

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PIC SERİSİ MİKRODENETLEYİCİLER KULLANARAK
BİR TÜRBİDİMETRENİN TASARIMI

Tezi Hazırlayan
Yüksel BALKAYA

Tezi Yöneten
Prof. Dr. Ahmet ÜLGEN

Kimya Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Eylül 2009
KAYSERİ

Prof. Dr. Ahmet ÜLGEN danışmanlığında **Yüksel BALKAYA** tarafından hazırlanan **"PIC Serisi Mikrodenetleyiciler Kullanarak Bir Türbidimetrenin Tasarımı"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ:

ONAY:

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan hocam Prof. Dr. Ahmet ÜLGEN' e teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca hiçbir zaman destek ve yardımını benden esirgemeyen hocalarım Arş. Gör. Zeki AYDIN ve Arş. Gör. Serkan ŞAHAN' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hazırladığımız tezin kullanımında bize Kayseri Şeker Fabrikasının kapılarını açan ve benden yardımlarını esirgemeyen Sayın Hülya HERDEM' e çok teşekkür ederim.

Her an yakın ilgi ve desteğini hissettiğim aileme ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

PIC SERİSİ MİKRODENETLEYİCİLER KULLANARAK BİR TÜRBİDİMETRENİN TASARIMI

Yüksel BALKAYA

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2009

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet ÜLGEN

ÖZET

Bu çalışmada PIC serisi mikroişlemci kullanılarak bir türbidimetre tasarlanmıştır. Bulanıklık ölçümü 0-100 NTU, 100-400 NTU ve 400-1000 NTU olacak şekilde üç farklı aralıkta tespit edilmiştir. Her bir ölçüm aralığı için ayar eğrileri hazırlanmış, bu ayar eğrilerinden elde edilen denklemler mikroişlemcinin belleğine kaydedilmiştir. Tasarlanan türbidimetrede ölçüm aralığı otomatik olarak belirlenip, ayar eğrilerinden elde edilen denklem kullanılarak bulanıklık NTU olarak tespit edilmiştir. Gerçek örneklerde doğruluk ve tekrarlanabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Tüm numuneler için bağıl hata değerleri 0- 1 % arasındadır.

Tasarlanan türbidimetrenin endüstriyel uygulaması ise atık su arıtma tesisinde yaklaşık bir aylık süre ile yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanıklık, Türbidimetre, PIC, Mikrodenetleyici, PIC16F877, Nefelometre

DESIGN OF A TURBIDIMETER BY USING PIC SERIE MICROCONTROLLER

Yüksel BALKAYA

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, September 2009

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ÜLGEN

ABSTRACT

In this study turbidimeter was designed by using a PIC microprocessor series. Turbidity measurement was determined in three different ranges as 0-100 NTU, 100-400 NTU and 400-1000 NTU. The setting curves were prepared for each measurement range, and the equations obtained from these setting curves were recorded in the memory of the microprocessor. The measurement range was automatically set in the turbidimeter designed, and by using the equation obtained from the setting curves turbidity was identified as NTU. The works of accuracy and repeatability were performed in the real examples. Relative error values for all samples are between 0-0.1%.

Industrial application of the turbidimeter designed was performed in the sewage treatment plant. Measurements were successfully carried out through a month.

Keywords: Turbidity, Turbidimeter, PIC, Microprocessor, PIC16F877, Nephelometer.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
KISALTMALAR VE SİMGELER	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
1. BÖLÜM	
GİRİŞ	1
2. BÖLÜM	
KOLLOİDAL SİSTEMLERDE IŞIK SAÇILMASI.....	3
2.1. Rayleigh Saçılması.....	4
2.2. Büyük Moleküller Tarafından Saçılma	5
2.3. Raman Saçılması.....	5
3. BÖLÜM	
TÜRBİDİMETRE VE NEFELOMETRE.....	6
3.1. Türbidimetrik ve Nefelometrik Metotların Temeli	6
3.2. Türbidimetreler	8
3.2.1. Komparatör (Kıyaslayıcı) Tipi Türbidimetre	9
3.2.2. Söndürmeli Tip, Yahut Parr Tipi Türbidimetre	11
3.2.3. Fotoelektrik Tip Türbidimetre	13
3.3. Nefelometreler	13
3.3.1 Komparatör (Kıyaslayıcı) Tipi Nefelometre	14
3.3.2 Fotoelektrik Tip Nefelometre	14
4. BÖLÜM	
MİKRODENETLEYİCİLER VE MİKROİŞLEMCİLER	16
4.1. Mikrodenetleyici ve Mikroişlemci nedir?	16
4.2. PIC16F877 Mikroişlemcisinin Yapısı.....	19
4.2.1.Giriş Çıkış Portları	19
4.2.2. Bellek Yapısı.....	21
4.2.3. PIC16F877 Mikroişlemcisinin Pinleri.....	21
4.2.4. PIC16F877 Mikroişlemcisinin Özellikleri	27

4.2.5. Analog / Dijital Çevirici	29
5. BÖLÜM	
DENEL BÖLÜM.....	32
5.1. PIC Serisi Bir Mikrodenetleyicili Türbidimetre Tasarımı	32
5.1.1. Cihazın Blok Diyagramı.....	33
5.1.2. Cihazda Kullanılan Malzemeler.....	33
5.1.3. Cihazın Açık Şeması	33
5.1.4. PIC Programının Akış Diyagramı.....	35
5.1.5. Mikroişlemcinin Yazılımı.....	36
5.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	36
5.2.1. Kullanılan Standart Süspansiyon Çözeltileri ve Hazırlanması.....	36
5.3. Ayar Eğrilerinin Hazırlanması.....	38
6. BÖLÜM	
ÖRNEK ANALİZLERİ	42
6.1. Cihazın Tekrarlanabilirliği ve Doğruluğunun Test edilmesi.....	42
6.2. Tasarlanan Cihazın Referans Bir Cihazla Kıyaslanması.....	43
6.3. Cihazın Endüstriyel Bir Kuruluşta Test Edilmesi	43
7. BÖLÜM	
SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	45
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	49

KISALTMALAR VE SİMGELER

NTU	:Nephelometric Turbidity Unit (Nefelometrik bulanıklık birimi).
I/O	:Input/Output (Giriş/Çıkış).
RAM	:Read access memory (Okuma girişi hafızası).
EEPROM	:Elektriksel olarak programlanabilir okuma belleği.
ADCON1	:Analog/Digital Control Register1 (Analog/Dijital kontrol kaydedicisi1).
ADRESH	:Analog/Dijital yüksek bit kaydedicisi.
ADRESL	:Analog/Dijital düşük bit kaydedicisi.

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. PIC16F87X ailesindeki bireylerin farkları	18
Tablo 4.2. PIC16F877 mikroişlemcisinin pinleri ve özellikleri.....	22
Tablo 6.1. Değişik bulanıklık değerlerinde hazırlanan standartların ölçüm sonuçları (n = 7)	42
Tablo 6.2. Tasarlanan türbidimetre ve referans bir türbidimetrede örnek analiz sonuçları.....	43
Tablo 6.3. Atık su arıtma tesisinde giriş ve çıkış suyunun bulanıklık değerleri	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Işık saçılması.....	3
Şekil 2.2. Farklı ebatlardaki taneciklerden saçılan ışık görüntüsü	4
Şekil 3.1. Jakson Candel türbidimetresi.....	7
Şekil 3.2. Türbidimetrenin şematik gösterimi	9
Şekil 3.3. Duboscq kolorimetresi	10
Şekil 3.4. Parr türbidimetresinin şematik gösterimi	11
Şekil 3.5. Parr türbidimetresine ait bir ayar eğrisi.	12
Şekil 3.6. Nefelometrenin şematik gösterimi	13
Şekil 4.1 Programın bellek haritası.....	21
Şekil 4.2. PIC16F877 mikroişlemcisinin şematik gösterimi.....	22
Şekil 4.3. Analog / Dijital dönüştürücüsünün blok diyagramı	30
Şekil 4.4. Analog giriş modeli.....	30
Şekil 4.5. Analog / Dijital dönüşüm çevrimi.....	31
Şekil 4.6. Analog / Dijital dönüştürme işleminin sonuç adresleri ve komutları	31
Şekil 5.1. Türbidimetrenin önden görüntüsü	32
Şekil 5.2. Türbidimetrenin blok diyagramı	33
Şekil 5.3. Türbidimetrede ışın kaynağı ve besleme ünitesinin açık şeması.....	34
Şekil 5.4 Türbidimetrede alıcı (dedektör) ve sinyal yükseltici ünitesinin açık şeması.....	34
Şekil 5.5. Mikroişlemci ve gösterge ünitesinin açık şeması	35
Şekil 5.6. Programın akış diyagramı.....	36
Şekil 5.7. Formazin sentezi	37
Şekil 5.8. 0-1000 NTU Bulanıklık aralığında ayar eğrisi	39
Şekil 5.9. 0-100 NTU Bulanıklık aralığında ayar eğrisi	40
Şekil 5.10. 100-400 NTU Bulanıklık aralığında ayar eğrisi	40
Şekil 5.11. 400-1000 NTU Bulanıklık aralığında ayar eğrisi.....	41

1.BÖLÜM

GİRİŞ

Berrak su, içme ve gıda endüstrisinde önemlidir. Suda bulanıklık kil, silt, çok ince organik madde ve diğer mikroskobik organizmalar gibi suda asılı materyalin bulunmasından ileri gelir [1].

Suyun bulanıklığı içerisinde bulunan bitkisel artıklar, balçık, su yosunları ve küçük hayvancıklara bağlı olarak gelişebilir. Bazen aşırı mikroorganizma üremesine bağlı olarak bulanıklık meydana gelebilir. Ayrıca suyun içerisinde bulunan demir ve mangan gibi inorganik tuzların bulunması da suda bulanıklığa neden olabilir. Bu tür bulanıklık su ortamdaki demir kaynatılınca ortadan kalkar. Demir içeren su bekletilir veya havalandırılırlarsa dipte kırmızı bir tort halinde birikir. Diğer bir değişle bu durum suda bulunan demirin oksitlenerek demir oksit halinde çökmesi söz konusudur [2].

Suların bulanıklığını tespit etmek için birçok metot vardır. Tez kapsamında suların bulanıklığını tespit etmek için mikrodnetleyicili türbidimetre cihazı geliştirilmiştir. Mikrodnetleyicili cihazların artık günümüzde yaygın olmaya başlaması laboratuvar cihazlarının mikrodnetleyicili olması konusunda teşvik edicidir. Bu şekilde tasarlanan cihazların özellikleri çok iyi olmaktadır.

Türbidimetri ve nefelometri kolloidal çözelti konsantrasyonlarının tayininde kullanılan iki ayrı metottur. Türbidimetre de ileriye doğru iletilen ışık şiddetindeki kayıp ölçülerek bulanıklık tayini yapılırken, Nefelometre de 90° de saçılan ışık şiddeti ile bulanıklık

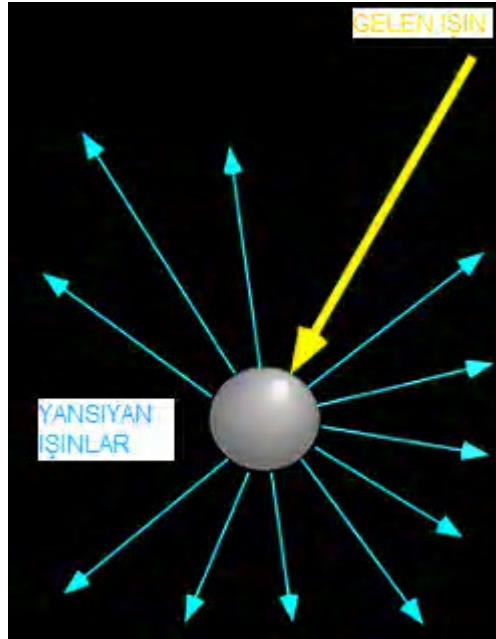
tayini yapılır. Işık şiddeti; türbidimetrede bulanıklık arttıkça geçen ışık azalırken nefelometre de bulanıklık artıkça saçılan ışık artar [3,4].

Tezde bu iki bulanıklık tayin cihazından sadece türbidimetreye yer verilmiştir. Ayrıca mikrodenetleyiciler ve mikroişlemciler hakkında bilgiler verilip PIC16f877' nin özelliklerine değinilmiştir. En son olarak da tezde tasarlanmış olan türbidimetre cihazı hakkında bilgiler ve sanayideki uygulamaları mevcuttur.

