

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PC İLE DİVİZÖR KONTROLÜ

Kadir YALÇIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

Konya. 2001



T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PC İLE DİVİZÖR KONTROLÜ

Kadir YALÇIN

Yüksek Lisans Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

106101

Bu tez ...../07/2001. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

İmza

Doç.Dr.  
Şirzat KAHRAMANLI  
(Danışman)

İmza

Doç.Dr.  
Ferruh YILDIZ  
(Üye)

İmza

Doç.Dr.  
Fatih BOTSLALI  
(Üye)

**ÖZET**  
**Yüksek Lisans Tezi**  
**PC İLE DİVİZÖR KONTROLÜ**

**Kadir Yalçın**  
Selçuk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı

**Danışman: Doç. Dr. Şirzat KAHRAMANLI**  
2001, 50 sayfa

**Jüri:** Doç.Dr. Şirzat KAHRAMANLI  
Doç.Dr.Ferruh YIDIZ  
Doç.Dr. Fatih BOTSALI

Bu çalışmada frezelemede kullanılan divizör'ün dc-step motor ile açık çevrim kontrolü için bir sistem tasarlanarak üretimi yapılmıştır. Step motor, sonsuz vidalı bir redüktör giriş miline bağlanarak bir divizör yapısı oluşturulmuştur.

Divizörden istenilen kademeli hareket miktarının elde edilmesi için step motorun PC ile iletişimini sağlanmış, ve gerekli kontrol devresi oluşturulmuş. İletişim için C++ dilinde bir yazılım geliştirilmiştir.

Step motor ile PC iletişiminiin sağlanması için PC'den gelen dijital bilgilerin işlenmesi tasarlanan ve imal edilen donanımla gerçekleştirilmiştir. Kullanılan step motor yüksek akım çektiğinden ısınmayı önlemek için sürücü devrede MOSFET transistör kullanımı öngörülmüştür.

Programda divizörden istenilen bölme sayısının verilebilmesi için karşı gelen step motorun dönme açısını sağlayacak darbe sayısı C++ dilinde yazılan yazılımla gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda ;

PC kontrolü ile istenilen dönme açılarının kabul edilebilir bir hata sınırları gerçekleştirildiği, kullanımının kolay olduğu, ekonomik olduğu, mekanik divizörlere göre farklı dönme açılarının istenilen hassasiyette elde edilebileceği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Divizör, kontrol sistemi, Step Motor, Bilgisayar Kontrol Sistemleri, Sürcü devresi, Açık Çevrim, Divizor Kontrol, Step Motor ile Divizör Kontrol

## **ABSTRACT**

### **MS Thesis**

### **CONTROL OF AN INDEXING TURN TABLE BY USING A PC**

**Kadir Yalçın**

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Computer Eng. Department

**Supervisor : Assoc.Prof. Dr. Şirzat KAHRAMANLI**  
2001, 50 Pages

**Jury:** Assoc.Prof.Dr. Şirzat KAHRAMANLI  
Assoc.Prof.Dr. Ferruh YIDIZ  
Assoc.Prof.Dr. Fatih BOTBALI

In this study, an open loop control system for control of an indexing turn table is designed and constructed. The system is composed of worm gear box, a controller device, a DC-step motor and a PC.

The user supplies the output angle to the computer program. The PC outputs the necessary number of pulses to the controller device in order to realize the desired output angle. The controller device drives the step motor according to the number of pulses coming from the computer. The computer program is developed using C++ programming language.

The controller device is designed and constructed by using MOSFET transistors in order to get rid of excess heating.

As a result, it is observed that the precision of the output angles realized by PC controlled indexing table is sufficient, use of the system is easy. Also, the designed system is found economic and more advantageous compared to mechanical indexing tables in realizing various angles with sufficient precision.

**Key Words:** Indexing Turn Table, Control System, Step Motor, Computer Control System, Driver Circuit, Open Loop Control, Control Of Indexing Turn Table, Control Of An Indexing Turn Table By PC

## **ÖNSÖZ**

Yüksek Lisans çalışmalarım süresince değerli yardımcılarını esirgemeyen danışmanım sayın Doç. Dr. Şirzat KAHRAMANLI'ya, Bilgisayar Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Doç.Dr. Ferruh YILDIZ'a, sayın Doç. Dr. Fatih BOTSAKİ'ya, Yrd Doç.Dr. Turan ŞİŞMAN'a ve tez çalışmalarım süresince verdikleri manevi destekten dolayı Bilgisayar Mühendisliğinin değerli öğretim elemanlarına teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTARCK.....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Kaynak Araştırması ve Metot .....	3
<b>2. DİVİZORLER VE ÇALIŞMA İLKELERİ .....</b>	<b>4</b>
2.1. Basit Divizör (Direkt Taksimathı).....	5
2.2. Yarı - üniversal divizor (dolaylı taksimat).....	6
2.3. Üniversal divizör (diferansiyel taksimatlı) .....	9
2.4. Divizörlerle Gerçekleştirilebilen İşlemler .....	13
<b>3. DC STEP MOTORLAR .....</b>	<b>14</b>
3.1. Tanımlar.....	14
3.2. Tipik Yapı ve Çalışma Teorisi.....	15
3.3. Motor Bağlantıları.....	17
3.3.1. Dört Kablolu Step Motor Bağlantıları .....	18
3.3.2. Altı kablolu Step Motor Bağlantıları .....	19
3.3.3. Sekiz Kablolu Step Motor Bağlantıları .....	20
3.4. Step Motor Kablolarına Bağlantı Yöntemi.....	20
3.5. Step motorların özellikleri .....	25
3.6. Step Motorların Üstünlükleri .....	25
3.7. Step Motor Kontrol sistemi .....	25
<b>4. KONTROL SİSTEMİNİN TASARIMI .....</b>	<b>26</b>
4.1. Açık-Çevrim Kontrol Sistem .....	27
4.2. Tasarlanan Açık Çevrim Kontrol Sistemi .....	28
4.3. Sistemde Kullanılan Redüktör (Dişli Sistemi) .....	28
4.3.1. Dişliler .....	29
4.3.2. Motor Seçimi .....	31
<b>5. GELİŞTİRİLEN KONTROL YAZILIMI .....</b>	<b>33</b>
5.1. Geliştirilen Kontrol Yazılımının Açıklanması .....	33
5.2. Algoritma .....	35
5.3. Program.....	37
<b>6. ELEKTRONİK DEVRE TASARIMI .....</b>	<b>38</b>
6.1. Dijital Kontrol Sisteminin Tasarımı .....	38
6.2. Motor Sürücü Devresi.....	38
6.3. Faz Çoğullama ve TTL/CMOS dönüştürücü.....	39
6.4. Step Motor Kontrol Devresi Şeması.....	41
<b>7. PC KONTROLLÜ DİVİZÖR HATASININ İNCELENMESİ .....</b>	<b>43</b>
<b>8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>46</b>
KAYNAKLAR .....	47
EK A Yazılım Kodları.....	47
EK B Kataloglar.....	49

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Zk	Taksim Edilecek Yüzey Sayısı
N	Toplam Delik Sayısı
Nk	Dönme Açısı
Zv	Tek Ağız Sayısı
Zd	Diş Sayısı
İsv	Vida Çevrim Oranı
D	Yardımcı Diş Sayısı
Ud	Tahvil Dişlinin Diş Sayısı
Es	Hata sabiti
Rs	Referans Girişи
Cs	Çıkış Değeri
HG(s)	Açık Çevrim Kazancı
Φo	Giriş dişli çapı
Φi	Çıkış Dişli Çapı
Ni	Giriş Dişlisi Diş Sayısı
No	Çıkış Dişlisi Diş Sayısı
α.	Dönüştürme Oranı
λ	Diş Adım Açısı
t <sub>l</sub>	Yük Torku
tr	Motor tarafından görülen yük torku
J <sub>l</sub>	Yük Kalkınma Momenti
J <sub>r</sub>	Yükün Kalkınma momentin Motora etkisi
f <sub>vl</sub>	Yük Sürtünme Momenti
fvr	Yük Sürtünme Momentinin motora etkisi
V	Volt
A	Amper

SA	Step Açısı
SPR	Tam Tur Step Sayısı
SPS	Saniyede Uygulanacak Adım Sayısı
SW..	Anahtar
Nr	Rotor Diş Sayısı
Hz	Frekans
DC	Doğru Akım
TTL	Transistör-Transistör-Lojik
LPT	Line Printer Port
Cp	Clock Pals
PLC	Programlanabilen Lojik Ünite
Bs	Bölme Sayısı
Z	Bekleme zamanı
Ps	.Pals Sayısı
CNC	Computer Numerik Control
PC	Personel Computer
Mosfet	Metal Oksit Semiconductor Field Effect Transistor
Rs	Geçiş Direnci
$\Omega$	Direnç Birimi (Ohm)

## **1. GİRİŞ**

Son yıllarda dijital bilgisayarlar kullanımıyla birlikte dijital kontrol sistemleri oldukça yaygınlaşmıştır. Dijital kontrol sistemi servomekanik sistemle kolaylıkla bilgi alışverişi yapılabilmektedir. Sanayide kullanılan divizör sisteminin bilgisayarla kontrolünün yapılmasında, bu özelliklerin kullanımı amaçlanmıştır. Daha çok metal işleme ve biçimlendirme sırasında kullanılan divisorler dairesel malzemeler üzerine eşit aralıklarla kanal açma işlemi, yuvarlak malzeme üzerinde işlenerek prizmatik yüzeylerin elde edilmesi ve dişli üretim sırasında kullanılırlar. Bu çalışma ile divisorların bilgisayar kontrolü ile daha seri ve daha güvenli şekilde çalıştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada öncelikli olarak hareket modülündé kullanılacak olan DC Step motor seçilerek mekanik sistem tasarlanmıştır. Step motor için sürücü devresi oluşturulmuş ve kontrol sinyalinin değeri belirlenmiştir. Bilgisayardan gönderilen bilgiler uyumlu bir dönüştürücü sayesinde motora aktarılmaktadır. Kullanıcıların bilgisayar ortamına aktardığı bilgiler, önceden oluşturulan sayısal algoritmalarla işlenerek, çıkış portuna(LPT) kontrol sinyalleri gönderilmiştir ve motorun istenilen açıda dönmesi sağlanmıştır.

Kontrol algoritması olarak Açık Çevrim Kontrol metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan literatür taramaları sonucunda gerekli olan dokümanların önemlilerini söyle sıralayabiliriz.

### **1.1. Kaynak Araştırması ve Metot**

Bilgisayar kontrollü sistemlere ait yapılan çalışmalara ait konularla ilgili araştırma sonuçları aşağıdaki gibidir.

1- Akif Murat, 1999, bilgisayar kontrollü otomasyon uygulamalarını gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır. C++ programlama dili kullanılarak gerçekleştirilen donanım ile çeşitli elektrik, elektronik cihazların kontrol edilmesine yönelik uygulamalar gerçekleştirmiştir.

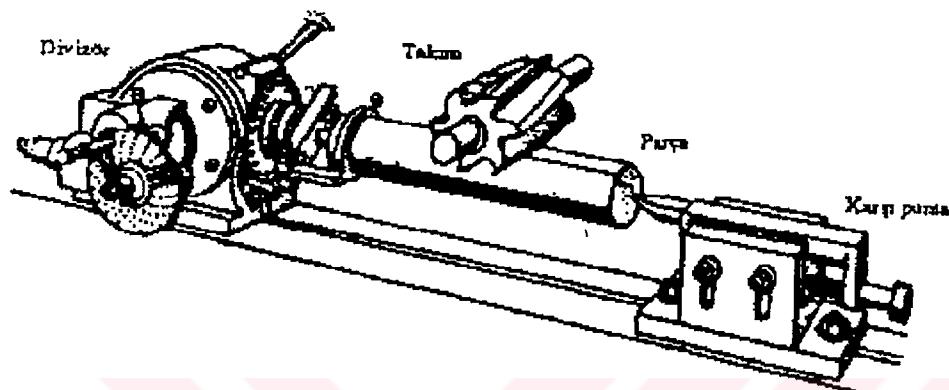
2- Ümit Müctepe Topaloğlu ,2000, bilgisayar ile uzaktan çeşitli cihazların kontrolünü gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla ile donanım ve yazılımın tasarımının gerçekleştirilmesi çalışmasını yapmıştır.

3- Koray Dayanç, 1999, 2mt'lik hareketli tabla düzeneği kurularak 3 adet adım motoru ve sürücü devresinin tasarlanıp üretilmesi işlemleri gerçekleştirılmıştır. Program yardımı ile kullanıcı istenilen noktaya götürülmesini amaçlamıştır.

Yapılan araştırmada özel bir konu olduğu için PC ile Divizör kontrolü konusunu içeren bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

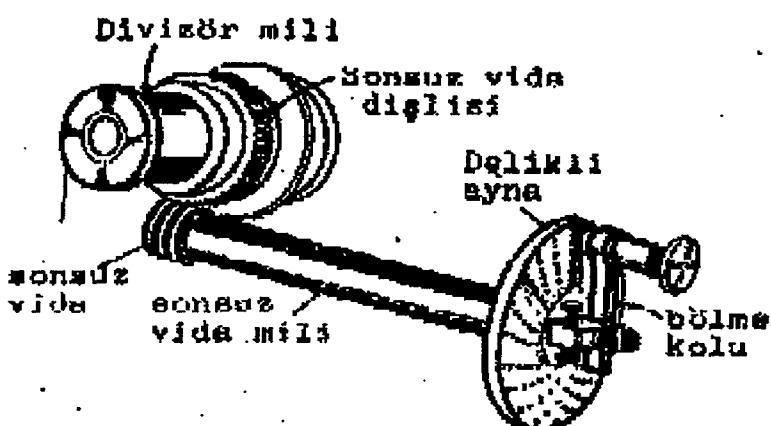
## 2. DİVİZORLER VE ÇALIŞMA İLKELERİ

Divizör (taksimatlı tertibat) ile yüzeyler eşit kısımlara bölünebilir. Bu tertibat ile cıvata başları , kamalı mil, dişli çark vb. parçalar işlenebilir. Divizörler diskli, planetar ve optik olabilirler. Şekil 2-1 ve Şekil 2-2 de divizörlerin bölme ayrıntısı ve döner tablalı divizörler gösterilmiştir.

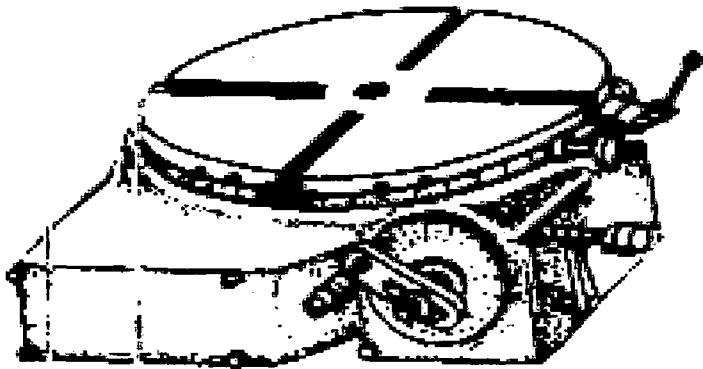


Şekil 2.1 Divizör taksimat tertibatı

Pratikte en çok kullanılan diskli divizörler ana mil ile karşı punta arasına bağlanır (şekil 2.1). Bir yüzey işlendikten sonra bölünecek yüzey sayısına bağlı olarak tayin edilen sayı ile manivela döndürülür., parça işlenecek yüzey ile takıma doğru gelir ve yüzey işlenir. Diskli divizörler basit, yan-universal veya universal olabilirler, taksimat yöntemine göre direkt, dolaylı ve diferansiyel olmak üzere üç yöntem vardır.



Şekil 2.2 Divizör (Bölme ayrıntı)



*Şekil:2.3 Döner tablalı divizör*

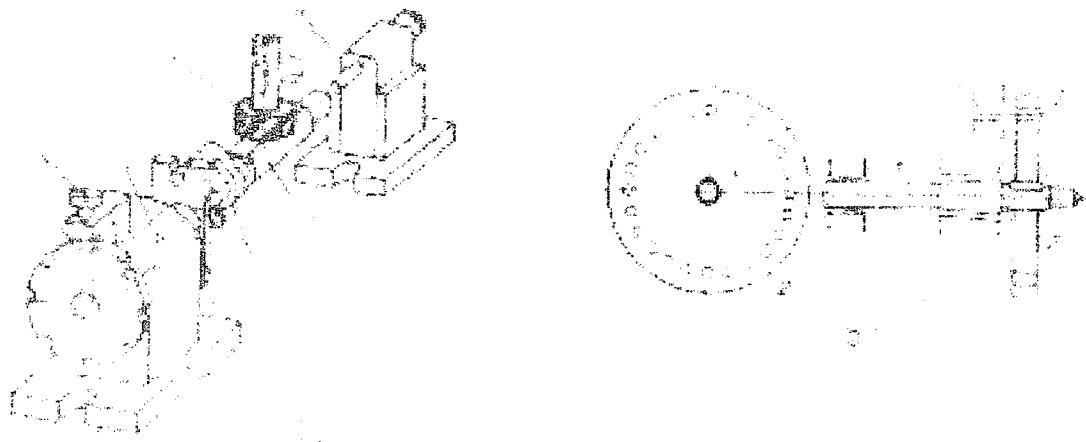
## **2.1. Basit Divizör (Direkt Taksimatlı).**

Divizör (şekil 2.4 a) üzerinde delikler bulunan taksimat plakası (1), ana mil (2) ve kilitleme pimi (3) 'den oluşur. Şekilde ayrıca karşı punta (4), parça(5) freze(6) ve döndürücü (7) gösterilmiştir. Şekil 2.4 b 'de :1- ana mil, 2-taksimat plakası, 3-kilitleme pimidir. Taksimat plakasının üzerinde bir dairenin çavresinde sıralanmış belirli sayıda, örneğin 12, 18, 24, vs. delikler bulunur. Plaka direkt olarak divizörün ana miline bağlıdır. İşlenecek yüzey taksimatı direkt olarak plakanın ve buna bağlı olan ana milin döndürülmesi ile gerçekleşir. Taksimatın değeri, plakanın delik sayısı ile belirlenir. Şöyled ki, taksim edilecek yüzey sayısı  $Z_k$  ve plakanın toplam delik sayısı  $N$  ile ifade edilirse, plakanın ve ona bağlı milin dönme açısı

$$N_k = N / Z_k \quad \text{Delik sayısı ile belirlenir.}$$

Örneğin, taksim edilecek yüzey sayısı  $Z_k = 3$  ve plakanın delik sayısı  $N= 24$  olduğu durumda  $N_k = 24 / 3 = 8$  olur. Bu durumda, parça ana mil ile punta arasına bağlandıktan sonra bir yüzey işlenir, plakanın kilitleme pimi çıkartılır ve plaka 8 deliğe karşılık gelen bir açı ile döndürülür.

