

34682

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NEMİN SAYISAL ÖLÇÜMÜ

Elektronik Müh. Ertan BÖR

F.B.E. Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Elektronik Programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Şefik SARIKAYALAR

İSTANBUL, 1994

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
SUMMARY	vi
BÖLÜM 1: GİRİŞ	1
BÖLÜM 2: NEMİN TANIMI VE BİRİMLERİ	3
BÖLÜM 3: NEM ÖLÇÜMÜ İÇİN KULLANILAN METOTLAR	7
BÖLÜM 4: TASARLANAN NEM ÖLÇÜM CİHAZI	13
4.1 Devrede Kullanılan Nem Sensörü	13
4.2 Blok Diagram	15
4.3 Devrenin Çalışması	16
4.4 Epromdaki Veri Tabanının Hazırlanması	20
4.5 Devrenin Montajı ve Kalibrasyonu	24
BÖLÜM 5: DEVRENİN DEĞERLENDİRİLMESİ	27
5.1 Devrenin Kullanılabileceği Yerler ve Karşılaştırmaları	27
5.2 Bazı Gerekli Nem Değerleri	29
BÖLÜM 6: SONUÇLAR VE ÖNERİLER	32
KAYNAKLAR	34
EK	35
ÖZGEÇMİŞ	36

ÖNSÖZ

Günümüz teknolojisinin getirdiği yeniliklerden yararlanmak ve bu yenilikleri, hayatı kolaylaştırmaya yönelik yeni ürünleri tasarlamada kullanmak bizlerin kaçınılmaz görevidir. Bu görevin küçük bir parçasını yerine getirmeme olanak sağlayan, böyle bir tez çalışmasının hazırlanmasında yol göstererek yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Şefik Sarıkayalar'a ve maddi manevi katkılarını benden esirgemeyen eşime, dostlarıma, arkadaşlarıma ve meslektaşlarıma teşekkür ederim.

Mayıs 1994
İSTANBUL

ERTAN BÖR

ÖZET

Bu tez çalışmasında havadaki fiziksel özellik olan nem bilgisi (relatif nem) sayısal olarak ölçülmüştür.

İlk olarak nemin tanımı ve birimlerinden bahsedildikten sonra nem ölçümünde kullanılan cihazlar, bu cihazların yöntemleri, avantaj ve dezavantajları anlatılmıştır.

Daha sonra devrede kullanılan PHILIPS sensörün yapısından, özelliklerinden ve avantajlarından bahsedilmiştir. Bu sensör havadaki nem değişimine kapasite olarak cevap verdiğinden, elimizdeki bu kapasite değişimini bir dizi işleminden geçirmek gereklidir. Bundan sonraki bölümde, devre mantığından ve blok diagramdan söz edilmiştir.

Sonraki bölümde bu çalışma prensibinden yola çıkılarak devrenin tasarlanması, sensörün multivibratörde kullanılışı ve bu kare dalga çıkışının lineer değere sonra da dijital değere ADC (Analog digital çevirici) yardımıyla dönüştürülmesi açıklanmıştır.

Analog digital çeviricinin veri yolları ile diğer lojik kısmın adres yollarının sürülmesindeki avantajlar anlatılmaktadır. Daha sonra Epromun direk olarak seven segment displayleri sürmesi, Epromun verilerini oluşturan PASKAL programıyla verilmiştir. Sensörün eğrisinden nasıl yola çıkıldığından, program mantığından ve displayleri kodlamaktan bahsedilmiştir.

Bu arada kullanılan malzemelerin olması gereken özelliklerinden kısaca bahsedildikten sonra piyasada daha etkili olması için kullanılan komparatörün çalışması anlatılmıştır.

Sonrasında teorikte tasarlanan bu devrenin pratikte yapılırken çıkan problemler ele alındı. Bununla beraber devrenin kalibrasyonu ve diğer benzeri nem ölçerlerle karşılaştırılmasından sonra yapılan ölçümler ve sonuçları anlatıldı. Aynı bölümde bazı yerlerde ve bazı malzemeler için olması gereken nem değerleri verildi. Devrenin beklenen özellikleri ne derece sağladığı ve sisteme yapılabilecek ekleme ve çalışmalarla daha da geliştirilebileceği konuları sonuçlar ve öneriler bölümünde incelenmiştir.

SUMMARY

In this study of thesis, humidity knowledge (relative humidity) which is a physical feature in the air has been measured as digital.

Following the definition of the humidity and its units firstly, there have been mentioned the equipments to be used for measuring humidity, their principles, advantages and disadvantages.

Subsequently, the structure of the PHILIP's humidity sensor which was used in the circuit, its features and advantages were mentioned. Since this sensor converts the humidity in the air to capacitance, it is necessary to use some circuits to process this capacitance in this thesis. After this section, circuit logic and its block diagram were mentioned.

In the followign section, using this working principle, design of the circuit, use of the sensor in multivibrator, converting square wave to dc level and then dc level to digital by ADC has been explained.

The advantages of driving the other circuits' address busses by data busses of ADC were also explained. Driving seven segment displays by EPROM directly has been presented by PASCAL program which prepares EPROM data. Sensor's curve, program logic and coding display were mentioned.

After mentioning shortly about the properties which should belong to the materials to be used, the operation of the comparator which is used to be more effective in the market has been explained.

Then, the problems which were met during practical realization of the theoretically designed circuit were handled. At the same time, the calibration of the circuit, comparision of it with similar humidity meters and some measurements and their results were listed. In the same section, some humidity values for some places and also some materials were given. The matters of how much the circuit has met the desired specifications and how it could be improved by some additions to the system were examined in the Result and Suggestions Section.

BÖLÜM 1 GİRİŞ

Dünyamızın 3/4 'ünü oluşturan su her üç halde de bulunmaktadır. Suyun gaz halinde bulunması havadaki nem'in tanımıdır. Fiziksel bir özellik olan nem birçok iş dalında üretimde, malzemelerin depolamasında, meteorolojik olaylarda ve canlılar için yaşam standardında önemli bir rol oynar.[1]

Mevcut nem ölçme cihazlarını iki ayrı dalda incelememiz gerekir.Birincisi mekanik ağırlıklı nem ölçme cihazları diğeri ise elektronik ölçüm yapabilen nem ölçme cihazlarıdır.

Mekanik olaylara dayanan nem ölçme cihazları piyasada çokça kullanılmaktadır.Bunun başlıca sebebi fiyat açısından ucuz olması, kullanımının (bazı modellerin) pratik olmasıdır. Meteorolojide en çok kullanılan yöntem ise (mekanik ölçü aletlerinde) kuru - ıslak termometre yöntemidir. Burada belli bir formülasyonla ve tablolar yardımıyla nem değerine ulaşılır.

Bu mekanik ağırlıklı nem ölçerin dezavantajları da çoktur. Belli periyotlarla temizlenmeli, çok rutubetli veya kuru yerlerde saklanmalıdır. Kalibrasyon zamanla ve bakım sonrası değiştiğinden ve fiziksel (mekanik arızalardan) hataların %15 gibi çok yüksek rakamlara çıkmasına sebep olmaktadır. Ayrıca asitli ortamlarda kullanılması da zararlı olmaktadır.Basınçla değişim olacağından belli yükseklik içinde (2 mt.'ye kadar) doğru sonuçlar vermektedir. Bunların dışında portatif olmaması da kullananlar için bazı zorluklar getirmektedir.

Elektronik esaslı nem ölçme cihazları ise değişik prensiplere dayanmaktadır. Bu cihazların en önemli parçası sensörü ve metodudur. Bunlardan bazıları ; atmosferik radyasyon, ışığın kırılması, mikrodalga akışkanlığı, koyulaştırma, sınır alanları katman dinamiği, havanın aerosol özelliğinden yola çıkan cihazlar, buhar basıncı ve nemin dengesi prensibine dayalı cihazlar vb.. Bunların çoğu hızlı cevap verebilen ölçüm cihazlarıdır. Bunlar

endüstriyel amaçlı veya kullanım amaçlıdan daha çok ileri derecede araştırmalara dayalı bilgilere yardımcı olmaktadır. Bu cihazlarla daha kesin sonuçlar elde edebilmek mümkündür. Ama ne yazıkki bu tür cihazların fiyatlarının astronomik rakamlarda oluşu, piyasadan daha çok meteorolojide ve profesyonel yerlerde kullanılmasına sebep olmaktadır. Diğer bir dezavantajı ebat olarak büyük olması. Çünkü serada bir noktadaki nem ölçümü insanı aldatabilir. Gerçek değer için birkaç değişik yerde ölçüm yapılması gereklidir. Ayrıca bu cihazların kullanılması için belli periyotlarda bakıma ve kalibrasyona ihtiyaçları vardır.[2]

Bu tezde ele alınan sensör PHILIPS firmasının yeni bir üretimidir. Prensip olarak iki altın levha bulunmaktadır. Bu levhalar ortam nemine göre kapasitesinde 111pf ile 170 pf gibi değişikliklere sebep vermektedir. sensör ebat olarak küçük olduğundan her yere monte edilebilir. (Havalandırma, klima içi vb..). Yalnız dikkat edilmesi gereken husus, kapasite değişimi pf'lar derecesinde olduğundan uzun kablolama yapılmamalıdır. Devre sensörünün eğrisi logaritmiktir. Yani nemin artışına göre logaritmik olarak artmaktadır. Bu sorun devrede Eprom yazılımı ile çözülmüştür. Bunların dışında sensör fiyat açısından diğer aynı işlevi yapan benzeri sensörlere göre çok daha ucuzdur (90DM). Ve sensörün bakımı da son derece kolaydır. Nemi çok fazla olan ortamlarda kalması kalibrasyonu diğer bir deyişle sensörün hassasiyetini bozmaktadır. Yapılan diğer ek devre elemanları ile oluşturulan nem ölçüm aleti ebat açısından son derece küçüktür (cebe sığacak şekilde). Bunun yanı sıra sistemin çalışması için ihtiyaç duyduğu gerilim dışarıdan 9Voltluk bir adet pil ile sağlandığından her yerde (ev içinde, dışarıda) rahatlıkla kullanılacak şekilde tasarlanmıştır.

