

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENDİNDEN TERMAL ELEKTRİK KAYNAKLI MİKROİŞLEMCI
SOĞUTMA SİSTEMİ

Faruk Süleyman BERBER

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet KÜÇÜKKÖMÜRLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK BİLGİSAYAR EĞİTİMİ ANABİLİMDALI
ISPARTA - 2008

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından ELEKTRONİK BİLGİSAYAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI 'nda oybirliği ile YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Ahmet KÜÇÜKKÖMÜRLER ()
Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir ÇAKIR ()
Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Tuncay YİĞİT ()
Süleyman Demirel Üniversitesi Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu

ONAY

Bu tez 12/09/2008 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda, yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

..../...../20...

Prof.Dr.Fatma KOYUNCU
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Motivasyon.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. Peltier Termoelektrik Soğutucu Kullanılarak Katı Cisimlerin Isı İletim Katsayısının Ölçülmesine Yönelik Cihaz Tasarımı, Yapılması Ve Endüstriyel Uygulaması	4
2.2. Sıcaklık Kontrol Devresi Tasarımı Ve İmalatı.....	4
2.3. Termoelektrik Batarya Şarjı Geliştirme.....	5
2.4. Esnek İki Fazlı Termoelektrik CPU Soğutucusu.....	5
2.5. Termoelektrik Soğutma Sistemleri	7
2.5.1. Termoelektrik Soğutmanın Teorisi.....	8
2.5.2. Termoelektrik Soğutucularda Kullanılan Malzemeler.....	9
2.5.3. Termoelektrik Soğutucuların Avantaj Ve Dezavantajları	10
2.5.4. Termoelektrik Soğutucuların Kullanım Alanları.....	11
2.5.5. Termoelektrik Modüllerin Seçim Ve Tasarımında Isıl Ve Elektriksel Parametreler.....	13
2.5.6. Sonuç.....	18
2.6. Düşük Güçlü Termoelektrik Üretici.....	18
2.7. Termoelektrik Kaynaklı Isıtma ve Havalandırma Sistemi.....	19
2.8. Sıcaklık Ölçüm Yöntemleri.....	20
2.9. Mikrodenetleyici ve DS1820 Sensörü Kullanarak Sıcaklık Ölçümü.....	20
2.10. Kendinden Termal Elektrik Kaynaklı Mikroişlemci Soğutma Sistemi.....	21
2.11. Termal Elektrik Kaynaklı Kablosuz Yüksek Sıcaklık Duyum Devresi.....	21

3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Termoelektrik	22
3.1.1. Termoelektrik Etkiler.....	27
3.1.1.1. Seebeck Etkisi.....	27
3.1.1.2. Peltier Etkisi.....	28
3.1.1.3. Thomson Etkisi.....	30
3.1.2. Termoelektrik Jeneratör.....	30
3.1.3. Termoelektrik Soğutucular.....	31
3.2. Peltier Element	31
3.2.1. Peltier Element için Önemli Kurallar.....	33
3.3. Mikroişlemciler.....	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	38
4.1. Prensiş Şeması ve Peltier Element.....	38
4.2. Peltier Elementin Tespiti.....	39
4.3. Proje Düzenegİ.....	40
4.4. Gerilim ve Sıcaklık Değerlerinin Okunması.....	41
4.5. Peltier Element (TEG) Karakteristik Değerleri ve Matematiksel Denklemi.....	42
4.6. Deney Sonuçları ve Grafik Analizi.....	44
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	47
6. KAYNAKLAR.....	48
EKLER	50
ÖZGEÇMİŞ	57

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KENDİNDEN TERMAL ELEKTRİK KAYNAKLI MİKROİŞLEMCI SOĞUTMA SİSTEMİ

Faruk Süleyman BERBER

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik Bilgisayar Anabilim Dalı

Juri: Yrd. Doç. Dr. Ahmet KÜÇÜKKÖMÜRLER (Danışman)
Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir ÇAKIR
Yrd. Doç. Dr. Tuncay YİĞİT

Termoelektrik bir modül olan Peltier Element ısı pompası olarak çalışabilir. Bu sebepten ısıtma ve soğutma için uygundur. Eğer modül doğru akım kaynağı ile beslenirse modülün sıcak yüzeyinden soğuk yüzeyine doğru bir ısı transferi olacaktır. Bunun tersine eğer modülün bir yüzeyi ısıya maruz kalırken diğer yüzeyi soğuk tutulabilirse yani her iki yüzey arası sıcaklık farkı yaratılabilirse, bu seferde terminallerinden doğru akım elde edilecektir. Yani modül iki yönlü (Reversible) çalışabilmektedir. Teknolojinin hızlı gelişimi neticesinde bilgisayarların kullanım alanı da artmaktadır. Bilgisayarların kullanım alanlarının artması ve günlük işlerin bilgisayarlar yardımıyla yapılıyor olması enerji tüketimini de artırmaktadır. Bu çalışmada bilgisayar kasası içerisinde bulunan malzemelerden elde edilen atık ısı kullanılarak enerji elde edilmesi ve bu enerjinin yine bilgisayar içinde soğutma sistemini besleyen enerji kaynağı olarak kullanılması hedeflenmiştir. Ayrıca dizüstü bilgisayarların mikroişlemci tasarımlarında geliştirilecek sistemin kullanılması ile atık ısılardan elde edilen enerjinin yine mikroişlemci soğutmasında kullanılması hedeflenmekte ve pillerinin daha uzun süre gitmesi, deşarj olma sürelerinin uzatılması düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Peltier Element, Reversible, Mikroişlemci, Atık Isı Geri Dönüşümü, Soğutma.

2008, 57 sayfa

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

SELF THERMALLY ELECTRIC POWERED COOLING SYSTEM DESIGN FOR MICROPROCESSOR

Faruk S. BERBER

**Süleyman Demirel University, Graduate School of Applied and Naturel Sciences
Department of Electronics Computer**

Thesis Committee: Assist. Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKKÖMÜRLER (Supervisor)
Assist. Prof. Dr. Abdulkadir ÇAKIR
Assist. Prof. Dr. Tuncay YİĞİT

Peltier Element (PE) is a thermoelectric module that can work as a heatpump. For that reason Peltier Element is suitable for heating and cooling. If PE module works by direct current, it makes a heat transfer from warm side to cool side. While a side of module is having heat and if the other side protect from heat so if the heat difference can create, from the terminals of module can get the direct current. So module can work reversible. Computers using sectors are increasing by the fast developing technology. The energy is running out because the using sectors of computers are increasing and the daily works are making with the helps of computers. The energy production by using waste heat from the materials in computer case and the target focused to cooling system in the case of computer that is getting energy by the peltier element. Separately the system that is using in the creating system of notebook processors and the batteries of notebooks can use energy longer and the time is for discharge can increase with peltier element module.

Key Words: Peltier Element, Reversible, Microprocessor, Waste Temperature Backward Conversion, Cooling.

2008, 57 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet KÜÇÜKKÖMÜRLER' e teşekkürlerimi sunarım. Bilimsel çalışmalarımda her türlü destek ve yardımlarını benden esirgemeyen öncelikle bölüm arkadaşlarım olmak üzere öğretmen arkadaşlarıma, teşekkür ederim.

1274CR – YL06 No' lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı' na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan ve destekleyen, eşime, anneme, babama, kardeşime ve tüm dostlarıma sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Faruk Süleyman BERBER

ISPARTA, 2008

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Peltier Element Prensip Çalışma Şeması.....	1
Şekil 1.2. Termoelektrik malzemede potansiyel farkın oluşumu.....	2
Şekil 1.3. Peltier Modülün iki yönlü kullanımı.....	3
Şekil 2.1. Bir termoelektrik soğutucu modülü.....	9
Şekil 2.2. Piknik amaçlı bir piknik soğutucu.....	13
Şekil 2.3. Mini bir buzdolabı	13
Şekil 2.4. Lazer ve medikal uygulamalar sıvı soğutucu.....	13
Şekil 2.5. Arabalar için mobil termoelektrik soğutucu.....	13
Şekil 2.6. Bir CPU soğutulması için tasarlanmış termoelektrik soğutucu.....	13
Şekil 2.7. Vitrin tipi içecek soğutucusu.....	13
Şekil 2.8. Genel ısı kaynağı türleri	14
Şekil 2.9. Sudan havaya bir termoelektrik soğutucu.....	15
Şekil 2.10. Soğuk plakalı termoelektrik soğutucu.....	15
Şekil 2.11. Tek kademeli termoelektrik soğutma modülleri.....	16
Şekil 2.12.Çok kademeli termoelektrik soğutma modülleri.....	16
Şekil 2.13. $T_h=25^{\circ}\text{C}$ için ΔT -V performans diyagramı.....	17
Şekil 2.14. $T_h=25^{\circ}\text{C}$ için ΔT -Qc performans diyagramı.....	17
Şekil 2.15. Termoelektrik üreticinin çalışması.....	18
Şekil 2.16. Düşük güçlü termoelektrik üretici gösterim cihazı.....	19
Şekil 3.1. Termoelementin yapısı.....	24
Şekil 3.2. Termoelektrik modülün yapısı.....	24
Şekil 3.3. P-tipi eleman çalışma şeması.....	25
Şekil 3.4. N-tipi eleman çalışma şeması.....	25
Şekil 3.5. N-tipi elemanların seri bağlanması.....	25
Şekil 3.6. P-N çifti ile ısı pompalanması.....	26
Şekil 3.7. Seebeck Voltajının Ölçümü.....	27
Şekil 3.8. Peltier devresi.....	30
Şekil 3.9. Jeneratör modunda termoelektrik modül.....	31
Şekil 3.10. Peltier Element çalışma şeması	32
Şekil 3.11. Peltier Element modül şeması.....	32
Şekil 3.12. Tek kademeli Peltier Element modülü.....	35

Şekil 3.13. Çok kademeli Peltier Element modülü.....	35
Şekil 4.1. Sıcaklık farklılığı ve gerilim.....	38
Şekil 4.2. Deneysel Düzenek Prensip Şeması.....	39
Şekil 4.3. TMG – 450–0.8 – 1.0.....	39
Şekil 4.4. Proje düzeneği.....	40
Şekil 4.5. Peltier çıkış gerilimi ve MPPT çıkış gerilimi.....	42
Şekil 4.6. Sıcak Yüzey Sıcaklığına Karşılık TEG Çıkış Gerilimi.....	43
Şekil 4.7. Gerçek veriler doğrultusunda çizilen eğri.....	43
Şekil 4.8. Ölçüm değerleri grafik göstergesi.....	45
Şekil 4.9. Sıcaklık fark göstergesi grafiği.....	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Termoelektrik soğutmanın kullanım alanları ve uygulamaları.....	11
Çizelge 3.1. Bazı maddelerin Seebeck katsayıları.....	28
Çizelge 3.2. Peltier Element Karakteristik Değerleri	33
Çizelge 3.3. Bazı işlemcilerin teknik özellikleri.....	36
Çizelge 4.1. Ölçülen gerilim ve sıcaklık değerleri.....	41
Çizelge 4.2. TMG-450-0.8-1.0 için Deneysel Sonuçlar.....	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADC	Analog Digital Converter
CPU	Central Processing Unit
DC	Direct Current
FM	Frekans Modülasyonu
I	Akım Şiddet Birimi
I/O	Input / Output
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
K	Isıl İletkenlik
L	Uzunluk
L_c	Thickness of the Contact Layer
LCD	Liquid Crystal Display
m	Metre
mm	Milimetre
Max	Maksimum
Mbps	Megabits per second
MHz	Mega Hertz
Mv	Mili volt
nm	Nanometre
n	Electrical Contact Parameter
N	Number of Thermoelements Per Module
NTC	Negative Temperature Coefficient
OSC	Osilatör
P	Power
PE	Peltier Element
PIC	Peripheral Interface Controller
PTC	Positive Temperature Coefficient
Q_p	Isı Miktarı
r	Thermal – contact parameter
R	Resistance
R_{in}	Internal Resistance
R_{load}	Load Resistance

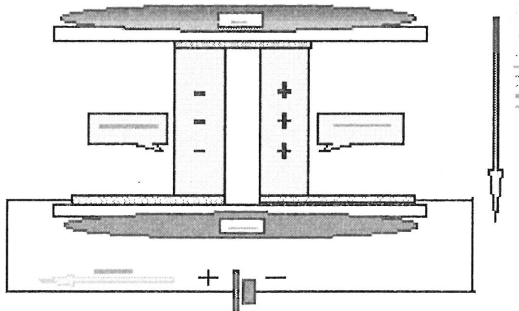
SEPIC	Single Ended Primary Inductor Converter
T	Temperature
T_c	Soğuk Yüzey Sıcaklığı
TEJ	Termo Elektrik Jeneratör
T_h	Sıcak Yüzey Sıcaklığı
TTL	Transistor – Transistor Logic
V	Voltaj
V_{load}	Load Voltage
V_o	Çıkış Voltajı
V_{oc}	Open Circuit Voltage
W_{load}	Load Power
α	Seebeck Katsayısı
ΔT	Sıcaklık Farkı
f	Frekans
ρ	Elektriksel İletkenlik
λ	İletkenlik Katsayısı
π	Peltier Sabiti
Λ_m	Thermal Conductance
ι	Thomson Katsayısı
°C	Santigrat Derece

1. GİRİŞ

Teknolojinin hızlı gelişimi neticesinde bilgisayarların kullanım alanı da artmaktadır. Bilgisayarların kullanım alanlarının artması ve günlük işlerin bilgisayarlar yardımıyla yapılıyor olması enerji tüketimini de artırmaktadır. Bu çalışmada bilgisayar kasası içerisinde bulunan malzemelerden elde edilen atık ısı kullanılarak enerji elde edilmesi ve bu enerjinin yine bilgisayar içinde soğutma sistemini besleyen enerji kaynağı olarak kullanılması hedeflenmiştir. Ayrıca dizüstü bilgisayarların mikroişlemci tasarımlarında geliştirilecek sistemin kullanılması ile atık ısılardan elde edilen enerjinin yine mikroişlemci soğutmasında kullanılması hedeflenmekte ve pillerinin daha uzun süre gitmesi, deşarj olma sürelerinin uzatılması düşünülmektedir.

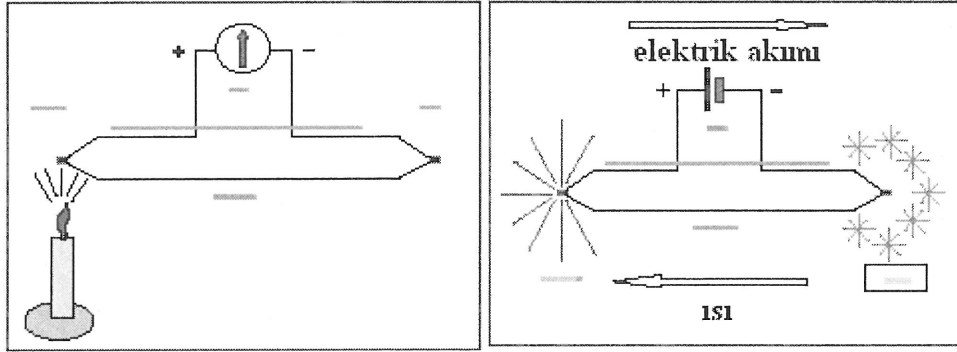
1.1. Çalışmanın Amacı ve Motivasyon

Termoelektrik bir modül olan Peltier Element ısı pompası olarak çalışabilir. Bu sebepten ısıtma ve soğutma için uygundur. Eğer modül doğru akım kaynağı ile beslenirse modülün sıcak yüzeyinden soğuk yüzeyine doğru bir ısı transferi olacaktır. Bunun tersine eğer modülün bir yüzeyi ısıya maruz kalırken diğer yüzeyi soğuk tutulabilirse yani her iki yüzey arası sıcaklık farkı yaratılabilirse, bu seferde terminallerinden doğru akım elde edilecektir. Yani modül iki yönlü (Reversible) çalışabilmektedir. Sıcaklık farkı 73°C ulaşan modüller tek konumlu, sıcaklık farkı 100°C ulaşabilen modüller ise iki durumludur. Şekil 1.1'de Peltier Element prensip çalışma şeması görülmektedir (Considine, 2006).



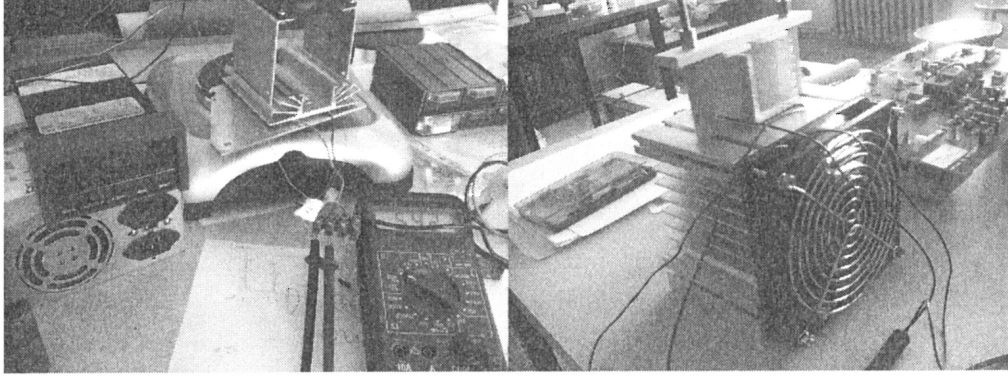
Şekil 1.1. Peltier Element Prensip Çalışma Şeması

Alman fizik bilim adamı Thomas Joann Seebeck (1770-1831) tarafından bulunan termoelektrik prensibine göre çalışan ve Seebeck etkisi adı verilen termoelektrik malzemenin iki yönlü (Reversible) çalışmasını ise Fransız fizikçi Jean Peltier (1785-1845) bulmuştur (Kurosaki, 2006). Şekil 1.2.'de bir ucu ısıtılan termoelektrik malzemenin diğer ucu boşta bırakıldığı zaman oluşan sıcaklık farkından ötürü bir potansiyel fark oluşarak geçen akım ampermetreden okunabilmektedir.



