

**Teknik Not  
(Technical Note)**

## **8 Kanallı Sıcaklık Ölçüm sistemi Dizaynı ve uygulamaları**

**Fatih Bulut<sup>1</sup>, Serdar ALTIN<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>İnönü Üniversitesi Fen Edeb. Fak. Fizik Böl., Malatya/TÜRKİYE  
[fatih.bulut@inonu.edu.tr](mailto:fatih.bulut@inonu.edu.tr)

Geliş Tarihi:20.06.2016

Kabul Tarihi:30.11.2016

Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Fatih Bulut ([fatih.bulut@inonu.edu.tr](mailto:fatih.bulut@inonu.edu.tr))

### **Özet**

Bu çalışmada farklı sıcaklık birimlerinde gerçek zamanlı ve SD karta veri kaydetme özelliği olan ve 8 farklı sıcaklık sensor girişi bulunan bir sıcaklık kontrolcüsü geliştirilmiştir. Sıcaklık verisinin elde edilmesinde MAX31855K entegresi kullanılmış ve 8 ayrı kanalın aynı anda elde edilmesinde kullanılan KTA-259v4 Thermocouple Multiplexer Shield kullanılarak mikroişlemci yardımı ile aynı anda 8 farklı sıcaklık okuması gerçekleştirilmiştir. Üretilen cihazın sanayinin birçok noktasında uygulamalarının mevcut olması yanında bir blok üzerinde ısı dağılımının değişimi üzerine bir uygulama yapılmıştır. Bir metal blok belirli bir noktasal bölgeden ısıtılarak metal yüzey boyunca ısı dağılımının haritalaması elde edilmiştir. Özellikle ısı değişimine hassas olan uygulamalarda cihazın kullanılabilirliği test edilmiş ve ümit vadeci sonuçlar elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sıcaklık, 8 kanallı sıcak ölçer, sıcaklık kontrolü

## **Design And Applications of 8-Channels Temperature Measurement System**

### **Abstract**

In this study, we design a temperature controller that has the ability to measure different temperature values in real time and save the data in an SD card also which has 8 different temperature sensors. To get the temperature values MAX31855K microchip is used and KTA-259v4 Thermocouple Multiplexer Shield is used to read 8 temperature values at the same time with the help of a microprocessor. The designed instrument has various applications in industry also an application about a temperature distribution change on a block is made. A metal block is heated at specific points and its temperature distribution is mapped over a metal surface. The utility of the instrument is tested with the applications which are sensitive to temperature change and promising results are obtained.

**Keywords :** Temperature, 8-channel temperature measurement system, temperature control

### **1. GİRİŞ**

İnsanoğlunun varoluşundan günümüze kadar sıcaklık kavramı hep ilgisini çekmiş ve mevsimsel değişimler ve gece gündüz arasındaki ısısal değişimlerin neden olduğu sıcaklık farklılıklarının anlaşılması için bir çok çalışma yapılmıştır. Bununla birlikte sıcaklık kavramının anlaşılması ve standartize edilmesi için yapılan çalışmalara öncelikli olarak sıcaklık kavramının anlamının belirlenmesi ile başlamıştır. Dolayısı ile sıcaklık en basit anlamda herhangi bir maddeyi oluşturan iyonların/atomların ortalama hareket enerjisini ifade eden bir parametredir şeklinde tanımlanabilir. Günümüzde sıcaklık fahrenheit, kelvin ve celsius olarak

*Bu makaleye atf yapmak için*

*Bulut F., Altın S., "8 Kanallı Sıcaklık Ölçüm sistemi Dizaynı ve uygulamaları", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2016, 13(4) 131-137*

*How to cite this article*

*Bulut F., Altın S., "Design And Applications of 8-Channels Temperature Measurement System", Electronic Journal of Machine Technologies, 2016, 13(4) 131-137*

üç farklı şekilde standartize edilmiştir. Günlük hayatımızda en çok celsius kullanılırken bilimsel çalışmalarda kelvin cinsinden ölçümler yapılır. Fahrenheit ise genelde avrupada kullanılan bir ölçü birimi olmamasına rağmen ABD de çok yaygındır.

