

PWM SİNYALİ İLE DC MOTOR HIZ KONTROLÜ VE SÜRÜCÜ DEVRESİNİN ESD ETKİLERİNDEN KORUNMASI

Fatih Kurt

Özet - PWM sinyali, motor hızını kontrol etmek için başvurulan verimli bir yöntemdir. PWM sinyalini yazılım ile üretmek çok kolaydır. Temel olarak motorun dönme hızı, darbeler şeklinde ENABLE girişine uygulanacak lojik voltajın darbe zaman aralığına bağlıdır. Bu yazıda PWM sinyalinin; 8254 terminali ve yazılım ile üretilmesi, devrenin işleyişi ve aynı devre üzerinde elektronik bileşenler için hassas bir noktaya gelen Elektrostatik Deşarj (ESD) etkisinden korunma olayına değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler - PWM, DC Motor, ESD, Motor Hız Kontrolü

Abstract - PWM signal, is an efficient way to control DC Motor speed. It is very easy to obtain PWM signal by a soft ware. Basicly the speed of the DC Motor depends on the "pulse time period" of logic voltage which is applied to ENABLE input as a pulse. The aim of this article is producing PWM signals by using 8254 terminal and a software. Also describes the circuit and protection of electronic components from the damage of Electrostatic discharge effect.

Key Words – PWM, DC Motor, ESD, Motor Speed Control

I.GİRİŞ

İlk motor dizaynlarından biri de DC motordur. Günümüzde değişken hız ve tork elde edebilmek için yaygın olarak tercih edilen motor türü DC motorlardır. Bu kadar yaygın bir kullanım sahasına sahip olan DC motorların, hızlarının nasıl kontrol edileceği çok önemlidir.

DC motorun hızını kontrol etmenin birçok yolu vardır. DC motora uygulayacağımız akımın yönüne göre motorun yönü, voltajın büyüklüğüne göre de hızı değişecektir. SCR (Silicon Controlled Rectifier – Silikon Kontrollü Doğrultucu) ve PWM (Pulse Width Modulation), en sık kullanılan iki yöntemdir. Silikon kontrollü doğrultucu ile yapılan kontrol devrelerinde, doğrultucu ve direnç yardımıyla elde edilen kontrol mekanizması bilgisayar sistemleri için kullanışlı bir denetim yöntemi değildir. Bilgisayar yazılımı denetimi ile PWM kullanarak DC motor hızını kontrol etmek, diğer kontrol yöntemlerinden daha etkindir. Şekil 2. 'de genel motor kontrol yönteminin blok diyagramı görülmektedir.

