

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Robot Kavramı	1
1.2 Robot Sistemleri	2
1.3 Robot Sisteminde Dikkate Alınması Gereken Önemli Faktörler	3
1.4 Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması	5
1.4.1 Kartezyen Robot	6
1.5 Robotların Kullanım Alanları	7
1.6 Robotlar ile Yapılan Kaynak Yöntemleri	7
1.6.1 Nokta Direnç Kaynağı	7
1.6.2 Ark Kaynağı	8
1.6.2.1 Robotlarda Ark Kaynağı Donanımları	9
1.6.2.2 Ark Kaynağı Robotunda Olması Gereken Özellikler	9
1.7 Tezin Amacı ve Kapsamı	10
2. KARTEZYEN KOORDİNATLI KAYNAK ROBOTU UYGULAMASI ve KONTROLÜ	11
2.1 Giriş	12
2.2 Mekanik Sistem Tasarımı	13
2.2.1 Alüminyum Profiller	13
2.2.2 Hassas Çelik Miller-Mil Sonu Destekleri	15
2.2.3 Alüminyum Yataklar ve Kapalı Tip Rulmanlar	15
2.2.4 Kayış Kasnak Sistemi	16
2.2.5 Özel Üretim Parçalar ve Bağlantı Elemanları	19
2.2.6 Kaynak Torcu	22
2.2.7 Kaynak Makinesi	23
2.2.8 Hareket Sağlayıcılar (Adım Motorları)	24
2.3 Adım Motorları	24
2.3.1 Adım Motoru Tipleri	26
2.3.1.1 Kademeli Adım Motorları	26
2.3.1.2 Sabit Mıknatıslı Adım Motorları	27
2.3.1.3 Hibrid Adım Motorları	27
2.3.2 Bobin Tahrikli Adım Motoru Tipleri	28
2.3.2.1 Ünipolar Adım Motorları	28
2.3.2.2 Bipolar Adım Motorları	30
2.4 Adım Motorlarına Ait önemli Parametreler	31

2.4.1	Çözünürlük	31
2.4.2	Doğruluk	31
2.4.3	Tutma Momenti	31
2.4.4	Tek Adım Tepkisi	31
2.4.5	Sürekli Rejimde Maksimum Yük Momenti Eğrisi	32
2.4.6	Kalkışta Maksimum Yük Momenti Eğrisi	32
2.5	Adım Motoru Sürme	33
2.5.1	Ünipo lar Sürme	33
2.5.2	Bipolar Sürme	34
2.6	Akım Kontrolü	34
2.6.1	L/R Sürme	34
2.6.2	L/nR Sürme	35
2.6.3	Kıyıcı (Chopper) Kontrolü	36
2.7	Adım Motoru Sürücü Uygulaması	38
2.7.1	GS-D200S Bipolar Adım Motoru Sürücü Modülü	38
2.7.2	Adım Motoru Sürücü Kartı	40
2.8	Kontrol Kartı ve Robot Kontrolü	41
2.8.1	Kaynak Torcu Tetik Devresi	42
2.8.2	Bilgisayar ile Haberleşme	43
2.8.2.1	Paralel Port Hakkında	43
2.8.2.2	Paralel Port üzerinden Haberleşme	43
2.8.3	Kontrol Sinyalleri	45
2.8.4	Sistem Sınırlarının Kontrolü ve Uygulanan Sensörler	46
2.8.4.1	Status Portu ile Veri Girişi	46
2.8.4.2	Sınır Anahtarı (Limit Sensör) Girişleri	46
2.8.5	Bilgisayar Programı	46
2.8.5.1	Bilgisayar Programı Açıklaması	47
3.	ROBOTUN ÖZELLİKLERİ, KAYNAK UYGULAMASI VE HIZ HESABI	54
3.1	Kartezyen Koordinatlı Kaynak Robotunun Teknik Özellikleri	54
3.2	Kaynak Hızları	56
3.2.1	Kaynak Hızının Ark Kaynağına Etkileri	56
3.2.2	Gazaltı Ark Kaynağında Optimum Kaynak Hızları	56
3.3	Kartezyen Koordinatlı Kaynak Robotu İçin Kaynak Hızı Hesabı	57
3.4	Kaynak Uygulaması Sonuçları	58
4.	SONUÇLAR	60
	KAYNAKLAR	61
	EKLER	62
	Ek 1 Bilgisayar Programı Kaynak Kodu	63
	Ek 2 Bilgisayar Programı Ekran Görüntüleri	74
	Ek 3 GS-D200S Bipolar Adım Motoru Sürücü Modülü	76
	Ek 4 Kontrol Kartı Devre Şeması	92
	Ek 5 Kontrol Kartı Baskı Devresi	93
	Ek 6 Kaynak Torcu Tetik Devresi Şeması	94
	Ek 7 Mekanik Sistemin Boyutları	95
	Ek 8 Mekanik Sistemin 3 Boyutlu Katı Modeli	97
	Ek 9 Sistem Fotoğrafları	99
	Ek 10 Kaynak Uygulamalarının Radyografik Test Raporu	101

Ek 11 Kaynak Uygulamalarının Röntgenleri	102
ÖZGEÇMİŞ.....	103

SİMGE LİSTESİ

$AlMgSi$	Alüminyum-Magnezyum-Silikon Alaşımı
C	Kapasite
$Cr6$	Hexavelent Krom
I_{max}	Maksimum akım
I_x	X eksenine göre atalet momenti
I_y	Y eksenine göre atalet momenti
L	Endüktans
$\emptyset$	Çap
R	Direnç
V	Voltaj (Gerilim)
V_m	Motor Voltajı

KISALTMA LİSTESİ

IEEE	Elektrik ve Elektrik Mühendisleri Enstitüsü'nün (IEEE)
Inert	Başka maddelerle tepkimeye girmeyen madde
ISO	International Organization for Standardization (Uluslararası Standart Organizasyonu)
LCD	Liquid Crystal Display (Likit Kristal Gösterge)
MAG	Metal Active Gas (Metal Aktif Gaz)
MIG	Metal Inert Gas (Metal Eylemsiz Gaz)
TIG	Tungsten Inert Gas (Tungsten Eylemsiz Gaz)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Çeşitli robot anatomileri için çalışma hacimleri.....	4
Şekil 1.2 Endüstriyel robotların mekanik yapılarına göre sınıflandırılması.....	6
Şekil 1.3 Kartezyen robot modeli	6
Şekil 1.4 Ark kaynağı robot donanımı	8
Şekil 2.1 Sisteme genel bakış	12
Şekil 2.2 HV tip sigma profil	14
Şekil 2.3 AV Tip sigma profil ölçüleri	14
Şekil 2.4 Sertleştirilmiş çelik miller (CromSteel)	15
Şekil 2.5 Değişik çaplarda mil sonu destekleri.....	15
Şekil 2.6 Alüminyum gövdeli dört civata bağlantılı yatak.....	16
Şekil 2.7 LME 20 UU kapalı tip rulman	16
Şekil 2.8 Sistemde kullanılan alüminyum kasnaklar.....	17
Şekil 2.9 Zaman (dişli) kayış yapısı	17
Şekil 2.10 Standart XL zaman kayışı ölçüleri	17
Şekil 2.11 Sistemde kullanılan XL kayışı	18
Şekil 2.12 Kayış kasnak sistemi (X-ekseni)	18
Şekil 2.13 Kayış kasnak sistemi (Y-ekseni)	19
Şekil 2.14 Adım motoru taşıyıcı.....	19
Şekil 2.15a Orijinal torç askısı	20
Şekil 2.15b Robotta kullanılan özel üretim askı.....	20
Şekil 2.15c Askının torç üzerine uygulanması	20
Şekil 2.16 Limit sensör tutucu ve robot üzerine uygulanması	21
Şekil 2.17 Kayış sıkıştırıcı pabuç	21
Şekil 2.18 Boşta dönen kasnak-mil sistemi	21
Şekil 2.19 Montajda kullanılan bağlantı elemanları	22
Şekil 2.20 Standart gaz altı kaynak torcu şeması	22
Şekil 2.21 Kaynak torcunun röle yerleştirilmiş hali	23
Şekil 2.22 Miller-Matic 35s MIG-MAG kaynak makinesi	23
Şekil 2.23 Kaynak robotunda kullanılan adım motorları	24
Şekil 2.24 Kademeli adım motoru	27
Şekil 2.25 Dört fazlı sabit mıknatıslı adım motorunun yapısı.....	27
Şekil 2.26 Hibrid adım motorunun yapısı	28
Şekil 2.27 Ünipolar adım motorunun yapısı.....	28
Şekil 2.28 Ünipolar adım motorunun bobinindeki akımın ters yöne çevrilmesi.....	29
Şekil 2.29 Ünipolar sürüm sırası	29
Şekil 2.30 Bipolar adım motorunun yapısı.....	30
Şekil 2.31 Bipolar sürüm sırası.....	30
Şekil 2.32 Sürekli rejimde ve kalkışta maksimum yük momenti/hız eğrileri	32
Şekil 2.33 Ünipolar sürme	33
Şekil 2.34 Bipolar sürme	34
Şekil 2.35 L/R sürmede akım dalga şekli	35
Şekil 2.36 İki kademeli L/R sürmede akım dalga şekli.....	36
Şekil 2.37 Basitleştirilmiş kıyıcı devresi	37
Şekil 2.38 Kıyıcı devresi akım dalga akım şekli	37
Şekil 2.39 H-köprüsü bağlanmış kıyıcı devresi.....	38
Şekil 2.40 GS-D200S adım motoru sürücü modülünün blok diyagramı.....	39
Şekil 2.41 GS-D200S adım motoru sürücü modülünün tipik bir uygulaması.....	39
Şekil 2.42 Kontrol kartının yerleşim şeması	41
Şekil 2.43 Kontrol kartının kullanımı.....	42

Şekil 2.44 Paralel portun yapısı.....	43
Şekil 2.45 MS Windows işletim sisteminde paralel port adresi.....	45
Şekil 2.46 Bilgisayar programı ekran görüntüsü.....	47
Şekil 2.47 File (Dosya) menüsü	47
Şekil 2.48 Komut menüsü	49
Şekil 2.49 Bilgisayar programı blok diyagramı.....	50
Şekil 2.50 Koordinat işlemleri.....	52
Şekil 2.51 Adım motoru sürme darbesi.....	53
Şekil 3.1 Kartezyen koordinatlı kaynak robotu ölçüleri.....	54
Şekil 3.2 Kontrol ünitesi.....	55
Şekil 3.3 Kaynak robotu sistemi.....	55
Şekil 3.4 Gazaltı kaynak hızı-nüfuziyet ilişkisi.....	57
Şekil 3.5 Kaynak uygulaması (w1).....	58
Şekil 3.6 Kaynak uygulaması (w2).....	58
Şekil 3.7 Kaynak uygulaması (w3).....	58

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Adım motorlarının özellikleri.....	24
Çizelge 2.1 Harkon GSD bağlantı noktaları.....	40
Çizelge 2.2 Kontrol kartı bağlantı noktaları	42

ÖNSÖZ

“Kartezyen Koordinatlı Kaynak Robot Kontrolü” fikrini ortaya atarak, yeni ufuklara açılmamı sağlayan, değerli bilgilerinden yararlandığım Sayın Doç. Dr. İsmail YÜKSEK’e, proje boyunca benden yardımlarını, ilgilerini ve zamanını esirgemeyen Sayın Dr. Tamer KEPÇELER’e ve çalışma arkadaşım Makine Mühendisi Mert Eğilmez’e teşekkürlerimi sunarım.

Ve bütün hayatım boyunca bana destek olan, sevgisini benden hiç esirgemeyen, bugünlere gelmeme en büyük katkıyı sağlamış olan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

ÖZET

Hızlı sanayileşme ve hızlı tüketimin bir sonucu olarak, farklı sınıflarda bulunan ürünlere olan talep her geçen gün artmaktadır. Bununla birlikte, ürüne erişme süresinin mümkün olduğunca kısa olması beklenmektedir. Dolayısıyla imalat sistemlerinde gelişmeler olması kaçınılmazdır. Geride kalan yüzyılın ortalarında temelleri atılan otomasyona dayalı imalat sistemi genişlemiş, optimizasyon devrine geçilmiş, prodüktiviteyi arttırarak yatırım masraflarını azaltan, daha fazla üretim yapmanın yanı sıra kaliteyi de artıran ve bu arada çok daha insancıl çalışma koşulları sunan “robot” devri başlamıştır.

Robotların sanayiye girme süreci işçilik maliyetlerini düşürürken, dünya çapında bir üretim hızı kazandırmakta ve 24 saat kesintisiz üretim yapma imkânı tanımaktadır. Örneğin kaynak robotları kullanan otomotiv sanayisinde, kaynak emniyeti uluslararası standartlarda yapılırken, robot yatırımının geri dönüş süresi, kapasiteyi tam kullanabilme miktarlarına göre oldukça kısalmaktadır.

Bu çalışmada, bilgisayar kontrollü, kartezyen koordinatlı kaynak robotu imalatı ele alınmıştır. İmalat sırasında takip edilen aşamalar, bu aşamalar sonucunda gerçekleştirilen kaynak robotunun kontrolü, hızı ve tutarlılığı irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kartezyen Koordinatlı Kaynak Robotu, ark kaynağı, kaynak, kartezyen, adım motoru.

ABSTRACT

As a result of rapid industrialization and consumption, demand on variant type of products increases day by day. In addition to this, period to reach the product is expected to be extremely short. As a result of this expectation, development in production systems was inevitable: Automation based production system, started yet in the middle of the last century, has expanded and changed into optimization era. And “robotics” era, decreasing investment costs by increasing productivity, has started revolution.

Besides increasing the amount of production, robots increase the quality and by the way, more human friendly working conditions are obtained.

Industrialization by the robots, decrease the worker’s pay. Meanwhile it provides a worldwide production rate and 24 hours uninterrupted production. As an example, welding safety in automotive industry using welding robots, is in international standards.

In this thesis, production of a computer controlled, cartesian welding robot is studied. Phases of the production, control mechanism and consistence of the welding robot realized after all these phases is also examined.

Keywords: Cartesian Welding Robot, arc welding, welding, cartesian, step motor.

1. GİRİŞ

Günümüzde, endüstri alanında yüksek kalitede seri üretim gerçekleştirebilmek için sürekli yeni çalışmalar yapılmaktadır.

Özellikle insanın sınırlı fiziksel gücü, uzun süreli veya yüksek miktarda fiziksel güç gerektiren işler için özel makineler geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Ancak bu makinelerin kendi kendine karar verebilme kabiliyeti yoktur ve genellikle, çalışmaları için sürekli bir kullanıcı gerekmektedir. Teknoloji alanındaki gelişmeler arttıkça insanın yerini alacak, kendi kendini de kontrol edebilen otonom sistemler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu şekilde belli bir iş yapma konusunda uzman mekatronik elemanlar üretilmiştir.

Bu çalışma, bahsi geçen mekatronik sistemlere örnek verilebilecek kartezyen koordinatlı bir kaynak robotunun tasarımını ve gerçekleşmesini konu almaktadır.

1.1 Robot Kavramı

Robot kavramı Amerikan Robot Enstitüsü tarafından şöyle ifade edilmektedir:

“Robot, çeşitli görevlerin gerçekleştirilmesi için, malzeme, parça, takım ya da değişken programlanmış hareketler aracılığıyla, özel parçaları hareket ettirmek amaçlı tasarlanmış, çok fonksiyonlu, yeniden programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araçtır” (1979)

Sanayi robotunun en kapsamlı tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırması ISO 8373 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre bir robot şöyle tanımlanır:

“Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, sabit veya hareketli olabilen, üç veya daha fazla programlanabilir eksene sahip, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir çok amaçlı manipülatördür.”

Tanımdaki terimlerin detaylı olarak açıklamaları aşağıdaki gibidir:

Yeniden Programlanabilir: Fiziksel değişiklikler olmadan, programlanmış hareketleri veya yardımcı fonksiyonları değiştirilebilen.

Çok Amaçlı: Fiziksel değişikliklerle farklı bir uygulamaya adapte edilebilme yeteneği.

Fiziksel Değişiklikler: Programlama kasetleri, ROM'lar vb. gibi değişiklikler hariç mekanik yapının veya kontrol sisteminin değiştirilmesi.

Eksen: Lineer veya dönel (rotasyonel) modda robot hareketini belirtmek için kullanılan yön.

1.2 Robot Sistemleri

Endüstriyel uygulamalarda robotlar, her zaman daha büyük bir sistemin parçası olmak durumundadırlar. Böyle bir sistemde robotun yanında düşünülmesi gereken diğer parametreler, tanımlanması gereken hedefler, sistemin sağlaması gereken şartlar ve gerekli bileşenler belirlenmelidir. Elektrik ve Elektrik Mühendisleri Enstitüsü'nün (IEEE) tanımına göre sistem, “Birbiriyle etkileşim içerisinde bulunan farklı yapılardan veya alt bileşenlerden meydana gelen ve bir bütünlük oluşturan tümleşik yapıdır”. Diğer bir görüş açısına göre ise sistem belli bir amaca hizmet eden, yapısı ve sınırları tanımlanmış bir varlıktır. Birlikte çalışan alt sistemlerin veya parçaların toplamı sistem olarak tanımlanabilir. Sistemler bazı özel fonksiyonları gerçeklemek için alt sistemlerden oluşabilirler. Robotlu sistemler için bunlar denetim, görüntü algılama, konveyör vs. gibi alt sistemler olabilir. Alt sistemler kendi içlerinde bir bütün olmakla birlikte daha büyük bir sistemin parçasıdırlar. Alt sistemler, sistem hiyerarşisi içinde birden fazla sistemin parçası olabilirler. (Craig, 1989)

Robotlu sistem planlanırken, birinci adım daima sistemin sağlaması gereken amaçların belirlenmesidir. Sonraki adım, amaçların analizi sonucunda, sistemin istenen hedeflere ulaşması için gerekli olan şartların tanımlanmasıdır. Sistem gerekliliklerinin belirlenmesi için incelenmesi gerekli olan konuları ana başlıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Sistemin Kurulacağı Çevre Şartları: Robotun hangi şartlardaki bir ortamda çalışacağı, incelenmelidir. Ortamın sıcak, nemli veya tozlu olup olmadığı, robot kollarının serbest olarak hareket imkânına sahip olup olmadığı, diğer ekipmanlar ve araçlar tarafından sınırlanıp sınırlanmadığı belirlenmelidir.

Hareket Alanı: Kol hareketiyle ilgili aralıklar genelde şu şekilde belirlenir; 300 mm 'den küçük, 300–1000 mm arası, 1000–3000 mm arası ve 3000 mm 'den büyük. Bütün robotun hareketli (mobil) olmasının gerekli olup olmadığı, sadece kol hareketinin yeterli olup olmayacağı incelenmelidir.

Çalışma Hızı: Kol, bilek, gripper ya da robotun diğer parçaları ne kadar hızlı olmalıdır? mm/s cinsinden lineer hareketler ve derece/s cinsinden dönel hareketler dikkate alınmalıdır. Burada hız aralıkları şu şekilde düşünülebilir:

Düşük Hız: 300 mm/s 'den veya 60 derece/s 'den daha küçük

Orta Hız: 300–1500 mm/s veya 60–180 derece/s

Yüksek Hız: 1500 mm/s 'den veya 360 derece/s 'den daha büyük

Gerekli kontrol tipi:

Basit Kuvvet Kontrolü: Tek eksen boyunca kuvvetin algılanması

Karmaşık Kuvvet Kontrolü: İki ya da daha fazla eksendeki kuvvetin algılanması

Yüksek Konum Hassasiyet: 0,5 mm

Hassas (kesin) Konumlama: 0.05 mm

Sensörlü Kontrol: Görüntü, dokunma ya da kuvvet sensörleri kullanarak

Sensör Gereklilikleri: Yaklaşım sensörleri, kontak sensörleri, basit ve karmaşık görüntü işleme aygıtları

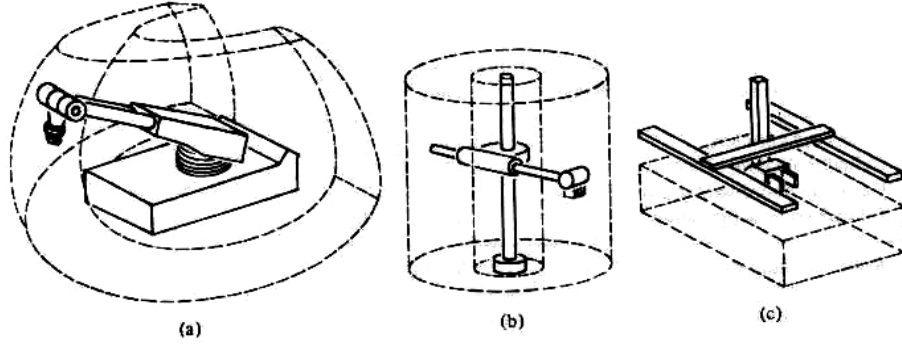
Diğer Ekipmanlarla Etkileşimler: Birçok uygulamada, robotun parça taşıyan konveyörle senkronize olması, preslerde olduğu gibi, bir başka makinenin işini veya başka bir robotla senkronize hareket etmesi gerekebilir.

1.3 Robot Sisteminde Dikkate Alınması Gereken Önemli Faktörler

Robot sisteminde dikkate alınması gereken önemli faktörleri şöyle sıralayabiliriz.

a) Çalışma Hacmi: Robotun ulaşabileceği ve her türlü duruş ve konumu sağlayabileceği uzaysal hacimdir. Robotun mümkün olduğunca büyük bir çalışma alanına sahip olması istenir. Ancak müşterinin yapılacak işleme göre en uygun robotu seçmesi gerekir. Çünkü bir robotun çalışma alanının büyümesi, robot uzuv boyutlarının artması dolayısıyla ataleti, gerekli motor gücü, enerji tüketim miktarı ve robot fiyatının artmasıyla sonuçlanır. Gerekli çalışma alanı kimi zaman konumlandırıcılarla da arttırılabilir. Bu nedenle önemli olan robot kollarının uzun olması değil işlevselliğidir.

Şekil 1.1 'de fiziksel konfigürasyonun, çalışma hacminin şekli üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Kutupsal koordinat robotunun çalışma hacmi kısmen küreseldir; silindirik koordinat robotunun silindirik, kartezyen koordinat robotunun çalışma hacmi dikdörtgen prizma ve eklemlili-kol robotunun çalışma hacmi ise yaklaşık küreseldir. Her çalışma hacmi şeklinin büyüklüğü, kol bileşenleri ve eklem hareketlerinin sınırları tarafından etkilenir. Robot seçimi, en uygun çalışma hacmi için yapılmalıdır.



a) kutupsal b) silindirik c) kartezyen

Şekil 1.1 Çeşitli robot anatomileri için çalışma hacimleri

- b) Tamlık:** Tamlık, çalışma hacmi içinde istenen bir noktaya, robotun bilek sonunu götürebilme yeteneğidir. Uzaysal çözüm, robotun çalışma hacmini bölebileceği en küçük hareket artışıdır. Robotun tamlığı çözüm cinsinden ifade edilebilir çünkü hedef bir noktaya ulaşabilme yeteneği her eklem hareketi için robotun kontrol artımlarını ne derece tanımlayabildiğine bağlıdır. Tamlık, verilen bir hedef noktaya erişebilmek için robotun programlanabilme kapasitesiyle ilişkilidir.
- c) Tekrarlanabilirlik:** Tekrarlanabilirlik, uzayda robota önceden öğretilen bir noktaya, robotun, bileğini veya bileğine eklenen “end efektörü”nü götürebilme yeteneğidir. Robotun öğretilen bir noktaya göre tekrarlanan hareketlerinin sonucunda, robot uç noktası ile öğretilen nokta arasında oluşabilecek maksimum hata miktarıdır. Genel amaçlı robotlarda tekrarlanabilirlik değerinin 0,1 mm ila 0,2 mm olması yeterli olabilmektedir. Özel olarak, ark kaynağı uygulaması düşünülürse tekrarlanabilirlik değerinin kaynakta kullanılacak tel çapının yarısından küçük olması istenir.
- d) Yük taşıma kabiliyeti ve hız:** Maksimum yük taşıma kapasitesi, robotun minimum hızında tekrarlanabilirlik değerini koruyarak taşıyabileceği maksimum yük değeridir. Nominal yük taşıma kapasitesi de robotun maksimum hızda tekrarlanabilirlik değerini koruyarak taşıyabileceği maksimum yük miktarıdır. Bu yük taşıma kapasitesi değerleri taşınan malzemenin boyut ve şekline bağlıdır.
- e) Yazılım:** Programların oluşturulması aşamasında, program yapan kişi robot eksenlerini teker teker hareket ettirerek robotu istenen konum ve duruşa getirir. Programlama aşamasının basitleşmesi büyük ölçüde robot kontrol ünitesinin yazılımına bağlıdır. Yazılımda eksen hareket sisteminin yanında, kartezyen koordinat sistemi, takım koordinat sistemi gibi çok seçenekli koordinat sistemleri bulunması, programlamayı zevkli ve kolay bir uğraş haline dönüştürür. Bunun yanında kullanıcının kendi koordinat sistemini

oluşturabilmesi gibi ekstra özellikler önemlidir.

Yazılımda uygulamaya has komutlar da bulunmalıdır. Örneğin ark kaynağı uygulamasında salınım komutu çok yararlı bir komuttur.

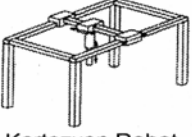
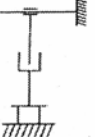
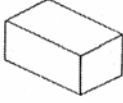
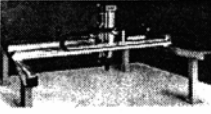
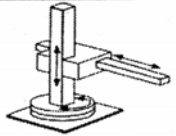
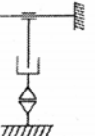
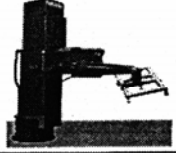
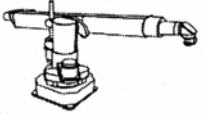
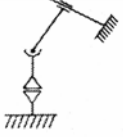
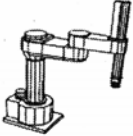
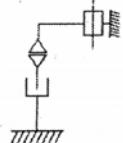
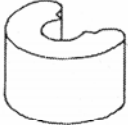
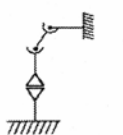
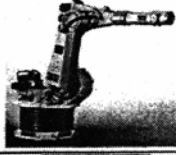
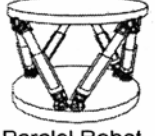
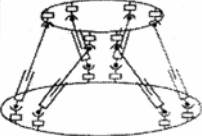
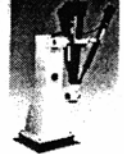
Yine yazılımda atlama, öteleme gibi komutlarla program satır sayısı ve program sayısı azaltılabilir. Dosyalama yapısı sadece hareket komutlarını içermemelidir. Kaynak parametreleri, salınım parametreleri gibi dosyalama yapıları program yazımı ve modifikasyonu aşamalarında çok faydalı olabilmektedir.

Günümüzde kullanılmakta olan robotların hemen hepsi çevrimiçi programlanmaktadır. Tekrarlanabilirlik, çevrimiçi programlanmada büyük önem taşır

- f) Diğer Özellikler:* Hafif robot sistemi robotun çok çeşitli montajına imkân vermektedir. Özellikle tavana ve duvara montajda yatay çalışma alanının artması sağlanarak robotun en uygun pozisyonda çalıştırılabilme özelliği robota büyük bir avantaj sağlamaktadır.

1.4 Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması

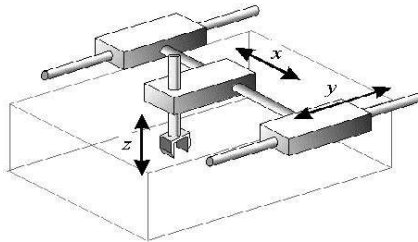
Robotlar, çeşitli ölçütlere (eksen sayıları, kontrol tipleri ve mekanik yapılarına) göre sınıflandırılabilir. Şekil 1.2 'de, mekanik yapılarına göre yapılan bir sınıflandırma görülmektedir. (Groover, 1986)

Robot	Eksenler		Örnekler
Prensip	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Resim
 Kartezyen Robot			
 Silindirik Robot			
 Küresel Robot			
 SCARA Robot			
 Mafsallı Robot			
 Paralel Robot			

Şekil 1.2 Endüstriyel robotların mekanik yapılarına göre sınıflandırılması

1.4.1 Kartezyen Robot

Temel kontrol eksenleri birbirine dik ve lineer olan, yani dönmek yerine düz bir çizgide hareket eden endüstriyel robotlar kartezyen robot olarak adlandırılır. Bakım kolaylığı ve tekrarlanabilirlik özelliklerinin yüksek olmasının yanı sıra, matematik modelleme ve hesaplamalarının da kolay olması bu tip robotların avantajlarındandır.



Şekil 1.3 Kartezyen robot modeli

1.5 Robotların Kullanım Alanları

Robotlar döküm yolu ile biçimlendirme (özellikle baskı dökümde), kaynak (özellikle nokta kaynağı, MIG/MAG, TIG ve plazma), sıcak dövme, spreyci boyama, paletleme, takım tezgâhları yüklenmesi ve montaj hatlarında başarı ile kullanılmaktadırlar. (Asai, Takashima, 1994)

1.6 Robotlar ile Yapılan Kaynak Yöntemleri

Başta nokta direnç kaynağı (punta kaynağı) olmak üzere, MIG/MAG, TIG ve plazma kaynak yöntemlerinde robotlar başarı ile kullanılmaktadırlar.

1.6.1 Nokta Direnç Kaynağı

Endüstride robotların ilk yaygın kullanım alanı, nokta kaynağıdır. Otomobil üretiminde binek arabaların yapımı için yaklaşık 700 adet preslenmiş ve kesilmiş parça ile 400 adet talaş kaldırılarak işlenmiş parça kullanılır. Bu parçalar cıvata, perçin, kıvrırma, lehimleme, yapıştırma ile birleştirilmelerinin yanı sıra daha çok kaynak yolu ile birbirlerine bağlanmaktadır. Toplam kaynaklar; yaklaşık olarak 5000 nokta kaynağı, 30 metre kadar ark kaynağı, 1 metre elektron ışın kaynağı ve 15 adet de sürtünme kaynağından oluşmaktadır.

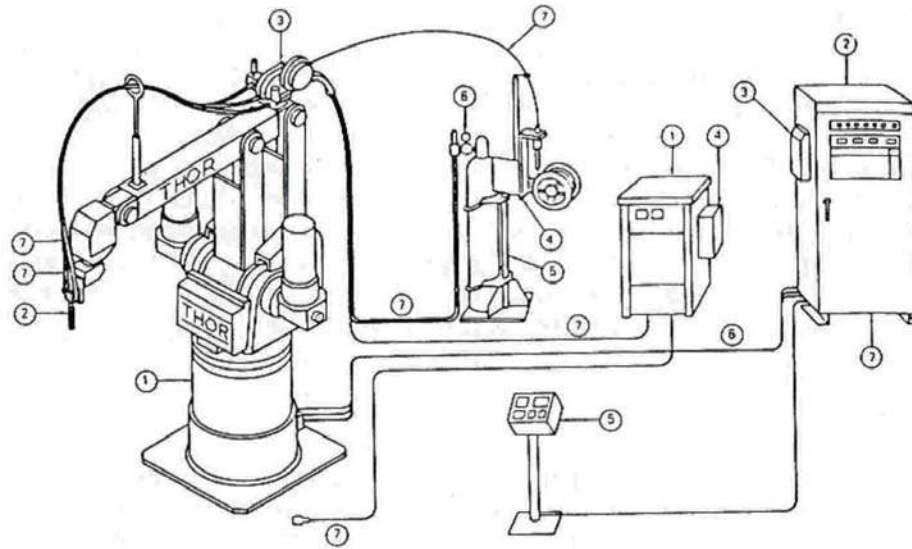
Nokta direnç kaynağında kullanılan robotlar, işlemi gerçekleştirmek için bazı yetenek ve özelliklere sahip olmalıdır. Çalışma hacmi, parçanın boyutuna uygun olmalıdır. Robot, parça üzerinde ulaşılması güç olan yerlerde kaynak tabancasını konumlayabilmeli ve oryante edebilmelidir. Bu ise serbestlik derecesinin sayısının artması ihtiyacını doğurur. Kontrolör hafızası, nokta direnç kaynak döngüsü için gerekli birçok konumlama adımlarını gerçekleştirebilecek kapasiteye sahip olmalıdır. Bazı uygulamalarda, kaynak hattı, birçok farklı model ürünün üretimi için tasarlanabilir. Böylece, modeller değiştiğinde, robotlar bir programdan diğerine geçebilmelidir. Çok yönlü robotların bulunduğu kaynak hatları için, çeşitli kaynak istasyonlarında değişik modellerin izlenebilmesi ve iş istasyonlarındaki robotlara programların yüklenebilmesi için programlanabilir kontrolör kullanılır.

Robotlar aracılığıyla gerçekleştirilen nokta direnç kaynağı sürecinin otomasyonundan elde edilen faydalar, artırılmış ürün kalitesi, operatör güvenliği ve imalat operasyonuna daha fazla hâkim olunmasıdır. Kalitenin artması, kaynak dikişlerinin daha tutarlı olması ve kaynakların konumundaki tekrarlanabilirliğin daha iyi olmasındandır. Göreceli olarak çok iyi bir tekrarlanabilirliğe sahip olmayan robotlar bile insanlara nazaran nokta kaynaklarını daha doğru bir şekilde konumlandırabilirler. Elektriksel şok ve yanık tehlikelerinin bulunduğu çalışma alanından insanın uzak tutulması ile güvenlik artırılmış olur. Nokta direnç kaynağı

prosesini otomize etmek için robotların kullanılması, üretim planlama ve süreç içi döküm kontrolü gibi alanlarda gelişmelere neden olacaktır. Robotların ve kaynak ekipmanının bakımı, nokta direnç kaynağı hattının otomizasyonunun başarıyla gerçekleştirilmesi için önemli bir faktördür. (Yücel, 1991; Yumurtacı, Mert 2003)

1.6.2 Ark Kaynağı

Ergitme esaslı kaynak yöntemleri içinde, MIG/MAG ve TIG (Tungsten Inert Gas) yöntemlerinde robotlar yoğun olarak kullanılmaktadırlar. Ancak ark kaynak yöntemlerinin uygulanmasında önemli teknik ve ekonomik problemlerle karşılaşmaktadır. Sürekli ark kaynağındaki tehlikeler yüzünden, süreçte endüstriyel robotların kullanımı mantıklıdır. Bununla birlikte, robotların ark kaynağı için uygulanmasında karşılaşılan önemli teknik ve ekonomik problemler vardır. Sürekli ark kaynağı, düşük sayıda üretilen ve birçok bileşenden oluşan ürünlerin imalatında sıklıkla kullanılır. Bu şartlar altında herhangi bir otomasyon şeklinin uygulanması zordur. Ark kaynağı, depoların içi, basınçlı kaplar ve gemi gövdeleri gibi ulaşmanın güç olduğu sıkışık alanlarda gerçekleştirildiği için bir problem teşkil eder. Bu tip alanlarda insanlar daha rahat çalışabilirler. (Tülbentçi, 1998)



Robot Donanımları :

- 1) Ark Kaynak Robotu
- 2) Robot Kontrol Ünitesi
- 3) Öğretme (Teaching) Kutusu
- 4) Kaynak Sinyal Ünitesi
- 5) Kontrol Ünitesi
- 6) Kablolar

Kaynak Makinası Donanımları :

- 1) Güç Ünitesi
- 2) Kaynak Torcu
- 3) Tel Besleme Ünitesi
- 4) Tel Kontrol Ünitesi
- 5) Koruyucu Gaz Ünitesi
- 6) Manometre
- 7) Kablo ve Hortumlar

Şekil 1.4 Ark kaynağı robot donanımı

1.6.2.1 Robotlarda Ark Kaynağı Donanımları

Endüstride kullanılan bir robotik ark kaynağı donanımı aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır.

1. Manipülatör (Robot kolu)
2. Kaynak torku
3. Güç ünitesi
4. Kontrol ünitesi
5. Tel sürme ünitesi
6. Tel kontrol ünitesi
7. Koruyucu gaz ünitesi
8. Öğretme kutusu
9. Kaynak sinyal ünitesi
10. Manometre
11. Robot kontrol ünitesi
12. Kablo ve hortumlar
13. Pozisyoner

1.6.2.2 Ark Kaynağı Robotunda Olması Gereken Özellikler

Ark kaynağı gerçekleştiren endüstriyel robotun bazı özellik ve yeteneklere sahip olması gerekir. Ark kaynağı uygulamalarında göz önünde bulundurulmuş bazı teknik konular şunlardır:

a) Çalışma hacmi ve serbestlik dereceleri: Robotun çalışma hacmi, kaynak edilecek parçaların boyutlarına yetecek büyüklükte olmalıdır. Kaynak torcunun yeterli manipülasyonuna izin verilmelidir. Ayrıca, eğer iş istasyonunda iki parça tutucu varsa her iki tutucuda da hareket döngüsü gerçekleştirmek için robot uygun erişime sahip olmalıdır. Ark kaynağı robotları için genellikle beş veya altı serbestlik derecesi gerekir. Bu sayı, kaynak işinin karakteristiklerinden ve parça manipülatörünün hareket yeteneklerinden etkilenir. Eğer parça manipülatörü 2 serbestlik derecesine sahipse, robotun daha az serbestlik derecesine sahip olmasına izin verilebilir.

b) Hareket kontrol sistemi: Ark kaynağı için sürekli-yol kontrolü gereklidir. Kaynak dikişinin üniformitesini sağlamak için robot, pürüzsüz sürekli harekete sahip olmalıdır. Buna ilaveten, kaynak döngüsünde hareketin başlangıcında kaynak banyosunu oluşturmak için bir bekleme, hareketin sonunda da kaynağı bitirmek üzere bir bekleme gerçekleştirilmelidir.

- c) **Hareketin kesinliği:** Robotun tamlığı ve tekrarlanabilirliği kaynak işinin kalitesini belirler. Kaynak işlerinin kesinlik gereksinimleri, boyut ve endüstrinin pratiğine bağlı olarak değişiklik gösterir ve en uygun robot seçilmeden önce her kullanıcı tarafından bu gereksinimler tanımlanmalıdır.
- d) **Diğer sistemlerle entegrasyonu:** Robot, hücredeki diğer ekipmanlarla birlikte çalışabilmek için yeterli giriş/çıkış ve kontrol yeteneklerine sahip olmalıdır. Bu diğer ekipmanlar, kaynak ünitesi ve parça pozisyoneleridir. Hücre kontrolörü, robotun hızı ve yörüngesi ile parça manipölatörünün operasyonu ve tel besleme hızı gibi kaynak parametrelerini koordine etmelidir.
- e) **Programlama:** Robotun sürekli ark kaynağı için programlanması dikkat gerektirir. Düzensiz şekillere sahip kaynak yolları için, robotun hareket yolu boyunca fiziksel olarak hareket ettirildiği gösterme ile programlama metodunu kullanmak uygundur. Doğrusal kaynak yolları için robotun, uzaydaki iki nokta arasındaki interpolasyonu gerçekleştirecek yeteneğe sahip olması gereklidir. Bu, programcının kaynak başlangıç ve bitiş noktalarını belirlemesine ve robotun noktalar arasındaki düz çizgi yörüngeyi hesaplamasına izin verir.

1.7 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tezin amacı, otomatik tel ve gaz besleyebilen, bilgisayar kontrollü kaynak yapabilen, kartezyen koordinatlarda hareket eden bir kaynak robotu tasarlamak ve gerçeklemektir. Hedeflenen amaçlardan biri de kaynak robotunun, bilinen uygun kaynak hızlarında ve kaynak standartları açısından kabul edilebilir kaynak işlemi yapabilmesidir.