Sıcaklığın ölçülmesi ve standartize edilmesinde ilk olarak civa bazlı termometreler kullanılmaya başlanmış ve civanın yüksek genleşme katsayısına sahip olma özelliğinden faydalanılarak kalibre edilmiş ve sıcaklık değişimleri mekanik olarak belirlenmiştir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte termoelektrik etki olarak isimlendirilen ve sıcaklık gradyenti altında bir malzemede meydana gelen gerilim özelliği kullanılarak elektronik olarak voltaj farkına dayalı sıcaklık ölçümü gerçekleştirilerek sıcaklık kavramı elektronik bir bakış açısında aşıp olmuştur. Farklı tür malzemeler kullanılarak iki telin birbirine temas etmesi ile bir gerilim oluşması prensibi ile çalışan termokulp (thermocouple) lar keşfedilmiş ve yapıldıkları maddelere göre (örnek olarak cromel-alumel malzeme ile K tipi termokulp üretilir) K, E, J, N, T, C ve M tipi termokulp olarak isimlendirilir. Burada temel farklılıklar çalışma sıcaklık aralıkları ve hassasiyetleri olarak karşımıza çıkmaktadır [1-4]. Bunların yanında malzemelerin elektriksel direncindeki değişime göre kalibre edilen direnç tipi sıcaklık sensorleride bu alanda yerini almış ve platin bazlı direnç tipi sensorlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Sıcaklık ölçmede kullanılan sensorlerin geliştirilmesi yanında sıcaklığı ölçmede kullanılan elektronik sistemlerinde geliştirilmesi günlük hayatımızın her noktasında olduğu gibi teknolojide de önemli bir yer tutmaktadır. Aslında günümüz teknolojisinde sıcaklık ölçen bir çok cihaz geliştirilmiş ve hassasiyetlerine göre fiyat aralıklarının da değiştiği gözlenmiştir. Buradaki en temel problemlerden birisi microvolt seviyesindeki bir değişimin kalibre edilmesindeki çözünürlük değeri olarak karşımıza çıkmaktadır. Genel olarak çevremizdeki sıcaklık ölçerlerin virgülden sonraki hassasiyetleri 0.5 C olarak karşımıza çıkarken bu durum sıcaklığın hassas belirlenmesinde önemli bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Hassasiyetin artırılması ile birlikte maliyetlerinde arttığı aşikardır. Bununla birlikte sıcaklık ölçümünde bir çok farklı bölgenin sıcaklığının aynı anda tek cihazla ölçülmesi özellikle sanayi uygulamalarında önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Örnek olarak bir çok soğutma sistemini aynı anda kullanan bir sanayi kuruluşunda sıcaklığın tek bir kontrolcü ile bir çok termokulp kullanılarak yapılması işletme maliyetleri açısından önemlidir. Dolayısı ile çok kanallı sıcaklık ölçüm sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanılması sanayici açısından maliyetleri düşüreceğinden önemli bir yer tutmaktadır.

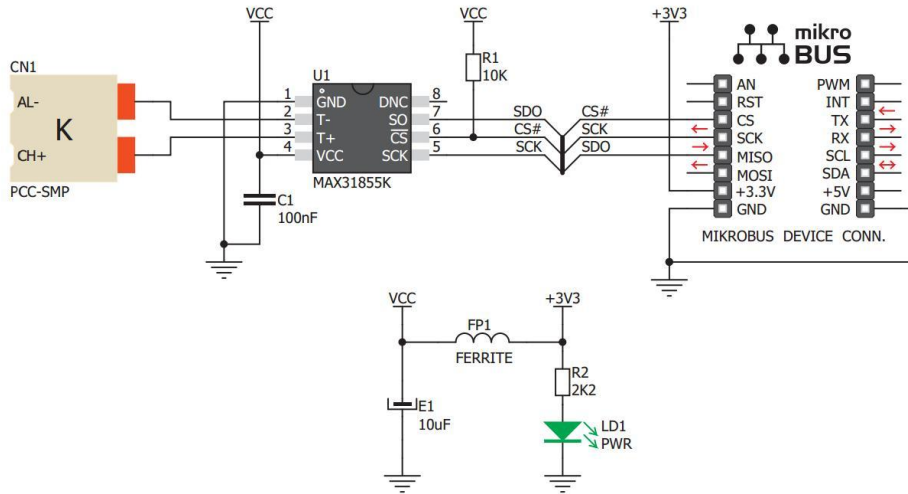
Benzer şekilde sıcaklık kontrol sistemlerinin belirli bir sıcaklık değeri için uyarı veya kontrol özelliği içermesi sanayideki otomasyonun artışı ile birlikte kullanılan sistemlerin korunması açısından önemli bir özellik olarak ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte bu tür özelliklerin bir sıcaklık sistemine entegre edilmesi üretim maliyetlerinde ciddi artışlara sebebiyet vermektedir.