Bu konumda plaka tekrar kilitlenir, ikinci yüzey işlenir, kilitleme pimi çıkartılır, plaka sekiz delik döndürülür, kilitlenir ve üçüncü yüzey işlenir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, taksimat işleminde pimin bulunduğu deliğin sayılmasının gerekliliğidir.



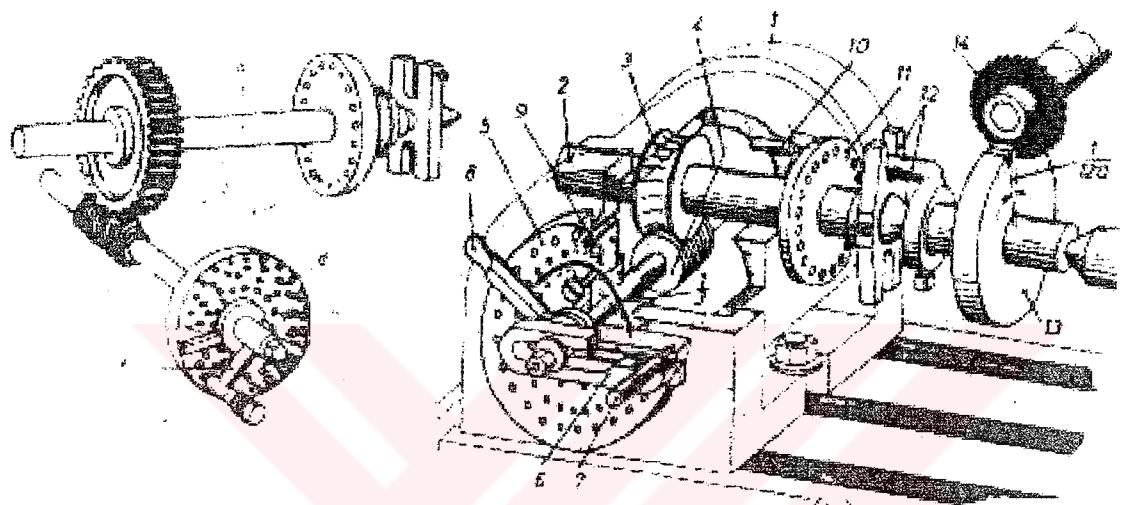
*Şekil 2.4 Basit divizör*

Yöntem basit olmasına karşın sınırlıdır. Zira 24 delikli plaka ile sadece 24' de tam bölünebilen 2,3,4,6,8,12 ve 24 gibi yüzey sayısı taksim edilebilir. Taksimat kabiliyetini genişletmek için sistem 24 delikli plakanın yanı sıra 16,36,42,60 delik bulunan plakalarla donatılır. Bu yönteme direkt taksimat yöntemi denir.

## **2.2. Yarı - üniversal divizor (dolaylı taksimat).**

Üniversal divizör (Şekil 2.5 a) ana mil (a), sonsuz vida mekanizması (dişli çark (b) ve sonsuz vida (c)) , delikli taksimat plakası (d), kilitleme pimi (e), manivela (f), endeksleme pimi (g) ve makas (h) gibi ana elemanlardan oluşur. Taksimat plakası bir burcun vasıtası ile sonsuz vida milin üzerine yerleştirilir, manivela ise direkt bu mile bağlanır. Şöyle ki, manivela döndürüldüğünde sonsuz vida mili döner, fakat taksimat plakası dönmez. Sonsuz vida milin dönme hareketi, dişli çarkın yardımı ile ana mile ve buna bağlı olan parçaya iletilir.

Tertibat ayrıca bir taksimat plakası (i) ile donatılır. Şekil 2.5 b 'de üniversal taksimat tertibatın perspektif görünüşü verilmiştir. Şekil 2.5 b ' de 1-divizör gövdesi, 2-ana mili, 3-sonsuz dişli çark, 4-sonsuz vida, 5- taksimat plakası, 6-manivela, 7- endeksleme pimi , 8- makas(cetvel), 9- taksimat plakasının kilitleme pimi, 10 - direkt taksimat plakasının endeksleme pimi, 11-direkt taksimat plakası, 12- döndürücü, 13 parça, 14- freze' dir.



*Şekil 2.5 Yarı üniversal divizör*

Taksimat plakası üzerinde eş eksenli daire çerçevelerinde farklı sayıda delikler bulunur. (Şekil 2.6 a). Genellikle her divizör, delik sayıları aşağıda verilen üç plaka ile donatılır. Bunun yanı sıra her iki tarafı delikli olan plakalar da vardır.

1. plaka : 15,16,17,18,19,20;
2. 2.plaka: 21,23,27,29,31,33 ;
3. 3.plaka: 37,39,41,43,47,49

Genellikle sonsuz vida tek ağızlı(  $Zv = 1$ ) ve dişli çarkın diş sayısı  $Zd = 40$  olarak yapılır; yani sonsuz vida mekanizmasının çevrim oranı  $\dot{I}sv = Zp / Zv = 40$  tır. Bu demektir ki, manivelanın ve buna bağlı vida milinin tam bir devrine karşı, ana mil ve bununla beraber parça  $1/40$  devir yapar. Başka bir deyişle, parça tam bir devir yapmak için manivelanın 40 tam devir yapması gereklidir. Sonsuz vida mekanizmasının çevrim oranı  $\dot{I}sv = Zp / Zv$  ye bölünmesi istenen yüzey sayısı  $Zk$  ile ifade edilirse, manivelanın dönme sayısı  $\dot{I}sv = 40$  için

$$Nk = \dot{I}sv / Zk = 40 / Zk \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$

Bölünmesi istenilen  $Zk$  yüzey sayısı 40'a tam bölünebilir veya bölünmeyebilir. Örneğin  $Zk = 5$  olduğu durumda,  $Nk = 40 / 5 = 8$  olur ; yani her yüzey için manivela tam 8 devir döndürülür.  $Zk$  yüzey sayısı 40'a bölünmediği, örneğin  $Zk = 32$  olduğu durumda, her yüzey için manivela

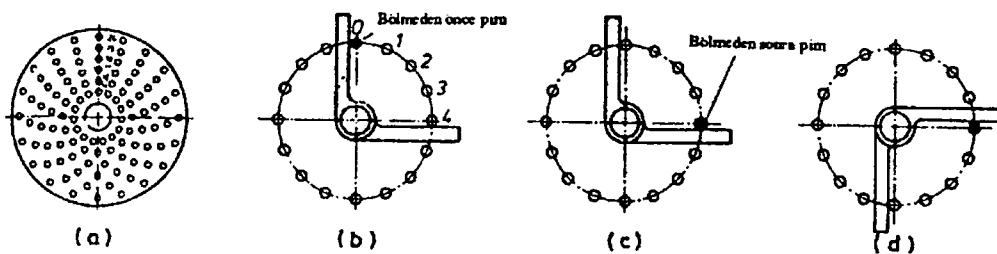
$Nk = 40 / 32 = 1 \frac{8}{32} = 1 \frac{1}{4}$  Yani 1 tam  $1 / 4$  devir yapması gerekmektedir.

Divizörü kullanmak için delik sayısı 4'e bölünebilen, örneğin 16 delikli daire seçilir. Bu dairede  $1/4$  devir sayısına karşılık gelen delik sayısı:

$$1/4 \times 16 = 4 \text{ 'tür.}$$

Dolayısıyla birinci yüzey işlendikten sonra, manivela 1 tam ve ilaveten 4 deliğe karşılık gelen bir açı ile döndürülür. Bunu hatasız olarak gerçekleştirmek için iki cetvelden oluşan ve makas denilen tertibattan yararlanılır. Bunun için işlem yapmadan önce dört delik sayarak makasın bir kolu o deliğin arkasına getirilir (Şekil 2.6 b). birinci yüzey işlendikten sonra manivela 1 tam devir döndürülür. Ve makasın bir kolu bulunduğu 4.'ü deliğe pimle tespit edilir (Şekil 2.6 c). daha arkada bulunan makasın diğer kolu, pimin bulunduğu deliğin önüne getirilir ve bu deliğin arkasında bulunan makasın birinci kolu dört delik daha sayarak bunun arkasına getirilir (Şekil 2.6

d). İkinci yüzey işlenir ve yukarıda açıklandığı gibi makaslar yeniden ayarlanır.



*Şekil 2.6 Divizör diskleri ve makasların kullanılması*

Burada şu hususa dikkat etmek gereklidir.  $1\frac{1}{4}$  devir sadece 16 delikli dairede değil, 4'ye bölünebilen ve birinci plakada bulunan 20 dairesi ile de gerçekleştirilebilir.

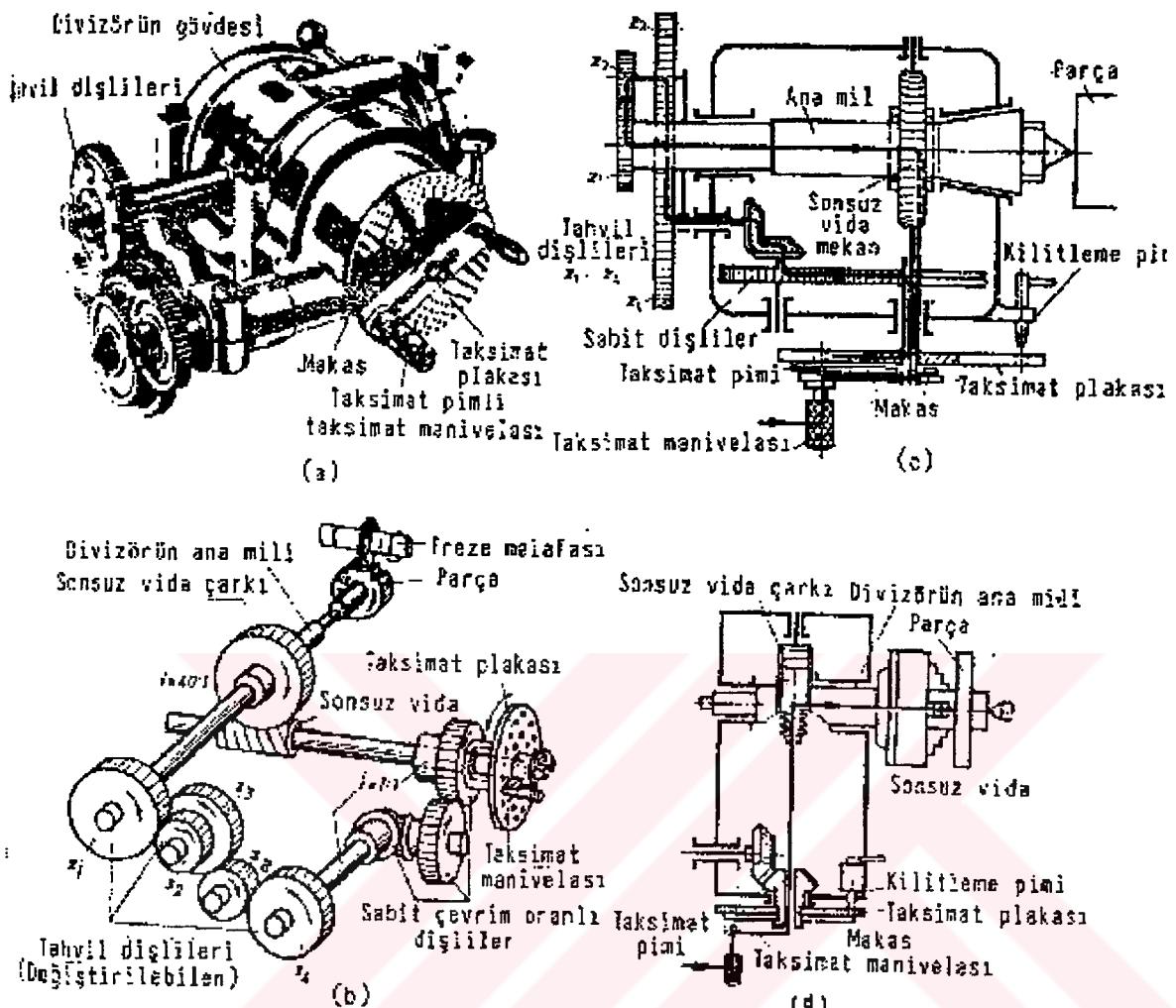
### 2.3. Üniversal divizör (diferansiyel taksimathı)

Direkt ve dolaylı taksimat yöntemleri yeterli olmadığı durumlarda diferansiyel taksimat yöntemi uygulanır.

Dolaylı taksimat sisteme göre bu sistemde, vida mekanizmasının dişli çarkı ile taksimat plakası arasında genellikle divizörün dış kısma yerleştirilen (Şekil 2.7 a), tahvil dişlileri bulunur.

Tahvil dişlileri çeşitli çevrim oranları elde etmek için değiştirilen dişlilerdir.

Tahvil dişlileri genel olarak (Şekil 2.7 b)  $z_1, z_2, z_3, z_4$ , ve  $z_5$  ara (vasıt) dişlilerinden oluşur. Şekilde divizörün içinde bulunan konik ve silindirik dişliler, sistemin daimi dişlileridir.



*Şekil 2.7 Üniversal divizör*

Toplam çevrim oranı 1 olan bu dişlilerin görevi, hareketi tahvil dişlilerinden taksimat plakasına iletmektir. Divizörün çalışması şu şekilde gerçekleşir. Manivelanın döndürülmesi ile (Şekil 2.7 b,c) hareket, sonsuz vidadan dişli çarka ulaşır ve burada ikiye ayrılır. Bir kısım parçanın dönmesini, değeri ise  $z_1 - z_4$  tahvil dişlilerin yardımıyla taksimat plakasının dönme yönleri za ara dişlisinin varlığına bağlıdır. Tahvil dişlilerinde ara dişli bulunduğu durumda, manivela ile taksimat plakası birbirlerine zıt yönde dönerler (Şekil 2.7 b). Tahvil dişli sisteminde Za ara dişli bulunmadığı

Bazı divizörlerde, konik dişlilerden sonra daimi silindirik dişliler bulunmaz (Şekil 2.7 d) bu durumda, tahlil dişlilerinde ara dişli bulunduğuanda, manivela ile taksimat plakası aynı yönde bulunamadığında birbirine zıt yönde dönecektir.

*Tablo 1 Diferansiyel divizörlerin tahlil dişlileri*

Genişletilmiş sistem
24, 26, 28, 30, 32, 36, 37, 40, 48, 49, 56, 60, 64, 66,
68, 72, 76, 78, 80, 84, 86, 90, 96, 100, 112,
Dar sistem
24, 26, 28, 32, 36, 40, 44,
48, 56, 64, 72, 86, 100,

Genellikle diferansiyel divizörler, diş sayıları tablo 1 de gösterilen tahlil dişlileri ile donatılır. Burada taksimat işlemi bakımından önemli olan, belirli Zk yüzey sayısı için tahlil dişlilerin diş sayılarını tayin etmektedir. Bunu gerçekleştirmek için aşağıda basitleştirilmiş yöntem uygulanır. Bu yöntem şu şekilde açıklanabilir. İstenilen bölüm sayısı Zk olduğu durumda, önce kolay bölünebilen bir D yardımcı sayı seçilir. Bu yardımcı sayıya göre manivelanın dönme sayısı

$$N_k = 40 / D$$

Olarak hesaplanır. Daha sonra Nk dönme sayısını gerçekleştirecek, tahlil dişlilerinin toplam çevrim oranı tayin edilir. buna göre : Zd - döndüren dişlinin diş sayısı ( sonsuz dişli çark miline yerleştirilen dişli, Şekil 2.7. b 'de Z1 dişlisi) ; Zt döndürülen dişlinin diş sayısı ( taksimat plakasını döndüren konik

diş sayısı ( sonsuz dişli çark miline yerleştirilen dişli, Şekil 2.7. b 'de Z1 dişlisi) ; Zt döndürülen dişlinin diş sayısı ( taksimat plakasını döndüren konik dişli çark miline yerleştirilen dişli, şekil 2.7. b' de z4 dişlisi) ile ifade edilirse , tahvil dişlilerin diş sayısı oranı

$$Ud = 1/I_{dt} = Zd / Zt = Nk ( D - Zk )$$

Veya sonsuz vida mekanizmasının çevrim oranı 40 olan divizörlerde

$$Ud = Zd / Zt = (40 / D) (D - Zk)$$

Bağıntısı ile tayin edilir. burada aşağıdaki hususlara dikkat etmek gereklidir.

a. D ' nin değeri Zk ' ya göre daha büyük ve daha küçük olabilir.  $D > Zk$  olduğu durumlarda , Ud değeri (+) olarak elde edilir. Bu da manivela ile taksimat plakasının aynı yönde dönmeleri gerektiğini gösterir.  $D < Zk$  olursa , Ud (-) olur ve manivela ile taksimat plakasının birbirine zıt yönde dönmesi gereklidir.

b-  $Ud=Zd / Zt$  değerine göre, tahvil dişli sistemi basit (2 dişinden oluşan) veya birleşik (4 dişinden oluşan ) olabilir. Ancak, Ud -nin ( + ) veya ( - ) değerine göre tahvil siteminde, bir ara dişlisinin bulunması gereklidir veya gerekmeyez. Bu hususta şu kurallar verilebilir.

1- Konik dişlilerden sonra bir çift silindirik dişli bulunan divizörlerde (şekil 2.7b): a.  $D>Zk$  ve dolayısıyla Ud (+) olduğu durumlarda, manivela ile taksimat plakasının aynı yönde dönmeleri için : Basit dişler için ara dişli konulur. b.  $D< Zk$  ve dolayısıyla Ud (-) olduğu durumlarda manivela ile taksimat plakasının zıt yönde dönmeleri için: basit dişliler için ara dişli konulmaz veya iki ara dişli konulur.

2- Konik dişlilerden sonra, silindirik dişliler bulunmayan divizörlerde (şekil 2.7.c), durum yukarıdakinin tam tersidir.

- 3- Tahvil dişlileri seçildikten sonra, manivelanın Nk dönme sayısı bağıntısı ile hesaplanır ve taksimat işlemi, basit yöntemde gösterildiği gibi yapılır.