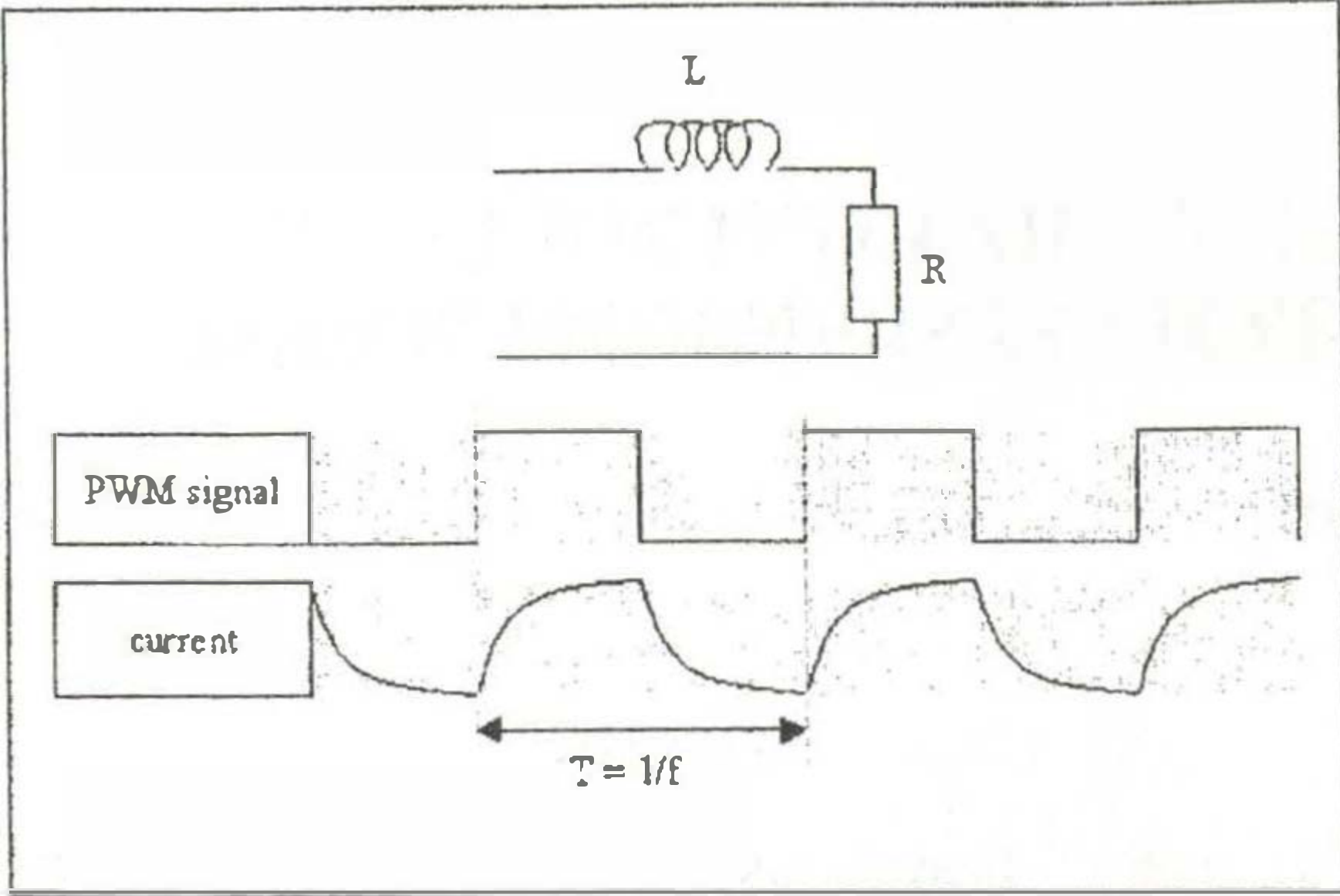
Endüstriyel alanda kullanılan DC motor gerilimleri 90-120-250 Volt aralığındadır. Ancak mobil uygulamalarda bu değerler 5-12-24-48 VDC aralığında olmaktadır.

II. PWM SİNYALİ

PWM sinyalleri, DC motorun hız kontrolü için kullanılabilir. Tipik olarak DC motor kontrol devreleri, zamanlama devreleri ile birlikte tasarlanmaktadır. Burada zamanlama olayı yazılım kullanılarak çözüme ulaştırılmıştır. Böylece devremiz daha verimli bir hale gelmektedir. Şekil 5.'de görülen PWM sinyalinin karakteristiğinin motorun üzerindeki darbelere göre değişimi Şekil 1. de verilmiştir [4].

Hız kontrolü için PWM'de kullanılabilir frekans aralığı 18-20 kHz' dir. İstenilen bu aralığı elde edebilmek için DC motor üzerindeki akımın periyotlarına bakılmak gerekmektedir. Şekil 1.'de verilen karşılaştırma grafiğindeki verilere göre frekans şöyle hesaplanabilir:

$$i = I.e^{-\frac{t.R}{L}}$$



Şekil 1. PWM sinyaline göre DC motor üzerindeki akım değişimi.

Burada birim zamana düşen akım $t = T/2$ (i_1) $t = 0$ (i_0) anındaki güç yüzdesinden (%P) düşük olmalıdır. Buradaki limit şartı sağlanarak;

$$i_1 = \left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot i_0$$

Böylece;

$$I \cdot e^{-\frac{t \cdot R}{L}} = \left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot i \cdot e^0$$

