devre yazılımına ait algoritma Şekil 6-6' da verilmiştir.

LM35 sensöründen alınan analog gerilim değeri 16f685 analog girişinden okunarak integer tanımlı dış sıcaklık değişkenine aktarılmıştır. Mikro C yardımı ile gerekli ADC konfigürasyonu yapılarak 10bit tek kanal ADC olarak görev yapması sağlanmıştır.

SHT11 dijital haberleşmesi sebebiyle dijital girişler kullanılmıştır. 2 hatlı veri iletişiminde SHT 11 e saat sinyali ile birlikte komut gönderilip komuta cevap beklenmektedir. Mikro C kendi içinde 2 hatlı veri iletişimine olanak sağlayan kod bloğu kullanılarak bu işlemleri kendi içinde gerçekleştirmektedir.

Bulanık mantık kuralları da mikro denetleyici içerisinde yorumlanarak uygun PWM görev çevrimi oranı çıkışta bulunan mosfetli sürücü devresine aktarılmaktadır.



Şekil 6–6. Bulanık Mantık Kontrollü Mikro denetleyici Yazılım Algoritması

BÖLÜM 7

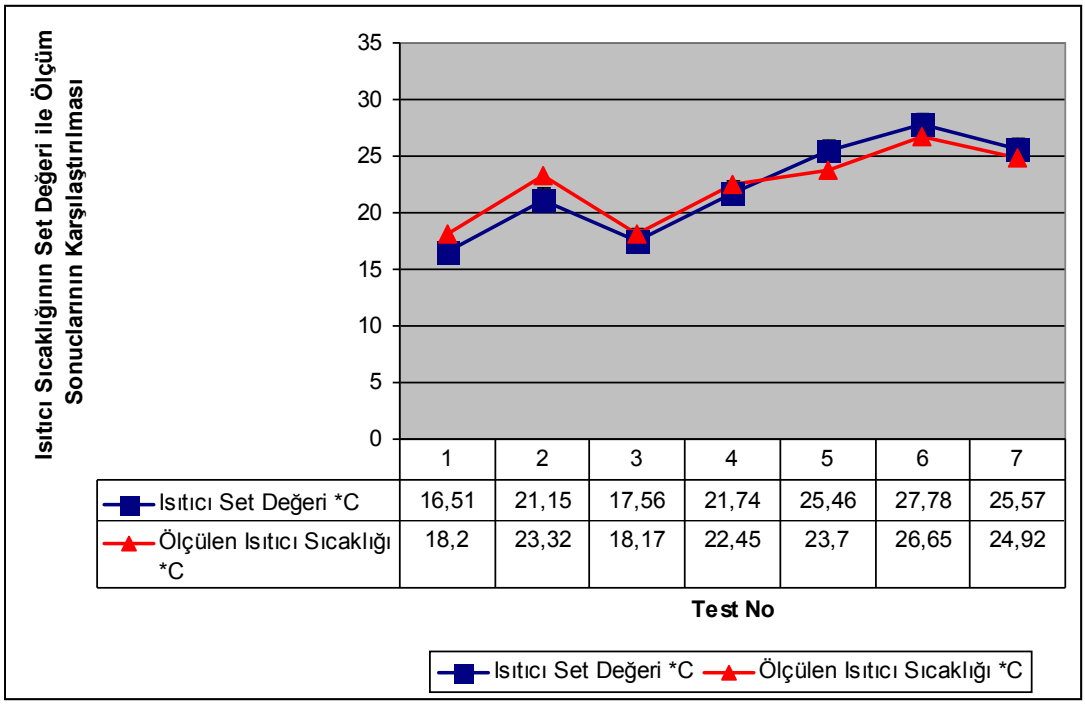
7. GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ

Tasarlanıp gerçekleştirilen termal ayakkabı pedi, Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O. İklimlendirme Bölümünde bulunan iklimlendirme odasında farklı sıcaklık koşullarında denenmiştir. Her bir 7 defa tekrarlanmış ve aritmetik ortalaması alınmıştır. Her bir deney için iklimlendirme odasında 10 dk süre ile gerçekleştirilmiştir.

Termal ayakkabı pedi giriş değerlerine göre hesaplanan PWM oranı ve buna bağlı ısıtıcı set değerine ile iklimlendirme ortamında yapılan test sonuçları Tablo 7-1' de karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlara göre ayarlanan ısıtıcı değerinin, ölçülen sıcaklık değerlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 7-1 Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

Test No	**Ölçülen Giriş Değerleri**			**Isıtıcı Set Değeri**	**Ölçüm Sonuçları**
	Ayakkabı İç Sıcaklığı ^{o}C	**Dış Ortam Sıcaklığı ^{o}C**	**Ayakkabı İçinin Nemi %**	**Isıtıcı Set Değeri ^{o}C**	**Isıtıcı Sıcaklığı ^{o}C**
1	10	12	45	16,51	18,20
2	16	14	56	21,15	23,32
3	12	16	52	17,56	18,17
4	16	18	57	21,74	22,45
5	22	20	61	25,46	23,70
6	24	22	66	27,78	26,65
7	23	24	70	25,57	24,92



Şekil 7–1. Termal Ayakkabı Pedi Isıtıcı Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

7.1. Örnek Giriş Değerinin Bulanık Mantık Hesaplaması

Bulanık mantık yazılımı sonuçlarının doğruluğunu karşılaştırmak için kural tabanı MATLAB programında simüle edilmiştir. Tahmini ısıtıcı sıcaklığı sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlar ile gerçekleştirilen termal ayakkabı pedi çıktıları karşılaştırılmıştır. Örnek bir uygulamada hesaplanan sonucun MATLAB' ta elde edilen bulguların gerçekte nasıl sonuç verdiği test edilmiştir.

