



# ESP32 Tabanlı Mobil Entegrasyonlu Otonom Bebek Beşiği Tasarımı ve Geliştirilmesi

SICAKLIK SENSÖRÜ

EMRE TEMİR

İLKCAN ÜSTOĞLU

**DANIŞMAN ÖĞRETİM ÜYESİ**

**DR. ÖĞR. ÜYESİ CENK DİNÇBAKIR**

Kasım 2023

# İçindekiler

1. Sıcaklık Sensörü Nedir ? .....	3
2. Sıcaklık sensörü çeşitleri ve çalışma prensipleri .....	3
2.1 Isıl Çift(Termokupl) .....	3
2.2 Termistör .....	4
3 Bosch BMM350 Manyetometre Sensörü .....	8
3.2 Sensör Hakkında Genel Bilgi .....	8
3.3 Sensör Blok Diagramı.....	8
3.4 Sensör Karşılaştırması.....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
3.5 Kullanım Alanları .....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
3.6 Teknik Bilgiler .....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
5.5.1 Elektriksel Özellikler.....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
5.5.2 Footprint.....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
6. Kaynaklar.....	11

## 1. Sıcaklık Sensörü Nedir ?

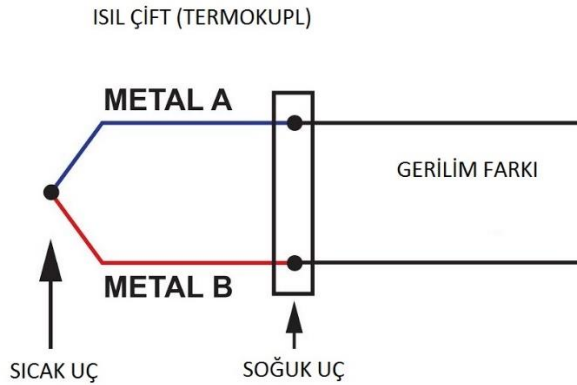
Bir nesne ya da sistem tarafından üretilen ısı enerjisi miktarını ya da soğukluğunu ölçerek analog ya da dijital çıkış üreten sıcaklıktaki bir fiziksel değişikliği algılamamamızı veya algılamamızı sağlar. Birçok farklı Sıcaklık Sensörü tipi bulunmaktadır; sıcak sensörleri reel uygulamalarına bağlı olarak çeşitli özelliklere sahiptirler.

## 2. Sıcaklık sensörü çeşitleri ve çalışma prensipleri

Sıcaklık sensörleri en temelde ikiye ayrılırlar bunlar temaslı ve temassız ölçümdür. Temaslı ölçüm yöntemleri termisötler, termokupllar, dirençli sıcaklık detektörü (DTD), çift metal (Bimetal) sensör, P-N Jonksiyonu sıcaklık sensörleri veya maddesel etkiler kullanılarak yapılan özel sensörler olarak sıralanabilir. Temassız ölçüm yapan sensörlerin ölçüm yöntemleri ise IR(Kızılötesi) ve ses olarak sıralanabilir.

### 2.1 Isıl Çift(Termokupl)

Isıl çift birinden farklı iki iletkenin basitçe bir araya getirilmesi ile oluşur. İki iletkenin birleşim noktasına sıcak uç, açık kalan uçları tarafına da soğuk uç veya referans uç denir. Sıcak uç, ısıtılan ya da kaynatılan uçtur; soğuk uç ise referans noktası olması için sabit bir sıcaklıkta tutulan uçtur. (Genellikle 0° derecede tutulur.)



Şekil 1 Isıl Çift

Sıcak uç ısıtıldığında [“Seebeck Etkisi”](#) gereğince hareketlenen elektronların soğuk uç tarafına hareket etmesi ile sıcak uç ile soğuk uç arasında mV mertebesinde gerilim farkı meydana gelir. Meydana gelen gerilim farkı sıcak uç sıcaklığına bağlı olarak değişir. Isıl çiftler -200°C ile 2000°C sıcaklık aralıklarında ölçüm yapabilir.