#### **2.4. Divizörlerle Gerçekleştirilebilen İşlemler**

Divizörler iş parçasının çevresini eşit bölüntülü kanallar açmak veya yüzeyleri işlemek için kullanılan aygittır.

Bunun bir bölme başlığı ve karşılık noktası vardır. İş parçası iki punta arasına bağlanır ve işlem yapılır. Divizörler, bir mil veya civatanın ucuna kare veya altigen baş işlemek, rayba veya kılavuz olukları açmak , ayrıca her çeşit dişlilere diş açmak için kullanılır. bu tür işlemleri gerçekleştirebilmek için freze, matkap, vb. iş makinelerine gerek vardır.

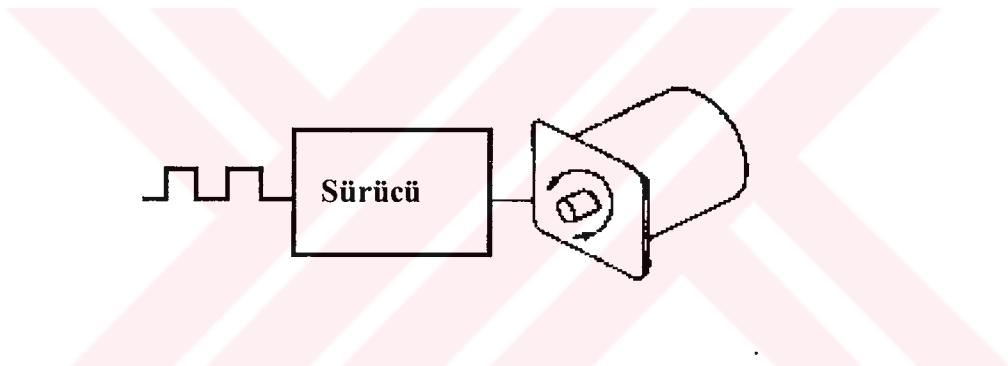
### 3. DC STEP MOTORLAR

Bu motorların sargılarına uygulanan elektrik pulsu ile dönmeleri sağlanır. Her puls sonunda motorun yapısına göre önceden belirlenmiş açı kadar dönerler. İstenilen dönme açısı kadar puls uygulanarak kontrol edilmesi istenen pozisyon ve/veya bağlı yükte arzu edilen hızda döndürülürler.

Step motorların kontrolünde;

- 1-Tek adımda genellikle % 0,5 den daha az hataları bulunur.
- 2- Kapalı çevrim gerekirse eksenin pozisyonu düzeltilebilir.
- 3-Dijital sinyaller analog sinyallere çevrilerek dijital bilgisayarla kontrol edilir. Motorlar sürücü devreleriyle kontrol edilir.

Adım motorları olarak ta anılan bu motorların sargıları yapılarına göre (1 tur için atacağı adım sayısı) değişir.

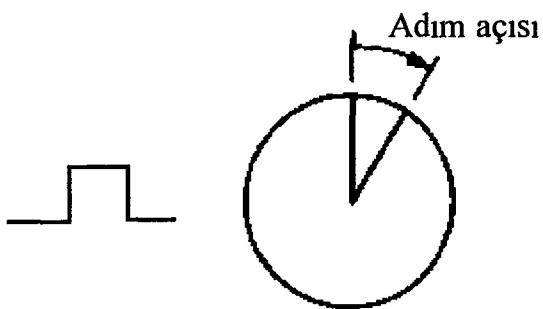


*Şekil 3.1 Adım Motorlarının Tahrikî*

Sistemde kullanılması düşünülen step motor 1 adım  $2^\circ$  olanı kullanılacaktır. Step motorlar aşağıda görüldüğü gibi her bir puls uygulanmasında 1 adım dönmektedir.

#### 3.1. Tanımlar

**Step Açısı :**(SA) Motorun sargılarından birine 1 puls uygulandığında motorun kat ettiği açıdır. Bu °/adım olarak tanımlanır.



*Şekil 3.2 Bir adım için bir puls gereklidir.*

**Step motorun bir devir dönmesi(SPR (Step Per Revolution)):**

Motorun 360 derece dönebilmesi için uygulanacak puls sayısı

$$SPR = 360^\circ / SA$$

**Saniyede Uygulanacak puls(adım)sayısı (SPS Step Per Second)**

Bu değer step motora 1 saniyede uygulanabilecek puls sayısıdır.

$$SPS = (\text{dev/dak.}) (SPS) / 60$$

**Step Doğruluğu:** 1 adım için % olarak ifade edilen hata oranı

**Tutma Torku:** Motor sargıları enerjili ancak motor dönmezken minimum tork

**Reziduel Tork:** Motor enerjili değilken motor milinin döndürülmeye çalışılması için uygulanacak kuvvet

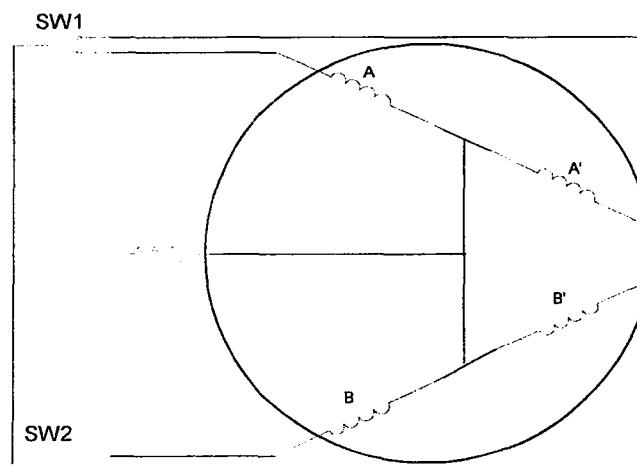
**Sürücü devresi:** Motorun dönebilmesi için uygulanan lojik bilgilerin motor sargılarına uygulanmasını sağlayan elektronik devre

### 3.2. Tipik Yapı ve Çalışma Teorisi

Motorun statorunda birçok sargı ucu vardır (genellikle sekiz uçludur- dört sıklı) ve uygulanan dc gerilimin polariteleri elektronik anahtarlarla değiştirilirler. Rotorda bulunan mıknatıs doğal mıknatıstır. Statorda bulunan sargılara bir gerilim uygulandığı zaman rotor aksi yönde dönmeye başlar. Çok

iyi bir çözüm sunmasına rağmen stator ve rotor üzerinde bir adımlık küçük bir dönme meydana gelir

Eğer motorlar dört sargıya sahipse dönme işlem için uygulanacak enerjilendirme yöntemi aşağıdaki gibidir.



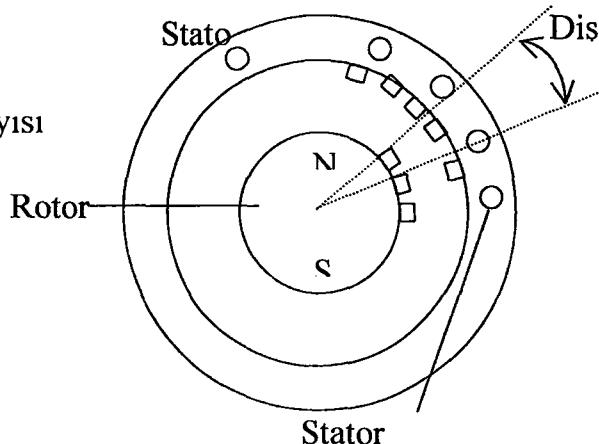
Step	SW1	SW2
1	A	B
2	A	B'
3	A'	B'
4	A'	B
Sıra ile tekrarlanır		

*Şekil 3.3 Sekiz kutuplu( Dört sargılı) dört adım sırası*

Bir sıranın tamamlanması için dört adım atılır. Yada 1 devir için 4 adım verilmesi gereklidir. Bu işlem aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\text{SPR} = (\text{SS})(\text{Nr})$$

SS= Dört adım  
Nr =Rotor dış sayısı



*Sekil 3.4 Step Motorun Yapısı*

Örnek:

Step motor dört sargılı ve 180 rotor dış sayısı varsa uygulanacak max frekans 500 Hz ise: a) 1 devir için devir sayısı b) step açısını c)d/dk , hesaplayalım.

a) SPR = (SS)(Nr).  $4(180) = 720 \text{ step/ devir}$

b) Step Açısı SA =  $360 / 720 = 0,5^\circ / \text{step}$

c) Devir/dakika =  $60(\text{SPS})/\text{SPR}$   $60(500) / 720 = 41,67 \text{ dev/dak.}$

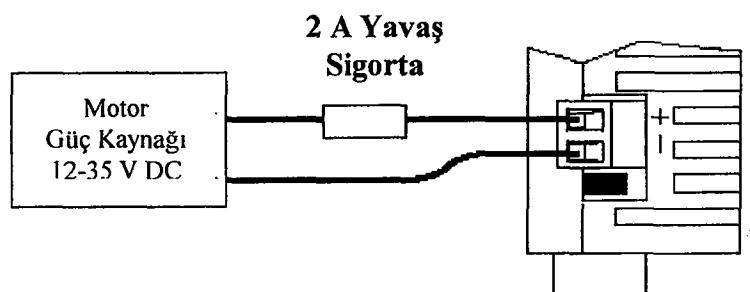
$100^\circ$  döndürülecekse adım sayısı =  $100 / 0,5 = 200$  step veya 200 puls olur.  
 $200 / 0,25 \text{ s} = 800 \text{ hz}$  frekansta puls uygulanmalıdır.

### 3.3. Motor Bağlantıları

Motor yapılarına göre 4,6 ve 8 kablolu step motorlar üretilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken , motorlar sürücüye bağlanırken motorlara enerji

uygulanmamalıdır. Yani güç kaynağı kapalı iken motora bağlantıları yapılabılır.

Çünkü herhangi bir nedenle motor kabloları kısa devre olabilir. Bunun için güç kaynağı ile sürücü arasına mutlaka uygun bir sigorta ile korunmalıdır.



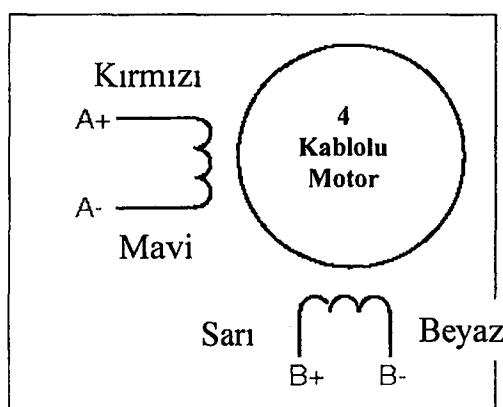
*Şekil 3.5 Motorların Güç Kaynağına sigorta ile bağlantıları*

Motorlarda kabloların sürücüye nasıl bağlanması gereğine karar vermelidir

### 3.3.1. Dört Kablolu Step Motor Bağlantıları

4 Kablolu motorlar yalnızca tek bir yöntemle bağlanabilirler.

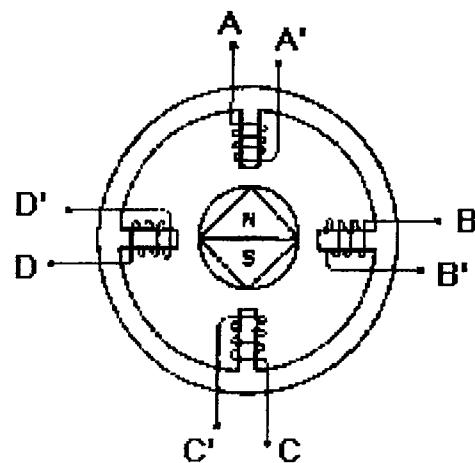
Aşağıdaki şekilde 4 kablolu motor bağlantı şeması verilmiştir.



**4 Kablolu**

*Şekil 3.6 4 Kablolu Step Motor bağlantısı*

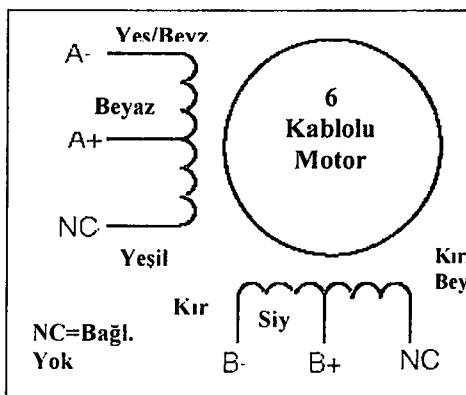
Motor sargıları eğer seri olarak bağlanırsa Hız düşmektedir, ancak moment yükselsir ve % 30 daha az akım çekerler.



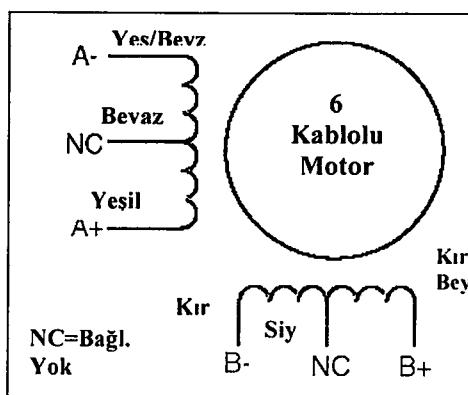
*Şekil 3.7 Doğal Miknatıslı Motor*

### 3.3.2. Altı kablolu Step Motor Bağlantıları

6 kablolu motorlar seri ve center tab yöntemi ile bağlanırlar. Seri bağlantıda motorlar düşük hızda yüksek elde tork edilir. fakat Center Tab bağlantısında daha hızlı dönemezler. Motorlar seri bağlantıda nominal akımının % 30 daha az akım çekmektedir. Her iki bağlantı şekilleri aşağıda görülmektedir.



**6 Kablolu Center Tab Bağlantı**

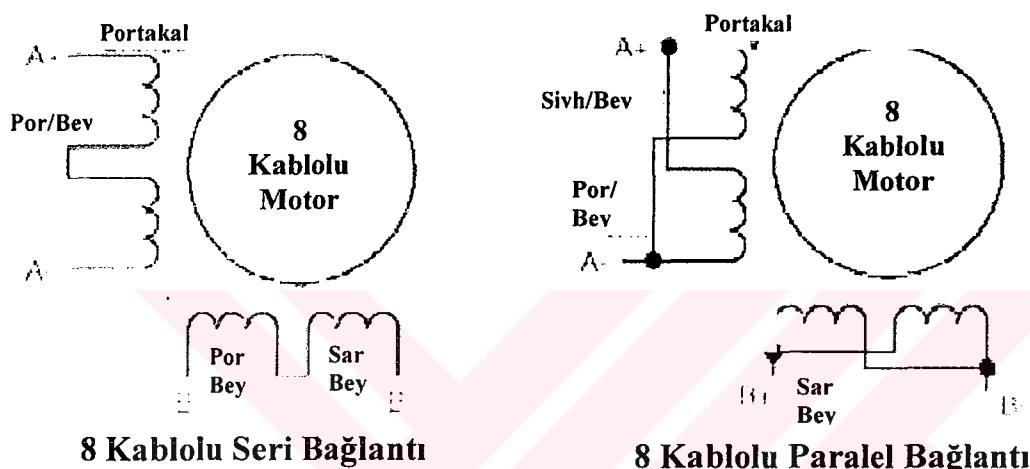


**6 Kablolu Seri Bağlantı**

*Şekil 3.8 6 kablolu motorların seri ve paralel bağlantıları*

### 3.3.3. Sekiz Kablolu Step Motor Bağlantıları

Sekiz kablolu step motorlar iki yöntemle bağlanırlar. Birinci yöntem seri bağlantı, ikinci yöntem paralel bağlantıdır. 8 kablolu motorlar seri bağlantıda düşük hızda daha fazla tork elde edilirken yüksek hızda daha az tork elde edilmektedir. Seri bağlantıda % 30 daha az akım çekmektedir. Paralel bağlantıda ise daha düşük hızda ve yüksek torkta çalışabilmektedir. Sekiz kablolu motor bağlantı şekilleri aşağıda verilmiştir.



*Şekil 3.9 Sekiz kablolu motorların seri ve Paralel bağlantıları*

### 3.4. Step Motor Kablolarına Bağlantı Yöntemi

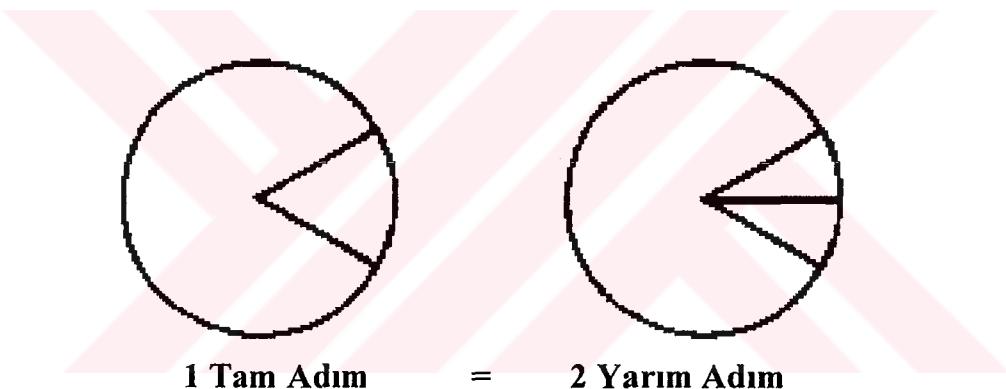
Motor sargılarına uygulanacak polar ite, adım ve yön bilgileri aşağıda tabloda verilmiştir. İleri yönde döndürebilmek için her adımda A+ ve B+ ucu + polar iteli B- ve A- uçlarına +polarite uygulanmalıdır. İleri yön için adım 'Step 0' dan itibaren ileri yönde dönerken (DIR=1) motoru ters yönde döndürebilmek için (DIR=0) Step 0'den Step 4'ra doğru sargılar polaritelerine göre enerjilendirilmelidir.

