

## Matlab/Simulink Kullanılarak Kimyasal Parametrelerin Gerçek Zamanlı Kontrolü için Bir Altyapı

Abdurrahman ÖZBEYAZ<sup>11</sup>

<sup>1</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye  
aozbeyaz@adiyaman.edu.tr

(Geliş/Received: 15/12/2018;

Kabul/Accepted: 17/02/2019)

**Özet:** Kimyasal süreçlerde çözelti içerisindeki bazı parametrelerin kontrolünün sağlanması ile birlikte çözeltinin istenen çıkış değerine yaklaşması beklenir. Bu parametrelerin değerlerini bir kimyasal reaksiyon sürecinde kontrol altında tutmak için kontrol algoritmaları kullanılır. Bu çalışmada, kimyasal işlemlerde kullanılan parametrelerin kontrolünü sağlayabilecek bir sistemin donanım ve yazılım alt yapısı geliştirilmiştir. ATmega 328 aracılığı ile sensörlerden okunan değerler Visual Studio.Net C#'ta geliştirilen program ara yüzüne seri iletişim ile aktarılmış ve böylece sistemin çalışabilirliği kontrol edilmiştir. Seri porttan gönderilen değerlerin istenen seviyenin alt ya da üstünde olmasına göre peristaltik pompa otomatik bir şekilde devreye alınmış ya da devre dışı bırakılmıştır. Ayrıca Matlab Simulink ortamında PID ile parametre kontrolünü sağlayacak örnek bir uygulama geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen donanımda seri iletişim için MAX232 entegresi, ATmega 328 entegresi, BD651 model transistör, 7805 marka voltaj regülatörü, DIY MORE marka pH sensörü, DC 12V 5000 RPM marka peristaltik pompa, 10 ve 1'er Farad'lık kondansatörler kullanılmıştır. Çalışmada ortaya konan altyapıda ileri kontrol algoritmaları denenerak geliştirilecek ve böylece sistemin durum tepkileri ve davranışları daha kararlı bir şekilde izlenebilecektir. Sonuç olarak, bu çalışmada kimyasal süreçlerde çözelti içerisindeki parametreleri kontrol altında tutabilecek bir sistem, donanım ve yazılım altyapıları ile birlikte geliştirilmiştir. Önerilen sistem bu alanda çalışan araştırmacılara maliyeti düşük alternatif bir kontrol sisteminin altyapısını sunmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Kimyasal İşlemler, Kontrol, Matlab/Simulink, ATmega 328, Visual Studio.Net

### An Infrastructure for the Real-Time Control of Chemical Parameters Using Matlab Simulink

**Abstract:** In chemical processes, it is expected that the solution approaches the desired output value with the parameter control in solution. Control algorithms are used to control parameters in chemical processes. In this study, a hardware and softwares infrastructure that could control the parameters used in processes was developed. The values were transferred via serial communication to the software interface developed in Visual Studio. Thus, the system's operability was checked. Peristaltic pump was automatically switched on/off according to whether values read from the serial port were above or below the desired level. In addition, an application was developed to control a parameter using PID in Matlab/Simulink. In the hardware, we employed MAX232 integrated for serial communication, Arduino Uno development card, BD651 transistor, 7805 voltage regulator, DIY MORE pH sensor, DC 12V 5000 RPM peristaltic pump and, 10F and 1F capacitors. The developed control mechanism is suitable for testing and developing new algorithms, so that the system's behavior such as system transient response can be monitored. Consequently, a hardware, which can keep the parameters in a solution under control in the chemical processes, has been developed with its softwares in this study. The proposed system alternatively presents an infrastructure in this field.

**Key words:** Chemical Process, Control, PID, ATmega 328, Embedded Systems, Visual Studio.Net, C#

#### 1. Giriş

Bir çözelti içerisindeki parametrelerin seviyelerinin kontrol edilebilmesi tüm sistemin kontrolü için önem arz etmektedir. Örneğin belirli bir pH değerine sahip suya ihtiyaç duyan bazı bitki türleri bulunmaktadır. Bu bitkilerin, su içerisinde belirli seviyede bulunan pH değeri için en iyi düzeyde sudan istifade etmesi beklenmektedir. Benzer şekilde bazı balıklar belirli bir pH değerine sahip suda yaşayabilirler [1]. pH, arıtma kalitesini ve maliyetini etkileyen, EC (Elektrokoagülasyon) işlemi için önemli bir anahtar parametredir. Bundan dolayı bir EC işleminde en iyi akım yükünün belirlenmesi ve pH parametrelerinin kontrol edilmesi gerekmektedir [2]. Bu çalışmada bir çözelti için gerekli olan belirli bir parametrenin değerini istenen seviyede tutabilecek bir kontrol mekanizmasının donanım ve yazılım kısmı geliştirilmiştir.