$$I \cdot e^{-\frac{t \cdot R}{L}} = \left(1 - \frac{P}{100}\right)$$

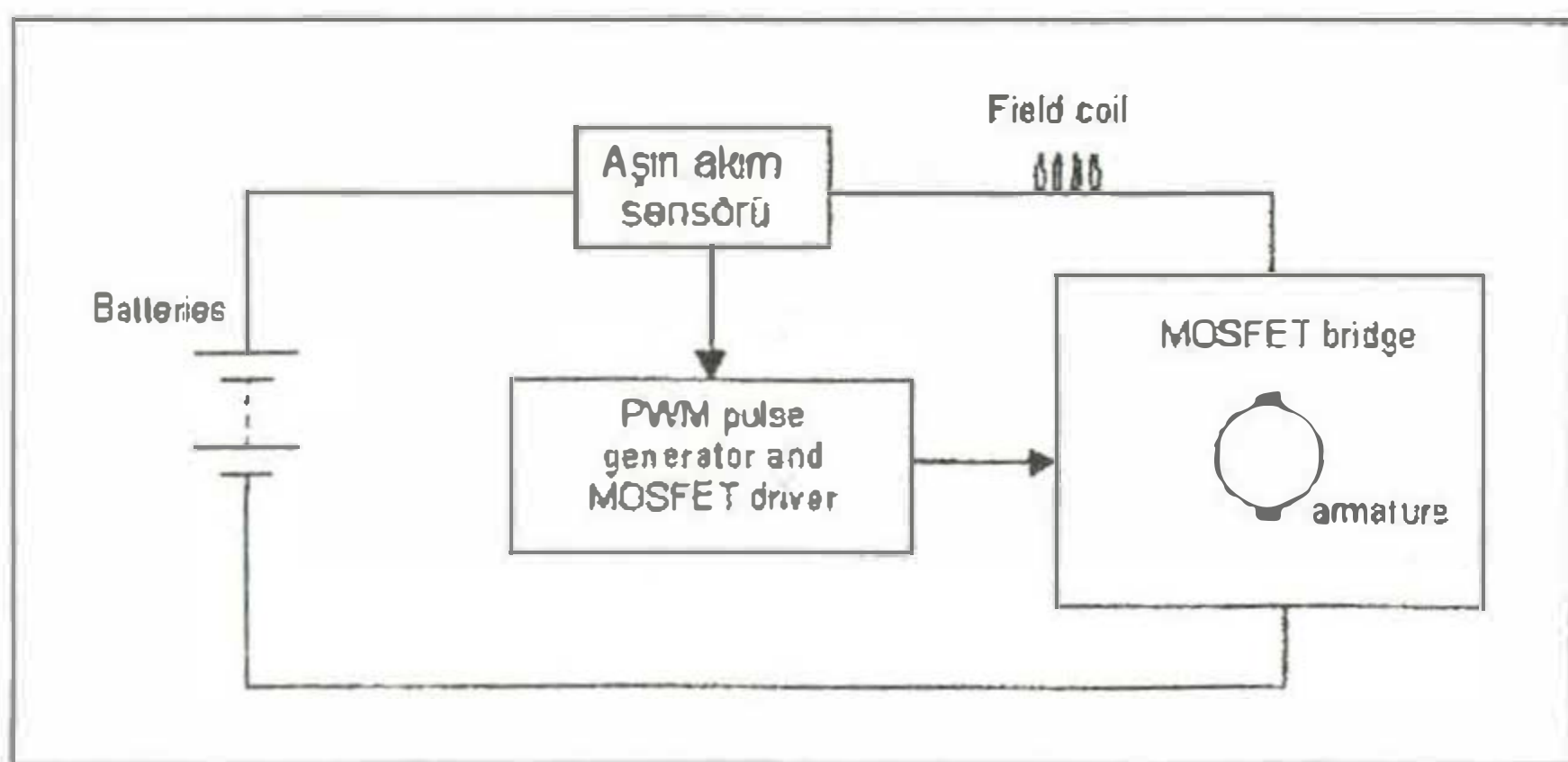
$$-\frac{TR}{SL} = \ln\left(1 - \frac{P}{100}\right)$$

$$T = \frac{-2L}{R} \cdot \ln\left(1 - \frac{P}{100}\right)$$

$f=1/t$ formülünü kullanarak;

$$f = \frac{R}{-SL \cdot \ln\left(1 - \frac{P}{100}\right)}$$

olarak bulunur.