Devreye ek olarak koyulan komparatör, nemin bir önceki değere göre azaldığını veya arttığını gösterir. Artma durumunda kırmızı (D1) ; azalma durumunda ise yeşil (D2) ışık yanacaktır. Böylece gözle görülemeyen ani buharlaşma merkezlerini, yaptığımız bu cihaz sayesinde bulabiliriz.

Devreye yapılabilecek ek üniteler ile devre daha endüstriyel amaçlı olabilir. Belli set değerlerine göre birçok işlevlerde kullanılabilecek şekilde tasarım yapmak mümkündür.

BÖLÜM 2 NEMİN TANIMI VE BİRİMLERİ

Nem oranı sıcaklığın yanı sıra, hava durumunda önemli bir parametredir.

Havamızın büyük bir bölümü azot, oksijen ve az miktarda bulunan karbondioksit, helyum ve diğer gazlardan meydana gelmiştir. Bunların yanısıra her zaman dünyamızın 3/4 'ünü kaplayan suyun sıvı halden gaz haline geçişide sözkonusudur. İşte atmosferde bulunan su miktarına atmosferin nemliliği denir.

Atmosferdeki nemin en önemli kaynağı yeryüzünde bulunan açık su kaynaklarıdır. Örneğin okyanus, deniz ve göller gibi. Ayrıca dünya üzerinde bulunan nemli kara parçaları, bitkiler, hayvanlar ve insanlarda atmosfer için birer nem kaynaklarıdır. Atmosferdeki su, yeryüzündeki suların güneş enerjisi yardımıyla buharlaşarak atmosfere karışmasından meydana gelir. Buharlaşma, su ve kara yüzeylerinin ısınması ve bu ısınma sonucunda su moleküllerinin hızlı hareket etmeleri ile moleküller arasındaki çekme kuvvetinin zayıflaması nedeniyle bazı moleküllerin atmosfere kaçma olayıdır.

Su yüzeyindeki buharlaşma miktarı başlıca şu faktörlere bağlıdır.

- A) Atmosferde bulunan su buharı miktarı fazla ise buharlaşma az olur
- B) Rüzgar kuvvetli ise buharlaşma fazla olur.
- C) Hava basıncı yükseliyor ise buharlaşma az olur. Eğer basınç azalıyor ise buharlaşma fazla olur.
- D) Hava sıcaklığının yüksek oluşu buharlaşmayı artırır. Düşük olması ise buharlaşmayı azaltır.
- E) Su yüzeyinin ısınması buharlaşmayı artırır.[3]

Hava, yeryüzeyindeki buharlaşmanın derecesine göre az veya çok miktarda su buharı ihtiva eder. Fakat havanın da belirli miktarda su buharı tutma kapasitesi vardır. Bu miktar havanın sıcaklığına göre değişmektedir. Hava

sıcaklığı fazla ise daha fazla su buharı; düşük sıcaklıkta ise daha az su buharı bulundurabilir. Şimdi atmosferdeki nemle ilgili bazı terimlerin tanımını yapalım.

A) Doymuş hava : Belirli bir sıcaklıkta maksimum (azami) miktarda su buharı bulunduran havaya doymuş hava denir (Saturated air). Soğuk hava daima daha az su buharı taşıyabilir. Örneğin, sıcaklığı 15°C olan hava 1 m^3 'te maksimum 12.8 gr su buharı taşıyabilir. Sıcaklığı 0°C olan 1 m^3 hava ise maksimum 4.9 gr su buharı taşıyabilir.

B) Doymamış hava : İçerisinde doyma derecesine varmamak şartıyla bir miktar su buharı bulunduran havaya nemli hava veya doymamış hava denir (Humid veya Moist air).

C) Kuru hava : İçinde su buharı olmayan yada çok az miktarda nem taşıyan havaya kuru hava denir (Dry air).

D) Yaş hava : Doyma miktarına kadar su buharı ve yoğunlaşmış, katı veya sıvı su taşıyan havadır (Wet air).

E) Aşırı doymuş hava : Doyma miktarından çok su buharı taşıyan havadır (Super saturated air).

F) Mutlak nem : 1 m^3 hava içerisindeki su buharı miktarını gösterir. Fakat pratikte mutlak nemin ölçülmesi zor olduğundan havadaki su buharı miktarı buhar basıncı miktarı cinsinden ifade edilmektedir.

G) Buhar basıncı : Hava içinde bulunan su buharının yapmış olduğu kısmi basınca buhar basıncı denir. Buhar basıncı toplam hava basıncının yaklaşık % 1'i kadardır. birimi $\text{mg}'\text{dır}$. Doymuş havanın kısmi buhar basıncında doymuş buhar basıncı denir.

H) Özgül nem (Karışma oranı) : 1 kg veya 1 gr havadaki su buharının gram cinsinden miktarına özgül nem denir. Buhar basıncı ile arasındaki ilişki şu şekildedir.

$$W = \frac{0.62 \times e}{P} \quad (2.1)$$

W ; karışma oranı

e ; Buhar basıncı

P ; hava basıncı

1 kg veya 1 gr doymuş havadaki su buharının gram cinsinden miktarına doymuş karışma oranı denir ve

$$W_s = \frac{0.62 \times e_s}{P} \quad (2.2)$$

Ws ; Doymuş karışma oranı

es ; Doymuş buhar basıncı

I) Bağlı nem : Hava her zaman alabileceği kadar su buharı taşıyamaz. Genellikle havada bulunan su buharı miktarı ile doyma miktarı arasındaki bir fark yani bir doyma açığı mevcuttur. Uygulamada bu farka bağlı nem denir ve yüzde olarak ifade edilir.

$$\text{Bağlı nem (} \rho_h \text{)} = \frac{\text{Mutlak nem}}{\text{Doyma miktarı}} \times 100 \quad (2.3)$$

Bağlı nem sıcaklık arttıkça azalır. Sıcaklık düştükçe de artar.

J) Çiğ noktası sıcaklığı : Sabit basınç ve su buharı miktarıyla havanın soğutularak doyma noktasına geldiği sıcaklığa çiğ noktası sıcaklığı denir.[4]

Bir metreküp havadaki gram suyun buharı mutlak nem oranıdır (gr/m³). Havanın hangi ölçülerde nem oranı alabileceği (taşıyabileceği) sıcaklık ile ilişkilidir. Hava sıcaklığının artması ile maksimum nem oranı artar. -10 °C'de mutlak nem oranı maksimal değer a(max) = 2.14 gr/m³ , +10 °C'de 9.4 gr/m³ ve +30 °C'de 30.3 gr/m³'dür. Havanın soğuması anında öyle bir nokta bulunur ki, bu

noktaya mutlak nem oranının en yüksek değeri $a(\max)$ adı verilir. Daha da soğuması ile hava, nemi taşıyamaz ve fazlalığı sis, bulut ve çeşitli yüzeylerde çığ olarak isimlendirdiğimiz şekillerde ince zerrecikler halinde bırakır. Dolayısıyla bu noktaya çığ noktası veya kondanse noktası denir.

Sis sürekli karşılaştığımız bir hava durumudur. Siste mutlak nemin sadece a olarak adlandıracağımız $a(\max)$ 'ın ondalık bir değeri mevcuttur. Bu ondalık kısmı yüzde ile ifade ettiğimizde f relatif nem oranına ulaşırız.

$$f = \frac{a}{a(\max)} \quad (2.4)$$

Basit bir örnek ile açıklayalım ;

+30 °C'de relatif nem oranı %30 olsun. Mutlak nem bu durumda 9.1 gr/m³'tür. Ve çığ noktası +10 °C'nin biraz altındadır. Nem hava durumunu belirlemekle kalmayıp (sis, bulut,), insanlar üzerinde de etkisini göstermektedir. Soğuk ve kuru bir ortam genelde sıhhatli, sıcak ve nemli bir ortam rahatsız edicidir.

Çok kuru havada, optimal değildir. Kış aylarında dışarısı soğuk iken ev içinde hoş bir sıcaklıkla beraber çok kuru bir hava oluşur. Bu ortam çiçekleri kurutmakla kalmıyor, evlerimizde mevcut olan küçük yaratıklara ideal yaşam ortamına (gripler; virüsler, %20-50 oranındaki nemi çok severler) zemin hazırlamaktadır. Burun boğaz bölgelerini aşırı derecede kurduğundan enfeksiyon daha da kolaylaşmaktadır.[5]

BÖLÜM 3 : NEM ÖLÇÜMÜ İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER VE CİHAZLAR

Meteorolojik amaçlarla hava nemini ölçmek için kullanılan yöntemler dört ana bölümde toplanır.

- 1- Psikometrik ölçümler (termodinamik yöntem)
- 2- Higroskopik maddelerin boyutlarının değişmesi esasına dayanan yöntem (saçlı higrometre ve benzeri yöntemler)
- 3- Direnç değişmesi esasına dayanan yöntem.
- 4- Yoğunlaşma yöntemi. (donma noktası higrometreleri)

Şimdi bu yöntemleri tek tek inceleyelim.

