



## Kalibrasyon laboratuvarları için sayısal sıcaklık-nem ölçer kayıt cihazının tasarım ve gerçekleştirimi

Ali İmran Şentürk<sup>1\*</sup>, Bülent Çobanoğlu<sup>2</sup>

*21.10.2014 Geliş/Received, 17.06.2015 Kabul/Accepted*

### ÖZ

Kalibrasyon laboratuvar ortamlarındaki sıcaklık ve nem gibi ortam değerlerinin sürekli izlenerek kayıt altına alınması test ve ölçü aletleri için önem arz etmektedir. Bu çalışmada, elektronik, mekanik ve aviyonik (hava araçları) test ve ölçü aletleri için kalibrasyon laboratuvarlarının sıcaklık ve nem değerlerinin sürekli olarak gözlemlenerek kayıt altına alınmasında kullanılan analog ölçü aleti yerine ekonomik ve hassas sayısal bir ölçü aleti önerilmiş ve bu amaçla bir uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamanın/cihazın TÜBİTAK-UME’de sapma testleri, TÜBİTAK-UME’de kalibrasyonu yapılmış cihaz ile gerçekleştirilmiş ve güvenilirliği doğrulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Arduino, Kalibrasyon Laboratuvarının Sınıflandırılması, Sıcaklık-Nemölçer kayıt cihazı, TÜBİTAK UME

## Design and implementation digital thermo-hygrograph recorder for calibration laboratories

### ABSTRACT

Calibration laboratory environments such as temperature and humidity values will be recorded continuously monitored and it is important for testing and measuring instruments. In this study, electronic, mechanical and avionics (aircrafts) testing and measuring instruments for calibration laboratories temperature and humidity values constantly observing the recording used in the analog measuring instrument rather economical and accurate digital measuring instruments have been proposed for this purpose an application has been developed. The developed application / device deviation tests were conducted at TÜBİTAK-UME and reliability has been verified.

**Keywords:** Arduino, Classification of Calibration Laboratory, Thermo-Hygrograph Recorder, TÜBİTAK UME

---

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1 1. Ana Bakım Merkez Komutanlığı, Hanlıköy mah. Eskişehir caddesi Arifiye, Sakarya- aliimran.senturk@gmail.com

2 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, Sakarya - bcobanoglu@sakarya.edu.tr

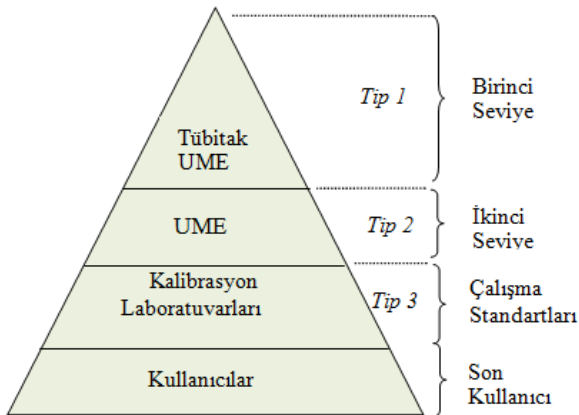
## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kalibrasyon laboratuvar ortamlarındaki sıcaklık ve nem değerlerinin test ve ölçü aletleri üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulduğunda, metal malzemelerin sıcaklık ile boyutunun değişmesi gibi sebeplerden dolayı ortam şartlarının sürekli izlenerek kayıt altına alınması önem arz etmektedir. Örneğin 50 mm'lik bir çelik mastarın boyu, her bir derece sıcaklık (°C) artışında 0,0006 mm uzamaktadır. Bu durumda aynı uzunluk ölçüsünün farklı sıcaklık değerlerinde farklı ölçüm sonuçları vereceği açıkça görülecektir. Benzer şekilde belirli bir sıcaklık altındaki direnç, bobin gibi elemanların farklı sıcaklıklarda farklı değerler vereceği bilinmektedir.