Şekil 1.2. Termoelektrik malzemede potansiyel farkın oluşumu.

Termoelektrik malzeme ile elde edilen potansiyel fark kullanılarak yüksek performanslı bir mikroişlemcinin (Örneğin Pentium Processor) soğutulması işlemi hedeflenmektedir. Bugüne kadar yapılmış mikroişlemci soğutma devrelerinde termoelektrik malzemeler kullanılmıştır. Projede peltier modülün sıcak yüzeyi mikroişlemcinin üst yüzeyine, soğuk yüzeyi ise alüminyum soğutucuya silikon sıcaklık transfer jeli ile tutturularak oluşan sıcaklık farklılıklarından dolayı elde edilen potansiyel fark ile elektrik fan motorunun beslenmesi sonucu, mikroişlemci termal enerji sayesinde soğutmaya tabii tutulacaktır. Eğer sıcaklık farkı sonucu potansiyel fark mikroişlemcinin soğumasına yeterli olmazsa fan motorunun ikinci sargısı dışarıdan beslenerek soğutma işlemi hızlandırılacaktır ki en azından fan motorunun birinci sargısı için gerekli olan potansiyel enerji Peltier modül tarafından sağlanacak ve enerji tasarrufu yoluna gidilecektir. Bu projenin önemi daha çok taşınabilir bilgisayarlarda (Notebook) bilgisayar pil şarj ömrünü uzatacaktır. Bilgisayar içersinde en çok güç kaybı mekanik sistemlerde olup bunlardan biriside fan motorlarıdır. Şekil 1.3 'de prototip bir Peltier modül ile yapılmış, ısı transferinin potansiyel enerjiye çevrilerek fan ile yapılan soğutma sistemi görülmektedir.



Şekil 1.3. Peltier Modülün iki yönlü kullanımı

Proje kapsamında ilk olarak uygun Peltier Element seçilmesi yer alacaktır. Bu malzemeler piyasada tekil devre elemanları gibi muhtelif büyüklükte ve güçlerde bulunmaktadır. İkinci aşamada seçilen Peltier Elementin sıcaklık değişimlerine karşılık elektriksel davranışlarının araştırılması hedeflenmektedir ki bunun fan motorunu sürebilecek bir güce ulaşabilmesi ve bu gücün fan motoru tarafından mikroişlemcinin sıcaklık artısını sınırlayabilmesi şartı söz konusudur. Aksi taktirde fan motoru iki sargılı seçilerek Peltier Elementten gelen güç yeterli kalmadığı ve sıcaklığın artışı önlenemediği durumlarda ikinci sargıya güç besleme ünitesinden güç verilerek sıcaklık artışı sınırlanabilecektir. Bu durumda dahi fan motoru sürekli olarak güç besleme ünitesinden akım çekmeyecek ve güç sarfiyatı düşürülmüş olacaktır. Bu da taşınabilir bilgisayarlarda ve benzeri elektronik aygıtlarda pilin şarj ömrünü uzun tutacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Peltier Termoelektrik Soğutucu Kullanılarak Katı Cisimlerin Isı İletim Katsayısının Ölçülmesine Yönelik Cihaz Tasarımı, Yapılması Ve Endüstriyel Uygulaması

Geliştirilen ısı iletim katsayısı cihazı ile ısı konusundaki uygulamalı fizik deneylerinin laboratuvar ortamında yapılması amaçlanmıştır. Cihaz çeşitli ısı yalıtım, yapı, kaplama malzemeleri ve özellikle tuğla kiremit vb. cisimlerin ısı katsayısının ölçülmesine yönelik endüstriyel değer taşır. Peltier; üzerine DC gerilim uygulanarak, soğutma ve ısıtma işleminde kullanılan termo soğutucudur. Peltier p-n eklemlerinden oluşur. Katı cisimlerin ısı iletim katsayısının hesaplanmasında, peltierin bu özelliği kullanılarak, ısı iletim katsayısı ölçümü yapılacak katının cisim yüzeyi ısıtılır. Cismin diğer yüzünden yapılan deneysel ölçüm sonuçlarına göre, ısı iletim katsayısı tespit edilir. Cihaz; donanım ve yazılım olmak üzere iki bölümden oluşur. Donanım; cam yünü ile izole edilen bir kutu , peltier termo soğutucu, sürücü devreleri, kontrol ve ölçüm sistemlerinden oluşur. Cihazın; 10 bit ADC, dijital kontrol, ve data portları için popüler olan PIC mikrokontrolcü kullanıldı. Cihazın PC kontrolü ve veri kayıt programı için visual BASIC programlama dili kullanıldı . (İnan vd., 2005)

2.2. Sıcaklık Kontrol Devresi Tasarımı Ve İmalatı

Otomasyon, hayatımızın birçok alanında önemli bir yer edinmiştir. Özellikle günümüzde teknolojinin hayatımıza hızla girmesiyle, otomatik kontrollü sistemlerin kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Bu projede bir sıcaklık kontrol devresinin tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Projedeki temel amaç, ortam sıcaklığının belli bir sıcaklığa ulaşmasını takiben, sistemde bulunan soğutma fanının otomatik olarak devreye girmesidir. Bu kontrol sistemindeki temel nokta, devredeki sıcaklık algılayıcısının (termistör) direncinin sıcaklığa bağlı olarak değişmesidir. Kurulan devrede, algılayıcı direncinin değişimi ile elde edilen gerilim çıktısına bağlı olarak, sıcaklığın belirli bir seviyeye yükselmesi ile birlikte fan otomatik olarak çalışmaktadır. Bu işlemin gerçekleşmesi için bir PIC (Peripheral Interface

Controller) kullanılmıştır. Oluşturulan sistem endüstriyel kontrol uygulamalarının basit bir modelini temsil etmektedir (Dai, 2007).

2.3. Termoelektrik Batarya Şarjı Geliştirme

Bu makale, batarya şarjını termoelektrik güç modülü ile tanımlamayı açıklamaktadır. Bu sistem Termoelektrik aygıt kullanır ve doğrudan doğruya ısı enerjisini bataryayı şarj etmesi için elektrik enerjisine dönüştürür. Termoelektrik karakteristiği farklı sıcaklıklarda test edilmiştir. Bu çalışmada SEPIC (Single Ended Primary Inductor Converter) dc-dc (Direct Current) çevirici kullanılmış ve kontroller mikro denetleyici ile sağlanmıştır. Bu sistem 7.99 W' a şarj olmuştur ki bu direk şarj etmekten yaklaşık olarak % 15 daha iyidir. Burada amaç termoelektrik güç üretici ile termoelektrik batarya şarjı geliştirmek ve dizayn etmektir. Elde edilen atık ısı veya diğer sıcaklık kaynağı, doğrudan güç girişi olarak kullanılacaktır (Eakburanawat ve Boonyaroonate, 2006).

Yenilenebilir enerji olarak, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi veya suyun gücü tercih edilebilir. Fakat bunlar topografya ya da havaya bağlı olarak sınırlı kullanılırlar. Termoelektrik doğrudan ısı enerjisini elektrik kuvvetine dönüştürebilir. Termoelektrik güç üretiminin bakım avantajı vardır ayrıca sessiz çalışırlar. Karmaşık yapıları yoktur (Eakburanawat ve Boonyaroonate, 2006).

Geçtiğimiz yıllarda bu yöntem kullanımı artmıştır. Yapılan çalışmaların bazıları Laptop batarya şarjı, mobil cep telefonları için batarya şarjıdır (Eakburanawat ve Boonyaroonate, 2006).

2.4. Esnek İki Fazlı Termoelektrik CPU Soğutucusu

Bu çalışmada iki fazlı ısı transfer sistemli termoelektrik CPU soğutucusunun özellikleri araştırılmıştır. Testler boyutları 3,1cm x 3,1cm olan 1.70Ghz INTEL Pentium 4 CPU'nun bulunduğu bilgisayar üzerinde yapılmıştır. İki fazlı sistem, tek fazlı ve fanlı sistemlerle kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tek fazlı sistem

termoelektrik modülde 37,6 °C sıcaklık farkı yaratırken, iki fazlı sistem 50,6 °C fark meydana getirmiştir. Testler esnasında iki fazlı termoelektrik soğutucunun CPU'nun sıcaklığını 9 °C 'e kadar düşürdüğü görülmüştür. Bu da iki fazlı sistemin fanlı sisteme kıyasla yaklaşık 5 kat daha fazla soğutma sağladığını göstermektedir (Ahıska ve Ahıska, 2007).

Teknolojideki önemli gelişmelerden biri bilgisayar sistemleridir. Bilgisayar sistemleri portatif hale dönüşerek küçültülmektedir. Bu küçülme, aynı işi daha küçük elemanlarla yapmak demektir ve beraberinde soğutma problemlerini de getirir. Çünkü küçülme işlemiyle açığa çıkan ve birim yüzeye düşen ısı miktarı artmaktadır. Bilgisayarların merkezi işlemci birimi olan CPU'lar ısı yükünün dışarı atılmaması nedeniyle bozulabilir. Ayrıca CPU'ların üzerindeki ısı yük onları çalışma performanslarını da olumsuz etkiler. CPU'ları soğutabilmek için çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Bunlardan biri alüminyum fanlı soğutma sistemidir. Fakat bu sistem aldığı ısıyı kasanın içine dağıttığından soğutma kapasitesi sınırlıdır. Bir başka sistem ise tek fazlı su dönüşümlü sistemdir. Ancak bu sistem de montajı sırasında yarattığı mekanik gerilimlerle tehlikelidir. Ayrıca bu sistemin uygulanabilmesi için bir pompaya ihtiyaç vardır. Termoelektrik modülerin birçok küçük hacimli soğutucuda kullanıldığı bilinmektedir. Bu cihazlardaki termoelektrik modülerin verimli çalışması için kullanılan ısı transfer sistemleri çok önemlidir. İki fazlı ısı transfer sistemlerinin; büyük boyutlarda, ısı dönüşümlerinde ve küçük boyutlarda, elektrik ve elektronik elemanların soğutulmasında kullanılması tavsiye edilmektedir.

Buna uygun olarak iki fazlı sistemler termoelektrik soğutucularda da kullanılmaktadır. Bu çalışmada CPU'yu soğutmak için tasarlanan esnek iki fazlı ısı transfer sistemli termoelektrik soğutucunun uygulaması yapılmıştır. Bilgisayarın, en ağır sıcaklık şartları olan çöl şartlarında çalıştığı düşünülerek ısı transfer sisteminde iç basınç suyun 45°C' de kaynayacağı kadar düşürülmüştür. Bu sisteminde CPU termoelektrik modülle soğutulmakta, suyun kaynaması için gerekli olan ısı termoelektrik modülün sıcak tarafından alınmakta, bu ısının tamamı da suyun tekrar yoğunlaşmasıyla çevreye yayılmaktadır (Ahıska ve Ahıska, 2007). İki fazlı sistemin üretimi kolay, maliyeti düşük ve malzemeleri her yerde bulunabilir. Sistemde fanlar

dışında hareketli parça yoktur. Bu nedenle garanti süresi uzundur. Ayrıca sistem sessiz ve güvenilirdir. Sistemin çalışır hale getirebilmek için herhangi bir hava pompası ile düşük basınç oluşturulabilir.

2.5. Termoelektrik Soğutma Sistemleri

Termoelektrik soğutma sistemleri, sıcaklık dengelemesi veya ortam sıcaklığının altında bir soğutmanın gerektiği uygulamalarda kullanılan hareket eden elemanı olmayan ısı pompası özelliği olan cihazlardır. Modern ve yüksek teknolojilerin gelişmesi ile termoelektrik soğutucular, lazer diyotlar, mikro işlemciler, kan analiz cihazları ve taşınabilir piknik tipi soğutuculara kadar bir çok üründe karşımıza çıkmaktadır. Bu makalede, termoelektrik soğutmanın teorisi, uygulama alanları, tasarım ve seçiminde etkili olan elektriksel ve ısı parametreleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Günümüzde, sağlam, güvenilir, kompakt, ufak boyutlu, hafif, uzun ömürlü, düşük maliyette, düşük enerji tüketimine sahip ve bakım gerektirmeyen soğutuculara artan bir ihtiyaç vardır. Yaygın olarak kullanılan mevcut kompresörlü soğutma sistemleri mekanik olarak hareket eden parçaları olduğundan ve boyut olarak büyük olduklarından arzulanan ideal özelliklere sahip değildir. Teknolojinin hızlı bir şekilde arttığı bir zamanda, soğutma ihtiyacının sadece konfor ve gıdaların muhafazası amaçlı sınırlı kalmayacağı açıktır. Özellikle yeni ve daha sıkı imal edilmiş elektronik cihazların kendi içinde ürettiği ve dışına yaydığı ısıya bertaraf edilmesinin ve ısı konfor sınırlarını aşan özel şartların istendiği soğutma gereksinimleri, buhar sıkıştırmalı konvansiyonel soğutma sistemlerinin dışında alternatif soğutma cihazlarına yönelmeyi ortaya koymuştur. Termoelektrik soğutucular, askeri, elektronik gibi alanlardan bireysel özel soğutma ihtiyacına kadar bir çok uygulamada kullanılan ısı pompası özelliği olan cihazlardır .

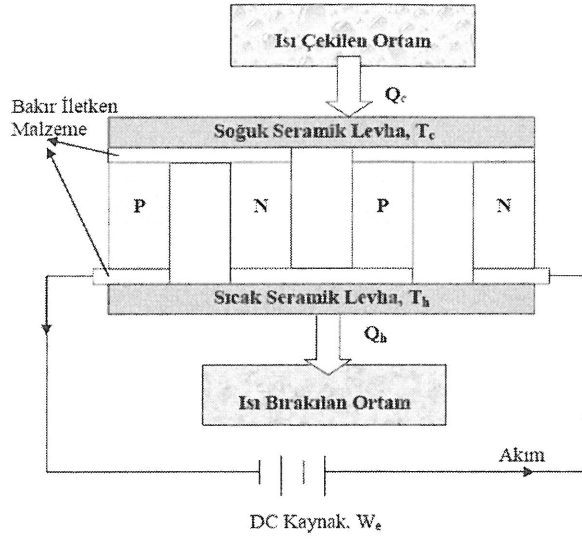
Hızla gelişen elektronik ve bilgisayar teknolojisinde, elektronik elemanların hassas biçimde çalışabilecekleri sıcaklık aralıkları bellidir. Elektronik malzemelerin soğutulması günümüzde mühendislerin en önemli problemlerinden biridir. Son

yıllarda bu konuda giderek artan çalışmalar yapılmaktadır . Termoelektrik soğutma sistemlerinin tasarımı, analizi ve uygulamaları ile ilgili konularda son zamanlarda önemli araştırmalar yapılmıştır ve araştırmacıların konuya ilgisi artmaktadır. Bu çalışmada, son zamanlarda ticari olarak çeşitli ürünlerde rastlanan termoelektrik soğutmanın teorisi ve uygulama alanları ile ilgili temel bilgiler sunulmuştur (Bulut, 2005).

2.5.1. Termoelektrik Soğutmanın Teorisi

Termoelektrik soğutma temelde termoelektrik etkilerin en önemlilerden biri olan Peltier etkisine dayanır. Peltier etkisi, iki farklı metal elemandan oluşan bir devreye doğru akım verildiğinde, akımın yönüne göre, aksi uçlarda sıcaklıkta artmanın veya azalmanın meydana gelmesidir. Bu olayda ilginç olan, devrede uçlar arasında bir sıcaklık farkı oluşması ve dolayısıyla uçlarda bir ısınma veya soğumanın meydana gelmesidir. Isıl eleman çiftlerinin (Termokapıl) temelini oluşturan ve 1821 yılında keşfedilen Seebeck etkisinin tersi olan Peltier etkisi, Fransız bilim adamı Charles Athanese Peltier 1834 yılında keşfedilmiştir. 1950 yılından sonra yarıiletken teknolojisinde gelişmelerin hızlanması ile Peltier etkisi değişik uygulamalarda kendine kullanım alanları bulmuştur.

Termoelektrik soğutma, N ve P tipi yarı iletken metal çiftlerinden oluşmuş bir veya daha çok modülden, bir doğru akımın geçmesi ile elde edilir. Şekil 2.1.'de bir N ve P yarı iletken çiftinden meydana gelmiş bir termoelektrik soğutma modülü gösterilmiştir. P ve N tipi termoelemanlar elektriksel olarak seri, ısıl olarak paralel şekilde seramikler arasına bağlanırlar. Akımın yönüne bağlı olarak ısıtma ve soğutma elde edilebilir. Şekil 2.1.'den de görüleceği gibi soğutma durumunda, doğru akım N tipi yarı iletkendeki P tipine geçmektedir. Akım, düşük enerji seviyesindeki P tipi yarıiletken malzemeden yüksek enerji seviyesine geçtiğinde soğutulacak ortamdan ısı çekerek soğutma meydana getirmektedir. Soğuk ortamdan çekilen bu ısı, yüksek sıcaklıktaki ortama elektronlar vasıtasıyla transfer edilir. Böylelikle ısı, bir ortamdan çekildiği gibi başka bir ortama da terk edilmektedir. Dolayısıyla termoelektrik modül ısı pompası vazifesi de gösterir.