3 - 1 - PSİKOMETRELER

Çalışma prensibi :

Biri ıslak diğeri kuru iki adet termometreden oluşur. Ölçüm yapılacak yerde iki termometre değeri alınır. Belli bir formülasyondan geçirilip, bazı tabloların yardımıyla havanın nem oranı tespit edilir. Rasat istasyonlarında kullanılan yöntemdir. Güvenirliği diğer metotlardan daha iyidir. Islaklık saf sudan bir fitil sayesinde sağlanır. Suni havalandırmalı, portatif sayan, august tipi, asman asprasyon, sabit kasa tipi gibi tipleri mevcuttur. Sonuçta esas olarak çalışma prensipleri aynıdır.

Avantajları :

- Diğer tip nem ölçme cihazlarına göre çok ucuzdur.
- Sıcaklık değişimlerine göre nem değişimlerinde iyi sonuç verir.
- Ölçüm sonuçları daha kesindir.

Dezavantajları :

- Mekanik bakımın aksatılmadan yapılması gerekmektedir. Zahmetli bakım prosedürleri vardır.
 - Özellikle havalandırılmalı tiplerinde mekanik problemlere çokça rastlanır.
 - Ölçümler yer seviyesinden 1.25 ila 2 metre mesafade yapılmaktadır.
 - Basınç değişimleri, değerleri değiştirmektedir.
 - Okunan değerlerle hesap yapıldığından kullanımı kolay değildir.
 - Fitilleri yazın ayrı kışın ayrı olmalıdır.
 - Çok soğukta su donacağından ılık su ile yapılmalı, buzları eritilmeli ve beklenilmelidir. Kullanılacak su ortam sıcaklığında olmalıdır.
 - Su haznesi kireç tutmuş olabilir.
 - Kesin netice için 5 - 20 dakika zamana ihtiyaç duyulmaktadır.
 - Dikkatli taşınmalı, kullanılmadığı zaman kuru bir ortamda saklanmalıdır.
 - Rüzgar özellikle aspratörlü tiplerini çok etkilediğinden rüzgar muhafazasına ihtiyaç duyulmaktadır.
 - Termometre okumadaki ondalık hatalar bile (özellikle düşük sıcaklıklarda) tablolar ve formülasyon sonucunda büyük hatalara yol açar.
- [6].

3 - 2 - SAÇLI HİGROMETRELER :

Havanın nispi nemini doğrudan doğruya gösteren aletlere higrometre denir. Çeşitli tipleri mevcut olup en basiti saçlı higrometredir. Kadın saç demetinin, havadaki nispi nem oranına göre uzayıp kısalması esasına dayanarak saçlı higrometreler yapılmıştır. Daha çok kumral kadın saç kullanılmaktadır.

Bir saç demetinin bir ucu ayar vidasına, diğer ucu ise skala içerisinde hareket edebilen bir mile bağlanmıştır. Havadaki nem oranına göre saç demetinin uzaması ve kısalmasıyla mile bağlı olan bir ibrede, skala üzerinde sağa ve sola doğru hareket eder. Skala üzerinde ibrenin gösterdiği değer o anda havadaki nem oranını verir. Skala taksimatı 0 - 100 arasındadır ve sona doğru gittikçe sıklaşır. Nedeni nem oranı arttıkça saç tellerindeki uzama daha az olmaktadır. Bu prensibe

bağlı olarak polimetre denilen aletler yapılmaktadır. Bu polimetreler ile bağıl nemden başka, doyma derecesi ve havadaki nem miktarı da hesaplanabilir.

Avantajları :

- Fiyat açısından ucuzdur.
- Doğrudan nem oranını skaladan gösterdiği için kullanım kolaylığı sağlar.
- Çalışması için beslemeye ihtiyaçları yoktur.

Dezavantajları :

- Hata oranları %10 gibi rakamlara çıkabiliyor.
- Kalibrasyon kaymasına çok sıkça rastlandığından belli periyotlarla kalibrasyon ayarını kontrol etmek gerekmektedir.
- Saçlar kirlendiğinde skala merdiven şeklinde hareket eder ve doğru ölçümü göstermez. Saçlarda biriken tozlar %15 gibi hataya neden olurlar.
- İçindeki saç kıllarından 8-10 tanesinin kopması hataya neden olur. Ortalama 50 adet saç teli mevcuttur.
- Amonyak gazı saçlara zarar verdiğinden, bu gibi ortamlarda ölçüm yapılamaz.
- Prosedürlerine göre bakımları 15 günde bir yapılmalıdır ve bu işlem zahmetlidir.
- Aleti taşımak için vidalar gevşetilmeli ve sonra tekrar aynı düzeyde sıkılmalıdır. Aksi durumda kalibrasyonda değişikliklere sebep olmaktadır.

3 - 3 - REZİSTANS METODU :

Rezistans metotları, otomatikleşme ve uzaktan kumanda kaydedicilerle kullanılan metottur. Bunlar toprak ve havanın nispi nem ölçümlerini anında okuma kolaylığı getirmişlerdir.

Değişik metotlar arasında en çok kullanılan 100 ohm.'luk platin rezistans üzerine sarılı pamuklu maddelerle uygun oranda yapılmış lityum klorür damlatılmak suretiyle yapılmaktadır. Bilhassa çiğ noktası ölçümlerinde bu metot kullanılır

Avantajları :

- Daha kesin sonuçlar elde edilir.
- Sıcaklık ve basınçla değişim çok azdır.
- Uzak yerdeki sensörün bilgisi, daha uzak bir yerde değerlendirilip, sonuçlar endüstriyel biçimde değerlendirilebilir.

Dezavantajları :

- Sistem diğerlerinden pahalıdır.
- Ölçüm için lityum klorür'e ihtiyaç duyulmaktadır.
- Rüzgara karşı korumak için sipere ihtiyaç duyulmaktadır.

3 - 4 - YOĞUNLAŞMA METODU :

Bu yöntem istasyonlarca kullanılır. Ölçüm yapılmadan önce kalibrasyon kontrol edilir. Bu işlem ıslak bez ile yapılmaktadır. Islak bez sarılıp, 1 saat kadar beklenir. Bu durumda nem ölçen higrometrenin %96 gibi nem göstermesi gerekir. %96 'ya göre kalibrasyon yapılır. Ebat olarak büyük ve prensip olarak karışıktır. Ölçüm için asite ihtiyacı vardır. Kendi bünyesinde üç adet hazne bulunmaktadır. Bunlara saf su, %30 asit ve %60 asit koymak gereklidir.

Avantajları :

- Gösterdiği değerler kesin olduğundan, değerlerin çok önemli olduğu yerlerde kullanılır.

Dezavantajları :

- 60 veya 90 dakika gibi zamana ihtiyaçları vardır.
- Ölçüm için asite ihtiyaçları vardır.
- Ebatları büyüktür. Taşınamazlar. 220 Volt besleme gerilimine ihtiyaç duyarlar.
- Fiyatları astronomik rakamlardadır.
- Mekanik ve elektronik aksamlarındaki arızaların bakımı ve tamirati zordur.[7]

3 - 5 - YENİ GELİŞTİRİLEN DİĞER METOTLAR VE SENSÖRLERİ

Nem sensörlerinin fiziksel prensipleri WEXLER (1970) tarafından kusursuz bir şekilde açıklanmış ve taslağı çizilmiştir. Aşağıda önemli metotları inceleyeceğiz.

3 - 5 - 1 - KOYULAŞTIRMA (BUĞU) :

Bu sensörler, sensörün doymuş nem basıncının, dolaşan kısmi basınca eşit olduğu ısıda çiğnin oluşumuna bağlıdır. Diğer bir yaklaşım doyma noktasındaki tuz eriyiklerinin fiziksel özelliklerinin değişimine bağlıdır. (Bu durumda doyma noktası ısısı, çiğ noktası ısısının bir fonksiyonudur.)

3 - 5 - 2 - ORTAMDAKİ SU BUHARININ DENGESİNİN DEĞİŞİMİ :

Bu sensörler, su buharının nispi nemin bir fonksiyonu olarak emilmesiyle çeşitli fiziksel özelliklerin duyarlılığını kullanır. Özellikle suyun içeriğine duyarlı bazı örnek fiziksel özellikler : Elektrostatik rezistans (direnç), yüzey direnci, hacim direnci ve mekanik boyut.

3 - 5 - 3 - IŞIĞIN EMİLMESİ :

Işığın hava tarafından emilmesi ve dağıtılması su buharı yoğunluğunun ve dalga boyunun güçlü bir fonksiyonu olabilir.(Örn . Heagle and businger, 1980;Liou) İlk ışık şiddetinin (I_0) bir devre uzunluğundan (x) çıkarılıp, yeni bir (I) değerine ulaşması en basit şekilde BEER-LAMBER kanunu ile verilmiştir.

$$I = I_0 \times \exp(-\alpha \cdot \lambda \cdot P_v \cdot x) \quad (3.1)$$

Burada ; P_v : Su buharının yoğunluğu

λ : Dalga uzunluğu

α : Sönme katsayısı

Broadbond emişinin ve ultroviyoledeki diğer atmosferdeki bileşenlerce emilişin açıklanması için Buck'ın (1983) 'te yayınladığı makaleye bakınız. Majör Broadbond etkisi α toplam emici miktar P_v x'in fonksiyonudur.