Bir sistemin kontrol edilmesi ile insan faktörü en aza indirilir. Otomatik bir şekilde görevi yerine getirebilen ve bozucu etkileri algılayabilen mekanik veya elektrik-elektronik sistemlere kontrol sistemleri denir. Bir

<sup>1</sup> Sorumlu yazar: aozbeyaz@adiyaman.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: 10000-0002-2724-190X

kimyasal işlemin çeşitli değişkenlerini sabit tutabilmek için kontrol sistemleri geliştirilmektedir [2], [3]. Parametrik kontrol, bir kimyasal süreç için çok önemli olabilmektedir. Kimyasal işlemlerde bazı parametrelerin anlık ve sürekli izlenebilmesi ve bu parametrelerin endüstriyel operasyonlarda hatalı davranışlarının kontrol altında tutulabilmesi gelişen bilgisayar sistemleri ile artık mümkün olabilmektedir. Ayrıca işletmelerin bilgisayar tabanlı kontrol sistemi ile kontrol edilebilmesi kurulum ve üretim maliyetleri açısından son derece önemli olmaktadır [4].

Bu çalışmada kimyasal süreçlerde çözelti için gerekli olan parametrelerin otomatik kontrolünü sağlayabilecek bir mekanizma geliştirilmiştir. Geliştirilen kontrol sisteminin altyapısı farklı algoritmaların denenmesine müsaittir. Kontrol sistemi için geliştirilen donanım üzerinde biri gömülü, diğer ikisi Windows tabanlı olmak üzere toplam üç farklı yazılım geliştirilmiştir. Sistemin çalışabilirliği pH parametresinin kontrolü ile denenmiştir. Çalışmada geliştirilen donanım, bilgisayarın seri portundan aldığı sinyali TTL seviyesine dönüştürerek belirli komutları peristaltik pompa'ya göndermiş ve bunun tersi bir durum için pH sensöründen okunan değerleri de yine TTL'e dönüştürerek bilgisayara göndermiştir. Bu işlemleri yapabilmek için bir adet ATmega 328 geliştirici kart, bir motor kontrolcü, bir adet voltaj regülatörü ve bir adet MAX232 entegresi kullanılmıştır. Bu donanım çok giriş ve çok çıkışlı uygulamaların geliştirilmesine de müsaittir. Çalışmada geliştirilen gömülü sistem yazılımı ise giriş çıkış işlemlerini yapabilen ve peristaltik pompayı sürebilen bir yazılımı içermiştir. Bununla birlikte, çalışma kapsamında geliştirilen Windows tabanlı yazılımlardan birincisi seri port aracılığı ile sistemin çalışabilirliğini test etmek için kullanılmış, diğer yazılım ise Matlab Simulink ortamında geliştirilmiş ve bu yazılımda üzüm posası çözeltisinde sürekli artan pH değerini kontrol etmek için Simulink ortamında PID uygulaması geliştirilmiştir.

Çalışma kapsamında geliştirilen sistem özellikle kimyasal reaksiyon süreçlerinde belirli bir parametreyi kontrol altında tutmak isteyen araştırmacılar için yeni ve maliyeti düşük bir çözüm sunmaktadır. Literatürde açık kaynaklı böyle bir çalışma pek bulunmamakla birlikte genellikle böyle bir sistem için araştırmacılar ciddi proje bütçeleri ayırmaktadır. Önerilen bu sistem ile araştırmacılar kontrol tabanlı kendi projelerinde maliyeti daha uygun, geliştirilmeye daha müsait, açık kaynak ve yönetilebilir bir kontrol sistemi altyapısı kurabileceklerdir. Bu çalışmada geliştirilen sisteme benzer sistemler literatüre bakıldığında şöyle sıralanabilir; yapılan bir çalışmada ticari amaçlı şişelenmiş sulardaki pH değerini kontrol etmek için farklı cihazlar denenmiştir. Yapılan bu çalışmada kurulan sistem ticari amaçlı ve maliyeti yüksek bir sistem olup aynı zamanda tam bir kontrol mekanizması sağlamamaktadır [5]. Yapılan başka bir çalışmada ise yağmur suyu içerisindeki pH değerinden su kalitesi testleri yapılmıştır. Bu çalışmada önerilen kontrol sistemi sadece bir prototip olarak önerilmiştir [6]. Yapılan başka bir çalışmada ise otomatik pH izleme ve kontrol etme sistemi veri elde etme kartı kullanılarak geliştirilmiştir [7]. Yapılan diğer bir çalışmada ise; su çözeltisinde pH seviyesi sensörle ölçülmüş ve mikro denetleyici tarafından otomatik olarak kontrol edilmiştir. Ve böylece geliştirilen sistem derin su kültüründeki pH değerini ayarlayabilmiştir [8]. Önerdiğimiz çalışmanın bu son çalışmalardan farkı, farklı kontrol algoritmalarının sistem üzerinde denenebilmesine olanak sağlamasından ileri gelmektedir. Yapılan başka bir çalışmada ise pamuklu tekstil endüstrisinden elde edilen atık suların Elektrokoagülasyon (EC) yöntemiyle arıtımı gerçekleştirilmiş ve bu arıtım işleminde pH kontrolü ticari amaçlı bir kontrol sistemi ile gerçekleştirilmiştir [2]. Yapılan başka bir çalışmada ise pH kontrolü nesnelere interneti uygulaması ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmada sistemin donanım ve yazılım altyapısı kullanıcı tarafından geliştirilmiştir [1]. Ancak bu çalışma otomatik kontrol sistemi için yeterli değildir.