Sensörlerden ölçülen kesin değerler:

Ayakkabı içindeki sıcaklık: 14 ºC, Ayakkabı dışındaki sıcaklık: 8 ºC

Bağıl Nem : %65 olarak ölçülmüştür.

İç Sıcaklık için kullanılan üyelik fonksiyonlarından ;

$$\mu_{düşük} = \frac{20 - x}{10} = \frac{20 - 14}{10} = 0.6$$

ifadesinden μ_{orta} $\begin{cases} ..... \\ eğer\ 10 \le x < 20 \quad ise \quad \mu = \dfrac{x - 10}{10} \\ ..... \end{cases}$ olduğundan

$$\mu_{orta} = \frac{14 - 10}{10} = 0.4 \ \ olarak\ hesaplanır.$$

Dış Sıcaklığa Ait Üyelik Fonksiyonlarından;

Dış Ortam Sıcaklığı = 8˚C olduğundan, Düşük kümesi için tanımlanan dilsel ifadelerden

8˚C'lık değeri ilgilendiren aralığa bakacak olursak ;

$\mu_{düşük}$ $\begin{cases} ..... \\ eğer\ 0 \le x < 10 \quad ise \quad \mu = \dfrac{10 - x}{10} \\ ..... \end{cases}$ olduğundan

$$\mu_{düşük} = \frac{10 - x}{10} = \frac{10 - 8}{10} = \frac{2}{10} = 0.2$$

$$\mu_{orta} \begin{cases} eğer\ 0 \le x < 10 \quad ise\ \mu = \dfrac{x}{10}; \end{cases}$$

$\mu_{orta} = \frac{x}{10} = \frac{8}{10} = 0.8$ olarak hesaplanır.

Bağıl Nem Oranı İçin Kullanılan Üyelik Fonksiyonlarından ;

$$\mu_{orta} = \begin{cases} 50 \le x < 70\ için \quad \mu = \dfrac{70 - x}{20} \end{cases}$$

$$\mu_{orta} = \frac{70-x}{20} = \frac{70-65}{20} = \frac{5}{20} = 0.25$$

$$\mu_{yüksek} = \begin{cases} 50 \le x < 70 \quad için \qquad \mu = \dfrac{x-50}{20} \end{cases}$$ olarak ifade edildiğinden ;

$$\mu_{yüksek} = \frac{x-50}{20} = \frac{65-50}{20} = 0.75$$ olarak hesaplanır.

İfadelerinden yola çıktığımızda kural tablosunda toplam 8 adet kuralın ateşlendiğini görürüz. Mamdani Çıkarım mekanizması kullanıldığında her bir kural için bu kuralı tetikleyen giriş üyelik fonksiyonlarının değerleri arasından minimumu seçilir. Sonra aynı çıkış dilsel ifadesini tetikleyen değerler arasından maksimumu alınır. Tetiklenen kaç tane farklı çıkış dilsel ifadesi varsa o kadar maksimum hesaplanır. Her farklı dilsel çıkış ifadesi için bu çıkışı ateşleyen kurallar arasından ayrı ayrı maksimum alınmaktadır. Daha sonra durulaştırma işlemi yapılarak bulanık mantık sistemimiz kesin bir çıktı değerine ulaşır.

Uygulamada ateşlenen kurallar:

Kural 11) İç Sıcaklık..Düşük (0.6) ve Dış Sıcaklık Düşük (0.2) ve
Bağıl Nem =Orta (0.25)
İse Çıkış = Yüksek { Min [0.6, 0.2, 0.25] } = Yüksek (0.2)

Kural 12) İç Sıcaklık..Düşük (0.6) ve Dış Sıcaklık Düşük (0.2) ve
Bağıl Nem = Yüksek (0.75) İse
Çıkış = Yüksek { Min [0.6, 0.2, 0.75] } = Yüksek (0.2)

Kural 14) İç Sıcaklık..Düşük (0.6) ve Dış Sıcaklık Orta (0.8) ve
Bağıl Nem = Orta (0.25) İse

Çıkış = Yüksek { Min [0.6, 0.8, 0.25] } = Yüksek (0.25)

Kural 15) İç Sıcaklık..Düşük (0.6) ve Dış Sıcaklık Orta (0.8) ve

Bağıl Nem = Yüksek (0.75) İse

Çıkış = Yüksek { Min [0.6, 0.8, 0.75] } = Yüksek (0.6)

Kural 20) İç Sıcaklık..Orta (0.4) ve Dış Sıcaklık Düşük (0.2) ve

Bağıl Nem = Orta (0.25) İse

Çıkış = Orta { Min [0.4, 0.2, 0.25] } = Orta (0.2)

Kural 21) İç Sıcaklık..Orta (0.4) ve Dış Sıcaklık Düşük (0.2) ve

Bağıl Nem = Yüksek (0.25) İse

Çıkış = Orta { Min [0.4, 0.2, 0.25] } = Orta (0.2)

Kural 23) İç Sıcaklık Orta (0.4) ve Dış Sıcaklık Orta (0.8) ve

Bağıl Nem Orta (0.25) İse

Çıkış = Orta { Min [0.4, 0.8, 0.25] } = Orta (0.25)

Kural 24) İç Sıcaklık Orta (0.4) ve Dış Sıcaklık Orta (0.8) ve

Bağıl Nem Yüksek (0.75) İse

Çıkış = Düşük { Min [0.4, 0.8, 0.75] } = Düşük (0.4)

Şimdi aynı çıkış dilsel ifadesini tetikleyen ifadeler kullanılarak, tetiklenen her ayrı çıkış dilsel ifadesi için ayrı ayrı maksimum hesaplanır.