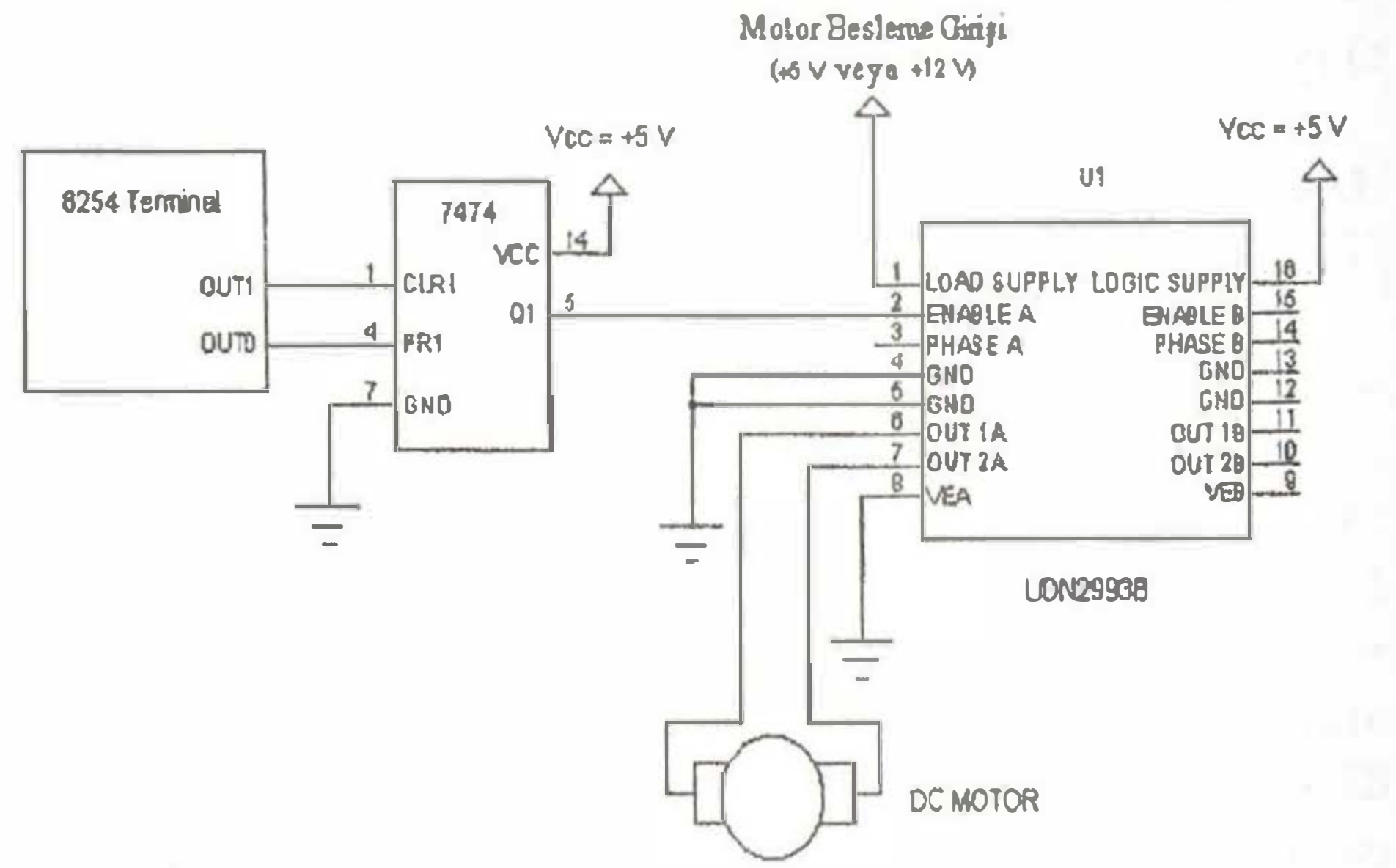


Şekil 2. Motor Kontrolü Blok Diyagramı.

Motorun en verimli çalışma hızını elde etmek için, Şekil 3. 'de yazılım akış şemasında görülen PWM fonksiyonundaki total-time değişkenini değiştirmek gerekmektedir. Bu değer Şekil 3.'deki devre için 0.1 saniye olarak ayarlanmıştır. Bu değeri değiştirdikçe motorun çalışma hızı ve karakteristiği de değişecektir [1, 4].

II.1 8254 Terminali ile PWM

Motor kontrol üniteleri için oldukça ucuz bir çözüm olan 8254 terminali bilgisayar anakartına bağlanabilmek için bir ISA kartını kullanması gerekmektedir. 8254 terminali ile mevcut ISA kartı 34 pin'lik ribbon kablo ile birbirine bağlanabilmektedir. Mevcut yazılımımızın yardımı ile bu karttan motor sürücüsünün hız kontrol ünitesine lojik değerler gönderebilmemiz için Şekil 3.'deki Flip-Flop (7474) kullanılmaktadır.



Şekil 3. 8254 terminali ile DC Motor Hız kontrolü

Terminalin kullanıldığı devrede bilgisayardan -5, +5, -12, +12 Voltluk gerilimler alınmakta, güç kaynağı üzerinden ise topraklama yapılmaktadır. Devre bu şekilde çalıştırılırsa motorun 1A 'in üzerinde ani akım çekmesi durumunda PC nin hassas devreleri için sakıncalı bir durum meydana gelecektir. Burada bu ani akımdan kaçınabilmek için motorun ve terminalin topraklamasının ortak bir noktadan yapılması gerekmektedir. Bu devrelerin dış etkilerden korunma yöntemine ESD bölümünde değinilecektir.