Şekil 2.1. Bir termoelektrik soğutucu modülü

2.5.2. Termoelektrik Soğutucularda Kullanılan Malzemeler

Bir termoelektrik soğutucunun verimliliği bağıl olarak kullanılan malzeme ile ilgilidir. Termoelektrik malzemelerin performansı, aşağıdaki eşitlikte verilen değer katsayısı ile ifade edilmektedir :

$$ZT = \frac{\alpha^2 T}{kR} \quad (2.1)$$

Burada α Seebeck katsayısı, T termoelektrik modülün yüzeylerinin ortalama sıcaklığı, k ısı iletkenliği, R elektrik direncini göstermektedir. Metallerin ısı iletimi yüksek, fakat elektrik dirençleri düşük olduğundan, ZT değerleri de düşük olmaktadır. Günümüzde termoelektrik modüllerde kullanılan yarı iletken malzemelerin değer katsayısı, ZT , yaklaşık 0.4 ile 1.3 arasındadır .

Termoelektrik soğutucularda P ve N tipi termoelemanlarda kullanılan yarı iletken malzemeler, Bi_2Te_3 , PbTe , SiGe ve BiSb gibi alaşımlardır. Bizmut Teleryum, Bi_2Te_3 , yüksek termoelektrik verimi ve uygun sıcaklık aralığı nedeniyle yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Alt ve üst plakalarda seramik malzeme kullanılır.

Böylece ısı iletkenlik, elektriksel yalıtkanlık ve mekanik mukavemet sağlanır. Termoelemanları birbirine bağlayan iletken malzeme olarak bakır veya alüminyum gibi ısı iletkenliği yüksek malzemeler kullanılmaktadır .

2.5.3. Termoelektrik Soğutucuların Avantaj Ve Dezavantajları

Termoelektrik soğutucuların diğer soğutma sistemlerine göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir :

- Hareketli herhangi bir parçası yoktur. Dolayısıyla az bakıma ihtiyaç vardır.
- Uzun ömürlüdürler. Ömür testlerinde sürekli rejimde 100.000 saat çalışabildikleri görülmüştür.
- Termoelektrik soğutucu, CFC'ler gibi herhangi bir soğutucu akışkanı içermez. Dolayısıyla çevre ve doğa dostudurlar.
- Termoelektrik soğutucu, ısı pompası olarak tam tersinirdir. Isının yönü DC akımın yönü değiştirilerek kolayca değiştirilebilir.
- $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığında çok hassas sıcaklık kontrolü sağlanabilir.
- Termoelektrik Soğutucular, pozisyona bağımlı cihazlar değildir. Dikey veya yatay her konumda çalışabilirler. Yerçekimsiz ortamlarda da çalışır.
- Çok hassas, sıkı ve küçük ortamlarda çalışabilirler.

Termoelektrik soğutucular çeşitli dezavantajlara sahiptirler. Bunlar;

- Soğutma ve ısıtma performans katsayıları (COP) çok düşüktür. 0.3-0.7 arasındadır.
- Oysa klasik soğutma makinalarında bu değer 2-4 arasındadır. Buhar sıkıştırmalı, absorpsiyonlu ve termoelektrikli üç farklı mini buzdolabı için yapılan karşılaştırmalı çalışmada, buhar sıkıştırmalı tipte olanın maliyet ve işletme açısından daha uygun olduğu fakat diğerlerine göre daha gürültülü olduğu tespit edilmiştir.
- Termoelektrikli mini buzdolabının COP'sinin absorpsiyonlu mini buzdolabına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Yüksek soğutma yükleri için uygun değildirler. Buhar sıkıştırmalı soğutma sistemleri ile rekabet etmeli mümkün görülmemektedir.
- Şu an için pahalıdır.

- DC besleme gerektirir.

2.5.4. Termoelektrik Soğutucuların Kullanım Alanları

Termoelektrik soğutucular yukarıda belirtilen avantajlarından dolayı, tıbbi cihazlardan günlük hayatta kullandığımız bir çok cihaza kadar birçok uygulamada yer bulmuştur. Çizelge 2.1.'de termoelektrik soğutma ürünlerinin kullanım alanları ve uygulamaları verilmiştir .

Çizelge 2.1. Termoelektrik soğutmanın kullanım alanları ve uygulamaları

Askeri/Uzay araştırmaları	Elektronik soğutma, soğutulan elbise, taşınabilir soğutucu, kızılötesi sensörlerin soğutulması, lazer diyotların soğutulması, telsiz istasyonları için kabin soğutma, uzay teleskoplarında.
Bireysel	Dinlenme taşıt soğutucuları, mobil ev soğutucuları, araba soğutucuları, taşınabilir piknik soğutucuları, bira, şarap veya su soğutucuları, içecek kutuları soğutucusu, motorsiklet kasketi soğutucusu, taşınabilir insulin soğutucusu.
Laboratuar ve bilimsel cihazlar	Kızılötesi sensörlerin soğutulması, lazer diyod soğutucuları, CCD soğutucusu, entegre devrelerin soğutulması, vidicon tüpü soğutucusu, laboratuar soğuk plaka, karıştırıcı soğutucu, soğuk oda, donma noktası referans banyosu, mikrotome

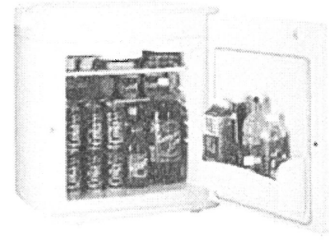
Çizelge 2.1. (devam)

	soğutması, elektroforesis hücre soğutucusu.
Endüstriyel sıcaklık kontrol	NEMA (ABD elektrik cihazları üreticileri birliği) ortamları,kritik elemanları sert çevre şartlarından korunması, PC mikroişlemcileri, mikroişlemcilerin ve bilgisayarların numerik kontrollerinde ve robotiklerde, yazıcı ve fotokopilerde mürekkep sıcaklığının dengelenmesi, CCD kameralarda.
Resturant cihazları	Krema dağıtıcısı, çırpılmış krema dağıtıcısı, tereyağı dağıtıcısı
Çeşitli amaçlar	İlaç soğutucular (taşınabilir veya sabit), otel odaları soğutucuları, otomobil mini soğutucuları, otomobil koltuk soğutucuları, uçak içme suyu soğutucuları, yolcu otobüsü soğutucuları, gemi soğutucuları, karavan soğutucuları, kamyon soğutucusu, DNA döngülerinde, tıbbi teşhis cihazları, mesaj veya tedavi amaçlı sıcak/soğuk yataklarda.

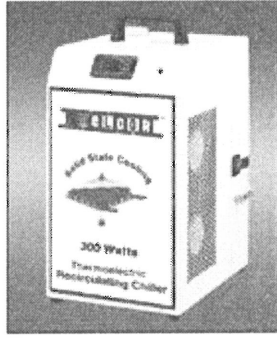
Şekil 2.2. ve 2.7 arasında çeşitli uygulamalarda piyasada ticari olarak bulunan termoelektrik soğutma sistemleri gösterilmiştir .



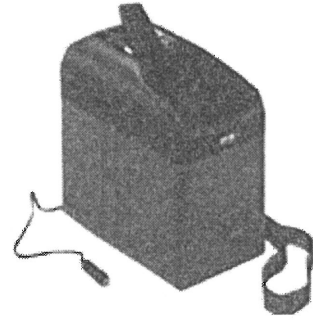
Şekil 2.2. Piknik amaçlı bir piknik soğutucu



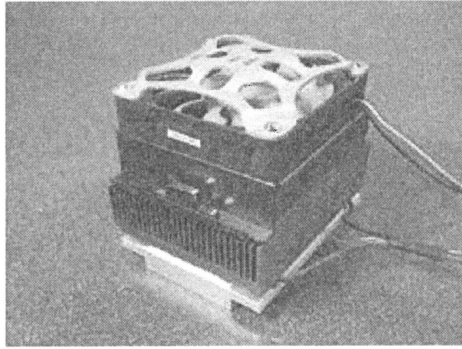
Şekil 2.3. Mini bir buzdolabı



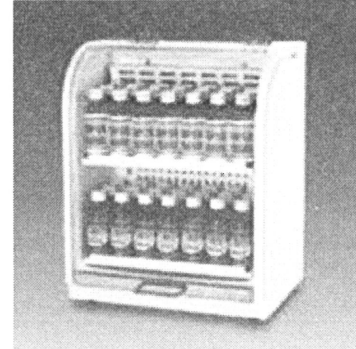
Şekil 2.4. Lazer ve medikal uygulamalar sıvı soğutucu



Şekil 2.5. Arabalar için mobil termoelektrik soğutucu



Şekil 2.6. Bir CPU soğutulması için tasarlanmış termoelektrik soğutucu



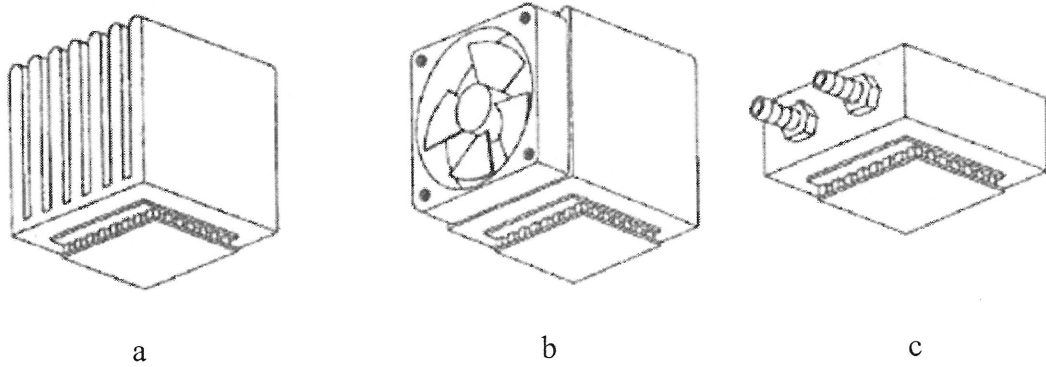
Şekil 2.7. Vitrin tipi içecek soğutucusu

2.5.5. Termoelektrik Modüllerin Seçim Ve Tasarımında Isıl Ve Elektriksel Parametreler

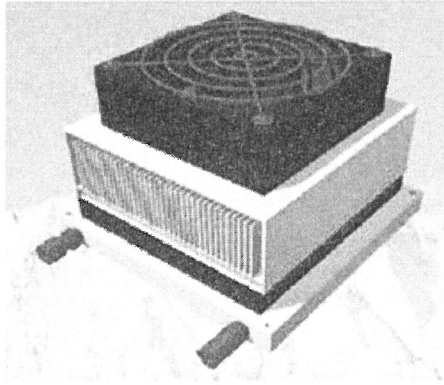
Bir soğutucunun tasarımı ve seçimi, genellikle üretici firma tarafından sağlanan termoelektrik modülün performans eğrilerine göre yapılmaktadır. Tasarım, termoelektrik soğutmanın sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı (ΔT) ve

istenen soğutma kapasitesi ile başlar. Belirlenen soğutma kapasitesine göre ΔT -Akım eğrisinden modülün akım şiddeti belirlenir. Daha sonra Voltaj (V) -Akım (I) eğrisinde sıfır soğutma yükü ve sıfır sıcaklık farkında gerekli voltaj farkının üst ve alt limitleri belirlenir. Daha sonra ısı kaynağının ısıl direnci değerlendirilir .

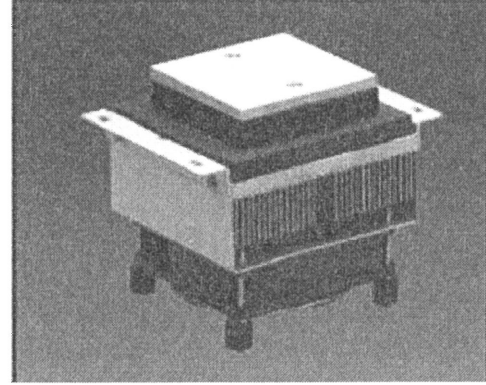
Termoelektrik modüllerde, akımın yönüne bağlı olarak ısıtma ve soğutma gerçekleştirilir. Dolayısıyla ısıtma ve soğutma amaçlarının ikisinin de istendiği uygulamalarda, tasarım soğutma moduna göre yapılmalıdır . Termoelektrik modüllerde ısıнын çekildiği ve ısıнын atıldığı ortam son derece önemlidir. Isı aktarım türleri olarak modüller tasarım ve konstrüksiyon olarak farklılık gösterebilirler. Termoelektrik modüllerde, havadan havaya, sudan havaya, havadan suya, sudan suya ve soğuk plaka uygulamaları mevcuttur. Şekil 2.8.'de ısı kaynağının soğutma türlerine göre çeşitli modüller gösterilmiştir . Şekil 2.9.'da sudan havaya bir soğutucu modülü ve Şekil 2.10' da ise soğuk plakalı termoelektrik soğutucu modülü gösterilmiştir .



Şekil 2.8. Genel ısı kaynağı türleri; a) Serbest taşınımlı hava soğutmalı ısı kaynağı, b) Zorlanmış taşınımlı hava soğutmalı ısı kaynağı, c) Zorlanmış taşınımlı sıvı soğutmalı ısı kaynağı



Şekil 2.9. Sudan havaya bir termoelektrik soğutucu



Şekil 2.10. Soğuk plakalı termoelektrik soğutucu

Bir termoelektrik modülün sıcak yüzeyinden bulunduğu ortama ısı verilir. Bu yüzey ısı kaynağına bağlıdır. Isı kaynağı olarak su veya hava olabilir. Isı kaynağı doğal veya zorlanmış taşınım ile hava ile soğutulduğunda (Şekil 2.8. a ve b), sıcak yüzeyin sıcaklığı (T_h) ve sıcak yüzeyden atılan ısı, Q_h aşağıdaki denklemden bulunabilir ;

$$T_h = T_0 + U \cdot Q_h \quad (2.2)$$

$$Q_h = Q_c + W_e \quad (2.3)$$

Burada, T_0 ısının aktarıldığı ortam sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), U ısı değiştirgecinin toplam ısı direnci ($^{\circ}\text{C} / \text{Watt}$) ve Q_c , termoelektrik modülün soğuk yüzeyinin çektiği ısı (W) ve W_e (W) termoelektrik modülün çektiği elektrik gücü olup, I (Amper) ve V (Volt) bağlıdır.

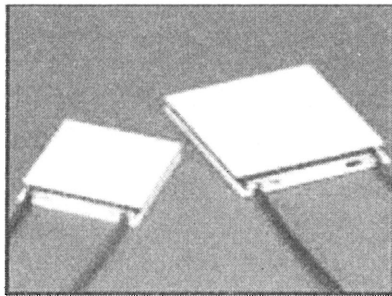
$$W_e = V \cdot I \quad (2.4)$$

Isı değiştirgecinin ısı direnci bilinmediğinde sıcak yüzeyin sıcaklığı, hava soğutmalı doğal taşınım da ortam sıcaklığına $20-40^{\circ}\text{C}$, hava soğutmalı zorlanmış taşınım da ortam sıcaklığına $10-15^{\circ}\text{C}$ ve su soğutmalı da ise $2-5^{\circ}\text{C}$ ortam sıcaklığına eklenerek bulunur. Örneğin 20°C bir ortamda serbest taşınımlı hava soğutmanın yapıldığı

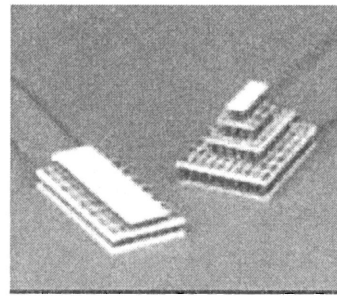
bir termoelektrik modülün sıcak yüzeyinin sıcaklığı yaklaşık olarak $20+35=55^{\circ}\text{C}$ alınabilir.

Termoelektrik soğutucunun soğuk yüzeyinin sıcaklığı (T_c), eğer yüzey doğrudan soğutulacak cisim veya ortam ile temasta ise cismin sıcaklığı veya ortamın sıcaklığı alınabilir. Eğer bir ısı değiştirgeci arada varsa, ısıl dirençlerin göz önüne alınması gerekir.

Bir termoelektrik soğutucunun iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı ($\Delta T = T_h - T_c$), son derece önemli bir parametre olup, sistem seçiminde diyagramlarda temel eksenlerden birini oluşturur. Eğer $\Delta T < 55^{\circ}\text{C}$ ise, tek kademeli termoelektrik modül yeterli olabilir. Tek kademeli bir modül için teorik maksimum sıcaklık farkı, $65^{\circ}\text{C} < \Delta T < 70^{\circ}\text{C}$ 'dir. Eğer $\Delta T > 55^{\circ}\text{C}$ ise, çok kademeli termoelektrik modüller seçilmelidir. Yedi adete varan tek kademeli termoelektrik modüller üst üste konarak, yüksek ΔT 'ye sahip çok kademeli bir soğutma modülü oluşturulabilir. Çok kademeli termoelektrik cihazlarda $\Delta T \cong 130^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar sağlanabilir. Pratikte ulaşılan en düşük sıcaklık -100°C 'dir. Şekil 2.11. ve 2.12.'de sırasıyla tek ve çok kademeli termoelektrik soğutma modülleri gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Tek kademeli termoelektrik soğutma modülleri



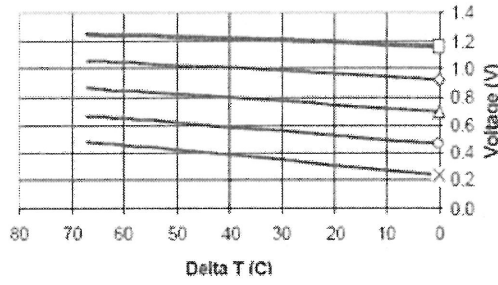
Şekil 2.12. Çok kademeli termoelektrik soğutma modülleri

Termoelektrik soğutma modüllerin ısıtma ve soğutma tesir katsayıları (COP), konvansiyonel soğutma makinalarına ve ısı pompalarına benzer olarak aşağıdaki denklemlerde olduğu gibi tanımlanır.

$$COP_h = \frac{Q_h}{W_e} \quad (2.5)$$

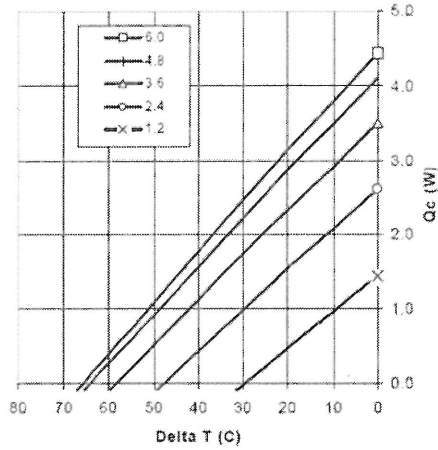
$$COP_c = \frac{Q_c}{W_e} \quad (2.6)$$

Termoelektrik soğutucular, belirlenen T_h 'da I_{max} , V_{max} , Q_{max} ve ΔT_{max} değerleri ile değerlendirilirler ve üreticiler her tip için bu değerleri kataloglarında verirler. Q_{max} soğutulan ortamdan çekilen maksimum ısıdır. I_{max} ve V_{max} ise $T=0$ olduğundadır. ΔT_{max} ise soğutucu yüzeyleri arasında oluşabilecek en yüksek sıcaklık (I_{max} , V_{max} ve $Q_c=0$ olduğunda) farkıdır . Tipik termoelektrik modüller için diyagramlar Şekil 2.13. ve Şekil 2.14'de gösterilmiştir .