Bu çalışmada üretim maliyetlerini ¼ oranlarına düşürebilen ve hassas 8 kanallı sıcaklık ölçümü dizayn edilerek hem sesli hemde ışıklı uyarı sistemine sahip bir sıcaklık kontrolcüsü geliştirilmiştir. Aynı zamanda geliştirilen sisteme role bağlanarak belirli bir sıcaklık alt ve üst limiti değerlerinde role devreye girerek voltaj kontrolü sistem koruması gibi gerekli güvenlik işlemlerinin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Bu makalede ana kontrol işlemcisi olarak ATmega2560 mikro işlemci kullanılmıştır. Sıcaklığı algılamak için ise MAX31855K sıcaklık sensörü bulunan K tipi termokulp ile çalışan KTA-259v4 Thermocouple Multiplexer Shield kullanılmıştır. Sisteme sağlanan güç 12 V'luk adaptör ile gerçekleştirilmektedir ki bu da sisteme sağlıklı bir şekilde güç verilmesini sağlamaktadır.

## 2. CİHAZ TASARIMI

Sağlam ve güvenilir bir sistem dizayn etmek için öncelikli şart sistemin kararlı olmasıdır bunun içinde seçilen parçaların birbiriyle uyumlu olması gerekir. Çok kanallı sıcaklık okumak için gerekli kararlı bir sistem tasarlarken doğru mikro işlemcinin ve sıcaklık sensörünün

seçilmesi gerekmektedir. Burada MAX31855K sıcaklık sensörü kullanan cihazın genel yapılandırma grafiği şekil 1 de verilmektedir.



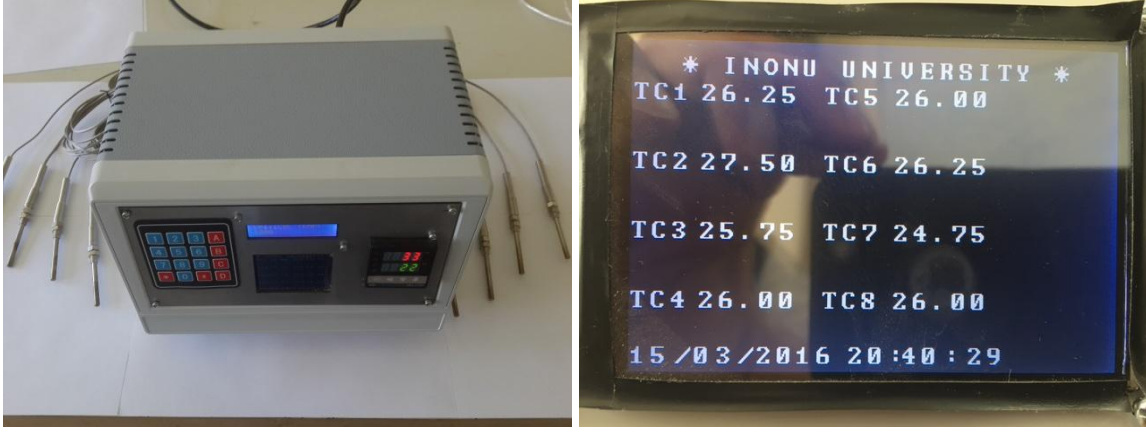
**Şekil 1.** Sıcaklık ölçmede kullanılan MAX31855K entegresi ve bağlantı şeması [5]

Şekilde de görüldüğü gibi K tipi termokulp T- ve T+ girişlerinden entegreye bağlanır ve mikroişlemci yardımı ile istenilen sıcaklık türünden data elde edilir. MAX31855K entegresi özellikle mikro volt seviyesinde voltaj okunan sıcaklık sensorleri için ideal bir devre elemanıdır. Burada aynı anda birçok sıcaklığın beraber okunması için dizayn edilen sistemde KTA-259v4 Thermocouple Multiplexer Shield kullanılmıştır ve KTA-259v4 gerçek zamanlı olarak 8 kanalı birden okuyabilme özelliğine sahip olmasıdır. Benzer şekilde KTA-259v4 cold junction kompanse özelliği, K, E, J, N, T, C ve M tipi termokulp larda çalışma özelliği ve 14 bit çözünürlüğe sahiptir.