Kullanıldıkları ölçüm ortamına göre; sensörün fiziksel etkilere ve zararlara maruz kalmaması için özel kaplamalar ve koruma kılıfları kullanılır.

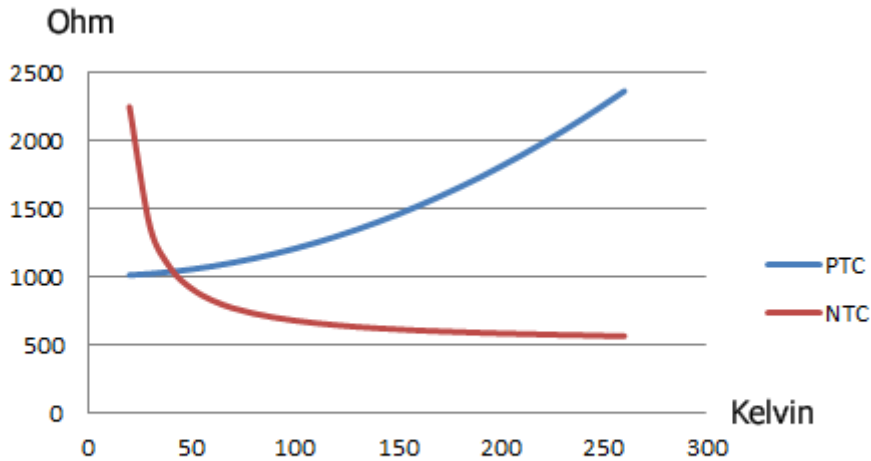
bir elektrik potansiyeli farkı oluşması olayıdır. Bu potansiyel fark, manyetik alanın büyüklüğüne ve yönüne bağlıdır. Hall etkisine dayalı manyetometreler, bir iletkenin bir tarafında bir Hall sensörü yerleştirilerek çalışır. Hall sensörü, iletkenin bir tarafındaki elektrik potansiyeli farkını ölçer. Bu potansiyel fark, manyetik alanın büyüklüğüne ve yönüne göre hesaplanır.

## 2.2 Termistör

Isındığında direnç değeri değişen yarı iletken devre elemanlarına **Termistör** denir. ‘**Therm**’ ve ‘**Resistor**’ kelimelerinden türetilmiştir. Özellikle sıcaklık uygulamalarında sıkça kullanılır. Bir sensör görevi gördüğü gibi akımın geçişini ayarlama da kullanılır. Sıcaklık değerindeki değişime göre ayar gereken devrelerde kullanılır. Ayrıca sıcaklık ölçümü veya sıcaklık ile ilgili farklı işlemler yapan devrelerde de kullanılmaktadır. Sıcaklık değişimine karşı gösterdiği hassasiyet, termistörlerin birçok görevi yerine getirmesini sağlar. Böylece birçok algılama ve kontrol çalışmalarında yer alır. Termistörler PTC ve NTC olmak üzere ikiye ayrılır.

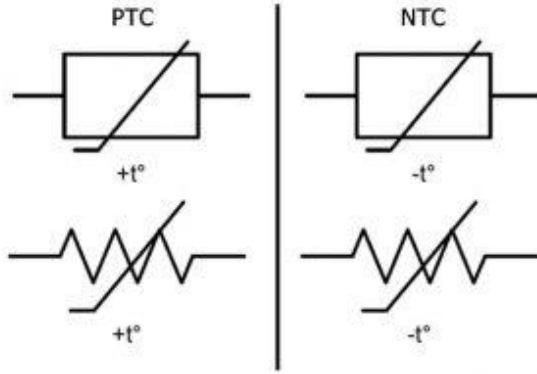
**PTC:** Sıcaklık arttıkça direnç değeri artan termistörlerdir. PTC adını “Positive Temperature Coefficient” ifadesinin kısaltmasından alır. Isıyla **doğru orantılı** olarak direnç değeri değişir. Sıcaklık ölçümü dışında yenilenebilir sigorta olarak da kullanılmaktadır.