Makalenin bundan sonraki kalan kısmı şu şekilde oluşturulmuştur; ikinci bölümde çalışma kapsamında kullanılan donanımlar ve yazılım için kullanılan platformlar anlatılmıştır. Üçüncü kısımda bulgulara yer verilmiş ve son bölümde ise sonuçlar ve tartışmadan bahsedilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada kimyasal işlem sürecinde çözelti içerisindeki belirli parametrelerin kontrolünü sağlayabilecek bir sistem geliştirilmiştir. Sistemin yazılım altyapısı daha sonra geliştirilecek farklı kontrol algoritmaları için güncellenmeye müsaittir. Bilgisayar ile seri iletişim yapan donanım, duruma göre belirli sinyalleri bilgisayara göndermekte ve böylece kontrol sistemi çalıştırılmaktadır. Sistemin çalışabilirliğini kontrol etmek amacıyla geliştirilen yazılım öncelikle Microsoft Visual Studio C# ile ortaya konmuştur. Bu yazılım ile çözeltideki parametrelerin değerleri anlık olarak okunabilmektedir. Seri porttan okunan değerler belirli bir eşik üzerine çıktığında peristaltik pompayla seri port üzerinden iletişim kurularak sistem çalıştırılmaktadır. Aynı zamanda Matlab Simulink ortamında geliştirilen diğer bir yazılımda ise sistemde kontrolü sağlamak için PID kontroller denenmiştir. Çalışmada kullanılan materyaller ve metot aşağıda anlatılmıştır.

## 2.1.Gömülü Sistem

Çalışma kapsamında geliştirilen donanım için Arduino kart kullanılmıştır. Arduino açık kaynak temelli elektronik bir cihazdır. Bu cihaz üzerinde ATmega328P mikro denetleyici barındırır. Arduino kartlarının donanımında bir adet Atmel AVR mikro denetleyicinin yanı sıra programlama ve diğer devrelere bağlantı için gerekli yan elemanlar bulunur. Kart üzerindeki mikro denetleyici, yazacağımız programa göre giriş ve çıkış bağlantılarını kontrol eder. Bu kart 5 V ve 3.3 V'luk çıkış gerilim seçeneklerine sahiptir. Ayrıca her Arduino kartında en azından bir 5 voltluk regüle entegresi ve bir 16 MHz kristal osilator bulunmaktadır. Bilgisayara takılı olan USB kablo veya bir koaksiyel kablo aracılığı ile taşınabilir güç kaynağı üzerinden giriş gerilim beslemesini alabilir. Bir Arduino bordu kullanılarak çeşitli uygulamalar geliştirilebilir. Arduino ara yüzü kullanılarak yazılan kodlar kontrolcü üzerine atılabilir. Arduino'nun çeşitli türleri vardır. Bunlar Uno, Mega, Yun ve diğerleri olarak sayılabilir [9]. Geliştirilen elektronik sistemde ucuz ve kolay olduğu için Arduino Uno geliştirme kartı kullanılmıştır.

## 2.2. pH Sensörü

Gerçek zamanlı bir uygulama geliştirebilmek için çalışmada üzüm posası çözeltisi kullanılmıştır. Çözelti içerisinde ki pH değeri zamanla kendiliğinden değiştiği için kontrol sisteminin çalışma şekli gerçek zamanlı olarak daha rahat izlenebilmiştir. pH uygulamada asidiklik ya da baziklığın bir ölçüsü olarak tanımlanır ve pH sensörü bu değeri ölçer. Saf su natürelidir ve 25 °C altında pH değeri 7 değerine yakındır. Eğer çözelti içerisindeki pH değeri 7'den büyükse çözeltinin bazik ya da alkaline olduğu ve eğer pH değeri 7'den küçük ise çözeltinin asidik olduğu ifade edilir [7]. Bu çalışmada pH sensörü, çözeltideki pH değerini ölçmektedir. pH sensöründe ölçülen değerler Atmega 328 mikro kontrolcüsü vasıtası ile bilgisayarda geliştirilen yazılıma gönderilmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan pH metre, pH 0-14 değer algılama regülatör modülü izleme kontrol ölçer cihazını ve Arduino için BNC pH elektrot probunu içermektedir. pH sensörü özellik değerleri şöyledir; çalışma voltaj aralığı 5±0.2V (AC / DC), çalışma akım aralığı 5-10mA, algılama kapasitesi pH 0-14, cevaplama süresi 5S den küçük, kararlılık süresi 60S den küçük, güç tüketimi 0.5 W'dan küçük, çalışma sıcaklık aralığı -10~50 °C, çalışma nemi 95%RH ve analog voltaj sinyal çıkışına sahiptir. BNC elektrot pH probe özellik değerleri ise şöyledir; anlık okuma, BNC giriş terminali, pH aralığı 0-14, alkali hatası 0.2 pH, dahili direnci 98.5% den büyük, cevaplama süresi 1 dakikadan küçük, işletme sıcaklığı 0-60°C'dir.