2.BÖLÜM

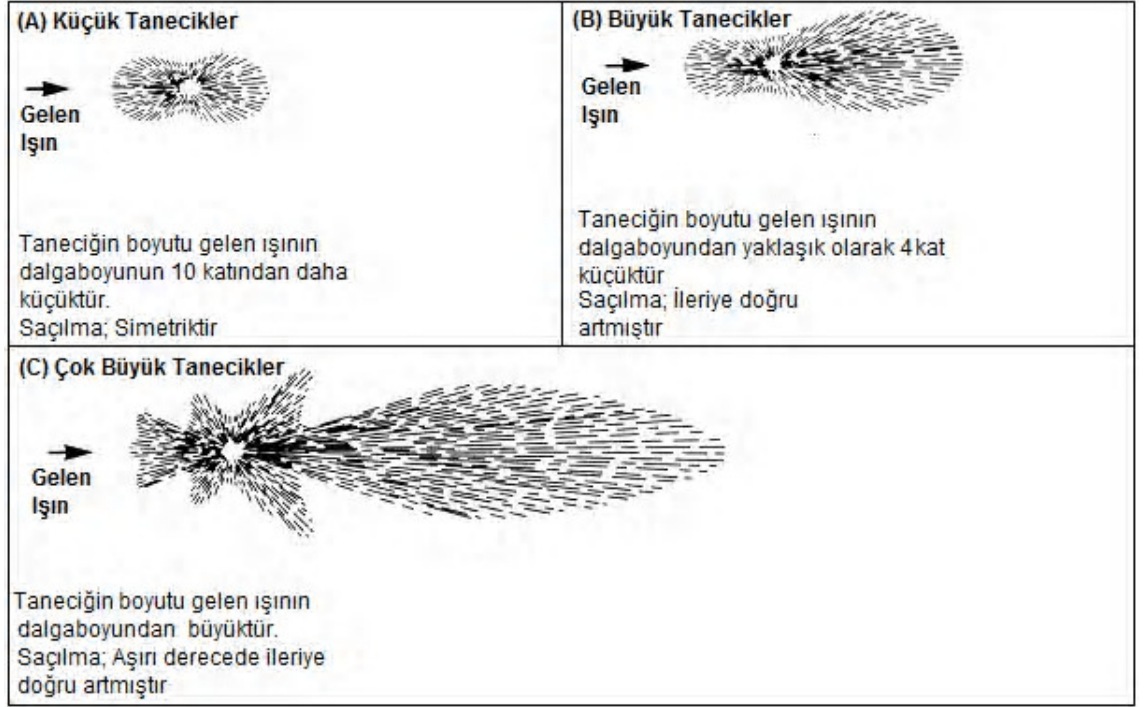
KOLLOİDAL SİSTEMLERDE IŞIK SAÇILMASI

Madde içinden ışının geçişi, ışın enerjisinin atom, iyon veya moleküller tarafından bir anlık tutulması ve sonra parçacıklar, ilk haline dönerken her yöne yayılması olarak düşünülebilir. Şekil 2.1 de ışık saçılması gösterilmiştir [5].



Şekil 2.1. Işık saçılması.

Dalga boyuna göre küçük olan atomik veya moleküler parçacıklar için, olumsuz girişim ışının orijinal yönü dışındaki yeniden yayılan ışının tamamına yakını ortadan kaldırır. Bunun sonucunda ışın demetinin yayılma yolu değişmemiş gibi görünür. Şekil 2.2 de görüldüğü gibi ışının küçük bir oranının bütün açılarda dağıldığını ve bu saçılan ışının şiddetinin parçacık büyüklüğü ile arttığını ortaya koyar[5].



Şekil 2.2. Farklı ebatlardaki taneciklerden saçılan ışık görüntüsü [13].

Bir cismin üzerine elektromanyetik ışıma düşünce, cisimdeki elektron dağılımının titreşmesine ve cismin ışıma yapmasına sebep olur. Ortam homojen değilse ışıma diğer yönlere de saçılır. Buna en güzel örnek güneş ışığının, ışığın havadaki tanecikler tarafından saçılmasıdır[5].

2.1. Rayleigh Saçılması

Çapları gelen ışık boyundan çok daha küçük olan taneciklerden oluşan saçılmaya Rayleigh Saçılması adı verilir. Rayleigh saçılmış ışımının yoğunluğu dalga boyu ile ters orantılıdır. Dolayısıyla düşük dalga boyuna sahip olan ışımlar büyük dalga boyuna göre daha şiddetli saçılır [5].

Pratikte ışığın geliş doğrultusundan başka bir açıda gözlem yapmak saçılmanın ölçümü açısından çok daha uygundur. Saçılma yoğunluğu aynı zamanda ışık ile molekül arasındaki etkileşime bağlıdır. Molekülün kutuplanabilirliği yüksek olması durumunda bu etkileşim son derece önemlidir.

Rayleigh saçılmasının her gün görülen sonuçlarından birisi, görünür spektrumda kısa dalga boylarının daha çok saçılmasından oluşan mavi gök rengidir[5].

2.2 Büyük Moleküller Tarafından Saçılma

Kolloid oluşturabilecek büyüklükteki parçacıkların oluşturduğu saçılma, çıplak gözle izlenebilecek kadar şiddetlidir (Tyndall etkisi). Saçılan ışın ölçümleri polimer molekülleri ve kolloid parçacıklarının büyüklüğünü ve şeklini belirlemekte kullanılır[5].

2.3 Raman Saçılması

Raman saçılmasının, diğer saçılma türlerinden farkı saçılan ışının bir bölümünün kuvantlaşmış frekans değişimlerine uğramasıdır. Bu değişimler, polarizasyon süreci sonunda moleküllerdeki titreşim enerji geçişleriyle meydana gelirler[5]. Bunlar Stokes ve antistokes geçişleri olarak ortaya çıkar. Gelen ışın ile saçılan ışının aynı frekansta olması Rayleigh saçılması olarak belirlenirken daha yüksek frekanslılar anti-stokes, düşük frekanslılar ise stokes saçılması olarak bilinir.

3.BÖLÜM

TÜRBİDİMETRE VE NEFELOMETRE

3.1. Türbidimetrik ve Nefelometrik Metotların Temeli

Türbidimetri ve nefelometri kolloidal çözeltilerin konsantrasyonlarının tayininde kullanılan iki ayrı metottur[4].

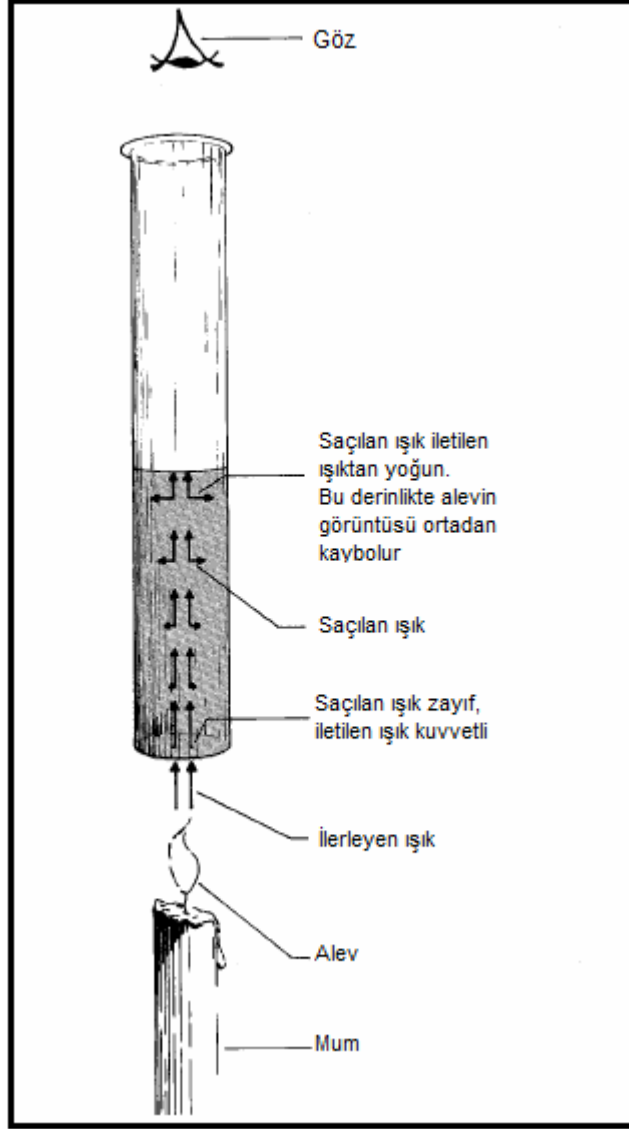
Bir süspansiyon; içerisinde birtakım parçacıkların erimeden ve her tarafa dağılmış bir halde yüzdükleri gaz veya sıvı haldeki bir ortamdır. Öyle ki, bu ortamın her tarafına dağılmış olan parçacıkların yoğunlukları, içerisinde yüzmekte oldukları ortamın yoğunluğundan daha büyüktür.

Böyle bir süspansiyon üzerine gelen ışınların bir kısmı, absorplanarak ortamdan geçerler. Bir kısmı da bu parçacıklar üzerinde bir Tyndall saçılmasına da uğrarlar [5].

Süspansiyondan geçerken absorplanmış olan ışınların şiddeti ile ortamın konsantrasyonu arasında bir bağıntı kurulabilir. Bu bağıntıdan faydalanılarak yapılacak ölçümler türbidimetri' nin temelini teşkil eder [8].

Böyle bir ortamın ışınların geliş doğrultusunda bakıldığı zaman, eğer parçacıklar çok küçük değil ise, bu ortam bulanık gözüktür. Türbidite bulanıklık anlamına geldiğinden, bu tür cihazlara türbidimetreler denir [8].

İlk olarak tasarlanmış türbidimetre Jakson Candle türbidimetresidir (Şekil 3.1) [11]. Burada ışık kaynağı olarak mum kullanılmış ve göz ile test yapılmıştır[6].



Şekil 3.1. Jakson Candle türbidimetresi [6,11,15].

Böyle bir ortama ışınların geliş doğrultusuna dik olarak bakılacak olursa bu ortamın, bulutlu bir görünüşe sahip olduğu izlenir. Zaten nephele Grekçe bulut anlamına gelmektedir. Bu nedenle bu tür cihazlara da nefelometre denir [8].

Türbidimetrenin temelini teşkil eden metotta süspansiyonun konsantrasyonu ne kadar büyükse gelen ışınlar o kadar çok absorplanır. Bundan dolayı geçen ışınların şiddeti o kadar az olur. Buna karşılık nefelometrenin esasını teşkil eden metotta ortamın konsantrasyonu arttıkça saçılan ışınların, yani Tyndall ışınlarının şiddeti o kadar fazla

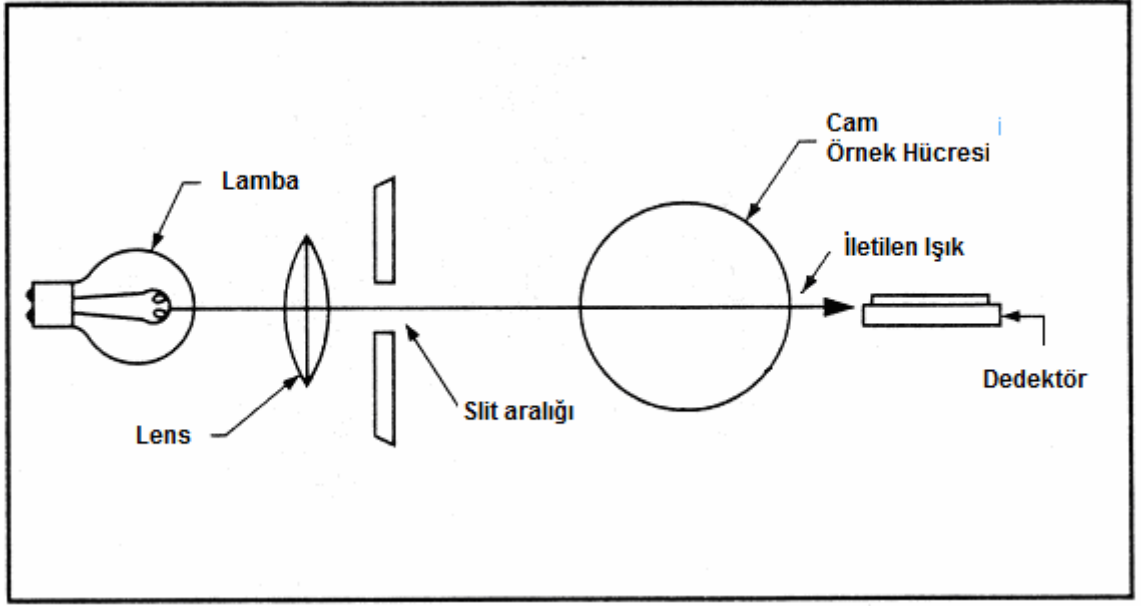
olacaktır. Ancak bir süspansiyon üzerine gelen ışınların absorplanması veya saçılması sadece konsantrasyona bağlı değildir. Burada kontrolü çok güç olan başka faktörler de rol oynar. Bunlar arasında, parçacıkların şekilleri, büyüklükleri, ortamın sıcaklığı ve doygunluk derecesi, karıştırma tekniği v.b. faktörler sayılabilir. Bu nedenle gerek türbidimetride ve gerekse nefelometride analitik bakımdan büyük bir duyarlık sağlanamaz [8].

Türbidimetreler, yani bulanıklığı ölçen cihazlar, teknik bakımdan filtreli fotometrelere çok benzerler. Öte yandan bulutluluğu ölçen nefelometreler ise, teknik bakımdan, fluorimetrelerle aynıdır. Bazı ufak tefek değişiklikler yaparak filtreli fotometreleri türbidimetre ve fluorometreleri de nefelometre olarak kullanmak mümkündür [8].

Türbidimetri, ve nefelometrinin avantajlı olan tarafları bu metotlarda kullanılan cihazların çok pratik olmaları ve çabuk sonuç vermesidir. Çok duyarlık aranmayan sıradan ölçülerde türbidimetre veya nefelometrelerin kullanılmasında büyük bir sakınca yoktur. Eğer iyi bir duyarlık aranıyorsa o vakit her zaman tekrarlanabilen (reproducible) süspansiyonların hazırlanabilmesi gerekir. Bunun için yukarda sayılan koşulların hepsini birden sağlanması gerekir.