3 - 5 - 4 - BUHARLAŞTIRMA :

Buharlaştırma işlemi, gizli ve duyarlı (hassas) ısıнын yardımıyla ıslak bir nesneden havalandırılmış su buharının transferini gerektirir. Açıklamalar ve transfer katsayıları için Hinze'nin 1959'da ve Schlichting'in 1979'da yayınladığı makaleler tavsiye edilir. Fikir şu ki; bir uzunluk l , sensörden buharlaşma oranı transfer katsayısı, Ne ; su buharı yayılması, Ke ; ıslak nesnenin buhar basıncı ve ortamdaki havanın kısmi basıncı arasındaki fark ;

$$Fe = \pi * l * Ke * Ne * (Ps * Twet - Pv) \quad (3.2)$$

$$Fs = \pi * l * Ka * Nu * (Tdy - Twet) \quad (3.3)$$

Burada Ne ; havalandırma hızının bir fonksiyonudur. Buna benzer olarak, hassas ısıнын, buharlaşma ile emilen gizli ısıyı dengelemek için gerekli ıslak hazneye akışı olan Fs yukarıdaki gibi ifade edilir. Burada Ka ; havanın ısı yayımı ve Nu Nusselt numarasıdır. Wender'in 1970'de yayınladığı makale bu konudaki bazı bilgileri sağlar.

3 - 5 - 5 - MİKRODALGA FREKANSIN KIRILMASI :

Buradaki prensip, microdalga frekansın havadaki kırılmasıyla ilgilidir. Radyo ve microdalga frekans aralıklarında, havadaki elektromanyetik dalgaların kırıcı göstergesi (işareti) N ; ışığın, ısıнын, basıncın ve özel nemin bir fonksiyonudur. Bağımlılık ;

$$Q = \frac{A * T * T}{P} * N - B * T \quad (3.3)$$

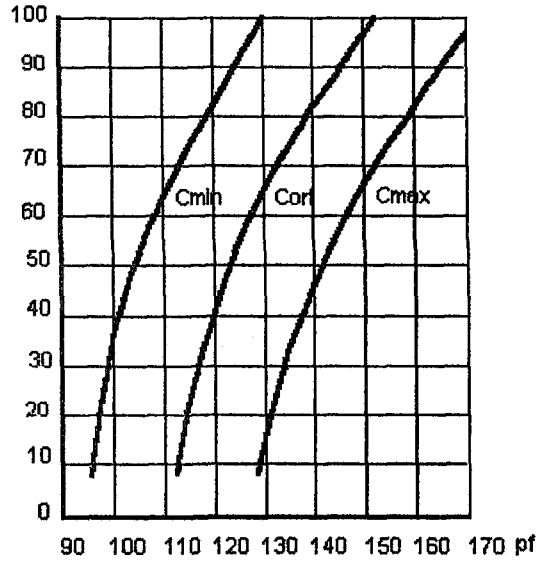
Burada $A : 0.00167$
 $B : 0.127$ sabitleridir.[8]

BÖLÜM 4 : TASARLANAN NEM ÖLÇÜM CİHAZI

4 - 1 : DEVREDE KULLANILAN NEM SENSÖRÜ

Daha önce de anlatıldığı gibi klasikleşmiş nem sensörlerde sensör olarak kadın saçı kullanılmaktadır. Relatif nem oranına boyuna uzama ile cevap vermektedir. Bu metotla yapılan ölçümler elbette ki en doğru ölçümler değildir. Elektroniksel olarak ölçüm yapan cihazlarda da sensörün büyük bir önemi vardır. Kullanmış olduğumuz nem sensörü PHILIPS firmasının üretmiş olduğu bir üründür. Ve bu ürün yaptığı iş olarakta ucuzdur.

Her iki tabakası ince altın ile kaplı neme hassas bir folyodan meydana gelir. Yani elimizde dielektriği neme göre değişen bir kondansatör vardır. Dielektrik sabiti ϵ havadaki nem oranı ile öyle fazla değişmektedir ki; bu folyo yapısında olan sensör, kapasitesini de o oranda değişmektedir. ŞEKİL 1'den görüldüğü gibi relatif nem oranı %10 olduğunda tipik kapasitesi yaklaşık 111 pf civarında, relatif nem oranı %90 olduğunda 144 pf 'a çıkmaktadır. Buna göre kapasite relatif neme göre ölçü oluşturmaktadır.



ŞEKİL 4.1 : Nem sensörünün relatif nem oranına göre değişimi

Eğrileri daha yakından izlediğimizde kapasitif değişimlerinin kullanımı için iki problem ile karşılaşırız. Birincisi neme göre kapasite değişimi lineer değildir. Bu problem kalibrasyon bölümünde gösterilen katsayı değişim tablosu ile giderilir. Kullanımda ise EPROM sayesinde çözülür. İkinci problem ise sensörün fazla toleranslı oluşudur. Dikkat edilirse burada sensörün mutlak değeri değil, relatif kapasite katsayısı kayda alınmaktadır. Relatif kapasite katsayısı (K) aşağıdaki şekilde bulunmaktadır;

$$K(r) = \frac{\epsilon(r) - \epsilon(0)}{\epsilon(r)} \times 100\% \quad (4.1)$$

Burada ;

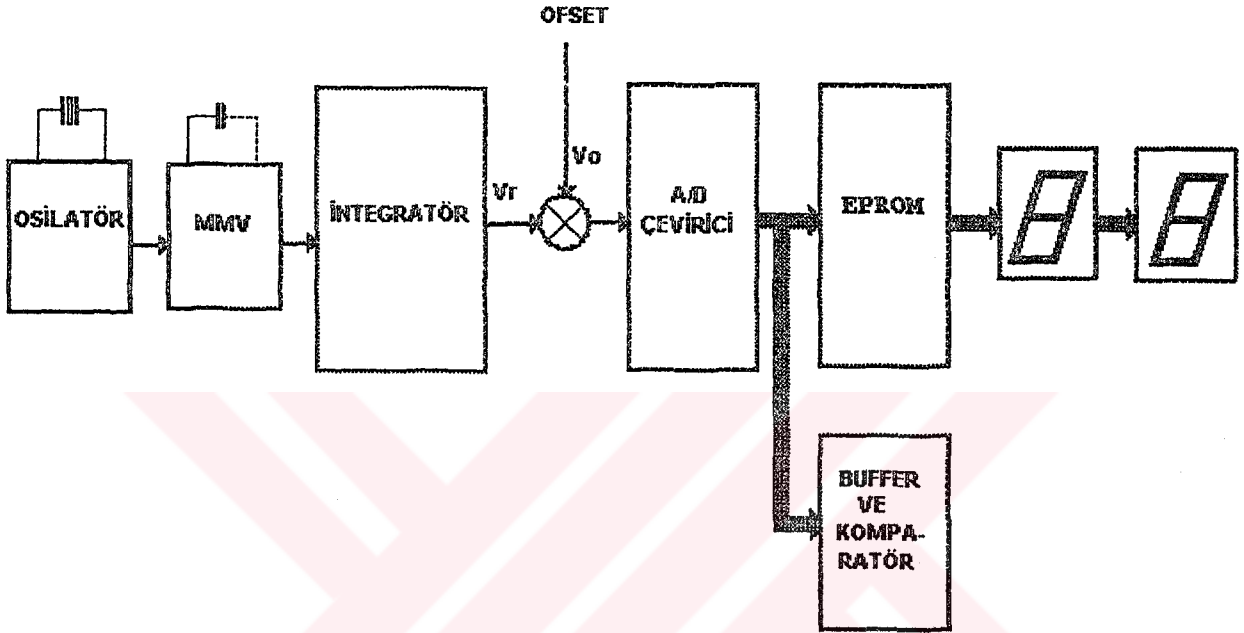
$\epsilon(r)$: r nem oranındaki katsayı

$\epsilon(0)$: %0 nem oranındaki katsayıdır.

Bu formül, görüldüğü gibi sensörün mutlak kapasitesini ihtiva etmektedir. Böylece kalibrasyon sonrası bu tolerans önemini yitirmektedir. Sensörü, tek kararlı tetikleyicide zaman belirleyici kondansatör olarak kullanırsak ve tek kararlı tetikleyiciyi osilatörün sabit frekanslı tetikleme darbeleri ile kumanda edersek, integrasyon neticesinde tek kararlı tetikleyiciden başlangıç gerilimini çıkarttığımızda; $V_n(r)$ ortalama çıkış gerilimini aşağıdaki gibi elde ederiz.

$$V_n(r) = \frac{-}{1 - (K/100)} - 1 \quad (4.2)$$

4 - 2 : BLOK DİAGRAM



ŞEKİL 4.2 : Devrenin Blok Diagramı

ŞEKİL 4.2 digital nem ölçerin blok diagramını (şematik yapısını) göstermektedir. Burada bütün fonksiyon birimleri tek tek görülmektedir. Kristal osilatörlü fonksiyon birim daha önceki bölümde belirttiğimiz gibi, bir sonraki blok olan, sensör tarafından kumanda edilen monostable multivibratör için sabit frekanslı tetikleme darbeleri gönderir. MMV çıkışında bulunan basit bir integratör ile (RC) bu darbelerin oranı sensöre (yani neme bağlı olarak) bağımlı sabit gerilime çevrilmektedir. Bir sonraki blokta bu sabit gerilimden %10 nem oranındaki gerilim olan offset gerilimi $V(0)$ çıkarılmaktadır. Bu fark işleminin sonucu analog digital çeviricinin aracılığı ile digital bilgiye dönüştürülür.

Analog digital çeviricinin çıkışları ile direk olarak eprom adreslenmektedir. Her adreste doğrusallığı düzeltilmiş veri değeri bulunmaktadır. Eprom, ölçülen gerilim değerine karşılık gelen düzeltilmiş rölatif nem oranını

bulmaktadır. Buradaki epromun görevi sadece basit veri değerlerini çevirmekle kalmıyor, aynı zamanda her iki seven segment displayin kumandasını üstleniyor. Böylece daha az elektronik devre elemanı kullanılmış ve ebat küçültülmüş oluyor.