## 2.3. Peristaltik Pompa

Peristaltik pompalar, sıvıları güvenli ve hızlı bir şekilde aktarmada kullanılır. Pompanın iç aksamı ile hiçbir şekilde sıvı teması olmadığından, medikal, gıda ve kimyasal deney uygulamalarında sıkça tercih edilmektedir. Peristaltik pompa, 12V gerilim ile çalışmaktadır. Çevre dostu toksik madde içermeyen silikon hortuma sahiptir. Herhangi bir valf, solenoid vb. yapıya sahip olmadığından, istenildiği takdirde bu hortum değiştirilebilir [7]. Pompa iki yönlü olarak kullanılabilir. Çalışma kapsamında kullanılan peristaltik pompanın özellikleri şöyledir; çalışma gerilimi 12VDC, akış hızı 6-24 mL/dk, çalışma sıcaklığı: 0~40 °C, çalışabileceği ortam nemi: < 80%, boşta çektiği akım 0.06A, yükte çektiği akım 0.25A, boşta hızı 3500 RPM ve hortum tipi D (1.5-4) mm\*0.5m silikon hortum. Çalışmada kullanılan bahsi geçen özelliklere sahip peristaltik pompa Arduino'dan gelen bilgiye göre devreye girerek çözeltiliye asit veya baz ekleyerek sistemin pH değerini denge durumuna getirmiştir.

## 2.4. MAX232 Devresi

MAX232 entegresi, mikro denetleyici seri iletişim uygulamalarında seviye dönüştürücü olarak kullanılan entegredir. Bu entegre TTL/CMOS(0-5) ->RS232(-12 +12) ve RS232->TTL/CMOS seviyesine dönüştürme işlemini gerçekleştirmektedir. Entegrenin Rx pinleri yüksek seviyeli RS232'i giriş olarak alır, düşük seviyeli TTL/CMOS çıkışlarına çevirir. Tx pinleri ise düşük seviyeli CMOS/TTL seviyeleri alarak yüksek seviyeli RS232'ye çevirir. MAX232 entegresi seviye dönüşümünün yanında tersleme işlemini de yapmaktadır. Çünkü CMOS/TTL için lojik-0 0V iken, RS232 için +12 voltur yani bildiğimiz lojik 1 ve 0 mantığının tersi bir durum vardır. Çalışmamızda kullandığımız MAX232 entegresi seri iletişim yapmaktadır.

## 2.6. Motor Süren Devre

Çalışmada kullanılan peristaltik pompanın devreye alınabilmesi ve pH değerlerinin bilgisayar tarafından okunabilmesi için bilgisayarın seri portundan gelen bilgilerin pompaya aktarılmasına ihtiyaç vardır. Bu nedenle çalışma kapsamında bir elektronik devre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sistemi düzenlemek ve denetlemek için çalışmada BD651 model transistör ve 7805 marka voltaj regülatörü kullanılmıştır. Sistemde kullanılan transistör NPN tipli olup sistemde anahtarlama görevi yapmaktadır. Anahtarlama işlemi motorun açılıp kapanmasını sağlayan bir işlemdir. Aynı zamanda sistem içerisinde kullanılan voltaj regülatörü 1.8V, 3.3V, 5V, 6V, 8V, 9V, 12V, 15V, 18V, 24V ve ayarlanabilir, pozitif ve negatif çıkışlı, Dip veya SMD Kılıf tipinde entegreleri içermektedir. Sistemde kullanılan bu voltaj regülatörü düşük voltaj değerlerinde çalışan devre elemanlarını çalıştırabilmek için kullanılmıştır.

## 2.7. Yazılım Ortamları

Visual Studio.Net yazılımı geliştiricilere karmaşık uygulamaları görsel ara yüze sahip bir platformda geliştirmelerine müsaade eden bir ortam sunmaktadır. Visual C#'ta programlama çeşitli bileşenleri veya kontrolleri birlikte görsel bir şekilde bir form üzerinde düzenleyerek, bu bileşen ve kontrollerdeki özellikleri ve aksiyonları ayarlayarak ve her bir bileşen ve kontrol altına çeşitli komut satırları yazarak bir uygulamanın geliştirme adımlarını tamamlanmasını sağlamaktadır. Visual Studio platformunda, daha önceden tanımlanmış eylemler ve nitelikler için program yazma süreci basitleşir ve dolayısı ile geliştiriciler çok fazla satır kod yazma zahmetinden kurtulurlar [7]. Çalışmamızda Visual Studio.NET C# da geliştirilen yazılım, sistemin pH değerini denetleyerek sistemin daha verimli ve istenilen pH değerine göre çalışmasını sağlamaktadır.