3.2. Türbidimetreler

Türbidimetride, çözeltiliye gelen ışık şiddetinde çözeltideki partiküllerin neden olduğu saçılmadan dolayı ortaya çıkan ışık kaybı ölçülür. Bunun için, kullanılan cihazlara “türbidimetre” denir [9,12].



Şekil 3.2. Türbidimetrenin şematik gösterimi [11,12].

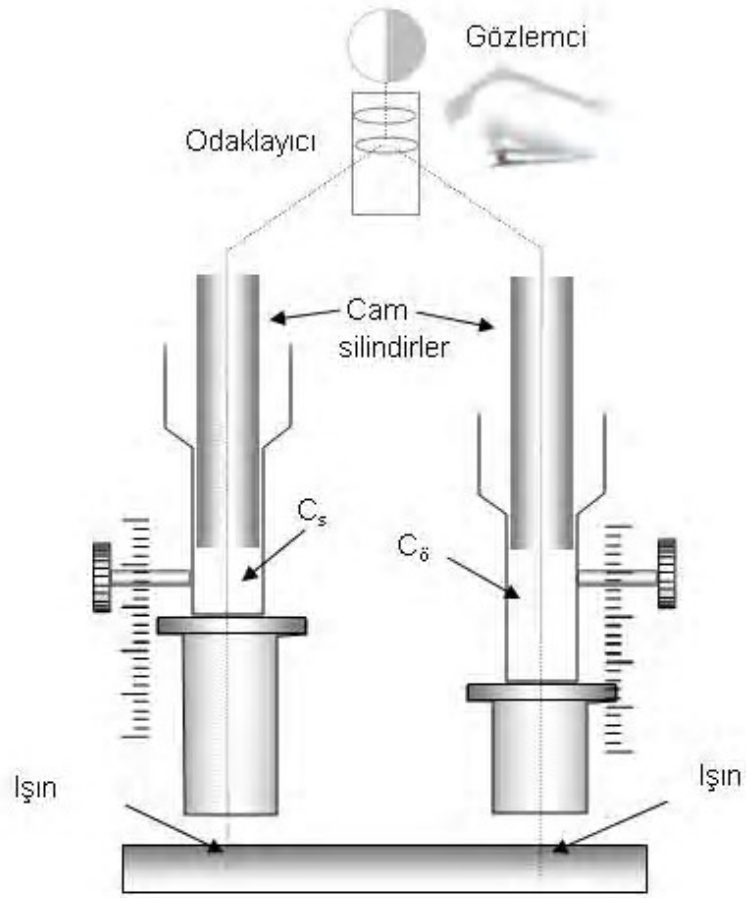
Türbidimetrelerde Şekil 3.2 de görüldüğü gibi 180° lik doğrultuda iletilen ışık miktarı ölçülür [11].

Bu cihazlar üç tipe ayrılabilir.

- Komparatör tipi türbidimetre .
- Söndürmeli tip (parr tipi) türbidimetre.
- Fotoelektrik tip türbidimetre [8].

3.2.1. Komparatör (Kıyaslayıcı) Tipi Türbidimetre

Bu tip cihazlar deney tüplerinin kenarları (duvarları) iyice siyahlatılmış bir Duboscq kolorimetrisinden faydalanılır (Şekil 3.3). Burada cihazın kullanılışı aynen kolorimetrik yöntemlerde olduğu gibidir. Eğer kullanılan standart süspansiyonun bulanıklık derecesi ile ölçülecek numunenin bulanıklık derecesi arasında fark büyükse, o zaman bir ayar eğrisinin çizilmesi önerilir. Çünkü bu gibi hallerde Beer kanunu uygulanamaz [8].



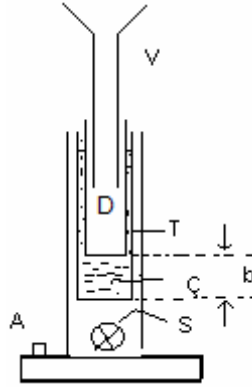
Şekil 3.3. Duboscq kolorimetrisi [4].

Ayar eğrisinin çizilebilmesi için, belli koşullar altında hazırlanmış ve konsantrasyonları iyice bilinen bir takım süspansiyonlara gerek vardır. Bu süspansiyonlar arasında, konsantrasyonu ne çok büyük ne de çok küçük olan biri, yani ortalama bir değerde olanı seçilebilir. Bu standart numune Duboscq kolorimetresindeki tüplerden birisinin içerisine konur. Diğer standart süspansiyonlar ise, sıra ile cihazın öbür tüpünün içerisine konarak her defasında bir uyum sağlanır. Her bir uyum durumuna tekabül eden bölmeler yandaki cetvelden okunarak kaydedilir. Böylece belli konsantrasyonlarda cihazın bölmeleri arasında bir ayar eğrisi çizebilmek için gereken ölçüler elde edilmiş olur. Bundan sonra numune içine uyum sağlanır ve ayar eğrisinden faydalanılarak konsantrasyon bulunur.

3.2.2. Söndürmeli Tip, Yahut Parr Tipi Türbidimetre

Bu tip türbidimetrelerin prensipleri çok eskiden beri bilinmektedir. Burada bütün problem, bir süspansiyon içerisinde bulunan herhangi bir cismin ancak gözden kaybolmasını sağlayacak derinliğin ölçülmesidir.

Bu cins bir türbidimetre şematik olarak Şekil 3.4 de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi cihaz, iç içe girmiş, dipleri düz ve paralel yüzli camlardan yapılmış iki tane tüpten meydana gelmiştir. İç hacmi yaklaşık olarak 200 ml kadar olan dış taraftaki T tüpüne deney tüpü, yahut çözelti tüpü denir. Bunun içerisindeki D ile işaret edilen tüpe de dalgıç tüpü denir. Alt kısımda görülen A vidası dalgıç tüpünü aşağı yukarı hareket ettirebilen bir mekanizmaya kumanda eder. Böylece S lambasından gelen ışınların süspansiyon içerisinde gidecekleri yolu, yani b uzaklığını ayarlar. Dalgıç tüpünün üstünde V ile işaret edilen yerde bir gözleme sistemi (vizör) bulunur. T tüpü içerisindeki süspansiyonun konsantrasyonu arttıkça, absorpsiyon da artar. Bunun sonucu olarak S kaynağı tarafından verilen ışınlar



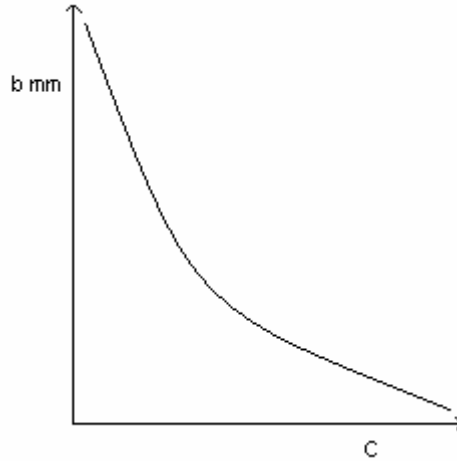
Şekil 3.4. Parr türbidimetresinin şematik gösterilmesi [8].

- S : ışık kaynağı
- T : deney tüpü
- Ç : çözelti
- D : dalgıç tüpü
- V : gözleme yeri
- A : dalgıç tüpüne kumanda eden mekanizmanın vidasıdır.

yavaş yavaş gözden kaybolur. Gözleme sisteminde, bunların yeniden seçilebilmelerini sağlamak için derinliğin, yani b mesafesinin azaltılması gerekir. Ancak, konsantrasyonla seçilebilme derinliği arasındaki bağıntının her zaman lineer olmayacağı göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle değişik konsantrasyonlardaki standart çözelti yardımı ile, ayar

$$\text{derinlik} = f(\text{konsantrasyon})$$

eğrisinin çizilmesi gerekir. Şekil 3.5 örnek olarak böyle bir ayar eğrisi verilmiştir. Bu eğride ordinat ekseninde “ b ” ler bulunur. Burada “ b ” her konsantrasyon için, ışığın hemen gözden kaybolmağa başladığı uzaklıkla, ancak seçilmeğe başladığı uzaklıkların ortalamasıdır. Böyle bir deney yapılırken ölçü, her nokta için en az 5 defa tekrarlanmalı, yani dalgıç tüpü 5 defa yükseltilerek ışığın kaybolma uzaklığı ve 5 defa aşağı indirilerek ışığın seçilme uzaklığı tayin edilmeleridir. Her nokta için son değer, bu 10 ölçümün ortalaması olacaktır. Şekil 3.4 de her konsantrasyona tekabül eden derinlikler böyle bir ortalamanın sonucudurlar [8].



Şekil 3.5. Parr türbidimetresine ait bir ayar eğrisi [8].

C: Konsantrasyon

b: ışığın seçilebilme derinlikleri

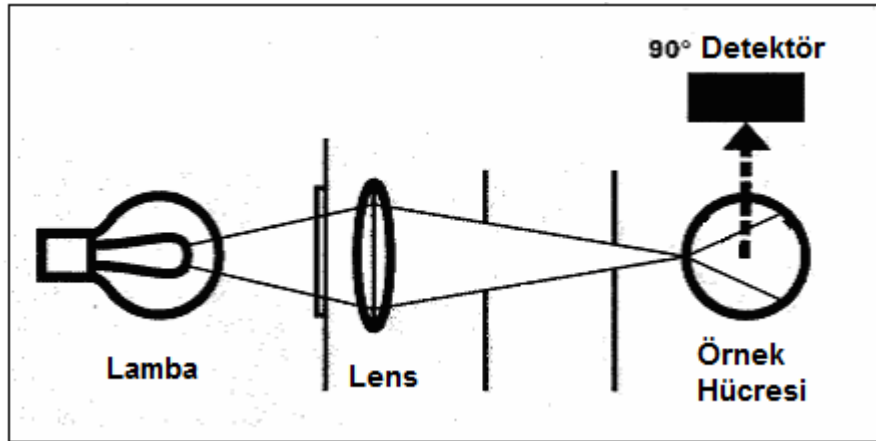
3.2.3. Fotoelektrik Türbidimetre

Fotoelektrik kolorimetrelerin hemen hepsi fotoelektrik türbidimetre olarak kullanılabilir. Yalnız çift pilli olan cihazlarda, referans pilinin önündeki bir tüpe numuneyi filtre ederek koymak gerekir. Eğer numunenin filtre edilmesi çok güç veya imkansız ise o zaman başka berrak bir sıvının kullanılması önerilir.

Numunenin renkli olması halinde bir filtre kullanılması faydalı olur. Ancak bu filtrenin dalga boyu olmalıdır [8].

3.3. Nefelometreler

Nefelometre de, çözeltideki partiküllerce geliş eksenine göre belirli bir açıyla yerleştirilmiş olan fotosele doğru saptırılan ışınlar ölçülür [10]. Şekil 3.6 da 90° açıyla detektör yerleştirilmiş olan Nefelometrenin blok diyagramı göstermiştir [11,12].



Şekil 3.6. Nefelometrenin şematik gösterimi [11,12].

Nefelometreler iki tipe ayrılabilir;

- Komparatör tipi nefelometre [8].
- Fotoelektrik tip nefelometre [8].

3.3.1. Komparatör (Kıyaslayıcı) Tipi Nefelometre

Burada yine duboscq tipinde bir kolorimetreden faydalanılabilir. Ancak bu kolorimetrenin dalgıçlarının etrafına boru şeklinde bir kılıf geçirmek gerekir. Bu kılıflar yandan gelen ışınların dalgıçlara girmesini önlemek amacı ile kullanılmaktadır.

Kolorimetrenin kaplarından birine standart ötekine de numune süspansiyon konur ve çözeltiler gayet kuvvetli bir kaynakla yandan aydınlatılır. Yüzer haldeki parçacıklar üzerinden saçılan Tyndall ışınları, ancak dalgıçların dibinden içeri girebilirler. Bundan sonra bilinen şekilde uyum sağlanır. Belli konsantrasyon sınırları içerisinde, komparatörden okunan değerler konsantrasyonlarla orantılıdır. Fakat daha sağlam bir sonuca varabilmek için, yine bilinen şekilde bir ayar eğrisinin çizilmesi önerilir.

Bundan başka Kleinmann tipi nefelometrelerde olduğu gibi, bazı tip cihazlarda süspansiyonların derinlikleri sabit tutulur. Buna karşılık uyum için genişliği ayarlanabilen bir delikten (diyafram) faydalanılır [8].

3.3.2. Fotoelektrik Tip Nefelometre

Bazı bileşikler, ışık (enerji) absorbe ettiklerinde uyarılırlar; elektronları düşük enerji seviyesinden yüksek enerji seviyesine çıkarlar. Daha sonra bu elektronlar eski enerji seviyelerine veya onun biraz üstündeki bir seviyeye dönerler ve dışarıya ilk aldıkları enerjiye eşit yada biraz daha az enerji olacak şekilde ışık olarak salarlar. Uyarılma (eksitasyon) ortadan kalkınca ışımının 10^{-10} - 10^{-6} s sürmesi floresans, 10^{-6} - 10^2 s sürmesi fosforesans olarak tanımlanır.

Fluorometride, fluorometre denilen cihazlarla floresans ışımının ölçümü ile madde konsantrasyonu tayin edilir.

Önceden de söylendiği gibi flurometrelerin bir çoğundan nefelometre olarak faydalanmak mümkündür. Yalnız bu gibi durumlarda civa lambası yerine tungsten fitil lamba kullanılır. Doğal olarak ultraviyole filtrele de gerek yoktur. Bir flurometre, nefelometre olarak kullanılacağı zaman bu tür filtreleri kaldırmak gerekir. Böyle

nefelometre olarak kullanılan cihazlar arasında Fisher' in neflurofotometresinden söz edilebilir. Burada da ölçü tıpkı fluometrelerdekine benzer şekilde yapılmaktadır [8].