Kalibrasyon işleminde kullanılan kalibratörler ile test ve ölçü cihazlarının ortam basıncı, toz miktarı, titreşim, sıcaklık ve nem gibi dış etkenlerden etkilenmesi ile ölçüm belirsizliklerine yol açtığı bilinmektedir. Kalibrasyon faaliyetlerinin izlenebilirlik zinciri dâhilinde kontrol edilebilmesi maksadıyla ortam şartlarının kontrol altında tutulması, bahsedilen bu değerlerin gözlemlenerek kayıt altına alınması yasal bir zorunluluktur.

## 2. KALİBRASYON LABORATUARLARININ SINIFLANDIRILMASI (CLASSIFICATION OF CALIBRATION LABORATORIES)

Metroloji bilimi, ülkelerin sanayi ve teknoloji gelişiminde önemli rol oynar. Ulusal metroloji laboratuvarları referans ölçüm standartlarını oluşturmak ve akredite laboratuvarları izlemek için önemli kuruluşlardan biridir [1].



Şekil 1. Kalibrasyon Zincirinin Oluşumu (Composition of the Calibration Chain)

Şekil 1'de gösterildiği üzere kalibrasyon laboratuvarları yapılan işin hassasiyetine göre birinci seviye (Tip 1), ikinci seviye (Tip 2) ve çalışma standardı (Tip 3) olmak

üzere üç alt sınıfa ayrılmaktadır [2]. Birinci seviye laboratuvarlar, ülke standartlarının oluşturulduğu ve kontrol altında tutulduğu laboratuvarlardır. Türkiye'de bu görevi TÜBİTAK UME (Ulusal Metroloji Enstitüsü) üstlenmiştir. İkinci seviye laboratuvarlar ise Çalışma Standardı seviyesindeki laboratuvarların kullandığı kalibratörlerin, kalibrasyonlarının yapıldığı laboratuvarlardır. Çalışma Standardı olarak nitelendirilen Tip 3 laboratuvarları ise son kullanıcıların kullanmış olduğu test/ölçü aletlerinin kalibrasyon işlemlerinin yapıldığı laboratuvarlardır [3]. Kalibrasyon laboratuvarlarının sınıflandırmasını gösteren kalibrasyon zinciri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Analog Sıcaklık-Nem Ölçer Kayıt Cihazı (Analog Thermo-Hygrograph Recorder)

Çalışma Standardı olarak isimlendirilen ve kullanıcılardan gelen genelde el tipi cihazların kalibrasyonlarının yapıldığı laboratuvarlarda ölçüm sonucunun ekranda görülebilmesi ve geçmişe dönük günlük ve haftalık verilere ulaşılabilmesi gibi sebeplerle Şekil 2'deki gibi analog sıcaklık ve nemölçer kayıt cihazları yaklaşık 40 yıldan beri kullanılmaktadır.

Mevcut analog sıcaklık nemölçer kayıt cihazlarının en büyük dezavantajı, kayıt işlemini analog olarak yapması sebebiyle kayıt kâğıdı, kalem ucu gibi ek sarf malzemelerine ihtiyaç duymasındadır. Bu malzemelerin de yurt dışından tedarik edilme zorunluluğu maliyeti oldukça artırmaktadır. Ayrıca söz konusu analog cihaz, ölçüm için tanımlanan sınırların dışına çıktığında durumlarda kullanıcıya herhangi bir uyarı vermemektedir. Geliştirilen sayısal sıcaklık ve nemölçer kayıt cihazı, bahsedilen dezavantajları ortadan kaldıran, ölçüm sınır değerleri dışına çıktığında sesli ve ışıklı uyarı veren, ekonomik ve hassas bir cihazdır. Mevcut analog cihaz ile geliştirilen sayısal cihazın avantaj ve dezavantajları Tablo 1'de sunulmuştur.

Geliştirilen sayısal sıcaklık ve nemölçer kayıt cihazına alternatif olarak ticari amaçlı elektronik cihazlarda piyasada mevcuttur. Ancak bu cihazların genel olarak kaydedilen verilerin okunmasında harici arayüz programlarına ihtiyaç duyması, veri depolama alanındaki

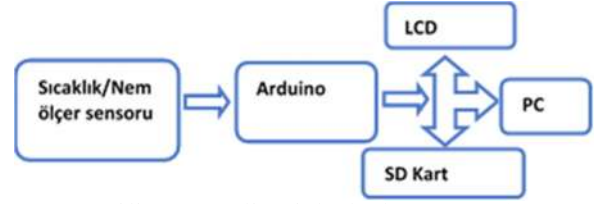
kısıtlamaları ve arıza durumunda tüm verilerin kaybolması gibi dezavantajları vardır. Geliştirilen cihaz ile bahsedilen dezavantajlar giderilmiştir. Ayrıca geliştirilen cihazın yazılımsal ve donanımsal olarak açık kaynaklı ve düşük maliyetli olması yapılan çalışmayı öne çıkarmaktadır.