**Şekil 2.**(a) ATmega2560 mikro işlemci, (b) KTA-259v4 ve DS1307 saat devresi [6-8]

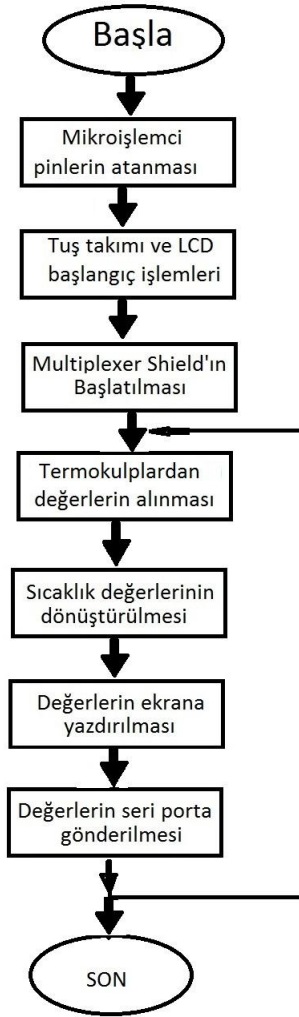
Burada ATmega2560 mikro işlemci, MAX31855K sıcaklık sensörü kullanan KTA-259v4 Thermocouple Multiplexer Shield devre elemanından sıcaklığın alınmasından ve kendisine bağlı diğer devre elemanlarının kontrolünden sorumludur. Sıcaklığın alınması K-Tipi termokulplar ile gerçekleştirilir. Thermocouple Multiplexer Shield her bir termokulpdan sıcaklık değerlerini sırasıyla okumakta ve bu değerleri mikro işlemciye göndermektedir. Mikro işlemci alınan bu değerleri kendisine bağlı TFT ekran üzerinde göstermekte ve seri port ile bilgisayara da gönderebilmektedir, Şekil 3. Devrede ayrıca zamanın okunması için DS1307 gerçek zamanlı saat devresi ve sıcaklık alt ve üst limitlerini sınırlamada kullanılan tuş takımı da bulunmaktadır. Ayrıca şekil 3 de de görüldüğü gibi sisteme bir adet PID kontroller eklenerek ısıtmanın kontrollü olarak yapılması sağlanmaktadır.