II.2 Yazılım Kriterleri

PWM sinyalleri görev çevrimi (duty cycle) oranı ile tanımlanır. Görev çevrimi süresi, Şekil 5.'de görülen PWM dalgasındaki gecikme zamanları (ontime, offtime) ile toplam süre arasındaki orana eşittir. 100% DC (duty cycle) demek, motor tam performans ile çalışıyor demektir. Eğer motorun hızı ile oynamak istenmiyorsa, ENABLE (2) girişine,

sürekli lojik 1 uygulanmaktadır. Bu durumda motor tam güç ile çalışacaktır.

UDN2993B entegresinin, motorun yönünü ve hızını belirlemek için iki konnektörü kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi PHASE A (3), diğeri ise ENABLE A (2) girişleri. Bu entegre ile iki tane motor kontrol etmek mümkündür. 2-8 numaralı konnektörler birinci motor için, 9-15 arası konnektörler ise ikinci motor için tasarlanmıştır. PHASE girişi motorun yönünü belirlemeye yarar. Bu girişe uygulanan lojik voltaj ile motorun dönme yönü değiştirilebilir. ENABLE girişine uygulanan PWM (Pulse Width Modulation) sinyalleri ile de motorun hızı kontrol edilebilir.

Paralel port'un DATA0 pin'ini UDN2993B'nin ENABLE (2) girişi, DATA1 pin'ini de PHASE (3) girişidir. ENABLE girişine yukarıda bahsedilen şekilde PWM sinyallerini DATA0 pin'inden uygulanmaktadır. PHASE girişi ise DATA1 pin'ini yüksek (1) ya da düşük (0) yaparak yön değiştirmeyi sağlar. Dolayısı ile motoru bir yönde döndürmek için paralel port'a 2 değeri gönderilmelidir. Diğer yönde döndürmek için ise, DATA0 a PWM sinyallerini uygularken DATA1 de "1" yapılmalıdır. Bunun için paralel port'a her iki bit'i de yüksek yapacak "3" değeri gönderilmelidir. Kısacası, motor bir yönde dönerken paralel port'tan uygulanan sinyaller:

1-0-1-0-1-0-...

şeklinde giderken, diğer yöne çevirdiğimizde,

2-3-2-3-2-3-2-3-...

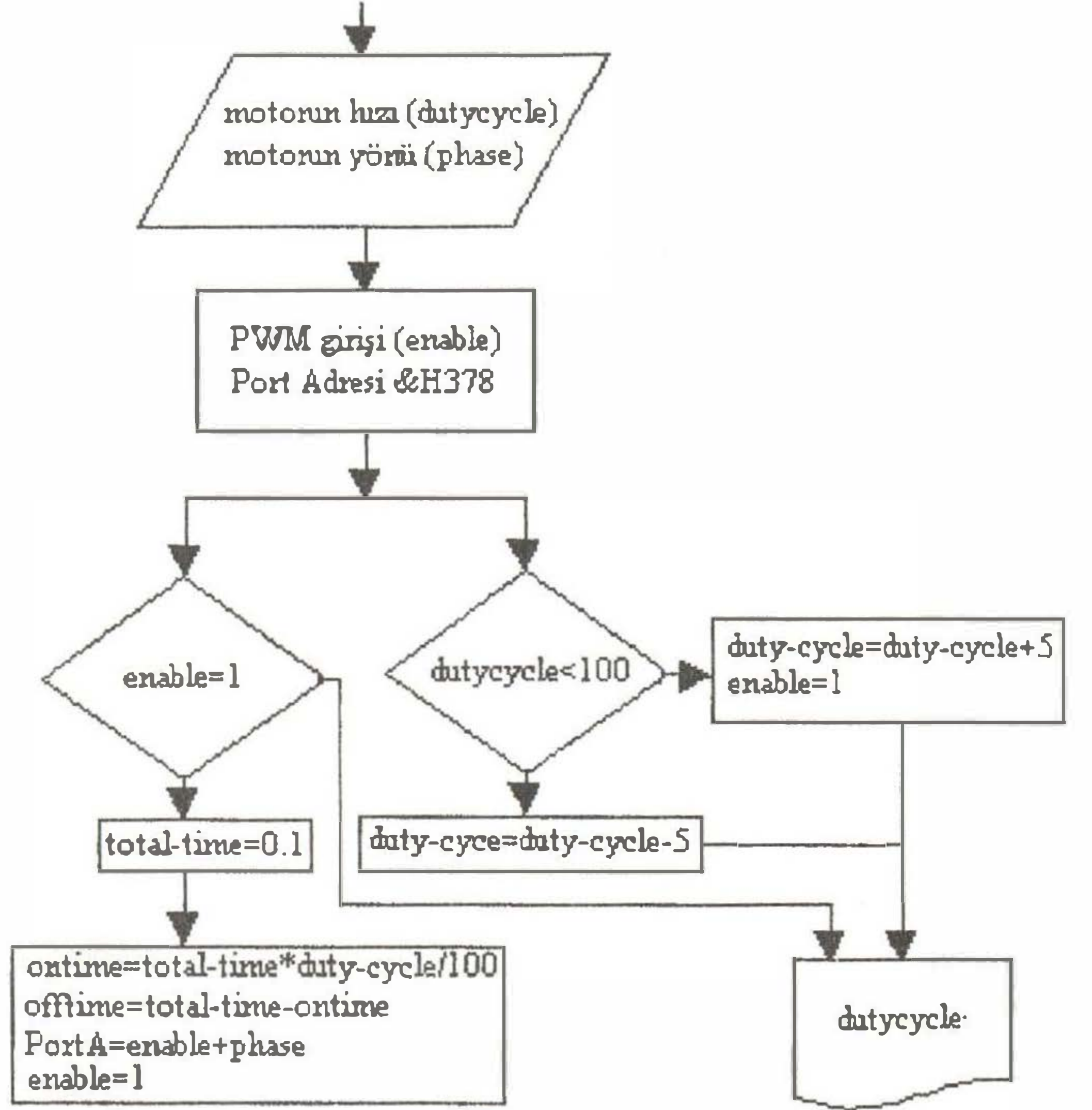
şekline olmaktadır. Bu şekilde, PHASE biti yüksek tutulurken, ENABLE bitine PWM sinyalleri uygulamaya devam edilmelidir.