**NTC:** Sıcaklık arttıkça direnç değeri azalan termistörlerdir. NTC adını “Negative Temperature Coefficient” ifadesinin kısaltmasından alır. Isıyla **ters orantılı** olarak direnç değeri değişir.



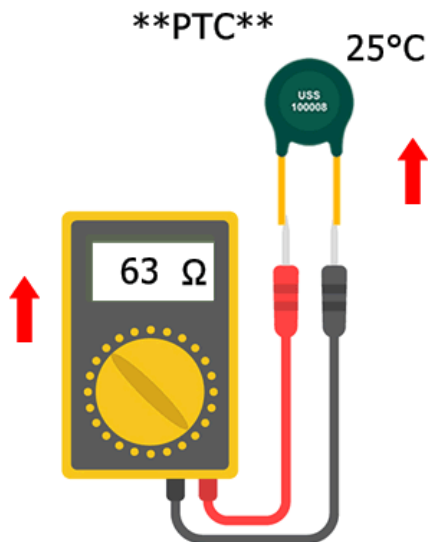
Şekil 2 NTC ve PTC'lerin sıcaklık(K)-direnç değeri(Ω) karakteristik grafiği

Sensör olarak kullanımına gelecek olursak; sıcaklık ölçümü yapılacak ortama yerleştirilen NTC veya PTC'nin sıcaklık değerlerine göre direnç değerleri değişir. Ölçülen direnç değerine karşılık gelen sıcaklık değeri bulunur. Termistörlerden bir çıkış sinyali almak için üzerlerinden belirli bir akım geçirilir ve gerilim çıkışı elde edilir. Değişken direnç değerleri sayesinde uygun devrelerde gerilimi bölücü olarak da kullanılabilirler.



Şekil 3 NTC ve PTC termistörlerinin devrelerde yer alan sembol gösterimleri

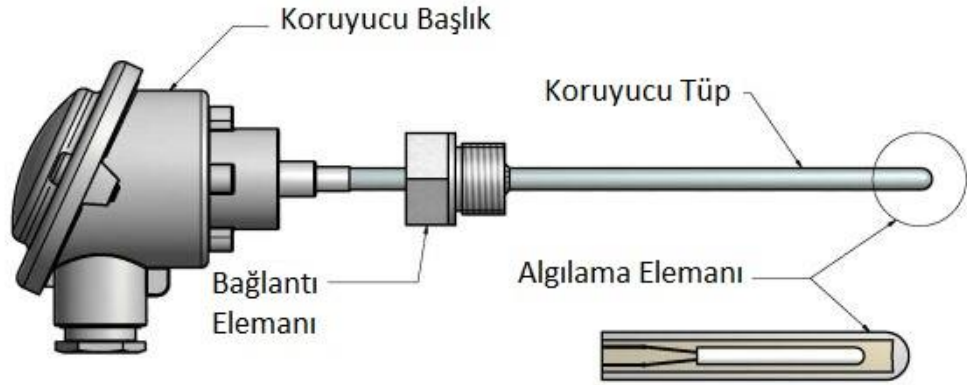
PTC veya NTC termistörünün bir direnç gibi 2 bağlantı ucu bulunur. Multimetre, Ohmmetre kademesine getirilerek, prob'ları yine bir direncin değerini ölçer gibi bu iki uca tutmak gerekir. Oda sıcaklığında PTC/NTC'nin üzerinde bir direnç değeri okunmuş olacaktır. Ardından PTC/NTC'yi ısıttığınızda direncinde değişim yaşanacaktır. PTC'lerde bu değer artar, NTC için bu değer azalır. Aksi durumda termistör arızalıdır, diyebiliriz.



Şekil 4 PTC'nin multimetre ile testinde verdiği tepki gösterilmiştir. NTC'lerde ise durum tersidir. Yani sıcaklık arttıkça direnç değeri düşer.