**Adım Tablosu  
(Tam Adım İçin)**

<i>Step</i>	<i>A+</i>	<i>A-</i>	<i>B+</i>	<i>B-</i>
0	+	-	+	-
1	-	+	+	-
2	-	+	-	+
3	+	-	-	+
4	+	-	+	-

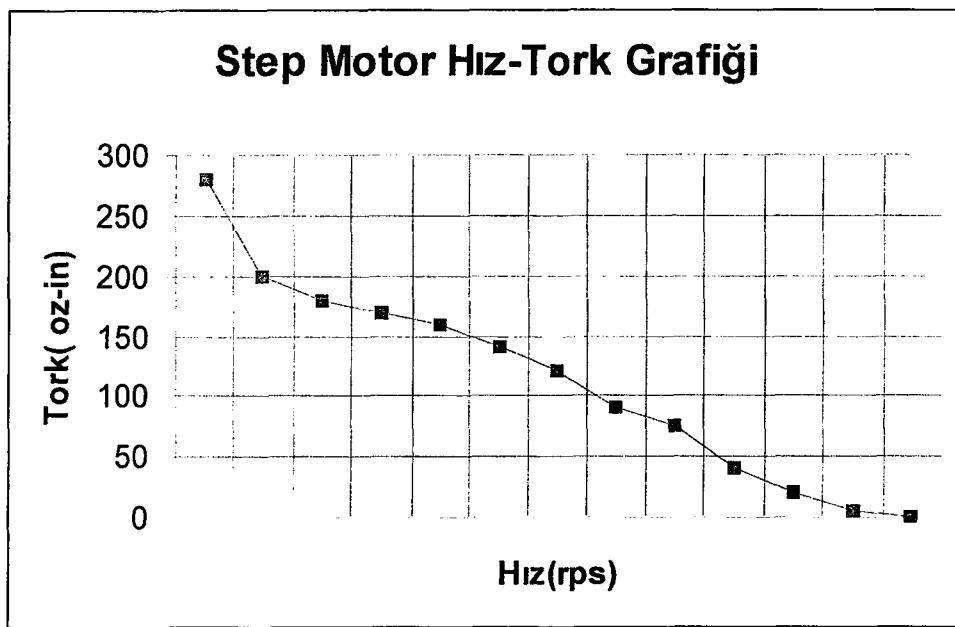
**3. Adımda dönme işlemi tamamlanır.**

*Tablo 2 Step motorlarda yön devir için uygulanacak polarite sıralaması*



*Sekil 3.10 Adım Açısı*

Step motorlar kullanıldıkları yerlere ve istenilen torklara göre imal edilirler. Aşağıda tabloda verilen değerler kullanılacak olan motorların seçimine yardımcı olacaktır.



*Şekil 3.11 Adım motor seçiminde kullanılan hız tork grafiği*

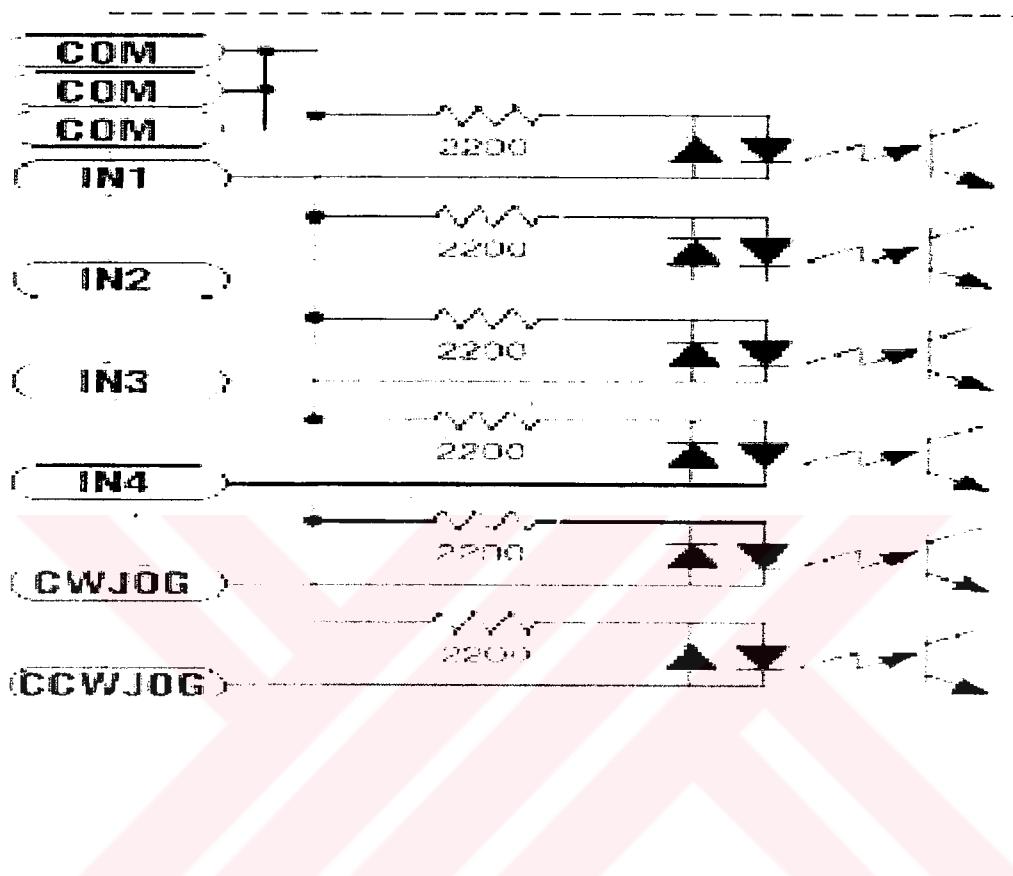
Motor Numarası	Ölçü (inç)	Sargı Bağlantısı	Maksimum Tork(oz-inç)	Akım (Amper)
5014-842	1,38x1,38x1,57	4 Kablolu	22	1,0
5017-006	1,65x1,65x1,34	Center-End	10	1,0
5017-009	1,65x1,65x1,54	Center-End	17	0,8
5017-013	1,65x1,65x1,84	Center-End	24	0,8
HT17-068	1,65x1,65x1,54	paralel	22	1,0
HT17-076	1,65x1,65x1,85	paralel	34	1,0
4023-839	2,22x2,22x1,5	Center-End	35	1,0
4023-819	2,22x2,22x2,0	Center-end	56	1,0
HT23-393	2,22x2,22x1,54	paralel	34	1,0
HT32-396	2,22x2,22x2,13	paralel	110	1,0
HT23-399	2,22x2,22x2,99	paralel	140	1,0
<b>103-820-2</b>	<b>2,88x2,88x1,33</b>	<b>paralel</b>	<b>160</b>	<b>1,4</b>

(1 oz =~ 28,35 gram) (1 inç=2,54 cm)

*Tablo 3: Çeşitli step motorlar için teknik veriler.*

Step motorlarda sürücü devreleri ile kontrol ünitesi ( bilgisayar kontrol sistemi) arasında galvanik izolasyon yapılmalıdır. Böylece sistemde oluşabilecek gürültüler elimine edilmiş olacaktır.

Burada izin verilen bağlantı TTL , röleler, ve mekanik anahtarlardan gelen bilgilerin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır.

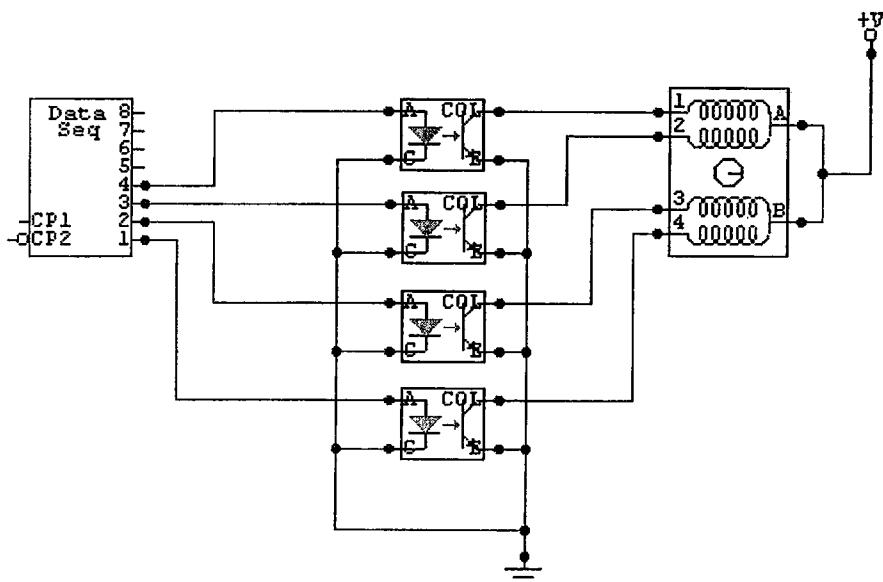


*Şekil 3.12 Bilgisayar portuna bağlı bilgi giriş devresi*

Yukarıdaki devrede bilgisayarla yapılacak kontrollerin bilgisayar portundan bilgi giriş devre şeması görülmektedir.

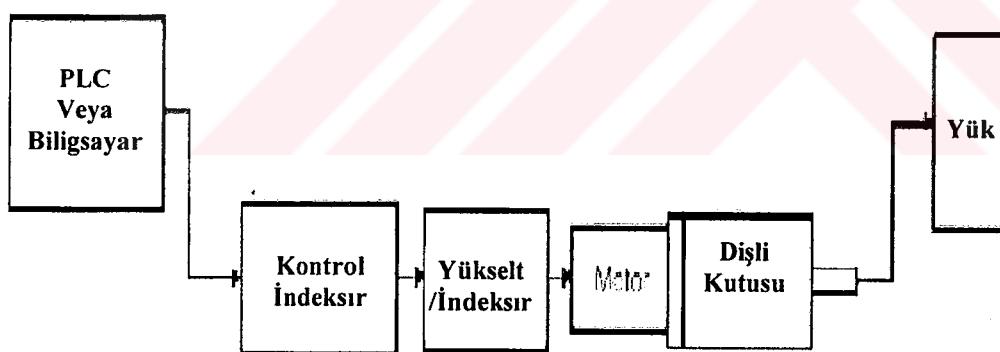
Eğer motor sürücü devresi harici bir indexer tarafından kontrol edilecekse, aşağıdaki devre tarafından gerçekleştirilebilir.

Bu devrenin bilgisayarla kontrolünde motorun hareket ettirilmesi için istenilen dönüş yönüne göre indeksir'a LPT portundan pals gönderilir



*Şekil 3.13 İndeksir –Motor Kontrol devresi*

Geliştirilen devrenin divizörlerde kullanılması için düşünülen sistem bağlantı diyagramı görülmektedir.



*Şekil 3.14 Şematik bağlantı diyagramı*

Step motorlarla yapılan sistemlerde (open loop) açık çevrim kullanılmaktadır. Çünkü motorlara verilen her bir puls için alınacak yol belliidir. Bu motorlar ilk bulundukları yeri unutmadıkları için ileri yönde ne kadar ilerlerse ilerlesin kesinlikle tekrar ilk başlangıç noktasına döndürülebilir.

### **3.5. Step motorların özellikleri**

- 1-Giriş pals sayısı ile motor adım sayısı aynıdır.
- 2-Motor hızı giriş pals sayısına bağlıdır.
- 3-Adım açısı hatası çok küçük ve sabittir.
- 4-Uygulanan palslere çok hızlı cevap verebilmektedir.

### **3.6. Step Motorların Üstünlükleri**

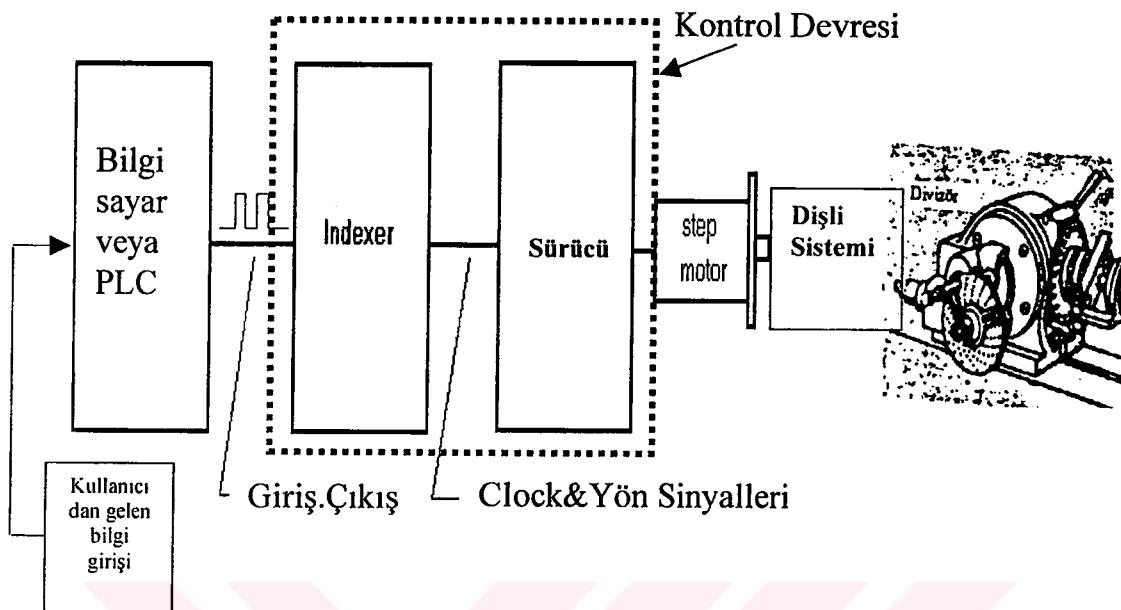
- a- Çok iyi bir açık çevrim kontrolü yapabilirler.
- b- Dijital kontrollüdür.
- c- Düşük hızda yüksek momentlere sahiptir.
- d- Kolay kolay bozulmazlar.
- e- Ayarlara gerek yoktur.
- f- Durdurulduğunda (girişten pals verilmediği zaman-enerjili iken) döndürülemezler.
- g- Uygun fiyatlarla bulunurlar
- h- Kolay montaj edilebilirler.
- i- Standart ölçülerde yapıldıklarından kolayca kullanılabilirler.

### **3.7. Step Motor Kontrol sistemi**

*Nümerik kontrollü makinelerde* nadiren açık çevrim kullanılarak step motorların yardımı ile değişik işlemler gerçekleştirilir. Parçaların x,y,z eksenlerinde taşınması, delik delme işlemleri, malzemelerin işlenmesi, matkapların kontrolü, bileme işlemleri vb. işlemler sayılabilir. Bu işlemler matematiksel olarak tanımlanır. Sembolik işlemlerde kullanılan programlar belleğe kayıt edilir ve gerçek işlemler bu programların kontrolü altında sürdürülebilir. Böylece motorların bir işlem sırasında, program içerisinde tarif edilen yöntemlere göre çalışması sağlanmış olur.

#### 4. KONTROL SİSTEMİNİN TASARIMI

Açık çevrim kontrolü uygulanan divizör şekil 4.1'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.

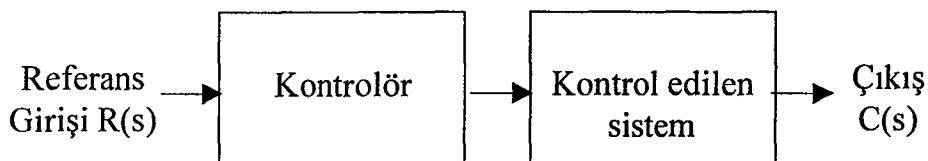


Şekil 4.1 Sistem diyagramı

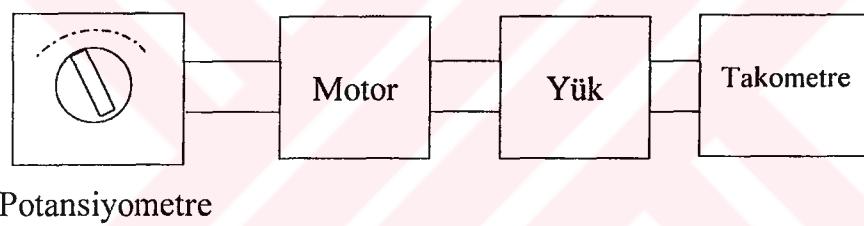
Sistem, yukarıda görüldüğü gibi divizörü arzu edilen derece kadar döndürülmesi için step motor kullanılmıştır. Kullanıcıdan gelen bilgi girişi, bilgisayarda daha önceden yazılan program algoritmasına bağlı olarak indeksir girişine uygulanmak üzere motorunun istenilen adım kadar donebilmesi için gerekli puls üretilmektedir. İndeksir giriş pulsunu step motorun donebilmesi için gereken faz çoğullamasının üretilmesi işlemini gerçekleştirmektedir. Sürücüdevresi motorun yeterli momentin oluşabilmesi için uygulanan gerilime uygun bir akımın sargılara uygulanması sağlanmaktadır. Step motorların bir adım için dönme açıları oldukça düşüktür.(1.8 ila 7.5 derece arası). Step motorların sağladığı bu özellik sayesinde divizör çevrim oranına göre (1/20, 1/40, 1/60, 1/120 gibi) step motorun bir adımdındaki açı 0,01 dereceye kadar düşmektedir. Böylece malzemelerin istenilen aralıklarla işlenmesi sırasında bölme işlemlerinin daha doğru ve hızlı yapılması sağlanmaktadır.

#### 4.1. Açık-Çevrim Kontrol Sistem

Kontrol sistemleri yapılarına göre ikiye ayrılır. Bunlar, açık çevrim sistemleri ve kapalı çevrim sistemleridir. Açık çevrim sistemlerine ait blok diyagramı aşağıda verilmiştir.



Bir açık çevrimde çıkış sinyali, giriş sinyali ile karşılaşmaz. Açık çevrimli kontrol sistemlerinde, istenilen işlemin gerçekleştirilmesi, önceden ayarlanmış değerlere göre yapılır. Aşağıdaki örnekte devir sayısı ayarlanması gösterilmiştir. (Şekil 4.2)



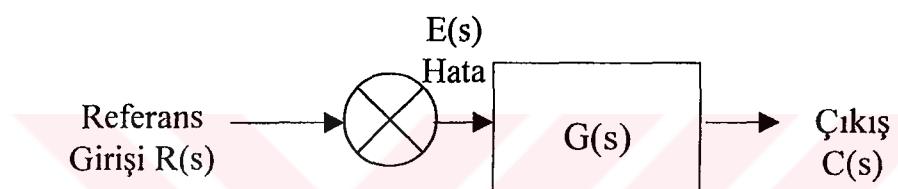
Şekil 6.2 Motor hız ayarı yapan açık çevrim kontrol devresinin blok şeması

Takometreden alınan bilgiden yararlanılarak potansiyometre istenilen hız'a göre ayarlanır. Ayarlanan değere göre motorun uygun bir hızda dönmesi sağlanır. Motor, ayarlanan hızda dönmeye devam eder. Motor üzerindeki yük değiştirilmez ise motor ayarlanan hızda döner. Eğer yük yada motorun yük taşıma şartları değiştirilirse ayarlanan hız değişimdir. Potansiyometrenin ayarı değiştirilirse buna bağlı olarak motorun dönme hızı da değişir.