Analog digital çeviricinin çıkışları ayrıca başka bir devreyi de kumanda ediyor. Bu devre gerilimin arttığını veya azaldığını tespit eder. Kırmızı led arttığını, yeşil led ise nemin azaldığını gösterir. Böylece ani nem kaynakları daha kolay bulunmuş ve iki led ile durum göstergesi yapılmıştır.

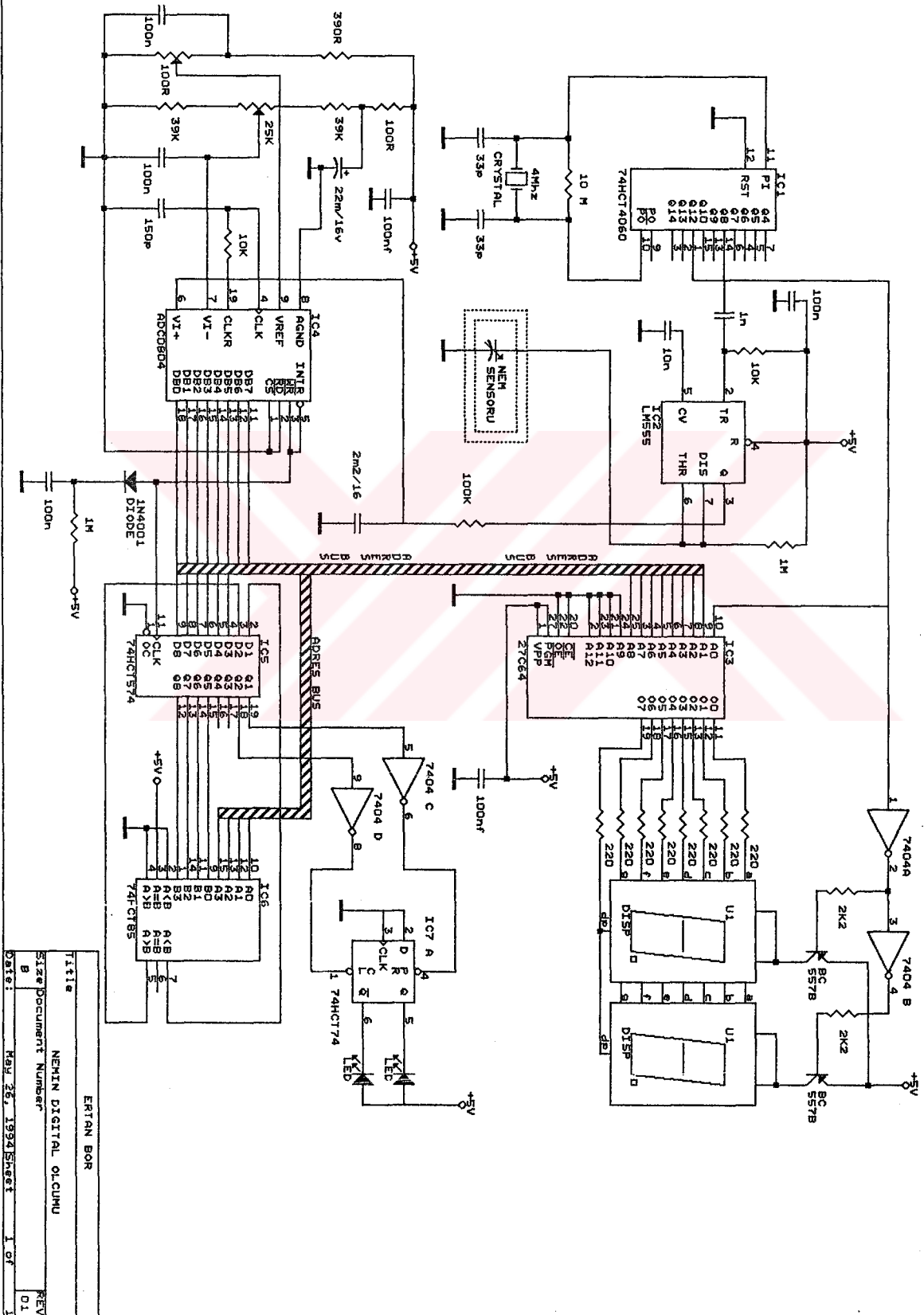
4 - 3 : DEVRENİN ÇALIŞMASI

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi entegre sayısı, Şekil 4.2'deki fonksiyon blokları sayısı ile aynıdır. Sabit frekans osilatörü 4.000 MHz'lik kristal osilatörden oluşmaktadır. Bu 4.000 MHz'lik kare dalga 74HCT4060 (14-stage ripple carry binary counter / divider and osilator)'ın 10 ve 11'inci bacaklarına bağlanmıştır. Master reseti (12) toprağa çekilmiş olan 4060 entegresinin içinde bulunan flip-floplarla giriş frekansı bölünmektedir. Bu bölünen frekanslardan sadece iki tanesi kullanılmaktadır. Biri 15 nolu bacak (Q9 çıkışı). Bu pinde giriş frekansının 1024'e bölünmüş hali yani 3.906 KHz'i görebiliriz. Diğeri Q12 deki (1.bacak) frekanstır. Bu kare dalga hem epromun adres yolunun sıfıncı bitini hem de ortak anot seven-segment displaylerin sırayla çalışmasını sağlamaktadır. Bunun için 7404'ün iki kapısında kullanılmaktadır. Birbirlerine seri bağlı kapı çıkışları BC557B transistörleri ile takviye edilmiştir. Displaylerin sırayla çalışma hızı, gözün algılamasından daha hızlı olduğundan ikiside aynı anda sürülmüş gibi olmaktadır.[9]

(Yaklaşık 1KHz.)

Bu elde edilen yaklaşık 3.9 KHz.'lik frekans ($1 \text{ nF} / 10 \text{ K}\Omega$) RC fark elemanları üzerinden (çok kısa darbeler olduğundan) timer entegresi olan 555'i tetiklemektedir.[10]

Mono zamanı neme bağımlı olarak kullanabilmek için nem sensörü zaman belirleyici devre elemanı şeklinde kullanılmıştır. Yani kapasitenin artması ile yaklaşık 3.9 KHz'lik kare dalganın da darbe boşluk oranı, yani "1" de kalma



ŞEKİL 4.3 : Nem Ölçerin Elektronik Şeması

süresi de artmaktadır. Bu işlenmiş işareti 555 entegre devresinin 3. bacağından alıp basit bir RC integratöründen ($100\text{ K}\Omega/ 2.2\text{ }\mu\text{F}$) geçirdiğimizde sonuç, bir doğru gerilimdir. Böylece nem değişimine göre değişen bir doğru gerilim elde etmiş bulunmaktayız.[11]

Şekil 4.1 'deki nem sensörünün eğrisinden görüldüğü gibi toleranslar çok yüksektir. Ama bu tolerans sensörden sensöre fark ettiğinden, bir noktadaki değer yerine o andaki değer ile ilk % 0 nem oranındaki kapasite fark değerinin etkili olabilmesi için ADC' nin 7. bacağı olan V(-)' ye bir referans potansiyometresi bağlanmıştır. Böylece sensörden doğacak tolerans hatası sıfıra indirilmiştir. ADC' nin referans gerilimi ise (görevi kalibrasyon bölümünde anlatılacaktır) $100\text{ }\Omega$ 'luk bir potansiyometre ile ayarlanmaktadır. $22\mu\text{F}$ 'lık elektrolitik kondansatör, besleme geriliminden doğabilecek bozulmaları bertaraf eder. $39\text{ K}\Omega$ 'luk dirençler de ayar bölgesini sınırlar. Analog Digital Çeviricinin 4 ve 19 numaralı bacaklarında ise basit RC Schmitt Trigger kare dalga üretici yapılmıştır ($10\text{ K}\Omega/ 150\text{ pF}$) Bu sayede ADC 830 KHz frekansında çevrim yapmaktadır. ADC 'nin INTR çıkışı 74HCT574 'ün (Octal D Type Flip Flops With 3 - State Outputs) Clock bacağına tetikler. $1\text{ M}\Omega$ 'luk direnç, 100 nF 'lık kondansatör ve 1N4148 diyotuyla ADC 'nin INTR ve WR bacaklarının lojik High konuma çekilmesi sonucunda sistem ilk açılışta doğru olarak başlar. Bu esnada 100 nF 'lık kondansatör şarjda iken INTR (5.bacak) darbeleri kısa devre eder. Diyot bu yöntemle sadece 74HCT574 'ü bloke etmekle kalmayıp aynı zamanda ADC' yi de bloke eder. [12]

IC4 'ün (ADC) INTR' ı ile WR bacaklarının bağlantılı olması çeviricinin tranzpozzer free running modunda çalışmasını sağlar. Her dönüştürme çevrimi sonunda 5 numaralı bacak (INTR), WR girişine bir puls ile verileri gönderir. Ve bir sonraki çevrim sürecini başlatır.