Çıkışta tetiklenen μ üyelik değerleri ise ;

Yüksek = max [0.2 , 0.2 , 0.25 , 0.6] = [0.6]

Orta = max [0.2 , 0.2 , 0.25] = [0.25]

Düşük max [0.4] = [0.4]

Düşük Kümesi için ;

Düşük dilsel ifadesine ait olan fonksiyona bakıldığında;

$$0.4 = \frac{x_1 - 10}{20} \rightarrow x_1 = 18$$
$$0.4 = \frac{50 - x_2}{20} \rightarrow x_2 = 42$$

Orta Dilsel İfadesine Sahip Olan Küme İçin;

$$0.25 = \frac{x_3 - 30}{20} \rightarrow x_3 = 35$$
$$0.25 = \frac{70 - x_4}{20} \rightarrow x_4 = 65$$

Yüksek Dilsel İfadesi için

$$0.6 = \frac{x_5 - 50}{20} \rightarrow x_5 = 62$$
$$0.6 = \frac{90 - x_6}{20} \rightarrow x_6 = 78$$

$$z^* = \frac{x_1.\mu_{x1} + x_2.\mu_{x2} + ... + x_n.\mu_{xn}}{\mu_{x1} + \mu_{x2} + ... + \mu_{xn}}$$

Formülünden faydalanılarak;

$$z^* = \frac{18*0.4 + 42*0.4 + 35*0.25 + 65*0.25 + 62*0.6 + 78*0.6}{0.4 + 0.4 + 0.25 + 0.25 + 0.6 + 0.6}$$

$$z^* = 53.2 \equiv 53 \ \textit{olarak hesaplanır.}$$

Çıkışta PWM görev çevrim oranı %53 olarak aktarıldığında mosfet sürücü bu oranda ısıtıcının gerilim oranını kontrol etmektedir. Matlab programı simülasyon sonucuna göre tahmini ısıtıcı sıcaklığı 19 ^{o}C derece hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen termal ayakkabı pedi testleri sonucunda ise ölçülen değerin istenen ısıtıcı set değerinden 2 ^{o}C derece fazla olarak 21 ^{o}C gözlemlenmiştir. İstenen ısıtıcı sıcaklık değeri ile ölçülen ısıtıcı sıcaklık değerlerinin yakın olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

BÖLÜM 8

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Soğuğa maruz kalan ayak tabanlarının insan sağlığına etkisinin en aza getirilerek hastalıklardan korunması tezimizin çıkış fikrini oluşturmaktadır. Dağcılık sporu ile uğraşanların ve asker, polis gibi zor koşularda görev yapanların soğuk günlerde ayaklarının, bulanık mantık sayesinde en doğru sıcaklık değerinde ısıtılması sağlanmıştır. İstendiğinde uzaktan kumanda ile bu sıcaklık sabit tutularak kullanıcı kontrollü olması da sağlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen çalışma sonucunda ayakkabı dış ortam sıcaklığı, ayakkabının iç sıcaklığı ve nem bilgileri gömülü sistem bulanık mantık kontrolü ile yorumlanarak ayak sağlığına en uygun değerde ayakkabı iç sıcaklığının elde edilmesi sağlanmıştır. Gömülü sistem bulanık mantık yazılımı ile ısıtıcıya ait PWM görev çevrim oranı ve dolayısıyla ayakkabı taban sıcaklığı kontrol edilmiştir. Gerçekleştirilen termal ayakkabı pedinin performans analizi sonucunda hesaplanan tahmini değerlere yakın ayakkabı iç sıcaklığı sonuçları verdiği gözlemlenmiştir.

Yarı iletken ısıtıcılar kullanılarak giyilebilir teknolojik ürünlere örnek teşkil edecek bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Tüm sistemin ince, hafif ve esnek yapıya sahip olması sebebiyle ayağı yormamakta, kolayca taşınabilmektedir. Kolay kullanımı sayesinde uygun sıcaklık değerini sistem kendisi otomatik kontrol etmektedir.

Santez projesi kapsamında desteklenen tez çalışmasında hedeflenen termal ayakkabı pedi prototip üretimi, yapılan test ve ölçümler sonucunda başarılı bir şekilde sonuçlandırılmıştır.

Kullanılan materyallerin nanowatt teknoloji ile üretilen yarı iletken devre malzemelerine dönüştürülmesi ile güç tüketimi indirgenebilir ve kullanılan bataryaya bağlı olarak günlük kullanım süresi artırılabilecektir.

KAYNAKLAR

Allahverdi N, 2002, Uzman Sistemler Bir Yapay Zeka Uygulaması, Atlas yayınevi, İstanbul.

CC1000 Datasheet – Chipcon Products from Texas Instruments. http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc1000.pdf

Cobb J, Claremont D. , An in-shoe laser Doppler sensor for assessing plantar blood flow in the diabetic foot. , Med Eng Phys. 2001, Jul;23(6): 417-25.

Dere F. 1994. Anatomi, 3. Baskı, Adana

Elmas Ç., 2007, Yapay Zeka Uygulamaları, Seçkin yayınevi, Ankara.

Haupl P, Stopp H. , Foot temperature conduction from hygienic and construction physical viewpoint, Z Gesamte Hyg. , 1983, Feb;29(2): 87-90. German.

Işık H. , Design and construction of Thermoelectric Footwear Heating System for illness feet. , J Med Syst. , 2005, Dec;29(6): 627-31.

Işık H., Satir E., The Design of thermoelectric Footwear Heating System via Fuzzy Logic., J Med Syst. , 2007, Dec;31(6): 521-527.

Kapidere, M. , Müldür , S. , and Güler, İ. , Control of dental prosthesis system with microcontroller. J. Med. Syst. 24:119–129, 2000.

Kaur, G. , Chauhan A. , and Subramanyam P.V. , Fuzzy logic based temperature controller. IEEE International Conference on Granular Computing 2:492–495, 2005.