Tipik olarak DC motor kontrol devreleri, zamanlama devreleri ile birlikte tasarlanmaktadır. Burada zamanlama olayını yazılım aracılığı ile çözüyoruz. Böylece devremiz daha verimli hale gelmektedir. Motorun en verimli çalışma hızını elde etmek için, PWM fonksiyonundaki total-time değişkeni ile oynayabilirsiniz. Bu değer 0.1 saniye olarak ayarlanmıştır. Bu değeri değiştirdikçe motorun çalışma hızı ve şekli değişecektir.

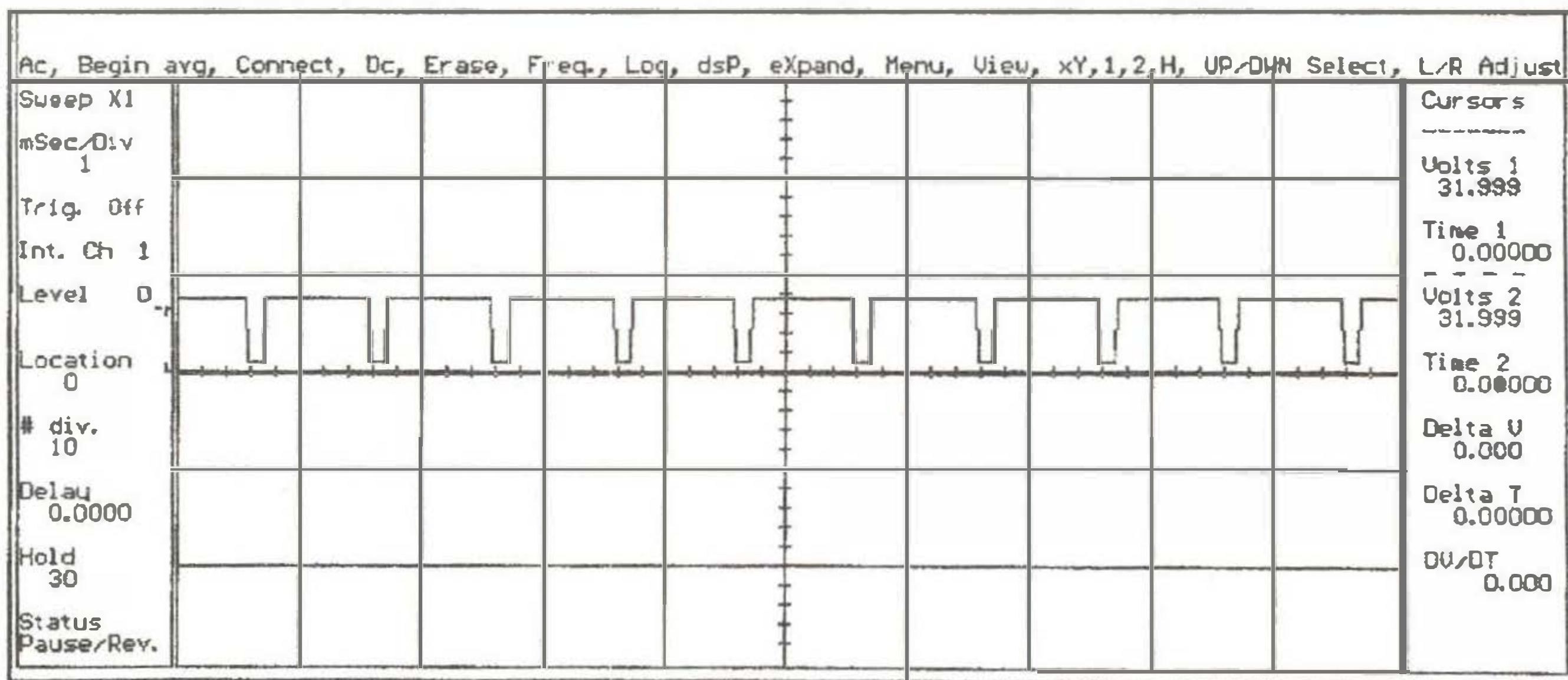
PWM sinyalleri ile motorun hız kontrolünü bilgisayar yazılımıyla yapmak için gerekli akış şeması Şekil 5.'de verilmiştir [2].