IC4 (ADC) tarafından gönderilen veriler sadece IC5 (74HCT574) ara hafızasında kalmayıp, aynı zamanda EPROM IC3 'ün adres girişlerini de kontrol eder. Eprom 'un çıkışlarına doğrudan iki adet "Seven Segment Display" bağlanmıştır. Eprom'un iki display için yeterince kapasitesi olduğundan, displayler için veriler ardarda takip eden adreslerde saklanmaktadır. Verileri doğru displaye iletebilmek için IC1 'in (4060) 1. bacağından Q11 'den ayrıca

yaklaşık 1 KHz 'lik frekansta dönüşüm darbesi alınmaktadır. Bu darbeyi aynı zamanda IC3 (EPROM) en düşük değerli adres biti olan A0 'ı ve IC8 'in (7404) iki inverterini de kontrol etmektedir. T1 ve T2 (BC557B) üzerinden doğru zamanda uygun displayin ortak anoduna besleme gerilimi sağlanır. Bu şekilde gerçekleştirilen tarama o kadar hızlı olmaktadır ki; en hassas göz bile algılayamaz. Bir sonraki bölümde EPROM'un programlanması hakkında bilgi verilecektir.[13]

Devrenin geri kalan kısmı, durum göstergesi olarak kullanılmaktadır. IC4 'ün (74HCT574) çıkışlarında yeni datalar belirdiğinde bunlardan D2,D3,D4,D5,D6 ve D7 veri bitleri IC5 tarafından alınır. IC6 (74HCT85), en büyük dört bitin yeni değerlerini (A0,A1,A2,A3), IC5'in çıkışında bulunan B0,B1,B2,B3 bitlerinden daha büyük veya daha küçük olduğunu mukayese eder.

IC6' nın mukayese çıkışları $A > B$ ve $A < B$,ayrıca IC5' in D0 ve D1'ine sürülür. IC5 'in Q0 ve Q1 haberleşme çıkışları iki inverter üzerinden IC7a 'ya (74HCT74) flip-flop'unun set ve reset girişlerini kumanda eder. IC7a 'nın çıkışları durumu göstermek için iki adet led sürmektedir.

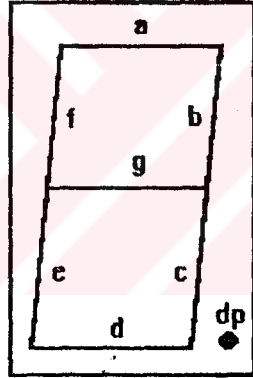
IC6' nın mukayese sonuçlarının ara hafıza olan 74HCT574'den geçirilme sebebi, IC3' ten gelen yeni veriler ile senkron olarak flip-flop'u çalıştırarak, D4... D7'den gelen geçiş verileri ile kararlı olmayan yani doğru olmayan durum göstergesinin yanlış çalışmasını önlemektir. Ayrıca flip-flop aralarda gelen en az iki mukayese sonucunda durum göstergesini çalıştırmaktadır. Yeşil led D2 düşen hava nem oranını, kırmızı led ise yükselen nem oranını göstermektedir.[14]

Besleme geriliminin sabit olması için, standart 7805 yeterlidir. Devre 9 volt 300 mA'lık bir trafo ile beslenebilir. Devre displaylerin durumuna göre 80 - 140 mA akım çekmektedir. Kaliteli bir pil ile de çalıştırılabilme avantajı mevcuttur.[12]

4 - 4 : EPROM'DAKİ VERİ TABANININ HAZIRLANMASI

MANTIĞI :

Devre şemasında da görüldüğü gibi eprom iki adet seven segment displayi paralel olarak sürmektedir. Epromun adres yolunun sıfıncı biti +5 volt konumunda iken biri, 0 volt konumunda ise diğer display sürülmektedir. Bu tarama frekansının 74HCT4060'dan geldiğini daha önceki bölümde anlatılmıştı. Devrede kullanılan elemanı azaltmak için Eprom direk olarak adreslenmektedir. Şimdi normal ortak + beslemeli seven segment displayi ele alalım.



ŞEKİL 4.4 : Seven segment display.

Burada görüldüğü gibi, hangi segmenti yapmak istiyor isek, o ilgili bacağı low'a çekmek gerekmektedir. Yani, örnek verecek olursak; 3 sayısını yazmak için a, b, c, d ve f kodlu bacakları 0 volt'ta, diğerlerinin ise +5 volt'ta kalması gerekmektedir. Dolayısıyla, EPROM'daki çıkış 00001101 şeklinde olmalıdır (desimal olarak 176'ya hex olarak ise B0'a karşılık gelir). Bu örneğe göre, diğer bütün sayıları yazmaya kalkarsak;

	a(D0)	b(D1)	c(D2)	d(D3)	e(D4)	f(D5)	g(D6)	dp(D7)	Decimal
Hex									
0 →	0	0	0	0	0	0	0	192	C0
1 →	1	0	0	1	1	1	1	250	F9
2 →	0	0	1	0	0	1	0	164	A4
3 →	0	0	0	0	1	1	0	176	B0
4 →	1	0	0	1	1	0	0	153	99
5 →	0	1	0	0	1	0	0	146	92
6 →	0	1	0	0	0	0	0	130	82
7 →	0	0	0	1	1	1	1	248	F8
8 →	0	0	0	0	0	0	0	128	80
9 →	0	0	0	0	1	0	0	144	90

TABLO 4.1 : Yazılması gereken sayı için olması gereken data değerleri.

Tablo 4.1'de yanması gereken segmentler için EPROM'da olması gereken Hex datalar gösterilmiştir.

Problemlerimizden biri de nem sensörü çıkışının doğrusal şekilde artmamasıdır. Eğer sensörün kapasitesi neme göre doğru orantılı artsaydı, EPROM'daki adresleri peşpeşe koyabilirdik. Yani, yüz parçaya bölüp 0, 1, 99, 100 diye programlayabilirdik. Ama bu logaritmik bir eğri olduğundan, ADC'den gelen EPROM'un adres yollarının artışına göre veri yollarının değerlerini ayarlamak gerekmektedir. Ve bu yüzden 256 adet adres gözü o logaritmik eğrinin artışına göre ayarlanmalıdır. Bu 256 adet EPROM adresine karşılık gelmesi gereken nispi nem değerleri aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi ayarlanması durumunda, bu doğrusal olmayan kapasite artışı (sonuçta ADC çıkışına ve EPROM'un adres yollarına kadar uzanır) EPROM'daki veriler sayesinde çözülür.

00	01	02	03	03	04	05	06	07	08	09	10	10	11	12	13
13	14	14	15	15	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	22
23	24	24	25	25	26	26	27	28	28	29	29	30	30	31	31
32	33	33	33	34	34	35	35	36	36	37	38	38	38	39	39
40	40	41	41	42	43	43	43	44	44	45	45	46	46	47	48
48	48	49	49	50	50	51	51	51	52	52	53	53	54	54	55
55	55	56	56	56	57	57	58	58	58	59	59	59	60	60	61
61	61	62	62	63	63	63	64	64	64	65	65	65	66	66	67
67	67	68	68	68	69	69	70	70	70	71	71	71	72	72	73
73	73	74	74	74	75	75	75	75	76	76	76	77	77	77	78
78	78	78	79	79	79	79	80	80	80	80	81	81	81	81	82
82	82	83	83	83	83	83	84	84	84	84	85	85	85	85	86
86	86	86	87	87	87	88	88	88	88	88	89	89	89	89	90
90	90	90	91	91	91	91	92	92	92	93	93	93	93	93	94
94	94	94	95	95	95	95	95	95	96	96	96	96	96	97	97
97	97	97	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99	99

TABLO 7.2 : Kapasiteye göre artan nem oranları.

Adres yollarındaki ilk rakam sağdaki, yani displayin en az ağırlıklı biti olmalı. Çünkü 4060'ın EPROM'a gelen biti + 5 volt seviyesinde iken ikili veri grubundaki ikinci bilgi veri yollarına gönderilmektedir. Dolayısıyla, EPROM'a bu bilgileri yazarken ikili grupların yerlerini değiştirerek yazmak gerekmektedir. Bu işlemleri yapan ve EPROM için gerekli veri dosyasını hazırlayıp "NEM.DAT" isimli dosyada toplayan pascal programı bir sonraki sayfada verilmiştir. Ama EPROM için gerekli verileri, bilgisayardan bir dosyadan okuyarak programlayabilen emilatör kartı bulamadığımızdan, data bilgilerini sonradan tekrar bir basic programı yardımıyla Hex haline çevirdik. Ve bu Hex verileri tek tek EPROM'a yüklendi. Bu işlem bir kerelik yapıldı. Daha sonra istek üzerine tekrar kopyelemek yoluyla EPROM'lar çoğaltılabilir.

```
{ HAVADAKI NEM BILGISININ DIGITAL OLCUMU }  
{ EPROMU PROGRAMLAYAN PASCAL PROGRAMI }
```

```
program nem;  
uses dos,crt;  
var  
i:integer;  
j,l,k:integer;  
g:file of byte;  
sonuc:real;  
  
const  
display:array[0..9] of byte =($c0,$f9,$a4,$b0,$99,$92,$82,$f8,  
                                $80,$90);  
deger:array[0..16] of byte =( 0, 15, 31, 47, 63, 79, 95,111,  
                                127,143,159,175,191,207,223,239,255);  
nem:array[0..16] of byte =( 0, 13, 23, 32, 40, 48, 55, 61, 67,  
                                73, 78, 82, 86, 90, 94, 97,100);  
  
begin  
  clrscr;  
  assign (g,'nem.dat');  
  rewrite (g);  
  for i:=0 to 15 do  
    begin  
      for j:=0 to 15 do  
        begin  
          sonuc:=j*(nem[i+1]-nem[i])/(deger[i+1]-deger[i]);  
          sonuc:=sonuc+nem[i];  
          l:=(round (int (sonuc/10))) mod 10;  
          k:=round ((frac (sonuc/10)*10));  
          if k=10 then  
            begin  
              k:=0;  
              l:=l+1;  
            end;  
          if (l=10) and (k=0) then  
            begin  
              l:=9;  
              k:=9;  
            end;  
          write (l);  
          write (k,' ');  
          write (g,display[k]);  
          write (g,display[l]);  
        end;  
      writeln;  
    end;  
  close(g);  
  READLN  
  
end.
```