Kıyak E. 2003. Bulanık Mantık Yöntemiyle Uçuş Kontrol Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

Koçer S. 1998. Mikro denetleyici Kontrollü Genel Amaçlı Bir Stimülatör Cihazı Tasarımı ve Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara

Kuklane K, Holmer I, Havenith G. , Validation of a model for prediction of skin temperatures in footwear. , J. Physiol Anthropol Appl Human Sci. 2000 Jan;19(1): 29-34.

Kuklane K, Afanasieva R, Burmistrova O, Bessonova N, Holmer I. , Determination of heat loss from the feet and insulation of the footwear. , Int J Occup Saf Ergon. 1999, 5(4): 465-76.

Kuklane K, Holmer I, Afanasieva R. , A comparison of two methods of determining thermal properties of footwear. Int J Occup Saf Ergon. , 1999, 5(4): 477-84.

Kuklane K, Geng Q, Holmer I I. , Effect of Footwear Insulation on Thermal Responses in the Cold. , Int J Occup Saf Ergon. 1998, 4(2): 137-152.

Kuwamoto M, Murakami A, Izumi H, Hatakeyama I. , Relationship between body-skin temperature and the environment; thermal flow and the skin temperature in a foot bath, Kango Gijutsu. , 1980, Feb;26(3): 100-3. Japanese.

Linger RH and Foster DW. Diabetes Mellitus. In: Williams Textbook of Endocrinology 9th ed. WB Saunders Company, 1988: 1017.

Minco Corp. Silikon Isıtıcı – http://www.minco.com

Morellen L. Magnetoelastic effects and magnetic anisotropy in Ni2MnGa polycrystals, scitation.aip.org . J. Appl. Phys. 89, 5614 (2001); DOI:10.1063/1.1350630

Newton,J.M., and Peacock, L. J. , The effects of auxiliary topical heat on manual dexterity in the cold. Department of the Army , US Army Medical Research Laboratory , Ft. Knox, KY, USA. MRL Project no.6-95-20-001, 1957.

Özkan A.O. 1997. Sıcaklık ve Nemin Bulanık Mantık Yöntemiyle Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri, Selçuk Üniversitesi, Konya

Provins, K. A. , and Morton , R. , Tactile discrimination and skin temperature. J. Appl. Physiol. 15:155–160, 1960.

Şen Z., 2004, Mühendislikte Bulanık Mantık ile Modelleme Prensipleri, SU Vakfı Yayınları, İstanbul.

Tishin, A.M. and Y. I. Spichkin, "The Magnetocaloric Effect and Its Applications" (Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 2003).

Torun S. 2007. Koroner Kalp Hastalığı Riski Tanısı ve Tedavisi için Hiyerarşik Bir Bulanık Uzman Sistem Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri, Selçuk Üniversitesi, Konya

Yasin F. M. , Tio A. , Islam M. S. , Reaz M. I. ,and Suleiman M. S. , The Hardware Design of Temperature Controller Based on Fuzzy Logic for Industrial Application Employing FPGA, Microelectronics, 2004. ICM 2004 Proceedings. The 16th International Conference on, IEEE, pp. 157–160, Dec. 2004

Yıldırım E, Doğan E, Karavul C, Aşçı M, Özçep F, Arman H. Bulanık Mantık Modeli ile Zeminlerin Sınıflandırılması. İnternational Earthquake Symposium, 2007,Oct;578:5

Yorulmaz A. 2006. Bilgisayar Destekli Ortopedik Ayakkabı Kalıp Tasarımı ve İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri, Marmara Üniversitesi, İstanbul

Zhiqiang Gao, Trautzsch, T. A. , and Dawson, J. G. , A stable self-tuning fuzzy logic control system for industrial temperature regulation. IEEE Trans. Ind. Appl. 38 (2) : 1232 – 1240, 2002.

EKLER

Ek A: PIC16F685 ye ait bilgi sayfaları

Ek B: Çalışmalara ait fotoğraflar

EK A: Pic 16F685 ye Ait Bilgi Sayfaları

Ek 1. PIC 16F685

1.1 Genel Tanımlama

PIC 16F685 yüksek performanslı, CMOS, full-statik, 8 bit mikro denetleyicidir. Tüm PIC 16/17 mikro denetleyicileri gibi PIC 16F685 de RISC mimarisini kullanmaktadır. PIC16F68X mikroları birçok esas özelliklere sahiptir. 14 seviyeli, derin küme ve çoklu iç ve dış kesme kaynaklarına sahiptir. 2 aşamalı komut hattı tüm komutların tek bir saykıl' la (çevrimle) işlenmesini sağlamaktadır. Yalnızca bazı özel komutlar 2 saykıl çekerler. Bu komutlar dallanma komutlarıdır. PIC16F68X ailesi dış elemanları azaltacak spesifik özelliklere sahiptir ve böylece maliyet minimuma inmekte, sistemin güvenirliği artmakta, enerji sarfiyatı azalmaktadır. Bunun yanı sıra tüm PIC'lerde 4 adet osilatör seçeneği mevcuttur. Bunlarda tek pinli RC osilatör, düşük maliyet (4 MHZ) , LP osilatör (Kristal veya seramik rezonatör) , enerji sarfiyatını minimize etmekte (asgari akım) (40 KHZ), XT kristal veya seramik rezonatör osilatörü standart hızlı ve HS kristal veya seramik rezonatörlü osilatör çok yüksek hıza sahiptir (20 MHZ). PIC mikrodenetleyicilerinin en büyük özelliği sleep modu özelliğidir. Bu mod sayesinde işlem yapılmadığı durumlarda PIC uyuma moduna geçerek çok düşük akım çeker. Kullanıcı bir kaç iç ve dış kesmelerle PIC' i uyuma modundan çıkarabilmektedir. Yüksek güvenilirlikli Watchdog Timer kendi bünyesindeki çip üstü RC osilatörü ile yazılımı kilitlemeye karşı korumaktadır. PIC16F685 EEPROM program belleği , aynı aygıt paketinin orjinali ve üretimi için kullanılmasına olanak vermektedir. Yeniden programlanabilirliği mikroyu uygulamanın sonundan kaldırmadan kodu güncelleştirmeye izin vermektedir. Bu aygıtın kolayca erişilemediği, fakat prototipinin kod güncelleştirmesi gerekli olduğu durumlarda, bir çok uygulamanın geliştirilmesinde yararlıdır. Bunun yanı sıra bu kodun güncelleştirilmesi diğer ayrı uygulamalarda da yararlıdır.