Tablo 1. Mevcut analog kayıt cihazı ile geliştirilen sayısal kayıt cihazının karşılaştırması (Comparison of developed and existing recording devices)

Geliştirilen Sayısal Sıcaklık ve Nemölçer Kayıt Cihazı	
Avantajları	Dezavantajları
Sarf malzesine ihtiyaç duymaz.	Bilgisayar bağlantısı yapılmadan geçmişe ait değerler görülemez
Okuma hatası yoktur.	-
Belirlenen değerlerin dışında çıktığında uyarı verir.	-
Hassasiyeti yüksektir.	-
Kullanıcından kaynaklı hataları en aza indirir.	-
Mekanik arıza yaşanmaz.	-
Kullanım esnasında kontrol gerektirmez.	-
Maliyet	
Mevcut Analog Sıcaklık ve Nemölçer Kayıt Cihazı	
Değişimler anlık olarak grafik üstünde görülebilir.	Sarf malzeme ihtiyacı maliyeti artırmaktadır.
Bilgisayar bağlantısına ihtiyaç duymadan geçmişe ait veriler görülebilir.	Kullanıcı bazlı okuma hatası yapılması muhtemeldir.
-	Belirlenen değerlerin dışında çıktığında herhangi bir uyarı vermez.
-	Hassasiyeti düşüktür.
-	Belirli aralıklarla kontrol gereklidir.
-	Mekanik arıza yaşanabilir.

### 3. DEVRE BİLEŞENLERİ (CIRCUIT COMPONENTS)

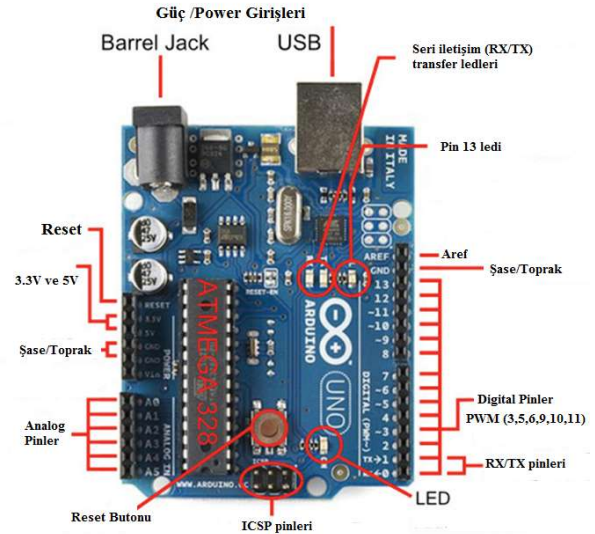
Tasarım ve gerçekleştirimi yapılan cihazın yazılım ve donanım bileşenleri; sıcaklık ve nem sensörü, Arduino mikro denetleyici kiti, LCD ekran, SD Kart ve algoritması sunulan Arduino programıdır. Geliştirilen program, Arduino borda yüklendikten sonra 9V'luk pil ile devre çalışırken LCD ekranda sıcaklık ve nem değerleri görülebilmekte ve devre çalışırken belirlenen aralıkların dışında ölçülen değerler devre üzerindeki SD karta kayıt edilmekte ve ayrıca PC seri port ekranından da SD karta kayıt edilen değerler görülebilmektedir. Şekil 3'te geliştirilen uygulamanın bileşenleri blok şema olarak verilmiştir.