Kapalı çevrimli kontrol sistemlerinde herhangi bir sebepten dolayı motorun dönme hızı değişirse, bu hız değişimi sistem tarafından otomatik olarak düzelticek ve motor dönme hızı normal değerine döndürülecektir.

## 4.2. Tasarlanan Açık Çevrim Kontrol Sistemi

Tasarlanan açık çevrim sisteminin modeli aşağıda gösterilmiştir. PC ile divizör kontrolü yapımının gerçekleştirilemesinde açık çevrim modeli kullanılmıştır.



$$C(s) = R(s)G(s) \quad R(s) = \text{Referans Fonksiyonu}$$

$G(s)$ = Sistem Transfer Fonksiyonu

$C(s)$ = Çıkış fonksiyonu

*Şekil 4.2 Açık Çevrim Kontrol Sistemi Blok Diyagramı*

## 4.3. Sistemde Kullanılan Redüktör (Dişli Sistemi)

Çevrim oranlarının  $1/20$ ,  $1/40$ ,  $1/60$ ,  $1/120$  gibi çevrim oranları olması divisorlerde standart bir hesaplamanın olmadığı görülmektedir. Divizörlerde her bir adım delığının en küçük mesafesi, delikli ayna üzerinde müsaade edilen bir değer kadardır. Bilgisayar kontrollü sisteme kullanılan step motordan dolayı ( $1/45$  oranlı bir redüktör konduğundan) 1 adım  $0.044^\circ$  (derece) adım atmaktadır. Ancak normal sistemlerde bu açı daha sınırlı

(büyük) olmaktadır. Sistemde kullanılması düşünülen step motorlarla ilgili bilgiler verildikten sonra projenin tasarımasına geçilecektir.

#### 4.3.1. Dişliler

Dişlilerle yapılan mekanik sistemlerin çözümü çok önemlidir. Dişliler her zaman bu tür sistemlerde hareketi sağlayan motor sistemlerinin hem momentlerini hem de motor torklarının çıkış miline farlı biçimde aktarılması için kullanılırlar. Bu çoğu zaman hızların düşürülmesi, torkun yükseltilmesi için kullanılırlar.

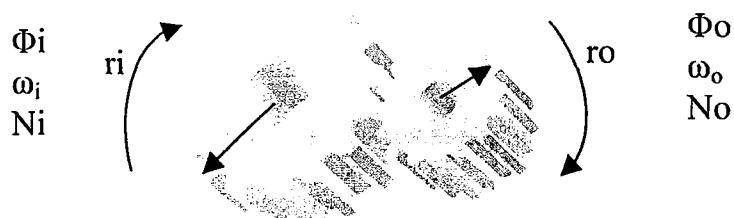
1-Motor ile yük arasında dişli sistemleri kullanılmaktadır. Motor ile dişli sisteminin çıkışında bulunan yük üzerinde yüksek tork elde edilmesi gerekebilir.

2-Dişliler kullanılarak mekanik kontrol sistemlerinde kazanç ayarlanabilir.

3-Dişliler ile yön değiştirilebilir.

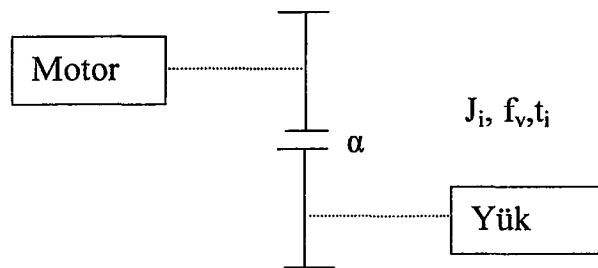
Dişlilerde dönüştürme oranı hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılır.

$$\alpha = \Phi_o / \Phi_i = \omega_o / \omega_i = r_i / r_o = N_i / N_o$$



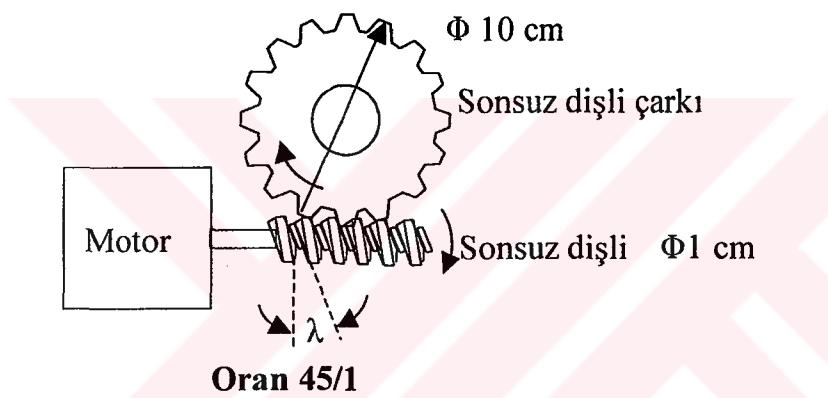
$$N = \text{Diş Sayısı}, \quad r_i = \text{Yarıçap}, \quad \omega_i = \text{Açı}, \quad \Phi_o = \text{Diş Çapı}$$

*Şekil 4.3 Düz Dişli Örneği*



$\alpha$  = Dışlı Çevrim Oranı

Şekil 4.4 Motor – Yük Arasındaki dışlı Bağlantısı



Şekil 3.4: Sonsuz dişli çarkı grubu

Yükün dişli sistemine aktarılması sırasında tork bağıntılarını aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\alpha = \text{Çevrim Oranı}$$

$$Tr = \alpha \cdot T_1$$

$$T_1 = \text{Yük Torku}$$

$$Jr = \alpha^2 \cdot J_l$$

$$Tr = \text{Motor torku}$$

$$fvr = \alpha^2 \cdot f_{vl}$$

$$J_l = \text{Yükün Atalet Momenti}$$

$$Jr = \text{Motorun Atalet momentin}$$

$$f_{vl} = \text{Yük Sürtünme Momenti}$$

$$fvr = \text{Yük Sürtünme Momentinin motora etkisi}$$

$$\begin{array}{lll} \alpha=1/45 & t_l=4500 \text{ oz-inç} & tr=0,022*4500=99 \text{ oz-inç} \\ & J_l=180 \text{ oz-inç} & Jr=0,022^2*450=0,2 \text{ oz-inç} \\ & f_{vl}=18 \text{ oz inç} & fvr=0,022^2*45=0,021 \text{ oz-inç} \end{array}$$

$$\text{Toplam tork} = tr + Jr + fvr = 99 + 0,02 + 0,021 = 99,221 \text{ oz-inç} \approx 100 \text{ oz-inç}$$

SI sistemine göre 1 oz/inç = 0,068Nm

Toplam Tork = 6,8 Nm.

#### 4.3.2. Motor Seçimi

Sistemde kullanılan motor seçiminde yukarıdaki formüllerden yararlanılarak gerekli torka sahip motor seçimi için aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir.

Step motor seçimi için birçok kriter bulunmaktadır. En uygun seçim için motor yüklerinin bilinmesi ve elektronik devrenin ekonomik bir şekilde çözümlenmesi gerekmektedir. Burada motor seçimi için torkun bilinmesi gerekecektir. Eğer motor hızı biliniyorsa katettiği açı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

SPS = Saniyede Uygulanacak Adım Sayısı

SA = Step Açısı

$$\alpha = \frac{SPS}{t} \frac{SA}{57,3} \text{ rad/s}^2$$

Burada SA, 57,3 e bölünerek Step açısı radyan cinsinden hesaplanmaktadır

Step motor için gereken yük torku 100 oz-inç (6,8 Nm) olarak hesaplanmıştır. Step açısı  $2^\circ$  ve iç yük (dişli )momenti  $10 \text{ oz-inç-s}^2$  olarak tespit edilmiştir. Eğer yük saniyede (her adım için 10 ms alınmıştır) 10 step için ivmelenme 0,5 saniye olursa gerekli olan minimum tork

Açısal ivmelenme:

$$\alpha = \frac{10}{0,5} \frac{2}{57,3} = 0,698 \text{ rad/s}^2$$

motorun yük altında ivmelenmesi için

$$T_{ac} = J \alpha \quad T_{ac} = 10(0,698) = 6,98 \text{ oz-inç}$$

toplam yük ivmelenme tork ile yük torkunun toplamına eşittir.

Motor seçiminde kullanılacak toplam gerekli olan tork

$$\text{İvmelenme torku} + \text{Yük torku} = 6,98 + 100 = 106,96 \text{ oz-inç olarak}$$

hesaplanmaktadır.(saniyede 10 adım için)

$$= 106,96 * 0,068 = 7,27328 \text{ Nm. (Motor seçiminde kullanılacak tork)}$$

Projede kullanılan step motor tipi :

Sanyo Step-Syu tip=103-820-2 M= 160 oz/inç (10,88 Nm.)

**IBM P/N 2526734      2°/step      DC 4,5 V I=1,4 A**

Bazı uygulamalarda ivmelenme momenti için gereken zamanın hesaplanması ihtiyaç duyulmaması (saniyede 50 adımdan yüksek hızlarda) durumunda gerekli olan tork

$$\alpha = \frac{SPS^2}{2} \frac{SA}{57,3} \quad \text{rad/s}^2$$

$$\alpha = \frac{100^2}{2} \frac{2}{57,3} = 174,52 \quad \text{rad/s}^2$$

$$t_{ac} = J \alpha \quad t_{ac} = 2(174,52) = 349 \text{ oz-inç}$$

toplam tork = 349 + 60 = 409 oz-inç SI sistemine göre

$$= 409 * 0,068 = 27,812 \text{ Nm}$$

Sistemimizde kullanılan step motor saniyede 10 adım attığı için toplam tork 7,27328 Nm olarak alınmış ve step motor seçimi bu değere göre yapılmıştır.

## **5. GELİŞTİRİLEN KONTROL YAZILIMI**

Bütün bu bilgilerden sonra bilgisayarda C++ programlama dili olarak sistemin mevcut paralel (LPT) port kullanılarak kontrol edilmesi planlanmıştır.

Hazırlanan programın akış diyagramı aşağıdadır. Freze kontrolü için bilgi girişleri freze tezgahından alınmıştır. İşlem tamamlandıktan sonra kullanıcıyı “İşlem tamamlandı uyarısı” bilgisini göndererek işlemin bittiği, dolayısıyla programın tamamlandığı bilgisini gönderecek şekilde tasarılmıştır.

Program geliştirilmeye açık olup her türlü değişik varyasyonların denenebilmesi ve sonuçların değerlendirilebilmesi için programın yazılımında seçenekler esnek tutulmuştur.

### **5.1. Geliştirilen Kontrol Yazılımının Açıklanması**

Yukarıdaki programda dişli açma yada yüzey işlemede divizör freze tezgahı ile birlikte kullanıldığı varsayılarak freze tezgahı birinci işlemi tamamlayınca ilk bölge işleminin tamamlandığı bilgisini göndererek divizöre bağlı step motorun ikinci bölge için harekete başlanması sağlanmaktadır.

Bu bilgi bilgisayar tarafından değerlendirerek ikinci bölge işlemi için step motoru hesaplanan açı kadar döndürülmemekte ve döndürme işlemi tamamlanınca freze tezgahına komut göndererek işleme başlaması sağlanmaktadır. Bu işlemler bölge sayısı-1 kadar devam eder.

Bölme işlemi 360 derece için tamamlanınca kullanıcıyı uyarmak için bir ihbar sinyali çıkışlı vererek işlemi sona erdirmektedir.

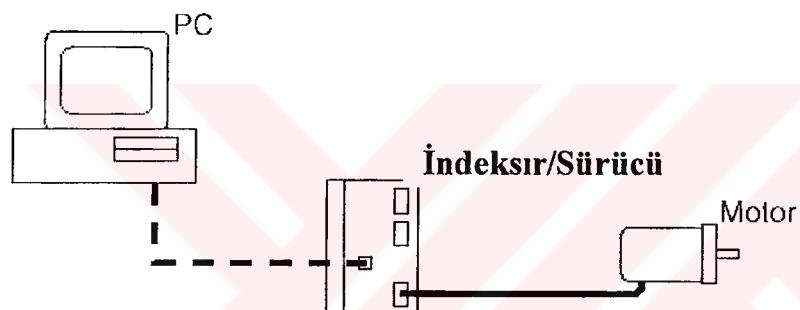
(CNC tezgahlarında olduğu gibi).

Bilgisayarın LPT portunu kullanılarak sistemin yapılandırmasının nedeni, hemen hemen bütün PC bilgisayarlarının kullanımının yaygın olması düşünülerek bilgisayar kontrollü yapılması planlanmıştır.

Divizörlerle ilgili açıklamalarda da anlatıldığı gibi freze tezgahı kullanarak dişli yapımlarında, dairesel bir malzeme üzerinde çokgen yüzey işlemelerinde karmaşık hesaplara gerek kalmadan kolayca ve hatalız bir biçimde yapabilmesi amaçlanmıştır.

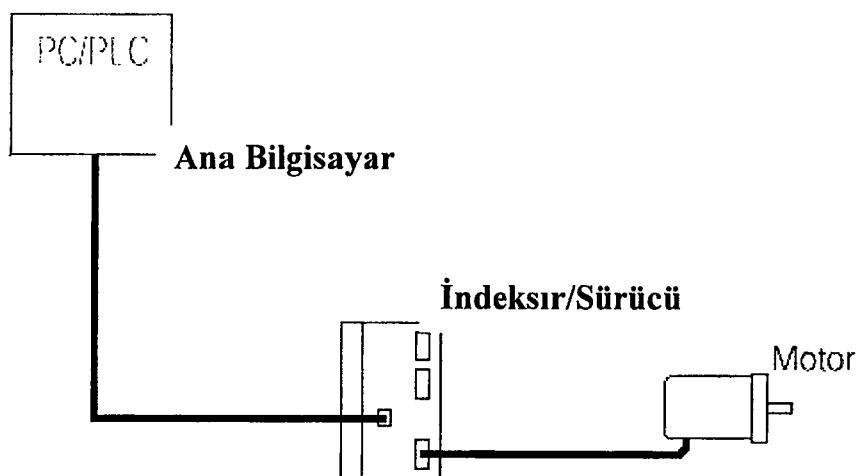
Geliştirilen örnekte önce step motor kontrolünü yapabilecek devre geliştirilmiştir. Devrede göz önüne alınan en önemli olumsuzluk, sanayi ortamındaki elektrikle çalışan sistemlerin elektriksel gürültüler ve herhangi bir nedenle oluşabilecek yüksek gerilimin bilgisayar sisteme zarar vermesini önlemiştir.

Aşağıda kapalı devresi verilen Step motor sürücü devresi ile motor bağlantı şekli görülmektedir.