### 2.3 Dirençli Sıcaklık Sensörü (RTD)

Dirençsel termometreler (RTD) iletken malzemelerin bir sargıya sarılması veya film halinde kullanılması ile yapılan, pozitif sıcaklık katsayılı (PTC) bir sensördür. Sıcaklık ile değişen direnç değerine göre çıkış verir. Pozitif sıcaklık katsayılı olduğu için sıcaklık artışı iletken malzemenin direncinin artmasına neden olur.



Şekil 5 RTD İç yapısı

PT100, PT1000 RTD'ler arasında en çok kullanılan sensör tipidir. PT100, 0°C'de 100Ω'luk direnç değerine sahipken, 100°C'de 138Ω direnç değerine sahiptir. Belirli bir direnç-sıcaklık tablosu da mevcuttur. PT100'ün çalışma sıcaklığı aralığı -200°C ile +850°C'dir. Ölçümün alınacağı mesafe, ölçüm doğruluğu ve hassaslığı ölçütlerine göre 2,3 ve 4 telli çeşitleri bulunur.

2 telli PT100'de kablo direnci hesaba katıldığı için ölçümler istenilen doğrulukta olmaz. Kısa mesafelerde ve hassas ölçüm gerektirmeyen yerlerde kullanılır.

3 telli PT100, üçüncü tel kablo direncinin ölçümden çıkarılmasını sağlar. Daha doğru ölçüm alınması sağlanır.

4 telli PT100'de ölçümler daha hassas olur ve uzun mesafelerden ölçümler alınabilir.

RTD'ler termistörlere göre daha yüksek sıcaklıklarda kullanılabilirken, termokupllara göre daha düşük sıcaklık aralığında kullanılırlar. Yüksek doğrulukla ölçüm yaparlar ve ölçüm sonuçları oldukça doğrusaldır.

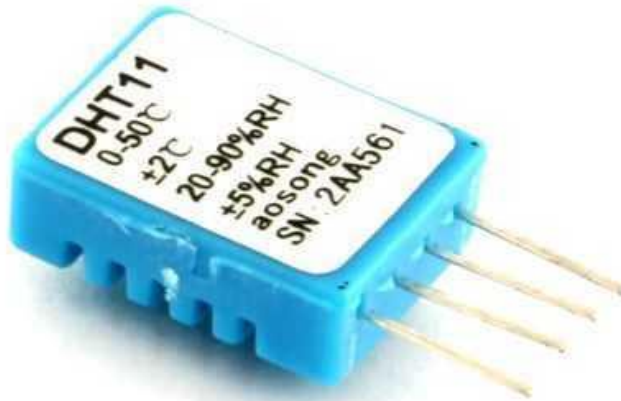
RTD'lerin dirençsel değişimleri tek başlarına bir şey ifade etmez. Üzerlerinden akım geçmesi durumunda meydana gelen gerilim sayesinde ölçümler anlamlandırılır.

## 2.4 Yarı İletken Sıcaklık Sensörü

Yarı iletken sıcaklık sensörleri, yarı iletken silikon malzemeden yapılan elektronik sensörlerdir. Oldukça küçük boyutlara sahiptir ve bu özelliği sayesinde birçok entegre devrede kullanılır. Çalışma sıcaklığı aralığı  $-50^{\circ}\text{C}$  ile  $+150^{\circ}\text{C}$  arasındadır ve doğrusal çıkış değerlerine sahiptir.

Yapısı gereği yüksek sıcaklıklarda ölçüm yapamayan yarı iletken sıcaklık sensörleri bulundukları devrede uygun olarak termal korumaya alınırlarsa, oldukça iyi ölçüm performansı sergilerler.

Çalışma prensipleri; transistörlerin akım karakteristiği üzerine kurulmuştur. Farklı kolektör akımlarına sahip iki transistörün sıcaklık değişimine bağlı olarak 'base-emitter' gerilimlerinin farkları da değişir ve bu fark, akım veya tek bir gerilime çevirilerek ölçüm alınmış olur.