Şekil 3. Devre Bileşenleri (Circuit Components)

### 3.1. Arduino Mikro Denetleyici Platformu (Arduino Microcontroller Platform)

Arduino [4], açık kaynak kodlu yazılım ve donanıma sahip bir mikrodenetleyici platformudur. Bu uygulama için Arduino UNO bordu tercih edilmiştir. Arduino tercih edilme sebebi ise programlanabilir bir mikro denetleyiciye sahip olması ve denetleyiciyi çalıştırmak için gerekli olan kristal kondansatör gibi yardımcı elemanları bünyesinde barındırıyor olmasıdır. Arduino Uno, Arduino ailesinin en temel ürünü olup en ucuz modelidir ve içerisinde Atmel'in Atmega328 mikro denetleyicisini barındırmaktadır. 14 adet dijital giriş/çıkış pinine ve 4 adet analog giriş pinine sahiptir. Usb güç girişi ile hem mikro denetleyici programlanabilmekte hem de uygulama için gerekli güç beslemesi sağlanabilmektedir. Ayrıca programlama işlemi tamamlandıktan sonra programın çalışabilmesi için kart üzerinde harici DC güç girişi de mevcuttur. Şekil 4'te Arduino Uno görünüşü, bağlantı bileşenleri ile birlikte açıklanmıştır.

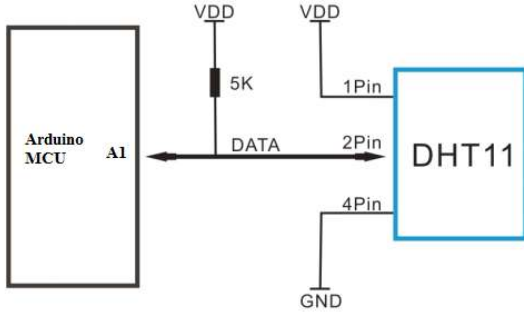


Şekil 4. Arduino Uno pin açıklamaları (Arduino Uno pin descriptions)

### 3.2. DHT11 Sıcaklık Nem Sensörü (DHT11 Temperature Humidity Sensor)

Ortamdaki sıcaklık bilgisinin 0 ila 50°C arasında  $\pm 2^\circ\text{C}$  derece, nem değerinin ise %20 ila %90 arasında  $\pm 5\%$  hassasiyette anlamlı bilgiye dönüştürülebilmesi, piyasada kolay bulunabilir olması, ortam şartlarındaki

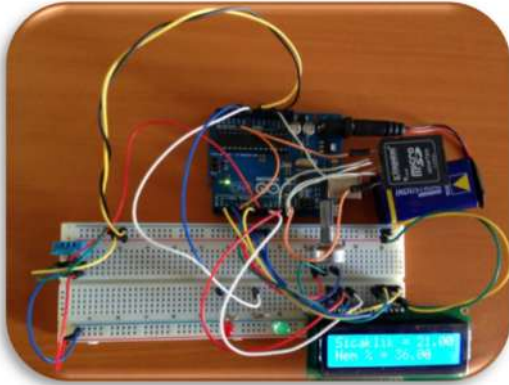
değişiklikleri üzerinde metal kılıf olmaması sebebiyle kolay algılaması ve sıcaklık ile nem sensörünün aynı kılıf içerisinde bulunması nedeniyle DHT11 [5] tercih edilmiştir. 4 bacaklı olan bu elemanın devre bağlantısı Şekil 5'te verilmiştir. Buna göre 1 nolu pin, VDD, 4 nolu pin şaseye ve 2 nolu pin analog girişe bağlanmış, 3 nolu pin ise boş bırakılmıştır.



Şekil 5. DHT11- Arduino bağlantısı (DHT11- Arduino Connect)