DELAY Fonksiyonu: Bu fonksiyon içerisinde, saniye cinsinden girilen delay_time değeri kadar bekletme sağlar.

PWM Fonksiyonu: Bu fonksiyon, aldığı duty_cycle değerine ve totaltime değerine göre ontime ve Offtime sürelerini hesaplayıp, DATA0 çıkışına, yani entegrenin ENABLE girişine belli aralıklarda lojik 1 uyguluyor. Burada kullanılan PHASE değişkeni motorun yönünü değiştirmeye yarıyor.



Şekil 4. PWM sinyali ile motor hız kontrolü için gerekli yazılımın akış şeması



Şekil 5. %80 duty cycle ile PWM sinyalinin osiloskop görüntüsü

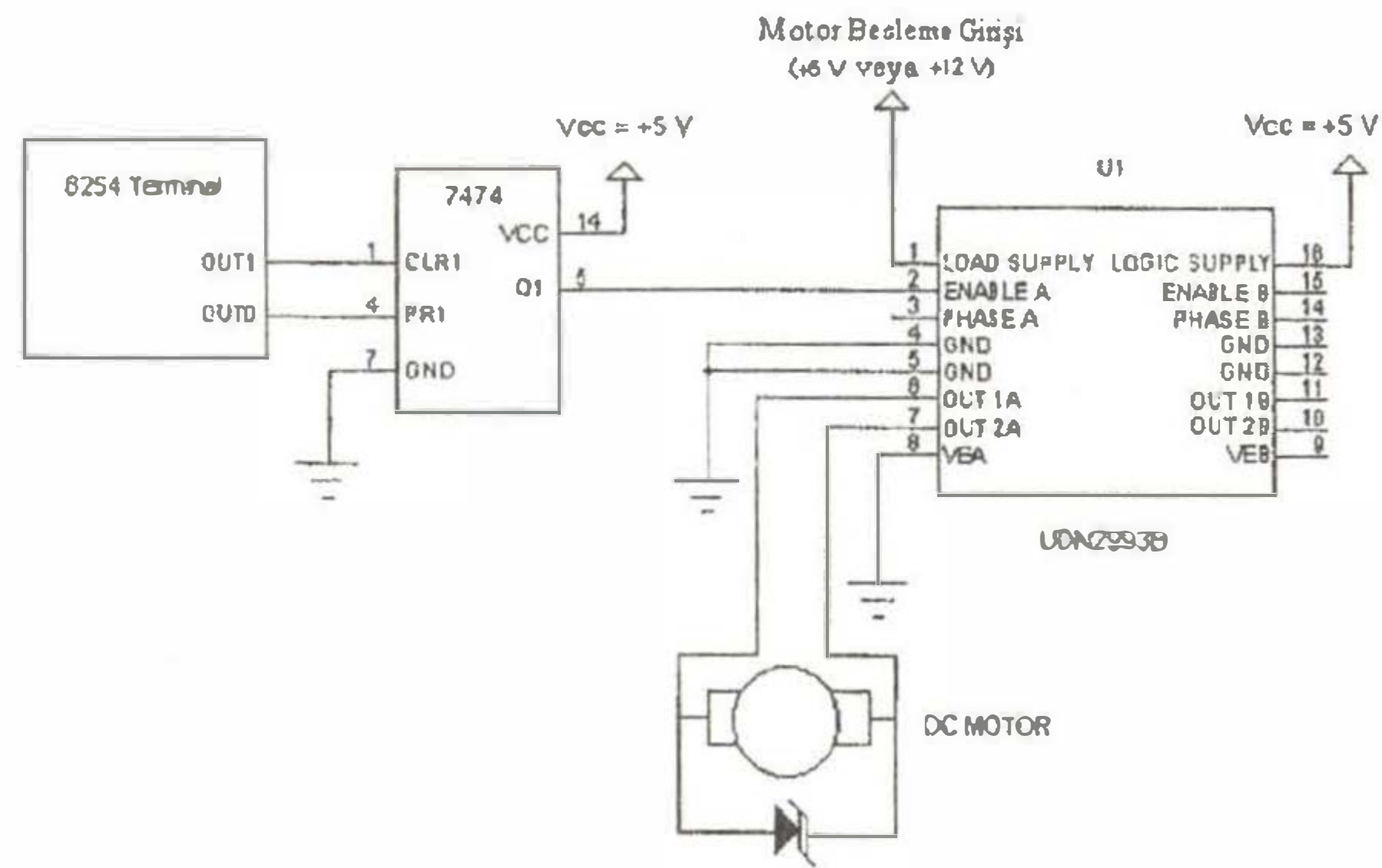
III. ESD ETKİSİNDEN KORUNMA

Elektrostatik Deşarj olayının hassas elektronik devrelerde yol açtığı tahribat dolayısıyla, ESD sonucu oluşan ani gerilimden korunmak amacıyla devremize nanosaniyeler mertebesinde cevap zamanına ulaşabilen zener diyotu (Transient Voltage Suppressor Diode -TVS) DC motorumuza seri olarak bağlayabiliriz [5]. Şekil 7. de görülen TVS diyot'lu devre ani gerilim değişimlerine karşı korunmaktadır. Bilgisayar kontrollü devrelerde bu ani değişimler devrelere oldukça büyük tahribatlar vermektedirler. Bu etkinin azaltılabilmesi tasarımcılar ve kullanıcılar için oldukça önemlidir.

Devremize eklediğimiz TVS diyotun karakteristik özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. TVS diyot karakteristiği

| Ters Çalışma Gerilimi | Ani Gücü 1msn | Standart Zener Belverme Gerilimi | Cevap Zamanı |
|-----------------------|---------------|----------------------------------|--------------|
| 10-78Volt | 600W | 11.7-91.3V | 1ns |



Şekil 6. TVS diyot ile ESD etkisinden korunma