Şekil 3. Üretilen 8 kanallı sıcaklık kontrolcüsü

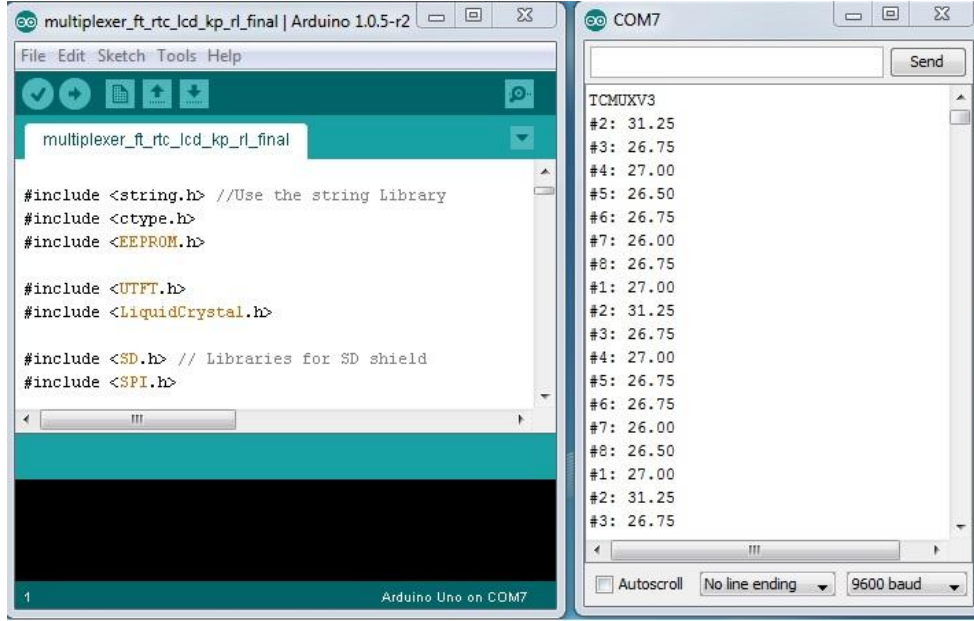
### 2.1. Cihazın Yazılımının Tasarımı

Güvenilir ve kararlı bir sistem aynı zamanda iyi çalışan bir yazılıma ihtiyaç duyar bu nedenle cihazın yazılımının tasarımı da çok önemlidir. Cihazın yazılımının akış diyagramı şekil 2 de verilmektedir.



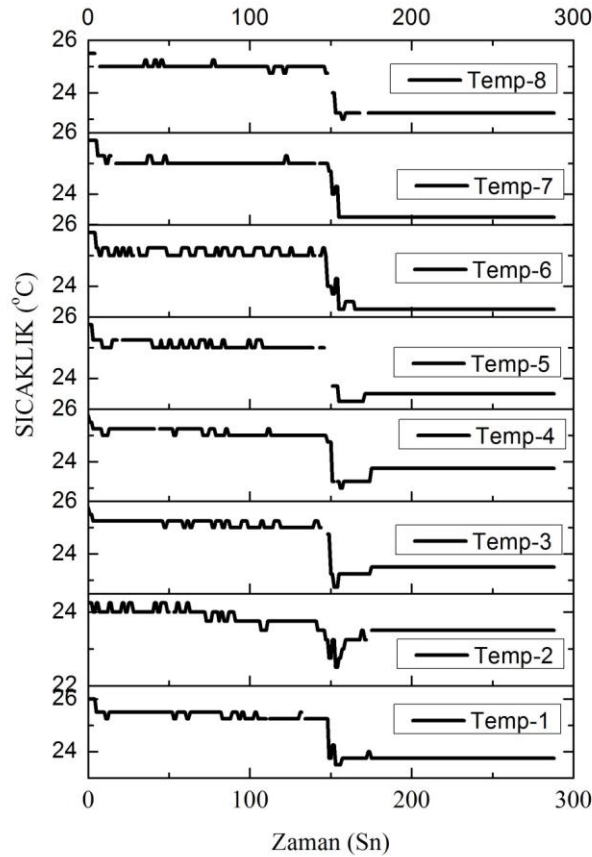
Şekil 4. Sıcaklık ölçüm programı akış şeması

Sistemin çalışması incelendiğinde her bir kanal özel olarak isimlendirilmiş ve her kanaldan gelen data kendine özgü değişkene atanarak okunan sıcaklık değerleri multiplexer kullanılarak mikroişlemciye aktararak LCD ekranda sıcaklık verileri yazdırılmıştır. Burada şekil 3 de de görüldüğü gibi sıcaklık alt ve üst limitlerinin belirlenmesi ile sistem bir role ile korunmakta olup okunan sıcaklık değerleri bu limitleri geçtiğinde sistem otomatik olarak kullanılan uygulamadaki gerekli güvenlik uygulamasını devreye sokabilme özelliğine sahip olduğu görülmektedir. Aynı zamanda sistem içerisinde zaman sayacının bulunması zamana bağlı olarak sıcaklık değişiminin kaydedilmesi ve uygulanan sistemdeki değişimlerin gözlenmesi sağlanabilmektedir. Bu durum iki farklı şekilde cihaz tarafından yapılmaktadır. Bunların ilki kullanılan ekranın üzerinde aynı zamanda bir adet kart okuyucu ile SD karta dataların yazılması şeklinde diğeri ise gerçek zamanlı olarak dataların bilgisayara aktarılması ile sağlanmaktadır. Üretilen cihazın serial port bağlantısı yapılarak geliştirilen program mikroişlemciye yüklenmiş ve 8 farklı kanalda sıcaklık şekil 5 de verildiği gibi okunmuştur.