$\Delta T (^{\circ}C)$

Şekil 2.13. $T_h=25^{\circ}C$ için ΔT -V performans diyagramı



$\Delta T (^{\circ}C)$

Şekil 2.14. $T_h=25^{\circ}C$ için ΔT - Q_c performans diyagramı

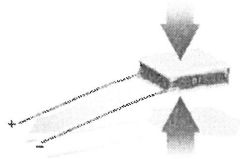
2.5.6. Sonuç

Termoelektrik cihazlar güç üretimi ve soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır. Termoelektrik soğutma uygulamalarına olan ilgi son zamanlarda artmıştır. Termoelektrik soğutucular askeri ve uzay çalışmalarında, hassas ölçüm aletlerinde, tıbbi, endüstriyel ve ticari cihazlarda artık yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Büyük soğutma yükleri için kullanılamamaları, düşük COP değerleri ve göreceli yüksek maliyetleri temel dezavantajları olarak durmaktadır. Ancak, yakın gelecekte, evsel uygulamalar için ısı pompası ve iklimlendirme amaçlı termoelektrik soğutma sistemlerinin pazarda rekabete gireceği tahmin edilmektedir. Termoelektrik sistemlerde kullanılan malzemeler verim üzerinde etkisi olduğundan yarıiletken malzemelerindeki gelişmeler bu tür cihazların daha verimli olmalarını sağlayacağı ve maliyetleri düşüreceği düşünülmektedir. Ayrıca PV panellerden elde edilecek DC güç ile termoelektrik soğutmanın gerçekleştirilmesi üzerine de çalışmalar planlanmaktadır. Böylelikle termoelektrik cihazlar tamamen çevre dostu ve işletme maliyeti düşük sistemler olarak karşımıza çıkabileceklerdir. Termoelektrik soğutma sistemleri yapı ve kullanım amacı olarak farklı tipleri mevcuttur. Dolayısıyla termoelektrik cihazların tasarım ve seçiminde ısı ve elektriksel parametrelerin tümü göz önüne alınmalıdır.

2.6. Düşük Güçlü Termoelektrik Üretici

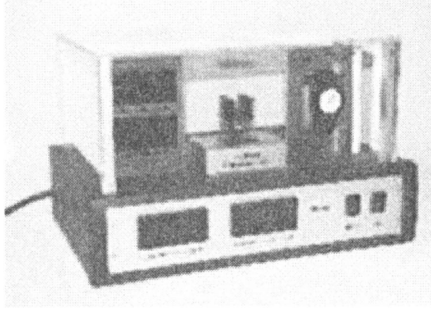
Düşük güçlü termoelektrik üretici termal enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür (Thin Film Thermoelectric Generator Systems, 2002).

Elde edilen sıcaklık farkı kendi kendine yeten kaynağın temelini oluşturur (Şekil 2.15.).



Şekil 2.15. Termoelektrik üreticinin çalışması (Thin Film Thermoelectric Generator Systems, 2002)

Düşük güçlü termoelektrik üretici, tüketici ve endüstriyel uygulamalarında, sensör sistemleri için; kendinden kaynaklı ısı göstergeleri, kendinden kaynaklı ısı uyarma sistemleri, mobil elektronik cihazları şarj etme örnek verilebilir. Termoelektrik üreticinin dizaynı ve bunun termal ve elektriksel parametreleri özel uygulamalarda ayarlanabilmektedir. Bu işin gösterim ve deneme kısmında kullanılan cihazı Şekil 2.16. 'da görülmektedir.



Şekil 2.16. Düşük güçlü termoelektrik üretici gösterim cihazı (Thin Film Thermoelectric Generator Systems, 2002)

Burada cihaz işlem türüne ve düşük güçlü termoelektrik üreticinin performansına göre kullanılır. Bu cihazın montajında; ısı kontrolü, ısı göstergesi, düşük güç yönetimine ait elektrik tüketim göstergeleri bulunmaktadır. Burada cihaz sıcak ve soğuk taraf arasında sıcaklık farkını sabitlemektedir.

Sonuç olarak termoelektrik gerilim üretildi ve kapalı devreden akım akışı sağlandı. Düşük güç yönetimi ve sadece düşük güç termoelektrik üretici ile doğrudan kaynak sağlandı (Thin Film Thermoelectric Generator Systems, 2002).

2.7. Termoelektrik Kaynaklı Isıtma ve Havalandırma Sistemi

Bu çalışmanın temel amacı aşırı iklimsel ortamlarda ya da tehlikelere maruz kalmış hava değişikliklerinde çalışan insanlar için ısınma veya havalandırmayı sağlayan ve kendinden kaynaklı bir sistem geliştirmektir. Bu işlevi gerçekleştirmek için gereken elektriksel güç termoelektrik enerji dönüştürücü ile sağlanmaktadır. Termoelektrik güç, konveksiyon soğumaya zorlandığı, tamamen kendinden kaynaklı olduğu, sıvı

yakıtla çalıştığı ve termoelektrik enerji dönüşüm materyali ile bizmut-tellurit olarak kullanıldığı için benzersizdir. Tüm sistem insan tarafından taşınabilir olup elden basınçlı yakıt tankında sekiz saatlik çalışmayı sağlayacak kadar yakıt içerdiğinden her durumda çalışmayı sağlar. Sistem tarafından dağıtılan hava çevresel koşulların üzerindeyken 150°F ten 5°F e kadar ısı düzenleyici olma özelliğine sahiptir (Bernard ve Spano, 1966).

2.8. Sıcaklık Ölçüm Yöntemleri

Sıcaklık hem termodinamik bir özellik, hem de bir ölçü birimidir. Ölçümü sağlık uygulamalarından, ısı makinelerinin termodinamik olarak geliştirilmesine kadar pek çok uygulama için büyük önem taşır. Günümüz sensör pazarının tahminen %80'ini, sıcaklık ölçüm teknik ve cihazları oluşturmaktadır. Sıcaklık ölçümü yöntemleri ve cihazları, çok çeşitlilik gösterir. Rezistanslı termometreler ve ısı çiftler (termokuplör) gibi nüfuz veya temas tekniklerinin yanında, kızıl ötesi detektörleri gibi farklı teknikler de mevcuttur. Kalibrasyon, ölçümün belirsizliğiyle ilgili sayısal doğruluğu sağladığından, sıcaklık ölçümü için çok önemlidir. Kalibrasyon bilgisi olmayan bir sıcaklık ölçümü, bazı durumlarda hiçbir değer taşımaz (Childs, 2001).

2.9. Mikrodenetleyici ve DS1820 Sensörü Kullanarak Sıcaklık Ölçümü

Elektronik teknolojinin hızla geliştiği günümüzde, mikroişlemciler ve mikrodenetleyicilerin her alana girdiği ve analog sistemlere göre yüksek doğruluklu işlem yaparak, hem zaman hem de yerden kazanç sağladığı açıktır. Bu gelişmeler çerçevesinde birçok endüstriyel uygulamalar mikroişlemci tabanlı sistemlere adapte edilerek, yapılan ölçüm ve kontrol işlemlerinde hız ve yüksek doğruluk sağlanmıştır.

Bilindiği gibi, endüstriyel uygulamalarda sıcaklık ölçen aygıtların çok geniş bir kullanım alanı vardır. Günümüzde sıcaklık ölçen aygıtların çoğu analog işlem yapmaktadır. Bu aygıtları sayısal tabanlı sistemler ile bir arada kullanmak için, ADC (Analog Digital Converter) olarak bilinen analog-sayısal dönüştürücüler kullanılmaktadır. ADC, uygulamalarda sistem yapısına göre maliyet, doğruluk ve hassasiyet gibi yönlerden istenen değerleri vermeyebilir. Ayrıca, bu entegrelerin

kullanımı, sistemi daha karmaşık hale getirmektedir. İstenmeyen bu özelliklerden kurtulmanın tek yolu ise, sıcaklığı sayısal bilgi şeklinde veren aygıtlar kullanarak, ara bağlantı birimlerinden kurtulmaktır (Karakuzu vd., 2002).

Elektronik malzeme üreten firmalar, bu gereksinimi görerek sayısal sıcaklık ölçen aygıtlar tasarlamaya başlamışlardır. Dallas Semiconductor firması, elektronik dünyasına sayısal sıcaklık ölçen aygıtları sunarak, bu işle uğraşanlara büyük kolaylık sağlamıştır. Bu aygıtlar, sayısal tabanlı sistemlerle çok iyi uyum sağlaması ve kendi içlerinde de çok çeşitli uygulamalara izin vermesi sebebiyle bu konuda büyük bir mesafe kaydetmişlerdir (Karakuzu vd., 2002).

2.10. Kendinden Termal Elektrik Kaynaklı Mikroişlemci Soğutma Sistemi

Teknolojinin hızlı gelişimi neticesinde bilgisayarların kullanım alanı da artmaktadır. Bilgisayarların kullanımlarının artması ve günlük işlerin bilgisayarlar yardımıyla yapılıyor olması enerji tüketimini de artırmaktadır. Bu çalışmada bilgisayar kasası içerisinde bulunan malzemelerden elde edilen atık ısı kullanılarak enerji elde edilmesi ve bu enerjinin yine bilgisayar içinde soğutma sistemini besleyen enerji kaynağı olarak kullanılması hedeflenmiştir. Ayrıca dizüstü bilgisayarların mikroişlemci tasarımlarında geliştirilecek sistemin kullanılması ile atık ısılardan elde edilen enerjinin yine mikroişlemci soğutmasında kullanılması hedeflenmekte ve pillerinin daha uzun süre gitmesi, deşarj olma sürelerinin uzatılması düşünülmüştür (Berber ve Küçükkömürler, 2007).

2.11. Termal Elektrik Kaynaklı Kablosuz Yüksek Sıcaklık Duyum Devresi

Peltier Element (Thermoelectric Power Generation) ile sıcaklık farklılıkları potansiyel enerjiye çevirerek; Kapasitif ısı sensörü ve RF FM Alıcı-Verici ile, sıcaklık duyumunun kablosuz olarak taşınımı hedeflenmektedir. Modülde yüksek sıcaklık duyumu hedeflenmesi sebebiyle eşik değeri, Peltier Elementin verileri doğrultusunda seçilmiştir. Bu değer altındaki sıcaklık değerlerinin duyumu hesaba katılmayacaktır. Modülü çalıştıracak potansiyel enerji için minimum sıcaklık farkına ulaşması gerekmektedir. Bugüne kadar yapılan sıcaklık duyum devrelerinde sıcaklık ölçümü kablolu olarak gerçekleştirilmektedir. Projede sıcaklık farklılıklarının Peltier

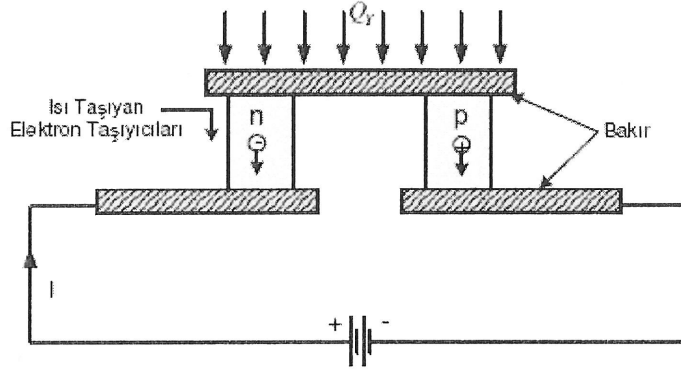
Element kullanarak elektriksel enerjiye dönüştürülmesi ve bu enerji ile modülün kablosuz olarak çalıştırılması amaçlanmaktadır. Bugüne kadar yapılmamış özgün bir çalışma olup örnek olarak otomobil motorunun, motor bloğundaki sıcaklık ölçümünün proje dâhilinde gerçekleştirilmesi düşünülmektedir. Devrenin DC beslemesi Peltier Element tarafından sağlanmaktadır. Kurulmuş olan basit deneysel düzenekler sayesinde Peltier Elementin sıcaklık farklılıklarına karşılık gelen elektriksel performansı gözlemlenmiştir. Uygun güç ve boyuttaki Peltier Elementin tayininden sonra ikinci olarak Peltier Element elektriksel özelliklerine uygun güçte bir FM verici tasarımı yapılmış ve bu vericinin frekans sapması bir sıcaklık duyargası (PTC veya NTC, kapasitif sıcaklık duyargası, sıcaklık ile basıncı değişen kapasitif duyarga vb.) tarafından değiştirilerek alıcıya gönderilmiştir. Kablosuz taşınım mesafesi Peltier Elementin elektriksel özellikleri ile belirlenmekle birlikte en az 1,5 metrelik taşınım hedeflenmektedir (Aruğaslan ve Küçükkömürler, 2007).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Termoelektrik

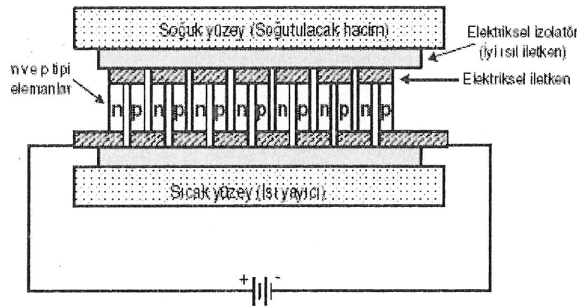
Bir termoelement, n ve p tipi yarıiletkenlerin, Şekil 3.1.' de gösterildiği gibi, bir iletkenle (Bakır) elektriksel olarak seri bağlanmasıyla oluşur. Burada n tipi yarı iletken termoelementin negatif, p tipi yarıiletken termoelementin pozitif kolları olarak tanımlanır. Bir termoelementin çalışma prensibine bakılırsa, eğer termoelement Şekil 3.1.' deki gibi DC bir gerilim uygulanırsa, yük taşıyıcıları, enerji seviyesi düşük olan üstteki bakırdan yarıiletkenine geçerler. Bakır ile yarıiletken arasında mevcut olan enerji duvarını aşmak için elektron ve delikler bakırın örgüsünden enerji sağlarlar. Böylece üstteki bakırın sıcaklığı düşecektir. Alttaki bakıra gelince, yüksek enerji seviyesinden düşük enerji seviyesine geçen yük taşıyıcıları sahip oldukları fazla enerjiyi alttaki iletkenine aktararak ısınmasına neden olacaktır. Bu geçiş sırasında soğuyan yüzeyden ısı emilirken soğuk yüzeyin sıcaklığı düşecek, ısının pompalandığı sıcak yüzeyin sıcaklığı ise artacaktır. Devreye uygulanan akımın yönü değiştirilirse soğuyan yüzey ısınır, ısınan yüzey soğur. Eğer çalışan bir termoelementin sıcak yüzeyinde açığa çıkan ısıyı herhangi bir ısı transfer sistemiyle çevreye yayarak T_1 sıcaklığı sabit tutulursa devreden geçen I akım şiddetine bağlı olarak soğuk yüzey sıcaklığı belli bir T_2 değerine kadar düşer. Bir termoelement üzerinden geçen akım şiddeti sabit tutulduğunda T_2 sıcaklığının değeri soğuk yüzeye gelen ve emilen Q_c ısı yüküne bağlıdır. Bu ısı yükü çevreden ve sıcak levhadan soğuk levhaya ısı iletiminden dolayı gelen ve termoelement devresinden geçen akım şiddeti etkisi ile açığa çıkan Joule ısısından oluşur (Yavuz ve Ahıska, 2006).

Termoelementlerden oluşan bir modülün maksimum akım şiddetinin değeri termoelementin üretiminde kullanılan termoelektrik yarıiletkenlerin kalitesine, boyutlarına ve yapısal özelliklerine göre değişir (Yavuz ve Ahıska, 2006).



Şekil 3.1. Termoelementin yapısı (Yavuz ve Ahıska, 2006)

Onlarca termoelement, elektriksel olarak seri, termal olarak paralel bağlanarak çeşitli amaçlar için çeşitli büyüklüklerde termoelektrik modüller elde edilmektedir. Termoelektrik modüller, hareketli parçası olmayan küçük birer ısı pompasıdır. Termoelektrik modüller genelde alan sınırlamasının olduğu, güvenilirliğin önemli olduğu ve zararlı soğutucu gazların kullanılmasının istenmediği ortamlarda tercih edilirler. Termoelektrik soğutucu, DC gerilimle çalışmakla beraber akım yönünün değiştirilmesiyle soğutma veya ısıtma rejimine kolayca geçebilmektedir (Yavuz ve Ahıska, 2006).