4. BÖLÜM

MİKRODENETLEYİCİLER VE MİKROİŞLEMCİLER

4.1. Mikroişlemci ve Mikrodenetleyici nedir?

Mikroişlemci veya mikro denetleyiciyi elimize aldığımızda, plastik, seramik, cam gibi maddelerin karışımından olan bir işlemci (gerçekten de içinde elektriklerle çalıştırılabilir bir beyin var) ile bunun alt tarafında dizili metal bacakları olan kapalı kutulardır. Küçük bir hacimde, on binlerce, elektronik devre elemanının bütünleşmesi ile oluşturulmuş devreler (IC, İntegrated circuits) bulunduğu için, bunlara yonga (chip) diyoruz. Bilgisayar içindeki küçük bir yonganın, nasıl olup da bilgisayarı temsil edebildiği sorusunun yanıtı: ‘bu yonganın her biri, bir bilgisayarın beynidir’ olacaktır[16].

Mikroişlemciler, I / O (giriş/çıkış), RAM (read access memory), ile Peripheral units yani çevre üniteleri (klavye, görüntü birimi, yazıcı, mouse, tarayıcı, modem ,) ile bunların iletişimini sağlayan veri yolu (data-bus), program yolu (program –bus), sinyal kaynağı, osilatörler ve kablolar gibi elemanlarla birlikte bir mikro bilgisayar sistemi tanımlanabilir [16].

Çok sayıda mikroişlemci vardır. Mikroişlemciler özellikleri ve işlevlerine göre farklılıklar gösterir.

Mikroişlemcilerin:

- Komut işleme hızı değişir.
- Bir defa da işleyebilecekleri veri boyutu değişir (4 bit, 8 bit, 12 bit, 14 bit, 16 bit, 32 bit, ... gibi),
- Adresleyebildikleri bellek kapasiteleri değişir (1 K, 2 K, ... gibi).
- Yazmaçların (register) sayısı ve bunların işlevleri değişir.
- Komut sayısı ve bu komutların kullanım esnekliği değişir.
- Geliştirilecek uygulamalar için, program desteği değişir.
- Kullandıkları adresleme biçimleri değişir; doğrudan, göreceli, dolaylı adresleme gibi.
- Tasarımcıya sağladığı dış donanım kolaylıkları: ADC, PIA, WDT gibi değişir.
- Türlerine göre, piyasada bulunması ve fiyatları da değişmektedir.

Mikro denetleyicilerin mikroişlemcilerden temel farkı ise; CPU, RAM ve I / O ünitelerin tek bir yonga içerisinde üretilmesidir. Bu şekilde üretilmiş yongada, CPU, RAM ve I / O üniteleri bir araya getirildiği için, bunlar arasında ayrıca veri iletişim hattı (databus) ve adresleme hattı (adres bus) kurulması gerekmez. Üç birimin, tek bir yongada toplanması, maliyeti de düşürmüştür. Bu nedenlerle, bilgisayarlarda ve diğer endüstriyel alanlarda mikrodenetleyicilerin kullanımı artmaktadır.

Mikrodenetleyiciler üreticilerine göre kodlandırılırlar. Mikröchip firmasının ürettiği yongaları, PIC (Peripheral Interface Controller) olarak adlandırılır. PIC adından da anlaşılabilirdiği gibi çevresel birimleri, (motor, röle, lamba, ışık veya ısı sensörleri gibi) giriş/çıkış (I / O) elamanlarını hızlı ve kolayca denetleyebilir. Mikrodenetleyici bu denetleme işini kullanıcı tarafından yazılan sadece 35 komut ile yapabilmektedir [14].

Mikrokontrolörlerle ürün geliştirmek için, önce uygulamanın türüne en yakın olan özellikleri taşıyan PIC aranmalıdır. Bunun için mikro denetleyicilerin aşağıda sayılan özellikleri araştırılmalı ve işe en uygun olan bilgi sayfaları bulunmalıdır. Araştırmada, data sheets kullanılmalıdır. Bu özelliklerden bazılarını şöyle sıralayabiliriz:

- Programlanabilir sayısal paralel giriş / çıkış
- Programlanabilir analog giriş / çıkış
- Seri giriş / çıkış (senkron, asenkron,...)
- Motor veya servo kontrol için pals sinyali çıkışı
- Dış giriş ile kesme,
- Timer modülleri,
- Dış bellek arabirimi,
- Dış bus arabirimi,
- İç bellek tipi seçenekleri (ROM, EPROM, PROM VE EEPROM),
- İç RAM seçeneği,
- Kesme özellikleri,

Tablo 4.1. PIC16F77X ailesindeki bireylerin farkları

Özellik	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Çalışma hızı	DC - 20MHz	DC - 20MHz	DC - 20MHz
Reset ve gecikmeler	POR - BOR	POR - BOR	POR - BOR
FLASH Program belleği	4K	8K	8K
Veri belleği	192 byte	368 byte	368 byte
EEPROM Veri belleği	128 byte	256 byte	256 byte
Kesme isteği	14	13	14
Portlar	A, B, C, D, E	A, B, C	A, B, C, D, E
Zamanlayıcılar	3	3	3
Seri iletişim	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP,
USART Paralel iletişim	PSP	-	PSP
Analog – Digital Modu	8 giriş kanalı	5 giriş kanalı	8 giriş kanalı
Komut seti	35 komut	35 komut	35 komut

Tasarlanan bu türbidimetre cihazında mikrodenetleyicilerden PIC16F877 kullanılmıştır.

4.2. PIC16F877 Mikroişlemcisinin Yapısı

Yüksek performanslı RISC CPU 'su olan 16F877 'de 35 tane komut vardır. Bu komutların çoğu, 2 çevrim süren dallanma komutları hariç, 1 çevrimde işletilmektedir. İşletim hızı 20 MHz 'dir. 8kbyte x 14 kelimelik FLASH program, 368x8 byte lık veri ve 256x8 byte lık EEPROM (elektriksel olarak programlanabilir okuma belleği) hafızaları vardır. Ayrıca 14 tane dahili ve harici kesme, 8-seviyeli donanım yığını vardır. Doğrudan, dolaylı ve bağıl adres modlarına sahiptir. Programlama ve çalışma esnasında sadece 5V' luk besleme gerilimine ihtiyaç duymaktadır.

PIC16F877 düşük maliyetli, yüksek performanslı, CMOS, full-statik bir mikrogenetleyicidir. 8 seviyeli, derin küme ve çoklu iç ve dış kesme kaynaklarına sahiptir.

Harvard mimarisinin ayrı komut ve veri taşıyıcısıyla 8 bitlik veri taşınmasına ve 14 bitlik komut kelimesine imkân vermektedir. İki aşamalı olarak birçok komutun tek bir çevrimle işlenmesini sağlamaktadır. PIC16F877 mikrogenetleyicileri tipik olarak 2/1 oranında sıkıştırılmış kodlara erişmektedir ve aynı türden 8 bit mikrogenetleyicilerden 2/1 oranında daha hızlıdır. PIC16F877 36 bitlik RAM belleğine, 256 bayt EEPROM belleğine ve 33 I/O bacağına sahiptir [16]. PIC16F877 'de 8 bit ve 16 bit olmak üzere 3 adet zamanlayıcı/sayıcı bulunmaktadır. 10 bitlik ve 8 kanallı analog-sayısal dönüştürücü, iki adet karşılaştırıcı ve chip üzerinde programlanabilen gerilim referans birimleri vardır. FLASH program hafızası 100.000 defa yazılıp silinebilir. EEPROM hafızası 1.000.000 defa yazılıp silinebilir. EEPROM, içindeki bilgileri yaklaşık 40 yıl hafızada tutabilir [16].

4.2.1. Giriş/Çıkış Portları

I/O portlarındaki bazı pinler, devredeki çevresel özellikler için alternatif bir fonksiyonla çoklanmıştır. Genelde bir çevresel fonksiyon aktif olduğunda, bu fonksiyon ile ilgili bacaklar genel amaçlı I/O hattı gibi kullanılmayabilir.

PORTA, 6-bit genişliğinde çift yönlü bir porttur. TRISA, veri yönü saklayıcısının bitlerinden biri "1" yapıldığında, PORTA' da bu bite tekabül eden bit giriş olarak

ayarlanmış olur. TRISA yazmacının bitlerinden biri “0” yapıldığında, PORTA ’nın bu bitine tekabül eden bit çıkış olarak ayarlanmış olur. PORTA yazmacının okunmasında pinlerin durumu belirlenir, oysa yazma işlemi port latch ’e yazmayla gerçekleşir. Tüm yazma işlemleri sırasıyla okuma, değiştirme ve yazma işlemlerinin yapılmasıyla gerçekleştirilir. PORT’ a bir yazma işlemi; port 41 pinlerinin okunması, sonra bu değerlerin değiştirilmesi ve daha sonra port veri latch ’ine yazılmasıyla sonuçlandırılır. PORTA ’nın RA4 pini aynı zamanda TIMER0 ’ın saat girişidir (RA4/T0CKI). RA4/T0CKI pini, Schmitt Trigger girişi ve açık drain çıkışı şeklinde kullanılabilir. Diğer tüm PORTA pinleri TTL giriş seviyelerine ve CMOS çıkış sürücülerine sahiptir. Ayrıca analog girişler ve analog VREF girişine sahiptir. Analog ya da sayısal her bir pinin işlevi, ADCON1 (A/D Control Register1) hafızasındaki kontrol bitlerinin set/clear şeklinde seçilmesiyle belirlenir.

PORTB, 8-bit genişliğinde çift yönlü bir porttur. TRISB, veri yön saklayıcısıdır. TRISB yazmacının bitlerinden biri “1” yapıldığında, PORTB’ de bu bite tekabül eden bit giriş olarak ayarlanmış olur. TRISB yazmacının bitlerinden biri “0” yapıldığında, PORTB’ de bu bite tekabül eden bit çıkış olarak ayarlanmış olur. PORTB ’nin üç pini RB3/PGD, RB6/PGC ve RB7/PGD, düşük voltaj programlama fonksiyonlarıyla çoklanmıştır.

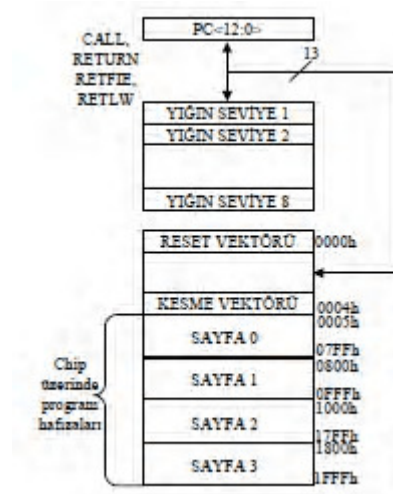
PORTC, 8-bit genişliğinde çift yönlü bir porttur. TRISC, veri yön saklayıcısıdır. TRISC yazmacının bitlerinden biri “1” yapıldığında, PORTC ’de bu bite tekabül eden bit giriş olarak ayarlanmış olur. TRISC yazmacının bitlerinden biri “0” yapıldığında, PORTC ’de bu bite tekabül eden bit çıkış olarak ayarlanmış olur.

PORTD 8-bit genişliğindedir, giriş olarak kullanıldığında Schmitt Trigger ’li ve buffer ’lıdır. Her bir pin ayrı ayrı giriş çıkış olarak ayarlanabilir. PORTD 8-bit genişliğinde paralel slave port olarak da ayarlanabilir.

PORTE ayrı ayrı giriş ve çıkış olarak ayarlanabilen 3 pine sahiptir. Bu pinler Schmitt Trigger buffer ’ına sahiptir. PORTE ’nin I/O’ları PSP moduna ayarlandığında mikroişlemci kontrol girişleri olmaktadır [15,16].

4.2.2. Bellek Yapısı

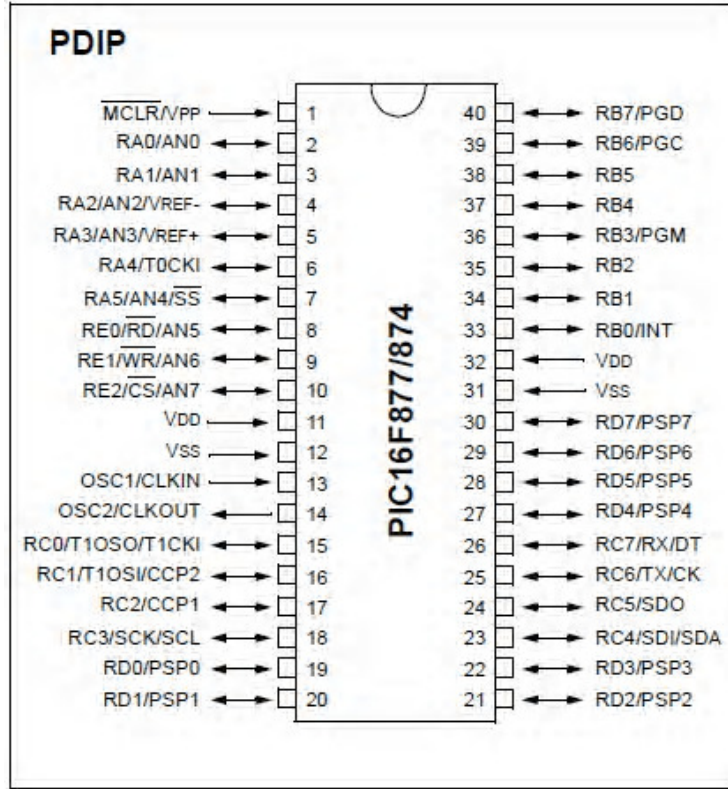
PIC16F877 'de üç tane bellek bloğu vardır. Program belleği ve veri belleği ayrı ayrı yollara sahiptir. Bu nedenle iki belleğe de aynı anda giriş mümkün olmaktadır. PIC16F877 8Kx14 kelimelik program bellek alanını adreslemek için 13-bit 'lik program sayacına sahiptir. PIC16F877 8Kx14 kelimelik FLASH program belleğine sahiptir. RESET vektörü 0000h ve kesme vektörü 0004h adreslerindedir. PIC16F877 'nin program bellek haritası ve yığını Şekil 4.1' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Programın bellek haritası [16].