Şekil 5. Geliştirilen program görüntüsü ve 8 kanal için ayrı ayrı okunan sıcaklık değerleri

Cihazın üretimi ile birlikte sıcaklık kalibrasyonları referans 9 daki gibi yapılarak farklı sıcaklıklarda zamana bağlı olarak elde edilen sıcaklık değerlerini kaydetme ve gerçek zamanlı bilgisayara aktarımı ile elde edilen verilerin bir örneği Şekil 6 da verilmektedir. Dolayısı ile sistem eşzamanlı bilgisayara veri aktarım özelliğine sahip olması bakımından sanayide bir çok uygulama alanına sahip olması beklenmektedir.



Şekil 6. Üretilen cihazın 8 farklı kanalında elde edilen sıcaklık değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi

Farklı noktalardan sıcaklık okunması ile birlikte bir çok uygulama geliştirileceği gibi bu çalışmada bir levha üzerindeki ısı dağılımının nasıl değiştiğinin modellenmesi üzerine bir uygulama geliştirilmiştir. Bilindiği gibi bir katı içerisinde ısı dağılımının belirlenmesi fizikteki en önemli problemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

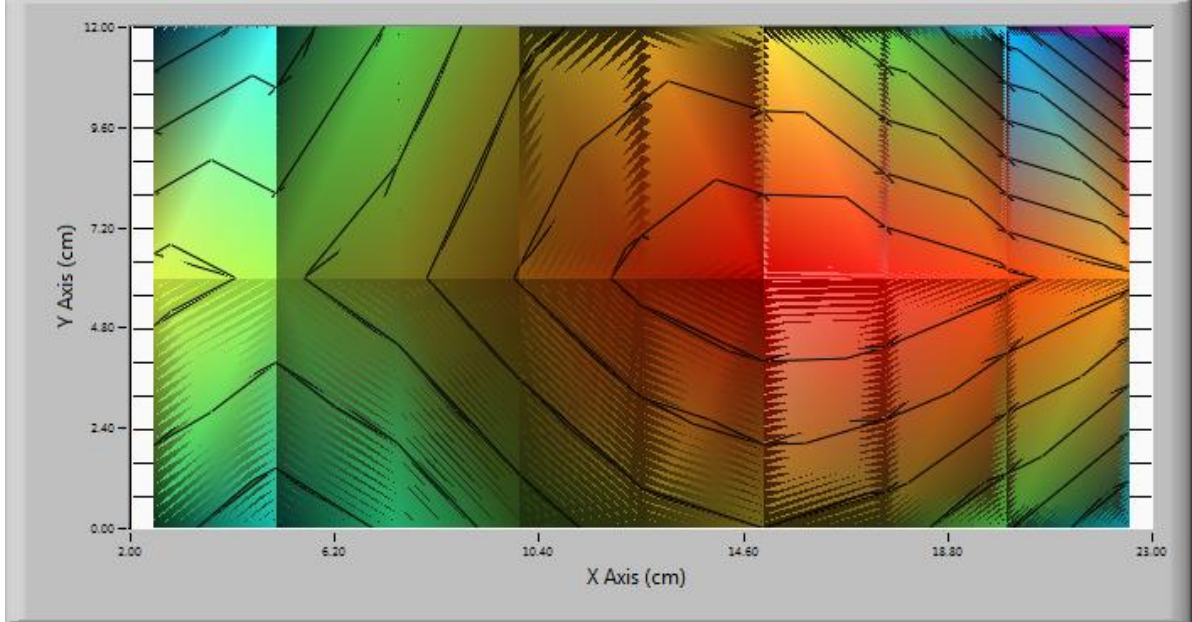
Isının katı içindeki dağılımının incelenmesinde aşağdaki verilen denklem kullanılmaktadır [10];

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t}$$

Burada termal difüzyon katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Bu denklemin tek boyutlu çözümü ise

$$T = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4 \sin(\lambda_n)}{2\lambda_n + \sin(2\lambda_n)} e^{-\lambda_n^2 \tau} \cos(\lambda_n x/L)$$

şeklinde verilmektedir [11]. Uygulama olarak 12 x 18 boyutlarında bir metal levha alınmış ve ve termokulplar eşit aralıklarda 4 tanesi bir tarafına diğer 4 tanesinde diğer tarafa bağlanarak örneğin orta bölgelerinden noktasal olarak ısıtıldığında malzeme üzerindeki ısı dağılımının haritası çıkarılmıştır, şekil 7. Burada kırmızı bölgeler sıcak bölgeleri ve mavi bölgeler ise bağıl olarak daha soğuk bölgeleri göstermektedir.