4 - 5 : DEVRENİN YAPILMASI VE KALİBRASYONU

DEVRENİN YAPILMASI :

Sayısal nem ölçerin tüm elektronik aksamı eklerde görüldüğü gibi tek bir çift yüzlü baskılı devre üzerine yerleştirilmiştir. Ve portatif olması için ebat mümkün olduğu kadar küçültülmüştür. Malzemelerin sık yerleştirilmiş olması ve delik içi kaplamanın maliyeti çok arttırmasından lehim yapılırken oldukça zorlanma olmuştur. EPROM ve diğer entegreler için soket kullanılmıştır. LED'lerin bacakları ön panelde olacak şekilde uzun tutulabilir veya soketli yapılabilir. İstendiği takdirde devre kutulanabilir. Ama dikkat edilmesi gereken husus, sensörün kapalı (kutu içerisinde) kalmamasıdır. Başka bir yere montaj durumu sakıncalıdır. Sebebi, çıkışı çok ufak kapasite değişimleri (~ 100 pf) olduğunda kablolama ile bu değerler aşırı artar. Çok zorunda kalırsa (örneğin, havalandırma noktası vb.) özel kablolama ve yeni hesaplanmış seviye gerilimleri ile sistem çalıştırılabilir.

DEVRENİN KALİBRASYONU :

Kalibrasyonun yapılması için endüstriyel üretilmiş bir nem ölçer ve yüksek iç direnç sahip sayısal bir gerilim ölçme cihazına ihtiyaç vardır.

Birinci aşama olarak, mukayese olarak kullandığımız nem ölçerden nem oranı okunur. Ve aşağıdaki kalibrasyon tablosundan o değere karşılık gelen K değeri bulunur. Buradaki K değeri grafikten çıkarılmıştır. Açıklama için nem sensörü kısmına bakınız.

$V(r)$ değeri, IC4(ADC0804)'ün altıncı bacağı ve şasesi arasındaki doğrultulmuş gerilimin ölçülmesi ile bulunur.

Aranılan $V(0)$ değeri, K değerinin ve $V(r)$ değerinin aşağıda belirtilen formülde yerine konulmasıyla bulunur.

NEM (%)	K(%)	NEM(%)	K(%)	NEM(%)	K(%)
10	2.135	37	8.123	64	15.240
11	2.349	38	8.368	65	15.519
12	2.562	39	8.616	66	15.799
13	2.775	40	8.865	67	16.079
14	2.988	41	9.116	68	16.359
15	3.201	42	9.368	69	16.639
16	3.414	43	9.622	70	16.918
17	3.626	44	9.877	71	17.198
18	3.839	45	10.133	72	17.478
19	4.052	46	10.390	73	17.758
20	4.265	47	10.649	74	18.039
21	4.478	48	10.909	75	18.321
22	4.693	49	11.171	76	18.604
23	4.903	50	11.433	77	18.889
24	5.125	51	11.697	78	19.177
25	5.353	52	11.962	79	19.469
26	5.563	53	12.228	80	19.767
27	5.785	54	12.496	81	0.070
28	6.008	55	12.765	82	20.380
29	6.234	56	13.035	83	20.700
30	6.463	57	13.307	84	21.029
31	6.693	58	13.580	85	21.368
32	6.926	59	13.854	86	21.719
33	7.161	60	14.130	87	22.082
34	7.398	61	14.406	88	22.457
35	7.638	62	14.683	89	22.843
36	7.978	63	14.960	90	23.238

TABLO 4.2 : Katsayı değişim tablosu

$$V(0) = (1 - (K \div 100)) \times V(r) \quad (7.1)$$

Bu şekilde bulunan offset gerilimi, $V(0)$ ADC'nin yedinci bacağı ve şase arasındaki gerilim olarak P2 (25K Ω)'luk potansiyometre ile ayarlanır.

İşlemler tamamlandıktan sonra 100 Ω 'luk P1 potansiyometresi ile karşılaştırılan nem ölçerdeki değer, yaptığımız nem ölçerin displayinde görülecek şekilde ayarlanır. Ayarlar (kalibrasyon) böylece tamamlanmış olur.



BÖLÜM 9 : DEVRENİN KULLANILABİLECEĞİ YERLER VE KARŞILAŞTIRMALARI

Devrenin kalibrasyonu İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Bölümü Öğretim Görevlilerinin yardımıyla tamamlandı. Kalibrasyon için en sağlıklı yöntem olan psikometrik yöntem kullanıldı. Kalibrasyon sonrasında 5 - 6 değişik yerdeki ölçümlerde devrenin hata payının %1'in altında olduğu görülmüştür. Laboratuardaki ondan fazla nem ölçerden çok azı bu hata payını yakalamaktadır.

Daha sonraki bölümde malzeme listesiyle beraber maliyet analizi çıkarılmış olan bu nem ölçer fiyat açısından da son derece ucuzdur. Diğer gelişmiş yöntemlerle karşılaştırmasını aşağıdaki tablodan görebilirsiniz.

Alet Sınıfı						
Kriter	Koyulaştırma	Denge Emiş	Işığın Kırılması	Psikometre	Mikrodalga Reflektör	Yaptığımız Devre
Maliyet (\$)	5000	100-1000	2000-10000	150-1000	10000	135
Doğruluk %	0.5	5-15	5	3	0.5	1
Ölçüm Zamanı	45sn	5-7dk	10sn	25dk	5sn	60sn
Ölçüm Aralığı	5-100	20-95	0-100	20-100	20-100	10-99
Cihaz Bakımı	az	az	çok	orta	düşük	düşük

TABLO 9.1 : Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması.

Devre ebadının küçük ve portatif olması, hata payının düşük olması, fiyatının makul olması, nemin direkt okunması gibi kolaylıkları devrenin kullanılabilirliğini arttırmaktadır.

Kullanım yerlerini şöyle özetleyebiliriz: Seralar, bahçeler, süs bitkileri yetiştirme merkezleri vb. yerlerde rahatlıkla kullanılabilir.

İnsanın rahatlığı için (refah seviyesi) hava sıcaklığının yanında nemin de önemi büyüktür. Bu devreyi ev ve işyeri klima sistemlerinde de kullanabiliriz. Bu devreye bazı ilaveler yapılamak suretiyle endüstriyel olarak başka cihazlara kumanda edilebilir (su ısıtıcısı, pervane vb.). Dolayısıyla kullanım alanlarını çoğaltabiliriz.

Birçok maddenin depolanmasında ve satışında nem önemli bir unsurdur. Ufak bir ilave ile set ve reset (alt ve üst değerler) belirleyip, buna göre depolanan malzeme için alt ve üst limitlerden şaştığını değişik bir ikazla belirleyebiliriz.

Bir yerde ani buharlaşma merkezi varsa (su kaynağı vb.) üzerindeki display ve LED'ler ile bu kaynağı bulabiliriz. Devrenin iyi bir tarafı da çalışması için fazla bir zamana ihtiyacı olmamasıdır. En fazla 1 dakika içerisinde nominal nem değerine oturacaktır.

Çok ufak hata payı ile çalıştığı için sistemin ufak çaplı rasat merkezlerinde de kullanılması mümkündür.

Devre kullanılmadığı zaman çok kuru ($<10\%$) ve çok rutubetli ($>70\%$) yerlerde saklanmamalıdır. Senede bir kalibrasyon işlemine tabi tutulması durumunda devrenin güvenilirliği artar.

BÖLÜM 10 : BAZI GEREKLİ NEM DEĞERLERİ

Çoğu maddenin (depolanması ve satışı esnasındaki) bekleme süreleri esnasında bozulmaması ve yıpranmaması için bazı özel nem değerlerinde saklanması gerekmektedir. İşte bunlardan bazılarının sıcaklık ve nem değerleri aşağıda verilmiştir:

1. Yiyecek ve Meşrubat Endüstrisi

Süt ve Soğuk Süt Ürünleri	(05°C / %60RH)
Hamur ve Ezme Besinler	(25°C / %38RH)
Meyva Deposu	(-1°C / %80RH)
Donmuş Et Deposu	(-17°C / %85RH)
Donmamış Et Deposu	(02°C / %85RH)
Şeker Deposu	(25°C / %45RH)
Hububat Deposu	(17°C / %38RH)
Un Deposu	(20°C / %60RH)
Mayalama Deposu	(05°C / %70RH)
Arpa Deposu (Bira için)	(15°C / %40RH)
Genel Üretim	(20°C / %40RH)
Çikolata Deposu	(17°C / %55RH)
Sert Kek Üretim Deposu	(25°C / %40RH)
Bisküi Paketleme	(17°C / %50RH)
Bisküi Deposu	(17°C / %60RH)
Sakız Üretimi	(23°C / %50RH)
Sakız Paketleme ve Depolama	(20°C / %45RH)

2. Elektrik

İzolasyon ve Kablo İmalatı	(40°C / %05RH)
Trafo İmalatı	(20°C / %45RH)
Alet Deposu	(20°C / %45RH)
Pamuklu Tel Sarımı	(20°C / %40RH)

3. Kauçuk (Lastik)

Üretim	(25°C / %30RH)
Cerrahi Kauçuk Üretimi	(25°C / %30RH)
Tutkal/Yapıştırıcı Üretimi	(25°C / %30RH)