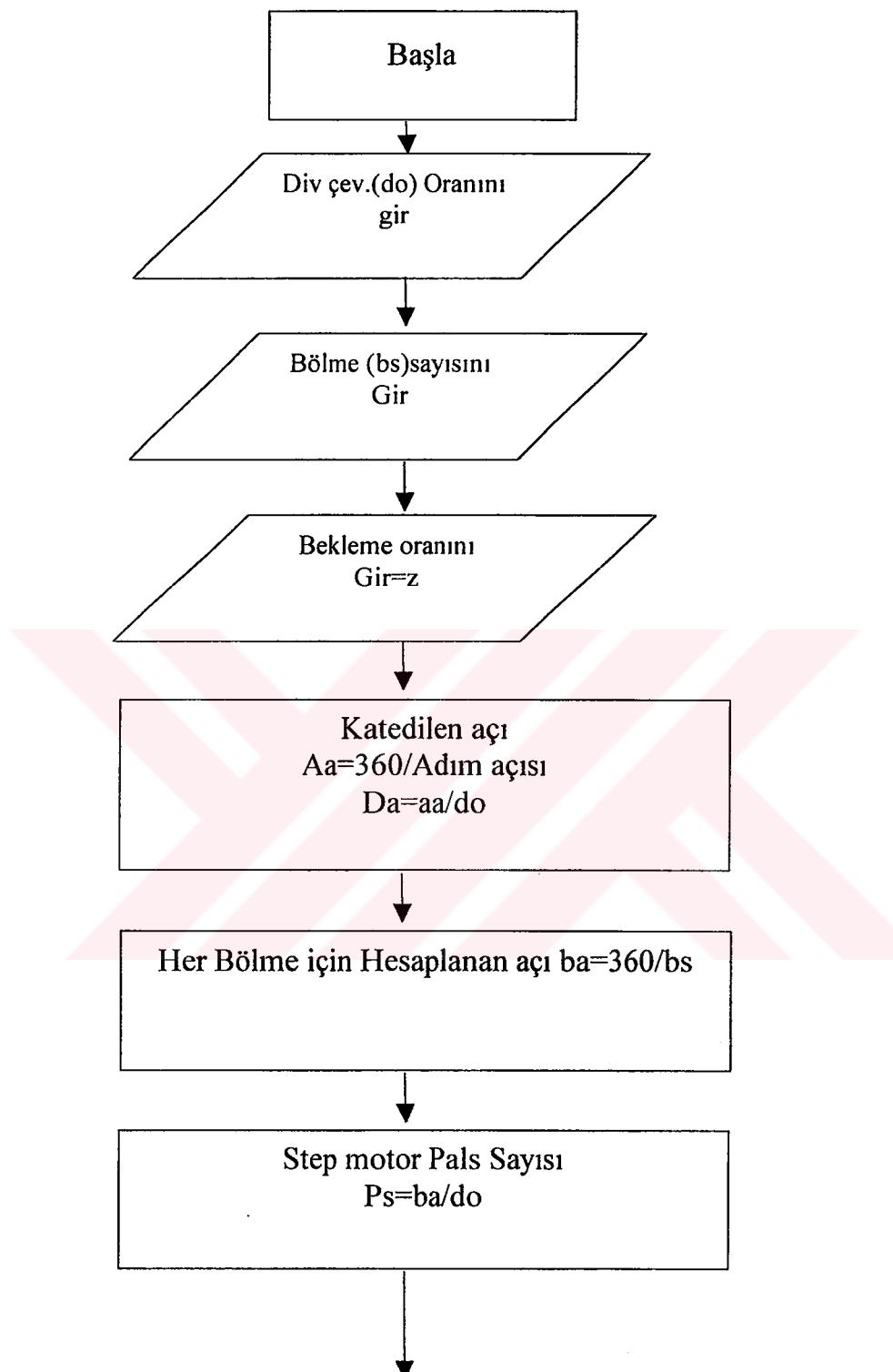
----- = Yalnızca programlama

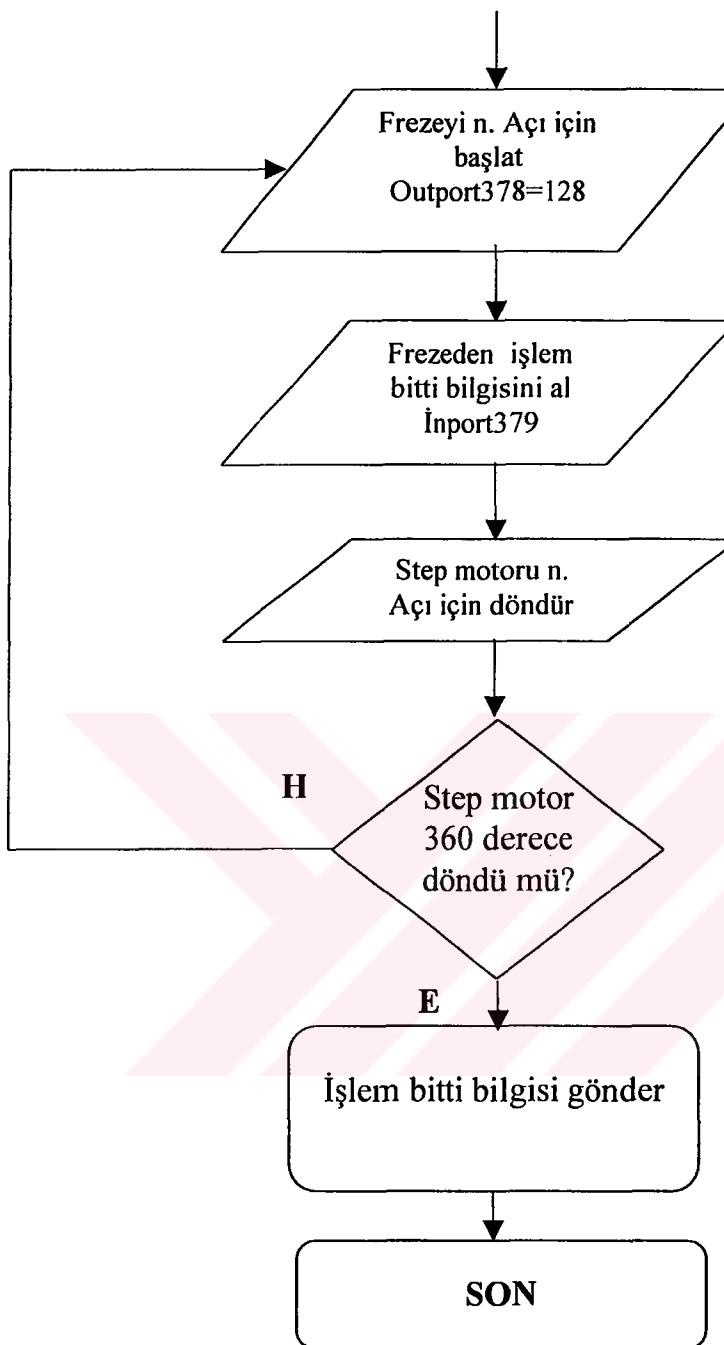
*Şekil 5.1 PC ile kontrol sistemi*



*Şekil 5.2 Sistem gerekirse PLC ile de kontrol edilebilir.*

## 5.2. Algoritma





*Şekil 5.3 Program algoritması*

### **5.3. Program**

Sistemin bilgisayar kontrolü için gerekli olan yazılım C++ programa dili kullanılarak yazılmış program Ek A da verilmiştir.



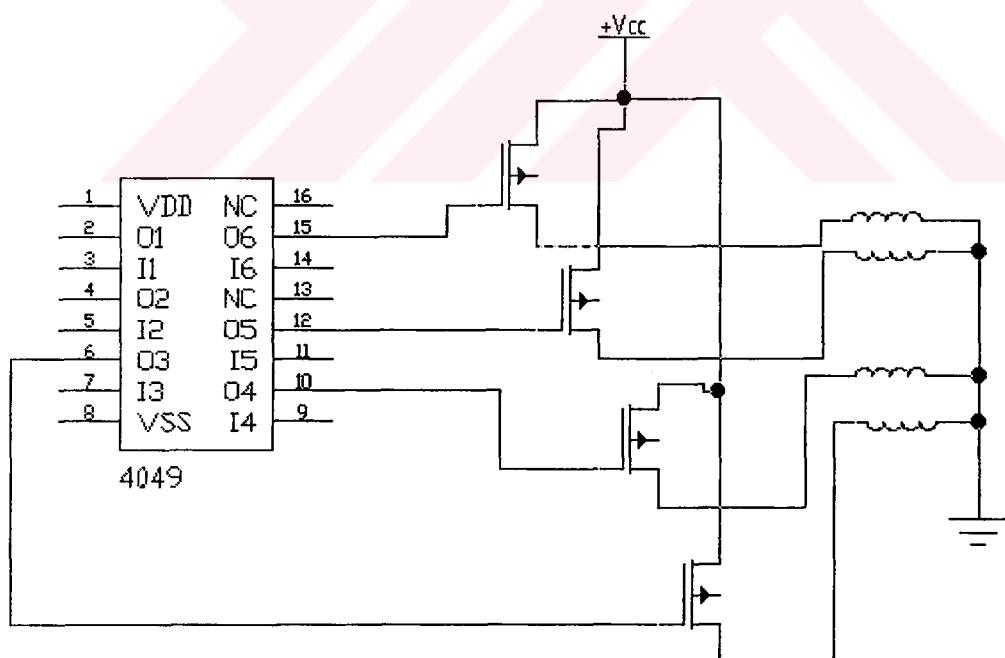
## 6. ELEKTRONİK DEVRE TASARIMI

C++ programlama dili ile yazılmış programın uygulanması için gerekli donanım aşağıda açıklanmıştır.

### 6.1. Dijital Kontrol Sisteminin Tasarımı

Donanımın kontrolü, daha önceden verilen ve C++ programlama dili ile gerçekleştirilen yazılım sayesinde yapılmaktadır. Step motor için kullanılan sürücü devresinin şematik gösterimi aşağıda verilmiştir. Devrede kullanılan tümdevre ve mosfetlere ait kataloglar proje ekinde verilmiştir. Aşağıda bilgisayar LPT port çıkışları kullanılarak kontrol edilen sistem için yazıcı (printer) port konnektörü pin uçları bağlantı uçlarının detayı verilmiştir. Bu sistemde D0 ile D7 uçları kullanılmıştır.

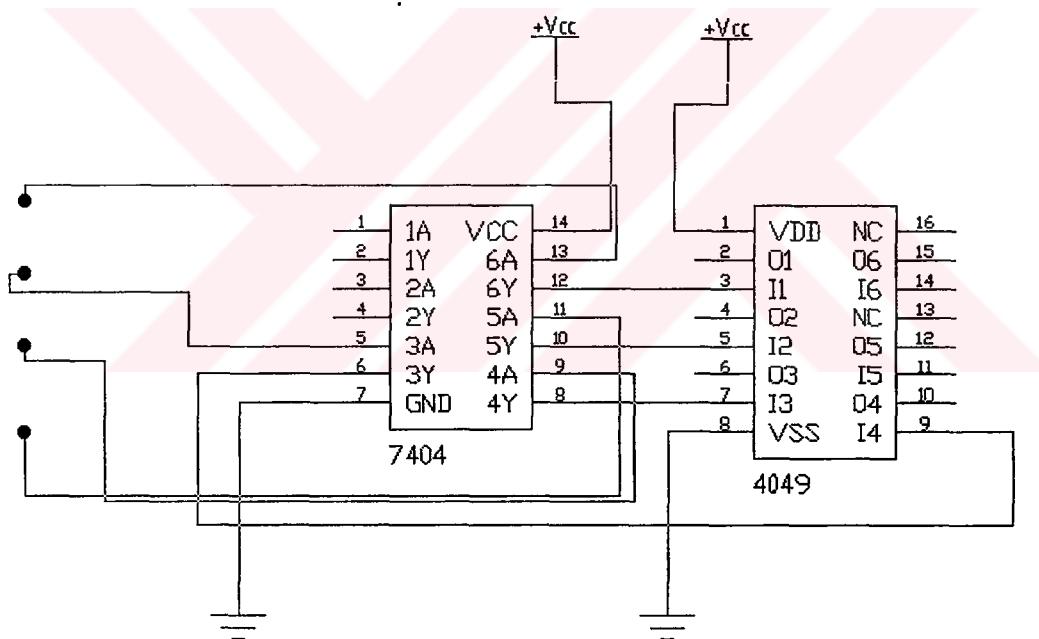
### 6.2. Motor Sürücü Devresi



Şekil 6.1 Motor Sürücü devresi

Şekil 6.1 de gösterilen şema step motor sürücü devresidir. Devrede kullanılan mosfet güç transistörleri 4049 eviren buffer entegresi ile iletişim anında mosfetler üzerinde fazla güç harcanmaması için tam iletim için gerekli olan gerilimin sağlanması için kullanılmıştır. Mosfetler tam iletimde iç dirençleri  $R_s=0,15$  om kadar olmaktadır. Bu sayede mosfet üzerinde fazla güç harcanmadığı için üzerinde düşen güç azalmakta ve ısınma problemi ortadan kalkmaktadır. Motor 4,5 V ile çalıştığı için  $+V_{cc}$  girişi 4,5 Volt'tur. Ancak 4049 eviren buffer entegresi +12 volt ile çalışmaktadır. Böylece mosfetlerin tam iletme geçebilmesi ( $t_{on}$ ) için gerekli olan 11 voltluq Gate gerilimi sağlanmaktadır.

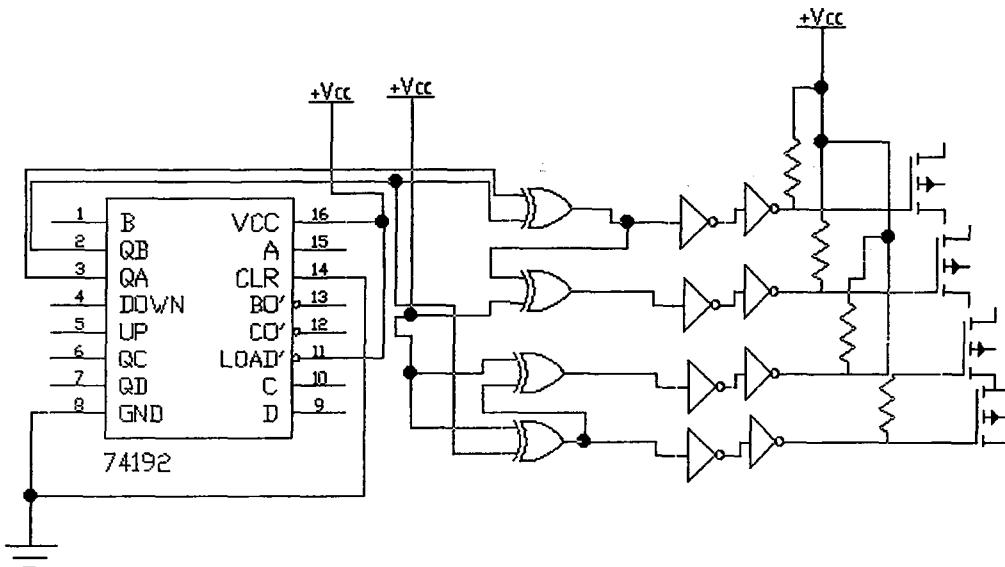
### 6.3. Faz Çoğullama ve TTL/CMOS dönüştürücü



Şekil 6.2 TTL/CMOS dönüştürücü

4049 tipi eviren buffer entegreler cmos (Compimenter Metal Oksit Semiconduktör) 9-18 Volt gerilimle çalışırlar. 7404 gibi TTL entegreler 5 volt ile çalışıklarından mosfetleri anahtarlayamazlar. Bu nedenle aşağıdaki

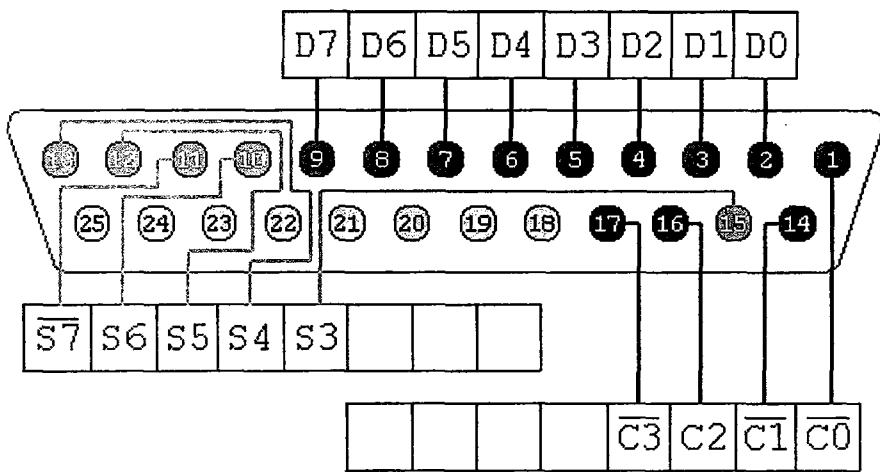
devrede tanımlanan faz çoğullayıcı 7486 entegre çıkışı olan 4 faz 7404 ile sürülerek 4049'a iletilmektedir.



*Şekil 6.3 İleri/Geri Sayıcı ve faz çoğullayıcı devre şeması*

Yukarı Aşağı sayıcı ile QA ve QB çıkışları ikili sayı sisteme göre 2 bitlik bir sayıcı oluşturulmuştur. (00 – 01 – 10 – 11 – 00 ) bu iki bitlik değer 7486 TTL Exor lojik kapısı ile 4 bitlik faz çoğullayıcı oluşturulmuştur. Böylece step motorların dönmesini için gereken enerjinin adım tablosunda belirtilen sıra ile sargılara uygulanmasını sağlanmaktadır(Şekil 6.3).

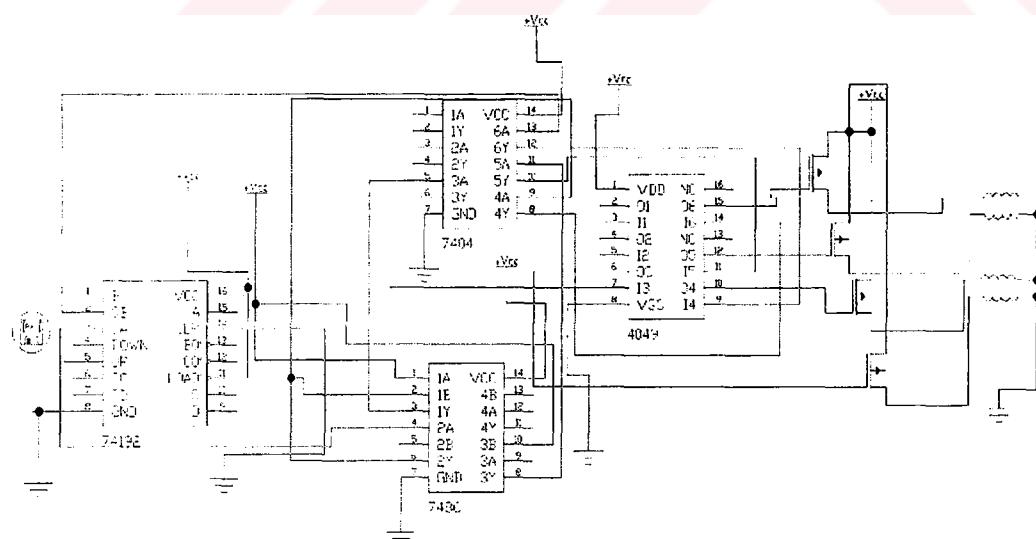
Veri girişi bilgisayarın paralel portundan yapılmaktadır. Port bağlantı şekli aşağıda gösterilmiştir. 74193 Yukarı/aşağı sayıcı entegresinin clock (saat) girişine program tarafında kontrollü saat pulsları uygulanarak step motorun istenilen kadar adım attırılması sağlanmış olur.



*Şekil 6.4 Paralel Port çıkış konnektör bağlantı şeması(D 25 tip)*

#### 6.4. Step Motor Kontrol Devresi Şeması

Devre bir indeksir kullanarak dizayn edilmiştir. Bu indeksir bilgisayar portundan gönderilen palsları sayarak iki bitlik bir çıkış ile 0-0 0-1 1-0 1-1 olarak 7486 or kapısı ile step motor sargılarına yukarıda açıklanan adım tiplerini sargılara uygulamaktadır. 4 adımda dönüşü tamamlayan motor(360 derece) bir sonraki tur için yeniden aynı yöntem ile dönmeye devam etmektedir. Her 360 derece için 180 adet pals gerekmektedir.



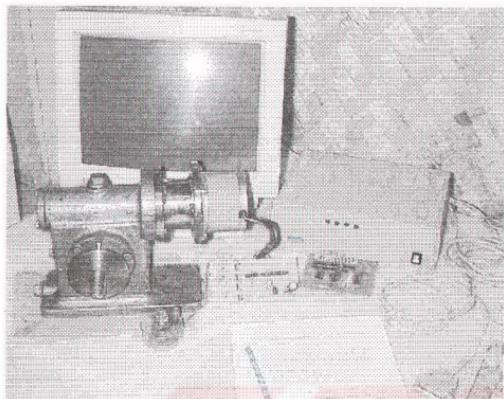
*Şekil 6.5 Elektronik devre şeması*

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU  
DOĞUM MANTASİ YÖNETİM MERKEZİ

**74193** tüm devre yukarı /aşağı sayıcının UP (yukarı) girişine program kontrolünde uygulanan puls ile motorun kaç derece dönmesi kontrol edilmektedir. **7486** tümdevresi ile giriş fazı çoğullanarak step motor için gerekli olan 4 sargıya faz sırasına göre enerji uygulanmaktadır. **7404 TTL** ve **4049 CMOS** buffer entegreleri mosfetleri sürülmesi için kullanılan sürücü entegrelerdir. Bu sayede mosfet tam olarak iletme geçmekte ve iletim sırasında yaklaşık  $0,15\Omega$  kadarlık oldukça düşük bir iç direnç oluşturmaktadır. Devrenin çıkışında kullanılan mosfet transistörler, iletim sırasında çok düşük iç dirençlerinden dolayı ısınma söz konusu olmamaktadır. Böylece step motor uzun süre enerjili olduğu halde motor mili dönmese bile(Sargılara uygulanan gerilimin sabit durumu) motorun çektiği akımdan dolayı sürücü devreleri hiçbir zarar görmemektedir. Düşük hızlarda yüksek momente sahip step motorlara herhangi bir pals uygulanmadığı zaman motor mili kilitlenmektedir. Bu işlem divizörün, freze tezgahı çalışırken hiç hareket etmeden malzemeyi işlemesi sağlanmaktadır. Mekanik sistem kilitlenmekte ve bu sayede dişli açılacak malzeme serbest hareketi sözkonusu olamadığı için, malzeme üzerinde hiç hata yapılmadan işlemin tamamlanması sağlanmaktadır.