4.2.3. PIC16F877 Mikroişlemcisinin Pinleri

Şekil 4.2 PIC16F877 mikroişlemcisinin şematik gösterimi Şekil 4.2' de gösterilmiş ve pinlerin özellikleri Tablo 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.2. PIC16F877 mikroişlemcinin şematik gösterimi [16].

Tablo 4.2. PIC16F877 Mikroişlemcisinin pinleri ve özellikleri [16].

PİN ADI	PİN NO	I/O	BUFFER TİPİ	AÇIKLAMALAR
OSC1/CLKIN	13	I	ST/CMOS (3)	Osilatör clock girişi (kristal veya harici kaynak)
OSC2/CLKOUT	14	O	0	Osilatör kristal çıkış ucu
MCLR/Vpp	1	I/P	ST	Resetleme girişi / Programlama anında programlama gerilimi girişi (Mikrodenetleyicinin resetlenmesi için bu pin lojik 0)

				yapılmalıdır.)
RA0/AN0	2	I/O	TTL	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Analog olarak kullanılabilir.
RA1/AN1	3	I/O	TTL	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Analog olarak kullanılabilir.
RA2/AN2/VREF	4	I/O	TTL	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Analog olarak kullanılabilir.
RA3	5	I/O	TTL	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Analog olarak kullanılabilir.
RA4/T0CK1	6	I/O	ST	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Bu pin (istenirse) TMR0 için bir clock girişi olabilir.
RA5/SS/AN4	7	I/O	TTL	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Bu pin (istenirse) TMR0
RB0/INT	33	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Giriş konumunda iken dahili pullup devresi aktifleşebilir. Dış kesme girişi olarak seçilebilir.
RB1	34	I/O	TTL	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Giriş konumunda

				iken dahili pullup devresi aktifleşebilir. Dış kesme girişi olarak seçilebilir.
RB2	35	I/O	TTL	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Giriş konumunda iken dahili pullup devresi aktifleşebilir. Dış kesme girişi olarak seçilebilir.
RB3/PGM	36	I/O	TTL	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Düşük akımla programlamada da kullanılabilir.
RB4	37	I/O	TTL	PORTB iki yönlü giriş/çıkış portudur. Kesme girişi olarak seçilebilir.
RB5	38	I/O	TTL	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Kesme girişi olarak seçilebilir.
RB6/PGC	39	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Kesme girişi olarak seçilebilir. Seri programlamada clock pinidir.
RB7/PGD	40	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Kesme girişi olarak seçilebilir. Seri programlamada data (veri) pinidir.

RC0T1OS0/T1CK1	15	I/O	ST	İki yönlü giriş/çıkış portudur.
RC1/T1OS1/CCP2	16	I/O	ST	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Timer1 osc. çıkışı veya saat girişi olarak kullanılabilir.
RC2/CCP1	17	I/O	ST	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Timer1 osc. giriş veya Capture2 giriş/Compare2 çıkışı/PWM2 çıkışı olarak kullanılabilir.
RC3/SCK/SCL	18	I/O	ST	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Timer1 osc. giriş veya Capture1 giriş/Compare1 çıkışı/PWM1 çıkışı olarak kullanılabilir.
RC4/SD1/SDA	23	I/O	ST	İki yönlü giriş/çıkış portudur. SPI ve I 2 modunda, seri saat giriş/çıkışında kullanılır.
RC5/SDO	24	I/O	ST	İki yönlü giriş/çıkış portudur. SPA modda SPI giriş verisi veya I 2 C modda I/O için SPA modda SPI çıkış verisi için seçilebilir.

RC6/TX/CK	25	I/O	ST	İki yönlü giriş/çıkış portudur. USART asenkron gönderme ya da senkron saat için
RC7/RX/DT	26	I/O	ST	İki yönlü giriş/çıkış portudur. USART asenkron alma ya da senkron veri için
RD0/PSP0	19	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. PSP 0. biti olarak kullanılabilir.
RD1/PSP1	20	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. PSP 1. biti olarak kullanılabilir.
RD2/PSP2	21	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. PSP 0,2. biti olarak kullanılabilir.
RD3/PSP3	22	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. PSP 3. biti olarak kullanılabilir.
RD4/PSP4	27	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. PSP 4. biti olarak kullanılabilir.
RD5/PSP5	28	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. PSP 5. biti olarak kullanılabilir.
RD6/PSP6	29	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. PSP 6. biti olarak kullanılabilir.
RD7/PSP7	30	I/O	TTL/ST (1)	İki yönlü giriş/çıkış

				portudur. PSP 7. biti olarak kullanılabilir.
RE0/RD/AN5	8	I/O	ST/TTL (3)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Analog olarak ya da PSP okuma kontrollü kullanılabilir.
RE1/WR/AN6	9	I/O	ST/TTL (3)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Analog olarak ya da PSP okuma kontrollü kullanılabilir.
RE2/CS/AN7	10	I/O	ST/TTL (3)	İki yönlü giriş/çıkış portudur. Analog olarak ya da PSP okuma kontrollü kullanılabilir.
VSS	12, 31	p	-	Ground (toprak) uç
VDD	11, 32	p	-	Pozitif kaynak ucu

I: Input (Giriş)

O: Output (Çıkış)

I/O: Input/Output (Giriş/Çıkış)

TTL: TTL Giriş

ST: Schmitt Trigger giriş olarak çalışır.

- Not:**
1. Bu buffer, dış kesme olarak düzenlendiğinde Schmitt Trigger giriş olarak çalışır.
 2. Bu buffer, seri programlama modunda Schmitt Trigger giriş olarak çalışır.
 3. Bu buffer, RC osilatör modunda ve CMOS devrelerinde Schmitt Trigger giriş olarak çalışır.

4.2.4. PIC16F877 Mikrodenetleyicisinin Özellikleri

- CPU azaltılmış komut seti –RISC temeline dayanır.
- Öğrenilecek 35 komut vardır ve her biri 1 word = 14 bit uzunluktadır
- Dalların komutları iki çevrim (cycle) sürede, diğerleri ise bir çevrimlik sürede uygulanır.
- İşlem hızı DC-200 MHz dir. (Bir komut DC-200 ns de işlenir.)

- Veri yolu (databus) 8 bittir.
- 32 Adet SFR (Special Function Register) olarak adlandırılan özel işlem yazmacı vardır ve bunlar statik RAM üzerindedir.
- 8 Kword' e kadar artan flash belleği, (1 milyon kez programlanabilir),
- 368 Byte' a kadar artan veri belleği
- 256 Byte' a kadar artan EEPROM veri belleği vardır.
- Pin çıkışları PIC1673B / 74B ve 76 ile uyumludur.
- 14 Kaynaktan kesme yapılabilir.
- Yığın derinliği 8' dir.
- Doğrudan,dolaylı ve göreceli adresleme yapabilir.
- Power-on Reset (Enerji verildiğinde sistemi resetleme özelliği)
- Power-up Timer (Power-up zamanlayıcı)
- Osilatör Start-up Timer (Osilatör başlatma zamanlayıcısı)
- Watch-dog Timer (Özel tip zamanlayıcı), devre içi RC osilatör
- Programla kod güvenliğinin sağlanabilmesi özelliği
- Devre içi Debugger (Hata ayıklamada kullanılabilecek modül)
- Düşük gerilimli programlama.
- Flash ROM program belleği (EEPROM özellikli program belleği)
- Enerji tasarrufunu sağlayan, Sleep (uyku) modu
- Seçimli osilatör özellikleri
- Düşük güçle, yüksek hızla erişilebilen, CMOS-Flash EEPROM teknoloji
- Tümüyle statik tasarım
- 2 pinle programlanabilme özelliği
- Yalnız 5 V girişle, devre içi seri programlanabilme özelliği
- İşlemcisinin program belleğine, okuma / yazma özelliği ile erişilme
- 2.0 V – 5.0 v arasında değişen geniş işletim aralığı
- 25 mA' lik kaynak akımı
- Devre içi, iki pin ile hata ayıklama özelliği
- Düşük güçle çalışabilme özelliği
- TMR0: 8bitlik zamanlayıcı, 8 bit ön bölücülü
- TMR1: Ön bölücülü, 16 bit zamanlayıcı, Uyuma modundayken dış kristal zamanlayıcıdan doğrudan artırılabilir.
- TMR: 8 bitlik zamanlayıcı, hem ön bölücü hem de son bölücü sabitli

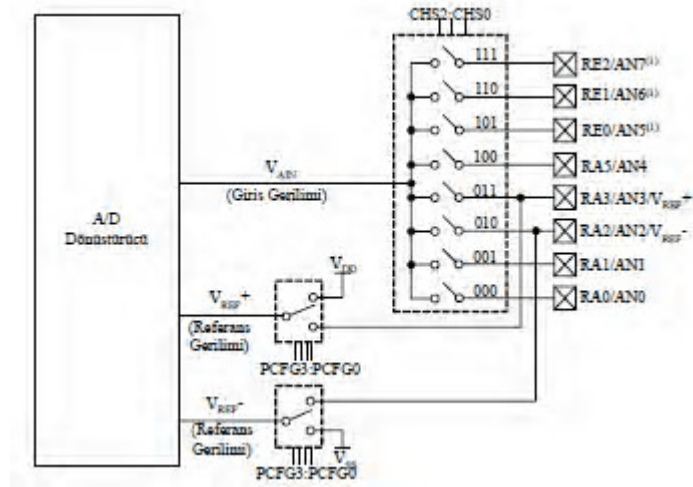
- İki Capture / Compare / PWM modülü
- 10 bit çok kanallı A / D çevirici
- Senkron seri port (SSP) SPI (Master mod) ve I²C (Master Slave) ile birlikte
- Paralel Slave Port, 8 bit genişlikte ve dış RD, WR, CS kontrolleri
- BOR Reset (Brown Out Reset) özelliği dir.

4.2.5. Analog / Dijital Çevirici

Elektronik kartta bir adet analog giriş kullanılmıştır. Bu analog giriş AN0 dır. Seçilen analog girişler için gerekli ayarlamalar aşağıda anlatılmıştır. Analog girişten alınan sinyal, PIC içinde 10 bit'lik bir sayısal değere çevrilir. Analog dijital dönüştürücü modülünün elde ettiği dijital sayı 0 ile 255 arasında değişmektedir [15,16] .

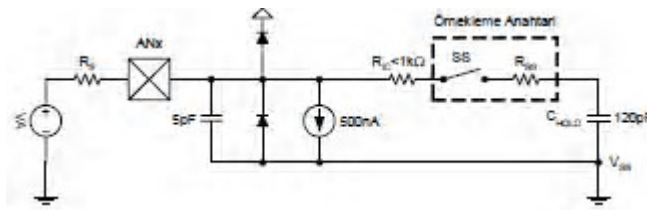
A/D modülü 4 adet yazmaca sahiptir. Bu yazmaçlar sırasıyla 8 bit 'lik kısmının saklandığı analog/dijital yüksek bit kaydedicisi(ADRESH), 10 bit 'lik kısmının saklandığı analog/dijital düşük bit kaydedici (ADRESL), kontrol yazmacı0 (ADCON0) ve kontrol yazmacı1 (ADCON1) dir.

ADRESH ve ADRESL yazmaçları 10-bitlik A/D dönüştürücünün sonucunu saklarlar. A/D çevirme işlemi bittiği zaman sonuç ADRESH ve ADRESL yazmaç çiftine yüklenir. ADIF kesme bayrağının set edilmesi ile GO/DONE biti (ADCON0<2>) temizlenir. A/D modülünün blok diyagramı Şekil 4.3 'da gösterilmiştir. Analog girişlerin seçilme işlemi A/D çeviricinin değer yakalama işleminden önce yapılması gerekmektedir[15].



Şekil 4.3. Analog / Dijital dönüştürücüsünün blok diyagramı [16].

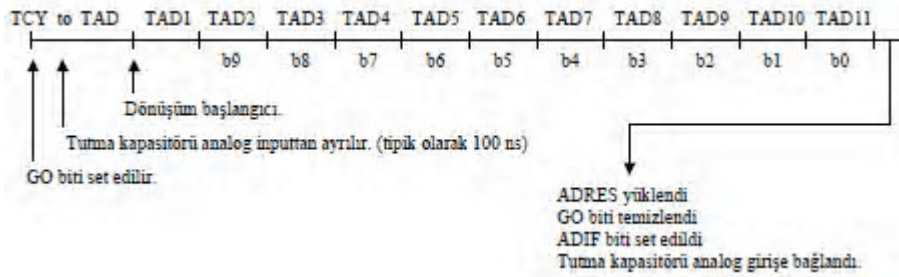
Analog giriş modeli Şekil 4.4 'de gösterilmiştir. Kaynak direnci (R_S) ve dâhili örnekleme anahtarı direnci (R_{SS}), örnek tutma (CHOLD) kondansatörünün şarj olması için gerekli süreyi doğrudan etkiler. Örnekleme anahtarı direnci V_{DD} gerilimi ile değişir. Analog kaynaklar için maksimum tavsiye edilen direnç $10\text{ k}\Omega$ 'dur. Direncin azalması ile beraber örnek tutma zamanı da azalır. Başka bir analog giriş kanalını kullanmak için bir önceki A/D çevriminin tamamlanmış olması gerekmektedir. Minimumu tutma zamanı $25\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta yaklaşık olarak $20\text{ }\mu\text{s}$ dir.