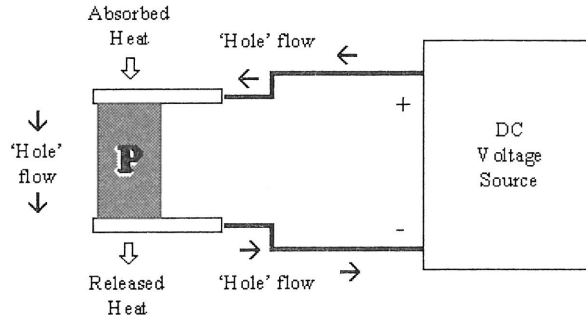


Şekil 3.2. Termoelektrik modülün yapısı (Yavuz ve Ahıska, 2006).

Soğutma, termoelektrik modülün bir yüzeyindeki ısının diğer yüzeye taşınmasıyla gerçekleşmektedir. Şekil 3.2.' de bir termoelektrik modülün yapısı görülmektedir.

P tipi elemanda;

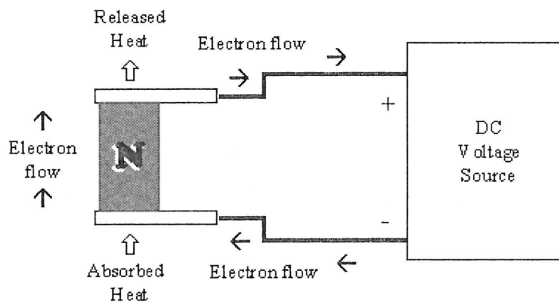
- Elektrik akımı serbest "delikler" tarafından taşınır.
- Isı akımı, delik hareketiyle aynı yöndedir.
- N-tipi elemanla seri bağlanınca ısıyı ters yönde iletir (İmder, 2002).



Şekil 3.3. P-tipi eleman çalışma şeması (İmder, 2002).

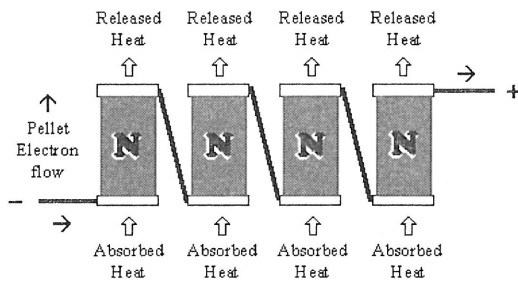
N tipi elemanda;

- Bol miktardaki serbest elektronlar hareket ederken, ısıyı da beraber taşırlar.
- Isı akımı, elektrik akımıyla aynı yöndedir (İmder, 2002).



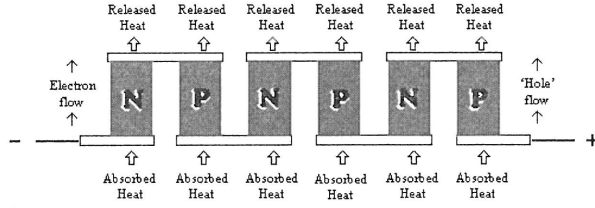
Şekil 3.4. N-tipi eleman çalışma şeması (İmder, 2002).

Hem ısı akımını, hem de gerilimi artırmak için birden fazla eleman, birbirine seri bağlanır. Isı akımı aynı yönde kalmalıdır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. N-tipi elemanların seri bağlanması (İmder, 2002).

Bağlantı kolaylığı için P ve N tipi elemanlar ardışık olarak kullanılır. Elektrik akımı zikzak çizerken, ısı akım yönü aynı kalır (İmder, 2002).



Şekil 3.6. P-N çifti ile ısı pompalanması (İmder, 2002).

Termoelektrik Modül uygun yükte çalıştırıldığında, V_o çıkış voltajı, I_o akım ve P_o güç olarak kabul edildiğinde;

$$V_o = \frac{\alpha N(T_h - T_c)}{1 + 2rL_c / L}$$

(3.1)

$$I_o = \frac{\alpha A(T_h T_c)}{2\rho(L + n)(1 + 2rL_c / L)} \quad (3.2)$$

$$P_o = \frac{\alpha^2}{2\rho} \cdot \frac{NA}{(L + n)(1 + 2rL_c / L)^2} \cdot (T_h - T_c)^2 \quad (3.3)$$

$$n = 2\rho_c / \rho \quad (3.4)$$

$$r = \lambda / \lambda_c \quad (3.5)$$

denklemleri belirlenmiştir (Eakburanawat ve Boonyaroonate, 2006).

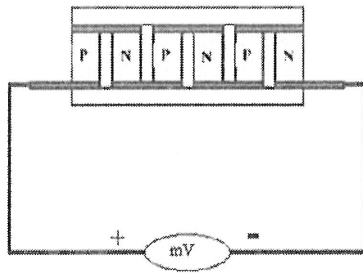
3.1.1. Termoelektrik Etkiler

İki farklı yarı iletken malzemelerin kimyasal yöntemlerle birbirine birleştirilerek, oluşturulan devre üzerinden elektrik akımı geçirilmesiyle meydana gelen farklı sıcaklıklarda devrede aynı anda üç çeşit termoelektrik etki oluşur. Bu üç etki, bu etkileri bulan araştırmacıların isimlerini taşır (Rowe ve Bhandari, 1983).

- Seebeck
- Peltier
- Thomson etkileridir.

3.1.1.1. Seebeck Etkisi

Birbirinden farklı iki yarı iletken malzemenin, birbirine seri olarak birleştirilmesi ile oluşturulan devrede; bileşenlerin farklı sıcaklıklarda tutulmasıyla elektrik gerilimi oluştuğu görülür. Bu gerilime “seebeck voltajı” denir (Şekil 3.7.). Devreden ölçülen gerilim, malzemelerin yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır (Rowe ve Bhandari, 1983).



Şekil 3.7. Seebeck Voltajının Ölçümü (Rowe ve Bhandari, 1983)

Şekil 3.7.’ de iki farklı yarı iletken malzemedan oluşturulan devrede ölçülen voltaj;

$$V = \alpha \Delta T \quad (3.6)$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad (3.7)$$

$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 \quad (3.8)$$

α 'nın değeri; devreyi oluşturan malzemelerin özelliklerine bağlıdır. Örneğin bakır konstantan'dan yapılan bir termokupl için $\alpha = 40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 'dir. Yani her 1°C sıcaklık farkı için $40 \mu\text{V}$ 'luk voltaj üretir. α 'nın değeri $100 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 'dan büyük olan yarı iletkenlere, termoelektrik yarıiletkenler denir. N tipi yarıiletken için α değeri negatif, P tipi yarıiletken için α değeri ise pozitifdir. Meydana gelen seebeck etki yarıiletkenlerde jeneratör gibi, metallerde ise termokupl veya ısı sensörü gibi kullanılır (Rowe ve Bhandari, 1983).

Çizelge 3.1. Bazı maddelerin Seebeck katsayıları

Madde	Seebeck Katsayısı	Madde	Seebeck Katsayısı	Madde	Seebeck Katsayısı
Alüminyum	3.5	Altın	6.5	Germanyum	300
Antimon	47	Demir	19	Potasyum	-9.0
Bizmut	-72	Kurşun	4.0	Selenyum	900
Kadmiyum	7.5	Civa	0.60	Silikon	440
Karbon	3.0	Nikrom	25	Sodyum	-2.0
Konstantan	-35	Platin	0	Tellür	500

3.1.1.2. Peltier Etkisi

1834 yılında Fransız fizikçi Jean Charles Athanasa Peltier tarafından iki farklı yarıiletken malzeme üzerinden DC akım geçirilmesi ile akımın hareket ettiği yönde ısı hareketi oluşmasıyla keşfedilmiştir. Bu olaya Peltier etkisi denilmektedir. Birleştirilen iki farklı yarıiletken malzemeden oluşturulan devre üzerinden doğru akım geçtiğinde, Jolue ısısı ile birlikte birleşme noktasından ısı emilirken, diğer birleşme noktasından ısı açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan ısı miktarı, devreden geçirilen doğru akımla doğru orantılıdır (Lau ve Buist, 1997).

$$Q_p = \pi I \quad (3.9)$$

$$\pi = \alpha T \quad (3.10)$$

Dışarıdan verilen elektriksel güç, elektronların sistem içinde hareket etmeleri için gerekli enerjiyi sağlamakta ve böylece hareketlenen elektronlar değişen enerji düzeyleri arasında ilerlerken ısı transfer etmekte, başka bir deyişle ısı taşımaktadır. Dışarıdan verilen elektriksel güç arttırılırsa, hareketli elektron sayısı da artacağından soğuk yüzey ile sıcak yüzey arasındaki ısı transfer miktarı da artacaktır. Eğer akım yönü ters çevrilirse, bu işlem tersine işleyecek ve sıcak yüzeyle, soğuk yüzey kendi arasında yer değiştirecektir. Joule etkisi ve Fourier Etkisi' den dolayı soğuk yüzey ile sıcak yüzey arasındaki sıcaklık değişimi aynı oranda olmamaktadır. Devre kararlı hale geldiğinde soğuk yüzeyden soğurabilen ısı miktarı:

$$Q_p = \alpha T I \quad (3.11)$$

eşitliği ile bulunmaktadır. Buna ters yöndeki istenmeyen ısı kazançları aşağıdaki eşitlikle bulunur (Lau ve Buist, 1997).

$$Q = \alpha T_H I - 2I^2 R + K \Delta T \quad (3.12)$$

$$R = R_1 + R_2 \quad (3.13)$$

$$K = K_1 + K_2 \quad (3.14)$$

$$\Delta T = T_H - T_C \quad (3.15)$$

Burada kullanılan yarıiletken malzemelerin elektriksel direnci aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$R_1 = \frac{\rho_1 L_1}{A_1} \quad (3.16)$$

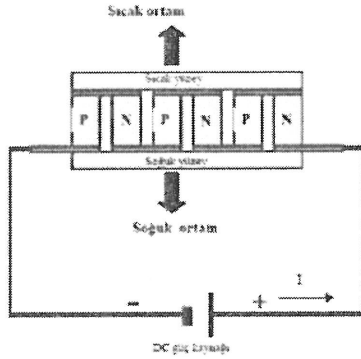
$$R_2 = \frac{\rho_2 L_2}{A_2} \quad (3.17)$$

Kullanılan yarıiletken ısı iletkenliği ise aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$K_1 = \frac{\lambda_1 A_1}{L_1} \quad (3.18)$$

$$K_2 = \frac{\lambda_2 A_2}{L_2} \quad (3.19)$$

Şekil 3.8.' de görüldüğü gibi akımın yönüne göre birleşme noktalarının birinde ısınma, diğerinde de soğuma meydana gelmektedir (Lau ve Buist, 1997).



Şekil 3.8. Peltier devresi (Olgun, 2007)

3.1.1.3. Thomson Etkisi

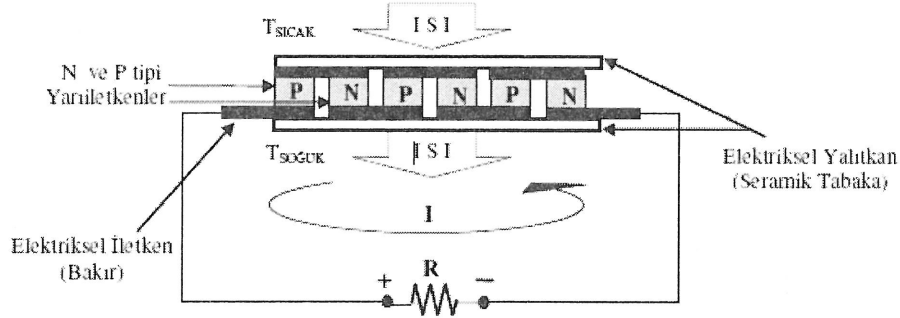
1856 yılında bulunan Thomson etkisi şöyle açıklanabilir. Akım taşıyan bir iletkenin uçları arasında sıcak farkı varsa akım yönüne göre Jolue ısıısına ek olarak Thomson ısıısı açığa çıkmaktadır. Thomson ısıısı akım şiddeti, sıcaklık farkı ve zaman doğru orantılıdır. Ortaya çıkan Thomson ısıısı;

$$Q_T = t\Delta TI \quad (3.20)$$

3.1.2. Termoelektrik Jeneratör

Termo elektrik Jeneratör (TEJ) sisteminin temeli 1821 yılında Thomas Seebeck tarafından keşfedilen Seebeck olayına dayanmaktadır. Isı akışının doğrudan yararlı elektrik enerjisine çevrildiği bir çok işleminden biri olan termoelektrik enerji üretimi yüksek güvenilirlik, sessizlik, hareketli parçaların olmayışı ve basitliği nedeniyle uzun ömürlü bakımsız çalışmayı vaat etmektedir. Termoelektrik modüller iki seramik tabaka arasında elektriksel olarak birbirine seri, termal olarak birbirine paralel olacak şekilde bağlantılı P ve N tipi yarıiletkenlerinden oluşmaktadır. Bir termoelektrik modülün uçlarına yük bağlanarak oluşturulan termoelektrik devrede,

modülün bir yüzeyinin ısıtılıp diğer yüzünün soğutulması ile Şekil 3.9’ da görüldüğü gibi TEJ yapılmış olmaktadır (Ahıska ve Dişlitaş, 2006).



Şekil 3.9. Jeneratör modunda termoelektrik modül (Ahıska ve Dişlitaş, 2006)

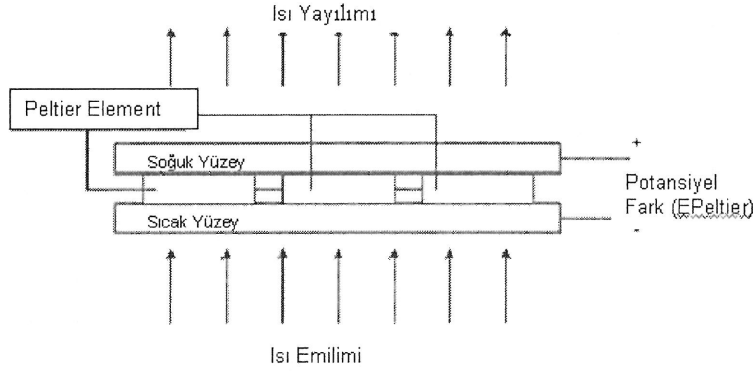
3.1.3. Termoelektrik Soğutucular

Termoelektrik soğutucular, bir nesnenin sıcaklığını çevre sıcaklığının altına düşürürken, çevredeki sıcaklık ne olursa olsun, nesne sıcaklığını dengede tutarlar. Termoelektrik soğutucular ısı transfer elemanlarının aktif bir soğutma sistemi olup, miliwatt’tan kilowatt’a kadar değişen bir yelpazedeki uygulamalar için kullanılabilir. Çoğu termoelektrik soğutucu modül, yüzey alanı başına 3-6 watt/cm²’lik bir pompalama yapabilir. Termoelektrik soğutucular, bazen termoelektrik modül veya Peltier soğutucusu diye de adlandırılabilir. Termoelektrik soğutucular, küçük bir ısı pompası gibi çalışan yarı iletkenlerdir. Bir doğru akım kaynağından sağlanan küçük bir voltaj sayesinde, ısı, modülün bir ucundan diğerine doğru hareket eder. Böylece modülün bir yüzü ısınırken, diğeri de eşzamanlı olarak soğumaya başlar. Bu olay, doğru akım kaynağının artı ve eksi kutuplarının yer değiştirmesiyle aksine çevrilebilir. Bir termoelektrik modülü, kullanım amacına göre ısıtıcı veya soğutucu olarak kullanılabilir (Wikipedia, 2007).

3.2. Peltier Element

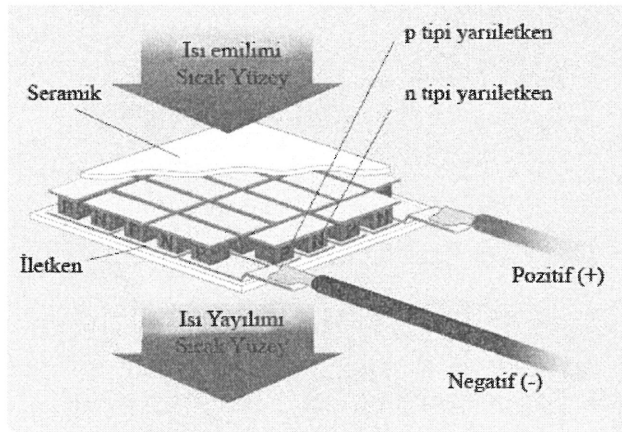
Termoelektrik bir modül olan Peltier Element ısı pompası olarak çalışmaktadır. Bu sebepten dolayı ısıtma ve soğutma için uygundur. Eğer modül doğru akım kaynağı ile beslenirse modülün sıcak yüzeyinden soğuk yüzeyine doğru bir ısı transferi olacaktır. Bunun tersine eğer modülün bir yüzeyi ısıya maruz kalırken diğeri yüzeyi

soğuk tutulabilirse yani her iki yüzey arası sıcaklık fark yaratılabilirse, bu seferde terminallerinden doğru akım elde edilecektir. Yani modül iki yönlü (Reversible) çalışabilmektedir. Sıcaklık fark 73°C ulaşan modüller tek konumlu sıcaklık farkının 100°C ulaşabilen modüller ise iki durumludur. Şekil 3.10.' da Peltier Element prensip çalışma şeması görülmektedir (Berber ve Küçükömrler, 2007).



Şekil 3.10. Peltier Element çalışma şeması (Peltier, 2007).