Divizörlerde sonsuz dişli kullanılarak çıkış milinin girişten bir döndürme momenti uygulanmadığı sürece çıkış milinin dönmesi mümkün değildir. Bu özellik sistemin kararlı çalışmasını sağlayarak sonuçta hata en az seviyeye indirilmesi sağlanmış olmaktadır.

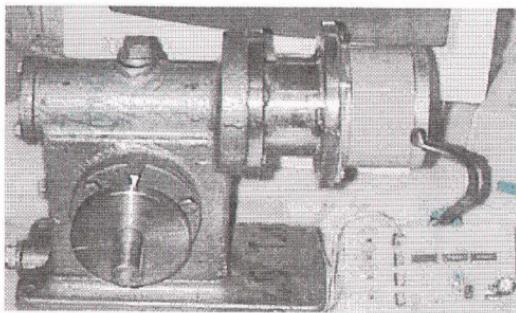
Tasarımı ve gerçekleştirilmesi yapılan PC ile divizör kontrol sistemine ait resimler



*Resim 1: Divizör genel görünümü*



*Resim 2: Bilgisayar ile divizör sisteminin bağlantı görünümü*



*Resim 3: Step motor ve sonsuz dişli sistemi ve Kontrol Devresi*

## **7. PC KONTROLLÜ DİVİZÖR HATASININ İNCELENMESİ**

Sanayi ortamında kullanılan divizörlerin bir malzeme bölme işlemi sırasında % 3 ‘kadar oluşabilecek hataları kabul etmektedirler. Oysa divizörlerle daha önceden tespit edilmiş bölge oranları haricinde bölge işlemi yapmak mümkün görünmemektedir. Divizörlerde bulunan bölge aynaları iki tür yapılmaktadır. Bunlar

1-Dar sistem bölge (24, 26, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 86, 100)

2-Geniş sistem bölge (24, 26, 28, 30, 32, 36, 37, 40, 48, 49, 56, 60, 64, 66, 68, 72, 76, 78, 80, 84, 86, 90, 96, 100, 112)

Yukarıda görüldüğü gibi belirtilen sınırlar haricinde bir bölge işleminin gerçekleştirilemesi mümkün görünmemektedir. Ancak projemizde istenilen bir değerde bölge işlemini %0,01 gibi bir hata ile ve istenilen bir bölge sayısı ile bölünebilmektedir.

Aşağıdaki tabloda bu tür bölge işlemi için hata oranı hesaplama tablosu görülmektedir.

Yazılım bölümünde bölge işlemi ile ilgili seçenekler kullanıcıya bırakılmıştır. İstenirse oluşturulabilecek sabit bölge değerleri de kullanıcı tarafından seçilebilir.

**Divizör dönüş oranlarına göre kat edilen açı hesaplama tablosu**

Dönüş.Oranı	45	45	45	45	45	45	45
<b>Diş Say.</b>	23	25	29	31	38	42	50
<b>Step Motor 1 adım acısı</b>	2	2	2	2	2	2	2
<b>1 Diş İçin Pals Sayısı</b>	352,17	324	279,31	261,29	213,16	192,86	162
<b>Toplam Pals Sayısı</b>	8100	8100	8100	8100	8100	8100	8100
<b>1 Pals İçin Katedilen Açı</b>	0,0444	0,0444	0,0444	0,0444	0,0444	0,0444	0,044
<b>1 Diş İçin Katedilen Açı</b>	15,652	14,4	12,414	11,613	9,4737	8,5714	7,2
<b>360 Derece İçin Step Adım Sayısı</b>	8100	8100	8100	8100	8100	8100	8100

Redüktör Çıkışı							
Step Mot. 1.Adımı için Katedilen Açı	0,0444	0,0444	0,0444	0,0444	0,0444	0,0444	0,044
1Dış Açılması için Step Adım Sayısı	352,17	324	279,31	261,29	213,16	192,86	162
Step Mot. 1.Bölme için Adım Sayısı	352	324	279	261	213	193	162
1 Dış İçin Katedilmesi gereken Açı	15,652	14,4	12,414	11,613	9,4737	8,5714	7,2
1 Dış için Divizörün katettiği açı	15,64	14,40	12,40	11,60	9,47	8,58	7,20
Fark Acısı	0,0077	0	0,0138	0,0129	0,007	-0,006	0
Yuzde hata %	0,0494	0	0,1111	0,1111	0,0741	-0,074	0
360 derecede bölme(Dış Sayısı)	23	25	29	31	38	42	50
step motor 360derecede bölme	23,011	25	29,032	31,034	38,028	41,969	50
Toplam % hata	0,0494	0	0,1111	0,1111	0,0741	-0,074	0

Tablo 4: Farklı açılarda hata oranları hesap tablosu

Yapılan hesaplamalarda en fazla %0,1 hata olduğu bulunmuştur. Bu işlem sayesinde divizörlerin sanayi ortamında kabul edilen %3 lük hatanın oldukça altındadır. Bu sayede daha hassas işlemlerin yapılabilmesi mümkün olabilmektedir.

Elektronik devresi tasarlanan ve gerçekleştirilen divizör sisteminin uygulamada görülen hatanın hesaplama sonucu teorik olarak bulunan değere yakın bir değer tespit edildiği görülmüştür.

Tasarımı gerçekleştirilen PC ile divizör kontrol sistemine PC bilgisayar bağlanarak sistem çalışır hale getirilmiş ve hata tespit işlemi, aşağıdaki belirtilen aşamalar gerçekleştirilerek yapılmıştır.

Hata tespitinde kullanılan 1000 puls/devir oranına sahip encoder kullanılmıştır.

Encoder mili divizör çıkış miline akuble edilerek program çalıştırılmış ve açılacak dış sayısı (böülüntü sayısı) 2 değeri verilerek divizörün 180 derece dönmesi sağlanmıştır. Tekrar böülüntü işlemi için 2 değeri verilerek 2. 180 derecelik bir açı ile dönme işlemi sağlanmış ve çıkışta encoder puls sayıcının değerinin 999 olduğu görülmüştür. Bölme işlemi iki adımda yapılmış ve sonuç 2 tekrarlanabilirlikle hata  $360^\circ$  'de 0,36 derece (%0,1) olduğu ölçülmüştür.

(Encoder tam devirde ( $360^\circ$ ) 1000 puls üretmektedir. Ölçülen değer 999 puls dir)

İkinci olarak gerçekleştirilen hata tespitinde, bölme sayısı 25( $45/1$  divizörde tam bölünebilen değer) olarak verilmiş ve divizörlerde ikinci defa tekrarlanan bölme işlemi yeni malzemeye uygulandığı için tekrarlanabilirlik hata kontrolü yapılmamıştır.

Encoder  $0,36$  derece açı ile döndürülürse 1 puls üretmektedir. Divizör 25 bölme işlemi için her bölüm  $14,4$  dereceye karşılık gelmektedir. Encoder her bölmede  $14,4/0,36 = 40$  puls üretmektedir. Bölme işlemi sonunda encoderin üretmesi gereken puls sayısı  $40*24=960$  olmalıdır. Ancak ölçülen puls sayısı 959 olduğu gözlenmiştir. % Hata  $=((960-959)/960)*100= 0,10427$  olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak geliştirilen PC kontrollü divizör sisteminin yaklaşık %0,1 hata ile işlemi gerçekleştirdiği gözlenmiştir.

## **8. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Frezeleme işlemlerinde kullanılan divizörlerin DC step motor ile kontrolü, açık çevrim kontrol sistemi olarak tasarlanmış ve imalatı gerçekleştirılmıştır. PC ile, divizörün istenilen kademeli hareketin elde edilmesi için step motorun kontrolü yazılımla gerçekleştirilmiştir.

Pc ile iletişimini sağlanan step motor, imal edilen elektronik donanımla bilgisayardan yazılımla üretilen pulslerle motorun istenilen açılarda döndürülmesi sağlanmıştır.

Program aracılığı ile divizörün bölme sayısını verebilmesi için step motorun dönme açısını sağlayacak darbe sayısı yazılımla gerçekleştirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, teorik sonuçlarla uygulama sonuçlarından elde edilenler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, divizör dişlisi, çevrim oranına göre tam bölünebilen diş sayısında oluşan hatanın, dişlilerde görülen boşluklar nedeniyle  $360^{\circ}$  'de  $0,36^{\circ}$  kadar olduğu görülmüş, hatanın % 0,1 kadar olduğu tespit edilmiştir. Bu hata, üretim sırasında kabul edilebilir bir hata olduğu kanaatine varılmıştır. Tam bölünemeyen durumlarda tablo 4'de verilen hataya  $0,36^{\circ}$  lik hata açısının eklenmesi ile toplam hata tespit edilmiştir.

Geliştirilen sistemin kullanım kolaylığı, ekonomik olduğu, mekanik divizörlere göre çok farklı dönme açılarının elde edilebileceği gösterilmiştir.

## KAYNAKLAR

Küçük, Mehmet Makine Bilgisi MEB İst 1970

Emanuel, Pericles, Leff, Edvard, FeedBack Control Systems 1986  
Newyork .Usa

Motion Control Solutions for Medical Devices and Systems Teknik  
Katalog (Web Internet 2000)

Applied motion products, inc.stepping motors - servos - gearheads - drives  
- controls Teknik Katalog (Web Internet 2000)

S. Back, Henry Pratical Servo Mechanism Design 1986 Newyork

E.E.Sülün,M.Aslan, Elektronik Devre Uygulamaları 1999 İst.

National Semiconductor Volume 3 IC Handbook 1988 Newyork

National Semiconductor Volume 2 IC Handbook 1988 Newyork

National Semiconductor Volume 1 IC Handbook 1988 Newyork

Motorola TTL And Ls TTL Data Book 1986 Arizona

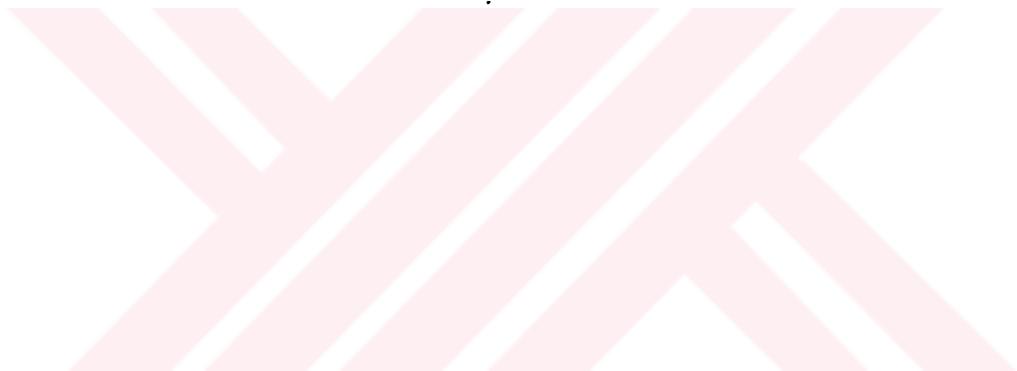
AKBAY Sönmez,Dijital Elektronik ve Uygulamaları, 1981, Ankara

DÜZGÜN Derviş, Makine Elemanları Dizayn-Konstrüksiyon,1994,  
Ankara

MURAT Akif, Bilgisayar Kontrollü Otomasyon ,1999, Tez Çalışması

TOPALOĞLU Ümit Müctepe , bilgisayar ile uzaktan çeşitli  
cihazların kontrolü, 2000, Tez Çalışması

KORAY Dayanç, 2mt'lik hareketli tabla düzeneği kurularak 3 adet adım  
motoru ve sürücü devresinin tasarılanması ve üretilmesi, 1999, Tez Çalışması



## **EKA - Yazılım Kodları**

```
#include<sdtio.h>
#include<conio.h>

#define LPT x3f8

main()
{
    clrscr();

    int d,do,bs,z;

    printf("Bu program Step Motor kontrolü için yazılmıştır\n");
    printf("Step motor 1 tam devir için adım sayısını 200 almıştır.\n");

    d=200;

    /*sacnf("%d",d);*/
    printf("Divizör çevrim oranını giriniz\n");
    scanf("%d",do);

    printf("Bölme sayısını giriniz\n");
    scanf("%d",bs);

    printf("Bekleme zamanını giriniz\n 100 ila 50.000 arasında bir değer");
    scanf("%d", z);

    /*bölme sayısına göre motor adım sayısı hesaplama bölümü*/
    /*Step motorun 1 devir için adım sayısı =200 ye göre
    1 adım için katedilen açı=360/200*/
    aa=360/d;

    /*divizörde katedilen açı*/
    da=aa/do;

    /*Her bölme için hesaplanan açı*/
    ba=360/bs;

    /*hesaplanan motor pals sayısı*/
```

```

ps=ba/da;

/*Frezeyi çalıştır bilgisini gönder*/
/* Bu bölümde freze ilk bölme işlemini tamamladıktan sonra ikinci
adım için step motora bilgi gönderecek*/

printf("Frezeyi çalıştırılmak için lütfen herhangi bir tuşa basınız\n");

getch();

/* Port 7.bit freze start biti olarak verilmiştir.*/

outport(LPT, 64);
delay(500);

/* port çıkışının bütün değerleri 0 oluyor*/
outport(LPT,0);

/* Sistemi bölme sayısı kadar döngü yapacak*/

for(n=0, n<bs, n++)

{
    for(i=0, ps <i, i++)

    {
        outprot(LPT,1);
        delay z;

        outport(LPT,0);
        prinf("Atılan adım sayısı = %d\n",i);
    }

    outport(LPT, 128); /*Sisteme stop sinyali gönderiliyor*/
    delay 2000
    outprot(LPT,0);

/* Sistemden 2. Bölme işlemi için bilgi bekleyen procedure*/
    do

        s=inport(LPT);
}

```

## EK-A 2

```
while(s!=0);  
}  
  
outport(LPT, 64); /* İşleme tamamlandı bilgisi kullanıcıyı  
uyarmaktadır.*/  
  
getch();  
return 0;  
}
```



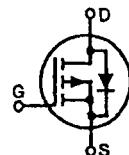
**EK B - Kataloglar**

**Standard Power MOSFET**

P-Channel Enhancement Mode  
Avalanche Rated

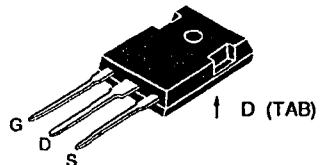
**IXTH 24P20**

$V_{DSS}$  = 200 V  
 $I_{D25}$  = 24 A  
 $R_{DS(on)}$  = 0.15  $\Omega$



Symbol	Test Conditions	Maximum Ratings	
$V_{DSS}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ to $150^\circ\text{C}$	-200	V
$V_{GCR}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ to $150^\circ\text{C}$ ; $R_{GS} = 1 \text{ M}\Omega$	-200	V
$V_{GS}$	Continuous	$\pm 20$	V
$V_{GSM}$	Transient	$\pm 30$	V
$I_{D25}$	$T_c = 25^\circ\text{C}$	-24	A
$I_{DM}$	$T_c = 25^\circ\text{C}$ , pulse width limited by $T_J$	-96	A
$I_{AR}$	$T_c = 25^\circ\text{C}$	-24	A
$E_{AR}$	$T_c = 25^\circ\text{C}$	30	mJ
$P_D$	$T_c = 25^\circ\text{C}$	300	W
$T_J$		-55 ... +150	$^\circ\text{C}$
$T_{JIM}$		150	$^\circ\text{C}$
$T_{slg}$		-55 ... +150	$^\circ\text{C}$
$T_L$	Maximum lead temperature for soldering 1.6 mm (0.062 in.) from case for 10 s	300	$^\circ\text{C}$
$M_d$	Mounting torque	1.13/10	Nm/lb.in.
Weight		6	g

TO-247 AD



G = Gate,      D = Drain,  
 S = Source,      TAB = Drain

**Features**

- International standard package JEDEC TO-247 AD
- Low  $R_{DS(on)}$  HDMOS™ process
- Rugged polysilicon gate cell structure
- Unclamped Inductive Switching (UIS) rated
- Low package inductance (<5 nH)
  - easy to drive and to protect

Symbol	Test Conditions	Characteristic Values ( $T_J = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)		
		min.	typ.	max.
$V_{DSS}$	$V_{GS} = 0 \text{ V}$ , $I_D = -250 \mu\text{A}$	-200		V
$V_{GS(th)}$	$V_{DS} = V_{GS}$ , $I_D = -250 \mu\text{A}$	-2.5		-5.5 V
$I_{GSS}$	$V_{GS} = \pm 20 \text{ V}$ , $V_{DC} = 0$		$\pm 100$	nA
$I_{DSS}$	$V_{DS} = 0.8 \cdot V_{DSS}$ $V_{GS} = 0 \text{ V}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 125^\circ\text{C}$	-200 -1	$\mu\text{A}$ mA
$R_{DS(on)}$	$V_{GS} = -10 \text{ V}$ , $I_D = 0.5 \cdot I_{D25}$		0.15	$\Omega$

**Applications**

- High side switching
- Push-pull amplifiers
- DC choppers
- Automatic test equipment

**Advantages**

- Easy to mount with 1 screw (isolated mounting screwhole)
- Space savings
- High power density

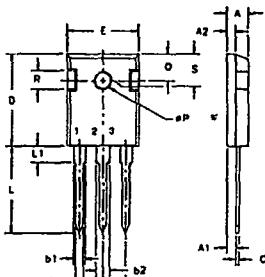
Symbol	Test Conditions	Characteristic Values			
		( $T_j = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)	min.	typ.	max.
$g_{fs}$	$V_{DS} = -10 \text{ V}; I_D = I_{DSS}$ , pulse test	TBD	S		
$C_{iss}$ $C_{oss}$ $C_{rss}$	$V_{GS} = 0 \text{ V}, V_{DS} = -25 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$	TBD	pF		
		TBD	pF		
		TBD	pF		
$t_{d(on)}$ $t_r$ $t_{d(off)}$ $t_i$	$V_{GS} = -10 \text{ V}, V_{DS} = 0.5 V_{DSS}, I_D = 0.5 I_{DSS}$ $R_G = 4.7 \Omega$ (External)	TBD	ns		
		TBD	ns		
		TBD	ns		
		TBD	ns		
$Q_{g(on)}$ $Q_{gs}$ $Q_{gd}$	$V_{GS} = -10 \text{ V}, V_{DS} = 0.5 V_{DSS}, I_D = 0.5 I_{DSS}$	TBD	nC		
		TBD	nC		
		TBD	nC		
$R_{thJC}$		0.42	K/W		
$R_{thCS}$		0.25	K/W		

### Source-Drain Diode

Characteristic Values  
( $T_j = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)

Symbol	Test Conditions	min.	typ.	max.
$I_s$	$V_{GS} = 0$		-24	A
$I_{SM}$	Repetitive; pulse width limited by $T_{JM}$		-96	A
$V_{SD}$	$I_F = I_s, V_{GS} = 0 \text{ V}$ , Pulse test, $t \leq 300 \mu\text{s}$ , duty cycle $d \leq 2 \%$		-3	V
$t_{rr}$	$I_F = I_s, dI/dt = 100 \text{ A}/\mu\text{s}$	250		ns

TO-247 AD Outline

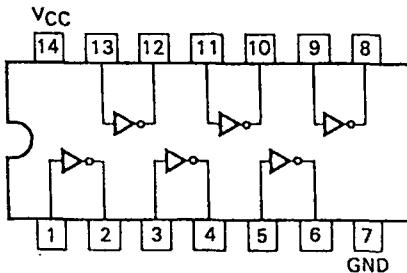


Terminals: 1 - Gate  
2 - Drain  
3 - Source Tab - Drain

Dim.	Millimeter		Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	4.7	5.3	.185	.209
A <sub>1</sub>	2.2	2.54	.087	.102
A <sub>2</sub>	2.2	2.6	.059	.098
b	1.0	1.4	.040	.055
b <sub>1</sub>	1.65	2.13	.065	.084
b <sub>2</sub>	2.87	3.12	.113	.123
C	.4	.8	.016	.031
D	20.80	21.46	.819	.845
E	15.75	16.26	.610	.640
e	5.20	5.72	0.205	0.225
L	19.81	20.32	.780	.800
L <sub>1</sub>		4.50		.177
$\emptyset P$	3.55	3.65	.140	.144
Q	5.89	6.40	.232	.252
R	4.32	5.49	.170	.216
S	6.15	BSC	242	BSC

IXYS reserves the right to change limits, test conditions, and dimensions.