Kartezyen koordinatlı kaynak robotu genel hatları ile mekanik ve elektronik tasarım ile yazılım geliştirilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Uygulama tümüyle Y.T.Ü. bünyesinde bir Elektrik-Elektronik ve bir Makine Mühendisi tarafından gerçekleştirilmiştir. Mekanik tasarım ve kaynak uygulamalarını Makine Mühendisi Mert Eğilmez üstlenmiştir.

2. KARTEZYEN KOORDİNATLI KAYNAK ROBOTU UYGULAMASI ve KONTROLÜ

Bu projenin amacı kartezyen koordinatlarda hareket edebilen, bilgisayar kontrollü bir kaynak robotu tasarlamak ve gerçeklemektir. Tüm mekanik ve elektronik tasarımlar proje dâhilinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca robotun elektronik kısımlarının kontrolünü ve bilgisayar ile haberleşmesini sağlayacak bir bilgisayar programı da yazılmıştır.

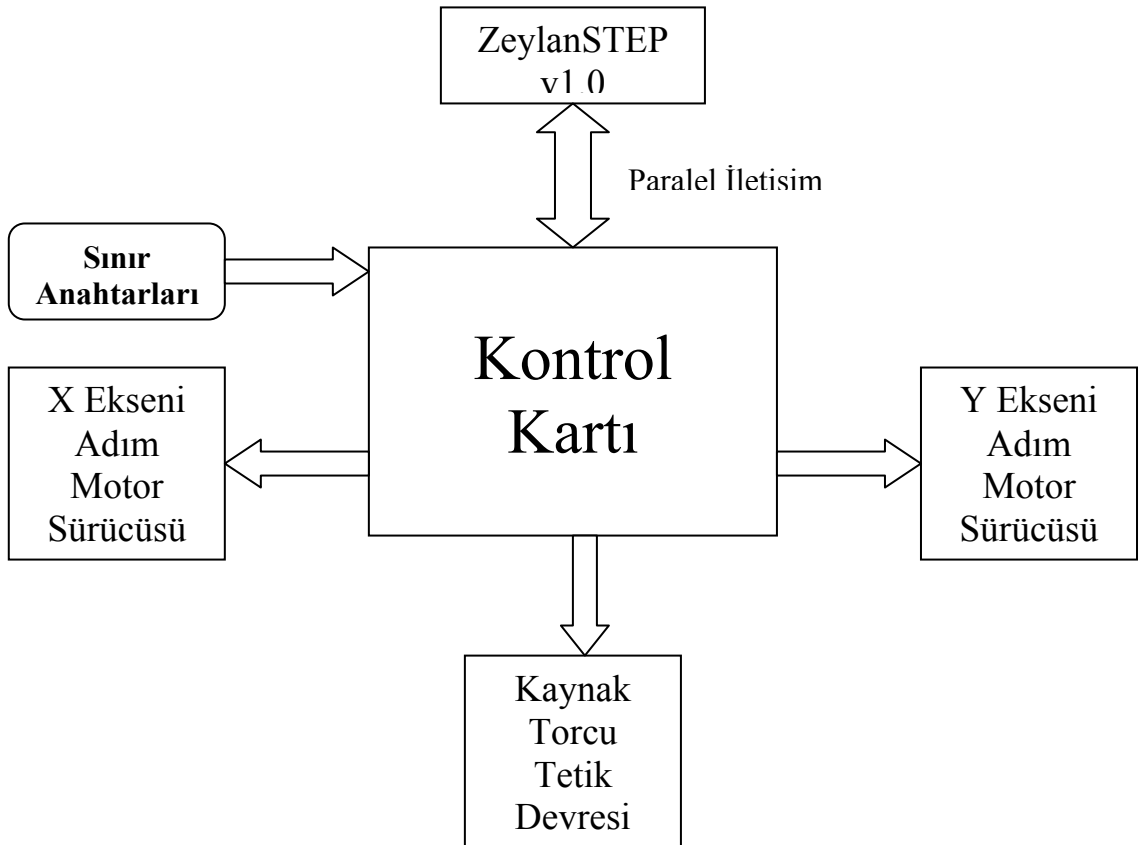
Bu bölüm, tasarlanan projenin temel hatlarını açıklamaktadır. Bu bölümde tüm sistem hakkında kısaca bilgi verilmektedir. Alt bölümlerde ise, sistemi oluşturan yapılar ayrıca detaylı olarak ele alınacaktır.

Projede gelinen aşama ve proje sonuçları “Sonuçlar” bölümünde ele alınmıştır.

2.1 Giriş

Proje dâhilinde geliştirilen bilgisayar programı, ara yüz kullanılarak girilen koordinat değerlerini alır. Girilen koordinatlar uyarınca, kartezyen robotu hareket ettirmek için, kullanılan adım motorlarının adımlarını (bu projede kullanılan motorların adımları 2° 'dır.) da göz önüne alarak gerekli parametreleri hesaplar ve bunları bilgisayarın paralel portu üzerinden kontrol kartına gönderir. Kontrol kartına gelen sinyaller, adım motorlarının sargı uçlarına ve kaynak torcunun tetik devresine kumanda eder. Adım motorları mekanizmaya gerekli hareketleri verir ve kaynak torcu istenilen koordinatlara getirilir. Kaynak torcu tetik devresi, sistemin iki uç koordinat arasındaki hareketini gerçekleştirirken kaynak işlemi yapılıp yapılmayacağını kontrol eder.

Mekanizmanın sınırlarını aşmaya kalkışması durumuna karşın, sınır anahtarları kullanılmıştır. Sınır anahtarları, kontrol kartı üzerinden yazılıma eksen aşımı bilgisini ulaştırdığı anda, sınır aşımı yapılan eksenin hareketi durdurulmaktadır.



Şekil 2.1 Sisteme genel bakış

2.2 Mekanik Sistem Tasarımı

Kartezyen koordinatlı kaynak robotu çalışması için oluşturulacak yapı, yüksek sıcaklıklara dayanıklı, kalibrasyonu sarsıntılardan etkilenmeyen ve kolay sökülüp takılabilen bir yapı olmalıdır. Bütün bu maddeler göz önüne alınarak; oluşturulan sistem detaylı olarak incelenecek olursa:

- Sistemin iskeletini oluşturan profiller
- Hassas çelik miller-mil sonu destekleri
- Alüminyum yataklar ve kapalı tip rulmanlar
- Kayış ve kasnak sistemi
- Özel üretim parçalar ve bağlantı elemanları
- Kaynak torcu
- Kaynak makinesi
- Hareket sağlayıcılar

2.2.1 Alüminyum Profiller

Sistemimizin ana yapısını alüminyum sigma profiller oluşturmaktadır.

Neden alüminyum sorusuna verilecek cevap için alüminyumun özelliklerini incelememiz yeterli olacaktır:

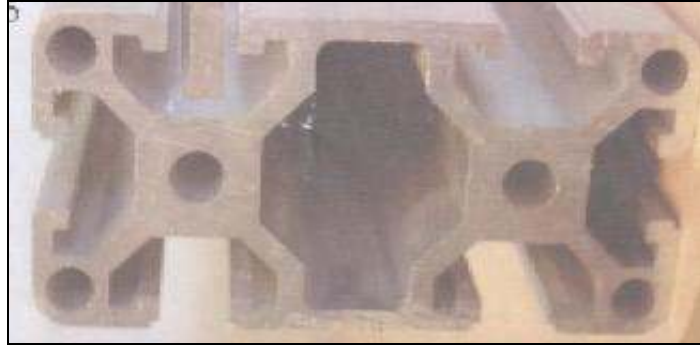
- Alüminyum hafiftir. Aynı hacimdeki bir çelik malzemenin ağırlığının ancak üçte biri kadar ağırlıktadır.
- Alüminyum, hava şartlarına, yiyecek maddelerine ve günlük yaşamda kullanılan pek çok sıvı ve gazlara karşı dayanıklıdır.
- Alüminyum'un yansıtma kabiliyeti yüksektir. Gümüşü beyaz renginin bu özelliğe olan katkısı ile beraber gerek iç gerekse dış mimarî için cazibeli bir görünüme sahiptir. Alüminyumun bu güzel görünümü, anodik oksidasyon (eloksal), lâke maddeleri vs. gibi uygulamalar ile uzun müddet korunabilir. Hatta birçok uygulamada tabii oksit tabakası bile yeterli olur.
- Çeşitli alüminyum alaşımlarının mukavemeti, normal yapı çeliğinin mukavemetine denk veya daha yüksektir.
- Alüminyum elastik bir malzemedir. Bu nedenle ani darbelere karşı dayanıklıdır. Ayrıca, dayanıklılığı düşük sıcaklıklarda azalmaz (Çeliklerin, düşük sıcaklıklarda ani darbelere

karşı mukavemeti azalır).

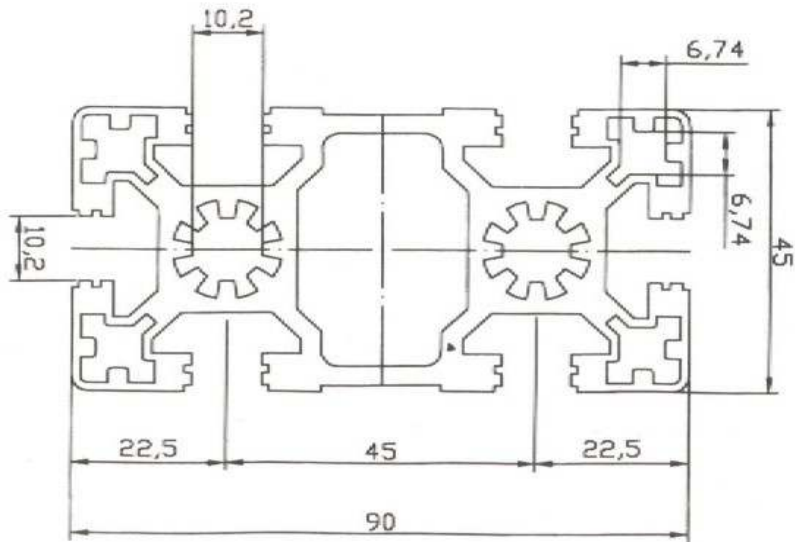
- Alüminyum, işlenmesi kolay bir metaldir. Folyo veya tel haline getirilebilir.
- Alüminyum ısı ve elektriği bakır kadar iyi iletir.
- Alüminyum'a şekil vermek için döküm, dövme, haddeleme, presleme, ekstrüzyon, çekme gibi tüm metotlar uygulanabilir.

AV Tip Alüminyum Alaşım Sigma Profiller:

Bu profiller emsallerine göre oldukça dayanıklı ve hafif olmakla beraber, sökme-takma işlemlerini kolaylaştıran bir yapıda imal edilmişlerdir. Profiller modüler bir yapıya sahip oldukları için gerekli aksesuar montajları kolayca yapılabilmektedir. Bütün bağlantılar vida tekniği ile yapılır. Sonradan taşlama, kaynak ve boyama gibi işlemlere gerek kalmamaktadır.



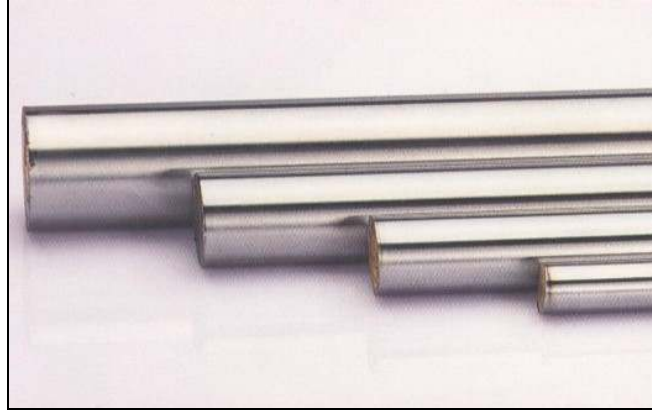
Şekil 2.2 HV tip sigma profil



Şekil 2.3 AV Tip sigma profil ölçüleri

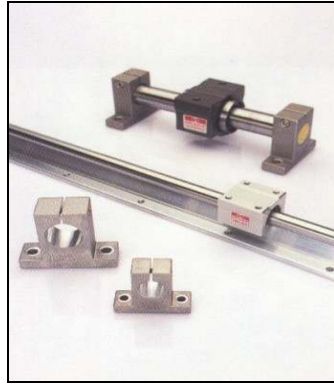
2.2.2 Hassas Çelik Miller-Mil Sonu Destekleri

Sistemin hareketli kısmının üzerinde ilerleyeceği millerin, adım motorunun küçük darbelerinde bile hassas hareket sağlayabilirken aynı zamanda da darbelere dayanıklı olması gerekmektedir. Bundan dolayı dış yüzeyi indüksiyonla sertleştirilmiş 20 mm çapında hassas çelik CromSteel miller tercih edildi.



Şekil 2.4 Sertleştirilmiş çelik miller (CromSteel)

Rulmanlı yataklara kolon olarak kullanılacak milleri alüminyum alaşım profil tablalara bağlamak için mil sonu destekleri kullanıldı.

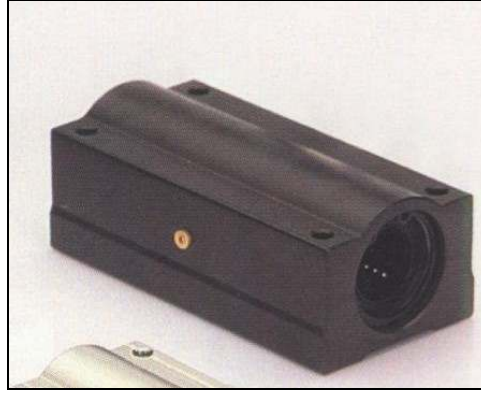


Şekil 2.5 Değişik çaplarda mil sonu destekleri

2.2.3 Alüminyum Yataklar ve Kapalı Tip Rulmanlar

Sistemin hareketli kısmını taşıması için, millerle sürtünmeyi en aza indirecek, kontrol ünitesi ile adım motorlardan gelecek tepkilere hassas, kaliteli rulmanlar ve titreşime, darbeye dayanıklı yataklar seçildi.

Alüminyum gövdeli yataklar dört cıvata bağlantılı, oldukça hafif ve dayanıklıdır. Samick SCE serisinden sistemde kullanılan tipin resmi aşağıda görülmektedir.



Şekil 2.6 Alüminyum gövdeli dört cıvata bağlantılı yatak

Robotta, x ekseninde dört, y ekseninde iki adet yatak kullanılmıştır. Alüminyum yatakların boyutları Samick LME serisi kapalı tip rulmanlara uyumlu olarak tasarlanmıştır.

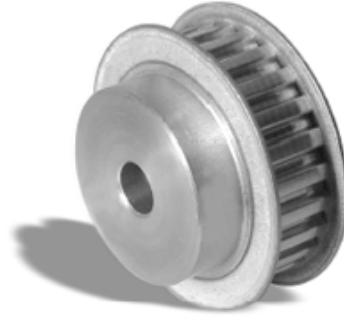


Şekil 2.7 LME 20 UU kapalı tip rulman

2.2.4 Kayış Kasnak Sistemi

Eksenlerdeki hareketler adım motorlarının uçlarına bağlanan standart kasnaklar yardımıyla sağlanmaktadır. Her iki eksen de tek kayış ile tahrik edilirken, eksenlerde tahrik eden kasnak ve diğer uçta ilkiyle aynı boyutta, rulmanlarla yataklanmış boşta dönen ikinci bir kasnak mevcuttur. Aynı kasnakları kullanarak çevrim oranının “1” tutulmasının sebebi, adım motorlarının doğrudan kontrol edileceği bilgisayar programı ve sürücü devreleri sayesinde, kayış kasnak sisteminde herhangi bir indirgeme yapılmasına gerek kalmamasıdır.

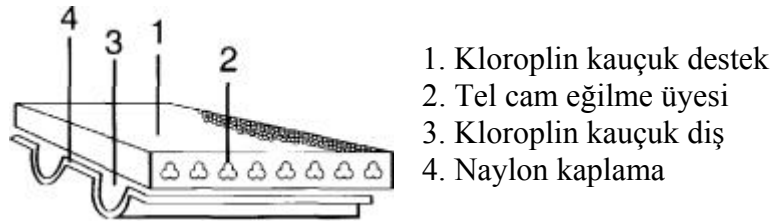
Kasnak seçiminde önemli derecede etkili olan, eksenlerin konstrüksiyonu ve adım motorlarının yapısıdır. Adım motorlarının millerine bağlanacak kasnaklardaki işçiliğin kolaylığı açısından alüminyum kasnaklar tercih edilmiştir.



Şekil 2.8 Sistemde kullanılan alüminyum kasnaklar

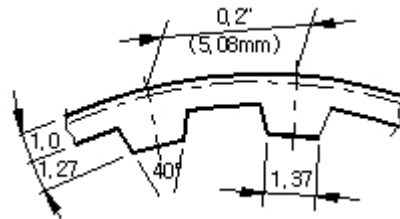
Standart Zaman Kayışı (XL)

Zaman kayışları, gücü sürtünme ya da kama etkisiyle değil de mekanik olarak birbirine geçme yoluyla iletirler. Zaman kayışının alt tarafındaki dişler (ve bazen üst tarafındaki dişler) bir kasnaktakine benzeyen boşluk ile mekanik olarak birbirine geçer ve gücü iletir. Bu nedenle zaman kayışlarından dişli kayışlar olarak da söz edilir.



Şekil 2.9 Zaman (dişli) kayış yapısı

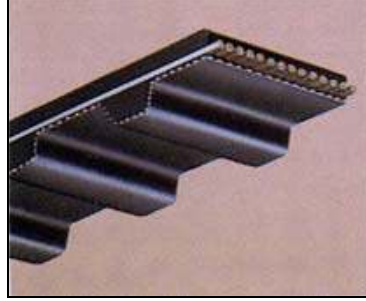
Zaman dişlilerin çalışma prensibi birbirine geçen dişliler ve vitesler ya da dişli çarklar ve zincirlerde olduğu gibidir. Bundan dolayı taşınmış ve taşıyıcı şaftlar arasında çok doğru hız oranları mümkün olur. Sürtünmeye bağlı olmaksızın güç iletimi de kayışların nispeten daha küçük gerilimlerde kullanımına olanak sağlar. Sonuç olarak şaftlar ve mil yatakları üzerinde ki yüklenme, iletilmiş aynı güç içerisinde nispeten daha düşüktür. Zaman kayışları diğer kayışlarla karşılaştırıldığında nispeten daha hafif ve esnektirler.



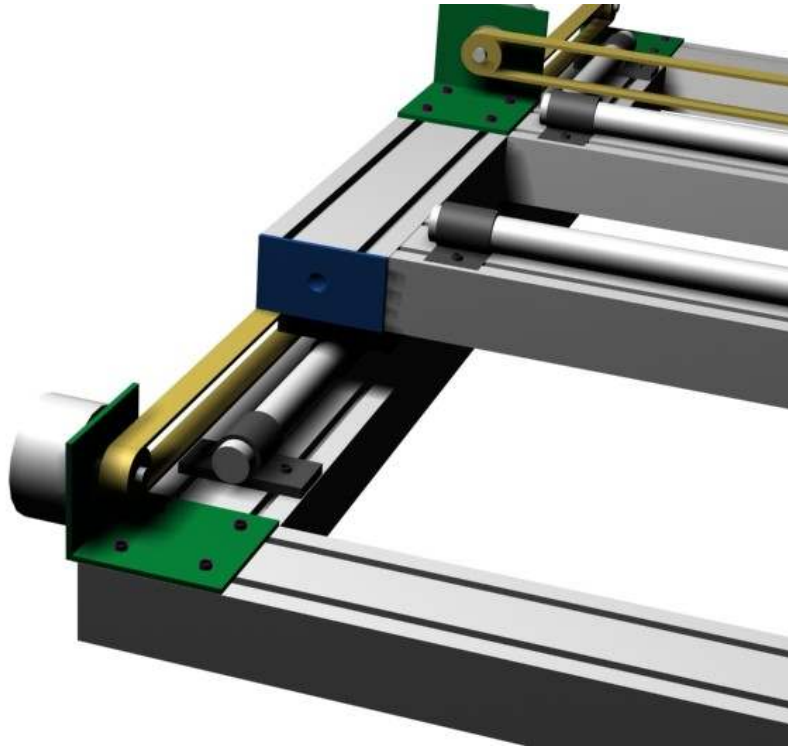
Şekil 2.10 Standart XL zaman kayışı ölçüleri

Kayışlar kasnaklardan geçirildikten sonra hareketli tablalara özel yapılan metal pabularla bağlanmaktadır. Bu pabuçlar, bağlantı elemanları bölümünde ele alınmıştır.

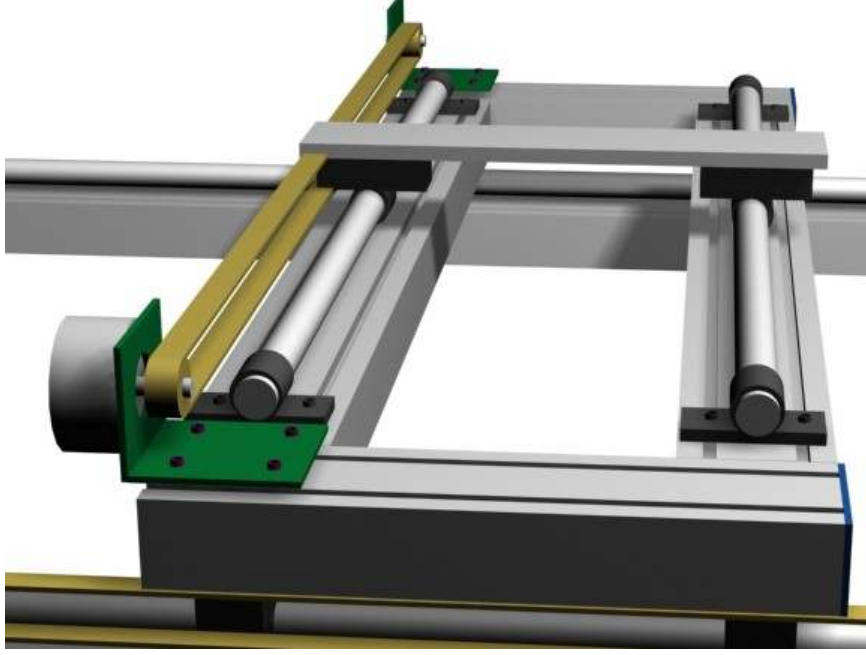
Ayrıca XL kayışların malzemesinde dayanımı artırmak amacıyla dönüş yönüne paralel elik teller bulunmaktadır.



şekil 2.11 Sistemde kullanılan XL kayışı



şekil 2.12 Kayış kasnak sistemi (X-ekseni)



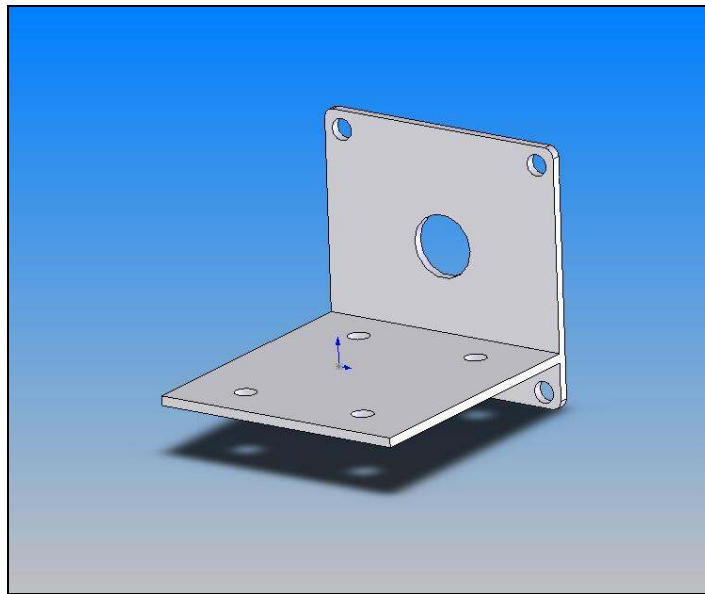
Şekil 2.13 Kayış kasnak sistemi (Y-ekseni)

2.2.5 Özel Üretim Parçalar ve Bağlantı Elemanları

Kartezyen koordinatlı robotun standart parçalardan oluşan kısımlarının montajından sonra karşılaşılan önemli sorun, robotun tasarlandığı şekilde çalışabilmesi için gerekli olan bazı ek parçaların imal edilmesidir.

Adım motoru taşıyıcıları:

Adım motoru taşıyıcılar 82x82 ve 82x90 ölçülerindeki 3 mm 'lik levhaların birbirlerine kaynaklanmasından oluşmaktadır.



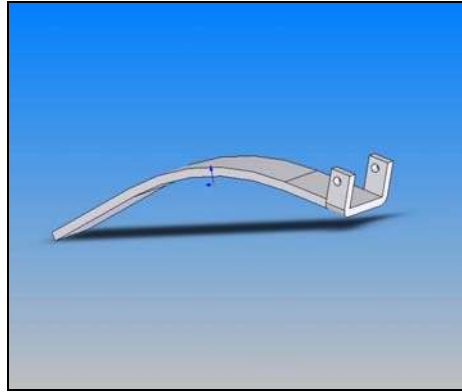
Şekil 2.14 Adım motoru taşıyıcı

Torç askısı:

Kaynak yapılırken kaynak torcunun darbe ve titreşimlerden etkilenmemesi gerektiğinden, tutucu ve torç arasında rijit bir bağlantı sağlanması amacıyla kaynak torcunun orijinal askı demiri sökülerek yerine alüminyum alaşımdan, taşıyıcı ve torcun ölçülerine uygun bir parça imal edilmiştir.



Şekil 2.15a Orijinal torç askısı



Şekil 2.15b Robotta kullanılan özel üretim askı

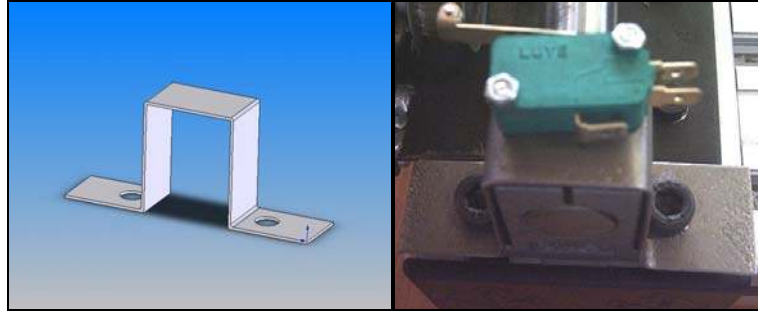


Şekil 2.15c Askının torç üzerine uygulanması

Limit sensör (sınır anahtar) tutucu:

Kaynak robotunun, kaydedilmiş bir hareketi hatasız tekrarlayabilmesi için, öncelikle sistemin sıfır noktalarını bulması gerekmektedir. Bu nedenle sisteme sınır anahtarları eklenmiştir. Sınır

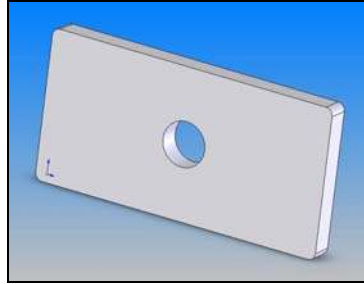
anahtarları ayrıca kaynak torcunun tarama alanı sınırlarına geldiğinde, işlemin durmasını sağlamaktadır. Sensörlerin mil sonu destekleri üzerine bağlanmaları için 1 mm 'lik sac levhalara, mil sonu desteklerinin üzerine monte edilebilecek şekil verilmiştir.



Şekil 2.16 Limit sensör tutucu ve robot üzerine uygulanması

Metal Pabuçlar (kayış sıkıştırıcı) :

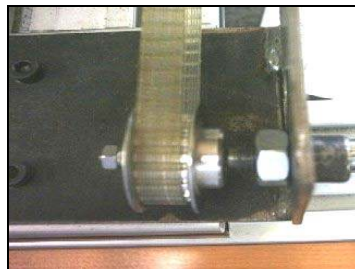
Kayışlar, kasnaklardan geçirildikten sonra hareketli tablalara, özel olarak yapılan metal pabuçlarla bağlanmaktadır. 3 mm 'lik pabuçlar 40 x 20 mm ölçülerindedir. Zaman kayışları bu pabuçlardan iki tanesi arasına sıkıştırılarak bir cıvata yardımıyla tutturulmuştur.



Şekil 2.17 Kayış sıkıştırıcı pabuç

Kasnak Denge Milleri:

Adım motorlarına bağlı kasnakların karşılarında bulunan kasnakların boşta dönmesi için, ortalarına çift taraflı rulman çakılmıştır. Bu sayede boşta dönerek hareketi tamamlayan ikinci kasnak sistemi oluşturulmuştur.



Şekil 2.18 Boşta dönen kasnak-mil sistemi

Bağlantı elemanları:

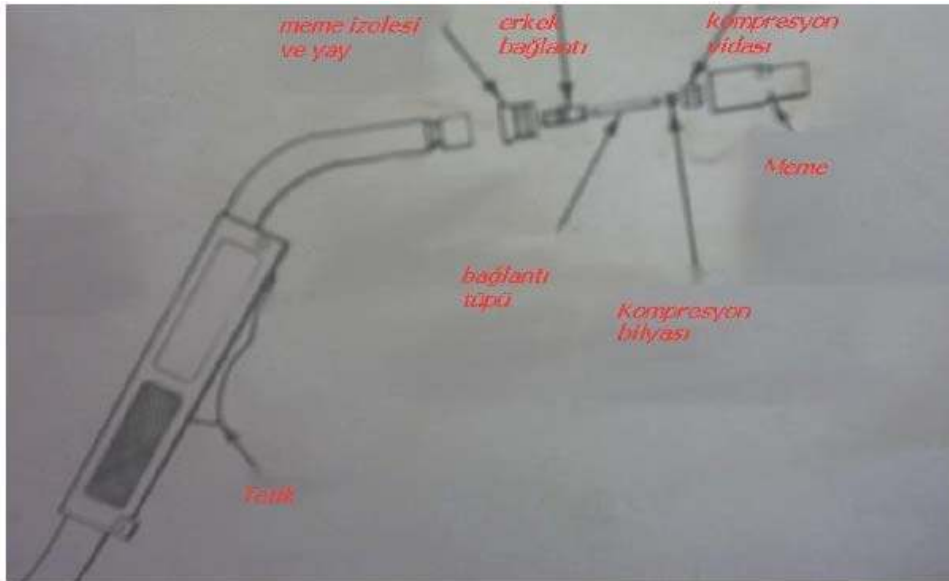
Kartezyen koordinatlı kaynak robotunun montajında kullanılan bağlantı elemanları, genellikle alüminyum alaşım profillerde kullanılan elemanlardan seçilmiştir. Bu elemanlardan V profil somunlar, alüminyum profillerin içerisindeki kanallara yerleşerek eksenleri oluşturan millerin ve yatakların kolayca sökülüp takılmalarını sağlamaktadır.



Şekil 2.19 Montajda kullanılan bağlantı elemanları

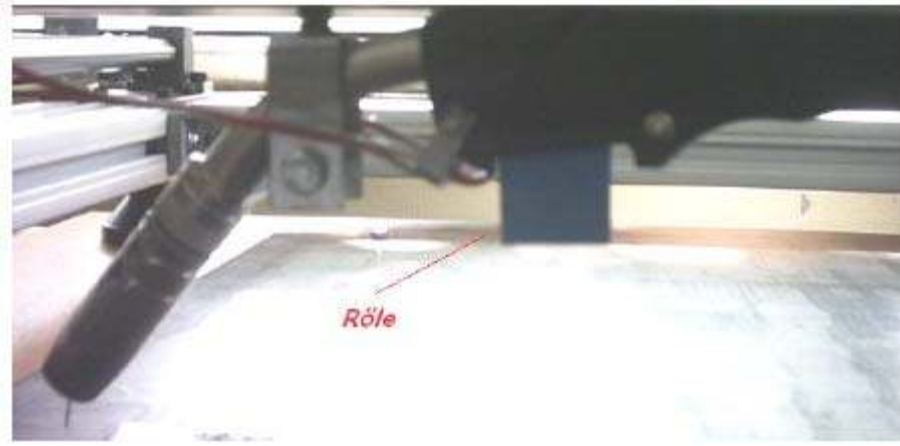
2.2.6 Kaynak Torcu

Kaynak robotunda, üzerinde değişiklikler yapılması gerektiği için gaz altı makinesinin orijinal torcu yerine 250 Amperlik akımlara kadar kullanılabilen BatWeld marka (Bw-25) 3 metrelik torç kullanıldı.



Şekil 2.20 Standart gaz altı kaynak torcu şeması

Projede, orijinal torcun devreyi tamamlayan düğmesi (manüel tetik), çıkartılarak yerine elektronik röle takılmıştır. Bu sayede tel ve gaz beslemesi, bilgisayardan verilen komutlar ile yapılabilir hale getirilmiştir



Şekil 2.21 Kaynak torcunun röle yerleştirilmiş hali

2.2.7 Kaynak Makinesi

Uygulamada kullanılan kaynak makinesi: Miller Matic 35 S CY50 (150 A) MIG-MAG makinesidir. Proje dâhilinde makine üzerinde hiçbir değişiklik yapılmamış ve kaynak makinesi standart haliyle kullanılmıştır.

Makine Özellikleri:

Şebeke Gerilimi: 380 V trifaze

Akım Ayar Sahası: 14,5–150 A

Tel Çapı: 0,6–1 mm

Elektrik Güç Gereksinimi (KVA) : 4,8



Şekil 2.22 Miller-Matic 35s MIG-MAG kaynak makinesi

2.2.8 Hareket Sağlayıcılar (Adım Motorları)

Hareketli sistemde 2 adet, adım açıları 2° olan yani tam bir dönme hareketi için ($360^\circ / 2^\circ$) 180 darbeye ihtiyaç duyan adım motorları kullanılmıştır. Bu iki motorun karakteristikleri birbirlerinin aynısı olmakla beraber markaları farklıdır:

Çizelge 1.1 Adım motorlarının özellikleri

Marka	Tip	Derece/Adım	Gerilim	Akım
Sanyo Step Syn	103-820-2	2	DC 4.3V	1.4A
Plessey Power	5-8861	2	DC 4.3V	1.4A



Şekil 2.23 Kaynak robotunda kullanılan adım motorları

Adım motorlarının genel olarak çalışma prensipleri, çeşitleri ve özellikleri bir sonraki kısımda ayrıntılı olarak verilmiştir.

2.3 Adım Motorları

Açısal konumu adımlar halinde değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülen motorlara adım motorları denir. Adından da anlaşılacağı gibi adım motorları belirli adımlarla hareket ederler. Bu adımlar, motorun sargılarına uygun sinyaller gönderilerek kontrol edilir. Herhangi bir uyarımda, motorun yapacağı hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı motorun yapısına bağlı olarak 90° , 45° , 18° , $7,5^\circ$, $1,8^\circ$ veya daha değişik açılarda olabilir. Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı kontrol edilebilir.

Adım açısı, bir tam dönüş için kaç tane adım atılacağını belirler. Örneğin $1,8^\circ$ adım açılı bir motor, şaftın bir tam dönüş yapması için 200 darbe ile tahrik edilmelidir ($360^\circ / 1,8^\circ = 200$). Bir adım motorun hassasiyeti ve fiyatı bir tam dönüşteki adım sayısı yükseldikçe artar.

Daha küçük bir adım açısı, motorun hassasiyetini artırmaktadır fakat adım motorların

saniyede kabul edebilecekleri darbeler için bir üst sınır vardır. Ağır iş motorları saniyede 200–300 arasında darbe oranına sahiptir, yani yüksek hızda dönmektedirler (dakikada 60–180 tam tur). Daha küçük bazı adım motorlar saniyede 1000 ve üzeri darbe alabilir fakat yüksek tork üretilmediğinden sürme ve dümenleme motorları için uygun değildir.

Adım motorlarının bobinleri belirli voltajlara göre ayarlıdır. Bobinler üzerlerine gerilim uygulandığında indüktör gibi davranır. Öyle ki, aniden en yüksek akım değerlerini yansıtmadıkları gibi, yüksek adım frekanslarında bu en üst değere ulaşamayabilirler. Bobinler tarafından üretilen elektromanyetik alan, akım miktarı ile orantılıdır. Elektromanyetik alan ne kadar büyük olursa, motorların tork üretme potansiyelleri de o denli fazla olur. Torku yükseltmenin yolu bobinlerin her adımda en yüksek akım değerine ulaşmasından geçer.

Adım motorlar, komütatörsüz elektrik motorları gibi algılanabilir. Tipik olarak motordaki tüm sarımlar statorun bir parçası iken, rotor sürekli bir mıknatıs veya kaplanmış yumuşak manyetik malzemeden meydana gelir. Burada bütün iletişim ve kontrolün dışarıdan motor kontrolcüsü tarafından yapılması gerekmektedir. Adım motorlar ve motor kontrolcüleri, motorların herhangi bir yönde dönerken istenen konumda tutulmasına imkân verecek şekilde tasarlanırlar.

Adım motorların hareketsiz halde iken birden son hızlarında sürülemeyecekleri de belirtilmelidir. Ayrıca, motorun kapasitesini aşan şekilde, çok fazla darbe göndermek de motorun hareketsiz kalmasına veya titreme hareketi yapmasına neden olacaktır. En yüksek hızlara ulaşabilmek için, motor aşamalı olarak hızlandırılmalıdır. İvmelenme, insan kıstaslarına göre gayet hızlı olabilir. Hız ilk ms 'ler için 1/3 değerinde, 50–75 ms 'ler arası 2/3 sonrasında ise son sürat olabilir.

Sarımlardan birini aktive etmek, adım motorlarda şaftı iletir. Sarıma akım uygulamaya devam edersek motor dönmez, fren uygulanmış gibi kilitlenir. Bu ilginç kilitlenme özelliği kullanılarak step motorlara ayrıca bir fren uygulanmasına gerek kalmaz. Bir step motorun frenleme gücünün büyüklüğü, *tutma torku* olarak adlandırılır.

Adım motorlarının hangi yöne doğru döneceği, devir sayısı, dönüş hızı gibi değerler mikroişlemci veya bilgisayar yardımı ile kontrol edilebilir. Sonuç olarak adım motorlarının hızı, dönüş yönü ve konumu her zaman bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı adım motorları çok hassas konum kontrolü istenen yerlerde çok kullanılırlar. Adım motorlarının kullanıldıkları yerlere örnek olarak, endüstriyel kontrol teknolojisi içerisinde bulunan bazı

sistemler, robot sistemleri, takım tezgâhlarının ayarlama ve ölçmeleri verilebilir. Ayrıca, adım motorları konumlandırma sistemlerinde ve büro makineleri ile teknolojisi alanında da kullanma alanı bulmaktadır.

Adım motorlarının bu kadar çok kullanılma alanı bulmasının nedeni bu motorların bazı avantajlara sahip olmasıdır. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Geri beslemeye ihtiyaç göstermezler. Açık döngülü olarak kontrol edilebilirler.
- Motorun hareketlerinde konum hatası yoktur.
- Sayısal olarak kontrol edilebildiklerinden bilgisayar veya mikroişlemci gibi elemanlarla kontrol edilebilirler.
- Mekanik yapısı basit olduğundan bakım gerektirmezler.
- Herhangi bir hasara yol açmadan defalarca çalıştırılabilirler.