Yanal plaka olarak metal kaplı seramik kullanılır (Şekil 3.11). Böylece ısıl iletkenlik, elektriksel yalıtkanlık ve mekanik mukavemet sağlanır. Çalışma esnasında sıcak yüzey genişirken soğuk yüzey büzülür Oluşan termal kökenli mekanik gerilim, kırılğan yapıya zarar verebilir. Modül boyutu küçük tutulur ve bu boyut $50 \times 50 \times 5$ mm'dir. Modülün yaklaşık olarak çalışma ömrü 200.000 saattir (~ 20 yıl). Sıcaklık farkı $70 - 110^{\circ}\text{C}$ arasında olabilir. Modülde maksimum sıcaklık farkının alınması ile elde edilecek değerler Çizelge 3.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Peltier Element modül şeması (İmder, 2002)

Çizelge 3.2. Peltier Element Karakteristik Değerleri (Quick Ohm, 2005)

PE Type : TMG – 450 – 0.8 – 1.0		
Operating properties	V_{oc} (Open Circuit Voltage - Volts)	21.0
	R_{in} (Module Internal Resistance at 110 °C)	21.5
	R_{load} (Matched Load Resistance - Ohms)	28.0
	W_{load} (Maximum Power Consumed for Load)	5.0
	V_{load} (Output Voltage - Volts)	12.0
	Λ_m (Module Thermal Conductance at 110 °C – Watt / °C)	1.45
Dimensions (mm)	Hot Side	54.4 x 54.4
	Cold Side	54.4 x 57.0
	Height	3.4

3.2.1. Peltier Element için Önemli Kurallar

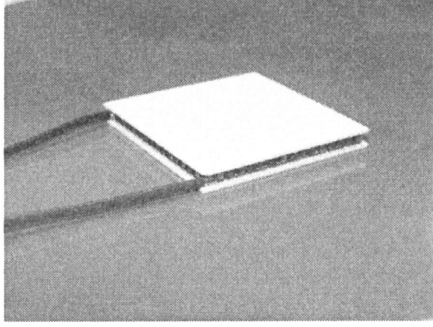
Peltier Element için belirlenmiş önemli kurallar bütünü bulunmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Hiçbir etki olmazsa ısı her zaman sıcaktan soğuğa akar.
2. Elektrik gücünün yardımıyla Peltier Element ısıyı soğuktan sıcaklığa aktarır. Kullanılan elektrik enerjisi sadece ısıнын bir Peltier tarafından diğer Peltier tarafına aktarılması için kullanılacaktır.
3. Peltier Elementin sıcak tarafındaki termal yönetim herhangi bir uygulama için tam belirleyici parametredir.
4. Peltier Elementin soğuk tarafından sıcak tarafına aktarılan ısı miktarı oradan tamamen alınmalı ve Peltier Elementin aşırı ısınması engellenmelidir.
5. Bileşenin termal iletkenliğinin ısı aktarımı, sıcaklığın katsayısını belirler.

6. Geliştirme Mühendisi Peltier Elementin sıcak ve soğuk tarafları arasındaki ısı transferi sırasında dikkatli olmalıdır. Yüksek ısı direnci verim kaybına neden olur.
7. Peltier Elementler uygulamalar için ayrı ayrı boyutlandırıldıysa, iki tarafındaki sıcaklık farkı, boyutlandırmanın büyüklüğü kadar küçülür. Isı aktarımı için istenen elektrik enerjisi çok daha fazlalaşmaya başlar. Doğru ayırıcı ile birlikte daha geniş boyutlar, daha geniş sıcaklık farkına bağlı olarak daha geniş bir ısı transferi oluşturabilir.
8. Peltier elementin kullanım amaçları arasında; yeterince soğutma yapamayan soğutucuların daha verimli çalışmaları, çok güçlü bir soğutucu küçük bir bölgede yoğunlaştırılması, titreşim ve gürültü istenmeyen durumlar ve kurulum pozisyonunun istenildiği gibi yapılması durumları yer almaktadır.
9. Elektrik enerjisinin değişmesi için (Doğru Akım) Peltier Elementin soğuk ve sıcak taraf bağlantıları değiştirilmelidir.
10. Peltier Elementin kalitesini belirleyen etkenler arasında; izin verilen en yüksek sıcaklık, izin verilen sıcaklık devrinin sayısı, zorlama olmaksızın mekanik kurulum, yüzeyin düz ya da paralel değişimi ele alınabilir (Quick – Cool, 2007).

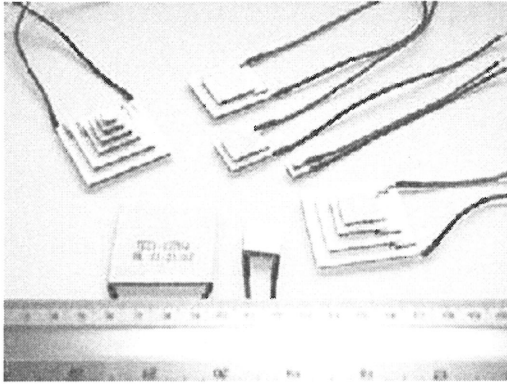
Peltier Elementin kullanım alanları arasında daha çok soğutma işlemleri yer almaktadır. Örnek verilecek olursa; piknik amaçlı bir piknik soğutucusu, mini buzdolabı, lazer ve medikal uygulamalar için sıvı soğutucu, arabalar için mobil termoelektrik soğutucusu, bir CPU soğutulması için tasarlanmış termoelektrik soğutucu ve vitrin tipi içecek soğutucusudur (Bulut, 2005).

Bir termoelektrik soğutucunun iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı, son derece önemli bir parametre olup, sistem seçiminde önemli etkenlerde birini oluşturur. Eğer $\Delta T < 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ise, Şekil 3.12.'de görüldüğü şekliyle tek kademeli termoelektrik modül yeterli olabilir.



Şekil 3.12. Tek kademeli Peltier Element modülü

Tek kademeli bir modül için teorik maksimum sıcaklık farkı $65^{\circ}\text{C} < \Delta T < 70^{\circ}\text{C}$ ’ dir. Eğer $\Delta T > 55^{\circ}\text{C}$ ise çok kademeli termoelektrik modül seçilmelidir. Yedi adede varan tek kademeli termoelektrik modüller üst üste konarak, yüksek ΔT ’ ye sahip Şekil 3.13.’ teki gibi çok kademeli bir soğutma sistemi oluşturulabilir (Bulut, 2005).



Şekil 3.13. Çok kademeli Peltier Element modülü (Olgun, 2007)

3.3. Mikroişlemciler

Bir bilgisayar içerisinde bulunması gereken temel bileşenlerden biri de mikroişlemcilerdir. Mikroişlemciler günümüzde farklı uygulamalarda kullanılmaktadır. Mikroişlemciler;

- Buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi vb. beyaz eşyalarda değişik parametrelerin ölçülmesi ve süreç denetimi,
- Otomobillerde ve diğer araçlarda algılama, denetim ve göstergelerde,
- Elektrik motoru içeren sistemlerde, motor hızı, açı kontrol uygulamalarında,

- Fare, klavye, kamera, oyun denetçileri vb. bilgisayar çevre birimlerinde, monitörlerde,
- Elektronik ajanda, cep bilgisayarları (PDA)
- Endüstriyel ağlarda düşük maliyetli denetleyici bölgesi ağı (CAN)
- Genel amaçlı seri yol (USB) algılayıcı-güncelleyici arabirimi,
- Güvenlik çevre birimleri: Kızılötesi uzaktan (IR) algılama ve iletişimi.
- Elektronik Lamba Balastı
- Anahtarsız Uzaktan Kapı Açılması:RKE
- Televizyonlarda uzaktan kumanda, ekran üzerinde ayar ve gösterge birimlerinde,
- Elektronik saatlerde
- Cep telefonları içinde ses, görüntü giriş birimlerinde

yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kadar geniş kullanım alanlarına sahip olan mikro işlemciler çizelge 3.3.'de gösterildiği gibi farklı teknolojik özelliklerde üretilirler (Obitet, 2007).

Çizelge 3.3. Bazı işlemcilerin teknik özellikleri

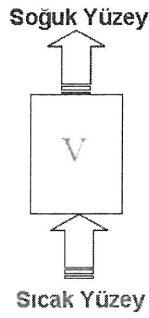
Adı	Tarih	Transistor	Mikron	Saat Hızı	Veri Genişliği	MIPS
6800	1974			1 MHz	8 bit	
8080	1974	6,000	6	2 MHz	8 bit	0.64
68000	1978	68,000		20 MHz	32 bit, 16-bit yol	2
8086	1978			5 MHz	16 bit	
8088	1979	29,000	3	5 MHz	16 bit, 8-bit yol	0.33
68008	1982				32 bit, 8-bit yol	
80286	1982	134,000	1.5	6 MHz	16 bit	1
80386	1985	275,000	1.5	16 MHz	32 bit	5
80486	1989	1,200,000	1	25 MHz	32 bit	20
PowerPC	1993	2,800,000	0.5	60 MHz	32 bit, 64-bit yol	
Pentium	1993	3,100,000	0.8	60 MHz	32 bit, 64-bit yol	100
68060	1994			75 MHz	32 bit	110
Pentium II	1997	7,500,000	0.35	233 MHz	32 bit, 64-bit yol	~300
Pentium III	1999	9,500,000	0.25	450 MHz	32 bit, 64-bit yol	~510
Pentium 4	2000	42 milyon	0.18	1.5 GHz	32 bit, 64-bit yol	~1,700
PowerPC G5	2003	58 milyon	0.09	2.5 GHz	64 bit	

Günümüz mikroşlemcileri farklı firmalar tarafından üretilmektedir. Her firma ürettiği chip' e farklı isimler vermektedir. Bu isimlendirmeler genel olarak mikroşlemcilerin çalışma frekanslarına göre değişmektedir. Çalışma frekanslarını etkileyen en önemli malzemenin  izelge 3.3.'den de anlaşılacağı gibi transistörler olduğu görülmektedir. Transistör sayısı arttıkça mikroşlemcilerin ısınma problemlerinin ortaya çıktığı ve aşırı ısınan chipin soğutulması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Prensip Şeması ve Peltier Element

Bu projede, Peltier Element ile sıcaklık farklılıklarını potansiyel enerjiye çevrilerek, mikroişlemcinin çalışması sonucu oluşan ısıнын kullanılarak kendinden termal elektrik soğutma sistemi tasarımı ve uygulaması hedeflenmiş ve gerçekleştirilmiştir.



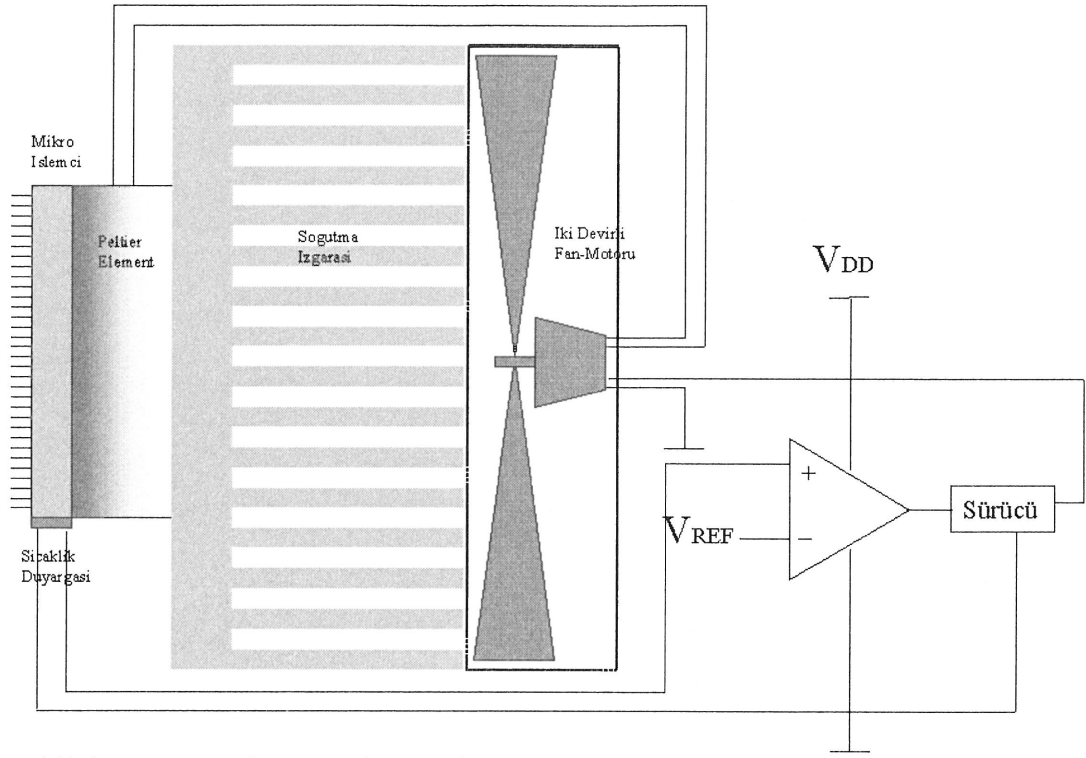
Şekil 4.1. Sıcaklık farklılığı ve gerilim

Projenin benzer diğer projelerden farkı;

- Mikroişlemci ısısının kullanılması.
- Isınan parçaların tamamı üzerinden elde edilen ısıнын kullanılması.
- Elde edilen potansiyel farkın soğutma sistemini besleyen kaynağa yardımcı olması ve enerji tasarrufu sağlanması.

Şekil 4.2.' de projenin prensip şeması yer almaktadır. Devre üç bölümde incelendiğinde ilk kısım; gerilim kaynağı görevini üstlenen Peltier Element, ikinci kısım; peltierin çıkış gerilimini, V_{Ref} referans gerilimi ile karşılaştıran, kontrol ve sürücü devresi, üçüncü kısım soğutucu fan ünitesinden oluşur.

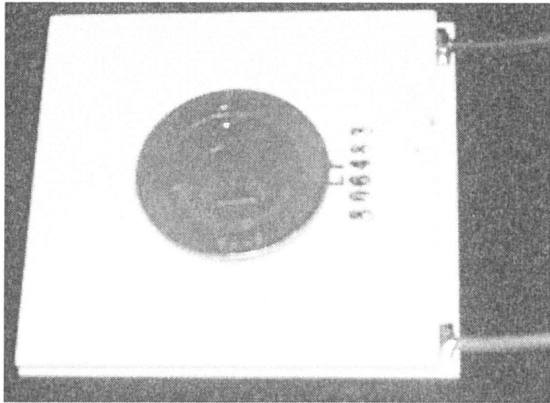
Projede Peltier Element' in çalışma prensibi; iki farklı metalin farklı sıcaklıklara tabi tutulduğunda sıcaklık farkı ile doğru orantılı olarak bir potansiyel üretmesi ve bunun akım sürmeye yeterli olması prensibine dayanmaktadır.



Şekil 4.2. Deneyel Düzenek Prensip Şeması

4.2. Peltier Elementin Tespiti

Peltier Elementin sıcaklık değişimlerine karşı elektriksel davranışı incelenmiştir. Bunun için ısı kaynağı (Hot Plate) veya ısı bandı (Heating Tape) veya benzeri bir ısı kaynağı ve muhtelif boyut ve güçte Peltier Elementler temin edilmiştir. Kurulan basit deneysel düzenekler sayesinde Peltier Elementin sıcaklık farklılıklarına karşılık gelen elektriksel performansı gözlemlenmiştir. Şekil 4.3.'de gösterilen uygun güç ve boyuttaki TMG – 450–0.8 – 1.0 Peltier Elementi belirlenmiştir.

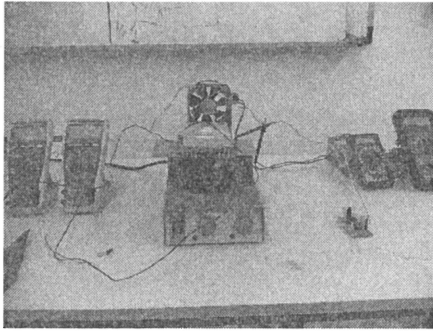


Şekil 4.3. TMG – 450–0.8 – 1.0

4.3. Proje Düzenegi

Şekil 4.4.' de Peltier Element' in gerilim kaynağı olarak kullanıldığı, termoelektrik kaynaklı devrenin planlanmış ve kurulmuş düzenegi gösterilmiştir. Düzenekte, peltier elemanın bir yüzeyini ısıtmak için bir ısıtıcı, soğuk ve sıcak yüzeylerinin sıcaklık değerlerinin ölçülmesi için digital ölçü aletleri, sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan potansiyel farkın ölçülmesi için digital ölçü aletleri ve bu potansiyel farkın istenilen seviyede tutulması için bir gerilim düzenleyici devre (DC-DC Convertor ve MPPT) kullanılmıştır. Dijital Multi Meter Cihazı (Omega Engineering, 2003), içerisinde bulunan 2 adet termokupl ile sıcak ve soğuk yüzey sıcaklıklarını ayrı ayrı gösterebildiği gibi, ΔT ' yi ayrı bir bölüm olarak göstermektedir. Kullanılan bu cihaz, ölçüm yaparken hesaplamaları kolaylaştırmış ve ekranda sıcaklık bilgisinin görünmesini sağlamıştır.

Düzenekte gösterilen fan, Peltier Elementin soğuk yüzeyini desteklemek için konulmuştur. Dışardan bir adaptör yardımıyla çalıştırılan fan, PE' nin soğuk yüzey sıcaklık bilgisinin çok fazla değişmemesi ve ortam sıcaklığında tutması için gerekmektedir. Peltier Element alüminyum plaka ve çok kanallı soğutucu içerisine yerleştirilmiş ve ısı farkından elde edilen gerilim MPPT devresine verilmiş, bu devrenin çıkışına da farklı işlemci fanları bağlanarak çalıştırılmıştır. Bu düzenekte Peltier Element' in sıcak yüzeyindeki ısının kaynağını oluşturan bir ısıtıcıdır. Bunun sebebi aşırı ısınmalarda işlemcilerin donanımsal olarak yanması ve hasar görmesini önlemektir. Ayarlanabilen ısı düğmesi ile sıcaklığın seviyesi ayarlanmıştır. Burada ayarlanan sıcaklık fark değerinin Peltier Element için daha önceden üretim aşamasında belirlenmiş, maksimum ΔT ' yi aşmaması gerekmektedir.