1.2. PIC 16F685'nin Genel Özellikleri

- Yüksek hızlı RISC işlemciye sahiptir;
- 44 adet komut mevcuttur;
- Tüm komutlar 1 saykıl çeker, (Dallanma komutları 2 saykıl çeker.);
- 20 Mhz'ye kadar işlem hızına sahiptir;
- 4Kx14 word'lük flash program belleği mevcuttur;
- 256x8 bayt'lık data belleği;
- 256x8 byte'lık EEPROM data belleği;
- Doğrudan ve dolaylı adresleme;
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) , üzerinde bulunan RC osilatör ile çalışan Watchdog Timer (WDT);
- Programlanabilen kod koruma;
- Enerji tasarrufu için uyku (SLEEP) modu;
- Düşük güçlü yüksek hızlı CMOSFLASH/EEPROM teknolojisi;
- Tamamen statik dizayn;
- Devre üzerinde seri programlama;
- 5 V'luk kaynak ile çalışma;
- 2 V ile 5.5 V arasında işlem yapabilme özelliği;
- Düşükj güç harcaması;

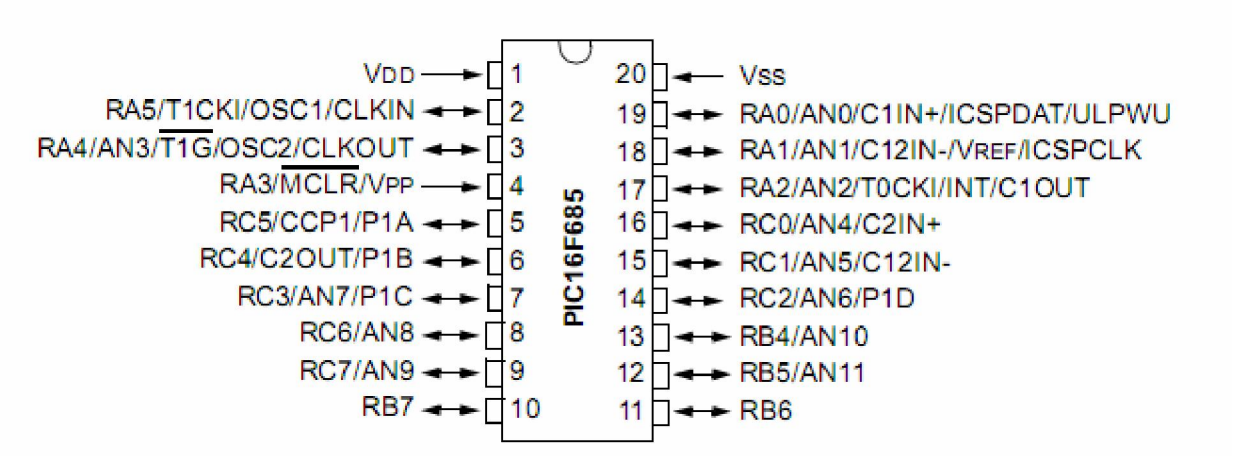
- < 2 mA typical @ 5V, 4
MHz -20 mA typical @
3V, 32 kHz -< 1 mA
typical standby

1.3 PIC 16F685'nin Belirleyici Özellikleri

- Timer0: 8 bit pescaler'e sahip 8bit zamanlayıcı/sayıcı,
- Timer1:Sleep modunda artış gösterebilen ve harici saat darbesiyle artırılabilen Prescaler' li 16 bit zamanlayıcı/sayıcı,
- Timer2:8bit peryot kaydedicili,prescaler ve postscalerli 16bit zamanlayıcı/sayıcı,
- İki adet tutma,karşılaştırma, PWM modülü

- 200ns çözünürlükte 16 bitlik karşılaştırma
- 10 bit çözünürlükte PWM
- 10 bit çok kanallı Analog-Dijital çevirici
- Seri port ve I^2C modülleri
- 9 bit adres saptamaya sahip USART/SCI
- 8 bit genişliğinde paralel slave port

1.4 PIC 16F685'nin Fiziksel Yapısının İncelenmesi



Şekil 1.PIC 16F685'nin bacak yapısı

1.5 PIC 16F685 Pin Tanımlamaları

Tablo 1:PIC 16F685'de Pin Tanımlamaları

OSCİCLKIN	13	G	STİCMOS	Kristal osilatör girişi/Harici osilatör kaynağı girişi
OSC2CLKOUT	14	Ç	—	Kristal osilatör çıkışı.RC osilatör modunda 1/4 f değerinde frekans çıkışı
MCLPJVPPrTHV	1	G/P	ST	Mikrodenetleyiciiçinresetucu. Normal çalışmada 1 seviyesinde tutulur
RAO/ANO	2	*GSÇ*	TTL	PORTA:GİÇ olarak yönbndüilebilrr port Pililer *GIÇ* görevi
RAİ/ANİ	3	*GSÇ*	TTL	
RA2/AN2A/REF-	4	*GIÇ*	TTL	
RA3/AN3A/REF+	5	*GSÇ*	TTL	
RA4T0CKI	6	*GIÇ*	ST	