Şekil 6 Piyasada çok yaygın kullanılan Sıcaklık ve Nem sensörü DHT11

### 3 DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü

#### 3.1 Sensör Hakkında Genel Bilgi

DHT11, düşük maliyetli bir dijital sıcaklık ve nem sensörüdür. Çevreleyen havayı ölçmek için kapasitif bir nem sensörü ve bir termistör kullanır ve veri pinine dijital bir sinyal gönderir (analog giriş pinlerine gerek yoktur). Kullanımı oldukça basittir, ancak verileri almak için dikkatli bir zamanlama gerektirir. Bu sensörün tek dezavantajı, yalnızca 2 saniyede bir yeni veri alabilmenizdir, sensör okumaları 2 saniyeye kadar geç(eski) olabilir.

#### 3.2 DHT11 Sensörü Teknik Detayları

- Düşük maliyetli
- 3 ila 5V ve I/O kullanımı
- Dönüşüm sırasında 2.5mA maksimum akım kullanımı (veri istenirken)
- %5 doğrulukla %20-80 nem okumaları
- 0-50°C sıcaklık okumaları için iyi  $\pm 2^\circ\text{C}$  doğruluk
- 1 Hz'den fazla olmayan örnekleme hızı (saniyede bir)
- Gövde boyutu 15,5 mm x 12 mm x 5,5 mm
- 0.1" aralıklı 4 pin

#### 3.3 DHT11 ve Bağlı Nem Ölçümü

DHT11 bağlı nemi ölçer. Bağlı nem, havadaki su buharı miktarına karşı havadaki su buharının doyma noktasıdır. Doyma noktasında su buharı yoğunlaşmaya ve çiy oluşturan yüzeylerde birikmeye başlar.

Doyma noktası hava sıcaklığı ile değişir. Soğuk hava doymadan önce daha az su buharı tutabilir ve sıcak hava doymadan önce daha fazla su buharı tutabilir.

Bağlı nemi hesaplamak için formül:

$$\text{Bağlı Nem} = \frac{\text{Su buharı basıncı}}{\text{Doymuş su buharı basıncı}} \times 100$$

Bağlı nem yüzde olarak ifade edilir. %100 BN'de yoğunlaşma meydana gelir ve %0 BN'de hava tamamen kurudur.

#### 3.4 DHT11 Sensörü Nem ve Sıcaklığı Nasıl Ölçer?

DHT11, iki elektrot arasındaki elektrik direncini ölçerek su buharını tespit eder. Nem algılama bileşeni, yüzeye uygulanan elektrotlarla nem tutan bir alt tabakadır. Su buharı substrat tarafından emildiğinde, elektrotlar arasındaki iletkenliği artıran substrat

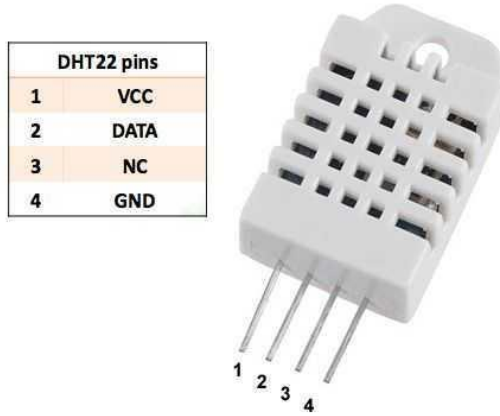


tarafından iyonlar salınır. İki elektrot arasındaki direnç değişimi bağıl nem ile orantılıdır. Daha yüksek bağıl nem elektrotlar arasındaki direnci azaltırken, daha düşük bağıl nem elektrotlar arasındaki direnci artırır. DHT11, yerleşik bir yüzeye monte NTC sıcaklık sensörü (termistör) ile sıcaklığı ölçer.