**Şekil 7.** Cu tabaka üzerindeki ısı dağılım haritası

Şekil 7 de verilen datalar her hangi bir t anındaki bakır levhanın ısıl haritasıdır. Üretilen cihaz ile aynı zamanda gerçek zamanlı olarak yüzey sıcaklık haritasının belirlenmesi mümkündür. Dolayısı ile sıcaklık dağılımının hassas olduğu sanayi çalışmalarında üretilen cihazın kullanılması büyük bir olasılık olarak görülmektedir.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 8 kanallı sıcaklık ölçer piyasada kolay bulunabilecek devre elemanları kullanılarak üretilmiş ve cihaz formuna getirilmiştir. Hayatımızın her aşamasında ihtiyaç duyduğumuz sıcaklık ölçümünde özellikle birçok sıcaklık değerinin bir cihazla okunabildiği ve sistem içinde var olan sıcaklık limit belirleme özelliği ile kullanılan sistemin güvenlik önlemlerinin alınabildiği bir cihaz geliştirilmiştir. Özellikle sıcaklık

değerlerinin hem bir sd kart ile kaydedilme özelliğinin olması hemde gerçek zamanlı olarak sıcaklığı bilgisayar ortamına aktarılması kullanılacak yerin gerçek zamanlı olarak uzaktan kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır. Üretilen cihazın kullanılabileceği bir uygulama olarak bir metal üzerindeki ısı dağılımının haritalanmasında kullanıldığı ve sıcaklık değişiminin önemli olduğu sistemlerde kullanılabileceği görülmüştür. Maliyetler açısından tasarlanan cihazın halihazırda satılanlara göre çok daha düşük bir seviyede olduğu ve kullanılacak yere göre sistemin parametrelerinin belirlenebilme özelliği ile özellikle ülke ekonomisine katkısının yüksek olacağı düşünülmektedir.

### **Bilgilendirme**

Cihaz üretimi ve kalibre işlemlerinde emeği geçen Serkan Demirel ve Erdinç Öz'e Teşekkür ederiz.

### **4. KAYNAKLAR**

- 1- Sevil, M., Elalmış, N., Görgün, H., Aydın, N.,201” Control of air conditioning with fuzzy logic controller design for smart home system”, Sigma J Eng & Nat Sci 33, 3, 439-463
- 2- Song, JL, Cheng, WL.,Xu, ZM., Yuan, S, Liu, MH., “Study on PID temperature control performance of a novel PTC material with room temperature Curie point” International Journal Of Heat And Mass Transfer, 95, 1038-1046
- 3- Kanagalakshmi, S., Manamalli, D., Mohamedrafig, M., “Implementation of Multimodel-Based PID and Intelligent Controller for Simulated and Real-Time Temperature Control of Injection Molding Machine” Chemical Engineering Communications, 203, 452-462
- 4- Yang, QM., Zhu, JH., Xu, XG., Lu, JG., “Simultaneous control of indoor air temperature and humidity for a chilled water based air conditioning system using neural networks” Energy And Buildings, 110, 159-169
- 5- <http://libstock.mikroe.com/projects/view/381/thermo-click>
- 6- <https://octopart.com/atmega2560-16au-atmel-39961860>
- 7- <https://oceancontrols.com.au/KTA-259.html>
- 8- [http://www.futurlec.com/Mini\\_DS1307.shtml](http://www.futurlec.com/Mini_DS1307.shtml)
- 9- Eryüksel, V., Çoban, T., Bulgurcu, H., 2013, “Farklı sıcaklık hissedici tipleri için ölçümleme sistemlerinin geliştirilmesi”, Makina teknolojileri elektronik dergisi, 10, 3, 53-59
- 10-Shen, L., He, JJ., Yang, CH.,Gui, WH., Xu, HL., “Temperature Uniformity Control of Large-Scale Vertical Quench Furnaces for Aluminum Alloy Thermal Treatment” IEEE Transactions On Control Systems Technology, 24, 1, 24-39
- 11- Zabihi, A., Taghizadeh, M., “New energy-saving temperature controller for heater at natural gas gate station” Journal Of Natural Gas Science And Engineering, 27, 1043-1049