RA5/SS/AN4	7	*GSÇ*	TTL	
RBO/INT	33	*GSÇ*	TTUST	PORTB: G/Ç olarak yönlendirilebilir port.Tüm girişleinde
RB1	34	*GSÇ*	TTL	
RB2	35	*GSÇ*	TTL	
RB3/PGM	36	*GIÇ*	TTL	
RB4	37	*GIÇ*	TTL	
RB5	38	*GSÇ*	TTL	
RB6/PGC	39	*GSÇ*	TTUST	
RB7/PGD	40	*GSÇ*	TTUST	
RcomosomcKi	15	*GSÇ*	ST	PORTC: *GIÇ* olarak yörüjendirilfibilen port .Pililer *GSÇ* görevi
RCimOSDCCP2	16	*GIÇ*	ST	
RC2CCP1	17	*GSÇ*	ST	
RC3/SCKJSCL	İS	*GSÇ*	ST	
RC4/SDIGDA	23	*GSÇ*	ST	
RC5/SDO	24	*GSÇ*	ST	
RC6HXSCK	25	*GSÇ*	ST	
RC7/RX/DT	26	*GIÇ*	ST	
RDO/PSPO	19	*GSÇ*	STJTTL	PORTD:GİÇ olarak yönfendiıilebilrr port veya mikroişlemci
RD1/PSP1	20	*GSÇ*	STJTTL	
RD2/PSP2	21	*GSÇ*	STJTTL	
RD3/PSP3	22	*GSÇ*	STJTTL	
RD4/PSP4	27	*GSÇ*	STfiTL	
RD5/PSP5	2S	*GIÇ*	STJTTL	
RD6/PSP6	29	*GSÇ*	STJTTL	
RD7/PSP7	30	*GSÇ*	STJTTL	
RE0/RD/AN5	S	*GSÇ*	STJTTL	PORTE: *GIÇ* olarak yönlendirilebilir port . Pililer *GIÇ* görevi
RElAVR/ANö	*9*	*GSÇ*	STJTTL	
RE2CS/AN7	10	*GIÇ*	STJTTL	
V3S	12,31	P	—	Mikrodenetleyici için toprak seviyesini oluşturur.
VDD	11,32	P	—	Mikro denetleyici için pozitif kaynak gerilimini oluşturur.

1.6 ADC (Analog Dijital Konvertör) Modülü

PIC 16F685'de 12 kanallı 10 bit'e kadar çevirme işlemi yapabilen bir analog-dijital çevirici (ADC) modülü bulunmaktadır.

PIC 16F685 üzerindeki ADC modülün çalışması şu şekildedir. Analog giriş örnekle ve tut kondansatörünü şarj eder. Örnekle ve tut kondansatörünün çıkışı dönüştürücünün girişine uygulanır. Dönüştürücü, ardışık yaklaştırma yoluyla bu analog düzeyin sayısal sonucunu üretir. Bu A/D dönüşümde, analog giriş sinyali 10 bitlik sayı karşılaştırma ile sonuçlanır. ADC eşsiz bir özelliğe sahiptir. İşlem yapmazken uyuma moduna geçer.

Uyuma modunda ADC'nin saatinde bir iç RC osilatörü üretilmelidir. ADC Modül dört (4) kaydediciye sahiptir.

Bunlar;

1- A/D Yüksek sonuç kaydedicisi (ADRESH)
2- A/D Düşük sonuç kaydedicisi (ADRESL)
3- A/D Kontrol kaydedici 0 (ADCON0)
4- A/D Kontrol kaydedici 1 (ADCON1)

A/D çeviricinin kontrolünü ADCON0 ve ADCON1 kaydedicileri sağlamaktadır.

1.7 ADCON0 Kaydedicisi

REGISTER 9-3: ADCON0 – A/D CONTROL REGISTER (ADDRESS: 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	VCFG	CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	GO/$\overline{\text{DONE}}$	ADON
bit 7							bit 0

bit 7 **ADFM:** A/D Result Formed Select bit
1 = Right justified
0 = Left justified

bit 6 **VCFG:** Voltage Reference bit
1 = V_{REF} pin
0 = V_{DD}

bit 5-2 **CHS<3:0>:** Analog Channel Select bits
0000 = Channel 00 (AN0)
0001 = Channel 01 (AN1)
0010 = Channel 02 (AN2)
0011 = Channel 03 (AN3)
0100 = Channel 04 (AN4)
0101 = Channel 05 (AN5)
0110 = Channel 06 (AN6)
0111 = Channel 07 (AN7)
1000 = Channel 08 (AN8)
1001 = Channel 09 (AN9)
1010 = Channel 10 (AN10)
1011 = Channel 11 (AN11)
1100 = CV_{REF}
1101 = VP6
1110 = Reserved. Do not use.
1111 = Reserved. Do not use.

bit 1 **GO/$\overline{\text{DONE}}$:** A/D Conversion Status bit
1 = A/D conversion cycle in progress. Setting this bit starts an A/D conversion cycle.
This bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion has completed.
0 = A/D conversion completed/not in progress

bit 0 **ADON:** A/D Enable bit
1 = A/D converter module is enabled
0 = A/D converter is shut off and consumes no operating current

Legend:		
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

1.8 ADCON1 Kaydedicisi

REGISTER 9-4: ADCON1 – A/D CONTROL REGISTER 1 (ADDRESS: 9Fh)

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	ADCS2	ADCS1	ADCS0	—	—	—	—
bit 7							bit 0

bit 7 **Unimplemented:** Read as '0'