Adım motorlarının bu avantajları yanında bazı dezavantajları da aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

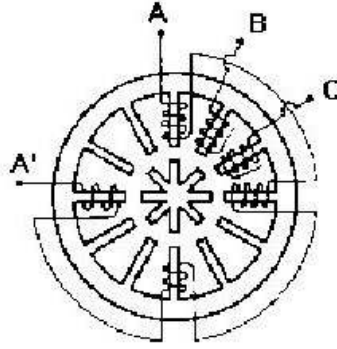
- Adım açıları sabit olduğundan hareketleri sürekli değil darbelidir.
- Sürtünme kaynaklı yükler, açık döngülü kontrolde konum hatası meydana getirirler.
- Elde edilebilecek güç ve moment sınırlıdır.

2.3.1 Adım Motoru Tipleri

2.3.1.1 Kademeli Adım Motorları

Kademeli adım motorları, yumuşak demir rotorlara ve yarık statorlara sahiptir. Genellikle 5° ila 15° arasında adım açılarında, nispeten yüksek adım oranlarında, tetik torku (motordan akım geçmediği anlardaki tutma torku) olmadan çalışırlar.

Şekil 2.24 Kademeli adım motorunun yapısını göstermektedir: A fazına enerji verildiğinde, dört rotor dişi, manyetik çekimle A fazının dört stator dişinin karşısında yerini alır. Bir sonraki adım, A fazının kapatılıp B fazına enerji verilmesiyle atılır. Rotor saat yönünde döndürülerek, C fazına ve sonra tekrar A fazına geçilir. Faz sırası terse çevrilirse saat yönünün tersi yönde dönme elde edilir.

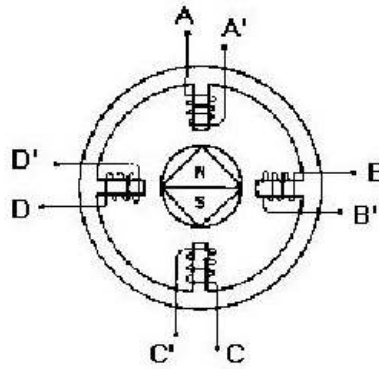


Şekil 2.24 Kademeli adım motoru

2.3.1.2 Sabit Mıknatıslı Adım Motorları

Sabit mıknatıslı motorlar, eksene dik olarak mıknatıslanmış olmaları ve dişsiz sürekli mıknatıslı rotorlarıyla ayrılırlar. Dört faza sırasıyla enerji verilirken, rotor manyetik kutuplara çekiliyormuşçasına döner.

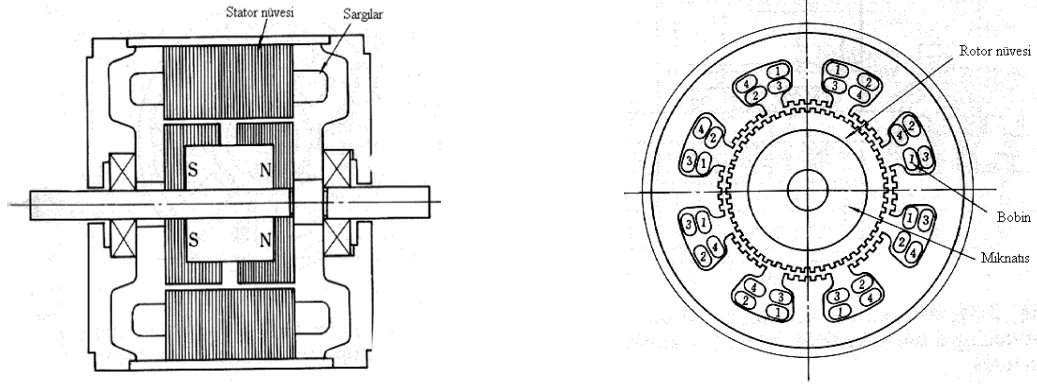
Şekil 2.25 Sabit mıknatıslı adım motorunun yapısını göstermektedir: Motor, sarımlara ABCD sırasıyla enerji verildiğinde 90° 'lik adımlarla dönecektir. Sabit mıknatıslı motorlar genelde 45° ya da 90° 'lik adım açılarına ve nispeten düşük step oranlarına sahiptir. Buna karşın yüksek tork ve iyi sönümleme karakteristikleri gösterirler.



Şekil 2.25 Dört fazlı sabit mıknatıslı adım motorunun yapısı

2.3.1.3 Hibrid Adım Motorları

Hibrid adım motorları, kademeli ve sabit mıknatıslı adım motorlarının arzu edilen özellikleri alınarak oluşturulmuş motor tipleridir. Yüksek tetik ve tutma torkuna sahip bu motorlar yüksek hızlarda çalışabilir. Normalde $0,9^\circ - 5^\circ$ derece arası adım açılarında çalışırlar. Çift telli sarım uygulandığından tek fazlı güç kaynağı kullanılabilir. Fazlara sırasıyla enerji verildiğinde, rotor artışlarla dönecektir. Bu motor daha çok tork üretmek adına, aynı anda 2 fazlı olarak sürülebilir veya tek fazlı, çift fazlı sonra yeniden tek fazlı sürülerek yarım adımlar oluşturulabilir.

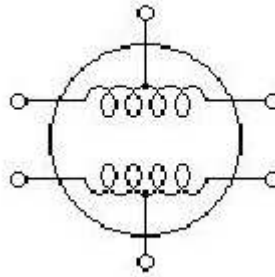


Şekil 2.26 Hibrid adım motorunun yapısı

2.3.2 Bobin Tahrikli Adım Motoru Tipleri

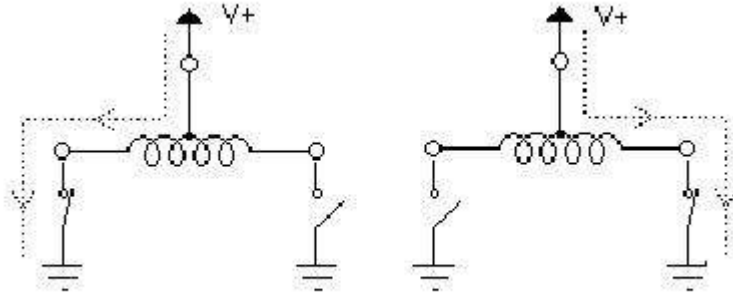
2.3.2.1 Ünipolar Adım Motorları

Ünipolar motorlar, nispeten kontrolü daha kolay motorlardır. Basit bir sayaç devresi, doğru bir adım sırasını sağlayabilir, ayrıca sarım başına bir transistör şeklindeki basit sürücüler bu motorlarda kullanılabilir. Ünipolar adım motorları ortada merkezlenmiş tapalı sarımlarla tanımlanabilir. Bütün sarımları $+V_m$ (motor voltajı) ile besleyecek genel bir yapı vardır. Sürücü devre, her sarıma enerji vermek için sarımları topraklamaktadır.



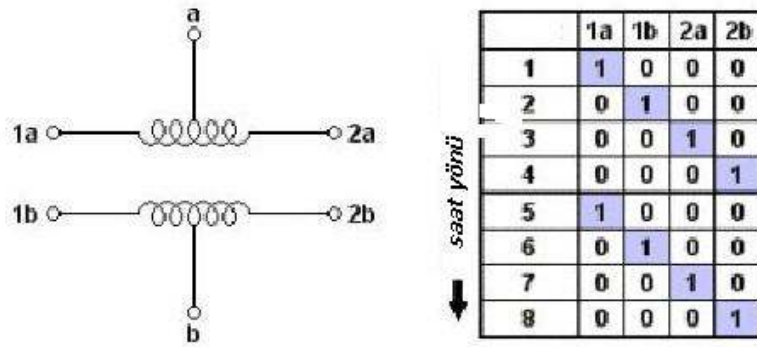
Şekil 2.27 Ünipolar adım motorunun yapısı

Sabit mıknatıslı ve hibrid (5–6 kablolu) ünipolar adım motorları, genelde Şekil 2.27 'deki gibi bağlanır. Kullanımda, sarımların merkez uçları kaynağın pozitif ucuna bağlanırken, sarımın diğer iki ucu, üretilen manyetik alanı ters yöne çevirmek için topraklanır.



Şekil 2.28 Ünipolar adım motorunun bobinindeki akımın ters yöne çevrilmesi

Ünipoar adım motorlarında her bobin ikiye ayrıldığından fazların sayısı bobin sayısının iki katıdır. Şekil 2.29’da iki merkez bobini olan diyagram, 4 fazlı bir ünipoar adım motoru simgelemektedir.



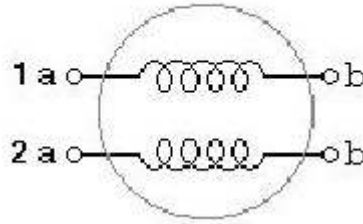
Şekil 2.29 Ünipolar sürüm sırası

Standart sürüm sırasına ek olarak, yüksek tork ve yarım-adım sürüm sıraları da kullanılabilir. Yüksek tork sürüm sırasında, her motor adımı için 2 adet sarım aktiftir.

Bu iki sarımlı kombinasyon standart sürümün 1.4 katı kadar kazanç getirirken 2 katı kadar da akım çekmektedir. Yarım adım sürümü ise 2 sürümün birleşmesinden meydana gelir. İlk olarak bir sarım aktive edilir sonra diğeri, tekrar ilki vs. Bu durum motor şaftının her dönme hareketi için adım sayısını 2 katına çıkarırken, adım açısını yarıya indirir.

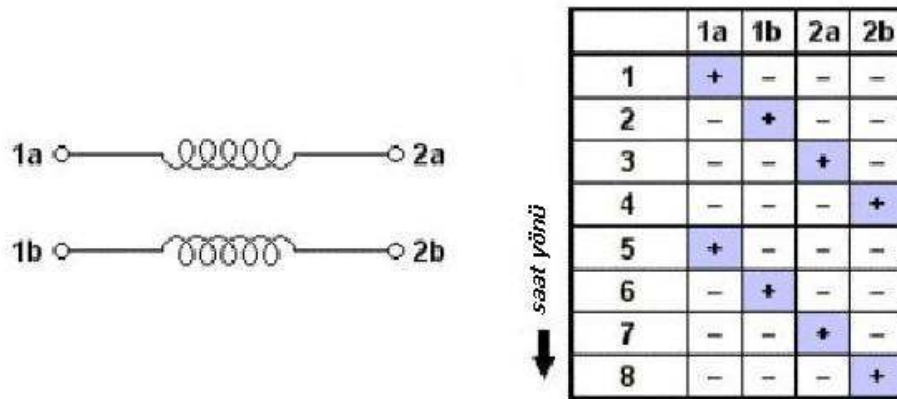
2.3.2.2 Bipolar Adım Motorları

Bipolar kademeli ve sabit mıknatıslı adım motorları, tamamen ünipolar motorlardaki mekanizmalar kullanılarak yapılmıştır tek fark ortadaki 2 sarımın daha basit yapıda ve merkez tapalar olmadan bağlanmasıdır. Motor daha basitken, sürücü devre her motor kutbu çiftinin polaritesini terse çevirebilmek için daha karmaşıktır.



Şekil 2.30 Bipolar adım motorunun yapısı

Ünipoar adım motorlarının tersine, bipolar üniteler daha karmaşık sürücü devrelere ihtiyaç duyarlar. Bipolar motorlar mükemmel büyüklük / tork oranlarıyla bilinirler, zira büyüklüklerine göre ünipoar motorlardan daha fazla tork sağlarlar. Bipolar motorlar sağlıklı bir adımlamanın gerçekleşebilmesi için iki yönde de sürülebilmesi gereken ayrı bobinlerle (polarite çalışma esnasında terse çevrilmelidir) tasarlanmıştır. Bu da sürüm için zorlaştıracı bir etkidir. Bipolar motorlar, ünipoar motorların kullandığı çiftli sürüm şablonunu kullanır, bobinlere uygulanan voltajın polaritesine sadece “0” ve “1” sinyalleri karşılık gelmektedir, basit “aç-kapa” sinyalleri geçersizdir.



Şekil 2.31 Bipolar sürüm sırası

2.4 Adım Motorlarına Ait önemli Parametreler

2.4.1 Çözünürlük

Çözünürlük; bir devirdeki adım sayısı veya dönen motorlar için adım açısı (derece), lineer motorlar için ise adım uzunluğu (mm) olarak tanımlanır. Bu sabit değer, üretim sırasında tespit edilen bir büyüklüktür. Bir adım motorunun adım büyüklüğü, çeşitli kontrol düzenleri ile değiştirilebilir. Yarım adım çalışmada adım büyüklüğü normal değerinin (çözünürlüğünün) yarısına indirilir.

2.4.2 Doğruluk

Bir adım motorunun adım konumu, tasarım ve üretim sırasında bir araya getirilen birçok parçanın boyutları ile belirlenir. Bu parçaların boyutlarındaki toleranslar ve dâhili sürtünmeler adımların nominal denge konumlarında da toleranslara neden olurlar. Bu durum adım motorunun doğruluğu olarak isimlendirilir ve belli bir konumdaki maksimum açısal hatanın nominal tek adım değerinin yüzdesi olarak ifade edilmiş halidir. Klasik adım motorlarında bu hata $\% \pm 1$ ile $\% \pm 5$ arasında değişmektedir. Sürtünme momenti veya kuvveti nedeniyle oluşan konum hataları bu doğrulukla ilgisi olmayan, daha az veya çok olabilen rasgele hatalardır. Ancak her iki tip hata toplanarak sistemin toplam hatası elde edilir.

2.4.3 Tutma Momenti

Tutma momenti, bir adım motorunun en temel moment karakteristiğidir. Tutma momenti eğrisi, motorun ürettiği tutma momentinin rotor konumuna bağlı olarak değişimini veren eğridir. Eğrinin merkezi motorun bir fazının uyarılmış olduğu durumda rotorun kararlı adım konumuna karşılık düşer. Bu eğri, rotor adım pozisyonundan uzaklaştırılırsa, motorda indüklenerek olan ve rotoru sıfır momentli adım pozisyonuna geri getirmeye çalışan momentin (tutma momenti) yönünü ve miktarını verir. Tutma momenti eğrisi, motorun tüm rotor konumları ve statik uyarma koşullarındaki ani momentini tam olarak tanımlamak için gereklidir. Diğer moment karakteristikleri (statik ve dinamik) bu eğri baz alınarak elde edilebilir.

2.4.4 Tek Adım Tepkisi

Motor fazlarından biri uyarılmış durumdaysa motor kararlı bir adım konumundadır. Bu fazın uyarımı kesilip yeni bir faz uyarılırsa motor bir adım atacaktır. Rotor konumunun zamana göre bu değişimi tek adım tepkisi olarak tanımlanır. Tek adım tepkisi, motorun adım hareketinin hızını, tepkinin aşım ve salınım miktarını, adım açısının hassaslığını veren önemli bir karakteristiktir. Adım motorlarından maksimum performans elde edebilmek için tek adım tepkisindeki aşım ve salınımların azaltılması ve yerleşme zamanının kısaltılması

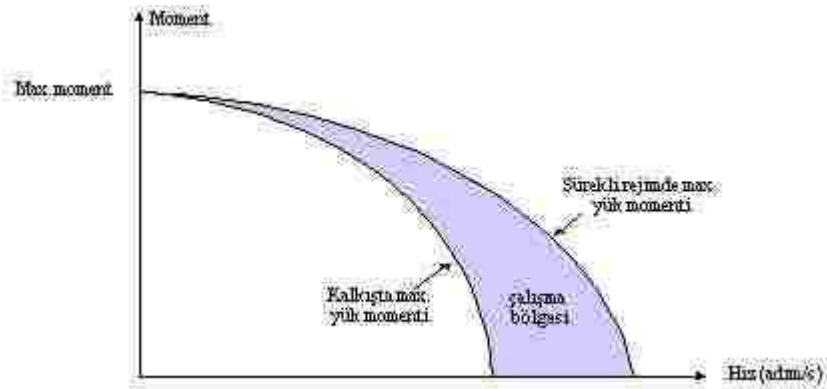
gerekmektedir. Bu nedenle tek adım tepkisinin iyileştirilmesi adım motorlarının kontrolünde çok büyük öneme sahiptir.

2.4.5 Sürekli Rejimde Maksimum Yük Momenti Eğrisi

Sürekli rejimde maksimum yük momenti / hız eğrisi herhangi bir sabit dönüş hızında, rotor hareketinin giriş darbe dizisiyle olan senkronizasyonunu bozmadan ve rotorun durmasına neden olmadan sürekli halde motor miline uygulanabilecek maksimum yük momentini verir. Bu moment aynı zamanda, söz konusu hızda motorda meydana gelecek maksimum moment anlamına da gelmektedir. Klasik motorlarda bu eğriye karşılık gelebilecek bir karakteristik yoktur. Maksimum yük momenti eğrisi çalışma noktalarını göstermediği gibi bir transfer fonksiyonu eğrisi de değildir. Sadece, çalışma bölgesini sınırlar. Bu eğrinin sınırladığı bölge içinde herhangi bir noktada motor giriş darbe dizilerini kaybetmeden ve durma tehlikesi olmadan ilgili hız ve yük momenti ile çalışır. Sınırların dışına çıkıldığında bu durum değişebilir.

2.4.6 Kalkışta Maksimum Yük Momenti Eğrisi

Özellikle açık döngülü sistemlerde duran bir sistemi istenen pozisyona getirebilmek için motora uygulanan uyartım darbelerinin motor tarafından hiç kaçırılmadan takip edilmesini sağlamak çok önemlidir. Fakat uygulanan uyartım sinyallerin sıklığı, motorun miline bağlı yükü sıfır hızından itibaren kaldırıp hızlandırmasına izin vermeyebilir. Bu yüzden adım motorları için, kalkışta maksimum yük momenti eğrileri tanımlanır. Şekil 2.32 'de sürekli rejimde maksimum yük momenti ve kalkışta maksimum yük momenti eğrileri gösterilmiştir.



Şekil 2.32 Sürekli rejimde ve kalkışta maksimum yük momenti/hız eğrileri

2.5 Adım Motoru Sürme

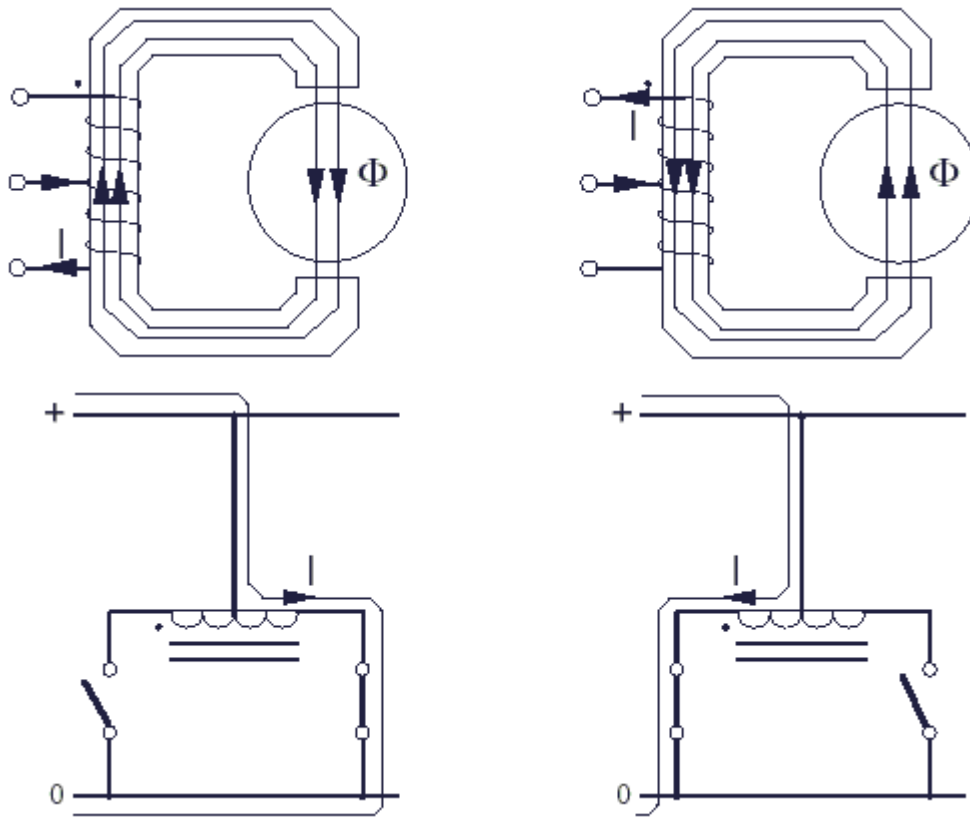
Adım motoru sürücü devresinin iki önemli görevi vardır:

- Faz sarımlarındaki akı ve akım yönünü değiştirmek.
- Sargılardan geçen akım miktarının yükselme ve düşme zamanlarını mümkün olduğunca düşük tutacak şekilde akımı kontrol ederek yüksek hızda performans sağlamak.

Adım motorunun adım atması için, akı yönünün her bir fazda bağımsız olarak yön değişmesine gereksinim vardır. Bu yön değişimi, ünipolar veya bipolar sürücü kullanılmak sureti ile akım yönünün değiştirilmesi sayesinde yapılır.

2.5.1 Ünipolar Sürme

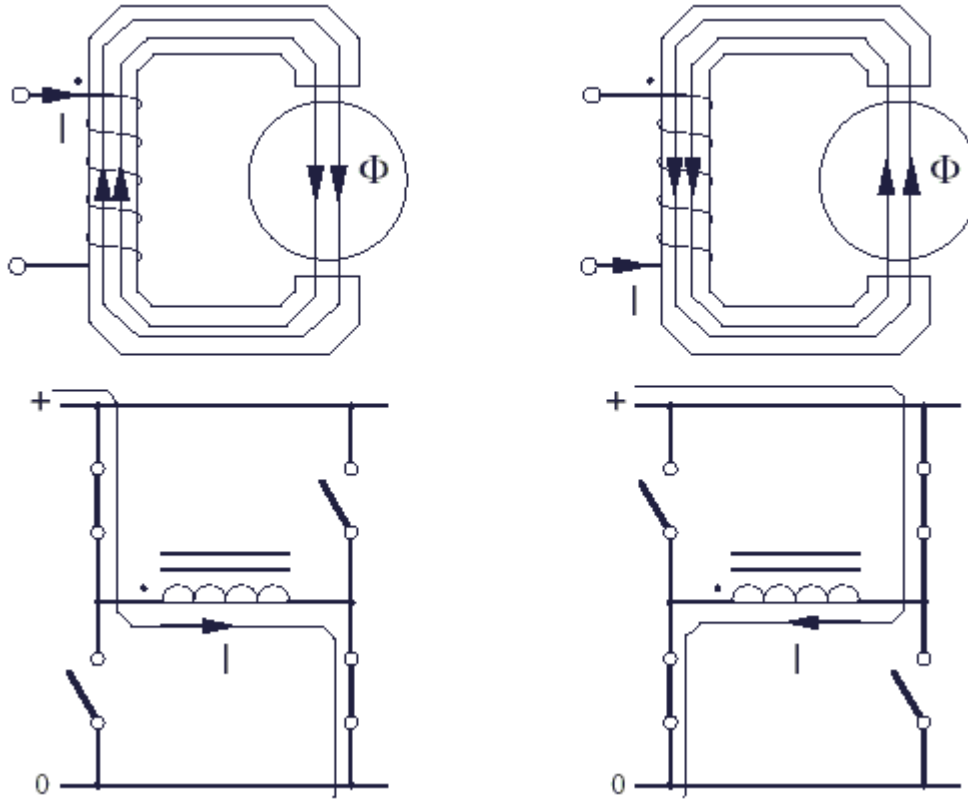
Ünipoar sürme prensibi, ortada merkezlenmiş tapalı sarım veya her faz için iki ayrı sarım temeli üzerine kurulmuştur. (Şekil 2.33) Akı yönü, akımın sarımın bir yarısından diğer yarısına kaydırılması sureti ile değiştirilmektedir. Bu yöntem faz başına sadece iki anahtarlama gerektirmektedir. Öte yandan, ünipoar sürme, mevcut sargının ancak yarısının kullanılmasına olanak vermektedir. O yüzden buradaki güç kaybı, aynı çıkış gücüne sahip bipolar sürmedeki güç kaybının iki katı olacaktır.



Şekil 2.33 Ünipoar sürme

2.5.2 Bipolar Sürme

Bipolar sürme prensibi, sarımın üzerinden geçen akım yönünün, sarım üzerindeki gerilim kutuplarının kaydırılması suretiyle yön değiştirmesi üzerine kurulmuştur. Kutupları değiştirmek için dört adet anahtar, “H” harfi meydana getirecek şekilde kullanılmaktadır. Bu yüzden bipolar sürücüler “H-Köprüleri” olarak anılırlar.



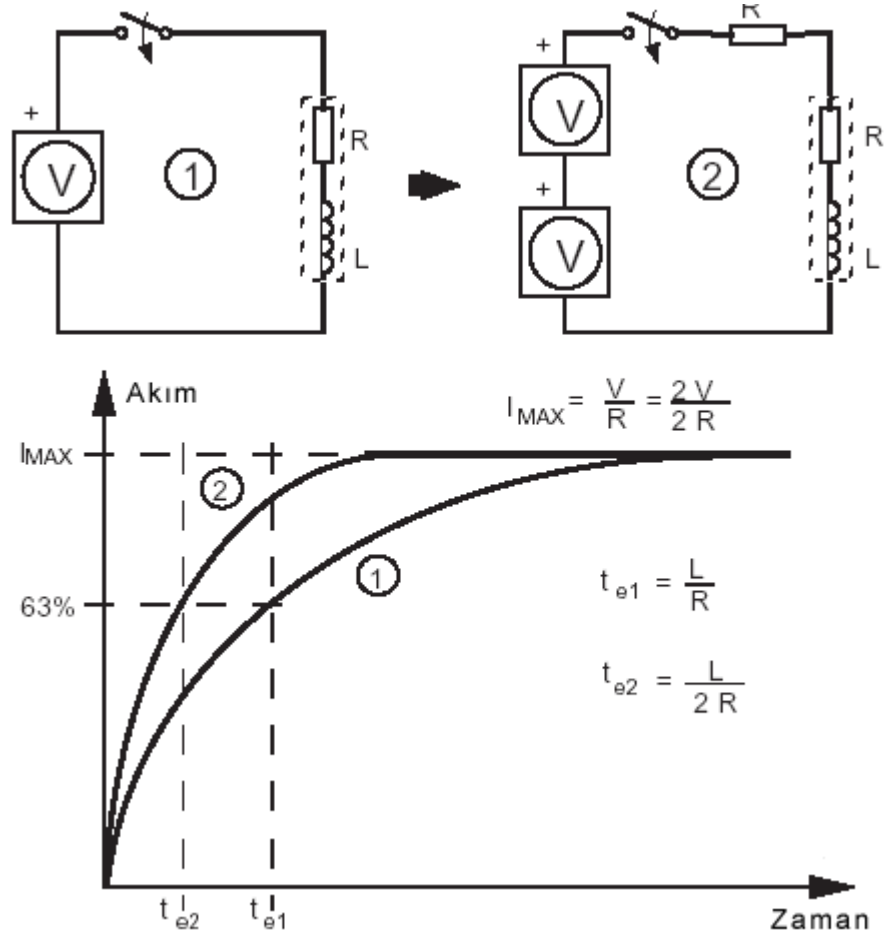
Şekil 2.34 Bipolar sürme

2.6 Akım Kontrolü

Sarım direncindeki güç kayıplarını azaltmak ve aynı zamanda motorun torkunu kontrol altında tutmak için, sardı akımı kontrol edilmeli veya sınırlandırılmalıdır. Yarım adım metodunda, sıfır seviye akım; mikro adımlamada ise sürekli değişen akım gerekmektedir. Akım sınırlandırma uygulamalarının prensipleri aşağıda anlatılmıştır, bu metotlardan herhangi biri ünipolar veya bipolar olarak uygulanabilir.

2.6.1 L/R Sürme

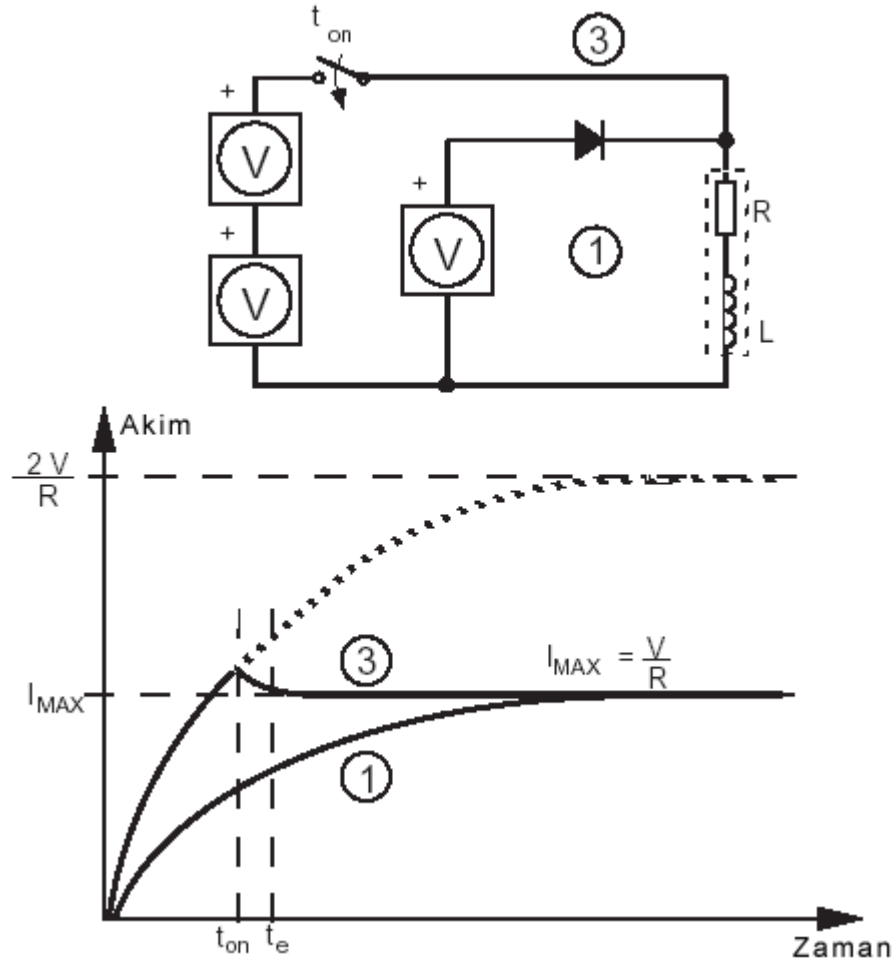
Motor öngörülen voltaj ve akım değerlerinde çalıştırılır. Bu durumda motor bobinlerindeki indüktif etkiden dolayı ufak bir hız artışında motor öngörülen akıma ulaşamayacağı için düşük hızlar dışında motor verimli bir şekilde sürülemeyecektir.



Şekil 2.35 L/R sürmede akım dalga şekli

2.6.2 L/nR Sürme

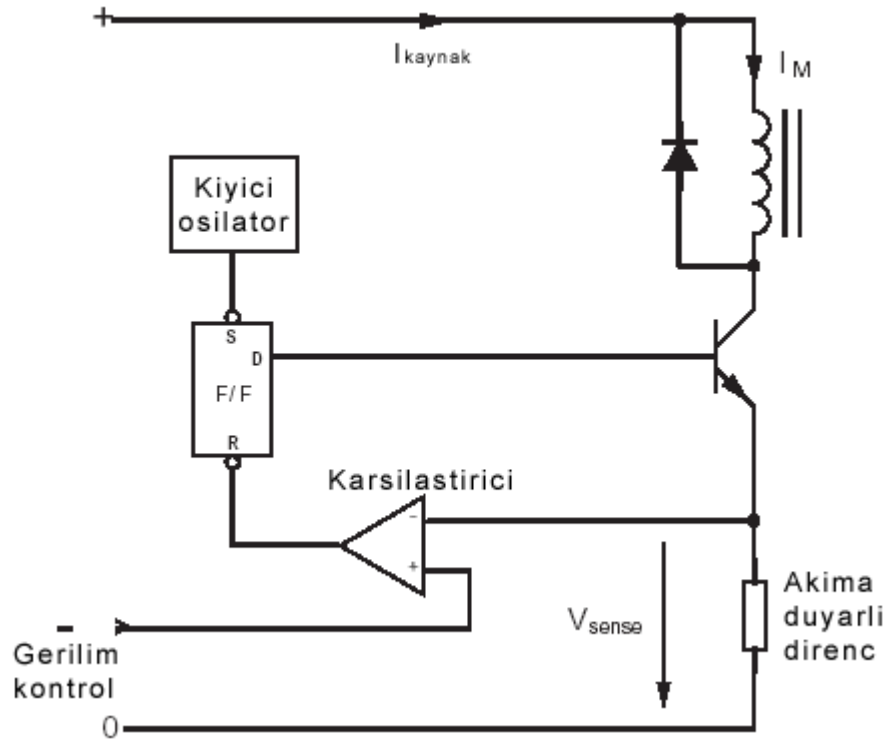
Akım artışında geçerli olan zaman sabitini ($t=L/R$) düşürmek için motor bobinlerine seri direnç bağlanarak yapılır. Bu durumda motor öngörülen voltajın n katı değerinde çalıştırılır. Bu sayede motorda belirgin bir hız artışı yaşanır. Ancak bağlanan seri direnç üstünden yüksek akım geçeceği için bu devrelerde gereksiz güç tüketimi yaşanır



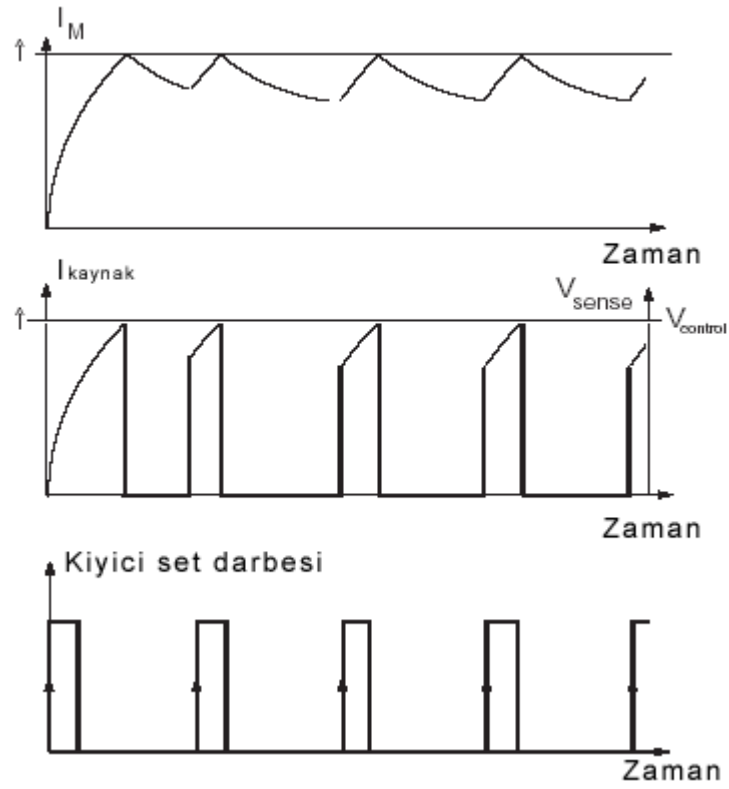
Şekil 2.36 İki kademeli L/R sürmede akım dalga şekli

2.6.3 Kıyıcı (Chopper) Kontrolü

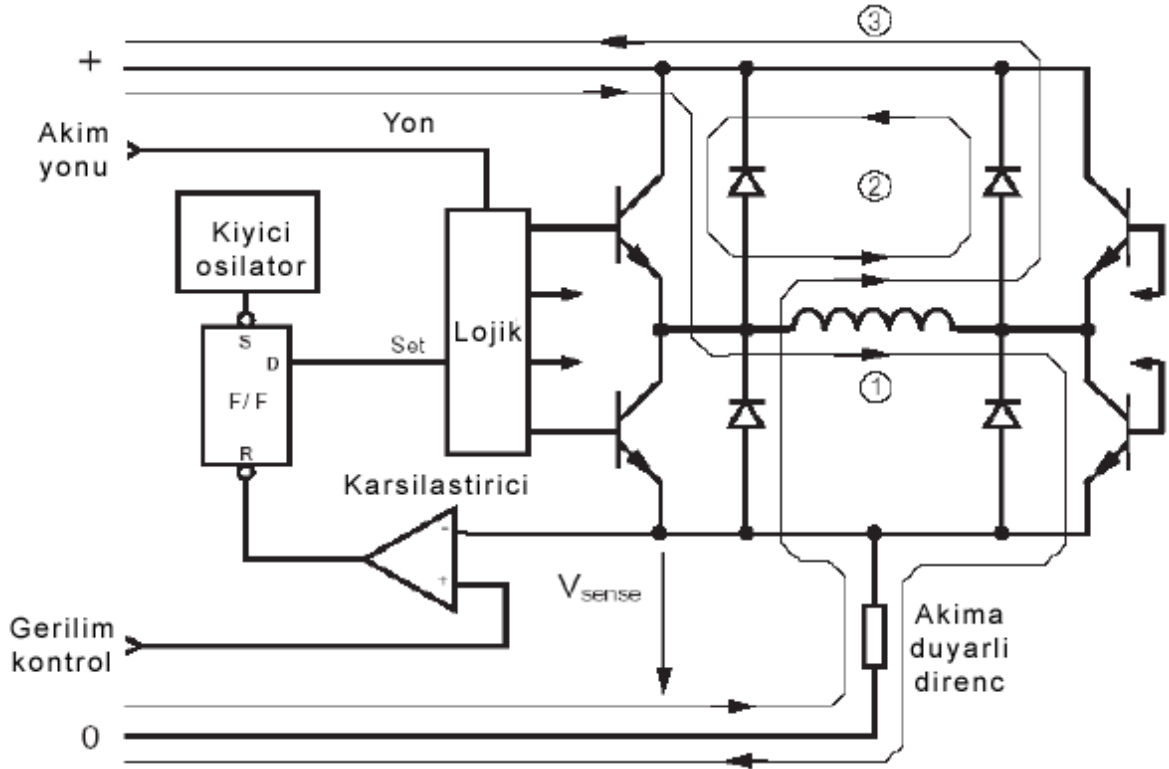
Kıyıcı kontrolünde motor öngörülen voltaj değerinden 5–20 kat fazla bir voltajla beslenir. Akımın yükselme hızı diğer sürücülere göre oldukça çabuktur. Ancak yükselen akım belirli bir değerde sınırlanmazsa motor gereğinden fazla akım çekeceği için yanacaktır. Akım sınırlama mekanizması kıyıcı sürücüsünün temelini oluşturur. Motor bobinine seri bağlı küçük bir sense direnci üzerindeki voltaj bir komparatör ile karşılaştırılarak, bobine giden akım ayarlanır. Sürücü PWM (Pulse Width Modulation) mantığında çalışır. Kaynak zaman içinde açılıp kapandığı için güç tüketimi minimum düzeydedir. Yüksek voltajla beslemeden dolayı yüksek hızlarda tam tork ile çalışılabilir.