4. Eczacılık

Üretim	(25°C / %40RH)
Paketleme	(25°C / %40RH)
Depolama	(20°C / %40RH)
Pudralar	(20°C / %35RH)
İğne ve Aşı	(00°C / — RH)
Kan Bankası	(02°C / %63RH)

5. Tekstil

Üretim ve Depo	(25°C / %60RH)
Pamuk İşleme	(25°C / %60RH)
İpek İşleme	(25°C / %60RH)
Yün İşleme	(25°C / %60RH)
Yapay İpek İşleme	(20°C / %85RH)
Test Laboratuvarları	(20°C / %65RH)

6. Baskı/Kağıt

Basım Odası	(23°C / %60RH)
Kağıt Deposu	(23°C / %45RH)
Makine Silindirleri Deposu	(25°C / %50RH)
Kesim, katlama, yapıştırma	(20°C / %50RH)
Test Laboratuvarları	(20°C / %60RH)

7. Fotoğrafçılık

Banyo Odası	(20°C / %60RH)
Baskı	(20°C / %70RH)
Kesim	(22°C / %65RH)

8. Deri ve Kürk

Deri İşleme	(43°C / —RH)
-------------	--------------

Deri Deposu (05°C / %55RH)

9. Tütün

Puro ve Sigara Üretimi (23°C / %75RH)

Tütün İşleme (33°C / %85RH)

Filtre Üretimi (23°C / %50RH)

Filtre Deposu (15°C / %60RH)

10. Hayvancılık

Tavuk Kuluçka Makineleri (39°C / %67RH)

Küçükbaş Hayvan (23°C / %60RH)

Büyükbaş Hayvan (20°C / %65RH)



BÖLÜM 12 : SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Burada yapılan devre daha önce söylendiği gibi piyasadaki bir gerekliliği yerine getireceği düşünülererek tasarlanmıştır. Şu ana kadar kalibrasyon sonrası uygulamalar İstanbul Teknik Üniversitesi bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Buradaki ölçümlerde çok iyi sonuçlar alındı.

Devre çok akım çektiği için (80 - 130 mA) pil ömrü kısadır. Pilin bittiğini ölçerek anlayabileceğimiz gibi displaydeki değişimlerin çok ani olmasıda batarya problemini gösterir. Bu konumda iken alınan sonuçlar dikkate alınmamalıdır. Aynı zamanda devreyi 500mA ve 9V'luk AC adaptör ile beslenmesi tercih sebebidir.

Devrenin endüstriyel amaçla kullanılması isteniyor ise EPROM girişlerinden alınan veriler değerlendirilerek başka elektronik veya mekanik cihazlar çalıştırılabilir (veya kontrol edilebilir.).

Gene eklemeler ile bilgisayarla haberleşmesi sağlanabilir. Böylece veriler uzun süre işlenerek haftalık, aylık ve yıllık değişimler izlenebilir.

Eğer devrede artma ve azalmayı gösteren ledlerin kullanılmaması istenirse ebat daha da küçülecek ve maliyet azalacaktır. Maliyeti azaltacak diğer bir unsur ise sipariş adetinin artmasıdır. Satış miktarının artması maliyeti daha düşürecektir. Ayrıca EPROM haricindeki entegreler direk baskılı devre üzerine monte edilebilir. Böylece soketlerden de maliyet düşürülmektedir.

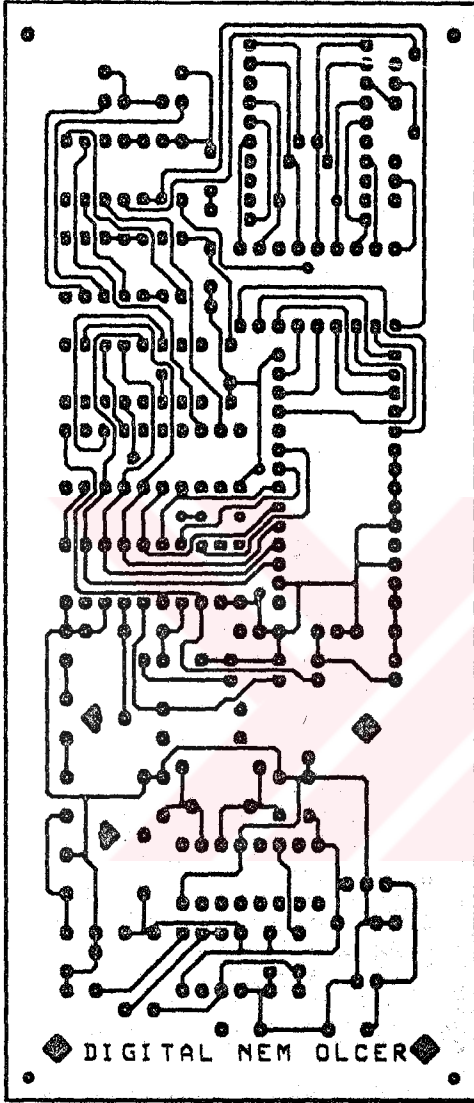
Devre, nem sensöründeki kapasitif değişim ile çalıştığından nem sensörü yerine ufak kapasite koyulmak suretiyle (yeni data değerleri ve referans ayarları yapılarak) hassas bir kapasitemetre şeklinde kullanılmasıda mümkündür. Veya bu mantık yapısıyla başka tür sayıcı yada ölçüm yapabilen devreler geliştirmek mümkündür

Ayrıca EPROM'un Q7 çıkışı (19 numaralı bacağı) kullanılarak (dp lojik high'a çekilerek) seven segment display sayısını 3'e hatta 4'e çıkarılabilir. İstek üzerine daha uzaktan okunması için seven segment displayler ULN2003 yardımıyla daha büyöltebilir. Ve displayler istenilen uzaklığa da konulabilir. Sensör ve elektronik devreler ayrı ayrı bir çok noktada kullanılırken tek bir yerde kontrol merkezi oluşturulabilir.

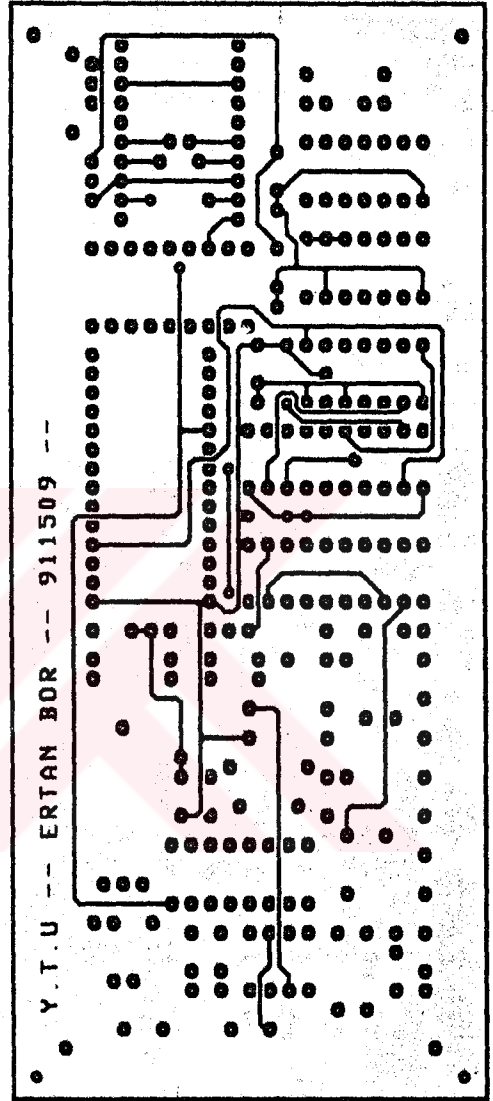


KAYNAKLAR

- [1] ÖNCÜLER, KEMAL., Genel Meteoroloji I, 1980
- [2] ÖNCÜLER, KEMAL., Genel Meteoroloji II, 1980
- [3] ROSENBERG, J. NORMAN., The Biological Environment, 1974
- [4] WILLEY, A., Interscience Publication, 1988
- [5] BROCK, FRED., Instructor's Handbook on Instrumentation, 1990
- [6] NICOLOIDIS, CAROL., Psikometer and Humidity, 1985
- [7] ÖRMECİ, MEHMET., Meteorolojik Rasat Aletleri, 1987
- [8] MICHAEL, J.J., Microclimate, 1984
- [9] SAMSUNG HCTLS Series High Speed CMOS Logic IC, 1989
- [10] PHILIPS HE 4000B Logic Family Integrated Circuit Book, 1986
- [11] KÜÇÜKÖNDER, M., VARDARLI, M., Sayısal Teknik ve Mikroişlemciler, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 1987
- [12] TEXAS INSTRUMENTS Linear Circuit Volume 1, 1989
- [13] TEXAS INSTRUMENTS Linear Circuit Volume 2, 1989
- [14] TEXAS INSTRUMENTS Linear Circuit Volume 3, 1989



alt taraf



üst taraf

ŞEKİL EK 1 Digital nem ölçerin alt ve üst baskılı devre şemaları

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Eskişehir'de doğan Ertan Bör ilk öğretimini Barbaros İlkokulunda, orta öğrenimini Tepebaşı Ortaokulunda ve Yunus Emre Teknik Lisesi Elektronik bölümünde tamamladı. 1986 - 1987 öğretim yılında, Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 1991 senesinde bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Anabilim dalı Elektronik yüksek lisans programına girdi. Halen DETAY Elektronik Ltd.Şti.'nde mühendis olarak çalışmaktadır.