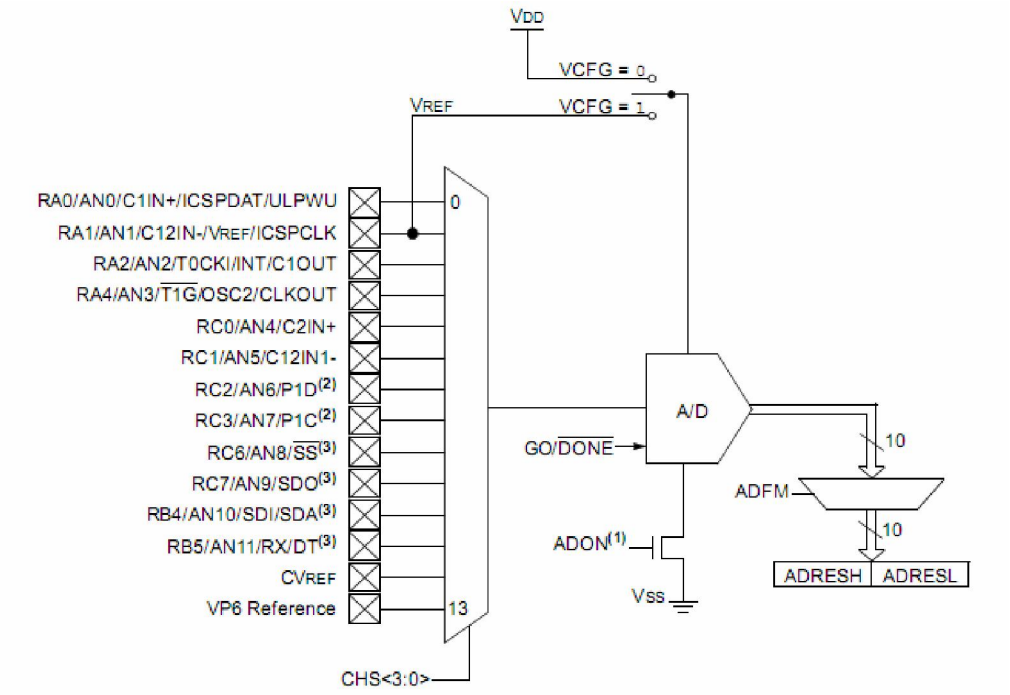
bit 6-4 **ADCS<2:0>:** A/D Conversion Clock Select bits

000 = Fosc/2
001 = Fosc/8
010 = Fosc/32
x11 = FRC (clock derived from a dedicated internal oscillator = 500 kHz max)
100 = Fosc/4
101 = Fosc/16
110 = Fosc/64

bit 3-0 **Unimplemented:** Read as '0'

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

ADRESH: ADRESL kaydedicileri A/D dönüşümün 10 bit sonucunu kapsar. A/D dönüşümü bittiği zaman, sonuç A/D sonuç kaydedicisinin içine yüklenir. A/D modülü Şekil 2' de görülmektedir.



Şekil 2: A/D Blok Diyagramı

A/D Modülü biçimlendirildikten sonra, dönüştürme işlemi başlamadan önce kanal seçilmiş olmalıdır. Analog giriş kanallarında ilgili TRIS bitleri giriş için seçilmiş olmalıdır.

Aşağıdaki adımlar, A/D dönüşüm yapmak için takip edilmelidir.

1- A/D Modülü Konfigürasyonu

- Analog pinler, referans voltajları ve digital I/O konfigürasyonu (ADCON1)
- A/D giriş kanalı seçimi (ADCON0)
- A/D dönüşüm saat sekimi (ADCON0)
- A/D Modülünü açma

2- A/D Kesme Konfigürasyonu

- ADIF bitinin temizlenmesi
- ADIE bitinin ayarlanması
- GIE bitinin ayarlanması

3- Gerekli zamanı bekleme işlemi

4- Dönüşümün başlaması

- GO/DONE bitinin ayarlanması (ADCON0)

5- A/D dönüşümünün beklenmesi

6- A/D dönüşüm sonucunu okuma ve kaydetme

7- Diğer dönüşüm için 1. ve 2. kez adımları tekrarlama

1.9 A/D Girdileri İçin Gereksinimler

Belirlenmiş doğruluğu karşılaştırmak için A/D çeviricinin CHOLD kondansatörü giriş gerilimine şarj edilmelidir. CHOLD kondansatörü kaynak empedansı (RS) ve anahtar iç direnci (RSS) üzerinden şarj olur. Anahtar iç direnci, kaynak voltajının değerine göre değişir. Analog kaynaklar için tavsiye edilen maksimum empedans 10 KΩ dur. Dönüşüm yapılmaya başlamadan önce analog giriş kanalı seçilmiş olmalıdır.(6)

Minimum giriş zamanı hesabı;
TCAQ=TAMP+TC+TCOFF
TACQ=Minimum girdi zamanı
TAMP=Yükselteç yerleşme zamanı TC= CHOLD şarj zamanı

TCOFF= Sıcaklık katsayısı

Örnek 3.9:

TACQ = TAMP + TC + TCOFF

TACQ = 2 **u**s + Tc + [(Temp - 25 oC)(0.05 us/ ^{o}C)]

TC = -CHOLD (RIC + RSS + RS) ln(1/2047)

-120 pF (1 kQ+ 7 kQ+ 10 kQ) ln(0.0004885)

-120 pF (18 kQ) ln(0.0004885)

-2.16 **u**s (-7.6241)

16.47 ^

TACQ = 2 **u**s + 16.47 **u**s + [(50 oC - 25 oC)(0.05 s/ oC)]