Şekil 2.37 Basitleştirilmiş kıyıcı devresi



Şekil 2.38 Kıyıcı devresi akım dalga akım şekli



Şekil 2.39 H-köprüsü bağlanmış kıyıcı devresi

2.7 Adım Motoru Sürücü Uygulaması

2.7.1 GS-D200S Bipolar Adım Motoru Sürücü Modülü

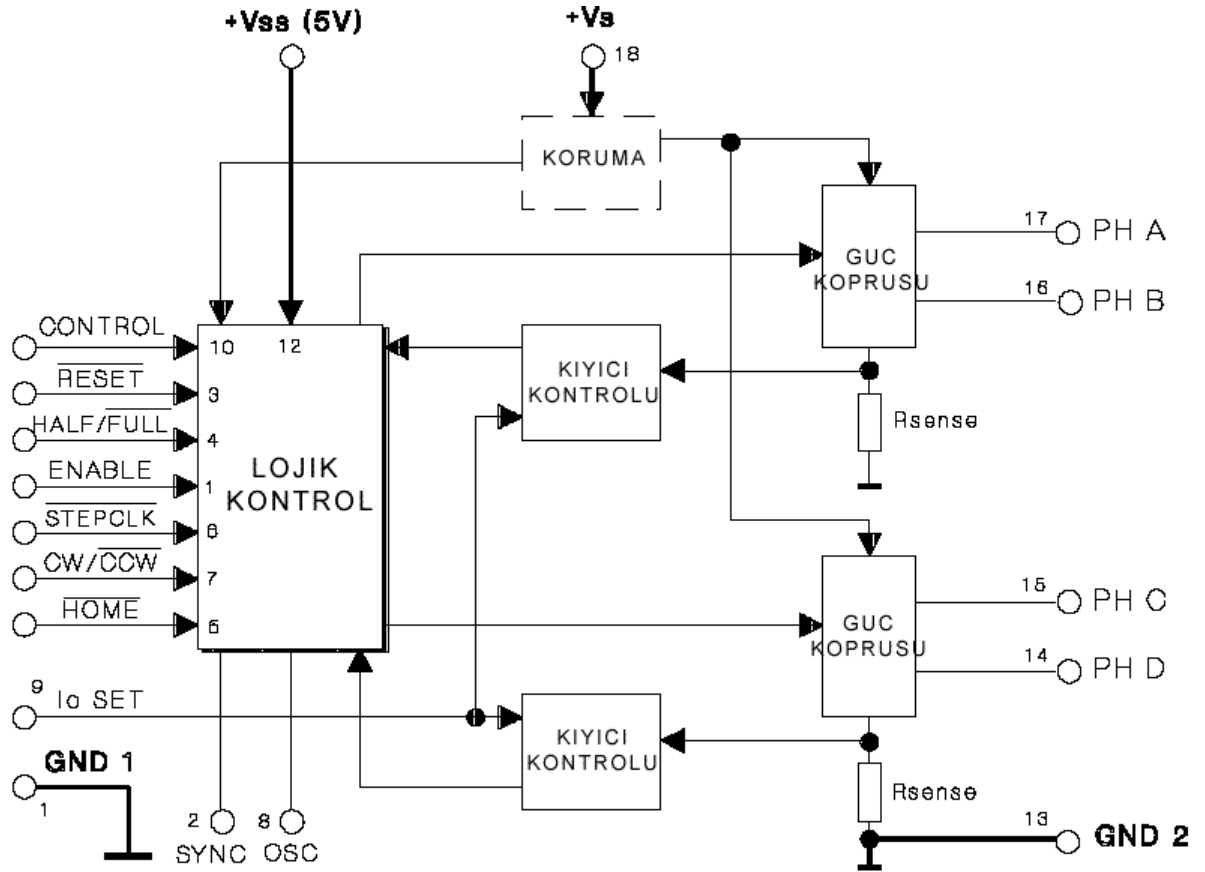
GS-D200S adım motoru sürücü modülleri, iki fazlı, bipolar ve kalıcı mıknatıslı adım motorlarına bir mikroişlemci tarafından doğrudan kumanda edebilecek şekilde üretilmişlerdir. GS-D200S ile motor sürebilmek için, saat darbesi, yön ve manuel etkin sinyallerini göndermek yeterlidir. Faz akımı, kıyıcı kontrollüdür ve faz sırası içerden kaydırılmak sureti ile kontrolcünün yükünü azaltarak kontrolcü yazılımının basitleşmesini sağlar.

GS-D200S, dönemsel anahtarlama ve iletim kayıplarını kayda değer derecede azaltmak için powermos çıkışlarına sahiptir. GS-D200S tarafından sunulan diğer bir önemli özellik de, kısa devre ihtimaline karşı tam korumalı olmasıdır.

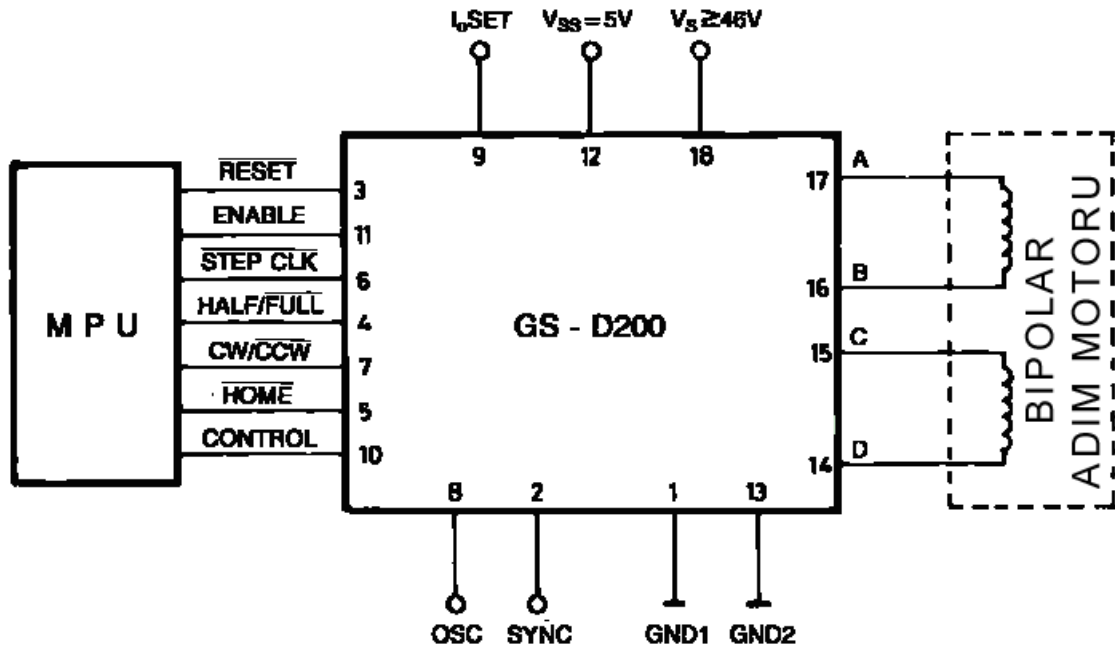
Şekil 2.40 GS-D200S adım motoru sürücü modülünün blok diyagramını göstermektedir.

Şekil 2.41 GS-D200S adım motoru sürücü modülünün tipik bir uygulamasını göstermektedir.

GS-D200S hakkında daha detaylı bilgi Ek 3'te bulunabilir.



Şekil 2.40 GS-D200S adım motoru sürücü modülünün blok diyagramı



Şekil 2.41 GS-D200S adım motoru sürücü modülünün tipik bir uygulaması

2.7.2 Adım Motoru Sürücü Kartı

Adım motoru sürücü kartı, Harkon firmasına ait olup, bir önceki bölümde bahsedilen GS-D200S adım motoru sürücü modülünü kullandığı için ismini de ondan almıştır. Harkon GSD kodlu ürün aşağıda belirtilen giriş pinleri ile adım motorunun istenilen yönde, hızda ve manüel etkin / etkin değil durumlarında sürülmesini sağlamaktadır. Harkon firması ürünle ilgili detaylı bilgi vermeyi kabul etmediği için burada ancak ürünün kullanımı ile ilgili birtakım parametrelerden bahsetmek zorunda kalacağız.

Çizelge 2.1 Harkon GSD bağlantı noktaları

Pin No	Adı	Görevi
1	AC Gerilim	27V~
2	AC Gerilim	27V~
3	Motor B -	Adım Motoru B Fazı (-) Ucu
4	Motor B+	Adım Motoru B Fazı (+) Ucu
5	Motor A -	Adım Motoru A Fazı (-) Ucu
6	Motor A +	Adım Motoru A Fazı (+) Ucu
7	Etkin	Motoru Kilitle / Bırak
8	Yön	Motor Dönme Yönü
9	Saat Darbesi	Her darbeye bir adım atar
10	Toprak	Sinyal (-)

AC Gerilim: Sürücü kartının çalışması için gerekli olan AC 27V, 220V'lik şebeke elektriğinin ~220-27V'lik bir transformatör ile düşürülerek elde edilmiştir.

Motor B-: Motor sarımlarından 2. fazın (-) ucu bu girişe uygulanmıştır.

Motor B+: Motor sarımlarından 2. fazın (+) ucu bu girişe uygulanmıştır.

Motor A-: Motor sarımlarından 1. fazın (-) ucu bu girişe uygulanmıştır.

Motor A+: Motor sarımlarından 1. fazın (+) ucu bu girişe uygulanmıştır.

Etkin: Bu pine gönderilen +5V DC gerilim ile adım motoru sürücü kartı, motorun manüel olarak döndürülmesini engeller.

Yön: Motorun saat yönünde veya saat yönünün tersinde döndürülmesi, bu pine gönderilen +5V DC veya 0V DC gerilim ile sağlanır.

Saat Darbesi: Bu pine uygulanan her +5V DC 'ye çıkıp tekrar 0V DC 'ye inmesi ile adım motorunun bir adım atması sağlanır. Şekil 2.51 adım motorunun sürmek için kullanılan kare dalgayı göstermektedir.

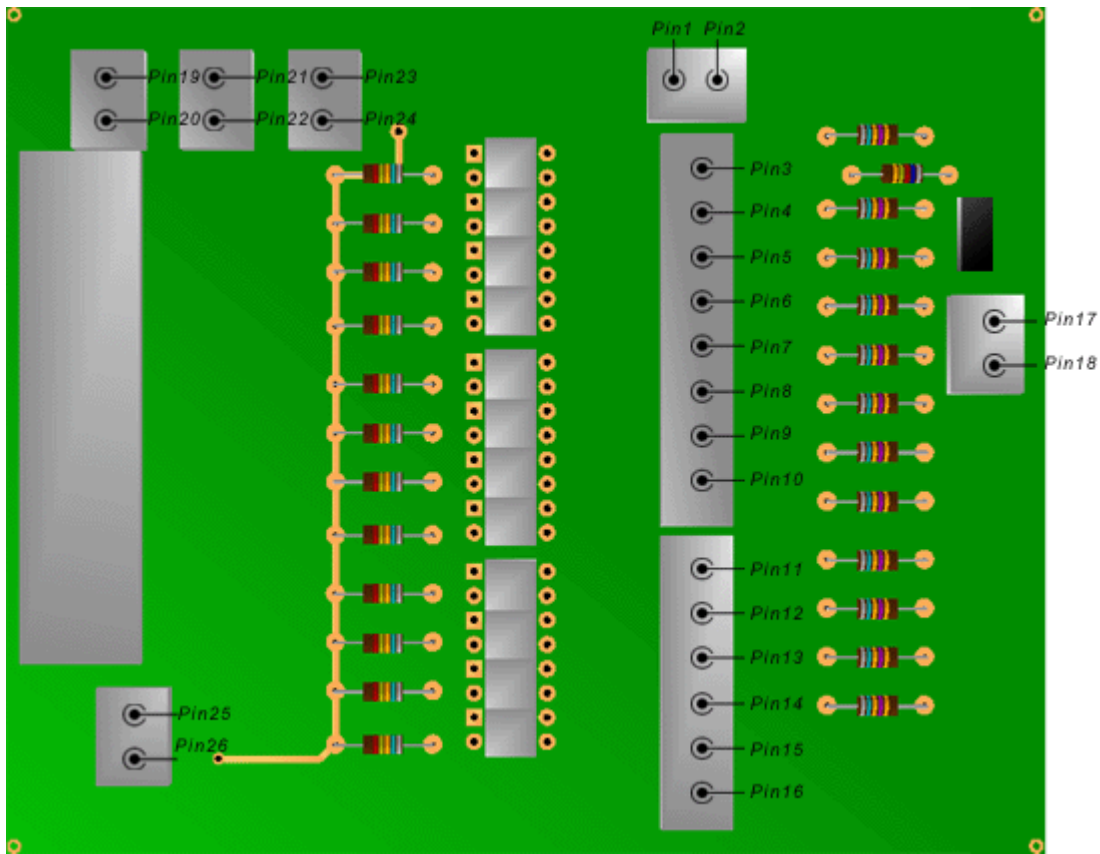
Adım motoru sürücü kartına gönderilen sinyaller ile ilgili detaylı bilgi, Bölüm 2.7.3 'de anlatılmıştır.

2.8 Kontrol Kartı ve Robot Kontrolü

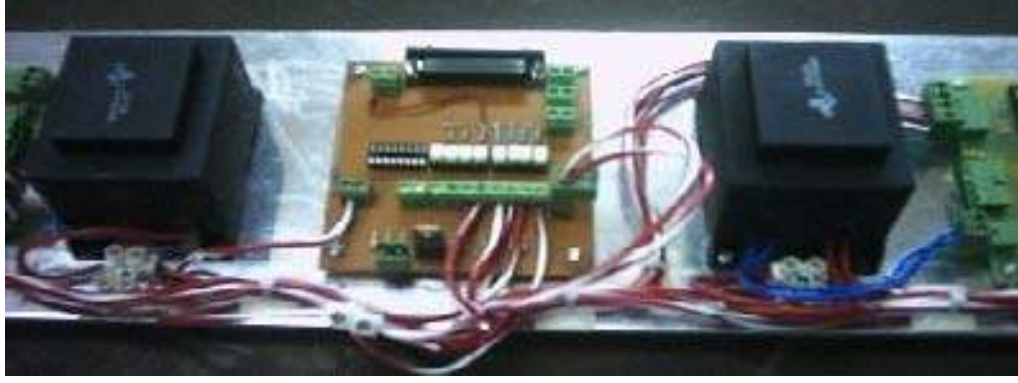
Kontrol kartı, GS-D200S adım motoru sürücü modüllerinin bulunduğu adım motoru sürücü kartlarının bilgisayar ile haberleşmesini sağlayan bir arabirimdir. Bilgisayar, kartezyen robotu pozisyonlamak için kullanılan adım motorlarına gönderilecek olan hareket, yön ve manüel etkin sinyallerini belirli algoritmalarla göre hesaplayarak bilgisayarın paralel portu üzerinden kontrol kartına gönderir. Kontrol kartı bu sinyalleri, bilgisayarın paralel portundan yüksek akım çekilmesini engellemek amacı dirençler üzerinden geçirerek, opto-izolatörler kullanılmak sureti ile izole eder ve adım motoru sürücü devrelerine gerekli sinyalleri ulaştırır.

Kontrol kartının yerleşim şeması Şekil 2.42’de, bağlantı noktalarının açıklamaları Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Ek 4, kontrol kartı devre şemasını göstermektedir.



Şekil 2.42 Kontrol kartının yerleşim şeması



Şekil 2.43 Kontrol kartının kullanımı

Çizelge 2.2 Kontrol kartı bağlantı noktaları

Pin No	Adı	Görevi
1	Power +	+5V
2	Power -	GND
3	Data 7	Y Eksen Saati Darbesi
4	Data 6	Y Eksen Yön
5	Data 5	Y Eksen Manuel Etkin
6	Data 4	X Eksen Saati Darbesi
7	Data 3	X Eksen Yön
8	Data 2	X Eksen Manuel Etkin
9	Data 1	Bağlantısız
10	Data 0	-
11	Yedek 3	-
12	Yedek 2	-
13	Yedek 1	-
14	Yedek 0	-
15	Power + Out	+5V Çıkış
16	Power - Out	GND Çıkış
17	Ark	Kaynak Torcu Aktif/Pasif
18	NC	-
19	LS1+	Sınır Anahtarı 1 Pin 1
20	LS1-	Sınır Anahtarı 1 Pin 2
21	LS2+	Sınır Anahtarı 2 Pin 1
22	LS2-	Sınır Anahtarı 2 Pin 2
23	LS3+	Sınır Anahtarı 3 Pin 1
24	LS3-	Sınır Anahtarı 3 Pin 2
25	LS4+	Sınır Anahtarı 4 Pin 1
26	LS4-	Sınır Anahtarı 4 Pin 2

2.8.1 Kaynak Torcu Tetik Devresi

Kaynak torcunun bilgisayar ile kumanda edilebilmesini sağlamak amacı ile kontrol kartı üzerinden gelen ilgili sinyal ile kumanda edilebilen elektronik tetik devresi kullanılmıştır. Bu uygulama, manuel düğmeli tetik devresi çıkarılarak yerine yüksek gerilim ve akıma dayanıklı röle kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ek 5, kaynak torcu tetik devresi şemasını göstermektedir.

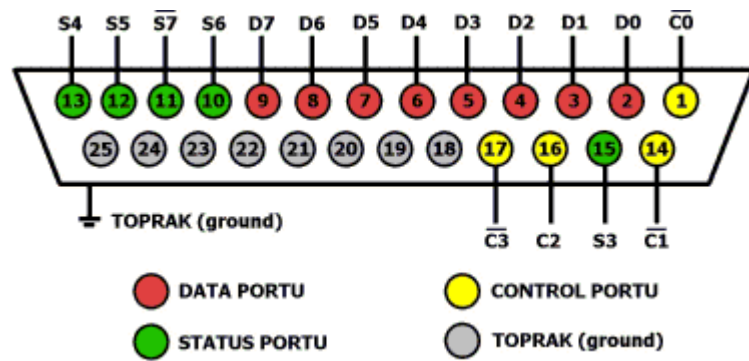
2.8.2 Bilgisayar ile Haberleşme

2.8.2.1 Paralel Port Hakkında

Paralel port, 8 bit veri aktarabilen, 25 pinden oluşur. Veri aktarımı “Data Portu” (2–9 numaralı pinler) üzerinden gerçekleştirilir. Data portu üzerindeki bu 8 pinin değeri özel bir durum olmadığı sürece “0”dır. Bu pinlerden arzu edilenler “1” durumuna getirilerek istenilen veri elde edilebilir. Paralel port üzerinde bir pinin “1” olması, o pinin üzerinde “+5 Volt”luk bir gerilim düşümü oluşması demektir. Elde edilen bu düşük amperli voltaja “lojik voltaj” denir. Ancak bu gerilim, küçük akımlarla çalışabilen ledleri yakmaktan öteye gidemez. Fakat büyük akımlara ve gerilimlere ihtiyaç duyan bir cihazı çalıştırabilecek bir devreyi tetiklemek için yeterli olabilir.

Paralel port üzerinde “Data Portu”na ilave olarak “Status” ve “Control” portları da bulunmaktadır. Data, Status ve Control Portlarının dışındaki 18–25 numaralı pinler ise toprak pinleridir.

Şekil 2.44’te paralel portun yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.44 Paralel portun yapısı

2.8.2.2 Paralel Port üzerinden Haberleşme

Günlük hayatta sayı sistemlerinden “10”luk taban olarak adlandırdığımız sayı sistemini kullanırız. Bu sayı sistemi 10 adet rakamdan oluşur (0–1–2–3–4–5–6–7–8–9). Bu noktadan yola çıkılarak, eğer sadece “1” ve “0” sayıları kullanılacaksa, “2”lik sayı tabanı kullanılması yeterli olacaktır. Her sayının ikilik tabanda karşılığı bulunmaktadır. Data portuna göndereceğimiz değerler, port üzerine ikilik sistemdeki bir sayı gibi yerleşirler. Data portuna veri gönderilmediği zaman değeri “00000000”dir. 8 adet “0” olmasının nedeni Data portunun 8 bit olmasıdır.

“Kartezyen Koordinatlı Kaynak Robotu” uygulamasında kullanılan programlama dili Microsoft Visual Basic’tir. Visual Basic programlama dilinde, paralel porta MS Windows

9x/Me/Nt/2000/XP işletim sistemleri altında erişebilmek için “inpout32.dll” isimli dinamik bağlantı kütüphanesine ihtiyaç vardır. Bu kütüphane içinde, taban adresi bilinen ile bir donanım ile haberleşmemize olanak sağlayan “Out” ve “Inp” komutları ve alt fonksiyonları bulunmaktadır:

OUT: Bu komut, Out <Taban Adresi>, <Gönderilecek Veri> şeklinde kullanılır.

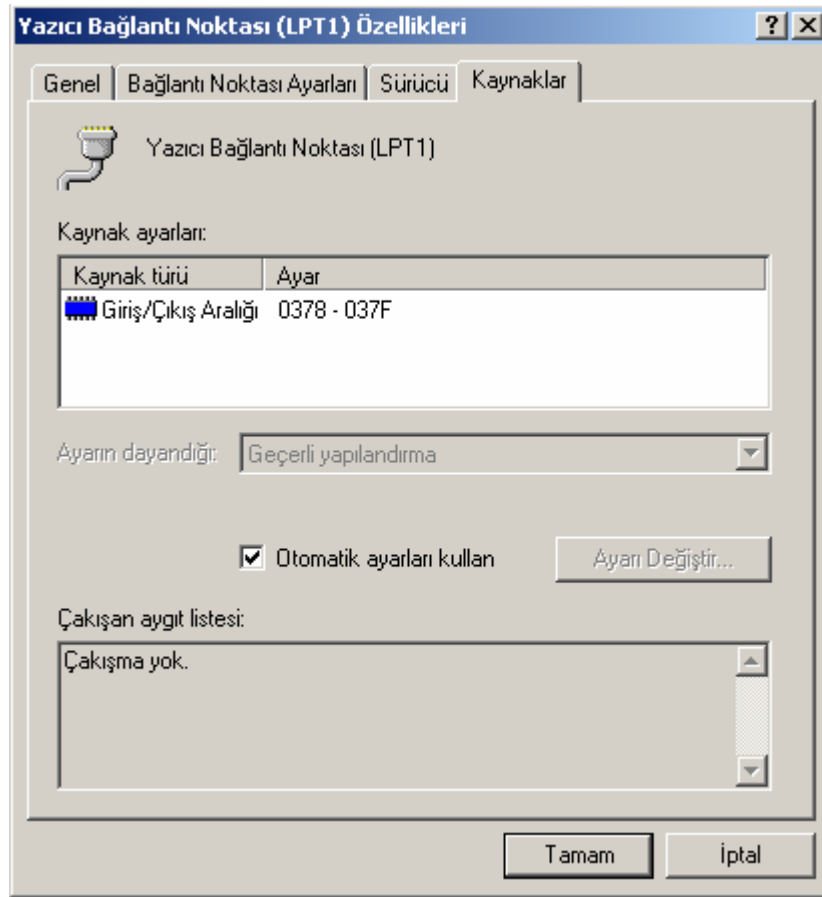
Port Adresi: Bilgisayar içerisindeki veri iletişimi, bilgisayarı oluşturan aygıtların adresleri üzerinden gerçekleştirilir. Bilgisayar içindeki her aygıtın bir adres aralığı vardır. Paralel portla haberleşmek isteniyorsa, paralel portun taban adresi bilinmelidir. Paralel portun taban adresini öğrenmek için, MS Windows işletim sistemi altında, sırasıyla “Denetim Masası > Sistem > Donanım > Aygıt Yöneticisi > Bağlantı Noktaları (COM ve LPT) > Yazıcı Bağlantı Noktası > Kaynaklar” yolu izlenmelidir. Bu adres genelde “0378-037F” şeklindedir. Bu adrese göre Data Portu : “&h378”, Status Portu: Data Portu + 1 : “&h379”, Control Portu: Data Portu + 2 : “&h37A” olur.

Şekil 2.45’te MS Windows işletim sisteminde paralel port taban adresi gösterilmiştir.

Gönderilecek Veri: Paralel port üzerinden aktarılmak istenen veridir. Onluk sayı sistemindedir. Ancak paralel port ikilik sayı sistemine göre çalıştığı için, kullanılan kütüphane, veriyi paralel porta ikilik sistemde iletir.

INP: Bu komut, INP < Taban Adresi> şeklinde kullanılır.

Port Adresi: Out komutundaki port adresinin aynısıdır. Değeri okunmak istenen portun (Data, Status veya Control) adresidir.



Şekil 2.45 MS Windows işletim sisteminde paralel port adresi

2.8.3 Kontrol Sinyalleri

Adım motoru sürücü kartlarının, adım motorlarını istenilen açı ve yönde sürebilmesi ve gerektiği hallerde manüel etkin kılabilmesi için, belirli kontrol sinyallerine ihtiyacı vardır. Bu sinyaller lojik “1” veya “0” şeklindedirler. Ancak gerilim değerleri olarak “+5V” ve “0V” mertebesindedirler. Bu sinyaller:

Saat Darbesi: Adım motoru sürücüsü, bu girişe uygulanan her bir sinyal darbesinde adım motorunu bir adım döndürmektedir.

Yön: Adım motoru sürücüsü, her bir saat darbesinde, motoru bu girişe uygulanan sinyal yönünde göre döndürmektedir. (“1” saat yönünde, “0” sıfır saatin tersi yönde)

Manüel Etkin: Bu girişe sinyal uygulanması, motorun kullanılmadığı anlarda trafolardan yüksek akım çekilmemesini, motoru serbest bırakmayı ve manüel olarak pozisyonlanmasını mümkün hale getirmeyi sağlar.

Bu sinyaller, gerektiği anlarda kullanılmak üzere, bilgisayar yazılımı tarafından belirli algoritmalara göre hesaplandıktan sonra kullanılmaktadır.

2.8.4 Sistem Sınırlarının Kontrolü ve Uygulanan Sensörler

2.8.4.1 Status Portu ile Veri Girişi

Status portu sayesinde, paralel portun 15 – 13 – 12 – 11- 10 numaralı pinlerinden, 5 bit sayısal giriş yapılabilir. Status portu, paralel portun taban adresinin bir fazlasında bulunmaktadır. Örnek vermek gerekirse, paralel portun taban adresi “&h378” ise Status portu “&h379” da yer alacaktır. Sayısal veri, Şekil 2.44’te görüldüğü üzere, paralel portun S7, S6, S5, S4, S3 pinlerinden yapılacaktır. Bu 5 pinden, herhangi bir müdahale bulunmadan okunacak lojik değer "1" olacaktır. Bunun sebebi, Status portunda bulunan sinyallerin donanım tarafından terslenmiş olmasıdır.

MS Visual Basic programlama dilinde, STATUS portundaki veriyi okumak için, Bölüm 2.8.2.2’de detaylı şekilde anlatıldığı üzere INP komutu kullanılmaktadır.

2.8.4.2 Sınır Anahtarı (Limit Sensör) Girişleri

Sistem sınırlarının kontrolü ve eksenlerin sıfır noktasına getirilmesi gibi işlemlerin yapılabilmesi için robotun sınırlarının tanımlanabilmesi gerekmektedir. Bunun için sınır anahtarları kullanılmaktadır. Sınır anahtarları, kontrol kartı üzerindeki ilgili klemenslere bağlanırlar. Sınır anahtarının kontaklarından biri toprak bağlantısında, diğeri ise Status portunun ilgili pinine bağlıdır. Kartezyen robotun hareketli eksenleri, hareket sırasında sınır anahtarlarının kontaklarını kapatacak şekilde temas ettiğinde, kontrol kartı üzerindeki bağlantı noktaları kısa devre olur ve paralel portun Status portuna lojik “0” değerini taşır. Fakat Status portu terslenmiş olduğundan, bilgisayar programına lojik “1” bilgisi ulaşır. Bilgisayar programı bu sayede, uçları kısa devre edilmiş sınır anahtarının bulunduğu doğrultudaki eksen hareketini durdurur.

Sınır anahtarlarının kullanılmasının faydaları yukarıda da belirtildiği üzere, kartezyen robotun sınır aşımı istemini engellemek ve sistem eksenlerinin bilgisayar programı sayesinde sıfır konumuna getirilmesini sağlamaktır. Yani robot, arzu edildiği takdirde, kaynak işlemini tamamladıktan sonra kendini başlangıç konumuna getirebilmektedir.

2.8.5 Bilgisayar Programı

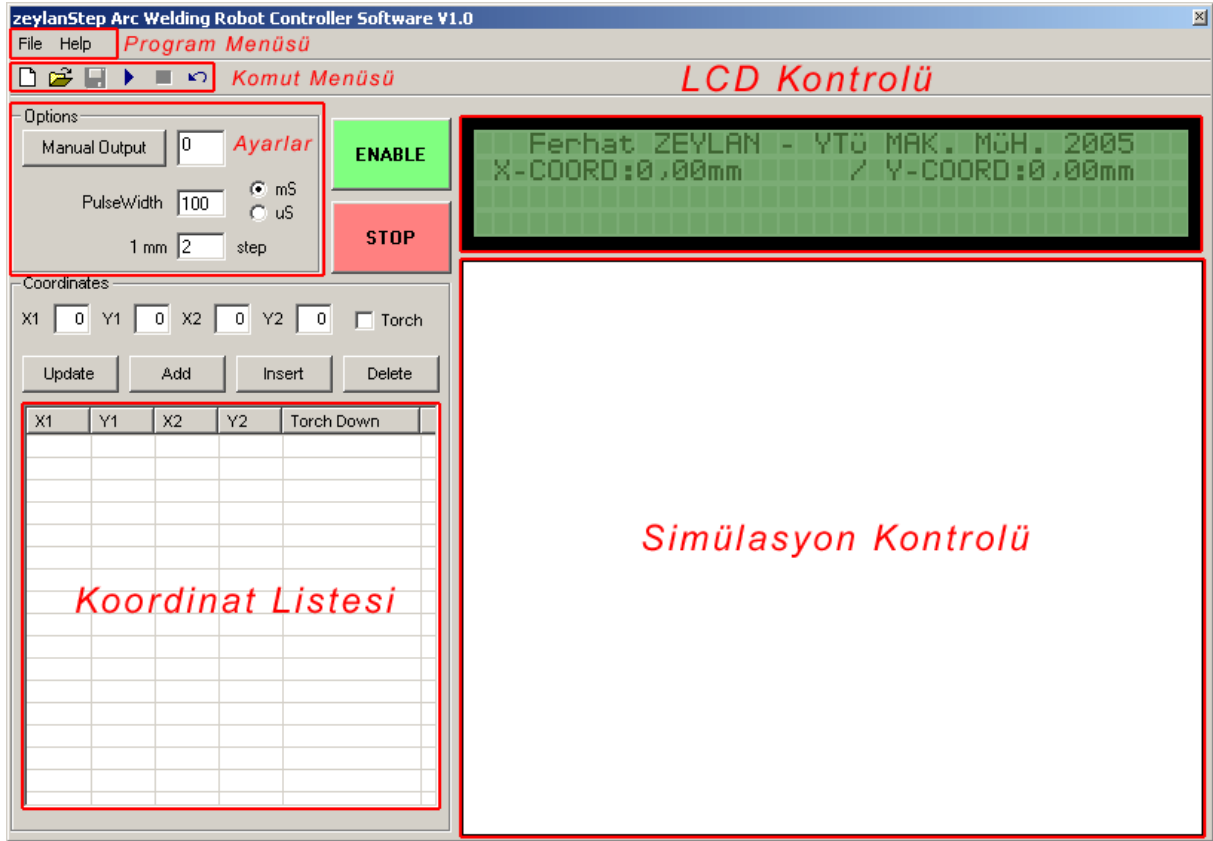
“Kartezyen Koordinatlı Kaynak Robotu” uygulamasında, hareket sağlayıcıların adım motorları olduğundan daha önceki bölümlerde bahsedilmişti.

Adım motorları, kontrol kartının adım motoru sürücü devrelerine belirli sinyalleri uygulaması ile uygun zamanlarda uygun açılarda döndürülerek kaynak torcunu referans koordinatlara taşımaktadır. Kontrol kartı ise bu sinyalleri bilgisayarın paralel portu üzerinden almaktadır.

Bilgisayar programı, kontrol kartına gönderilen sinyallerin, koordinat / adım seviyesinde üretilmesini ve haberleşmesini sağlamaktadır.

2.8.5.1 Bilgisayar Programı Açıklaması

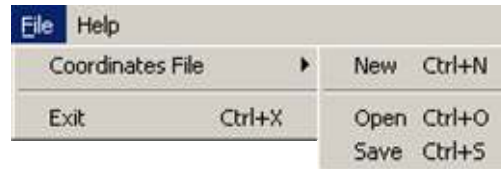
EKRAN GÖRÜNTÜSÜ



Şekil 2.46 Bilgisayar programı ekran görüntüsü

PROGRAM MENÜSÜ

FILE (Dosya) Menü'sü: Bu menüdeki komutlar, dosya işlemlerini ve program çıkış (Exit) komutunu içermektedir



Şekil 2.47 File (Dosya) menüsü

COORDINATES FILE (Koordinat Dosyası) Alt Menü'sü: Bu menüdeki komutlar,

yeni koordinat dosyası oluşturmak, oluşturulan bir dosyayı bilgisayara kaydetmek ve daha önceden kaydedilmiş bir koordinat dosyasını açmak için kullanılabilir.

NEW (Yeni) Komutu: Bu komut, yeni bir koordinat dosyayı oluşturulabilmesi için, koordinat listesindeki verileri, program değişkenlerini temizler.

OPEN (Aç) Komutu: Bu komut, daha önceden kaydedilmiş bir koordinat dosyasını açmak için kullanılır. Bu dosya koordinat bilgilerini içermektedir. Açılan dosya içindeki bilgiler ekrandaki koordinat listesi alanına doldurulur. Programın çalıştırılması, koordinat listesindeki verilerin işlenmesi sayesinde gerçekleştirilir.

Koordinat dosyası uzantısı "CRD" şeklindedir. Koordinat dosyasının yapısı aşağıda belirtildiği gibidir.

```
0:0:5:20:1
5:20:5:30:1
5:30:30:30:1
30:30:0:0:0
```

Koordinat dosyası, satır sıralı bir dosyadır. İşlem sırası, program tarafından satır sırasınca takip edilir. Bir satırda toplam beş adet veri bulunmaktadır. Satırdaki veriler, iki nokta (":") tarafından ayrılmış haldedir. Veriler, değişik motor tipleri ile çalışabilmesi için adım birimi olarak tanımlanmıştır. mm / adım oranı program ekranında tanımlanabilmektedir. Verilerin açıklaması ise şöyledir:

1. Veri (X1) : Bu veri, adım motorunun hareketinin başlangıç noktasının yatay koordinatını (x) göstermektedir.

2. Veri (Y1) : Bu veri, adım motorunun hareketinin başlangıç noktasının düşey koordinatını (y) göstermektedir.

3. Veri (X2) : Bu veri, adım motorunun hareketinin bitiş noktasının yatay koordinatını (x) göstermektedir.

4. Veri (Y2) : Bu veri, adım motorunun hareketinin bitiş noktasının düşey koordinatını (y) göstermektedir.

5. Veri (Torç Aktif): Bu veri, (X1,Y1) – (X2,Y2) nokta çiftleri ile belirlenen lineer hareket süresince kaynak işleminin yapılıp yapılmayacağını belirler.

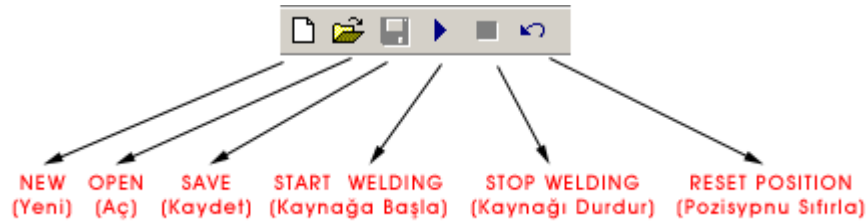
SAVE (Kaydet) Komutu: Bu komut, ekranda koordinat listesine elle girilmek

sureti ile oluşturulmuş bir koordinat sırasını, koordinat dosyası olarak kaydetmek için kullanılır. Koordinat dosyasının yapısı **OPEN (Aç)** komutu içerisinde açıklanmıştır.

EXIT (Çıkış) Komutu: Bu komut bilgisayar programını sonlandırmak için kullanılmaktadır.

KOMUT MENÜSÜ

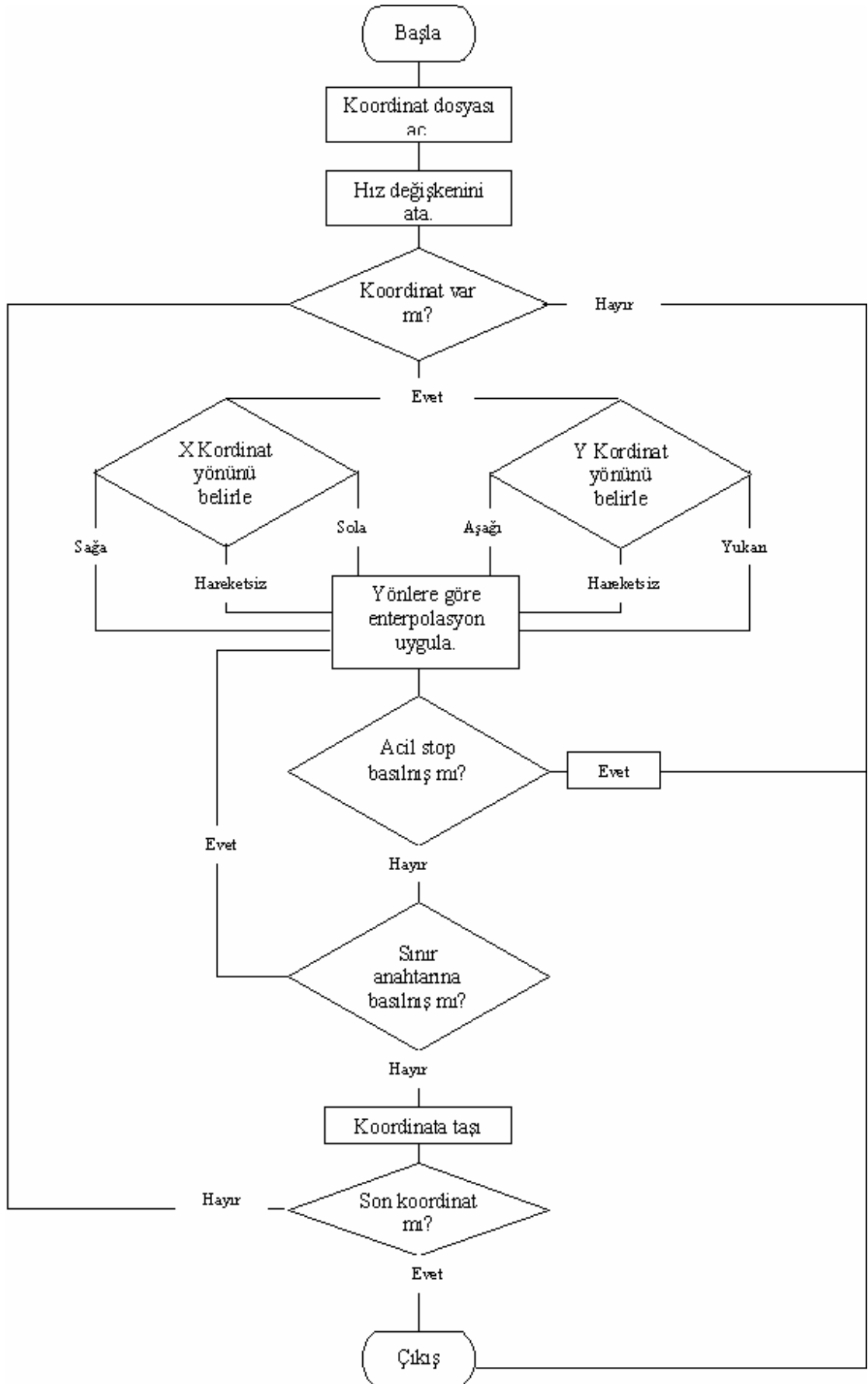
Bu menü, **FILE (Dosya) Menüsü**'ndeki **NEW (Yeni)**, **OPEN (Aç)** ve **SAVE (Kaydet)** komutlarına ilave olarak **START WELDING (Kaynağa Başla)**, **STOP WELDING (Kaynağı Durdur)** ve **RESET POSITION (Pozisyonu Sıfırla)** komutlarını içermektedir. **NEW (Yeni)**, **OPEN (Aç)** ve **SAVE (Kaydet)** komutları bir önceki bölümde anlatıldığı için burada anlatılmayacaktır.