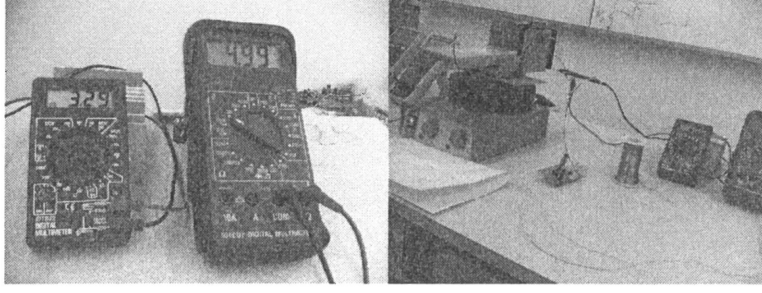
Şekil 4.4. Proje düzenegi

4.4. Gerilim ve Sıcaklık Değerlerinin Okunması

Atık ısıyı yeniden kullanma amaçlı gerçekleştirilmesi düşünülen, kendinden termoelektrik kaynaklı mikroişlemci soğutma devresinde, ölçülen sıcaklık bilgisi değeri okuma işlemi, sıcaklık farkına göre elde edilen gerilim değerleri ve elde edilen gerilimin MPPT devresinin çıkışındaki değerleri çizelge 4.1.'de gösterilmiştir. Peltier maksimum +114°C kadar ısıtılmış ve Peltier Element' in maximum çalışma sıcaklığını aşmaması sağlanarak ölçüm değerleri elde edilmiştir. Şekil 4.5.'de ölçüm sırasında elde edilen değerler ve düzenek gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Ölçülen gerilim ve sıcaklık değerleri

Soğuk Yüzey (T ₂) °C	Sıcak Yüzey (T ₁) °C	Sıcaklık Farkı ($\Delta T = T_1 - T_2$) °C	Çıkış Gerilimi (V)	MPPT (V)
28,4	39,9	11,5	0,57	0,30
28,2	44,2	16	0,67	0,54
28,0	49,6	21,6	1,0	0,72
28,0	53,7	25,7	1,20	0,89
28,0	61,9	33,9	1,54	1,20
28,2	67,9	39,7	1,67	1,33
28,8	79,2	50,4	1,99	1,56
28,9	80,0	51,1	2,09	1,77
29,0	81,2	52,2	2,28	1,94
29,3	82,5	53,2	2,50	2,12
29,5	83,0	53,5	2,64	2,25
32,4	98,4	66	2,75	2,35
34,0	114	80	3,75	4,99
34,7	87,1	52,4	1,95	4,99
33,2	75,3	42,1	1,95	4,99



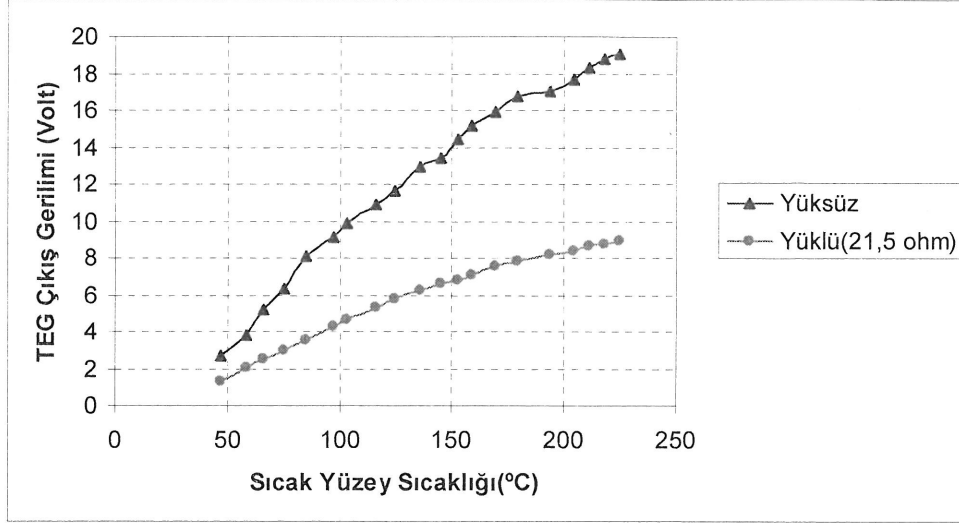
Şekil 4.5. Peltier çıkış gerilimi ve MPPT çıkış gerilimi

4.5. Peltier Element (TEG) Karakteristik Değerleri ve Matematiksel Denklemi

Projede kullanılan Peltier Elementin yüksüz ve 21.5Ω luk yük direnci bağlandıktan sonra ölçülen karakteristik değerleri Çizelge 4.2.' de verilmiştir. Bu değerler doğrultusunda yapılan çalışmalarda soğuk yüzey sıcaklığı 25°C de sabit tutulmaya çalışılmıştır. Elde edilen karakteristik bilgiler sonucunda çizilen grafik Şekil 4.6.' da verilmiştir.

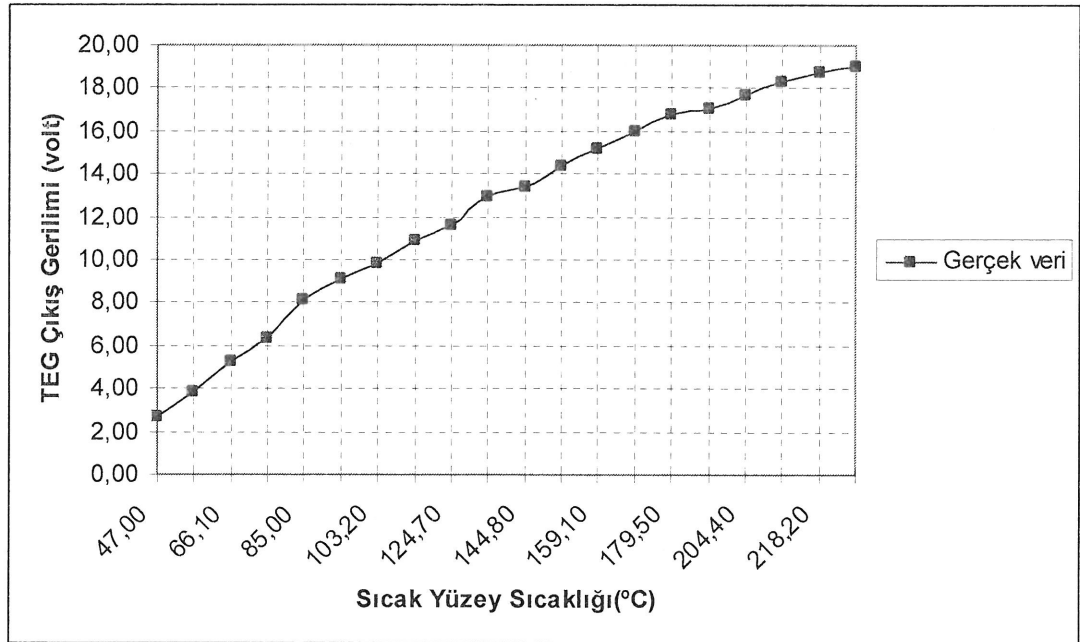
Çizelge 4.2. TMG-450-0.8-1.0 için Deneysel Sonuçlar

T_h $^{\circ}\text{C}$	T_c $^{\circ}\text{C}$	V_{Out} Volt Yüksüz	V_{Out} Volt $R=21.5\Omega$	T_h-T_c $^{\circ}\text{C}$	Yük Akımı Amper
47.0	25.0	2.68	1.28	22.0	0.059535
58.5	25.5	3.86	2.04	33.0	0.094884
66.1	24.0	5.23	2.53	42.1	0.117674
75.5	25.2	6.36	3.01	50.3	0.140000
85.0	24.6	8.13	3.56	60.4	0.165581
97.1	25.0	9.14	4.24	72.1	0.197209
103.2	24.0	9.82	4.61	79.2	0.214419
116.5	25.1	10.87	5.29	91.4	0.246047
124.7	25.6	11.61	5.76	99.1	0.267907
135.9	24.9	12.93	6.23	111.0	0.289767
144.8	24.6	13.35	6.57	120.2	0.305581
153.1	25.7	14.39	6.80	127.4	0.316279
159.1	25.0	15.20	7.06	134.1	0.328372
169.8	25.0	15.95	7.54	144.8	0.350698
179.5	25.5	16.76	7.78	154.0	0.361860
194.0	25.4	17.03	8.14	168.6	0.378605
204.4	25.2	17.64	8.41	179.2	0.391163
211.2	24.2	18.3	8.61	187.0	0.400465
218.2	25.0	18.76	8.71	193.2	0.405116
225.2	25.2	19.03	8.97	200.0	0.417209
Ortalama $T_c = 24.985^{\circ}\text{C}$					



Şekil 4.6. Sıcak Yüzey Sıcaklığına Karşılık TEG Çıkış Gerilimi (Soğuk yüzey = 25°C)

TEG (Thermo Electric Generator) çıkış gerilimine bağlı olarak Sıcak Yüzey Sıcaklığının ölçülmesi için bir grafik oluşturulmuş ve bu grafik Şekil 4.7' de gösterildiği gibi Matlab programında hazır olarak bulunan Curve Fitting alt programı kullanılarak çizilmiş ve ikinci dereceden bir denklemin bu grafiği belli sabit değerler ile gerçekleştirebileceği görülmüştür.



Şekil 4.7. Gerçek veriler doğrultusunda çizilen eğri (Soğuk yüzey 25 °C)

$$f(x) = ax^2 + bx + c \quad (4.1)$$

Yukarıda grafik neticesinde elde edilen ikinci dereceden denklemde a, b ve c değerleri Matlab programı Curve Fitting alt programı ile üretilmiş minimum ve maksimum değerleri de verilen sabitlerin ortalaması alınmıştır.

$$a = 0.3208 \quad (0.268, 0.3736) \quad (4.2)$$

$$b = 3.329 \quad (2.11, 4.548) \quad (4.3)$$

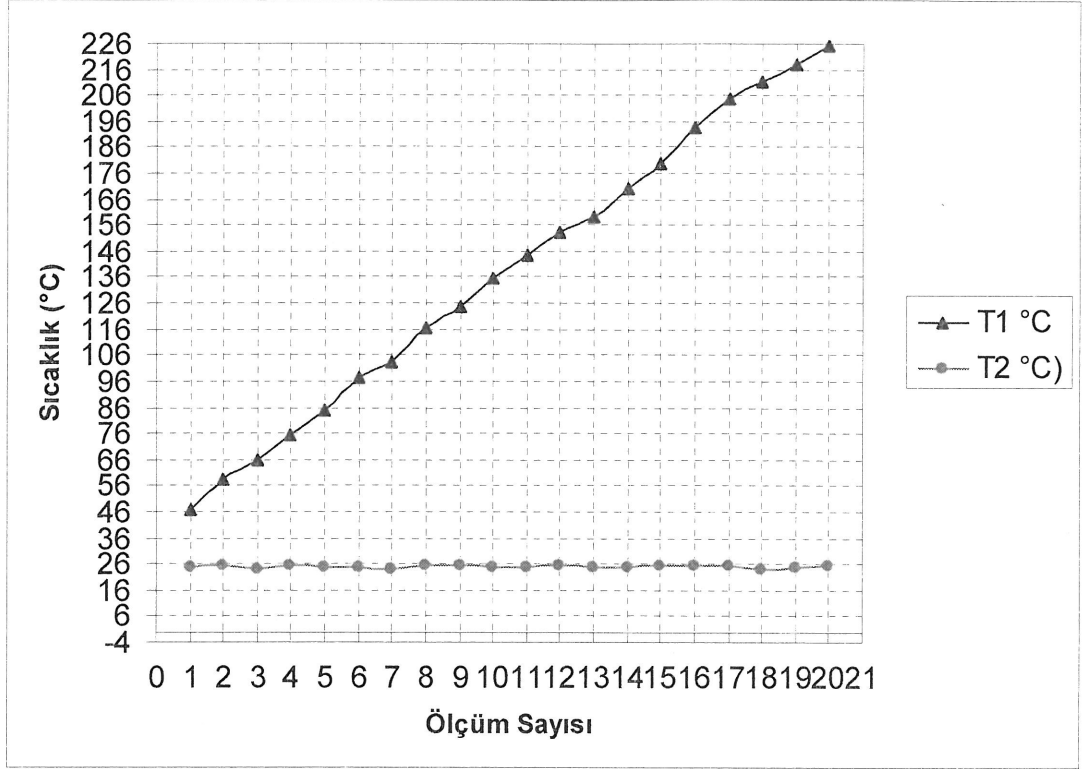
$$c = 40.46 \quad (34.22, 46.7) \quad (4.4)$$

Buradaki denklem incelenecek olursa; x olarak ifade edilen değişken TEG çıkış voltajı, F(x) olarak ifade edilen eşitlik değeri ise TEG çıkış voltajına bağlı olarak elde edilecek olan Sıcak Yüzey Sıcaklığıdır.

Bu grafiğin çizilmesi ve bu değerlerden bir denklem elde edilmesinin sebebi, ısı sensörü kullanmadan daha yüksek sıcaklıklarda ölçüm yapabilmek ve bunun Peltier Element (TEG) çıkışından alınan gerilim bilgisi neticesinde Sıcak Yüzey Sıcaklığını ölçmektir.

4.6. Deney Sonuçları ve Grafik Analizi

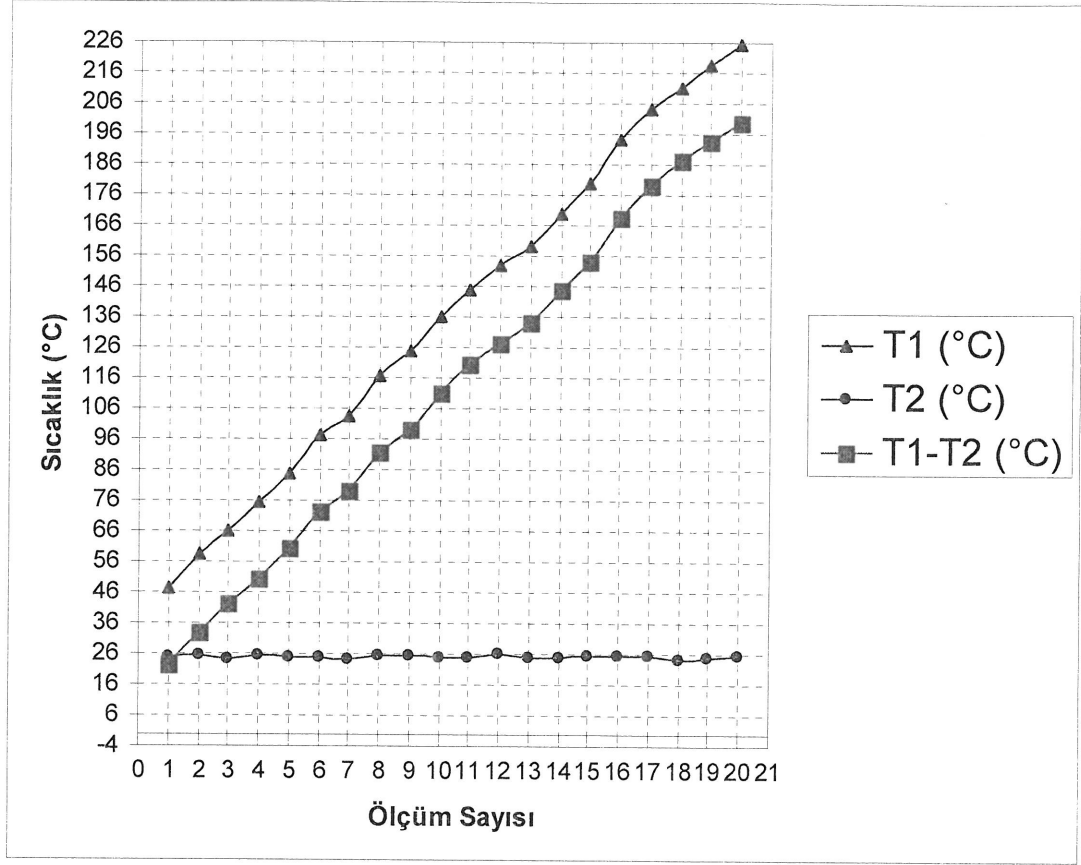
Projede ölçülen gerilim değerini okumak için öncelikle ΔT ' nin belli bir sayı değerine ulaşması gerekmektedir. Şekil 4.8.' de T_1 ve T_2 ilk sıcaklık değerler gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Ölçüm değerleri grafik göstergesi

Isıtıcı ve fan çalıştırılmadan önce Dijital Multi Meter ile ölçülen ilk değerler oda sıcaklığı değerleridir ve bu değer iki termokupl için de aynıdır ($\sim 22^{\circ}\text{C}$). Daha sonra çalıştırılan ısıtıcı T_1 sıcaklığını arttırırken, çalıştırılan fan ise T_2 sıcaklığının oda sıcaklığına yakın bir değerde kalmasını sağlamıştır. Şekil 4.8' de gösterildiği gibi T_1 sıcaklığı artarken T_2 ' çok fazla bir değişim göstermemiştir.