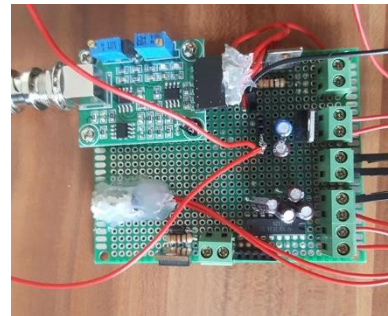
Çalışma kapsamında sistemin kontrolü Matlab Simulink ortamında PID ile geliştirilmiştir. Simulink ortamındaki veriler, USB portu üzerinden denetleyici kartına seri haberleşme yönetimi ile gönderilip alınmıştır. Bu haberleşmenin sağlanabilmesi için Arduino Simulink kütüphanesinden Arduino IO Setup bloğu eklenmiş ve USB kablo hangi porta bağlı ise "Serial (COM) port" bölümüne yazılmıştır. Arduino Uno kartının analog girişlerine bağlanan sensörler sağladığı verilerin Simulink ortamına aktarılması için Analog Read blokları Simulink ortamına eklenmiştir. Arduino Uno kartının analog girişleri 10 bit çözünürlüğe sahip olduğu için analog sinyaller minimumda 0 maksimumda 1024 değerini almıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada kimyasal süreçlerin kontrol altyapısını sağlayacak bir sistem tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında temelde dört adet donanım ve üç adet yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem içerisinde birer adet motor sürme ve seri iletişimi sağlayan devre tasarım kartı, bir adet Arduino Uno kart, bir adet peristaltik pompa ve bir adet pH sensörü çözeltinin içerisinde bulunduğu beher ile birlikte kullanılmıştır. Yazılımlardan birincisi bilgisayarda pompanın çalışıp çalışmaması gerektiğine karar vermiş, diğer yazılım motoru sürmüş ve seri iletişimi sağlamış ve üçüncü yazılım ise PID kontrolcü ile kimyasal çözeltideki pH değerini kontrol etmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen donanım Şekil-1'de gösterilmiştir.



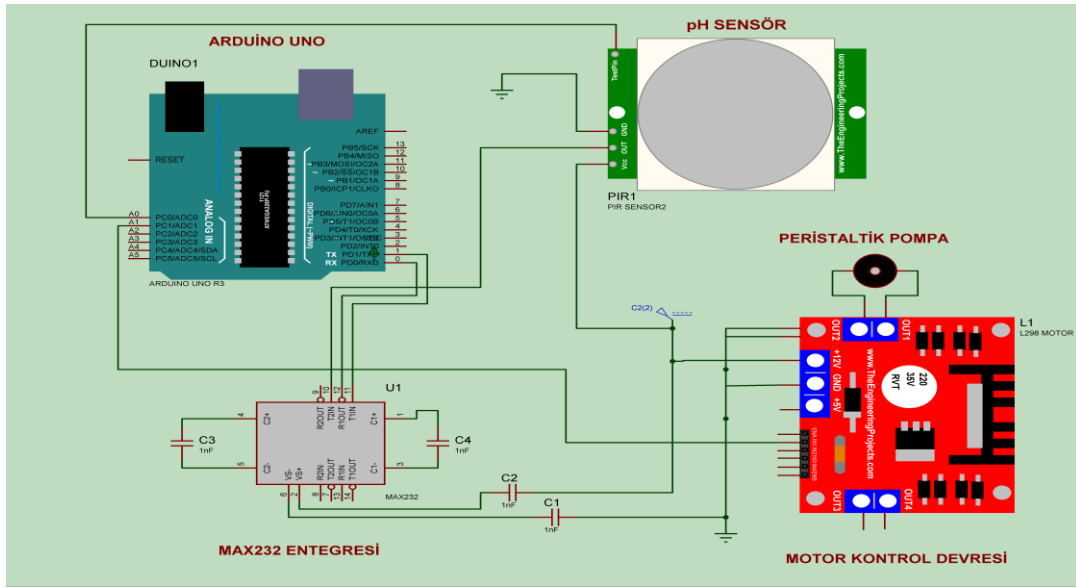
(a)



(b)

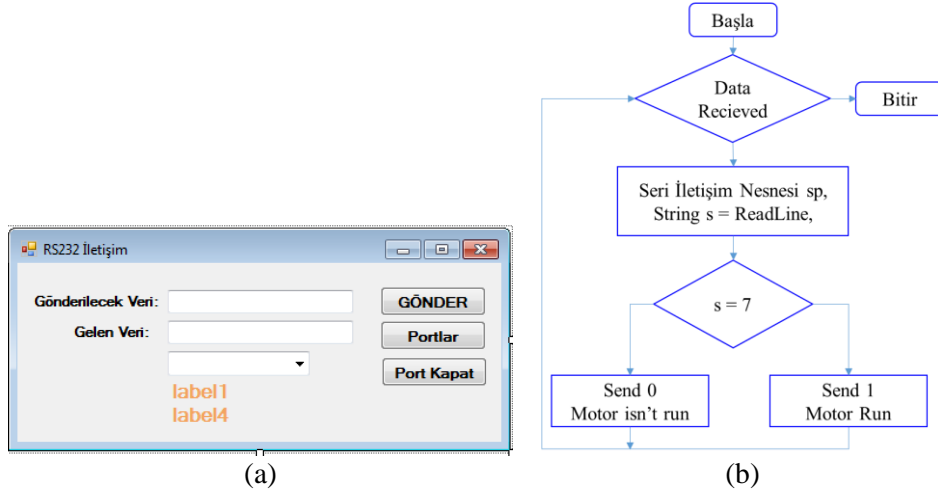
**Şekil 1.** (a) Geliştirilen sisteme ait görsel (b) sistem içerisinde motor sürmek ve seri iletişimi sağlamak için geliştirilen elektronik kart