Şekil 2.48 Komut menüsü

START WELDING (Kaynağa Başla) Komutu: Bu komut, koordinat listesini tarayarak geçerli bir koordinat dizisi mevcutsa işleme alınmasını sağlar.

Şekil 2.49 kaynak prosesinin blok diyagramını göstermektedir.



Şekil 2.49 Bilgisayar programı blok diyagramı

STOP WELDING (Kaynağı Bitir) Komutu: Bu komut düğmesine, bir kaynak işlemi gerçekleştirilmekteyken basıldığında kaynak işlemi derhal durdurulacaktır.

RESET POSITION (Pozisyonu Sıfırla) : Bu komut düğmesine basıldığında, kaynak torcu sistemin hangi koordinat noktasına olursa olsun, sistemin sıfırlarına getirilmektedir.

“Pozisyon Sıfırlama” ile ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm 2.8.4 ’de anlatılmıştır.

LCD KONTROLÜ (zeylanLCD)

LCD kontrolü, kartezyen sistemin gerçekleştirmiş olduğu hareketlere ait ölçekli koordinatları ve anlık (hata – uyarı – bilgi) mesajlarını operatöre göstermek amacı ile kullanılmıştır.

LCD kontrolü, “Kartezyen Koordinatlı Kaynak Robotu” uygulamasına görsel kullanım kolaylığı katmak için proje kapsamında Microsoft Visual Basic kullanılarak ActiveX bileşeni olarak geliştirilmiştir.

SİMÜLASYON KONTROLÜ

Simülasyon kontrolü iki önemli amaca olanak sağlamak için gerçekleştirilmiştir:

1. Kartezyen robotun kullanılmadığı veya yazılım ile donanımın aynı ortamda bulunmadığı durumlarda, çevrimdışı (offline: cihaza bağlanmadan) olarak oluşturulan koordinat listesi çerçevesinde eksen hareketlerinin simülasyonunu ve gözle takibini mümkün kılmak.
2. Oluşturulan koordinat listesine ilişkin kaynak işleminin gerçekleştirilmesi sırasında, bilgisayar ekranı ile robot eksenleri arasındaki senkronizasyonun takibini mümkün kılmak.

KOORDİNAT LİSTESİ

Koordinat listesi, kaynak işleminin gerçekleştirilebilmesi için ihtiyaç duyulan koordinatların kaydedildiği bölümdür. Bu bölümde, liste bileşenine ilave olarak **UPDATE (Güncelle)**, **ADD (Alta Ekle)**, **INSERT (Araya Ekle)** ve **DELETE (Sil)** düğmeleri bulunmaktadır:

Şekil 2.50 Koordinat işlemleri

UPDATE (Güncelle) Komutu: Komut listesindeki bir verinin üzerine, farenin sol düğmesine iki defa tıklanmasından sonra ilgili metin kutularının içine listedeki veri değerleri yazılır. Değerler değiştirildikten sonra komut listesinin güncellenmesi için **UPDATE (Güncelle) Komutu** düğmesine basılması gerekmektedir.

ADD (Alta Ekle) Komutu: Yeni eklenecek bir koordinat verisi, ilgili metin kutularına yazıldıktan sonra **ADD (Alta Ekle) Komutu** düğmesine basılmak sureti ile koordinat listesindeki verilerin en altına eklenmektedir.

INSERT (Araya Ekle) Komutu: Yeni eklenecek bir koordinat verisi, ilgili metin kutularına yazıldıktan sonra, üzerine daha önceden farenin sol düğmesine bir defa tıklanarak seçilmiş olan liste verisinin üzerine **INSERT (Araya Ekle) Komutu** düğmesine basılmak sureti ile eklenir.

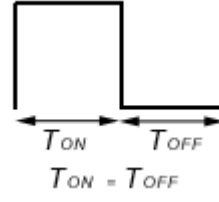
DELETE (Sil) Komutu: Silinmek istenen veri, farenin sol düğmesine bir defa tıklanarak işaretlenir. Daha sonra **DELETE (Sil) Komutu** düğmesine basılarak silinir.

AYARLAR

Kartezyen robotun hareketine dair bazı genel parametrelerin ayarlandığı bölümdür:

MANUAL OUTPUT (Manüel Çıkış) : Kartezyen robot bilgisayarın paralel portu üzerinden çalıştığından, herhangi bir arıza durumunda, problemin giderilmesi işlemine, paralel portun ilgili pinlerinden veri gelip gelmediğinin kontrolünden başlanmalıdır. **MANUAL OUTPUT (Manüel Çıkış)** düğmesi bu amaçla ilgili alana yazılan veriyi paralel porta iletmesi amacıyla kullanılmıştır.

PulseWidth (Darbe Genişliği) : Kartezyen robotun hareket sağlayıcılarının adım motorları olduğundan bahsetmiştik. **PulseWidth (Darbe Genişliği)** değeri adım motorların sıralı darbelerinin genişliğini belirler.



Şekil 2.51 Adım motoru sürme darbesi

Mm / Adım Oranı: Değişik tipte adım motorları kullanılmasına olanak tanımak amacı ile motorun bir adımının kaç mm 'ye denk geldiği program parametresi olarak kullanılmaktadır.

3. ROBOTUN ÖZELLİKLERİ, KAYNAK UYGULAMASI VE HIZ HESABI

3.1 Kartezyen Koordinatlı Kaynak Robotunun Teknik Özellikleri

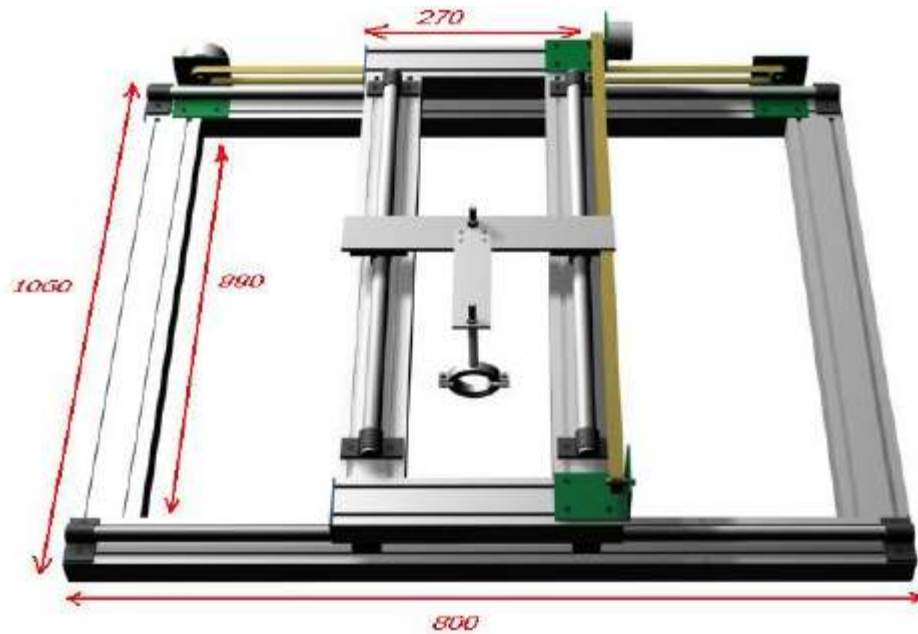
Robotun Ölçüleri ve Kullanım Alanı

Üst tabla boyutları: 1060 x 800 mm.

Alt tabla boyutları: 1060 x 270 mm.

X ve Y eksenlerindeki hareket alanı: 800 x 800 mm

Torcun tarayabildiği alan: 665 x 550 mm



Şekil 3.1 Kartezyen koordinatlı kaynak robotu ölçüleri

Tekrarlanabilirlik

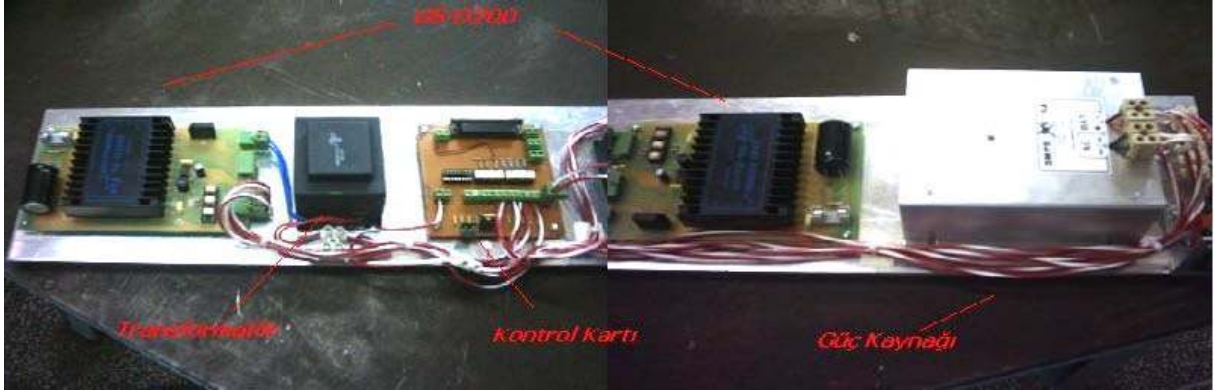
Daha önce de belirtildiği gibi, genel amaçlı robotlarda tekrarlanabilirlik değerinin 0,1 mm ile 0,2 mm olması yeterli olabilmektedir. Ark kaynağı uygulaması göz önüne alındığında tekrarlanabilirlik değerinin kaynakta uygulanacak tel çapının yarısından küçük olması beklenmektedir. Bu durumda uygulamada kullanılan 0,8 mm gaz altı kaynak teli çapının yarısı olan 0,4 mm kıstas alınmalıdır.

Kaynak robotunun tekrarlanabilirlik değerini ölçebilmek amacıyla, kaynak torcu, önceden belirlenmiş koordinatlara sıfır noktasından 10 kez gönderilmiş ve sonuç milimetrik kâğıt

üzerinde işaretlenmiştir. Elde edilen değerlerin ortalaması alınmış ve bu değer in olması gereken sınırlar dâhilinde, yani 0,4 mm ‘den küçük olduğu görülmüştür.

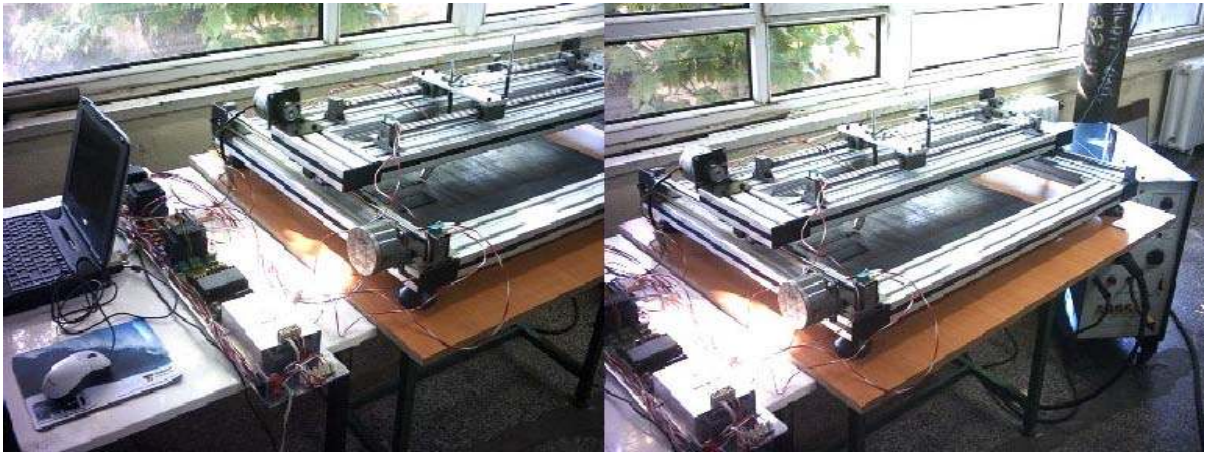
Sistem Bileşenleri

1. Robot kontrolü için yazılan bilgisayar programı ve bilgisayar
2. Kontrol ünitesi: 2 adet step motor sürücüsü (GS-D200S), kontrol kartı, 2 adet 27V / 5A transformatör, sınır anahtarları ve SMPS 5V/5A güç kaynağı



Şekil 3.2 Kontrol ünitesi

3. Adım motorları
4. Mekanik sistem
5. Kaynak sistemi: kaynak makinesi, gaz-gaz karışımı, kaynak torcu, kaynak teli



Şekil 3.3 Kaynak robotu sistemi

3.2 Kaynak Hızları

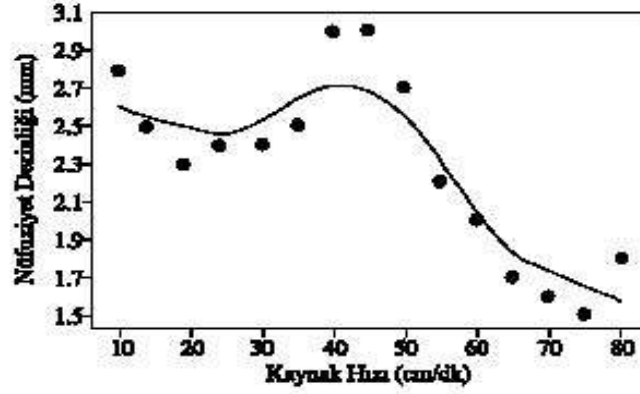
3.2.1 Kaynak Hızının Ark Kaynağına Etkileri

Kaynak hızı, kaynak arkının iş parçası boyunca hareketi ya da birim zamanda yapılan kaynak dikişi boyu olarak bilinmektedir. Kaynak hızının artması veya azalması durumlarında kaynak yapılan malzemeye değişik oranlarda ısı girdisi uygulanmaktadır. Isı girdisinin bir sonucu olarak mikroyapıda ve nüfuziyette birtakım değişiklikler olmaktadır. Kaynak işlemi esnasında hız yavaş olduğu zaman birim uzunluğa yığılan kaynak metali artar ve bu da kaynak banyosunun büyümesine sebep olur. Kaynak metalinin büyümesi ve ısı girdisinin artmasıyla akışkan hale gelen sıvı metal kaynak ağzı içinde arkın önüne doğru akar, düzgün ark oluşumunu etkiler. Hızın artması birim uzunluğa verilen kaynak ısısının azalmasına ve dolayısıyla da ana metalin ergiyen miktarının azalmasına neden olur, bu da kaynak dikişi ıslatmasını olumsuz yönde etkiler.

3.2.2 Gazaltı Ark Kaynağında Optimum Kaynak Hızları

Kaynak işleminde sürekli bir kaynak hızından söz edebilmek için kaynak torcunu sabit hızlarda sürebilen bir robot ya da ray üzerinde hareket edebilen otomatik hız arabaları gibi sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemler sayesinde kaynak işlemi değişik hızlarda uygulanıp optimum hızlar gözlemlenebilmektedir.

Gazaltı ark kaynağında otomatik arabalar ile yapılan deneylerde malzemenin cinsine, kalınlığına ve tel çapına bağlı olarak 40–60 cm/dak arasındaki hızların mikroyapı ve nüfuziyetin en tutarlı olduğu kaynak hızları olduğu görülmüştür. Nitekim Durgutlu, Gülenç ve Tülbentçi (1999) çalışmalarında 245A akım şiddeti, 1,2 mm çapında SG2 kaynak teli ile 10 mm kalınlığındaki Paltina (CK45) malzemeye çekilen dikişlerde en ideal kaynak dikişinin 40 ve 45 cm/dak kaynak hızlarında elde edilmiş ve bu hızlarda nüfuziyet 3 mm olarak tespit edilmiştir. Aynı hızlarda kaynak metalinin ana metali ıslatması da bu değerlerden daha hızlı veya daha yavaş olduğunda nüfuziyet azalmaktadır. Kaynak hızı arttıkça kaynak dikişi çok ince bir hal almakta ve dikiş kenarlarında yanma oyukları meydana gelmektedir.



Şekil 3.4 Gazaltı kaynak hızı-nüfuziyet ilişkisi

3.3 Kartezyen Koordinatlı Kaynak Robotu İçin Kaynak Hızı Hesabı

Kartezyen koordinatlı kaynak robotunda hareket sağlayıcılar, adım motorları ve onlara direkt bağlı kayış-kasnak sistemi olduğu için, robotun kaynak ve hareket hızını doğrudan etkileyen kontrol yazılımında adım motorlarının bir adımda kat ettiği yol esas alınmıştır.

Kullanılan motor ve kasnak tiplerine göre:

$$1 \text{ adım} = 2^\circ \rightarrow 1 \text{ tur} = 360^\circ / 2^\circ = 180 \text{ adım}$$

$$6F \text{ tipi kasnak } D_o = R = 2r = 29,11 \text{ mm}$$

$$\text{Çevre} = 2 \cdot \pi \cdot r = 91,45 \text{ mm}$$

$$180 \text{ adım} = 91,45 \text{ mm}$$

$$1 \text{ adım} = 0,508 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ adım} \approx 1,01 \text{ mm}$$

Geliştirilen PC yazılımı 2 adım = 1 mm olacak şekilde hesaplama yapmaktadır. Buradaki 0,01 mm 'lik fark ihmal edilmektedir.

Diğer kaynak parametreleri, daha önce yapılmış araştırma ve yayınların sonuçlarına göre kabul edilebilir seviyelerde sabit tutularak yapılan başarılı kaynak denemelerine göre 1 adım 50 ms 'de alınabilmektedir.

O halde robot kaynak hızı;

$$V_{\text{kaynak}} = 0,508 / 50 = 0,01016 \text{ mm/ms} = 10,16 \text{ mm/s} = 61 \text{ cm/dak 'dır.}$$

Otomatik araba ile yapılan gaz altı kaynağı deneylerinde 40–60 cm/dak arasındaki hızların başarılı olduğu ve tercih edildiği örneklerle belirtilmişti. Bu hızların ortalaması 50 cm/dak alınırsa, kartezyen koordinatlı kaynak robotuyla yapılan işlerin ortalamadan daha hızlı olabildiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

3.4 Kaynak Uygulaması Sonuçları

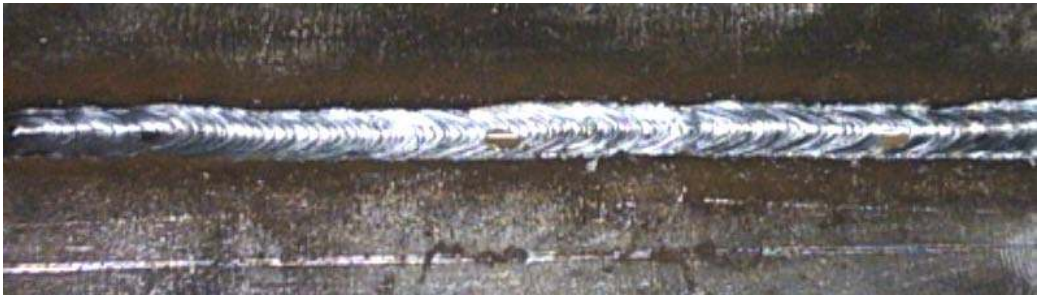
Kartezyen koordinatlı kaynak robotu ile yapılan ve “Teknik NDT Gözetim Danışmanlık Hizmetleri San. ve Tic. Ltd. Şti.” tarafından radyografik kaynak testine tabi tutulan parçaların büyütülmüş resimleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.5 Kaynak uygulaması (w1)



Şekil 3.6 Kaynak uygulaması (w2)



Şekil 3.7 Kaynak uygulaması (w3)

Resimlerde de görüldüğü gibi kaynak robotu ile oldukça düzgün ve temiz kaynak dikişleri elde edilmiştir. Birinci örnekte koruyucu gazın 9 lt/dak seviyelerinde olması nedeniyle kabul edilebilir miktarda sıçrama olmuştur. Sonraki uygulamalarda bu seviye 10 lt/dak 'nın biraz üzerine çekilerek bu problem de ortadan kaldırılmıştır.

Teknik NDT Gözetim Danışmanlık Hizmetleri San. tarafından verilen raporda, kartezyen koordinatlı kaynak robotu ile yapılan kaynak uygulamalarında sadece kök hatası (root defect) denilen hataya rastlanmıştır. Bunun temel nedeni eksik nüfuziyettir. Bu duruma yanlış kaynak parametreleri (düşük akım, yanlış torç açısı vb.) veya yanlış tel kullanımı neden olabilir. Kaynak teli ve torcun açısı kaynak malzemesine uygun olduğuna göre 0,8 mm çapındaki tel ile uygulanan akım 3 mm 'lik saclar için yeterli gelmemiştir denilebilir. Bu sorun daha sonraki uygulamalarda kaynak makinesi üzerinden akım yükseltilerek giderilmiştir.

Kaynak uygulamalarının radyografik test raporu Ek 10'da, röntgenleri ise Ek 11'de verilmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu projede, kartezyen koordinatlarda sabit hızda hareket eden, otomatik tel ve gaz beslemeli bir kaynak robotu tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Kartezyen robotun hareketinin sağlanabilmesi için geliştirilen bilgisayar yazılımından, kaynak yapılacak mesafe ve kaynak hızı gibi parametreler tanımlanabilmektedir. Gerekli tüm elektronik ve mekanik aksam proje dahilinde gerçekleştirilmiştir.

Robot, manüel kaynak hızları ile karşılaştırıldığında yüksek sayılabilecek sabit bir hızla çalışmaktadır. Bu sabit hız, birim zamanda harcanan gaz ve tel miktarının en uygun düzeyde tutulmasını sağlamaktadır ve elde edilen kaynak daha düzgün dikişlere sahip olmaktadır. Bilgisayar yazılımının, kaynak parametrelerini dosyaya kaydetme ve dosyadan yükleme özellikleri sayesinde, ardışık kayna işlemlerinde belirli bir standartlaşma sağlanmaktadır. Bu da üretimde istenilen bir özelliktir.

Projede geline aşama itibarı ile kaynak robotu, kaynak işlemini 0,4 mm ‘den daha küçük konumlama hataları ile tamamen otomatik şekilde gerçekleştirebilmekte ve eksen sıfırlarını bulabilmektedir.

Bilgisayar yazılımı, kaynak torcunun istenilen koordinatlara gitmesi için gerekli komutları gönderdikten sonra, bu komutların gerçekleşip gerçekleşmediği ile ilgili bir geri besleme almamaktadır. Bu duruma bağlı olarak gerçekleşebilecek konumlama hatalarının minimize edilmesi ve ihtiyaç duyulan geri besleme, adım motorlarına dönel kodlayıcı sensörlerin ilave edilmesi ve buradan elde edilecek bilginin kontrol kartı aracılığı ile bilgisayara ulaştırılması sayesinde ile çözülebilir. Ayrıca, şu anki yapıda kaynak torcunun kaynak yapılacak bölgenin sıfır noktasına getirilmesi manüel olarak gerçekleştirilmektedir. Bunu aşmak için sisteme metal algılayabilen sensörler eklenebilir.

KAYNAKLAR

- Asai, K., Takashima, S., (1994), Manufacturing, Automation Systems and CIM Factories, Chapman & Hall.
- Asfahl, C., (1985), Robotics and Manufacturing Automation, John Wiley&Sons Inc, U.S.A.
- Ceyhun, V., (1996), Kaynak Robotları ve Ekonomisi, Gedik Eğitim Vakfı Uluslararası Kaynak Teknolojisi'96 Sempozyum Bildirileri, İstanbul
- Craig, J., (1989), Introduction to Robotics, Mechanics and Control, Addison Wesley.
- Durgutlu, A., Gülenç, B., Tülbentçi, K., (1999), “Ark Kaynağında Kaynak Hızının Nüfuziyete ve Mikroyapıya Etkisi”, Tübitak (23): 251-259
- Groover, M., (1986), Industrial Robotics, McGraw-Hill Company International Editions, Singapore.
- “The International Federation of Robotics”, (2001), “World Robotics” (2001), United Nations Publications.
- Tülbentçi, K., (1998), MIG-MAG Gazaltı Kaynak Yöntemi, Rem Matbaacılık, İstanbul.
- Whitson, G., (1999), Handbook of Electrical Construction Tools And Materials, McGraw-Hill Company.
- Yumurtacı, S., Mert, T., (2003), “Robotik Kaynak Sistemleri ve Gelişme İstikametleri”, Kaynak Teknolojisi IV. Ulusal Kongresi, 24-25 Ekim 2003, Kocaeli.
- Yücel, İ., (1991), “Sanayide Robot Teknolojisi-Uygulaması ve Önemi”, DPT Sosyal Planlama Genel Müdürlüğü Planlama Dairesi, Ankara.

INTERNET KAYNAKLARI

- <http://www.mmo.org.tr>
- <http://ogrenci.hacettepe.edu.tr/~b0164043/maximus>
- <http://www.robbot.org>
- <http://www.robots4welding.com>
- <http://www.robot-welding.com>
- <http://www.sme.org>
- <http://www.aluminyumsanayi.com>

EKLER

Ek 1	Bilgisayar Programı Kaynak Kodu.
Ek 2	Bilgisayar Programı Ekran Görüntüleri.
Ek 3	GS-D200S Bipolar Adım Motoru Sürücü Modülü
Ek 4	Kontrol Kartı Devre Şeması
Ek 5	Kontrol Kartı Baskı Devresi
Ek 6	Kaynak Torcu Tetik Devresi Şeması
Ek 7	Mekanik Sistemin Boyutları
Ek 8	Mekanik Sistemin 3 Boyutlu Katı Modeli
Ek 9	Sistem Fotoğrafları
Ek 10	Kaynak Uygulamalarının Radyografik Test Raporu
Ek 11	Kaynak Uygulamalarının Röntgenleri

Ek 1 Bilgisayar Programı Kaynak Kodu

FrmMain.frm

```
Option Explicit
```

```
Private Declare Function QueryPerformanceFrequency Lib "kernel32"  
(lpFrequency As Currency) As Long  
Private Declare Function QueryPerformanceCounter Lib "kernel32"  
(lpPerformanceCount As Currency) As Long
```

```
Dim curFreq As Currency           ' sistem frekansi  
Dim curStart As Currency          ' zaman sayaci baslangici  
Dim curEnd As Currency            ' zaman sayaci bitisi  
  
Dim step_constant As Integer      ' ekrana çizdirme sabiti  
  
Dim stepPerMm As Integer          ' milimetredeki adım sayısı  
Dim sleepTime As Long             ' darbe genişliği  
Dim instant_stop As Boolean       ' acil durdurma  
Dim stop_right As Boolean         ' sağ sinir anahtarı  
Dim stop_left As Boolean          ' sol sinir anahtarı  
Dim stop_up As Boolean            ' üst sinir anahtarı  
Dim stop_down As Boolean          ' alt sinir anahtarı  
Dim torch_down As Boolean         ' alt sinir anahtarı
```

```
Private Sub cmdAdd_Click()  
    Dim list_item As ListItem  
    Set list_item = ListView1.ListItems.Add(, , txtX1)  
    list_item.SubItems(1) = txtY1  
    list_item.SubItems(2) = txtX2  
    list_item.SubItems(3) = txtY2  
    list_item.SubItems(4) = CBool(chkTorch.value)  
    Toolbar1.Buttons(3).Enabled = True  
End Sub  
  
Private Sub cmdDelete_Click()  
    On Error Resume Next  
    If ListView1.SelectedItem.Index <> -1 Then  
        ListView1.ListItems.Remove (ListView1.SelectedItem.Index)  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub cmdInsert_Click()  
    On Error Resume Next  
    If ListView1.SelectedItem.Index <> -1 Then  
        Dim list_item As ListItem  
        Set list_item =  
ListView1.ListItems.Add(ListView1.SelectedItem.Index, , txtX1)  
        list_item.SubItems(1) = txtY1  
        list_item.SubItems(2) = txtX2  
        list_item.SubItems(3) = txtY2  
        list_item.SubItems(4) = CBool(chkTorch.value)  
        Toolbar1.Buttons(3).Enabled = True  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub startWelding()  
    Dim i, j As Integer  
  
    Toolbar1.Buttons(4).Enabled = False
```

```

Toolbar1.Buttons(5).Enabled = True
instant_stop = False

stepPerMm = CDb1(Text3.Text)
sleepTime = Text1.Text

step_constant = 50

picSimulate.Cls
picSimulate.ForeColor = &HE0E0E0
For i = 0 To picSimulate.Width Step step_constant
    picSimulate.Line (i, 0)-(i, picSimulate.Height)
Next
For j = 0 To picSimulate.Height Step step_constant
    picSimulate.Line (0, j)-(picSimulate.Width, j)
Next

tmrCheckLimitSwitch.Enabled = True
For i = 1 To ListView1.ListItems.Count
    Dim list_item As ListItem
    Dim R, G, B As Integer

    Set list_item = ListView1.ListItems(i)
    Randomize
    R = Int(Rnd() * 255) + 1
    G = Int(Rnd() * 255) + 1
    B = Int(Rnd() * 255) + 1
    gotoCoordinates CDb1(list_item.Text * stepPerMm),
CDb1(list_item.SubItems(1) * stepPerMm), CDb1(list_item.SubItems(2) *
stepPerMm), CDb1(list_item.SubItems(3) * stepPerMm), RGB(R, G, B),
bool2Int(list_item.SubItems(4))
Next
Toolbar1.Buttons(4).Enabled = True
Toolbar1.Buttons(5).Enabled = False
End Sub

Private Sub gotoCoordinates(x0 As Double, y0 As Double, x1 As Double, y1 As
Double, lineColor, torch)
    Dim slope As Double

    Dim x_right, x_left, y_up, y_down As Boolean

    Dim x_dist, y_dist As Double

    torch_down = torch

    If x0 < x1 Then
        x_right = True
        x_left = False
    ElseIf x0 > x1 Then
        x_right = False
        x_left = True
    Else
        x_right = False
        x_left = False
    End If

    If y0 < y1 Then
        y_down = True
        y_up = False
    ElseIf y0 > y1 Then
        y_down = False

```

```

        y_up = True
Else
    y_down = False
    y_up = False
End If

Dim i

Show

picSimulate.ForeColor = lineColor

Dim ex_y0, ex_x0 As Double
Dim enable_x, enable_y
enable_x = 0
enable_y = 0

ex_y0 = y0
ex_x0 = x0
DoEvents
If x_right Then
    x_dist = x1 - x0
    If y_down Then
        y_dist = y1 - y0
        If x_dist < y_dist Then
            slope = Int(y_dist / x_dist)
            'Hareket sağa doğru ise
            'Ne kadar sağa hareket edilecek?
            'Hareket aşağı doğru ise
            'Ne kadar sağa hareket edilecek?
            'Aşağı mesafe yukarı mesafeden fazla ise
            'Enterpolasyon için eğim
hesabını yap
            For i = y0 + 1 To y0 + y_dist
                'Aşağı harekete başla
                DoEvents
                If instant_stop Or stop_down Then Exit Sub 'Acil stop
                düğmesine basılana kadar devam et
                picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 *
step_constant)-(x0 * step_constant, i * step_constant) 'Hareketi
simulatörde çiz
                take_step_y 1, enable_y 'Hareketi y eksenindeki
motorlara taşıyacak darbeyi üret
                If i Mod slope = 0 And x0 < ex_x0 + x_dist Then
                    'Enterpole edilen eğim boyunca
                    picSimulate.Line (x0 * step_constant, i *
step_constant)-((x0 + 1) * step_constant, i * step_constant) 'Hareketi
simulatörde çiz
                    take_step_x 1, enable_x 'Hareketi x eksenindeki
motorlara taşıyacak darbeyi üret
                    x0 = x0 + 1
                    writeXCoord (x0 / stepPerMm) 'Hareketi LCD'de
göster
                End If
                y0 = i 'Kaldığın yerden devam etmek için yeni nokta
belirle
                writeYCoord (y0 / stepPerMm) 'Hareketi LCD'de göster
            Next
        Else
            slope = Int(x_dist / y_dist)
            For i = x0 + 1 To x0 + x_dist
                DoEvents
                If instant_stop Then Exit Sub
                picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 *
step_constant)-(i * step_constant, y0 * step_constant)
                take_step_x 1, enable_x 'SAGA DOGRU X YONUNDE 1 ADIM
                If i Mod slope = 0 And y0 < ex_y0 + y_dist And Not
(stop_down) Then

```

```

        picSimulate.Line (i * step_constant, y0 *
step_constant)-(i * step_constant, (y0 + 1) * step_constant)
        take_step_y 1, enable_y
        y0 = y0 + 1
        writeYCoord (y0 / stepPerMm)
    End If
    x0 = i
    writeXCoord (x0 / stepPerMm)
Next
End If
ElseIf y_up Then
    y_dist = y0 - y1
    If x_dist < y_dist Then
        slope = Int(y_dist / x_dist)
        For i = y0 - 1 To y0 - y_dist Step -1
            DoEvents
            If instant_stop Or stop_up Then Exit Sub
            picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 *
step_constant)-(x0 * step_constant, i * step_constant)
            take_step_y 0, enable_y
            If i Mod slope = 0 And x0 < ex_x0 + x_dist Then
                picSimulate.Line (x0 * step_constant, i *
step_constant)-((x0 + 1) * step_constant, i * step_constant)
                take_step_x 1, enable_x 'SAGA DOGRU X YONUNDE 1
ADIM
                x0 = x0 + 1
                writeXCoord (x0 / stepPerMm)
            End If
            y0 = i
            writeYCoord (y0 / stepPerMm)
        Next
    Else
        slope = Int(x_dist / y_dist)
        For i = x0 + 1 To x0 + x_dist
            DoEvents
            If instant_stop Then Exit Sub
            picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 *
step_constant)-(i * step_constant, y0 * step_constant)
            take_step_x 1, enable_x 'SAGA DOGRU X YONUNDE 1 ADIM
            If i Mod slope = 0 And y0 > ex_y0 - y_dist And Not
(stop_up) Then
                picSimulate.Line (i * step_constant, y0 *
step_constant)-(i * step_constant, (y0 - 1) * step_constant)
                take_step_y 0, enable_y
                y0 = y0 - 1
                writeYCoord (y0 / stepPerMm)
            End If
            x0 = i
            writeXCoord (x0 / stepPerMm)
        Next
    End If
Else
    For i = x0 + 1 To x0 + x_dist
        DoEvents
        If instant_stop Then Exit Sub
        picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 * step_constant)-
(i * step_constant, y0 * step_constant)
        take_step_x 1, enable_x 'SAGA DOGRU X YONUNDE 1 ADIM
        x0 = i
        writeXCoord (x0 / stepPerMm)
    Next
End If

```

```

ElseIf x_left Then
    x_dist = x0 - x1
    If y_down Then
        y_dist = y1 - y0
        If x_dist < y_dist Then
            slope = Int(y_dist / x_dist)
            For i = y0 + 1 To y0 + y_dist
                DoEvents
                If instant_stop Or stop_down Then Exit Sub
                picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 *
step_constant)-(x0 * step_constant, i * step_constant)
                take_step_y 1, enable_y
                If i Mod slope = 0 And x0 > ex_x0 - x_dist And Not
(step_left) Then
                    picSimulate.Line (x0 * step_constant, i *
step_constant)-((x0 - 1) * step_constant, i * step_constant)
                    take_step_x 0, enable_x 'SOLA DOGRU X YONUNDE 1
ADIM
                    x0 = x0 - 1
                    writeXCoord (x0 / stepPerMm)
                End If
                y0 = i
                writeYCoord (y0 / stepPerMm)
            Next
        Else
            slope = Int(x_dist / y_dist)
            For i = x0 - 1 To x0 - x_dist Step -1
                DoEvents
                If instant_stop Or stop_left Then Exit Sub
                picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 *
step_constant)-(i * step_constant, y0 * step_constant)
                take_step_x 0, enable_x 'SOLA DOGRU X YONUNDE 1 ADIM
                If i Mod slope = 0 And y0 < ex_y0 + y_dist And Not
(stop_down) Then
                    picSimulate.Line (i * step_constant, y0 *
step_constant)-(i * step_constant, (y0 + 1) * step_constant)
                    take_step_y 1, enable_y
                    y0 = y0 + 1
                    writeYCoord (y0 / stepPerMm)
                End If
                x0 = i
                writeXCoord (x0 / stepPerMm)
            Next
        End If
    ElseIf y_up Then
        y_dist = y0 - y1
        If x_dist < y_dist Then
            slope = Int(y_dist / x_dist)
            For i = y0 - 1 To y0 - y_dist Step -1
                DoEvents
                If instant_stop Or stop_up Then Exit Sub
                picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 *
step_constant)-(x0 * step_constant, i * step_constant)
                take_step_y 0, enable_y
                If i Mod slope = 0 And x0 > ex_x0 - x_dist And Not
(stop_left) Then
                    picSimulate.Line (x0 * step_constant, i *
step_constant)-((x0 - 1) * step_constant, i * step_constant)
                    take_step_x 0, enable_x 'SOLA DOGRU X YONUNDE 1
ADIM
                    x0 = x0 - 1
                    writeXCoord (x0 / stepPerMm)

```

```

        End If
        y0 = i
        writeYCoord (y0 / stepPerMm)
    Next
Else
    slope = Int(x_dist / y_dist)
    For i = x0 - 1 To x0 - x_dist Step -1
        DoEvents
        If instant_stop Or stop_left Then Exit Sub
        picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 *
step_constant)-(i * step_constant, y0 * step_constant)
        take_step_x 0, enable_x 'SOLA DOGRU X YONUNDE 1 ADIM
        If i Mod slope = 0 And y0 > ex_y0 - y_dist And Not
(step_up) Then
            picSimulate.Line (i * step_constant, y0 *
step_constant)-(i * step_constant, (y0 - 1) * step_constant)
            take_step_y 0, enable_y
            y0 = y0 - 1
            writeYCoord (y0 / stepPerMm)
        End If
        x0 = i
        writeXCoord (x0 / stepPerMm)
    Next
End If
Else
    For i = x0 - 1 To x0 - x_dist Step -1
        DoEvents
        If instant_stop Or stop_left Then Exit Sub
        picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 * step_constant)-(
i * step_constant, y0 * step_constant)
        take_step_x 0, enable_x 'SOLA DOGRU X YONUNDE 1 ADIM
        x0 = x0 - 1
        writeXCoord (x0 / stepPerMm)
    Next
End If
Else
    If y_down Then
        y_dist = y1 - y0
        For i = y0 + 1 To y0 + y_dist
            DoEvents
            If instant_stop Or stop_down Then Exit Sub
            picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 * step_constant)-(
x0 * step_constant, (y0 + 1) * step_constant)
            take_step_y 1, enable_y
            y0 = y0 + 1
            writeYCoord (y0 / stepPerMm)
        Next
    ElseIf y_up Then
        y_dist = y0 - y1
        For i = y0 - 1 To y0 - y_dist Step -1
            DoEvents
            If instant_stop Or stop_up Then Exit Sub
            picSimulate.Line (x0 * step_constant, y0 * step_constant)-(
x0 * step_constant, (y0 - 1) * step_constant)
            take_step_y 0, enable_y
            y0 = y0 - 1
            writeYCoord (y0 / stepPerMm)
        Next
    End If
End If
Exit Sub
End Sub