18.447 **u**s + 1.25 **u**s

19.72 ^

1.10 A/D Dönüşüm Saatinin Seçimi

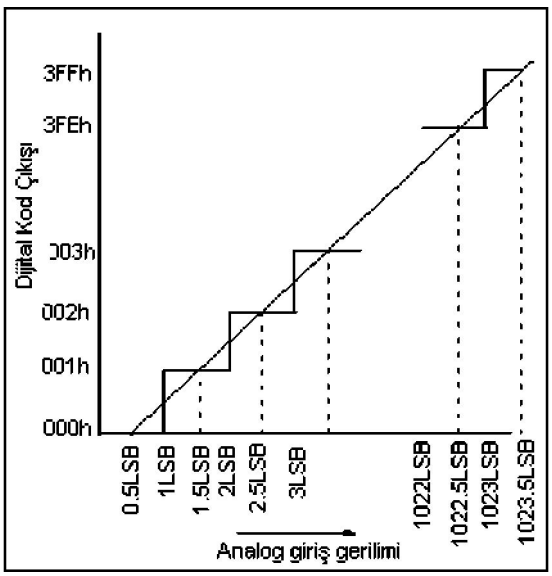
TAD bit başına A/D dönüşüm zamanı olarak tanımlanır. 10 bit A/D dönüşüm için maksimum 12 TAD gerekir. TAD seçimi için mümkün olan 4 seçenek vardır.

- 2TOSC
- 8TOSC
- 32TOSC
- Dahili RC Osilatörü

A/D Dönüşümün doğru olarak yapılması için, TAD minimum 1,6 **u**S seçilmiş olmalıdır.

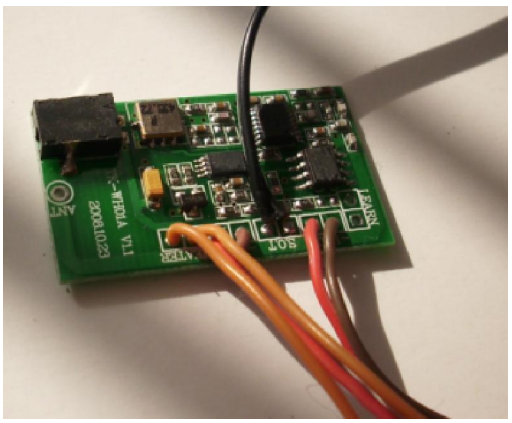
1.11 Transfer Fonksiyonu

A/D Dönüştürücünün transfer fonksiyonu aşağıda gösterildiği gibidir. Analog giriş voltajı/1024 ile bulunur.



Şekil 3: A/D Transfer Fonksiyonu

EK B: Çalışmalara Ait Fotoğraflar



Resim 1 Elektronik Kontrol Devresi



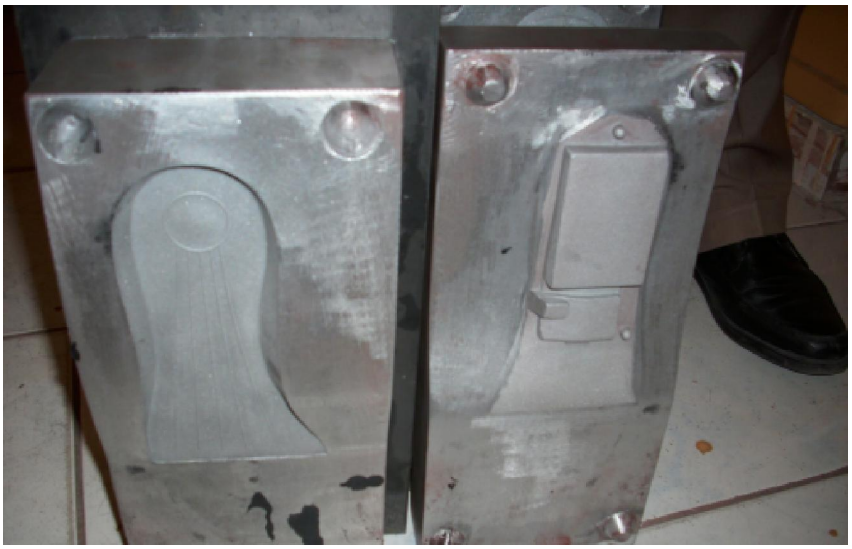
Resim 2 Termal Ayakkabı Pedi Montajı



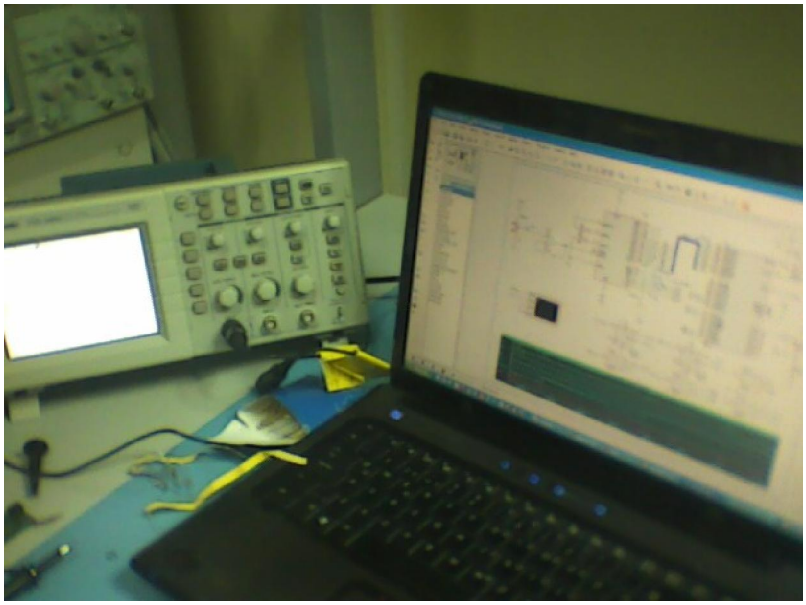
Resim 3 Isıtıcı Akım Testi



Resim 4 Termal Ayakabı Pedi Kullanılırken



Resim 5 Termal Ayakkabı Pedi Taban Kalıbı



Resim 6 Elektronik Devre Tasarım Aşaması



Resim 7 Termal Ayakkabı Pedi Görüntüsü