Şekil 1-(a)'da geliştirilen sisteme ait genel bir görünüm ve Şekil 1-(b)'de ise geliştirilen sistemde motor sürme işlemini ve seri iletişimi mümkün kılan bir devre tasarımı gösterilmiştir. Geliştirilen kontrol kartında bir adet MAX232 devresi, bir adet BD651 model transistör, iki adet 7805 marka voltaj regülatörü, bir adet DIY MORE marka pH sensörüne ait BNC konektör, 10 ve 1 Farad'lık kondansatörler kullanılmıştır. Sistemde kullanılan voltaj regülatörleri 12V'luk gerilimi 5V'a düşürmektedir. Bunun yapılma sebebi, düşük voltaj değerlerinde çalışan sistem bileşenlerinin bulunmasından kaynaklanmaktadır. Sistemde peristaltik pompayı açıp kapatabilmek (anahtarlama) için transistör kullanılmıştır. Ayrıca sistem üzerindeki seri iletişimi TTL seviyesinde yapabilmek için MAX232 entegresi kullanılmıştır. pH sensöründen okunan değerler MAX232 devresi aracılığı ile geliştirilen program ara yüzlerine gönderilmiştir. Gönderilen pH değerleri yazılımlar tarafından değerlendirilmiş, asitlik veya bazlık değerlerini aşma durumuna göre peristaltik pompa otomatik olarak devreye alınmış veya devreden çıkarılmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen sisteme ait proteus çizimi Şekil 2'de verilmiştir.



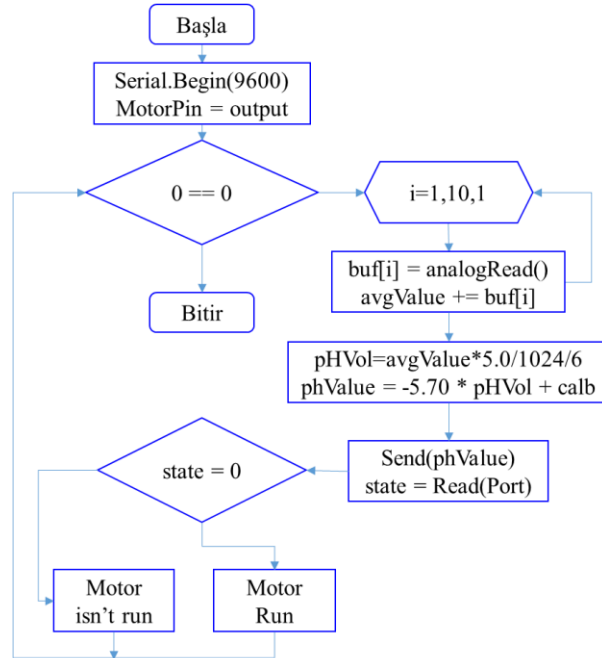
Şekil 2. Elektronik cihazın bağlantı şeması

Çalışma kapsamında üç farklı yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılımlardan birincisi Visual Studio.Net ortamında C# programlama dili ile geliştirilmiştir. Bu yazılım pH değerlerini seri iletişim ile bilgisayar ortamına aktarmış ve pH seviyesine göre seri porta 0 ya da 1 bilgisini göndermiştir. Seri port üzerinden gelen bilgi eğer 0 ise peristaltik pompa kapalı konumda, 1 ise peristaltik pompa açık konuma getirilmiştir. İki sistem arasındaki seri iletişim sürekli olduğu için peristaltik pompa hassas bir şekilde çalışmıştır. Bu yazılım, sistemin çalışabilirliğini belirlemek amacı ile geliştirilmiştir. Kimyasal süreçlerde çözelti içerisinde ki kullanılan parametreleri (pH, sıcaklık, iletkenlik, vb.) kontrol altında tutabilmek için geliştirilen bu sistem üzerinde farklı algoritmalar denenebilecektir. Çalışmanın tamamıyla gömülü bir sistem üzerinde değil de bilgisayar destekli olarak geliştirilmesinin sebebi ise sistem üzerinde farklı algoritmaların geliştirilebilmesine olanak sağlamak içindir. Sistemde geliştirilecek kontrol algoritmaları için Matlab ya da R gibi programlama dilleri tercih edilebilecektir. Geliştirilen Windows ara yüzünde giden ve gelen verilerin izlenebilmesi için iki adet Textbox, port seçimi yapabilmek için bir adet Combobox ve hazırda bekleyen portları görebilmeyi, seri iletişimde veri gönderebilmeyi ve port kapatmayı sağlayan üç adet button bulunmaktadır. Geliştirilen Windows tabanlı yazılımın ara yüzü ve akış diyagramı Şekil 3'te verilmiştir. Ayrıca yazılıma gelen verileri okuyabilmek için seri port nesnesinin DataReceive olayına yazılan kodun akış diyagramı Şekil 3-(b)'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Windows tabanlı geliştirilen programa ait (a) ara yüz (b) ve akış diyagramı