```

```

Private Sub cmdUpdate_Click()
    On Error Resume Next
    If ListView1.SelectedItem.Index <> -1 Then
        ListView1.ListItems(ListView1.SelectedItem.Index).Text = txtX1
        ListView1.ListItems(ListView1.SelectedItem.Index).SubItems(1) =
txtY1
        ListView1.ListItems(ListView1.SelectedItem.Index).SubItems(2) =
txtX2
        ListView1.ListItems(ListView1.SelectedItem.Index).SubItems(3) =
txtY2
        ListView1.ListItems(ListView1.SelectedItem.Index).SubItems(4) =
CBool(chkTorch.value)
        txtX1 = 0
        txtY1 = 0
        txtX2 = 0
        txtY2 = 0
        chkTorch.value = 0
    End If
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Out 888, Val(Text2.Text)
End Sub

Private Sub myDelay(sleepTime As Long)
    If Option1.value Then
        Sleep sleepTime
    ElseIf Option2.value Then
        delayUSeconds sleepTime
    End If
End Sub

Private Sub delayUSeconds(microSeconds As Long)
    QueryPerformanceFrequency curFreq
    QueryPerformanceCounter curStart
    Dim dblElapsedTime As Double
    DoEvents
    While dblElapsedTime < microSeconds * (10 ^ -6)
        DoEvents
        QueryPerformanceCounter curEnd
        dblElapsedTime = (curEnd - curStart) / curFreq
    Wend
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    If Command3.Caption = "ENABLE" Then
        Out 888, (2 ^ 5) + (2 ^ 2)
        Command3.Caption = "DISABLE"
    Else
        Out 888, 0
        Command3.Caption = "ENABLE"
    End If
End Sub

Private Sub Command4_Click()
    instant_stop = True
End Sub

Private Sub resetPositions()

```



```

Dim k As Byte, i As Long
k = 1
sleepTime = Text1.Text
writeXCoord ("defining")
writeYCoord ("defining")
While k = 1
    DoEvents
    If i Mod 2 = 0 Then zeylanLCD1.WriteText "Resetting X Position", 1,
3
    k = getNthBit(dec2bin(Inp(889)), 3) ' x_ekseni sifir noktasi
    take_step_x 0, 0
    If i Mod 4 = 0 Then zeylanLCD1.WriteText "
", 1, 3
    i = i + 1
    If i > 2 ^ 10 Then i = 0
Wend
writeXCoord (0)
zeylanLCD1.WriteText "X-Axis Positioning is DONE", 1, 3
Sleep 1500
k = 1
While k = 1
    DoEvents
    If i Mod 2 = 0 Then zeylanLCD1.WriteText "Resetting Y Position", 1,
3
    k = getNthBit(dec2bin(Inp(889)), 4) ' y_ekseni sifir noktasi
    take_step_y 0, 0
    If i Mod 4 = 0 Then zeylanLCD1.WriteText "
", 1, 3
    i = i + 1
    If i > 2 ^ 10 Then i = 0
Wend
writeYCoord (0)
zeylanLCD1.WriteText "Y-Axis Positioning is DONE", 1, 3
End Sub

Private Function getNthBit(str, n)
    If n <= Len(str) Then
        getNthBit = Mid(str, Len(str) - n, 1)
    End If
End Function

Public Function dec2bin(mynum As Variant) As String
    Dim loopcounter As Integer
    If mynum >= 2 ^ 31 Then
        dec2bin = "Too big"
        Exit Function
    End If
    Do
        If (mynum And 2 ^ loopcounter) = 2 ^ loopcounter Then
            dec2bin = "1" & dec2bin
        Else
            dec2bin = "0" & dec2bin
        End If
        loopcounter = loopcounter + 1
    Loop Until 2 ^ loopcounter > mynum
End Function

Private Sub Form_Load()
    instant_stop = False
    zeylanLCD1.WriteText "Ferhat ZEYLAN - YTÜ MAK. MÜH. 2005", 1

```

```

        writeXCoord (0)
        writeYCoord (0)
        zeylanLCD1.WriteText "/", , 2, 22
    End Sub

    Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
        Out 888, 0
    End Sub

    Private Sub take_step_x(ByVal direction As Integer, ByVal enable As Integer)
        Out 888, (2 ^ 7) + direction * (2 ^ 6) + enable * (2 ^ 5) + (torch_down * 2)
        myDelay sleepTime
        Out 888, 0
    End Sub

    Private Sub take_step_y(ByVal direction As Integer, ByVal enable As Integer)
        Out 888, (2 ^ 4) + direction * (2 ^ 3) + enable * (2 ^ 2) + (torch_down * 2)
        myDelay sleepTime
        Out 888, 0
    End Sub

    Private Sub writeXCoord(x_value)
        If IsNumeric(x_value) Then x_value = FormatNumber(x_value, 2) & "mm"
        "
        zeylanLCD1.WriteText "X-COORD:" & x_value, , 2, 2
    End Sub

    Private Sub writeYCoord(y_value)
        If IsNumeric(y_value) Then y_value = FormatNumber(y_value, 2) & "mm"
        "
        zeylanLCD1.WriteText "Y-COORD:" & y_value, , 2, 24
    End Sub

    Private Sub ListView1_DblClick()
        On Error Resume Next
        If ListView1.SelectedItem.Index <> -1 Then
            txtX1 = ListView1.ListItems(ListView1.SelectedItem.Index).Text
            txtY1 =
            ListView1.ListItems(ListView1.SelectedItem.Index).SubItems(1)
            txtX2 =
            ListView1.ListItems(ListView1.SelectedItem.Index).SubItems(2)
            txtY2 =
            ListView1.ListItems(ListView1.SelectedItem.Index).SubItems(3)
            chkTorch.value =
            CBool(ListView1.ListItems(ListView1.SelectedItem.Index).SubItems(4)) * -1
        End If
    End Sub

    Private Sub mnuFileCoordinatesNew_Click()
        ListView1.ListItems.Clear
        Toolbar1.Buttons(3).Enabled = False
    End Sub

    Private Sub mnuFileCoordinatesOpen_Click()
        Dim filename, tempStr As String
        Dim list_item As ListItem

```

```

Dim splitter

ListView1.ListItems.Clear
CommonDialog1.Filter = "CRD Files|*.CRD"
CommonDialog1.ShowOpen

If CommonDialog1.filename = "" Then Exit Sub
filename = CommonDialog1.filename

Open (filename) For Input As #1

Do Until EOF(1)
    Line Input #1, tempStr
    splitter = Split(tempStr, ":")
    Set list_item = ListView1.ListItems.Add(, , splitter(0))
    list_item.SubItems(1) = splitter(1)
    list_item.SubItems(2) = splitter(2)
    list_item.SubItems(3) = splitter(3)
    list_item.SubItems(4) = CBool(splitter(4))
Loop
Close #1
Toolbar1.Buttons(3).Enabled = True
End Sub

Private Sub mnuFileCoordinatesSave_Click()
    Dim filename, tempStr As String
    Dim list_item As ListItem

    CommonDialog1.Filter = "CRD Files|*.CRD"
    CommonDialog1.ShowSave

    If CommonDialog1.filename = "" Then Exit Sub
    filename = CommonDialog1.filename

    Open (filename) For Output As #1
    Dim i As Integer
    For i = 1 To ListView1.ListItems.Count
        tempStr = ListView1.ListItems(i)
        tempStr = tempStr & ":" & ListView1.ListItems(i).SubItems(1)
        tempStr = tempStr & ":" & ListView1.ListItems(i).SubItems(2)
        tempStr = tempStr & ":" & ListView1.ListItems(i).SubItems(3)
        tempStr = tempStr & ":" &
bool2Int(ListView1.ListItems(i).SubItems(4))
        Print #1, tempStr
    Next
    Close #1
End Sub

Private Function bool2Int(value As Boolean)
    If value = True Then
        bool2Int = 1
    Else
        bool2Int = 0
    End If
End Function

Private Sub mnuFileExit_Click()
    End
End Sub

```

```

Private Sub mnuHelpAbout_Click()
    frmAbout.Show vbModal
End Sub

Private Sub tmrCheckLimitSwitch_Timer()
    If getNthBit(dec2bin(Inp(889)), 3) = 0 Then ' sol sinir anahtari
        stop_left = True
    ElseIf getNthBit(dec2bin(Inp(889)), 4) = 0 Then ' ust sinir anahtari
        stop_up = True
    ElseIf getNthBit(dec2bin(Inp(889)), 5) = 0 Then ' sag sinir anahtari
        stop_right = True
    ElseIf getNthBit(dec2bin(Inp(889)), 6) = 0 Then ' alt sinir anahtari
        stop_down = True
    End If
End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
    If Button.Index = 1 Then
        mnuFileCoordinatesNew_Click
    ElseIf Button.Index = 2 Then
        mnuFileCoordinatesOpen_Click
    ElseIf Button.Index = 3 Then
        mnuFileCoordinatesSave_Click
    ElseIf Button.Index = 4 Then
        startWelding
    ElseIf Button.Index = 5 Then
        instant_stop = True
    ElseIf Button.Index = 6 Then
        resetPositions
    End If
End Sub

```

FrmAbout.frm

```

Private Sub cmdOK_Click()
    Unload Me
End Sub

```

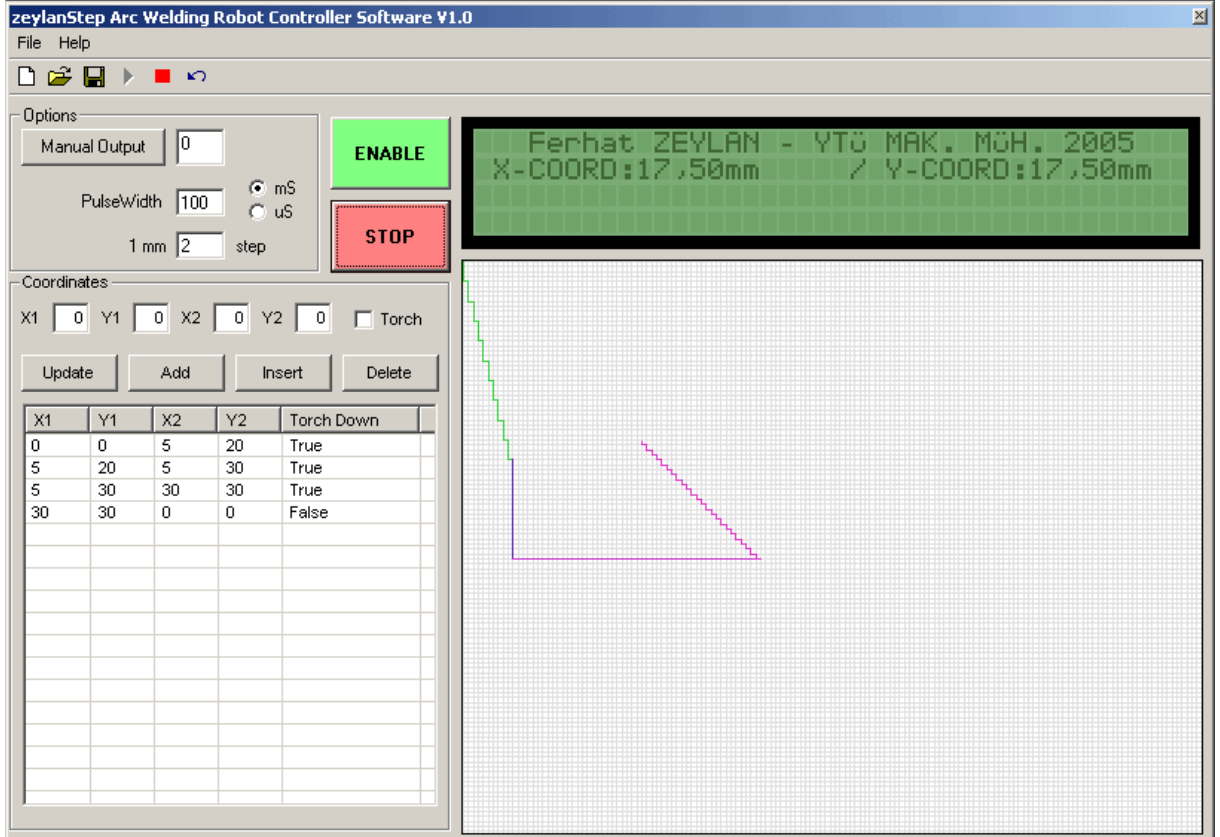
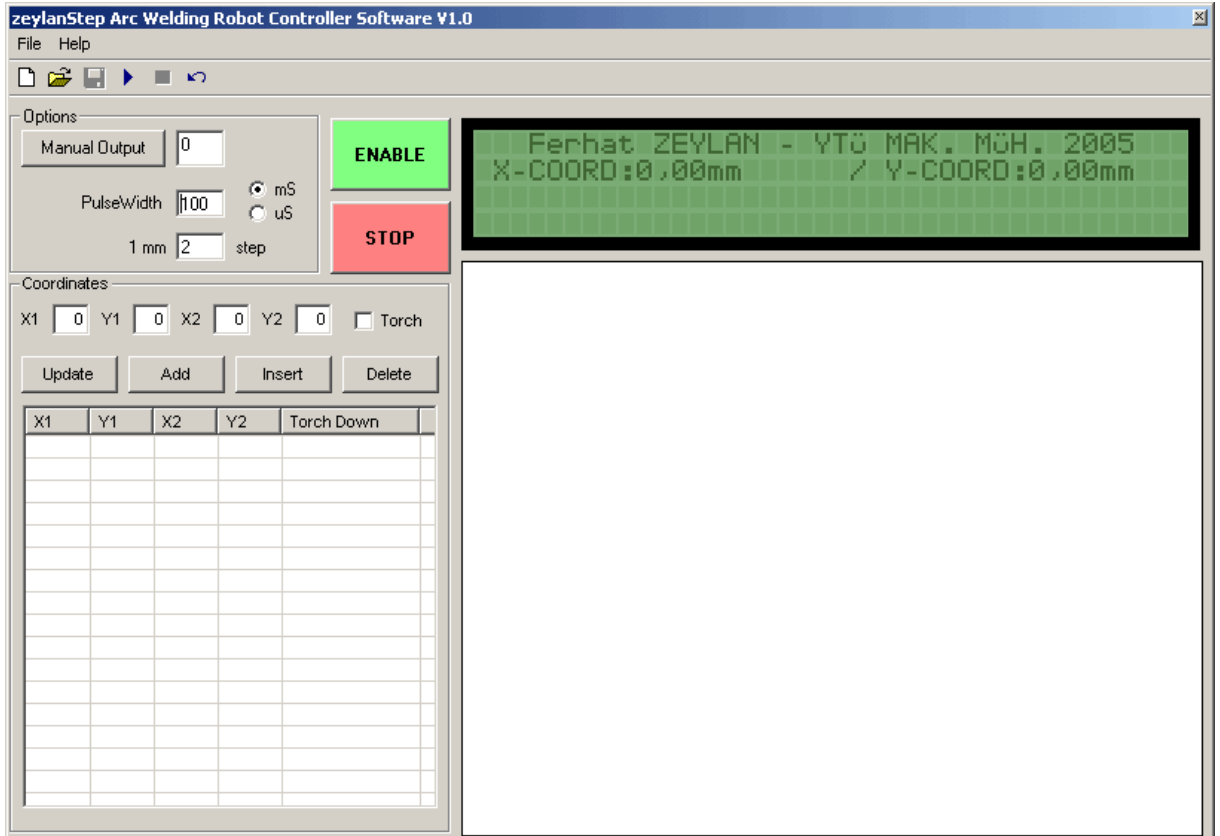
Inpout.bas

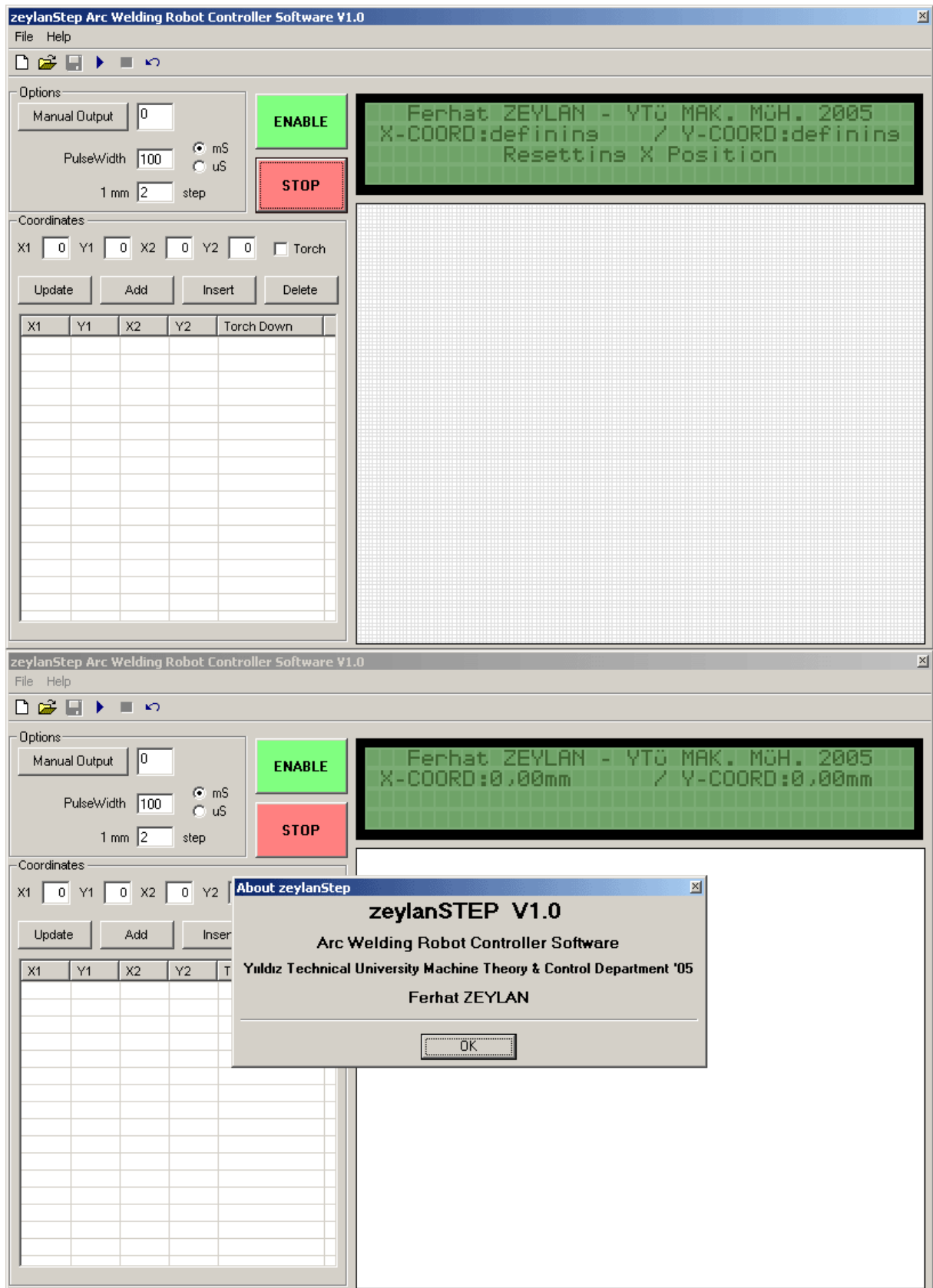
```

Public Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal value As Integer)

```

Ek 2 Bilgisayar Programı Ekran Görüntüleri





Ek 3 GS-D200S Bipolar Adım Motoru Sürücü Modülü



GS-D200
GS-D200S

2/2.5A BIPOLAR STEPPER MOTOR DRIVE MODULES

FEATURES

- Wide supply voltage range
- Full/Half step drive capability
- Logic signals TTL/CMOS compatible
- Programmable motor phase current and chopper frequency
- Selectable Slow/Fast current decay
- Synchronization for multimotor applications
- Remote shut-down
- Home position indication

DESCRIPTION

The **GS-D200** and the **GS-D200S** are drive modules that directly interface a microprocessor to a two phase, bipolar, permanent magnet stepper motors. The phase current is chopper controlled, and the internal phase sequence generation reduces the burden of the controller and it simplifies software development.

The **GS-D200** uses bipolar power outputs while the **GS-D200S** has powermos outputs to significantly reduce both commutation and conduction losses. A further benefit offered by the **GS-D200S** is the complete protection of the outputs against any type of shorts.



SELECTION CHART

Type Ordering Number	Phase Current (A)	Voltage Drop (V)	Supply Voltage (V)
GS-D200	1.0 nom. (0.5 to 2.0)	4.1 max.	10 to 46 5.0±5%
GS-D200S	2.0 nom. (0.5 to 2.5)	2.5 max.	12 to 40 5.0±5%

GS-D200/GS-D200S

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	DC Supply Voltage (pin 18) GS-D200 GS-D200S	48 42	V V
V_{ss}	DC Logic Supply Voltage (pin 12)	7	V
T_{stg}	Storage Temperature Range	- 40 to +105	°C
T_{oop}	Operating Case Temperature Range	- 20 to +85	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ and $V_s=24\text{V}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Value			Unit
			Min	Typ	Max	
I_s	Quiescent Supply Current	Pin 18			20	mA
I_{ss}	Quiescent Logic Supply Current	Pin 12 $V_{ss}=5\text{V}$		60		mA
V_i	Input Voltage	Pin 3,4,6,7,10,11 Low High	2		0.8 V_{ss}	V V
I_i	Input Current	Pin 3,4,6,7,10,11 $V_i=\text{Low}$ $V_i=\text{High}$			0.6 10	mA μA
V_{sat}	Source/Sink Saturation Voltage(GS-D200)	Pin 14,15,16,17 $I_o=1\text{A}$			1.8	V
V_{sat}	Source/Sink Saturation Voltage(GS-D200S)	Pin 14,15,16,17 $I_o=2\text{A}$			1.8	V
I_{oL}	Current Limit Intervention	GS-D200S	5			A
f_c	Chopper Frequency			17		kHz
t_{clk}	Stepclk Width	Pin 6 (See fig. 1)	0.5			μs
t_s	Set Up Time	"	1			μs
t_h	Hold Time	"	1			μs
t_r	Reset Width	"	1			μs
t_{rclk}	Reset to Clock Set Up Time	"	1			μs

Figure 1: Signals Timing

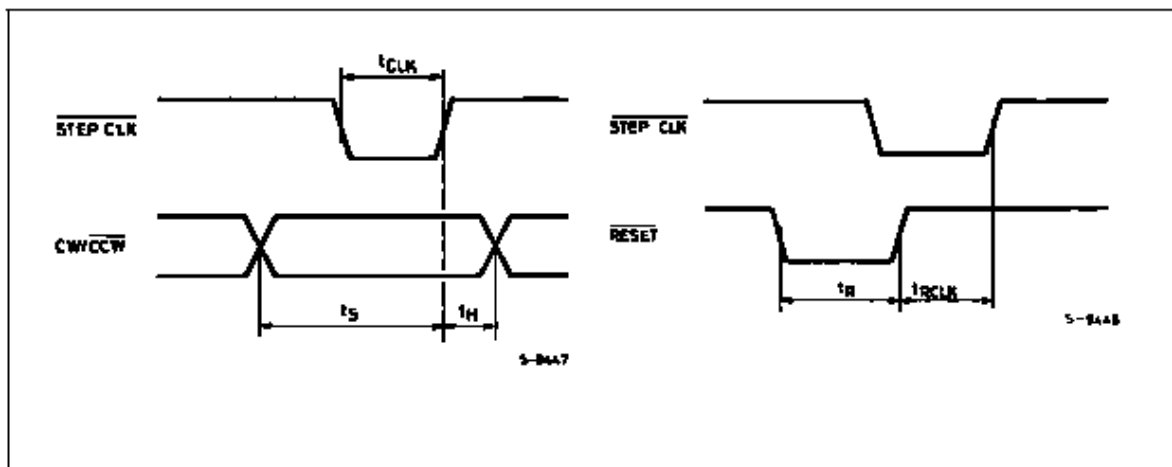
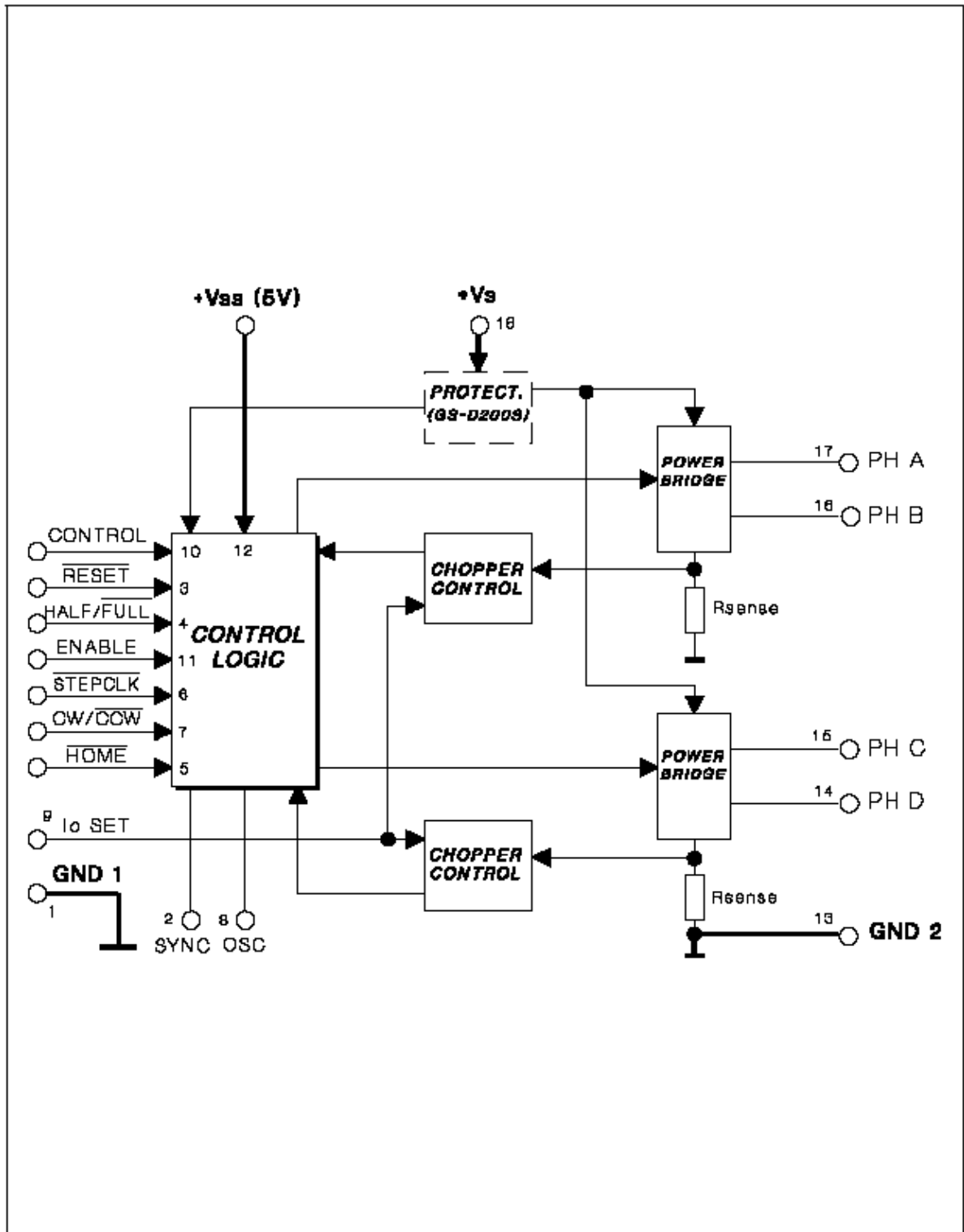


Figure 2: GS-D200 and GS-D200S Block Diagram



GS-D200/GS-D200S

Figure 3: GS-D Modules Typical Application

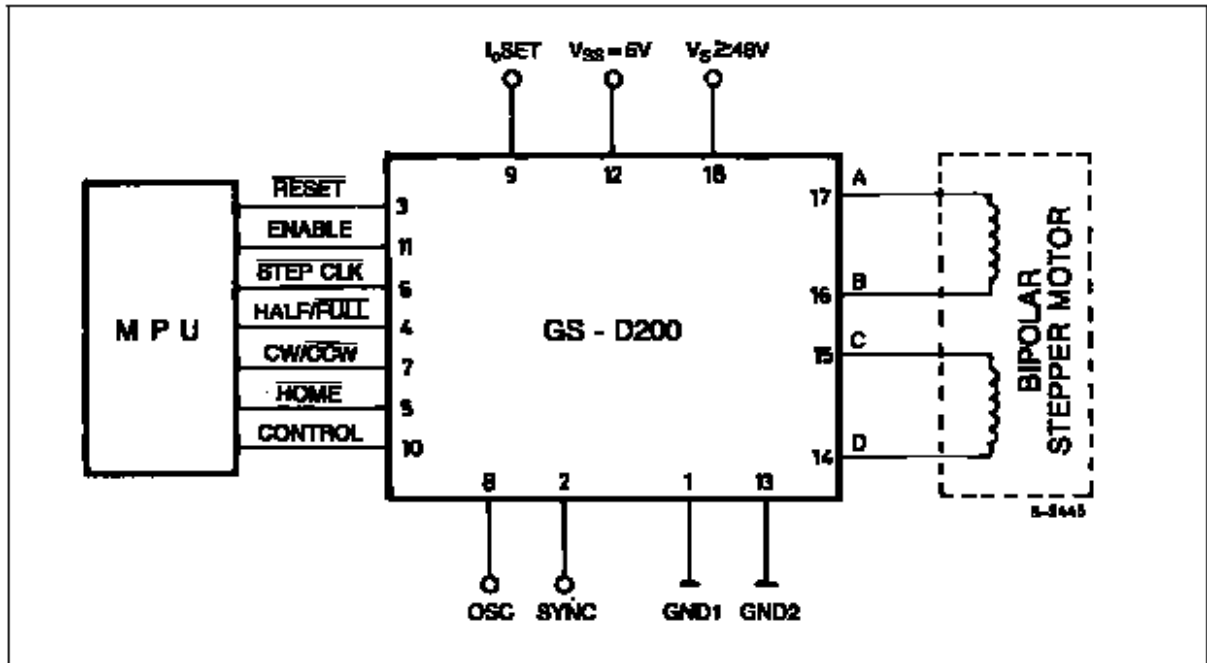
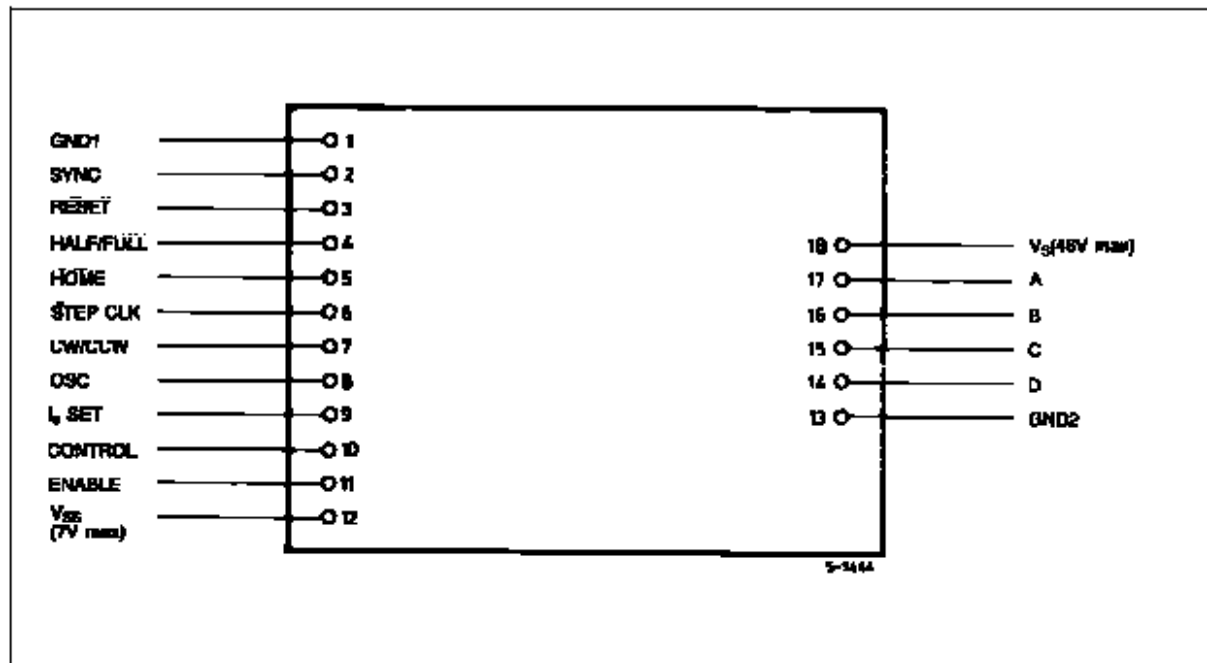


Figure 4: GS-D200 and GS-D200S Connection Diagram (Top view)



PIN DESCRIPTION

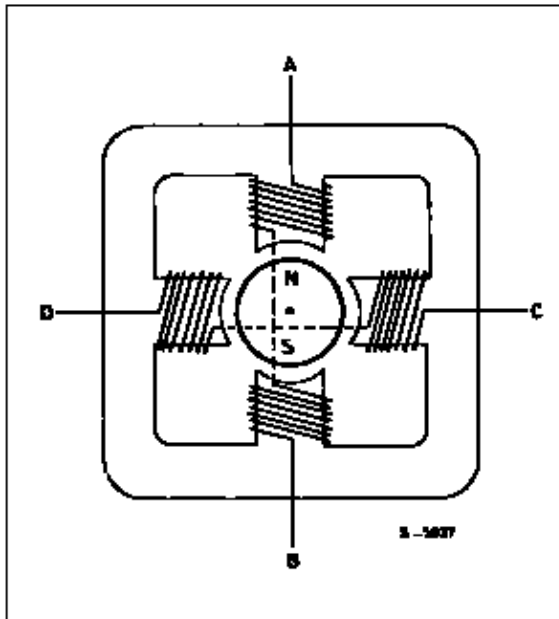
Pin	Function	Description
1	GND1	Return path for the logic signals and 5V supply.
2	Sync	Chopper oscillator output. Several modules can be synchronized by connecting together all Sync pins. This pin can be used as the input for an external clock source.
3	$\overline{\text{Reset}}$	Asynchronous reset input. An active low pulse on this input preset the internal logic to the initial state (ABCD=0101).
4	Half/Full	Half/Full step selection input. When high or unconnected the half step operation is selected.
5	Home	When high, this output indicates that the internal counter is in its initial state (ABCD=0101). This signal may be used in conjunction with a mechanical switch to ground or with open collector output of an optical detector to be used as a system home detector.
6	Stepclk	The motor is moved one step on the rising edge of this signal.
7	$\overline{\text{CW/CCW}}$	Direction control input. When high or unconnected clockwise rotation is selected. Physical direction of motor rotation depends also on windings connection.
8	Oscillator	The chopper oscillator timing, internally fixed at 17kHz, can be modified by connecting a resistor between this pin and V_{SS} or a capacitor between this pin and Gnd1. The oscillator input must be grounded when the unit is externally synchronized.
9	I_{oset}	Phase current setting input. A resistor connected between this pin and Gnd1 or V_{SS} , allows the factory setted phase current value (1A for GS-D200 and 2A for GS-D200S) to be changed.
10	Control	Logic input that allows the phase current decay mode selection. When high or unconnected the slow decay is selected.
11	Enable	Module enable input. When low this input floats the outputs enabling the manual positioning of the motor. Must be LOW during power-up and down sequence, HIGH during normal operation.
12	V_{SS}	5V supply input. Maximum voltage must not exceed 7V.
13	GND2	Return path for the power section.
14	D	D output.
15	C	C output.
16	B	B output.
17	A	A output.
18	V_s	Module and motor supply voltage. Maximum voltage must not exceed the specified values.

GS-D200/GS-D200S

BIPOLAR STEPPER MOTOR BASICS

Simplified to the bare essentials, a bipolar permanent magnet motor consists of a rotating permanent magnet surrounded by stator poles carrying the windings (fig. 5).

Figure 5: Simplified Bipolar Two Phase Motor



Bidirectional drive current is imposed on windings A-B and C-D and the motor is stepped by commutating the voltage applied to the windings in sequence. For a motor of this type there are three possible drive sequences.

One-Phase-on or Wave Drive

Only one winding is energized at any given time according to the sequence :

AB - CD - BA - DC

(BA means that the current is flowing from B to A).

Fig. 6 shows the sequence for a clockwise rotation and the corresponding rotor position.

Two-Phase-on or Normal Drive

This mode gives the highest torque since two windings are energized at any given time according to the sequence (for clockwise rotation).

AB & CD ; CD & BA ; BA & DC ; DC & AB

Fig. 7 shows the sequence and the corresponding position of the rotor.

Half Step Drive

This sequence halves the effective step angle of the motor but gives a less regular torque being one winding or two windings alternatively energized. Eight steps are required for a complete revolution of the rotor.

The sequence is:

AB ; AB & CD ; CD ; CD & BA ; BA ; BA & DC ; DC ; DC & AB

as shown in fig. 8.

By the configurations of fig. 6, 7, 8 the motor would have a step angle of 90° (or 45° in half step). Real motors have multiple poles pairs to reduce the step angle to a few degrees but the number of windings (two) and the drive sequence are unchanged.