Şekil 4.9. 'da ölçüm değerlerinde sıcak ve soğuk bilgisinin farkı olan ΔT gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Sıcaklık fark göstergesi grafiği

5.TARTIŞMA ve SONUÇ

Reversible bir malzeme olan Peltier Element, atık ısının yeniden kullanılması ile elde edilen elektrik enerjisinin bir devreyi besleyecek akıma sahip olması prensibine göre, MPPT devresinin belli bir ΔT sıcaklık farkında, 3,75V gerilime ulaşmasını ve devreyi çalıştırması görevini üstlenmektedir. Geliştirilen modülde; soğutma sistemi için kullanılan fanın çalıştırılması için gerekli olan gerilimin yeterli olmaması durumunda, MPPT devresi kullanılarak harici besleme sağlanmış ve böylece sınırlı da olsa güç sarfiyatında azalma sağlanmıştır.

Termoelektrik kaynaklı tasarlanan bu devre bugüne kadar yapılmamış özgün bir çalışma olup laptop ve bilgisayar sistemlerinde güç sarfiyatını azaltmak, işlemci soğutması gibi uygulamalar için kullanılması mümkündür.

Bu çalışma da, Tasarlanan devre prototipi çeşitli mikroişlemcilerde denenmiş ve atık ısılarından elde edilen elektrik soğutma sisteminde kullanılmıştır.

Peltier element, mikroişlemci tasarımı sırasında işlemci içerisine entegre edilerek elde edilecek ısı miktarının artacağı buna bağlı olarak üretilen elektrik akımı seviyesinin de artacağı görülmüştür. Böylece laptop pilleri, üretilen bu elektrikle çalışma esnasında şarj edilebilecek ve pil kullanım süreleri artacaktır.

6.KAYNAKLAR

- Ahıska R., Dişlitaş S., 2006. Microcontroller Based Thermoelectric Generator Application. G.U. Journal of Science, 19(2), 135-141.
- Ahıska, R., Ahıska, K., 2007. Esnek İki Fazlı TE CPU Soğutucusu. Gazi Univ. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 22(2), 347-351.
- Berber, F.S., Küçükkömürler, A., 2007. Kendinden Terhmal Elektrik Kaynaklı Mikroişlemci Soğutma Sistemi. UMES07 Sempozyumu Bildiri Kitabı. 331 – 334,Kocaeli.
- Bernard, A.M., Spano, L.A., 1966. Thermoelectric Powered Heating and Ventilating System. Electron Devices Meeting, 1966 International, 12, 26 – 26.
- Bulut, H., 2005. Termoelektrik Soğutma Sistemleri. Soğutma Dünyası, 31, 9 – 16 .
- Childs, P., R., N., 2001. Practical Temperature Measurement. Elseiver, 368s. Woburn, MA.
- Dai, İ.C., 2007. Sıcaklık Kontrol Devresi Tasarımı ve İmalatı.D.E.Ü., M.M.F., Makine Mühendisliği Bölümü, Bitirme Projesi, 32s, İzmir.
- Douglas M. Considine, Editor in Chief, “Process Instruments and Control Handbook” McGraw Hill ISBN:0-07-012439-1
- Eakburanawat, J., Boonyaroonate I., 2006. Development of a Thermoelectric Battery-Charger with Microcontroller-based Maximum Power Point Tracking Technique. Applied Energy, 83(7), 687-704.
- İmder, 2002. İnternet Sitesi: www.imder.org.tr/dosyalar/File/pptler/69_56.ppt Erişim Tarihi: 20.05.2006.
- Karakuzu C., Hacıvelioğlu İ., Öztürk S., 2002. Mikrodenetleyici ve DS1820 Sensörü Kullanarak Farklı Noktaların Sıcaklığının Tek Hat Üzerinden Sayısal Okunması ve Kontrol. 3eElektrotech Aylık Enerji, Elektrik, Elektronik Teknolojileri Dergisi, 94, 106-110.
- Kurosaki K., 2006. Design and development of MH actuator system. Department of Nuclear Engineering, Graduated School of Engineering, Osaka University Yamadaoka 2-1, Suita, Osaka 565-0871, Japan.
- Lau, P.G., Buist, R.J., 1997. Calculation Of Thermoelectric Power Generation Performance Usingfinite Element Analysis. Proceedings of the XVI International Conference on Thermoelectrics , 563 – 566.

- Obitet,2007. Obitet internet sitesi. http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/bilgisayar/04_MikSis.pdf Erişim Tarihi : 10.04.2008.
- Olgun B., 2007. İnternet Sitesi: www.yildiz.edu.tr/~bolgun/termoelektrik.pdf Erişim Tarihi : 10.09.2007.
- Omega Engineering, 2003. İnternet Sitesi: <http://www.omega.com/pptst/DP26.html> Erişim Tarihi: 05.09.2006.
- Peltier, 2007. Proposal for Peltier. İnternet Sitesi. www.mne.psu.edu/me415/spring04/mega/proposal.doc Erişim Tarihi: 10.05.2007
- Quick – Cool, 2007. Peltier-Technology. İnternet Sitesi. www.quick-cool.com/peltier/The10%20most%20important%20rules.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2006
- Quick-Ohm, 2005. İnternet Sitesi. <http://www.quick-ohm-thermoelectric.com/> Erişim Tarihi: 12.01.2006.
- Rowe D. M., Bhandari C. M., 1983. Modern Thermoelectrics. Holt-Technology, 168s, London.
- Thin Film Thermoelectric Generator Systems, 2002. İnternet Sitesi. <http://www.dts-generator.com/> Erişim Tarihi : 02.02.2006.
- Wikipedia, 2007. Termoelektrik Soğutma. İnternet Sitesi http://tr.wikipedia.org/wiki/Termoelektrik_so%C4%9Futma Erisim Tarihi: 19.05.2007.

EKLER

EK - 1**What is my Computers Maximum CPU Temperature?**

(<http://www.technibble.com/what-is-my-computers-maximum-cpu-temperature/>)

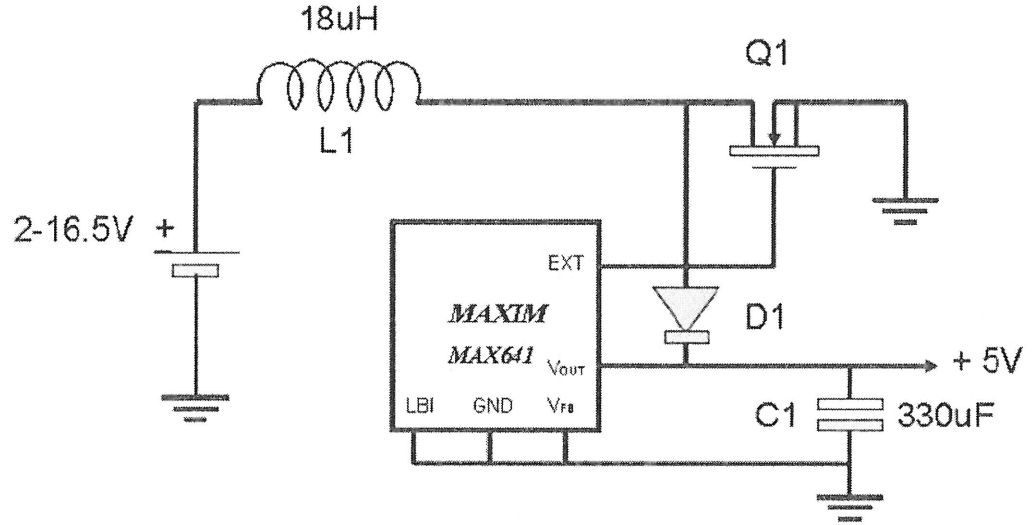
İşlemci Modelleri	Maksimum yüzey sıcaklıkları	Atıl Isı Miktarı (kcal)	Atıl Güç (Wh)
AMD Athlon, Athlon Opteron, Duron & Sempron Series			
AMD Athlon (socket) upto 1Ghz	90°C	40.83	47.48
AMD Athlon (slot) all speeds	70°C	31.75	36.92
AMD Athlon Thunderbird 1.1Ghz+	95°C	43.10	50.12
AMD Athlon MP 1.33Ghz+	95°C	43.10	50.12
AMD Athlon XP 1.33Ghz+	90°C	40.83	47.48
AMD Athlon XP T-Bred upto 2100+	90°C	40.83	47.48
AMD Athlon XP T-Bred over 2100+	85°C	38.56	44.84
AMD Athlon XP Barton	85°C	38.56	44.84
AMD Duron up to 1Ghz	90°C	40.83	47.48
AMD Duron 1Ghz+	90°C	40.83	47.48
AMD Duron Applebred	85°C	38.56	44.84
AMD Opteron	65 - 71°C	29.49 – 32.21	34.29 – 37.46
AMD Athlon 64	70°C	31.75	36.92
AMD Athlon 64 (Socket 939, 1.4 volts)	65°C	29.49	34.29
AMD Athlon 64 FX	70°C	31.75	36.92
AMD Athlon 64 X2	71°C	32.21	37.46
AMD Sempron (T-bred/Barton core)	90°C	40.83	47.48

AMD Sempron (Paris core)	70°C	31.75	36.92
AMD Mobile Sempron	95°C	43.10	50.12
AMD K6 Series			
AMD K6/K6-2/K6-III (All except below)	70°C	31.75	36.92
AMD K6-2/K6-III (model number ending in X)	65°C	29.49	34.29
AMD K6-2+/K6-III+	85°C	38.56	44.84
Intel Pentium III Series			
Pentium III Slot 1 500-866Mhz	80°C	36.29	42.20
Pentium III Slot and socket 933Mhz	75°C	34.02	39.56
Pentium III Slot 1 1Ghz	60 - 70°C	27.22- 31.75	31.65 – 36.92
Pentium III Slot 1 1.13Ghz	62°C	28.12	32.70
Intel Celeron Series			
Intel Celeron 266-433Mhz	85°C	38.56	44.84
Intel Celeron 466-533Mhz	70°C	31.75	36.92
Intel Celeron 566-600Mhz (Coppermine)	90°C	40.83	47.48
Intel Celeron 633-667Mhz	82°C	37.20	43.26
Intel Celeron 700 - 850Mhz	80°C	36.29	42.20
Intel Celeron 900Mhz - 1.6Ghz	69 - 70°C	31.30 – 31.75	36.40 – 36.92
Intel Celeron 1.7Ghz and Higher	67 - 77°C	30.39 – 34.93	35.34 – 40.62

Intel Pentium II			
Intel Pentium II (First Generation "Klamath")	72 - 75°C	32.66 – 34.02	37.98 – 39.56
Intel Pentium II (Second Generation, 266-333Mhz)	65°C	29.49	34.29
Intel Pentium II (350 - 400Mhz)	75°C	34.02	39.56
Intel Pentium II (450Mhz)	70°C	31.75	36.92
Intel Pentium 4, Pentium M (notebooks)			
Intel Pentium 4	64 - 78°C	29.03 – 35.38	33.76 – 41.14
There are no specific stats for Pentium 4 CPU's as P4's have an ability to slow themselves down when they are getting too hot and thus, in theory they should never be able to burn themselves out. To get specifics consult Intel's specifications for your particular model.			
Intel Pentium M (notebooks)	100°C	45.37	52.76
Intel Pentium D (dual core)			
Intel Pentium D 820 (2.8Ghz)	63°C	28.58	33.23
Intel Pentium D 830 & 840 (3.0 - 3.2Ghz)	69.8°C	31.66	36.82
Intel Pentium Pro			
Intel Pentium Pro. 256 or 512K L2 Cache	85°C	38.56	44.84
Intel Pentium Pro. 1MB L2 Cache	80°C	36.29	42.20

EK - 2

MAX 641 Düşürücü – Yükseltici (Buck/ Boost) Prensi Şeması



Maximum power point tracking (J. Eakburanawat, I. Boonyaroonate / Applied Energy 83 (2006))

The TE battery-charger system was implemented by using the parameters from the simulated circuit. The maximum power point was changed as the temperature varies

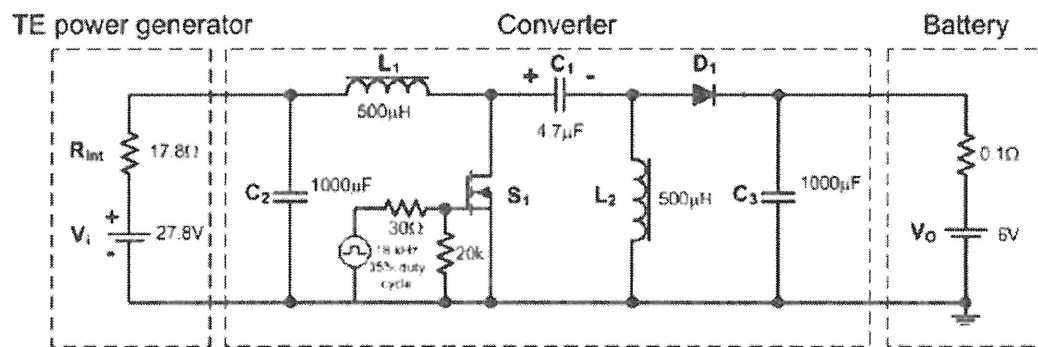


Fig. 10. The circuit diagram of the TE battery charger system for simulation.

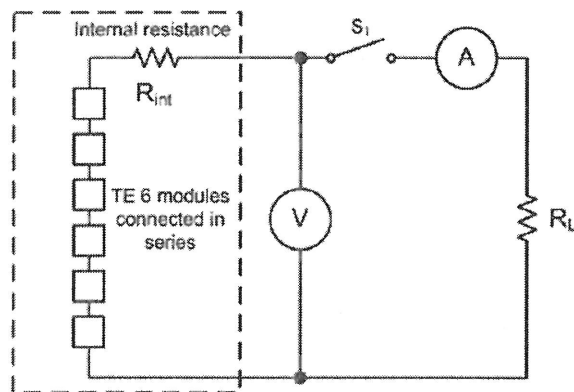
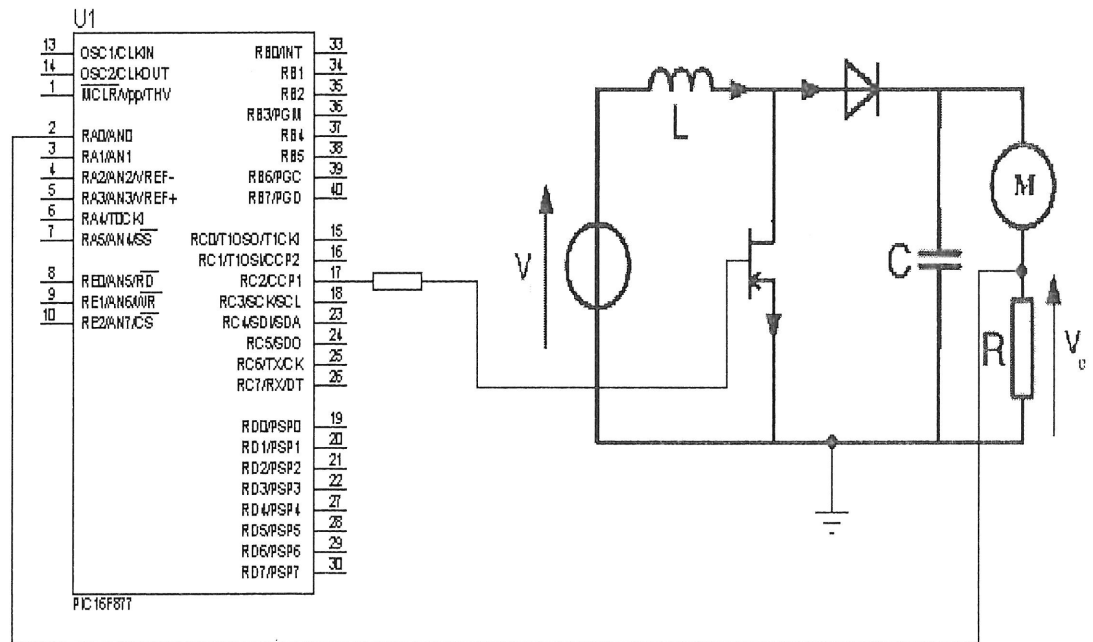


Fig. 11. The circuit diagram of the internal-resistance testing method.

Maximum power point tracking with PWM controller



```

'* Name      : mpttpwm.BAS
'* Author    : [Faruk BERBER]
'* Notice    : Copyright (c) 2008 [yüksek lisans tezi]
'*           : All Rights Reserved
'* Date      : 18.08.2008
'*
'* Notes     : 1 KANALLI ADC_PWM
'*
*****GİRİŞ VE ÇIKIŞLAR*****
TRISA=255
TRISC=0

****HPWM AYARLARI****
DEFINE CCP1_REG PORTC      'HPWM
DEFINE CCP1_BIT 2          'CCP1 PİNİ PORTC.2
*****ADC TANIMLAMALARI*****
DEFINE ADC_BITS      10
DEFINE ADC_CLOCK      3
DEFINE ADC_SAMPLEUS  20

ADC1 VAR WORD
DUTY VAR WORD
ADCON1=%10000010      '10 BİT SONUÇ ALMAK İÇİN

BASLA:
ADCIN 0,ADC1
DUTY=ADC1/4
HPWM 1,DUTY,1000
gOTO BASLA
END

```

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Faruk Süleyman BERBER

Doğum Yeri ve Yılı : Gölcük, 1981

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Isparta Anadolu Teknik Lisesi, 1999

Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik

Bilgisayar Eğitimi, 2004

Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl:

2004 – 2007 Sütçüler Çok Programlı Lise, Isparta, Bilgisayar Öğretmeni

2007 - Sütçüler Çok Programlı Lise, Isparta, Bilişim Teknolojileri Alan Şefi

Yayınları (SCI ve diğer makaleler)

1-Aydoğan,T., Albayrak, M., Berber, F.S., Gezer, H., 2003. A Cleaner Robot Design Which Is Done By Fuzzy Logic. TAINN 2003, Çanakkale

2- Berber, F.S., Küçükkömürlü, A., 2007. Kendinden Terhmal Elektrik Kaynaklı Mikroişlemci Soğutma Sistemi. UMES07 Sempozyumu Bildiri Kitabı. 331-334,Kocaeli