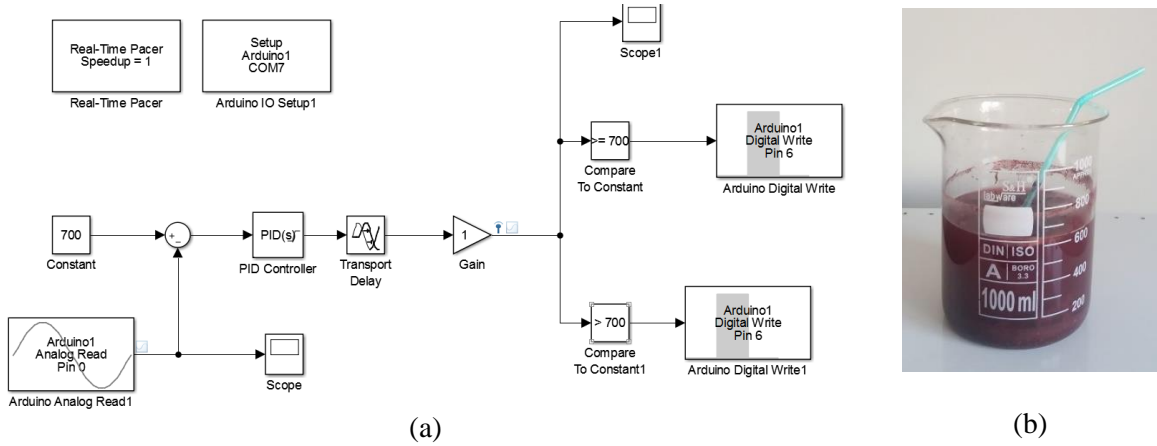
Çalışma kapsamında geliştirilmiş olan diğer bir yazılım ise peristaltik pompa sürme işlemini ve pH sensöründen pH değerini okuyarak bilgisayar ile seri iletişim yapabilen Arduino geliştirme kartı üzerinde yazılmış kod bloğudur. Arduino kart üzerinde ki A0 ve A1 pinleri sırasıyla pH okumak ve motor sürmek için kullanılmıştır. pH voltaj değerini elde etmek için arka arkaya 10 adet değer okunmuş ve bu değerler belirli bir kalibrasyon süzgecinden geçirilerek ortalama pH değeri elde edilmiştir. Son olarak elde edilen ortalama pH değeri bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayara veri gönderebilmek için Arduino'nun SoftwareSerial kütüphanesinden faydalanılmıştır. Arduino kart üzerinde seri iletişim için 10 ve 11'nci PWM çıkışları kullanılmıştır. 10. Port gönderilen, 11. Port ise gelen verileri almak için kullanılmıştır. Seri iletişim için 9600 baudrate veri iletişim hızı tercih edilmiştir.



Şekil 4. pH kontrolü yaparak motoru süren algoritmanın akış diyagramı

Çalışmada sistemi test etmek amacıyla örnek bir uygulama Matlab ortamında Simulink ara yüzü kullanılarak geliştirilmiştir. Simulink ortamında PID kontrolcüsü, üzüm posası çözeltisindeki (Şekil 5-b) pH

değerini kontrol etmek için kullanılmıştır. Sistemin Matlab ortamında çalışabilmesi için Arduino üzerinde sistemin giriş çıkışlarını kontrol edebilecek özel bir yazılım kullanılmıştır. Bununla birlikte Simulink ortamında Arduino ile data alış verişini sağlayacak kütüphane Matlab ortamına eklenmiştir. Çalışma kapsamında bir blok diyagram uygulaması Simulink ara yüzü kullanılarak geliştirilmiştir. Bu ara yüze ait görüntü Şekil 5-a'da verilmiştir. Simulink ara yüzünde geliştirilen program bloğunda pH değerinin 7'de tutulması istenmektedir. Yapısı gereği üzüm posası çözelti içerisinde pH sürekli artmaktadır. Geliştirmiş olduğumuz PID kontrolcüsü ise pH değerini 7 seviyesinde tutmayı hedeflemiştir. Arduino'dan gelen pH değeri pin 0'dan okunmuş ve en son çıkan değer pin 6'dan sisteme gönderilmiştir. Böylece sistem negatif beslemeli bir döngü içerisinde çalıştırılmıştır. Kontrol sisteminde geliştirilen donanım, sisteme aktüatör olarak entegre edilmiştir. PID uygulamasında sistemdeki pH değerinin 7 seviyesinde tutulduğu gözlenmiş ve sistemin çalışabilirliği ispat edilmiştir.