IV. SONUÇ

DC motorlar birçok elektronik cihazda yaygın olarak kullanılmaktadır. En basitinden, bilgisayarınızın işlemcisini soğutmaya yarayan fan pervanesi, bir DC motor ile çalışır. DC motorların PC'ye bağlanarak robotik ve mekanik araçlarda kullanılması yaygınlık kazanmıştır. Örneğin, simetrik metal parçaların imalatında kullanılan CNC tezgahları DC motorlar içermektedir. DC motorun hızını kontrol etmede maliyet ve zaman kritik iki noktadır.

PWM yöntemi oldukça ucuz ve bilgisayar kontrollü bir hız kontrol yöntemidir.

Kontrol devreleri için geliştirilen yazılımların zaman içerisinde artması ve PWM metodunun bu yazılımlara kolaylıkla adapte edilebilmesi, bu metodun kullanılabilirliğini ve güvenilirliğini arttırmaktadır [4].

Moment ve hız kontrolünde giriş frekans ve gerilimini kullanan en etkin yöntemin PWM olduğu gözardı edilemez, ancak PWM sürücülerin bu kontrollerde modülatöre ihtiyaç duyması bir dezavantaj olarak görülebilir. Bu alanda modülatöre ihtiyaç duymayan, moment ve akıyı kullanan doğrudan tork kontrolü alternatif bir yöntem olarak görülebilir.

KAYNAKLAR

- [1]Richard A. Schmidt, *motor Control and Learning: a behavioral emphasis*, McMillan c1998, NewYork
- [2]<http://www.cs.columbia.edu/robotics>
- [3]X.Y. Zhang, Z. Yu, R. Dutton, and S. Beebe "ESD Simulation to Find Correlation Between Junction Depth " TECHCON Phoenix, AZ September 1996.
- [4]<http://homepages.which.net/~paul.hills/SpeedControl/SpeedControllersContents.html>
- [5]Karl A., "Transient Voltage Suppression Devices", On Semiconductors™, Vol.1, BRD8009/D, 2001