#### 4. UYGULAMANIN GERÇEKLEŞTİRİMİ (NETWORK APPLICATION)

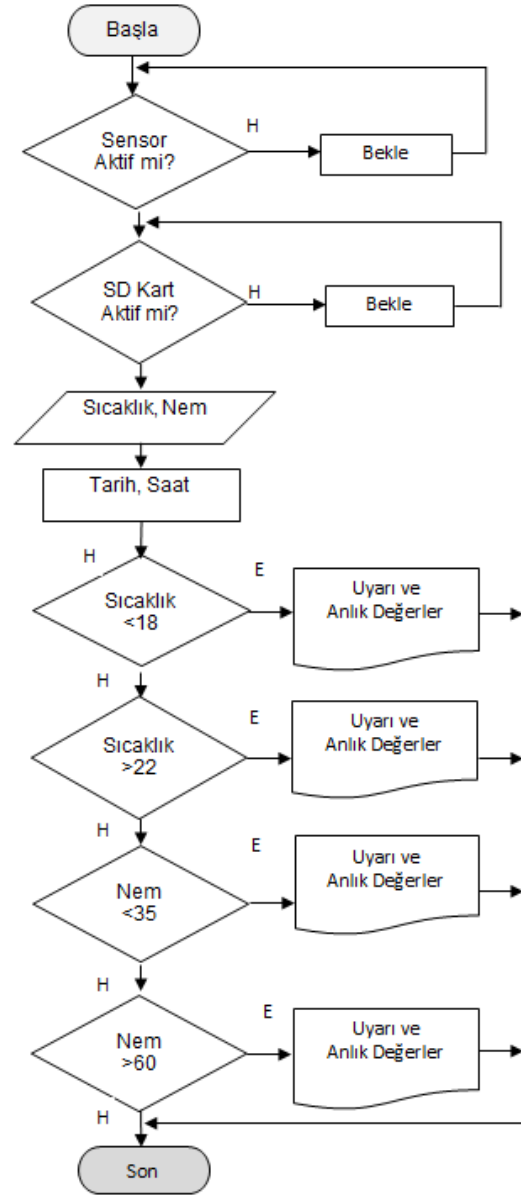
Tasarımı yapılan devrenin gerçekleştirimi ve anlık ekran görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir. Uygulama devresi bir prototip amaçlı ve ihtiyaçlar doğrultusunda ek donanım eklenmesine açık olması amaçları ile bord üzerinde tasarlanmıştır. İstenildiği anda kolaylıkla PCB'ye aktarılıp, seri üretimi yapılabilir. Sensörden alınan anlık değerler mikro denetleyici içerisinde yorumlanarak LCD ekranda gösterilmektedir. Ayrıca sistem değerleri istenen değerlerin dışına çıktığındaki kayıt bilgileri hem SD karttan hem de seri porttan okunabilir.



Şekil 6. Sayısal sıcaklık nemölçer kayıt cihazı uygulaması (Digital Thermo-Hygrograph Recorder Application)

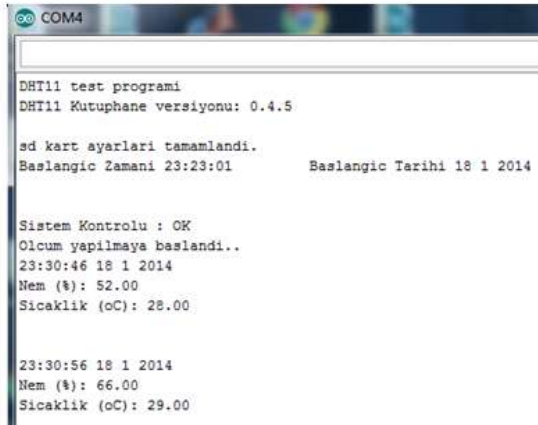
Mikro denetleyici üzerinde çalışan uygulama programının algoritmasının akış şema ile gösterimi Şekil 8'de verilmiştir. Buna göre program, ilk önce donanımsal bileşenler hazır/aktif olana kadar beklemede kalmaktadır. Daha sonra sıcaklık-nem sensöründen

alınan değerlere göre uyarı mesajı vermekte ve anlık değerler tarih ve saat kaydı ile birlikte .txt uzantılı olarak SD kart'ta dosyada tutulmaktadır.



Şekil 7. Uygulama programının algoritması (Program algorithm)

Seri porttan okuma için uygulama devresinin güç bağlantısı USB porttan sağlanmalıdır. Böylece ortamdaki okunan anlık değerler, belirlenen değerlerin dışına çıktığında seri port ekranından anlık sıcaklık ve nem değerlerini tarih zaman bilgisi ile birlikte Şekil 8a'daki gibi alınabilir. Uygulama devresinin 9V'luk pil ile çalıştırılması durumunda ise ortamdaki okunan anlık değerler, istenen değerlerin dışına çıktığında SD kart içerisinde oluşturulan .txt uzantılı dosyadan geçmişe dönük bilgilere ulaşmak mümkündür. SD kart üzerine yazılan verilerin görüntüsü Şekil 8b'de verilmiştir.