Şekil 5. Matlab Simulink ortamında geliştirilmiş uygulamaya ait (a) blok diyagram ve çalışmada kullanılan (b) üzüm posası çözeltisi

#### 4. Sonuçlar

Otomatik kontrol sistemleri, belirli bir düzende çalışan sistem elemanlarına ait bazı parametrelerin istenen düzeyde kalmasını sağlayan mekanizmalardır. Uzun yolda seyreden bir arabanın belirli bir hızda kalması, çamaşır makinesinin istenen devir sayısında dönmesi gibi uygulamalar otomatik kontrol sistemlerine örnek olarak verilebilmektedir. Yapılan çalışmada kimyasal reaksiyon süreçlerinde çözelti içerisindeki parametreleri istenen seviyede otomatik olarak tutmayı hedefleyen bir mekanizmanın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, kimyasal süreçlerde rahatlıkla kullanılacak, otomatik kontrolü sağlayacak, algoritmaların platform bağımsız bir şekilde geliştirilebilmesini mümkün kılacak ve maliyeti düşük bir kontrol sisteminin altyapısı geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistemin donanım biriminde; Arduino kart, bir adet peristaltik pompa, pH sensörü, donanım bileşenlerini birbirleriyle senkronize ederek çalıştırabilen elektronik bir kart ve bir bilgisayar kullanılmıştır. Kontrolcü olarak ATmega328 entegresi kullanılmıştır. Tüm bu donanımları birbirleriyle senkron bir şekilde çalıştıracak ve motoru sürebilecek üç farklı yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılımlardan birincisi gömülü sistem üzerinde, ikincisi bilgisayar ortamında ve diğer yazılım ise örnek bir kontrol algoritmasının gerçek zamanlı uygulamasını gözlemlemek amacı ile Matlab/Simulink platformunda geliştirilmiştir. Geliştirilen kontrol sisteminde masaüstü bir bilgisayarın kullanılma nedeni, çeşitli kontrol algoritmalarının geliştirilebilmesini sağlamak içindir. Gelişmiş kontrol algoritmalarına ait kütüphaneler masaüstü bilgisayar ortamında daha rahat kullanılabilirdiği için geliştirilen yazılım uygulamaları masaüstü bilgisayarlarda koşturulmuştur.

Sonuç olarak geliştirilen Matlab/Simulink temelli kontrol sistemi; çözelti içerisindeki parametre değerlerini istenilen değerde otomatik bir şekilde tutmayı hedeflemiş ve bunu çalışmada geliştirilen yazılımlar ile başarmıştır. Yapılan çalışma ileride geliştirilmesi hedeflenen kontrol algoritmaları için bir altyapı sunmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan donanım bileşenleri farklı şekillerde güncellenebilir durumdadır. Şöyle ki kontrol altyapısında kullanılan tüm cihazları senkron bir şekilde çalıştıran elektronik kart farklı donanım bileşenleri için güncellenebilir. Örneğin sistem üzerinde kullanılan bir adet peristaltik pompa projenin ilerleyen

dönemlerinde iki durumlu kontrol için genişletilebilir. Ayrıca sistemin altyapısı farklı kontrol algoritmalarının geliştirilmesine imkân verebilecektir. İleriki çalışmalarda sistem donanımları genişletilecek ve bulanık mantık gibi ileri kontrol algoritmalarının uygulamaları sistem üzerinde denenecektir.

### Kaynaklar

- [1] Altınten, A., Demirci, Y., Pekel, L. C., & Alpbaz, M. (2016a). Elektrokoagülasyon Reaktöründe Bulanık Kontrol Metodu İle Ph, İletkenlik Ve Sıcaklığın Eş Zamanlı Kontrolü. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(4), 987–996.
- [2] Aparna, V. (2014b). Development of Automated pH Monitoring & Control System Through USB Data Acquisition. In 2014 6th IEEE Power India International Conference (PIICON) (pp. 1–6).
- [3] Cancelier, A., Claumann, C. A., Bolzan, A., & Machado, R. A. F. (2016c). Predictive control of a batch polymerization system using a feedforward neural network with online adaptation by genetic algorithm. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 33(1), 177–190.
- [4] Demirci, Y., Pekel, L. C., & Alpbaz, M. (2015d). Investigation of Different Electrode Connections in Electrocoagulation of Textile Wastewater Treatment. International Journal of Electrochemical Science, 10, 2685–2693.
- [5] Dibble, W. E., & Tiller, W. A. (1999e). Electronic Device-Mediated pH Changes in Water. Journal of Scientific Exploration, 13(2), 155–176.
- [6] Fatani, A., Kanawi, A., Alshami, H., Bensenouci, A., Brahimi, T., & Bensenouci, M.-A. (2018f). Dual pH level monitoring and control using IoT application. In 2018 15th Learning and Technology Conference (L&T) (pp. 167–170).
- [7] Maciel, P. S. P., Da Silva, S. B., De Medeiros, G. F. B., & Rodrigues, T. V. (2013g). Innovative pH control for water: Reusing rainwater. In 2013 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC) (pp. 288–293).
- [8] Saaid, M. F., Sanuddin, A., Megat, A., & Yassin, M. S. A. I. M. (2015h). Automated pH Controller System for Hydroponic Cultivation. In Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE) (pp. 186–190).
- [9] Vimal, P. V., & Shivaprakasha, K. S. (2017i). IOT based greenhouse environment monitoring and controlling system using Arduino platform. In 2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT) (pp. 1514–1519).