Şekil 4.4. Analog giriş modeli [16].

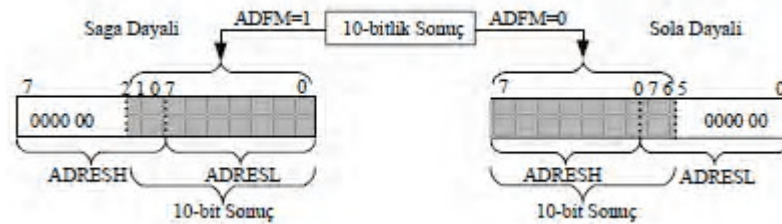
Şekil 4.5'deki gibi GO bitinin set edilmesinden sonra ilk zaman dilimi TCY ile TAD arasındadır. GO/DONE biti dönüşüm sırasında temizlenirse dönüşüm yarıda kesilecektir. A/D dönüştürme kısmen bitmiş olsa bile A/D sonuç yazmaç çifti güncellenemeyecektir.

ADRESH ve ADRESL yazmaçlarındaki değer, en son tamamlanmış olan A/D dönüşüm değeri olarak kalacaktır. Sonra A/D dönüştürme işlemi yarıda kesilir, bir sonraki tutmanın başlamasından önce 2TAD kadar bekleme gereklidir. Bu sürenin (2TAD) ardından tutma işleminin başlaması ile daha önce belirlenmiş olan giriş kanalı otomatik olarak seçilmiş olur. GO/DONE biti A/D dönüşümün başlangıcından önce set edilir.



Şekil 4.5. Analog / Dijital dönüşüm çevrimi [16].

ADRESH:ADRESL yazmaç çifti A/D çevrimin 10-bitlik sonucunun saklandığı yerdir. Bu yazmaç çifti 16-bitlik genişliktedir. A/D modül sağa veya sola dayalı olarak bilgi saklayabilir. Şekil 4.6 'da gösterildiği gibi ADFM kontrol biti ile A/D dönüştürme işlemi sonucunun konumu seçilebilir. Diğer kalan bitlere ise 0 değeri yüklenir. 10-bitlik analog sonuç sola dayalı olarak kullanıldığından ADFM=0 seçilmiştir. ADRESH ve ADRESL yazmaçlarından faydalanılarak 10 bit değerinde yeni bir değer elde etmemiz gerekmektedir. 8 bitlik ADRESH değerini 2 bit sola, ADRESL değerini de 6 bit sağa kaydıldıktan sonra bu iki değeri toplayarak 10 bitlik yeni bir değer elde etmiş oluruz. ADCON1 yazmacına 00000100 (0x04) değeri yüklenmiştir, bununla beraber ADCON1 yazmacının en ağırlıksız 4 biti ile AN0 ve AN3 analog girişleri seçilmiş olur.



Şekil 4.6. Analog / Dijital dönüştürme işleminin sonuç adresleri ve konumları [16].

5.BÖLÜM

DENEL BÖLÜM

5.1. PIC Serisi Bir Mikrodenetleyicili Türbidimetre Tasarımı

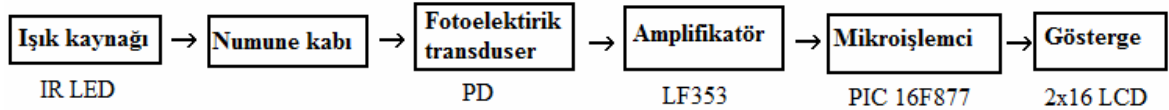
Bu çalışmada PIC serisi mikrodenetleyiciler kullanarak bir türbidimetrenin tasarımı gerçekleştirildi. Cihazın resmi Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Türbidimetrenin önden görüntüsü.

Türbidimetre hazırlanırken ilk olarak elektronik devre tasarlandı. Sonra mikroişlemcinin programı yazıldı. Daha sonra bir ayar eğrisi oluşturuldu ve son olarak elde edilen veri LCD ekranda gösterildi.

5.1.1. Cihazın Blok Diyagramı



Şekil 5.2. Türbidimetrenin blok diyagramı.

Cihaz genel olarak; ışın kaynağı, numunenin konduğu yuva, Fotoelektirik transduser, mikroişlemci ve göstergedan oluşmaktadır. Işık kaynağı olarak IR LED kullanılmıştır. IR ışın numune üzerinden geçtikten sonra fotodiyot (PD)' a gelir. Işığın şiddeti numunenin bulanıklığı ile orantılı olarak azalır. Işık PD' ye ulaşır. PD ışık şiddetini mv olarak sinyale çevirir. PD' den çıkan sinyal amplifikatör (LF353) kullanılarak yükseltilir. Bu sinyal mikro işlemcinin (PIC16F877) Analog Digital Converter Portuna ulaşır. Analog olan ışık sinyali dijital hale gelir. İşlemci içerisinde sinyal düzenlenir ve son olarak sonuç LCD de gösterilir.

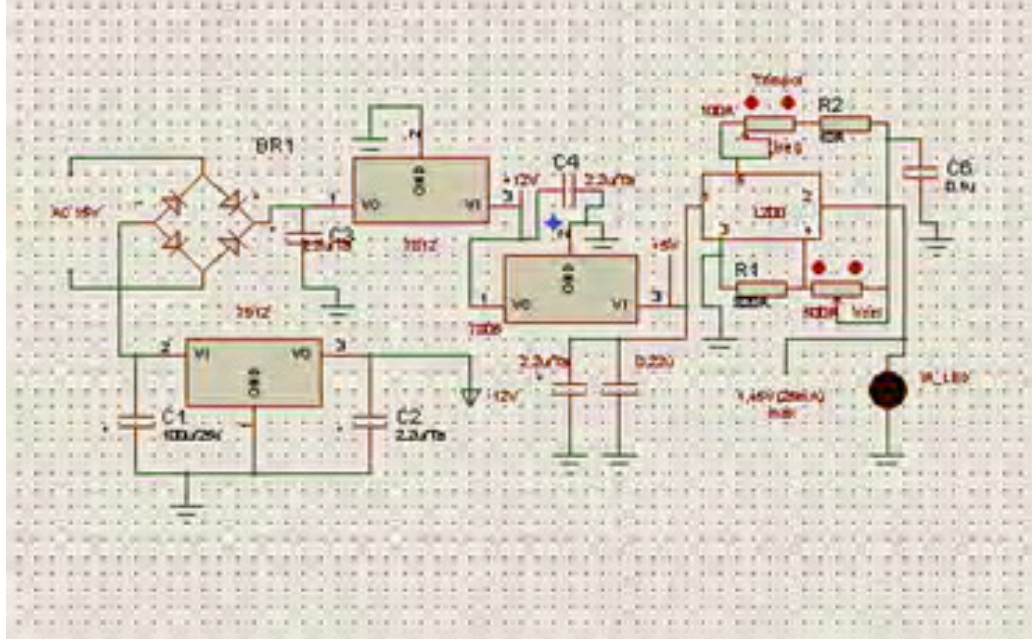
5.1.2. Cihazda Kullanılan Malzemeler

Türbidimetrede kullanılan malzemeleri sıralayacak olursak; PIC16F877 mikroişlemcisi, LF353, PD, IR LED, 15 V AC transformatör, köprü diyot, diyot, soket, entegre soket (40 Pinli), 7812, 7912, 7805, L200, Trimpot, Pot, 2*16 LCD gösterge, röle (5 V DC), direnç, kondansatör, display (2x16 LCD), 4Mz kristal, buton, anahtar ve delikli plaket.

5.1.3. Cihazın Açık Şeması.

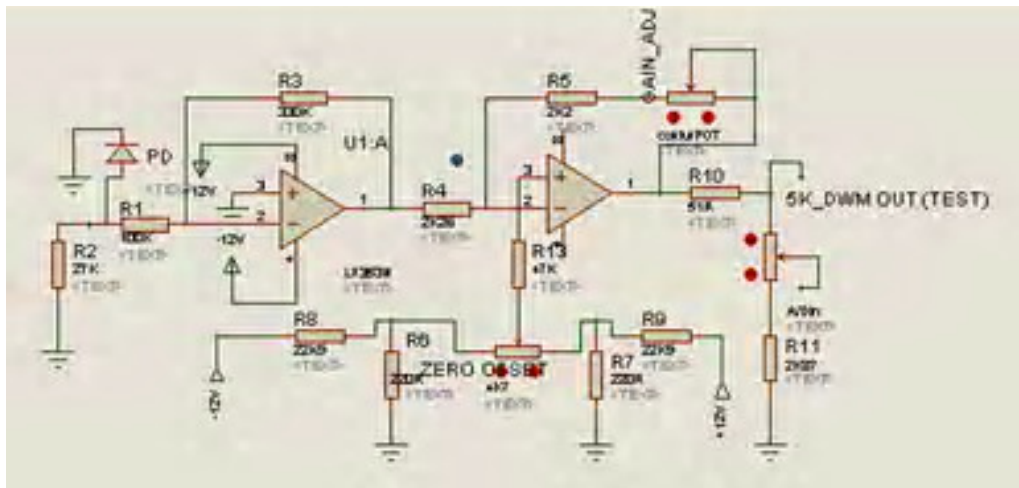
Şekil 5.3' de cihaz için gerekli olan voltajların ve akımların elde edildiği ünite ve IR ışın kaynağı görülmektedir. L200 elektronik malzemesi IR ışın kaynağının akım ve voltaj ayarları için kullanılmıştır.

7812 ve 7912, amplifikatörde gerekli olan simetrik besleme için kullanılmıştır. 7805 mikroişlemci ve LCD için gerekli olan voltajı sağlamak için kullanılmıştır.



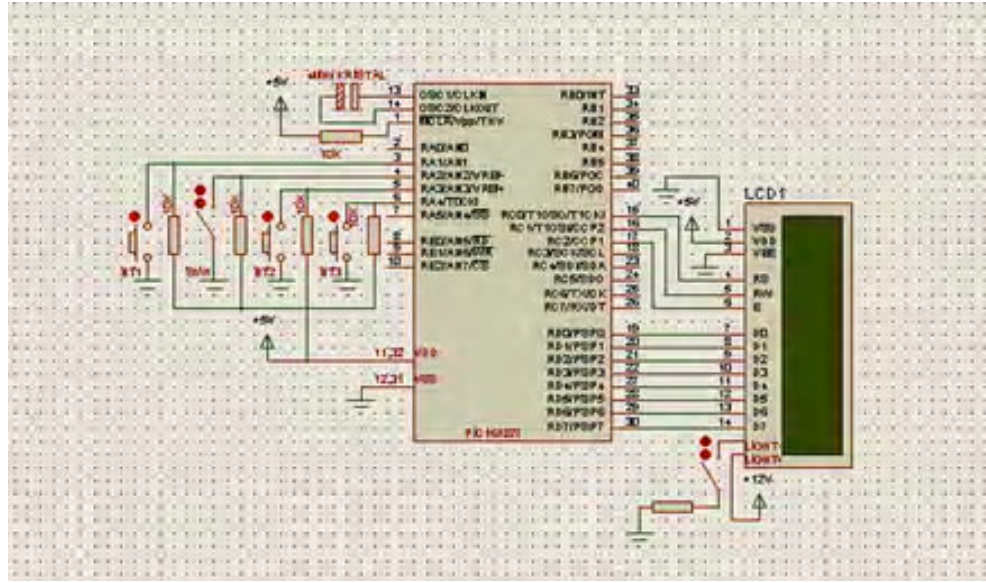
Şekil 5.3. Türbidimetrede ışın kaynağı ve besleme ünitesinin açık şeması.

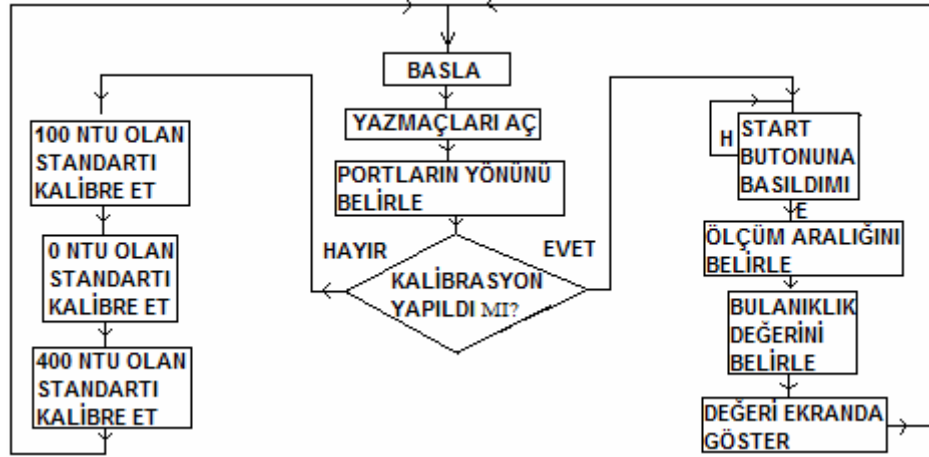
Şekil 5.4’de örnekten gelen sinyalin alınmasını sağlayan sensör ve bu sinyalin şiddetinin artırılmasını sağlayan amplifikatör görülmektedir.