Figure 6: One-Phase-on (Wave Mode) Drive

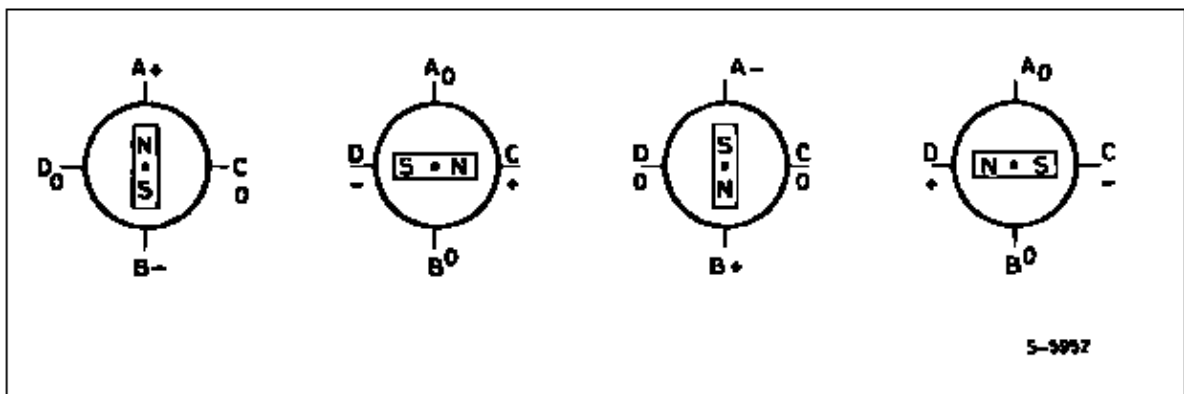


Figure 7: Two-Phase-on (Normal Mode) Drive

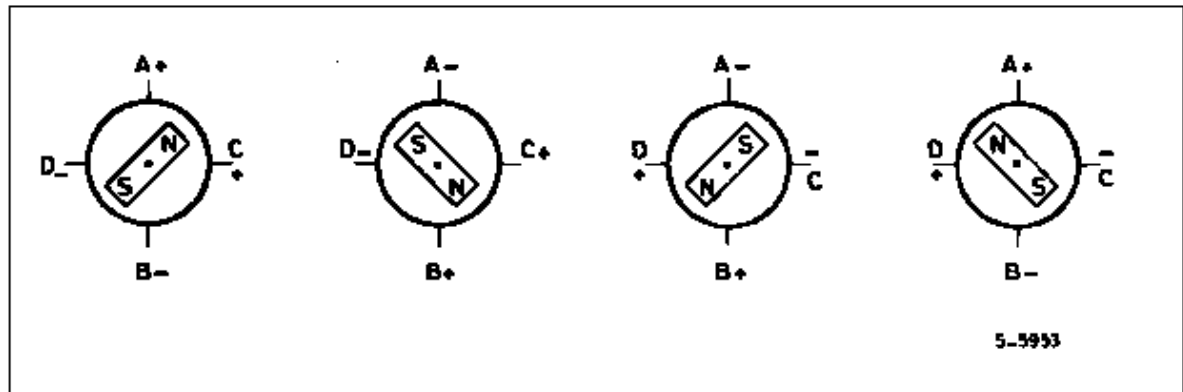
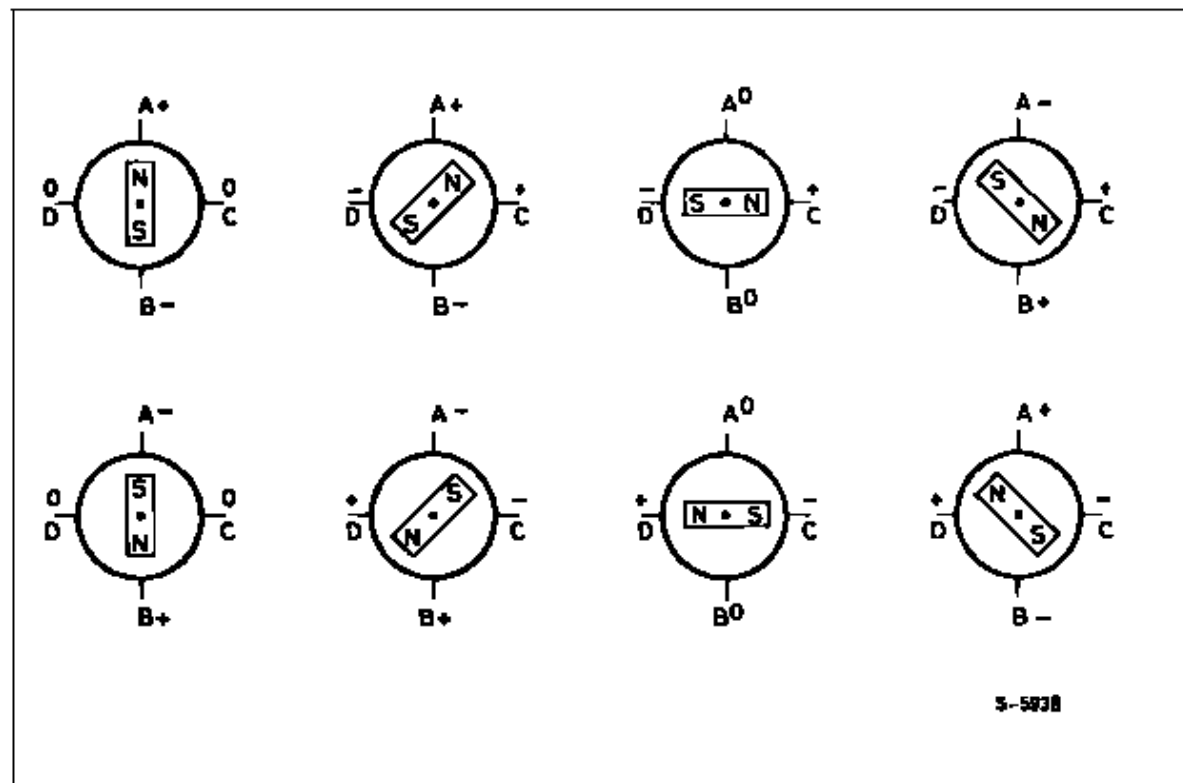


Figure 8: Half Step Sequence



GS-D200/GS-D200S

PHASE SEQUENCE GENERATION INSIDE THE GS-D200/GS-D200S

The modules contains a three bit counter plus some combinational logic which generate suitable phase sequences for half step, wave and normal full step drive. This 3 bit counter generates a basic eight-step Gray code master sequence as shown in fig. 9. To select this sequence, that corresponds to half step mode, the HALF/FULL input (pin 4) must be kept high or unconnected.

The full step mode (normal and wave drive) are both obtained from the eight step master sequence by skipping alternate states. This is achieved by

forcing the step clock to bypass the first stage of the 3 bit counter. The least significant bit of this counter is not affected and therefore the generated sequence depends on the state of the counter when full step mode is selected by forcing pin 4 (HALF/FULL) low. If full step is selected when the counter is at any odd-numbered state, the two-phase-on (normal mode) is implemented (see fig. 10).

On the contrary, if the full mode is selected when the counter is at an even-numbered state, the one-phase-on (wave drive) is implemented (see fig. 11).

Figure 9: The Eight Step Master Sequence corresponding to Half Step Mode.

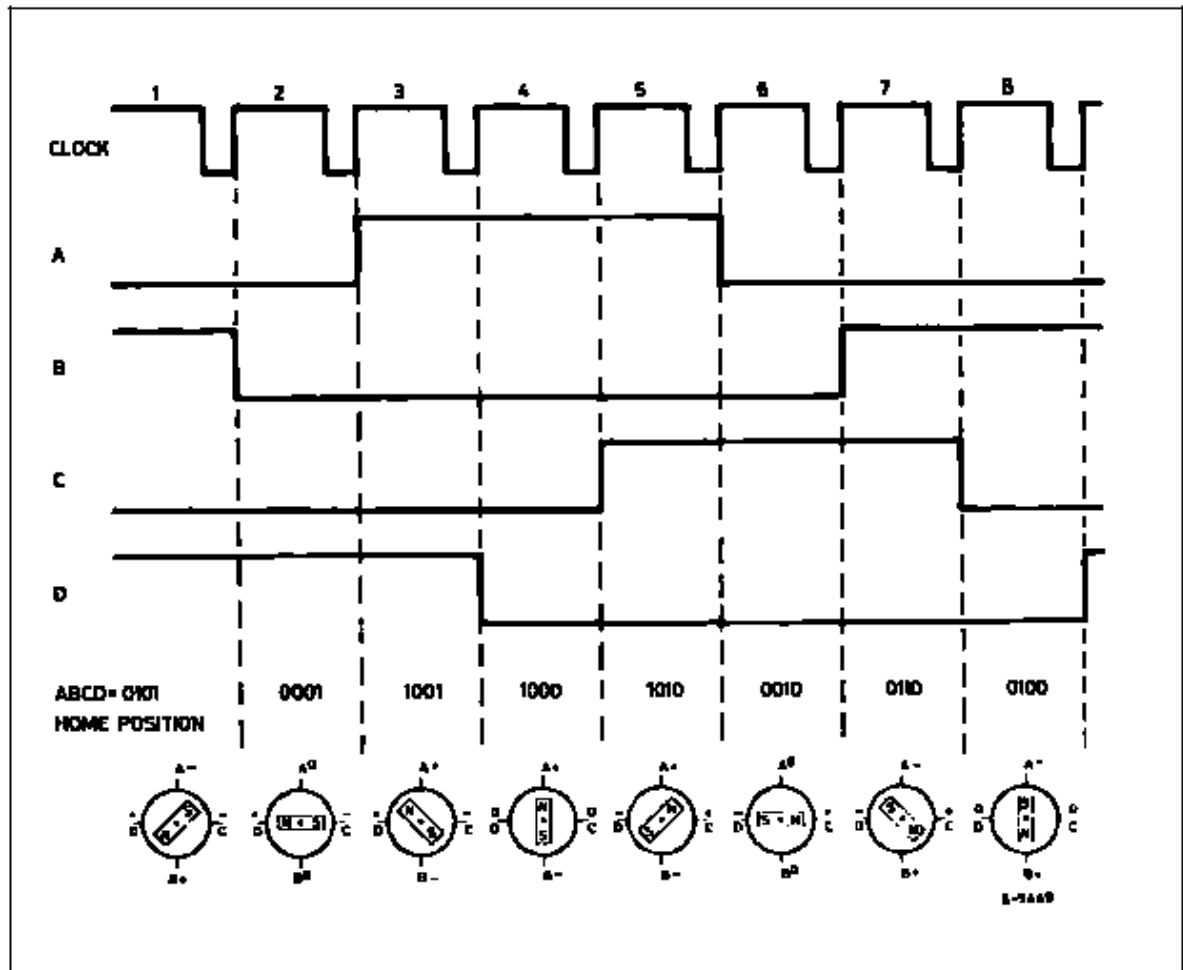


Figure 10: Two-Phase-on (Normal Mode) Drive

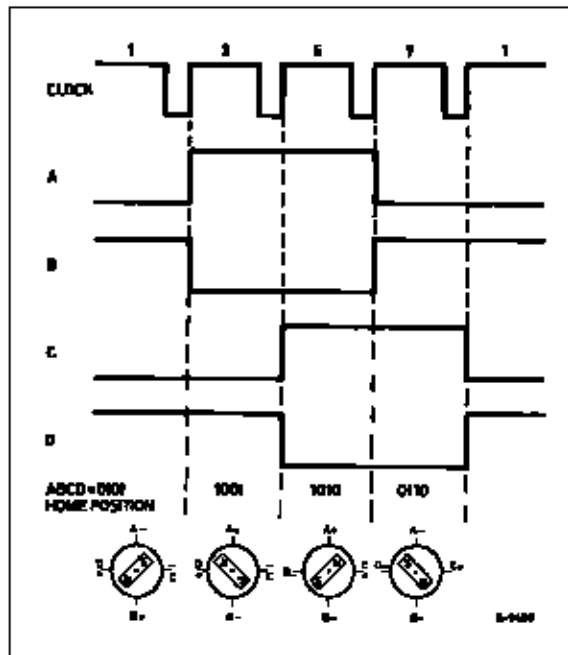
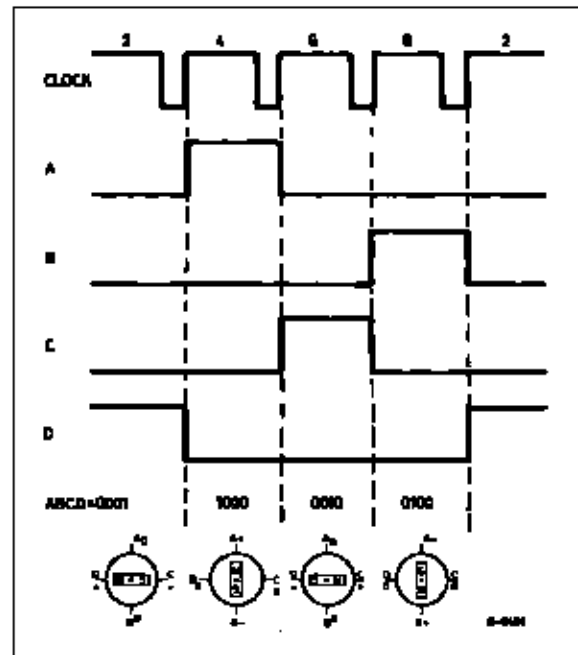


Figure 11: One-Phase-on (Wave Mode) Drive



RESET, ENABLE AND HOME SIGNALS

The **RESET** is an asynchronous reset input which restores the module to the home position (state 1 : ABCD = 0101). Reset is active when low.

The **HOME** output signals this condition and it is intended to be ANDed with the output of a mechanical home position sensor.

The **ENABLE** input is used to start up the module after the system initialization. ENABLE is active when high or unconnected.

MOTOR CURRENT REGULATION

The two bipolar winding currents are controlled by two internal choppers in a PWM mode to obtain good speed and torque characteristics. An internal oscillator supplies pulses at the chopper frequency to both choppers.

When the outputs are enabled, the current through the windings raises until a peak value set by I_{set} and R_{sense} (see the equivalent block diagram) is reached. At this moment the outputs are disabled and the current decays until the next oscillator pulse arrives.

The decay time of the current can be selected by the **CONTROL** input (pin 10). If the **CONTROL** input

is kept high or open the decay is slow, as shown in fig. 12, where the equivalent power stage of GS-D200, the voltages on A and B are shown as well as the current waveform on winding AB.

When the **CONTROL** input is forced low, the decay is fast as shown in fig. 13.

The **CONTROL** input is provided on GS-D200 and GS-D200S to allow maximum flexibility in application.

If the modules must drive a large motor that does not store much energy in the windings, the chopper frequency must be decreased: this is easily obtained by connecting an external capacitor between **OSC** pin and **GND1**.

In these conditions a fast decay (**CONTROL** LOW) would impose a low average current and the torque could be inadequate. By selecting **CONTROL** HIGH, the average current is increased thanks to the slow decay.

When the GS-D200S is used in the fast-decay mode it is recommended to connect external fast recovery, low drop diodes between each phase output and the supply return (**GND**). The slow-decay should be the preferred operating recirculation mode because of the lower power dissipation and low noise operations.

GS-D200/GS-D200S

Figure 12: Chopper Control with Slow Decay

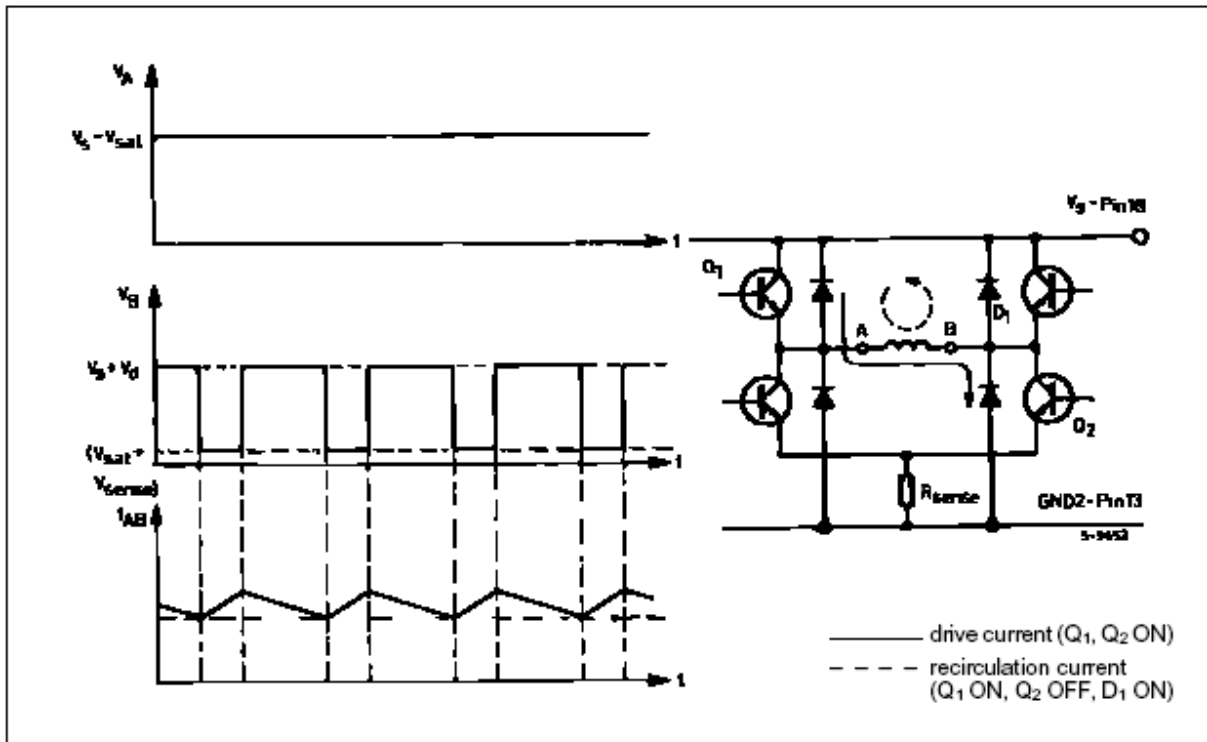
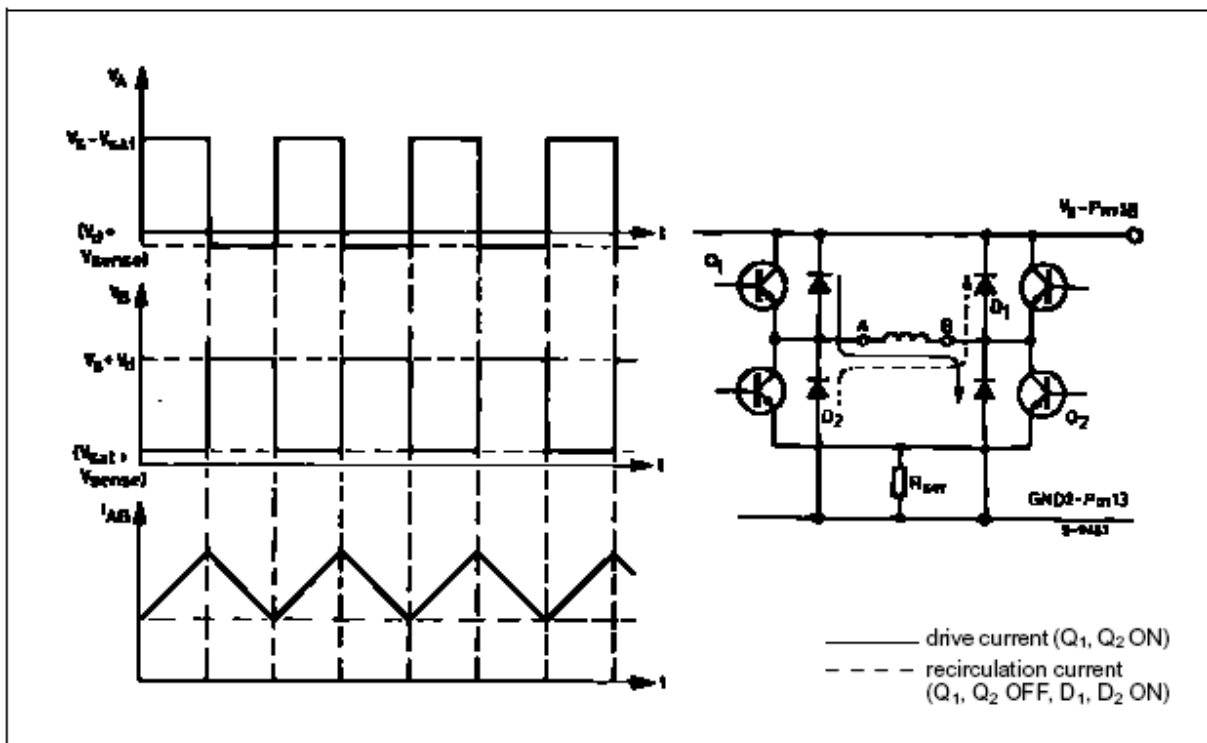


Figure 13: Chopper Control with Fast Decay



USER NOTES

Supply Voltage

The recommended operating maximum supply voltage must include the ripple voltage for the V_s rail, and a $5V \pm 5\%$ for the V_{ss} line is required.

The two supply voltages must to be correctly sequenced to avoid any possible erroneous positioning of the power stages. The correct power-up and power-down sequences are:

- Power-up
- 1) V_{ss} (5V) is applied with Enable = Low
 - 2) V_s (the motor supply voltage) is applied
 - 3) Enable is brought High
- Power-down
- 1) Enable is brought Low
 - 2) V_s is switched off
 - 3) V_{ss} is switched off.

Case Grounding

The module case is internally connected to pin 1 and 13. To obtain additional effective EMI shield, the PCB area below the module can be used as an effective sixth side shield.

Thermal Characteristics

The case-to-ambient thermal resistance of the GS-D modules is 5°C/W . This produces a 50°C temperature increase of the module surface for 10W of internal dissipation.

According to ambient temperature and/or to power dissipation, an additional heatsink or forced ventilation may be required. (See derating curves).

Supply Line Impedance

The module has an internal capacitor connected across the supply pins (18 and 13) to assure the circuit stability. This capacitor cannot handle high values of current ripple, and would be permanently damaged if the primary energy source impedance is not adequate.

The use of a low ESR, high ripple current $470\mu\text{F}$ capacitor located as close to the module as possible is recommended. Suitable units are the SPRAGUE type 672D, the SPRAGUE 678D, the RIFA type PEG 126 or any equivalent unit. When space is a limitation, a $22\mu\text{F}$ ceramic multilayer capacitor connected across the module input pins must be used.

Module Protections

The GS-D200 outputs are protected against occasional and permanent short-circuits of the output pin to the supply voltage. The GS-D200S outputs

are also protected against short circuits to ground and to another output. When the current exceeds the maximum value, the output is automatically disabled.

The GS-D200S protection is of the latching type, i.e. when an overload condition is detected the unit outputs are disabled. To restart the operations it is necessary to disable the unit (pin 11=Low) or to switch off the supply voltage for at least 100ms.

Motor Connection

The motor is normally quite far from the module and long cables are needed for connection. The use of a twisted pair cable with appropriate cross section for each motor phase is recommended to minimize DC losses and RFI problems.

Unused Inputs

All the GS-D200 and GS-D200S logic inputs have an internal pull-up, and they are high when unconnected.

Phase Current Programming

The output current of the GS-D200 is factory set to 1A while the GS-D200S has a standard 2A value. The phase current value can be changed by connecting an appropriate resistor between pin 9 and ground or V_{ss} (see fig. 14). In the first case the phase current will decrease, in the latter it will increase.

The maximum phase current must be limited to 2A for the GS-D200 and 2.5A for the GS-D200S to avoid permanent damage to the module.

GS-D200 phase current programming:

$$I > 1\text{A} \quad R_i = \frac{10 - I}{0.993 \cdot I - 1} = \text{k}\Omega \quad R_i \geq 8.2 \text{ k}\Omega$$

$$I < 1\text{A} \quad R_d = \frac{I}{1 - 0.993 \cdot I} = \text{k}\Omega$$

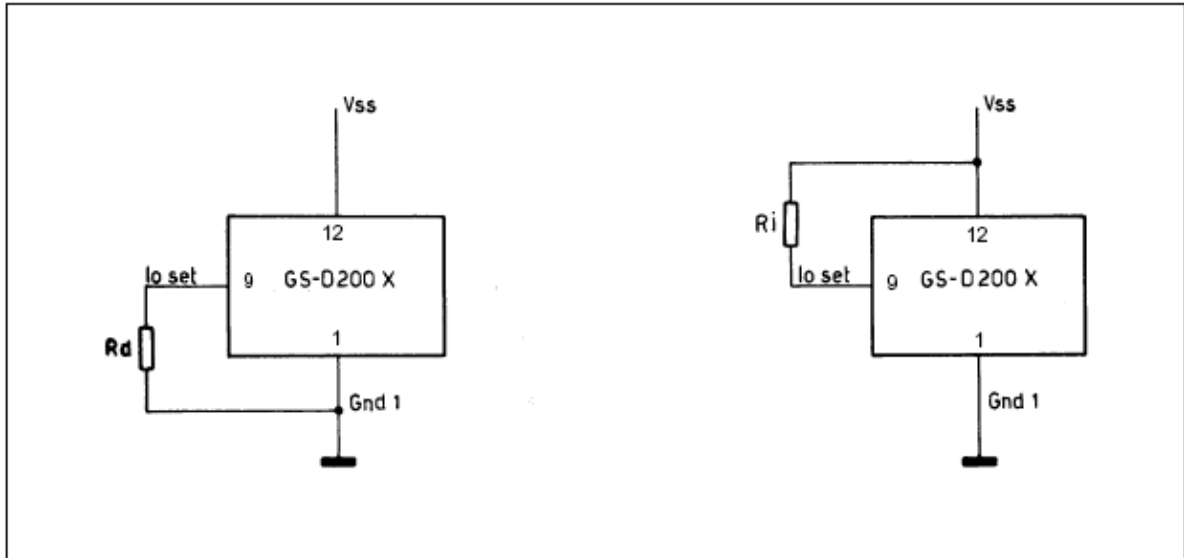
GS-D200S phase current programming:

$$I > 2\text{A} \quad R_i = \frac{10 - 0.33 \cdot I}{0.473 \cdot I - 1} = \text{k}\Omega \quad R_i \geq 50 \text{ k}\Omega$$

$$I < 2\text{A} \quad R_d = \frac{I}{3.03 - 1.43 \cdot I} = \text{k}\Omega$$

GS-D200/GS-D200S

Figure 14: GS-D200 and GS-D200S Phase Current Programming



Chopper Frequency Programming

The chopper frequency is internally set to 17kHz, and it can be changed by addition of external components as follows. To increase the chopper frequency a resistor must be connected between Oscillator (pin 8) and Vss (pin 12, see fig. 15). The resistor value is calculated according to the formula:

$$R_f = \frac{306}{f_c - 17} = k\Omega \quad \text{where } f_c = \text{kHz} \quad R_f \geq 18k\Omega$$

To decrease the chopper frequency a capacitor must be connected between Oscillator (pin 8) and Gnd1 (pin 1). The capacitor value is calculated according to the formula:

$$C_f = \frac{80.5 - 4.7f_c}{f_c} = \text{nF} \quad \text{where } f_c = \text{kHz}$$

Figure 15: Chopper Frequency Programming

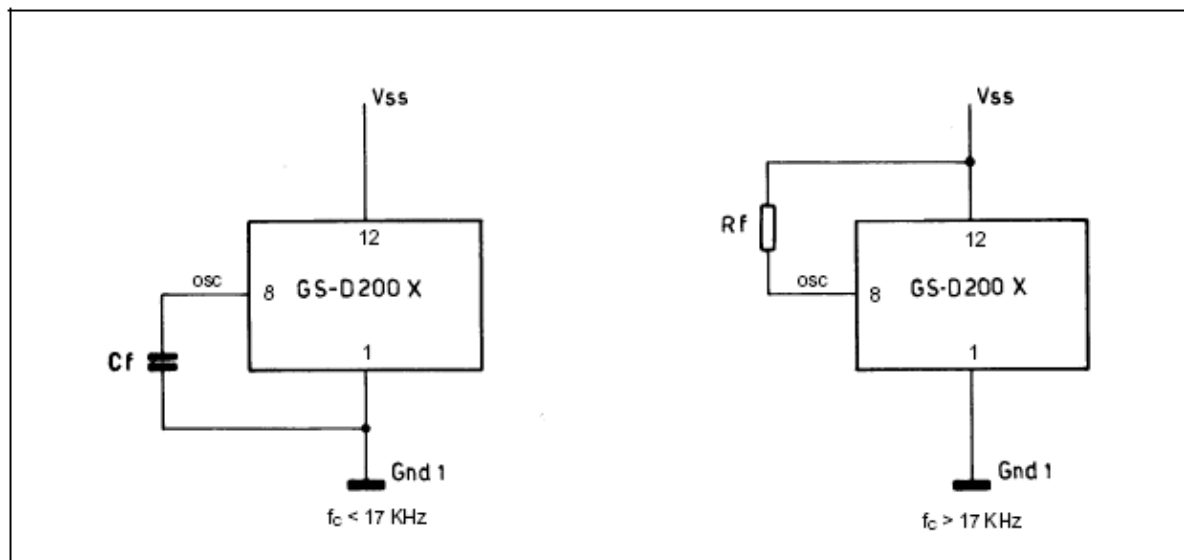


Figure 16: GS-D200 Free Air Derating Curve

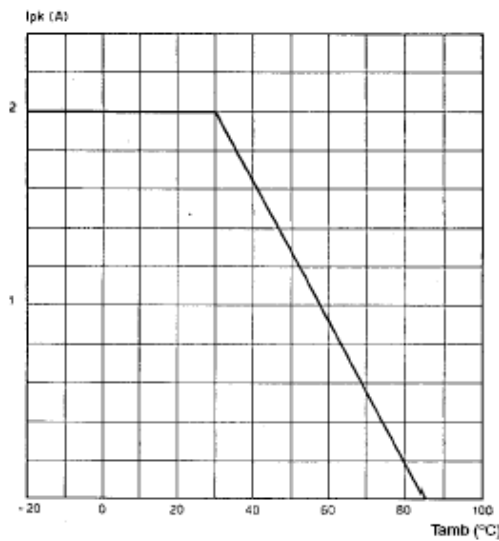
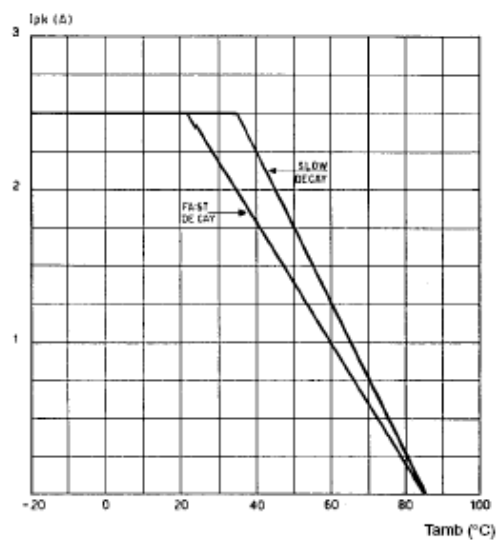


Figure 17: GS-D200S Free Air Derating Curve



MULTI MODULES APPLICATION

In complex systems, many motors must be controlled and driven. In such a case more than one GS-D200 or GS-D200 S must be used.

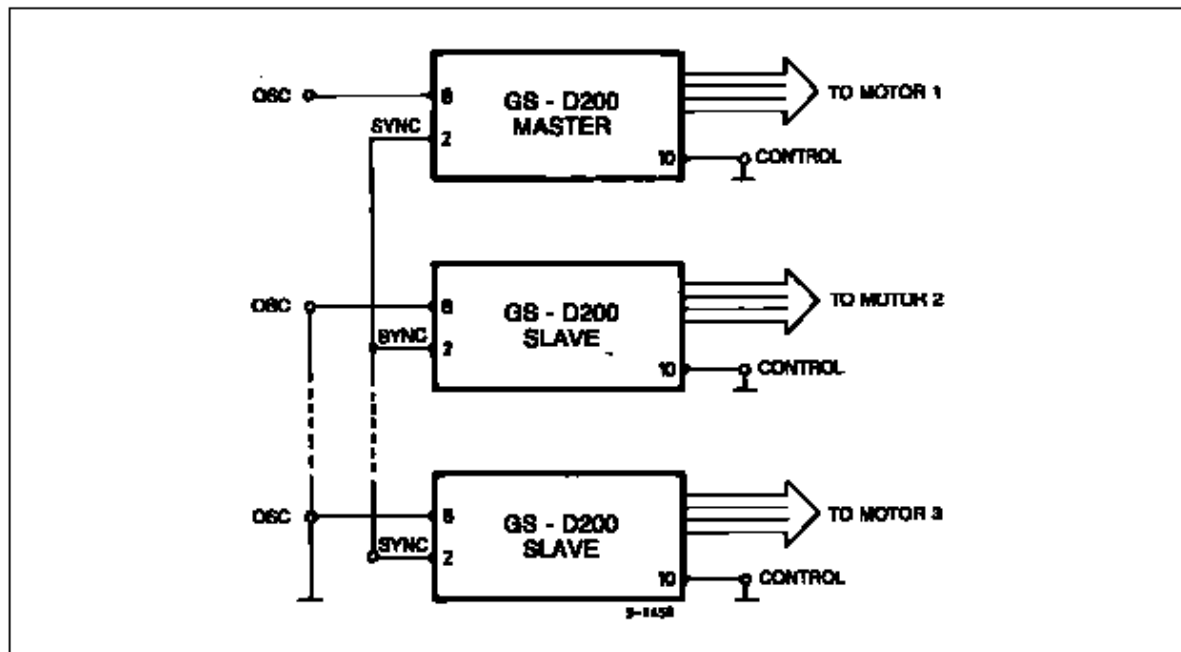
To avoid chopper frequencies noise and beats, all the modules should be synchronized.

If all the motors are relatively small, the fast decay may be used, the chopper frequency does not need

any adjustment and fig. 18 shows how to synchronize several modules.

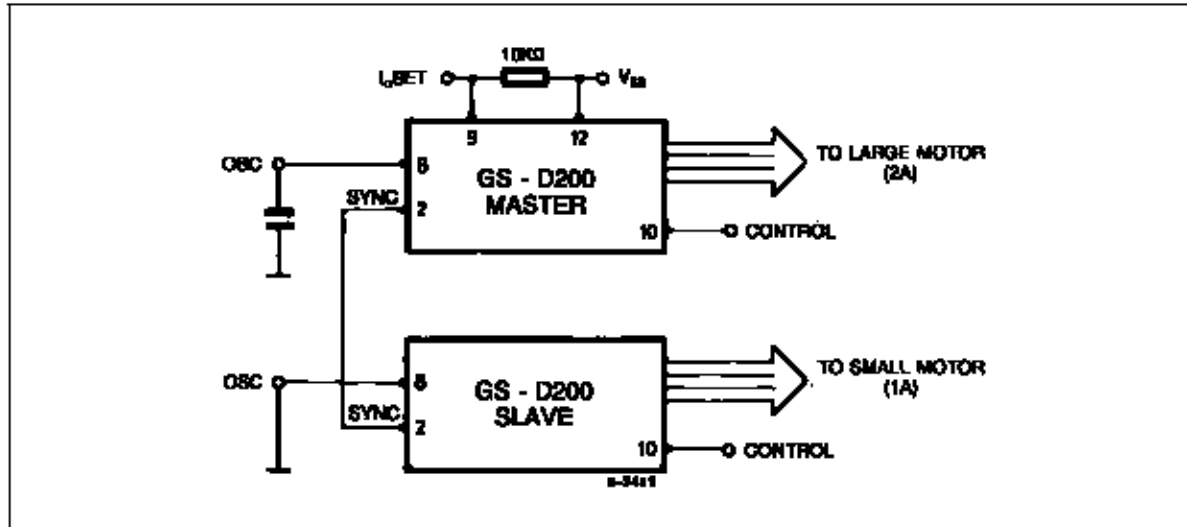
When at least one motor is relatively large a lower chopper frequency and a slow decay may be required: In such a case the overall system chopper frequency is determined by the largest motor in the system as shown in fig. 19.

Figure 18: Multimotor Synchronization. Small Motor and Fast Current Decay



GS-D200/GS-D200S

Figure 19: Multimotor Synchronization. Large and Small Motor. Slow Current Decay



THERMAL OPERATING CONDITIONS

In many cases the modules do not require any additional cooling because the dimensions and the shape of the metal box are studied to offer the minimum possible thermal resistance case-to-ambient for a given volume.

It should be remembered that these modules are a power device and, depending on ambient temperature, an additional heat-sink or forced ventilation or both may be required to keep the unit within safe temperature range. ($T_{case\max} < 85^\circ\text{C}$ during operation).

The concept of maximum operating ambient temperature is totally meaningless when dealing with power components because the maximum operating ambient temperature depends on how a power device is used.

What can be unambiguously defined is the case temperature of the module.

To calculate the maximum case temperature of the module in a particular applicative environment the designer must know the following data:

- Input voltage
- Motor phase current
- Motor phase resistance
- Maximum ambient temperature

From these data it is easy to determine whether an additional heat-sink is required or not, and the relevant size i.e. the thermal resistance.

The step by step calculation is shown for the following example (GS-D200).

$V_{in} = 40\text{ V}$, $I_{phase} = 1\text{ A}$, R_{ph} Phase resistance = 10Ω , max. $T_A = 50^\circ\text{C}$

- Calculate the power dissipated from the indexer logic and the level shifter (see electrical characteristics):

$$P_{logic} = (5\text{ V} \cdot 60\text{ mA}) + (40\text{ V} \cdot 20\text{ mA}) = 1.1\text{ W}$$

- Calculate the average voltage across the winding resistance:

$$V_{out} = (R_{ph} \cdot I_{out}) = 10\Omega \cdot 1\text{ A} = 10\text{ V}$$

- Calculate the required ON duty cycle (D.C.) of the output stage to obtain the average voltage (this D.C. is automatically adjusted by the GS-D200):

$$D.C. = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{10}{40} = 0.25$$

- Calculate the power dissipation of the GS-D200 output power stage. The power dissipation depends on two main factors:

- the selected operating mode (FAST or SLOW DECAY)
- the selected drive sequence (WAVE, NORMAL, HALF STEP)

FAST DECAY. For this mode of operation, the internal voltage drop is $V_{sat\text{source}} + V_{sat\text{sink}}$ during the ON period i.e. for 25 % of the time.

During the recirculation period (75 % of the time), the current recirculates on two internal diodes that have a voltage drop $V_d = 1\text{ V}$, and the internal sense resistor (0.5Ω). For this example, by assuming maximum values for conservative calculations, the power dissipation during one cycle is:

$$P_{pw} = 1.1 \cdot [2 V_{sat} \cdot I_{ph} \cdot D.C. + 2 V_d \cdot I_{ph} \cdot (1 - D.C.) + 0.5 \cdot I_{ph}^2]$$

$$P_{pw} = 1.1 \cdot [2 \cdot 1.8 \cdot 1 \cdot 0.25 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.75 + 0.5 \cdot 1]$$

$$P_{pw} = 1.1 \cdot [0.9 + 1.5 + 0.5] = 3.19 \text{ W}$$

The factor 1.1 takes into account the power dissipation during the switching transient.

SLOW DECAY. The power dissipation during the ON period is the same. The RECIRCULATION is made internally through a power transistor ($V_{satsink}$) and a diode. The power dissipation is, therefore:

$$P_{pw} = 1.1 \cdot [2 \cdot V_{sat} \cdot I_{ph} \cdot D.C. + (V_{sat} + V_d) \cdot I_{ph} \cdot (1 - D.C.)]$$

$$P_{pw} = 1.1 \cdot [2 \cdot 1.8 \cdot 1 \cdot 0.25 + (1.8 + 1) \cdot 1 \cdot 0.75]$$

$$P_{pw} = 1.1 \cdot [0.9 + 2.1] = 3.3 \text{ W}$$

WAVE MODE. When operating in this mode the power dissipation is given by values of FAST and SLOW DECAY mode, because one phase is energized at any given time.

NORMAL MODE. At any given time, two windings are always energized. The power dissipation of the power output stage is therefore multiplied by a factor 2.

HALF STEP. The power sequence, one-phase-on, two-phase-on forces the power dissipation to be 1.5 times higher than in WAVE MODE when the motor is running. In stall condition the worst case for power dissipation is with two-phase-on i.e. a power dissipation as in NORMAL MODE.