IXYS MOSFETS and IGBTs are covered by one or more of the following U.S. patents: 4,835,592 4,881,106 5,017,508 5,049,961 5,187,117 5,486,715  
4,850,072 4,931,844 5,034,796 5,063,307 5,237,481 5,381,025

**MOTOROLA**
**MC54F04  
MC74F04**
**HEX INVERTER**
**HEX INVERTER  
FAST™ SCHOTTKY TTL**

J Suffix — Case 632-07 (Ceramic)  
N Suffix — Case 646-05 (Plastic)

**RECOMMENDED OPERATING RANGES**

PARAMETER		MIN	TYP	MAX	UNIT
Supply Voltage	54, 74	4.5	5.0	5.5	V
Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25 25	125 70	°C
Output Current — High	54, 74			-1.0	mA
Output Current — Low	54, 74			20	mA

**CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)**

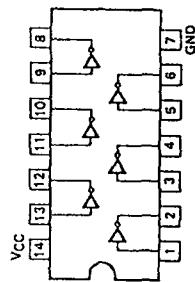
PARAMETER	LIMITS			UNITS	TEST CONDITIONS
	MIN	TYP	MAX		
Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage
Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage
Input Clamp Diode Voltage			-1.2	V	$V_{CC} = \text{MIN}$ , $I_{IN} = -18 \text{ mA}$
Output HIGH Voltage	54, 74	2.5		V	$I_{OH} = -1.0 \text{ mA}$ $V_{CC} = 4.50 \text{ V}$
	74	2.7		V	$I_{OH} = -1.0 \text{ mA}$ $V_{CC} = 4.75 \text{ V}$
Output LOW Voltage			0.5	V	$I_{OL} = 20 \text{ mA}$ $V_{CC} = \text{MIN}$
Input HIGH Current			20	$\mu\text{A}$	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 2.7 \text{ V}$
			0.1	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 7.0 \text{ V}$
Input LOW Current			-0.6	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 0.5 \text{ V}$
Output Short Circuit Current (Note 2)	-60		-150	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{OUT} = 0 \text{ V}$
Power Supply Current Total, Output HIGH			4.2	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = \text{GND}$
			15.3	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = \text{Open}$

Conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.

More than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

**MC54F04  
MC74F04**

## HEX INVERTER



J Suffix — Case 632-07 (Ceramic)  
N Suffix — Case 645-05 (Plastic)

## GUARANTEED OPERATING RANGES

SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			TEST CONDITIONS
		MIN	TYP	MAX	
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	54..74	4.5	5.5	V
T <sub>A</sub>	Operating Ambient Temperature Range	54..74	-55..0	25..70	°C
I <sub>OH</sub>	Output Current — High	54..74		-1.0	mA
I <sub>OL</sub>	Output Current — Low	54..74		20	mA

## DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			TEST CONDITIONS
		MIN	TYP	MAX	
V <sub>IH</sub>	Input HIGH Voltage	2.0	0.8	V	Guaranteed Input HIGH Voltage
V <sub>IL</sub>	Input LOW Voltage				Guaranteed Input LOW Voltage
V <sub>IK</sub>	Input Clamp Diode Voltage	-1.2	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>IN</sub> = -18 mA	
V <sub>OH</sub>	Output HIGH Voltage	54..74	2.5	V	I <sub>OH</sub> = -1.0 mA
V <sub>OL</sub>	Output LOW Voltage	74	2.7	V	I <sub>OL</sub> = 20 mA
I <sub>IH</sub>	Input HIGH Current		0.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN
I <sub>IL</sub>	Input LOW Current		20	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 2.7 V
I <sub>OS</sub>	Output Short Circuit Current (Note 2)	-60	-150	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 0.5 V
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current Total, Output HIGH		4.2	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = GND
	Total, Output LOW		15.3	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = Open

## NOTES:

- For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.
- Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

## AC CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	54/74F			54F			74F		
		T <sub>A</sub> = -25°C	V <sub>CC</sub> = +5.0 V	C <sub>L</sub> = 50 pF	T <sub>A</sub> = 0°C to 70°C	V <sub>CC</sub> = 5.0 V ± 10%	C <sub>L</sub> = 50 pF	T <sub>A</sub> = 0°C to 70°C	V <sub>CC</sub> = 5.0 V ± 10%	C <sub>L</sub> = 50 pF
I <sub>PLH</sub>	Propagation Delay	2.4	5.0	MIN	2.0	7.0	MIN	2.4	6.0	ns
I <sub>PHL</sub>	Propagation Delay	1.5	4.3	MAX	1.5	6.5	MAX	1.5	5.3	ns

AC TEST CIRCUIT

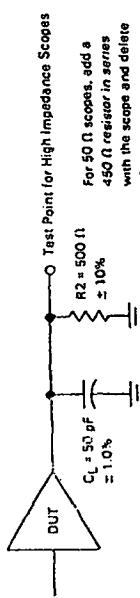


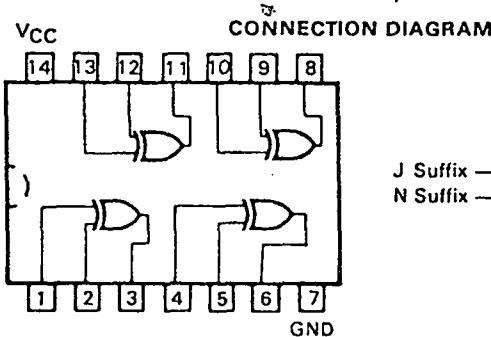
Fig. 1



**MOTOROLA**

**MC54F86  
MC74F86**

**QUAD 2-INPUT EXCLUSIVE-OR GATE**



J Suffix — Case 632-07 (Ceramic)  
N Suffix — Case 646-05 (Plastic)

**QUAD 2-INPUT  
EXCLUSIVE-OR GATE**  
**FAST™ SCHOTTKY TTL**

**GUARANTEED OPERATING RANGES**

SYMBOL	PARAMETER		MIN	TYP	MAX	UNIT
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	54, 74	4.50	5.0	5.50	V
T <sub>A</sub>	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I <sub>OH</sub>	Output Current — High	54, 74			-1.0	mA
I <sub>OL</sub>	Output Current — Low	54, 74			20	mA

**DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)**

SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			UNITS	TEST CONDITIONS
		MIN	TYP	MAX		
V <sub>IH</sub>	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage
V <sub>IL</sub>	Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage
V <sub>IK</sub>	Input Clamp Diode Voltage			-1.2	V	I <sub>IN</sub> = -18 mA, V <sub>CC</sub> = MIN,
V <sub>OH</sub>	Output HIGH Voltage	54, 74	2.5	3.4	V	I <sub>OH</sub> = -1.0 mA, V <sub>CC</sub> = 4.50 V
		74	2.7	3.4	V	I <sub>OH</sub> = -1.0 mA, V <sub>CC</sub> = 4.75 V
V <sub>OL</sub>	Output LOW Voltage		0.35	0.5	V	I <sub>OL</sub> = 20 mA, V <sub>CC</sub> = MIN
I <sub>IH</sub>	Input HIGH Current			20	μA	V <sub>IN</sub> = 2.7 V, V <sub>CC</sub> = MAX
				100	μA	V <sub>IN</sub> = 7.0 V
I <sub>IL</sub>	Input LOW Current			-0.6	mA	V <sub>IN</sub> = 0.5 V, V <sub>CC</sub> = MAX
I <sub>OS</sub>	Output Short Circuit Current (Note 2)	-60		-150	mA	V <sub>OUT</sub> = 0 V, V <sub>CC</sub> = MAX
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current		15	23	mA	Inputs LOW, V <sub>CC</sub> = MAX
			18	28		Inputs HIGH

**NOTES:**

- For conditions such as MIN or MAX, use the appropriate value specified under guaranteed operating ranges.
- Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

## AC CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	54/74F			54F		74F		UNITS	
		$T_A = +25^\circ C$ $V_{CC} = +5.0 V$ $C_L = 50 pF$			$T_A = -55 \text{ to } +125^\circ C$ $V_{CG} = 5.0 V \pm 10\%$ $C_L = 50 pF$		$T_A = 0 \text{ to } +70^\circ C$ $V_{CC} = 5.0 V \pm 10\%$ $C_L = 50 pF$			
		MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX		
tPLH tPHL	Propagation Delay (Other Input LOW)	3.0 3.0	4.0 4.2	5.5 5.5	2.5 3.0	7.0 7.0	3.0 3.0	6.5 6.5	ns	
tPLH tPHL	Propagation Delay (Other Input HIGH)	3.5 3.0	5.3 4.7	7.0 6.5	3.5 3.0	8.5 8.0	3.5 3.0	8.0 7.5	ns	



**MOTOROLA**

**MC54F192/193  
MC74F192/193**

## Advance Information

### UP/DOWN COUNTERS WITH SEPARATE UP/DOWN CLOCKS

**DESCRIPTION** — The MC54F/74F192 is an up/down BCD decade (8241) counter. The MC54F/74F193 is an up/down modulo-16 binary counter. Separate Count Up and Count Down Clocks are used, and in either counting mode the circuits operate synchronously. The outputs change state synchronously with the LOW-to-HIGH transitions on the clock inputs.

Separate Terminal Count Up and Terminal Count Down outputs are provided that are used as the clocks for a subsequent stage without extra logic, thus simplifying multistage counter designs. Individual preset inputs allow the circuit to be used as a programmable counter. Both the Parallel Load (PL) and the Master Reset (MR) inputs asynchronously override the clocks.

FUNCTION TABLE

MR

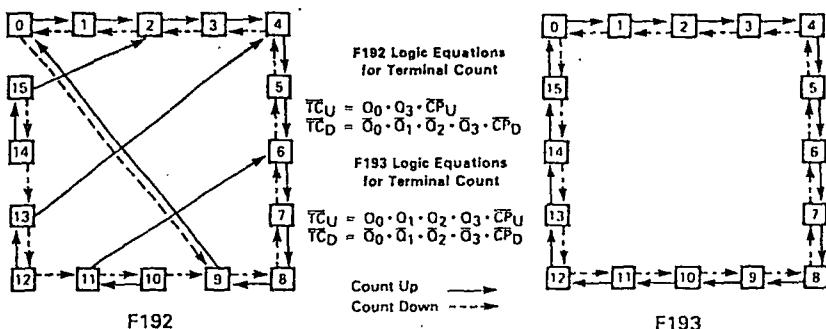
	PL	CPU	CPD	MODE
H	X	X	X	Reset (Asyn.)
L	L	X	X	Preset (Asyn.)
L	H	H	H	No Change
L	H	—	H	Count Up
L	H	H	—	Count Down

H = HIGH Voltage Level

L = LOW-Voltage Level

X = Immaterial

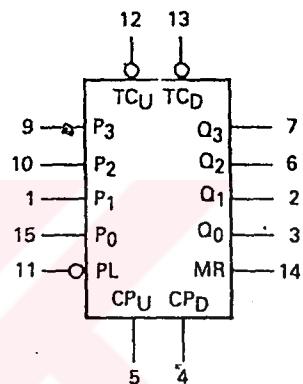
STATE DIAGRAMS



UP/DOWN COUNTERS  
WITH SEPARATE  
UP/DOWN CLOCKS

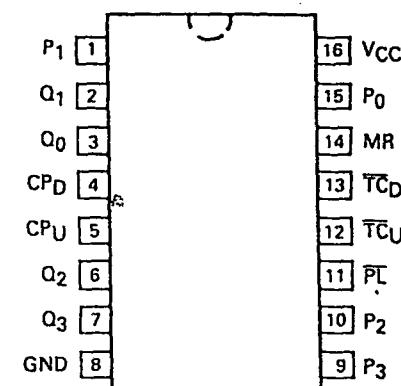
FAST™ SCHOTTKY TTL

LOGIC SYMBOL



V<sub>CC</sub> = Pin 16  
GND = Pin 8

CONNECTION DIAGRAM



**FUNCTIONAL DESCRIPTION**

The 'F192, 193 are asynchronously presettable counters. The 'F192 is a decade counter while the 'F193 is organized for 4-bit binary operation. They both contain four edge triggered flip-flops, with internal gating and steering logic to provide master reset, individual preset, count up and count down operations.

A LOW-to-HIGH transition on the CP input to each flip-flop causes the output to change state. Synchronous switching, as opposed to ripple counting, is achieved by driving the steering gates of all stages from a common Count Up line and a common Count Down line, thereby causing all state changes to be initiated simultaneously. A LOW-to-HIGH transition on the Count Up input will advance the count by one; a similar transition on the Count Down input will decrease the count by one. While counting with one clock input, the other should be held HIGH, as indicated in the Function Table. Otherwise, the circuit will either count by twos or not at all, depending on the state of the first flip-flop, which cannot toggle as long as either clock input is LOW.

The Terminal Count Up ( $\overline{TC_U}$ ) and Terminal Count Down ( $\overline{TC_D}$ ) outputs are normally HIGH. When the cir-

cuit has reached the maximum count state; 9 ('F192) or 16 ('F193), the reset HIGH-to-LOW transition of the Count Up Clock will cause  $\overline{TC_U}$  to go LOW.  $\overline{TC_U}$  will stay LOW until  $CP_U$  goes HIGH again, thus effectively repeating the Count Up Clock, but delayed by two gate delays. Similarly, the  $\overline{TC_D}$  output will go LOW when the circuit is in the zero state and the Count Down Clock goes LOW. Since the  $\overline{TC}$  outputs repeat the clock waveforms, they can be used as the clock input signals to the next higher order circuit in a multistage counter.

Both the 'F192 and the 'F193 have an asynchronous parallel load capability permitting the counter to be preset. When the Parallel Load ( $\overline{PL}$ ) and the Master Reset (MR) inputs are LOW, information present on the Parallel Data input ( $P_0-P_3$ ) is loaded into the counter and appears on the outputs regardless of the conditions of the clock inputs. A HIGH signal on the Master Reset input will disable the preset gates, override both clock inputs, and latch each Q output in the LOW state. If one of the clock inputs is LOW during and after a reset or load operation, the next LOW-to-HIGH transition of that clock will be interpreted as a legitimate signal and will be counted.

**GUARANTEED OPERATING RANGES**

SYMBOL	PARAMETER		MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{CC}$	Supply Voltage*		54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25
$T_A$	Operating Ambient Temperature Range		54 74	-55 0	25 25	125 70
$I_{OH}$	Output Current — High	54, 74				-1.0
$I_{OL}$	Output Current — Low	54, 74				20

\*74F devices may be operated over the 4.5 to 5.5 V supply range where they will meet the specifications of 54F devices over the 0° to 70°C temperature range.

**DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)**

SYMBOL	PARAMETER	LIMITS			UNITS	TEST CONDITIONS
		MIN	TYP	MAX		
$V_{IH}$	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage
$V_{IL}$	Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage
$V_{IK}$	Input Clamp Diode Voltage			-1.2	V	$V_{CC} = \text{MIN}$ , $I_{IN} = -18 \text{ mA}$
$V_{OH}$	Output HIGH Voltage	54	2.5		V	$I_{OL} = -1.0 \text{ mA}$
		74	2.7		V	
$V_{OL}$	Output LOW Voltage			0.5	V	$I_{OL} = 20 \text{ mA}$
$I_{IH}$	Input HIGH Current			20	$\mu\text{A}$	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 2.7 \text{ V}$
				0.1	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 7.0 \text{ V}$
$I_{IL}$	Input LOW Current (MR, $\overline{PL}$ and $P_n$ inputs) (CP inputs)			-0.6	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 0.5 \text{ V}$
				-1.2		
$I_{OS}$	Output Short Circuit Current (Note 2)	-60		-150	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{OUT} = 0 \text{ V}$
$I_{CC}$	Power Supply Current		38	55	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$

## NOTES:

- For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.
- Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

T.C. YÖREKLİĞİ İM KURULU  
DOĞUM TAKİMLARI İŞLETMESİ