Şekil 5.4. Türbidimetrede alıcı (dedektör) ve sinyal yükseltici ünitesinin açık şeması.

Şekil 5.5’ de mikroişlemci ve LCD’ nin şematik gösterimine yer verilmiştir. Mikroişlemci olarak PIC16F877 kullanılmıştır. Bunun kullanılmasının en önemli nedeni Analog / Dijital dönüşümünü sağlayan sistemi içinde bulundurmasıdır. Bu sayede analog olarak gelen sinyal dijital olarak elde edilmektedir. Bu dijital olarak elde edilen sinyal yine mikroişlemci içinde işlenip, LCD vasıtasıyla kullanıcıya bildirilmektedir.





Şekil 5.6. Programın akış diyagramı.

5.1.5. Mikroişlemcinin Yazılımı

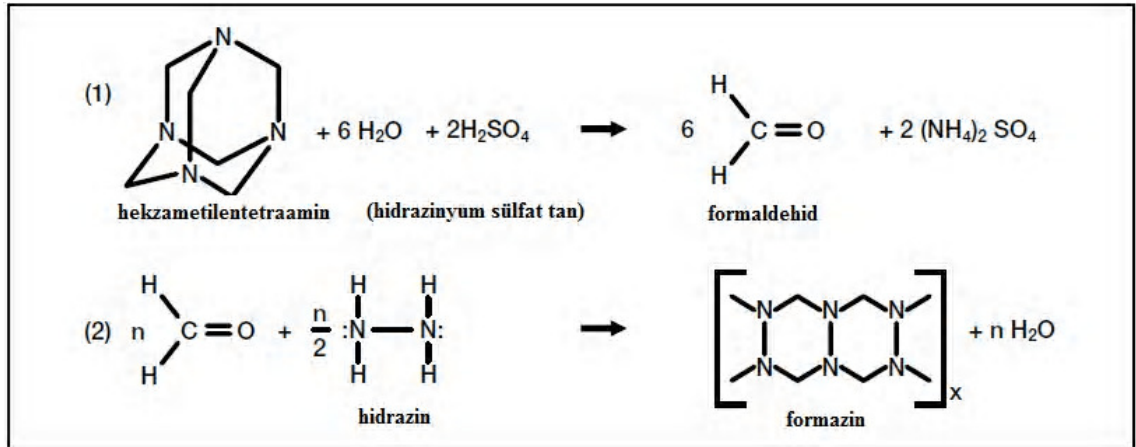
Cihazımızda kullanılan PIC16F877 mikroişlemcisinin programı MPLAB programlama dilinde yazılmıştır.

5.2 Kullanılan Kimyasal Maddeler

Standart süspansiyon çözeltisi hazırlamak için heksametilen tetraamin ve hidrazinyum sülfat kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada kullanılan bütün çözeltilerin hazırlanmasında analitik saflıkta kimyasal maddeler ve çift distile su kullanılmıştır.

5.2.1 Kullanılan Standart Süspansiyon Çözeltileri ve Hazırlanması

Bulanıklığı 4000 NTU olan ana stok formazin süspansiyonunun sentezi: 50 g heksametilentetraamin ((CH₂)₆SO₄) ve 5 g hidrazinyum sülfat 1 litrelik balon joje içerisine konup üzeri distile su ile tamamlanır. Karışım bir müddet çalkalanır, içerisindeki maddeler çözündürülür ve 48 saat beklenir. 48 saat sonra beyaz bir süspansiyon elde edilir. Bu süspansiyon “Formazin” dir. Formazin sentezi Şekil 5.7’ de gösterilmiştir [9,10,13].



Şekil 5.7. Formazin sentezi[13].

1000 NTU formazin çözeltisi: 4000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 25 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye distile su ile seyreltilir.

900 NTU formazin çözeltisi: 4000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 22,5 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

800 NTU formazin çözeltisi: 4000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 20 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

700 NTU formazin çözeltisi: 4000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 17,5 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

600 NTU formazin çözeltisi: 4000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 15 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

500 NTU formazin çözeltisi: 4000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 12,5 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

400 NTU formazin çözeltisi: 4000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 10 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

300 NTU formazin çözeltisi: 4000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 7,5 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

200 NTU formazin çözeltisi: 4000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 5 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

100 NTU formazin çözeltisi: 4000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 2,5 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

80 NTU formazin çözeltisi: 1000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 8 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

60 NTU formazin çözeltisi: 1000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 6 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

40 NTU formazin çözeltisi: 1000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 4 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

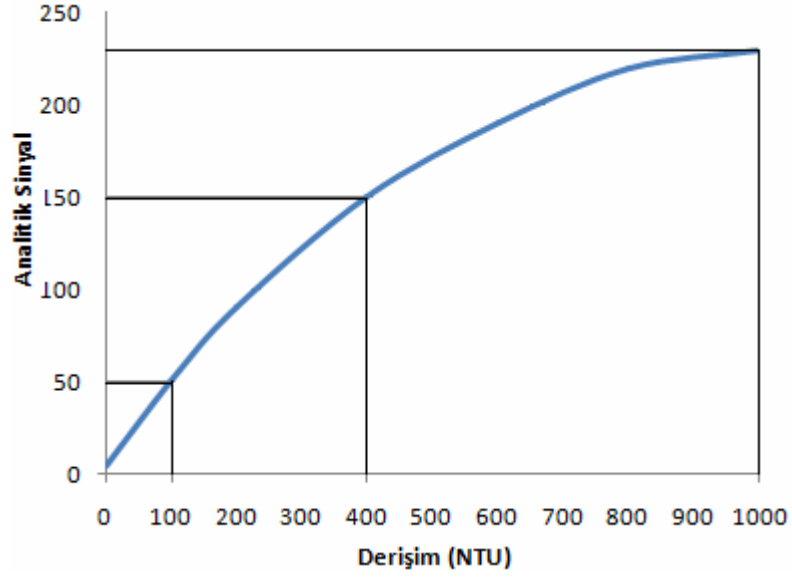
20 NTU formazin çözeltisi: 1000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 2 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

10 NTU formazin çözeltisi: 1000 NTU' luk stok formazin çözeltisinden 1 ml alınır ve 100 ml lik balon jojeye konur. Balon joje çizgisine distile su ile tamamlanır.

5.3. Ayar Eğrilerinin Hazırlanması

İlk olarak tek bir bulanıklık aralığında yani 0-1000 NTU aralığında ölçüm yapıldı. Ayar eğrisi Şekil 5.8. de verilmiştir. Ayar eğrisinin denklemi $y = 33.62 + 0.226 x$ dir ve $r=0.9666$ dır. Burada x eksenini derişim ve y eksenini analitik sinyaldir. Burada korelasyon katsayısı çok iyi olmadığından değişik bulanıklık aralıkları seçilmiştir. Bu bulanıklık aralıkları 0-100 NTU, 100-400 NTU ve 400-1000 NTU şeklindedir. Cihaz ilk olarak 0-1000 NTU olan çalışma aralığını seçer burada ölçüm işlemi gerçekleştirilir. Elde edilen sonuç 0-100 NTU, 100-400 NTU ve 400-1000 NTU bulanıklık aralıklarından

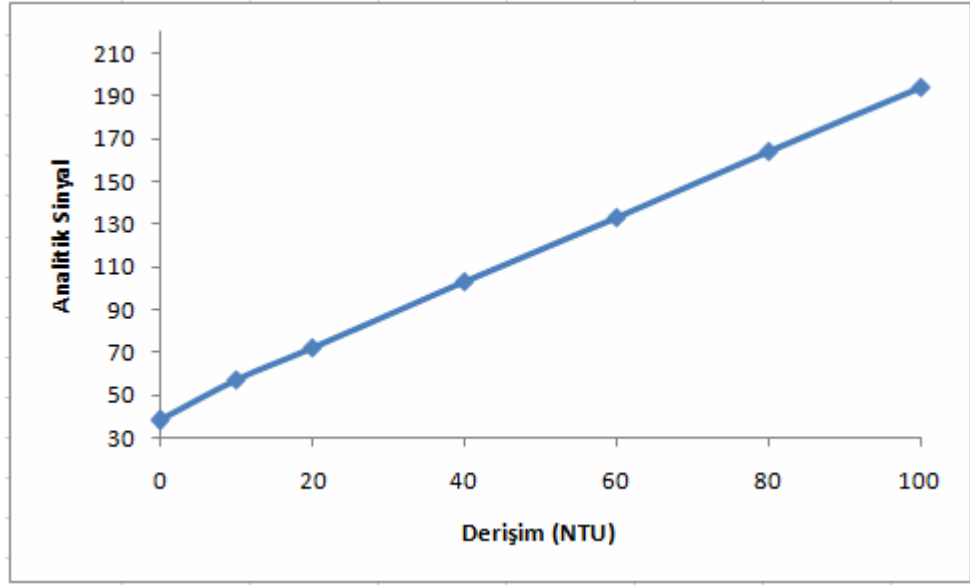
hangisine denk geliyorsa o çalışma aralığı seçilir. Tekrar ölçüm yapılarak sonuç ekrandan gösterilir. Çalışma aralığı otomatik olarak seçilmektedir.



Şekil 5.8. 0-1000 NTU Bulanıklık aralığında ayar eğrisi.

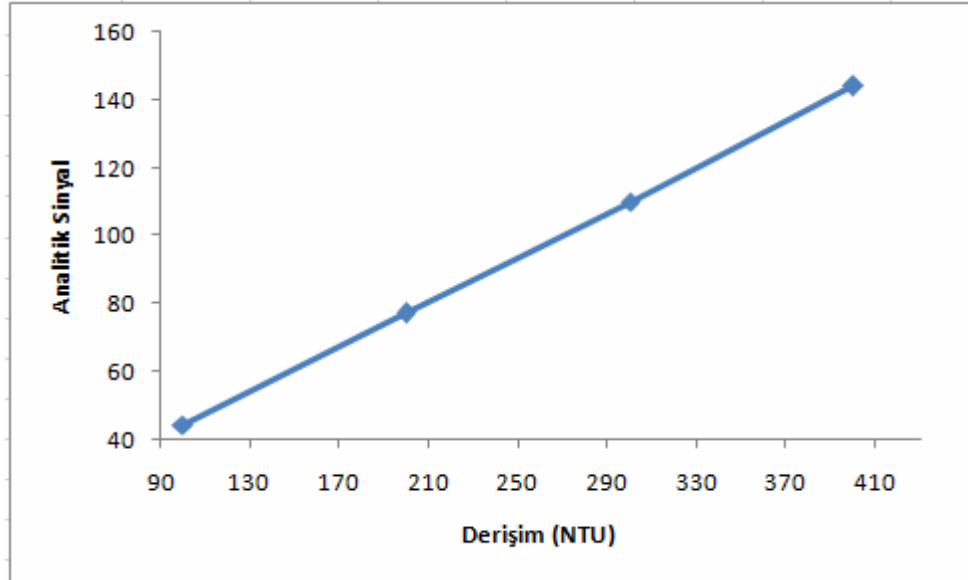
PIC kontrollü türbidimetre kullanılarak yapılan bulanıklık tayininde elde edilen ayar eğrileri Şekil 5.8., Şekil 5.9. ve Şekil 5.10. da verilmiştir.

Şekil 5.8' de 0-100 NTU bulanıklık aralığında ayar eğrisi görünmektedir. Ayar eğrisinin denklemi $y = 40.320 + 1.544 x$ dir ve $r: 0.9998$ dir. Burada x eksen derişim ve y eksen analitik sinyaldir.



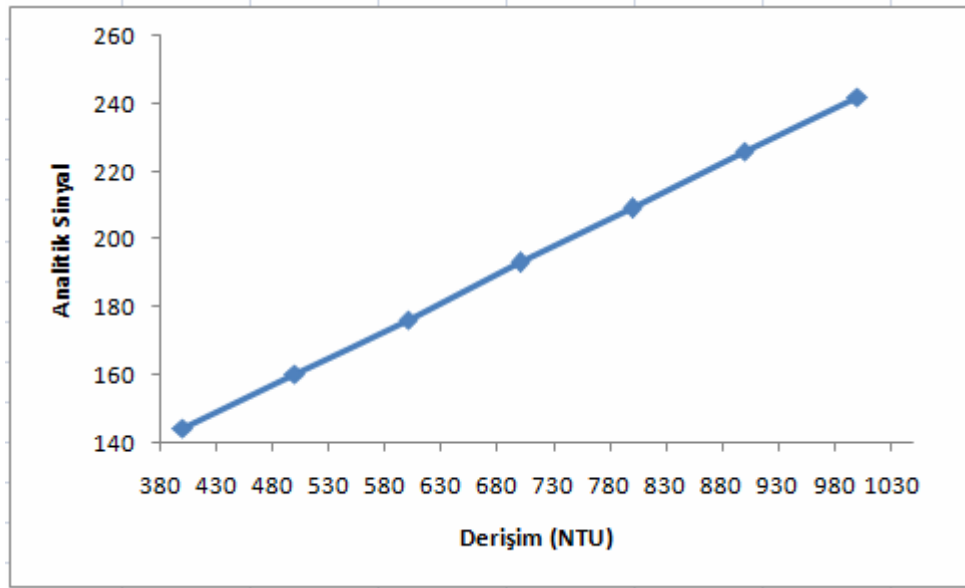
Şekil 5.9. 0-100 NTU Bulanıklık aralığında ayar eğrisi.