Şekil 8a. Seri port çıkışı (Serial port output)



Şekil 8b. SD-Kart dosya içerik görüntüsü (SD-card file content view)

## 5. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Kalibrasyon laboratuvarında kullanılacak olan sistemin güvenilir olması da oldukça önemlidir. Bu nedenle laboratuvar ortamında, Tübitak (UME) de kalibrasyonu gerçekleştirilmiş ve AB-0034-K etiket numaralı Industrial Instrument&Supplies [6] marka sıcaklık ve nem kalibratörü ile yapılan kalibrasyon işlemi sonucu ortaya çıkan sapma miktarları Tablo 2’de verilmiştir. Kalibrasyon işlemi gerçekleştirilen cihazın kalibrasyon zincirine katılımı da bu sayede sağlanmıştır. Tabloda dikkat edilmesi gereken husus ise ölçümlerdeki sapmaların lineer olmadığı ve sapma miktarlarının kullanılan sensörün tolerans değerleri içerisinde kalmış olmasıdır. Kullanılacak sensörün hassasiyetinin sapma miktarlarını doğrudan etkileyeceği ve düşük toleransta sensör kullanımı ile hassasiyetin artırılabilceği görülmektedir.

Geliştirilen sıcaklık ve nemölçer kayıt cihazı, analog kayıt cihazlarının bahsedilen dezavantajlarını ortadan kaldıran, ölçüm sınır değerleri dışına çıktığında uyarı veren, ekonomik ve hassas bir cihaz olması sebebi ile kalibrasyon laboratuvarları başta olmak üzere sıcaklık ve nemin kontrol altında tutulması gereken mühimmat ve

gıda depoları gibi yerlerde kullanılabilir. Geliştirilen cihazın ölçüm sınır değerlerinin dışına çıktığında o anki verileri kayıt etmesi, geriye dönük ortam şartları bilgisine ulaşılabilmesini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca uyarı özelliği sayesinde laboratuvar içerisinde çalışan personelin sıcaklık ve nem değerlerini kontrol etmesine gerek kalmadan yetkili personelin sisteme anlık müdahalesine olanak sağlamaktadır.

Tablo 2. Kalibrasyon işlemi sonucu ortaya çıkan sapma miktarları (Deviation amounts of resulting from calibration process)

Sıcaklık		
Gerçek Değer	Ölçülen değer	Sapma Miktarı
10,3	9	-1,3
15,1	15	-0,1
20,6	21	0,4
25,3	26	0,8
30,6	32	1,4
35,2	36	0,8
Nem		
30	29	-1
35	36	1
40	43	3
45	45	0
50	49	-1
55	58	3

## KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] I. Kocas, Y. Durgut, “The infrastructure and activities of tubitak UME pressure group laboratories”, 3rd International Metrology Conference, 249-252, CAFMET 2010, Egypt. 2010.
- [2] TÜBİTAK UME (2013), Metroloji, Promat Basım Yayın San. ve Tic. [http://www.ume.tubitak.gov.tr/sites/images/ume/metroloji\\_kitabi.pdf](http://www.ume.tubitak.gov.tr/sites/images/ume/metroloji_kitabi.pdf) [24 Aug 2014].
- [3] Morris, S. Alan, “Measurement and instrumentation principles”. Butterworth-Heinemann, Third Edition, pp:87-88, 2001.
- [4] Arduino platformu, <http://www.arduino.cc>, [20 May 2014].
- [5] DHT11 Temperature and Humidity Sensor, [http://www.dfrobot.com/image/data/DFR0067/DFR0067\\_DS\\_10\\_en.pdf](http://www.dfrobot.com/image/data/DFR0067/DFR0067_DS_10_en.pdf), [20 May 2014].
- [6] Industrial Instrument&Supplies Psychro-Dyne kalibratör, <http://www.iisusa.com/Psychro-Dyne-Instrument-CASE/productinfo/80004/> [20 Apr 2015].