#### 4DHT22 Sıcaklık ve Nem Sensörü

##### 4.1 Sensör Hakkında Genel Bilgi

DHT22 sıcaklık ve nem algılayıcı kalibre edilmiş dijital sinyal çıkışı veren gelişmiş bir sensör birimidir. Yüksek güvenilirlikte ve uzun dönem çalışmalarda dengelidir. DHT22, üzerinde 8 bitlik mikrodenetleyici bulunmaktadır ve ürün kısa tepki süresine sahiptir. DHT22 Isı ve Nem Sensörü hassas bir kalibrasyona sahiptir ve kalibrasyon katsayısı OTP hafızada bir çeşit program üzerinde saklanmıştır. Ürün algılama (sensing) sırasında hafızada saklı olan bu katsayıya başvurur.



-40 ile 80°C arasında  $\pm 1^\circ\text{C}$  hata payı ile sıcaklık ölçen birim, 0-100% RH arasında  $\pm 5\%$  RH hata payı ile nem ölçümü yapabilmektedir. Sensör ölçümü olarak sensörün data toplama periyodundan kaynaklı olarak 2 saniyelik periyotlarla ölçüm sonuçları alınabilmektedir. DHT22, diğer DHT modellerine göre boyut olarak bir miktar daha büyüktür. Küçük boyutları, düşük enerji gereksinimi, ve geniş iletim mesafesi (100m) ile tüm zor uygulamalarda kullanılabilir. Ayrıca aynı hizada sıralanmış bacaklar bağlantıyı kolaylaştırır.

DHT11 ile karşılaştırıldığında, DHT22 Sıcaklık ve Nem Sensörü daha yüksek doğrulukta daha yüksek değerlerde ölçüm alabilmektedir.

#### 4.2 DHT22 Sıcaklık ve Nem Sensörü Özellikler

- 3.3 ile 6V arasında DC voltaj altında çalışma
- Tek pin dijital çıkış
- 0 ile 100%RH nem ölçümü
- Maks. 5%Rh Nem ölçüm hatası
- -40 ile 80 C arası sıcaklık ölçümü
- 0.5 C den düşük doğruluk
- 0.1%Rh çözünürlük
- 0.1C Sıcaklık çözünürlüğü
- 2 saniye örnekleme, sensör okuma zamanı
- Ölçüm sırasında maksimum 1.5mA akım harcaması (Tipik olarak 1mA harcamaktadır)
- 0.5 %Rh uzun zaman stabiletisi
- 33.6x 15.1 x 7.7 mm boyutlarında

#### 4.3 DHT11 Ve DHT22 Karşılaştırması

Özellik	DHT11	DHT22
<b>Sıcaklık Ölçümü</b>	0 ile 50 °C arası	-40 ile 80 °C arası
<b>Sıcaklık Ölçüm Doğruluğu</b>	$< \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$< \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
<b>Örnekleme, Ölçüm Zamanı</b>	1 Hz Saniyede 1 Ölçüm	0.5 Hz Her iki saniyede bir ölçüm
<b>Sensör Boyutları (Pinler Hariç)</b>	15.5 x 12 x 5.5 mm	15.1 x 25 x 7.7 mm
<b>Çalışma Voltajı</b>	3 ile 5V arası	3 ile 5V arası
<b>Ölçüm sırasında maksimum akım</b>	2.5 mA	2.5 mA

## 6. Kaynaklar

<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/an137f.pdf>

<https://tr.wikipedia.org/wiki/Termistör>

<https://www.surecontrols.com/infrared-temperature-sensors/>

<https://tr.wikipedia.org/wiki/Termokupl>

<https://web.mst.edu/~cottrell/ME240/Resources/Temperature/Temperature.pdf>

<https://www.elektrikport.com/makale-detay/sicaklik-sensorleri-nedir-cesitleri-nelerdir/22055#ad-image-0>

<https://devreyakan.com/arduino-ile-dht11-sicaklik-ve-nem-sensoru-kullanimi/>