The following table summarizes the power dissipations of the output power stage of the GS-D200 when running for this example:

	Wave	Normal	Half Step
Fast Decay	3.19 W	6.38 W	6.38 W
Slow Decay	3.30 W	6.60 W	6.60 W

● Calculate the total power dissipation for the GS-D200 :

$$P_{tot} = P_{logic} + P_{pw}$$

In this example, for slow decay and normal mode

$$P_{tot} = 1.1 + 6.6 = 7.7 \text{ W}$$

● The case temperature can now be calculated:

$$T_{case} = T_{amb} + (P_{tot} \cdot R_{th}) = 55 + (7.7 \cdot 5) = 93.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

● If the calculated case temperature exceeds the maximum allowed case temperature, as in this example, an external heat-sink is required and the thermal resistance can be calculated according to:

$$R_{th_{tot}} = \frac{T_{cmax} - T_{amb}}{P_{tot}} = \frac{85 - 55}{7.7} = 3.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

and then

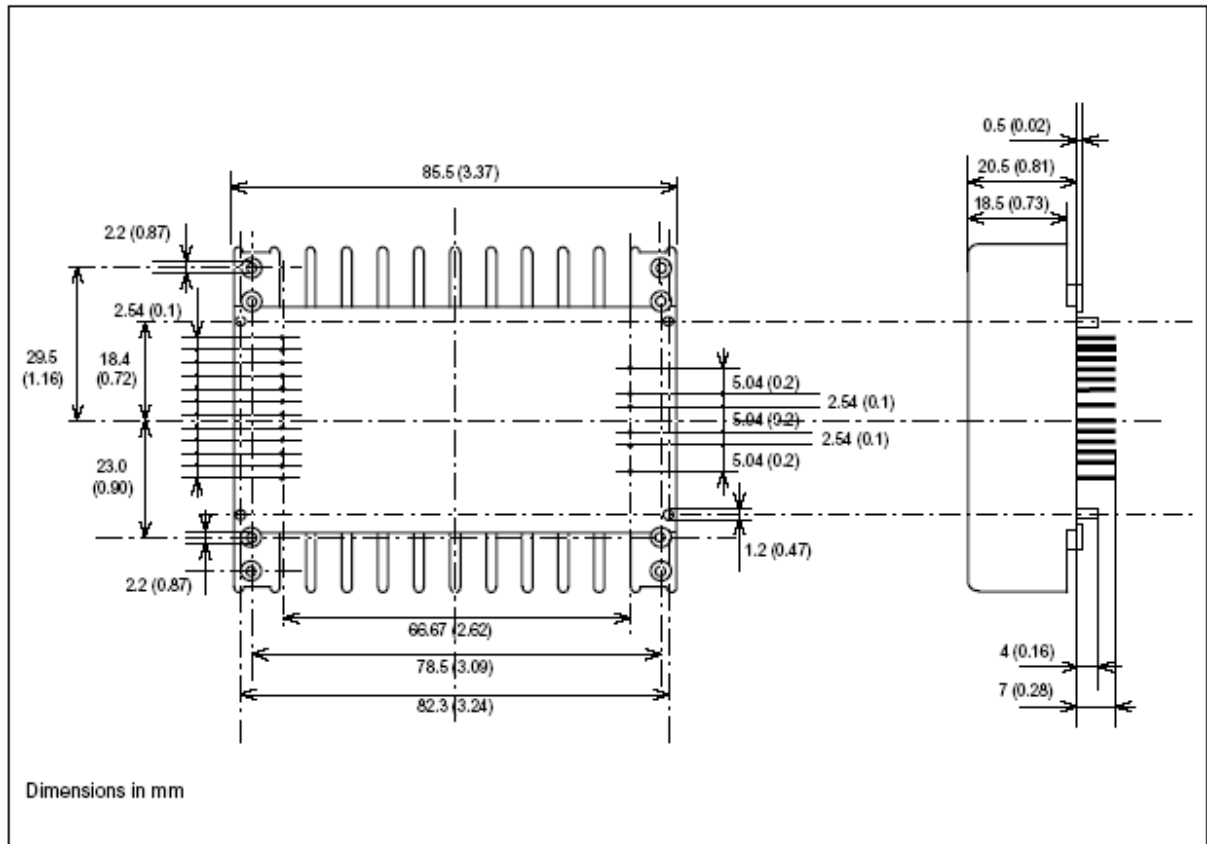
$$R_{th_{hs}} = \frac{R_{th} \cdot R_{th_{tot}}}{R_{th} - R_{th_{tot}}} = \frac{5 \cdot 3.9}{5 - 3.9} = 17.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

The following table gives the thermal resistance of some commercially available heat-sinks that fit on the GS-D200 module.

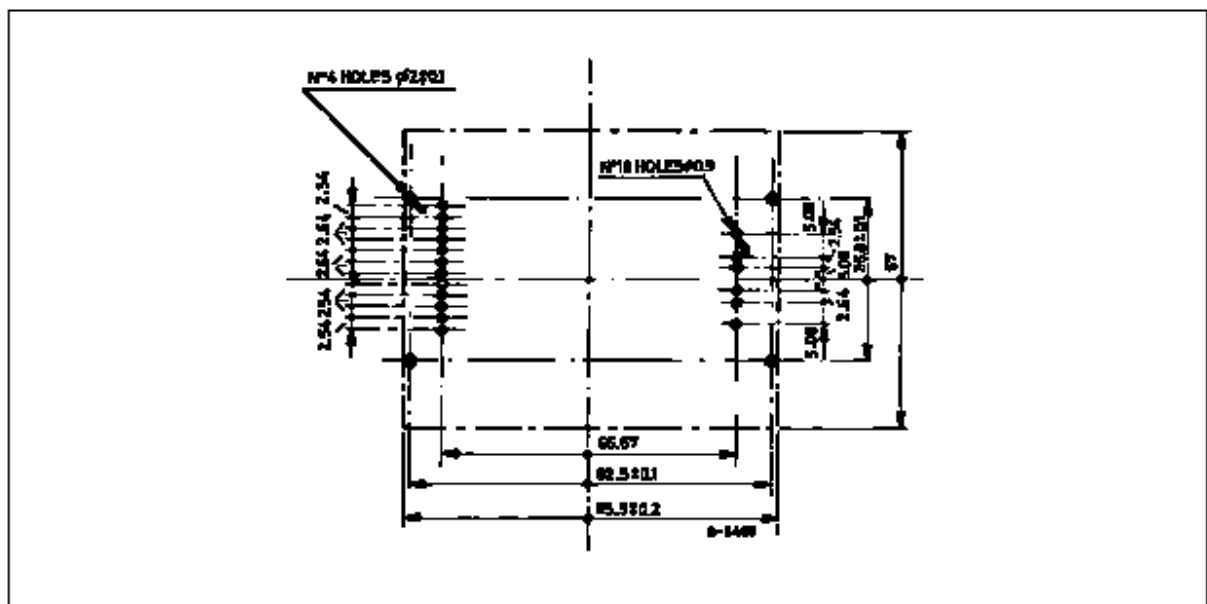
Manufacturer	Part Number	R_{th} ($^{\circ}\text{C/W}$)	Mounting
Thermalloy	6177	3	Horizontal
Thermalloy	6152	4	Vertical
Thermalloy	6111	10	Vertical
Fischer	SK18	3	Vertical
Assman	V5440	4	Vertical
Assman	V5382	4	Horizontal

GS-D200/GS-D200S

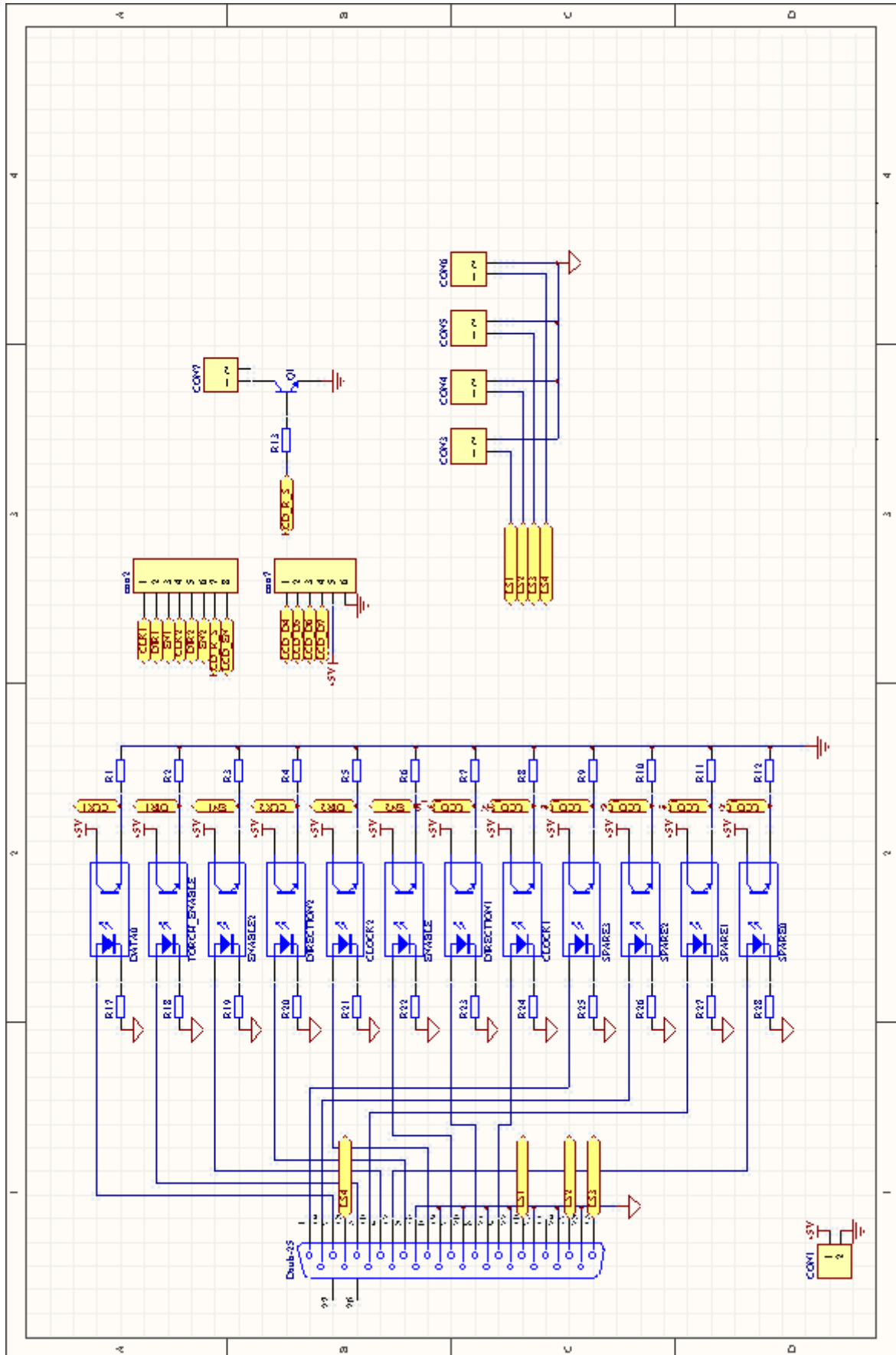
MECHANICAL DATA



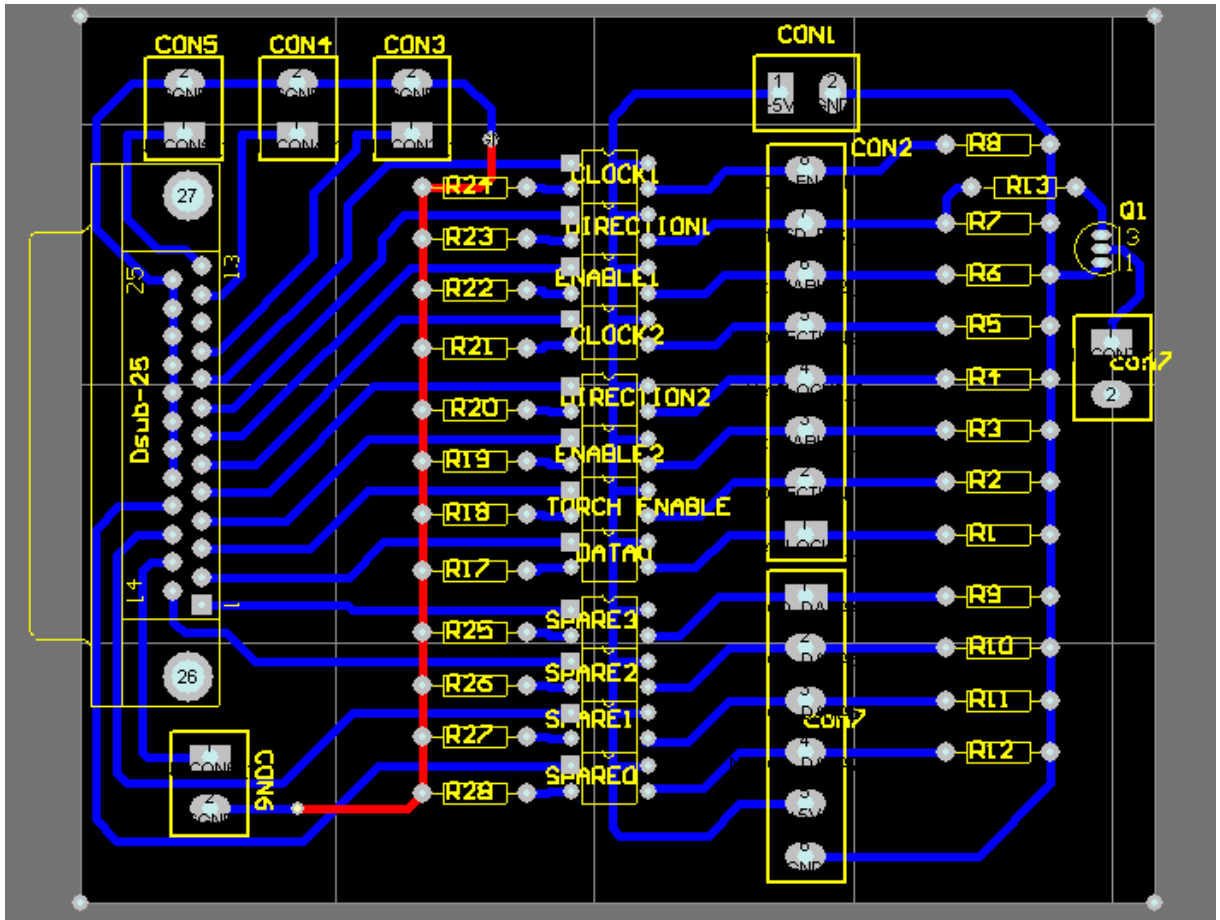
MOTHER BOARD LAYOUT



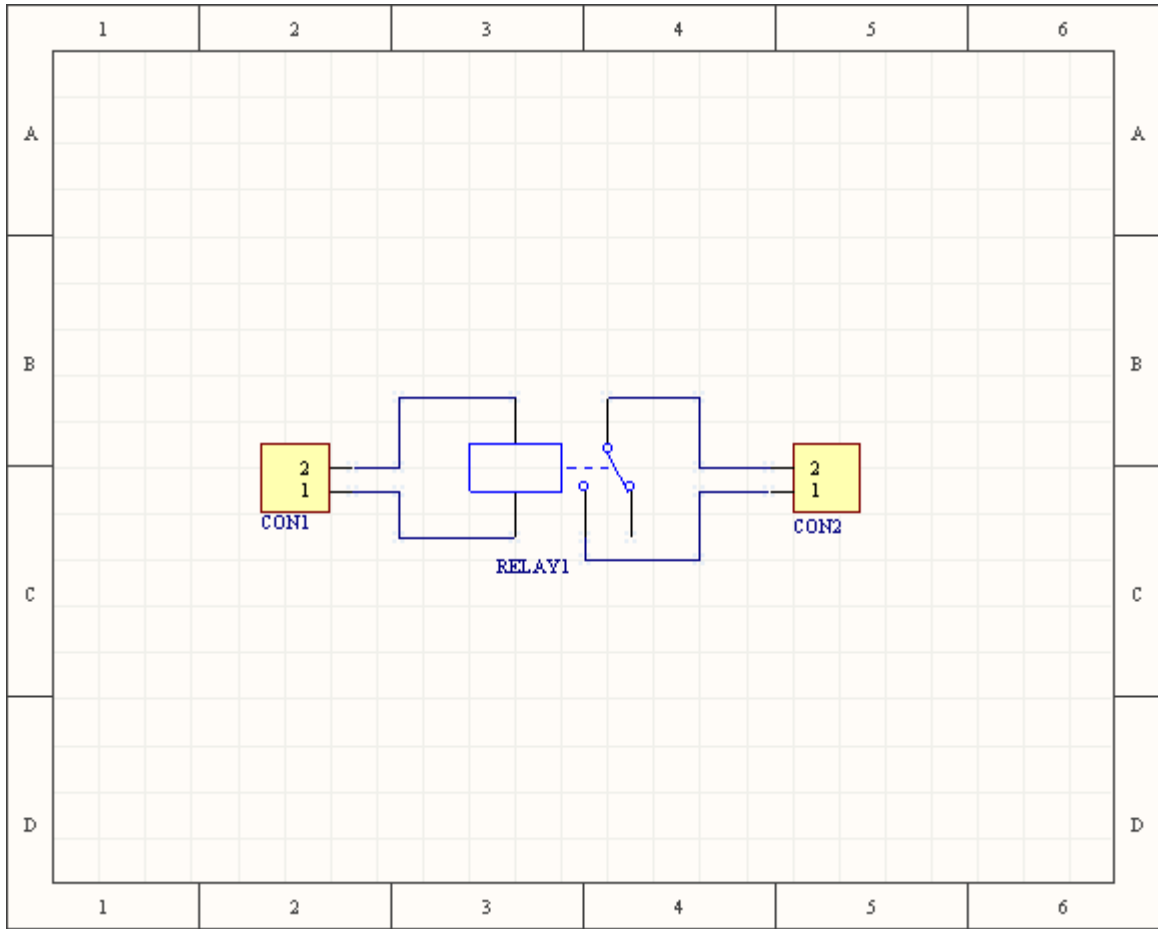
Ek 4 Kontrol Kartı Devre Şeması

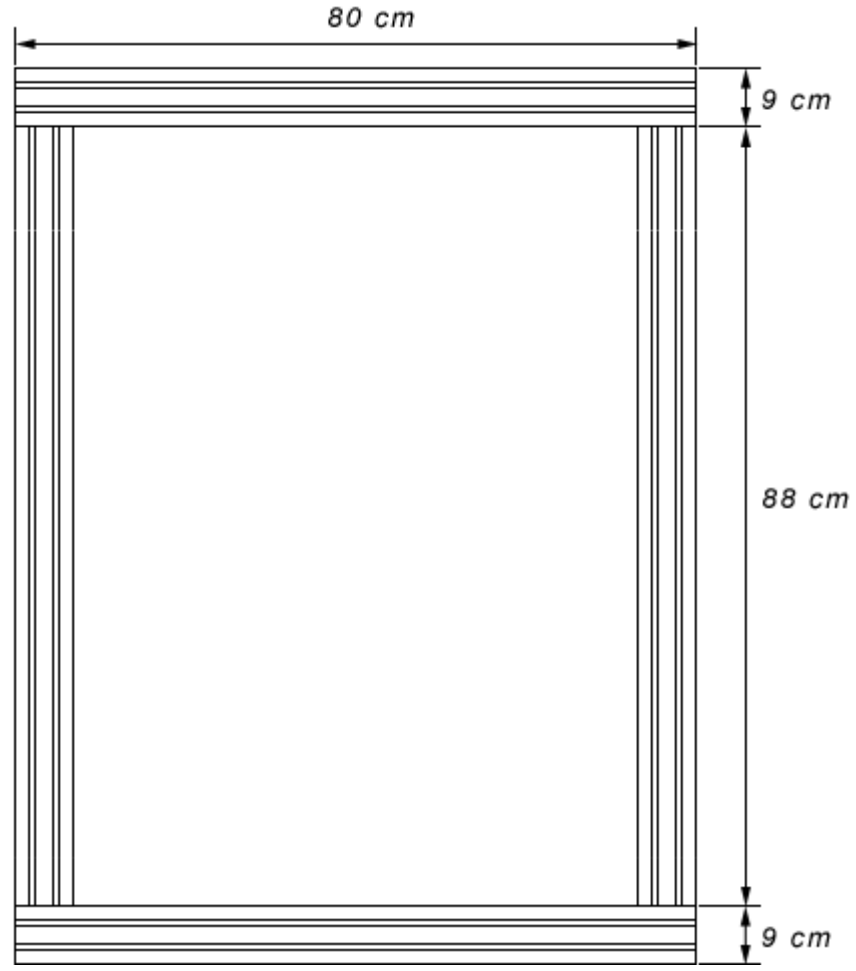


Ek 5 Kontrol Kartı Baskı Devresi

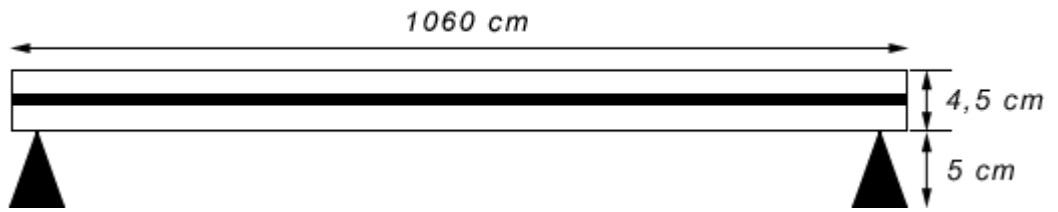


Ek 6 Kaynak Torcu Tetik Devresi Şeması

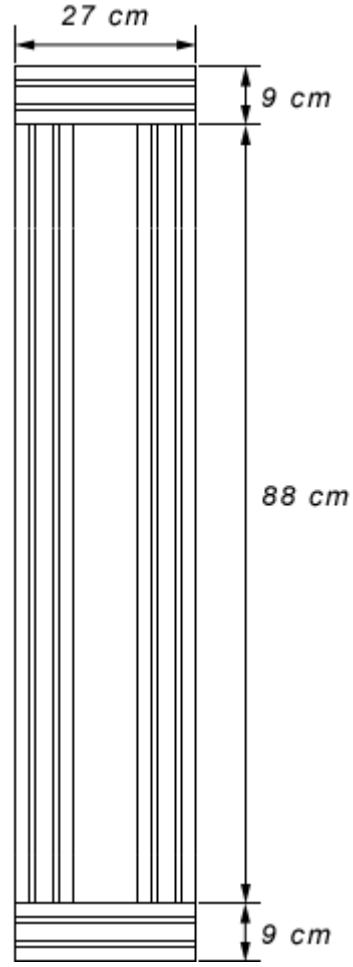


Ek 7 Mekanik Sistemin Boyutları

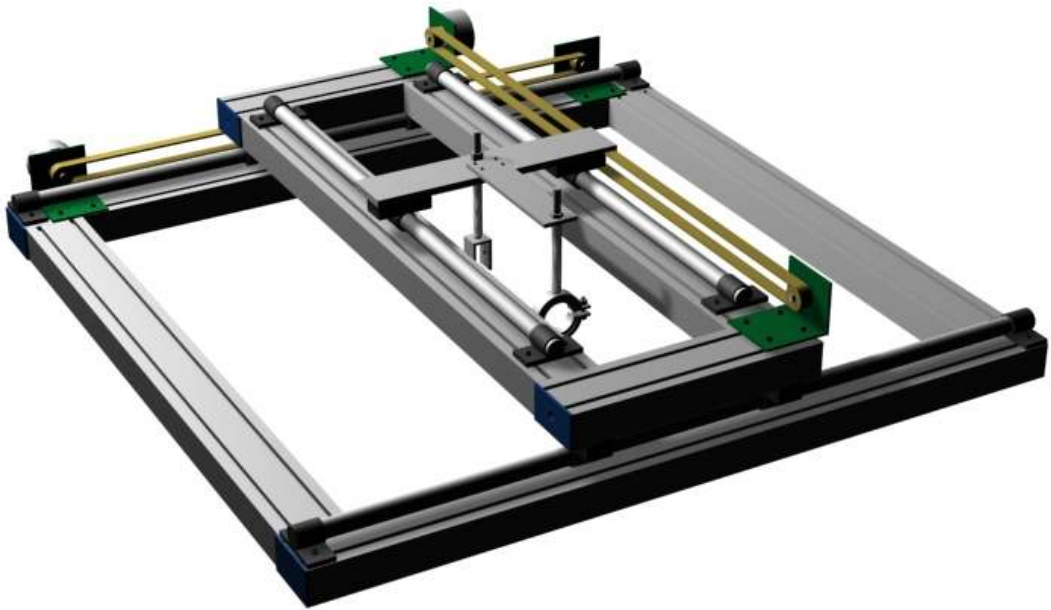
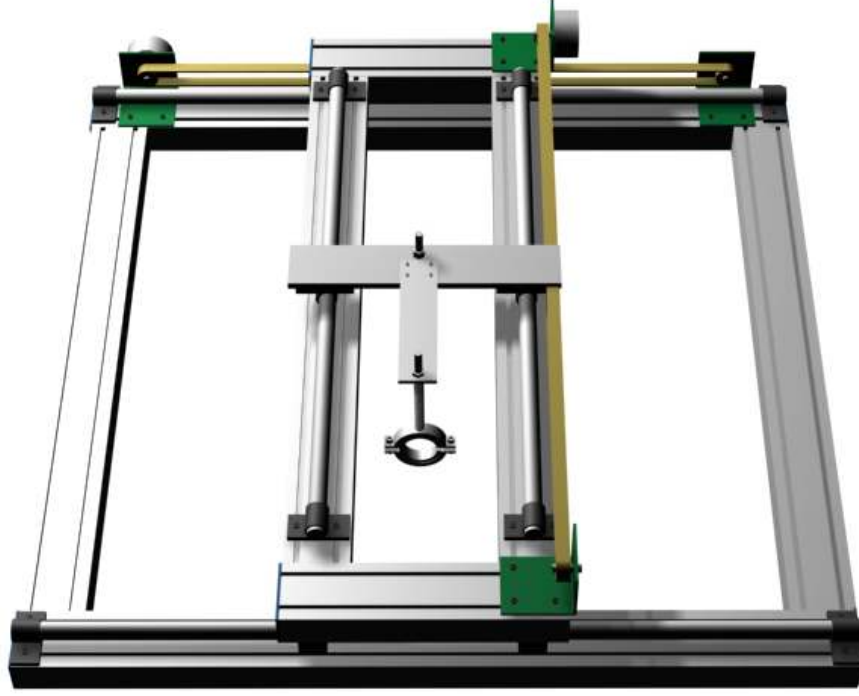
Şekil Ek 7.1 Alt Tabla Üstten Görünüm

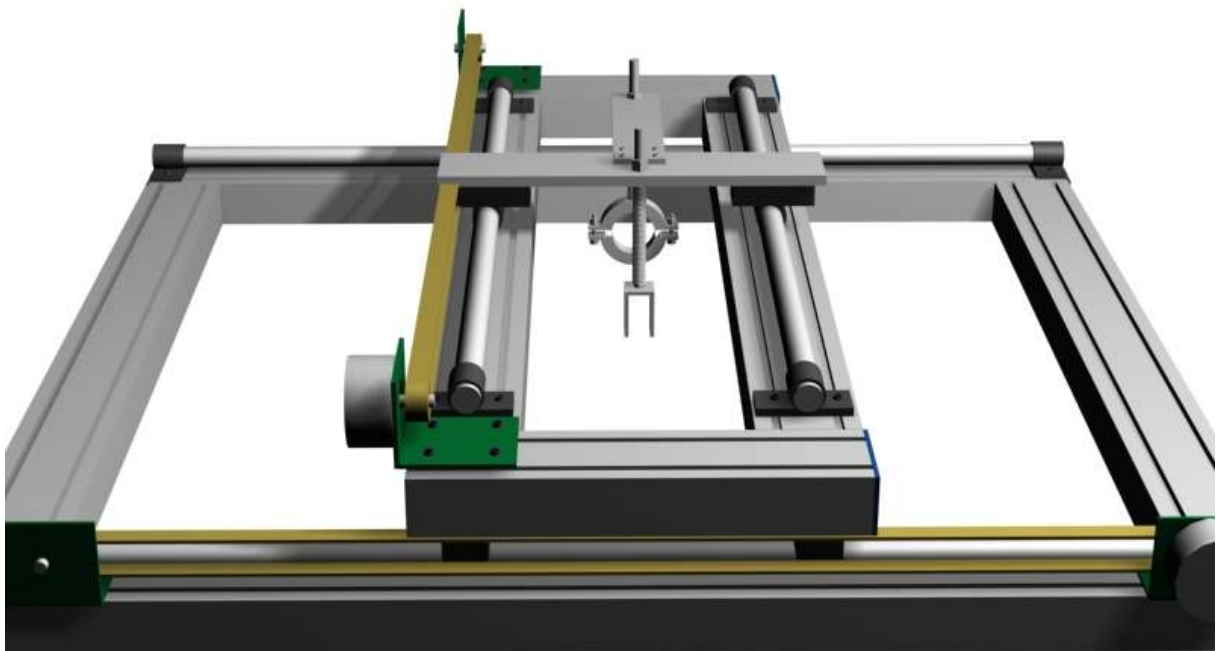
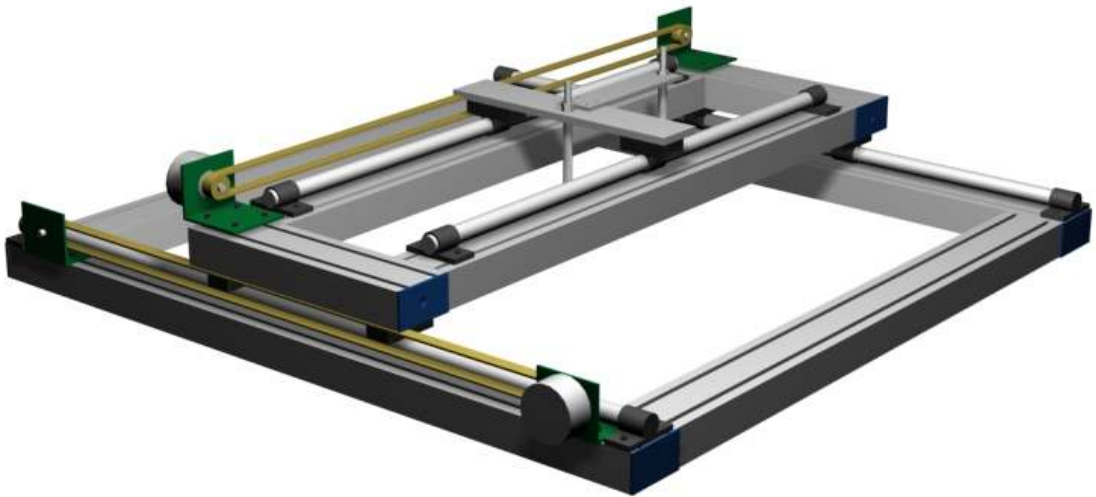


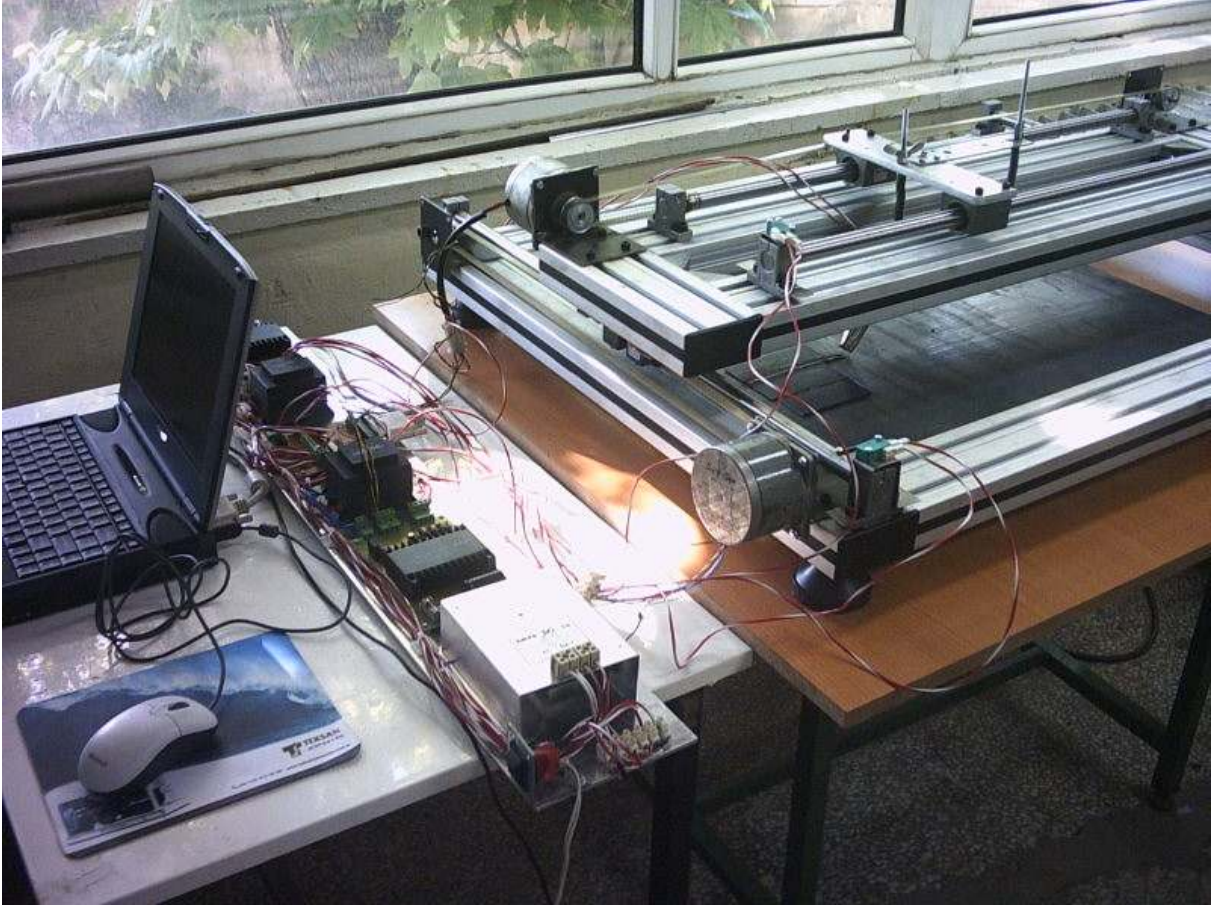
Şekil Ek 7.2 Alt Tabla Yandan Görünüm

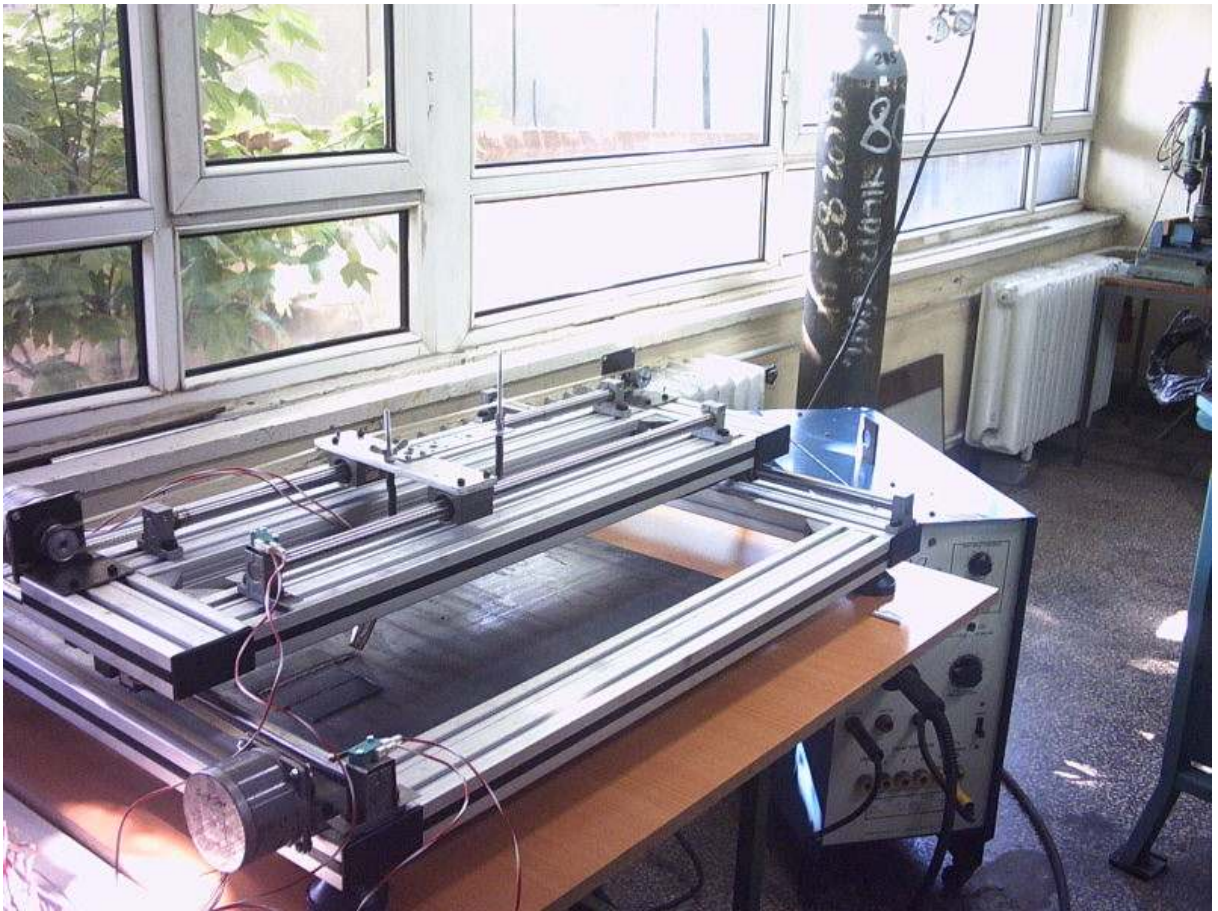


Üst Tabla Üstten Görünüm

Ek 8 Mekanik Sistemin 3 Boyutlu Katı Modeli



Ek 9 Sistem Fotoğrafları



Ek 10 Kaynak Uygulamalarının Radyografik Test Raporu

MÜŞTERİ/CUSTOMER Y.T.U. TEZ		RADYOGRAFİK TEST RAPORU RADIOGRAPHIC TEST REPORT		 RADYOGRAFİK, ULTRASES, PASİFİK, YEREL, HİSTORİK FOTOGRAFİK TEKNİK N.D.T. GÖZETİM DANIŞMANLIK HİZMETLERİ SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ. TEKNİK NDT																
İŞ/JOB NO: TEST		RAPOR/REPORT NO: 2004-RT-001		Tarih / Date : 15 / 06 / 2005 Sayfa / Page : 1/1																
TEST SONUCU / TEST RESULTS																				
Sıra No	Kaynak Weld No	Kaynakçı Welder No	Boyutlar Dimensions	Çap Diameter	Notlar Remarks	Hata Tipi Defect Type DIN 8524								IQI	FİRMA			MÜŞAVİR		
						Yoğunluk	Aa	Ab	Ba	Bb	C	D	Ea		Eb	A	Na	Re	A	Na
1	08/16 104 7E 2-4	YT 11	10x16										13							
2	"	YT 2	10x16										"							
3	"	YT 3	10x16										"							
Kısaltmalar/Abbreviations Aa : Gözenek/Pores Ab : Borucuk/Wormholes Ba : Curuf Kalıntısı/Slag Inclusion (Tek/Isolated) Bb : Curuf Kalıntısı/Slag Inclusion (Sıralı/Continued) D : Kök Hatası/Root Defect Ea : Boyuna Çatlak/Long Crack Eb : Enine Çatlak/Trans. Crack A : Kabul/Accepted Na : Red/Unacceptable Re : Yeniden Çekim Re-exposure						TEKNİK NDT HİZMETLERİ Bakiye Pasajı / Şİ Yayıncı						MÜŞTERİ/CUSTOMER OTORİTE/AUTHORITY TEKNİK N.D.T. ŞTİ. 04.06.2005 090 412 3176 010 33 31								

Ek 11 Kaynak Uygulamalarının Röntgenleri

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 14.12.1978

Doğum yeri İstanbul

Lise 1989–1996 Özel Kültür Lisesi

Lisans 1998–2002 İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fak.
Elektrik Elektronik Mühendisliği BölümüYüksek Lisans 2003– Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, Makine Teorisi ve Kontrol**Çalıştığı kurum(lar)**

11.2000–01.2004	Netropol Yazılım Bilişim Danışmanlık Ltd. Şti.
01.2004–10.2005	Datakom Elektronik Ltd.
10.2005-Devam Ediyor	Promet A.Ş.