Şekil 5.9 'de 100-400 NTU bulanıklık aralığında ayar eğrisi görünmektedir. Ayar eğrisinin denklemi $y = 10.5 + 0.333 x$ dir ve $r: 0.9999$ dir. Burada x ekseni derişim ve y ekseni analitik sinyaldir.



Şekil 5.10. 100-400 NTU Bulanıklık aralığında ayar eğrisi.

Şekil 5.10' da 400-1000 NTU bulanıklık aralığında ayar eğrisi görünmektedir. Ayar eğrisinin denklemi $y=77.5 + 0.165 x$ dir ve $r: 0.9999$ dur. Burada x eksenini derişim ve y eksenini analitik sinyaldir.



Şekil 5.11. 400-1000 NTU Bulanıklık aralığında ayar eğrisi.

Bu ayar eğrilerinden alınan denklemler türbidimetrenin mikroişlemcisinin hafızasına kaydedilmiştir. Böylece bulanıklığı belirlenecek olan numune cihaza yerleştirilir. Cihaz aldığı sinyale karşılık çalışma aralığını otomatik olarak belirler ve sonucu NTU cinsinden ekranda gösterir

6. BÖLÜM

ÖRNEK ANALİZLERİ

6.1. Cihazın Tekrarlanabilirliğinin ve Doğruluğunun Test Edilmesi

Cihazın tekrarlanabilirliğinin ve doğruluğunun test edilmesi için 4000 NTU' luk standart Formazin süspansiyonundan çeşitli bulanıklık değerlerinde standart hazırlanarak ölçüm yapılmış ve Tablo 6.1 de verilen değerler elde edilmiştir.

Tablo 6.1. Değişik bulanıklık değerlerinde hazırlanan standartların ölçüm sonuçları (n = 7).

Örnek	Standart derişim (NTU)	Bulunan değer ($\bar{X}$)	% Bağıl Hata	% BSS
Örnek 1	100	99	1.0	0.7
Örnek 2	200	199	0.5	0.7
Örnek 3	400	398	0.5	0.5
Örnek 4	600	595	0.8	0.6
Örnek 5	800	795	0.6	0.4
Örnek 6	1000	990	1.0	0.3

6.2. Tasarlanan Cihazın Referans Bir Cihazla Karşılaştırılması

Tasarlanan cihazın referans bir cihazla karşılaştırılması için Hach marka, 2100AN model türbidimetre cihazı ile Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi' nin su analiz laboratuvarında analizler yapılmıştır. Bu cihaz kullanılmadan önce kendi kalibrasyon çözeltileri ile kalibre edilmiş, ölçümler oda sıcaklığında yapılmıştır. Kullanılan örneklerden “Örnek 1” Kayseri Şeker Fabrikası Atık Su Arıtma Tesisi' nden alınmıştır. “Örnek 2”, “Örnek 3”, “Örnek 4” ve “Örnek 5” 1000 NTU bulanıklık değerindeki standart Formazin süspansiyonundan uygun oranlarda seyreltilerek hazırlanmıştır. Sonuçlar Tablo 6.2.' de verilmiştir.

Tablo 6.2. Tasarlanan türbidimetre ve referans bir türbidimetrede örnek analizleri (N=7).

Örnek	Standart derişim (NTU)	Referans Cihaz HACH 2100AN		Tasarlanan Cihaz	
		Bulanıklık (NTU)	% Bağlı Hata	Bulanıklık (NTU)	% Bağlı Hata
Örnek 1	-	28	-	31	-
Örnek 2	70	73	4.0	70	0
Örnek 3	100	100	0	99	1.0
Örnek 4	150	148	0.8	150	0
Örnek 5	700	700	0	691	1.3

6.3. Cihazın Endüstriyel Bir Kuruluşta Çalışmasının Test Edilmesi

Tasarlanan türbidimetre cihazı Kayseri Şeker Fabrikası Atık Su Arıtma Tesisinde 14.05.2009 – 22.06.2009 tarihleri arasında test edilmiştir. Elde edilen giriş ve çıkış suyunun bulanıklık değerleri Tablo 6.3. de verilmiştir.

Tablo 6.3. Atık Su Arıtma Tesisinde Giriş ve Çıkış Suyunun Bulanıklık Değerleri.

Tarih	Giriş suyunun Bulanıklığı (NTU)	Çıkış Suyunun Bulanıklığı (NTU)
14.05.2009	103	47
15.05.2009	127	136
20.05.2009	148	100
21.05.2009	166	148
25.05.2009	64	21
26.05.2009	363	93
27.05.2009	205	133
28.05.2009	225	196
29.05.2009	225	136
01.06.2009	208	184
02.06.2009	219	154
03.06.2009	160	163
08.06.2009	100	150
11.06.2009	258	211
15.06.2009	249	209
17.06.2009	205	169
18.06.2009	208	146
19.06.2009	190	219
22.06.2009	96	168

7. BÖLÜM

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada PIC serisi bir mikrodnetleyiciler kullanarak bir türbidimetre cihazı tasarlanmıştır. Yapılan cihazın endüstri de kullanılması amaçlanmıştır. Yapılan ölçümlerin sonuçları bir uluslar arası birim olan NTU (Nefelometrik bulanıklık birimi, Nefelometric Turbidity Unit) cinsinden verilmesi ve ölçüm aralığının otomatik olarak cihaz tarafından belirlenmesi sağlanmıştır.

Türbidimetre cihazı için elektronik kartlar tasarlandı ve bu kartlar oluşturuldu. Cihazın ışın kaynağının çok kararlı olması gerekliydi, bu yüzden devrede “L200” elektronik malzemesi kullanıldı. Bu malzeme sabit akım kaynağı olarak iyi sonuç vermektedir. Türbidimetrenin mikrodnetleyicili olması amaçlanmıştır. Mikrodnetleyici olarak “PIC16F877” entegresi kullanılmıştır. Tezde bu mikrodnetleyici tercih etmemizin sebebi program belleğinin çok olması ve dijital/analog dönüştürücü özelliğinin bulunmasıdır. Mikrodnetleyicinin programı “MPLAB” programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Programda analog / dijital dönüşümün 8 bit olarak yapılması ayarlanmıştır. Bu da bize 0-5 V arasında analog olarak gelen sinyali 0-255 arasında dijital sinyale çevirmemizi sağlamıştır.

Cihazın kalibrasyonu için bulanıklığı 4000 NTU olan Formazin süspansiyonu sentezlenmiştir. Bu Formazin süspansiyonunun kararlılığı çok iyidir. Tasarlanan cihaz 0-100 NTU, 100-400 NTU ve 400-1000 NTU olmak üzere üç ayrı bölgede çalışmaktadır. Bu yüzden her bir çalışma aralığı için 4000 NTU değerindeki Formazin süspansiyonu kullanarak değişik standartlar hazırlanmıştır. Hazırlanan standart

süspansiyonlar oda sıcaklığında tasarlanan türbidimetrede okutuldu ve her bir çalışma aralığı için ayar eğrisi oluşturuldu. 0-100 NTU çalışma aralığı için sonuçlar Şekil 5.8’de grafiğe geçirilmiş ve korelasyon katsayısı 0.9998 olarak bulunmuştur. 100-400 NTU çalışma aralığı için sonuçlar Şekil 5.9’da grafiğe geçirilmiş ve korelasyon katsayısı 0.9999 bulunmuştur. 400-1000 NTU çalışma aralığı için sonuçlar Şekil 5.10’da grafiğe geçirilmiş ve korelasyon katsayısı 0.9999 bulunmuştur. Buna göre her aralık için sonuçların doğrusallığı analitik açıdan tatmin edici görünmektedir. Tasarlanan cihazın mikrodenetleyicisinin belleğine ayar eğrisinden elde edilen denklem kaydedilmiştir. Cihaz önce bulanıklığı analitik sinyal olarak okur sonra hangi çalışma aralığında değerlendirme yapacağını otomatik olarak seçer ve son olarak ta o çalışma aralığının denklemini kullanarak sonucu uluslararası birim olan NTU cinsinden ekranda gösterir. Çalışma aralığının otomatik olarak belirlenmesi tasarlanan cihazın artı bir özelliğidir.

Bölüm 6’da örnek analizleri yapılmıştır. Tablo 6.1’de değişik bulanıklık değerlerinde hazırlanan standartların ölçüm sonuçları verilmiştir. Örneklerde bağıl hata 0– 1 arasında elde edilmiştir. % BSS ise 0.7-0.3 arasındadır.

Tablo 6.2’de referans bir türbidimetre ve tasarlanan türbidimetrede çeşitli örneklerde ölçümler yapılmıştır. Örnek 1 Kayseri Şeker Fabrikası Atık Su Arıtma Tesisi’nden alınan gerçek bir numunedir. Tasarlanan türbidimetre ve referans türbidimetreden elde edilen sonuçlar birbirine oldukça yakındır. Ayrıca Örnek 2 den Örnek 5 e kadar olan numuneler 4000 NTU bulanıklığa sahip olana standart Formazin süspansiyonundan gerekli seyreltmeler yapılarak hazırlanmıştır ve gerçek değeri bilinmektedir. Referans cihazda Örnek 2’nin % Bağıl Hata değeri 104 çıkmış, diğer örneklerin 99-100 arasında çıkmıştır. Tasarlanan cihazda bütün örneklerin bağıl hatası 0-1% arasında çıkmıştır. Çoğu ticari cihazlara göre bu sonuçlar oldukça tatmin edicidir.

Tasarlanan cihazın endüstriyel uygulamasını görmek amacıyla Kayseri Şeker Fabrikası Atık Su Arıtma Tesisi’nde yaklaşık bir ay süre ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümler giriş ve çıkış sularında ayrı ayrı yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Tablo 6.3’ de verilmiştir. Burada ilginç bir durum gözlenmişti. Çoğu atık su tesisinde çıkış suyunun bulanıklık değerinin normalde giriş suyundan düşük olması beklenir ancak burada alınan sonuçların büyük bir kısmında giriş suyunun bulanıklığı çıkış suyunun bulanıklığından

daha düşük çıkmıştır. Bu durumdan Kayseri Şeker Fabrikası bünyesinde bulunan Pansu adlı işletmenin sorumlu olduğu tespit edilmiştir. Şöyle ki; bu fabrikadan elde edilen fazla kaynak suyu dönem dönem atık su olarak tahliye edilmektedir ve bu su klorlanmıştır. Klorlanmış olan bu fazla su biyolojik arıtma tesisine geldiğinde bakterilerin bir kısmının ölmesine ve ölen bakterilerin bulanıklılığa neden olabileceği yetkililerce belirtilmiştir. Bu durumun zaten bilindiği ifade edilmiştir.

Sonuç olarak tasarlanan türbidimetre sanayide kullanılabilir düzeydedir. Bu cihazın Teknopark bünyesinde ticarileştirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Eltan, E., İçme ve Sulama Suyu Analiz Yöntemleri, T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1998
2. Oğur, R., Tekbaş Ö. F., Temel Su Analiz Teknikleri, Aydın Matbaacılık, Ankara, 2005
3. Altınışik, M., Spektroskopik Analiz Yöntemleri, ADÜTF Biyokimya Anabilim Dalı, Antalya, 2004
4. Hilmi, M., Türbidimetrik Sülfat Tayini Deney Raporu, Enstrümantal II Lab. 9. Deney Gurubu, 2004.
5. Skoog, D. A., Holler F. J., Nieman T. A., Enstrümantal Analiz İlkeleri, s. 127-128, Bilim Yayıncılık, 1. Baskı, Ankara, 1998.
6. www.labmate-online.com/article_read/151/ (Ağustos 2009).
7. www.acwi.gov/monitoring/conference/2004/215_SadarMike.pdf (Temuz 2009)
8. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma Daire Başkanlığı, Su Analiz Metotları, Ankara, 1976.
9. www.epa.gov/ogwdw/mdbp/pdf/turbidity/app_c.pdf (Temuz 2009)
10. www.epa.gov/ogwdw/mdbp/pdf/turbidity/chap_03.pdf (Temuz 2009)
11. www.epa.gov/ogwdw/mdbp/pdf/turbidity/chap_07.pdf (Temuz 2009)
12. www.epa.gov/ogwdw/mdbp/pdf/turbidity/chap_11.pdf (Temuz 2009)
13. [http_www.hach.pdf](http://www.hach.pdf). (Ağustos 2009)
14. Gökçe A., Belediye Su Kaynakları ve Depolarının Mikroişlemci ile Senkranizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2002
15. Kekeç A., Yenidoğan Kliniklerindeki Bebek Küvezlerinin mikrodenetleyici ile Kontrolü, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 1994
16. www.microchip.com/pic16F877.pdf. (Haziran 2009)

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Yüksel BALKAYA
Baba Adı : OSMAN
Anne Adı : AYŞE
Doğum Yeri : GEMERЕК
Doğum Tarihi : 22.03.1980

İlk, orta ve lise öğrenimini Kayseri’de tamamladı. 1998 yılında kazanmış olduğu Erciyes Üniversitesi Kayseri Meslek Yüksekokulu Endüstriyel Elektronik Bölümü'nden 2000 yılında mezun oldu. 2001 yılında kazanmış olduğu Erciyes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünden 2005 yılında mezun oldu. 2006 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.

İletişim Bilgileri:

e-mail: yuksel_balkaya@hotmail.com