

29114

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KLASİK SAC KIVIRMA MAKİNASININ
FARKLI EĞRİLİK YARIÇAPINA SAHİP TANKLARI
OTOMOTİK OLARAK İMAL EDECEK ŞEKİLDE
GELİŞTİRİLMESİ

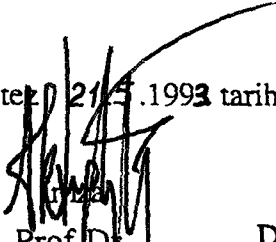
H. Selçuk HALKACI
DOKTORA TEZİ
MAKİNA ANABİLİM DALI
Konya, 1993

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KLASİK SAC KIVIRMA MAKİNASININ
FARKLI EĞRİLİK YARIÇAPINA SAHİP TANKLARI
OTOMATİK OLARAK İMAL EDECEK ŞEKİLDE
GELİŞTİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Bu tez 21.5.1993 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.


Prof.Dr.
Akbay Tuğan GÖKÇE
(Danışman)

İmza
Doç.Dr. Baki KARAMIŞ



İmza
Doç. Dr. Ali ÜNÜVAR



ÖZET

Bu çalışmanın amacı, gelişigüzel tankların üretiminde; sac levhalardan standart parçalar elde etme problemini çözmek, zamandan ve işçilikten tasarruf sağlamak ve mikroişlemci kontrollü tezgahların üretiminde S.Ü.Makina Mühendisliği Bölümü'nün tecrübe birikimini artırmaktır.

Prototip imalatı gerçekleştirilen makina ile, eğrilikleri hep aynı işaretli olmak şuru ile herhangi bir profildeki tank gerekli toleranslar içerisinde imal edilebilmektedir. Daha önce Bölüm Laboratuvarları'nda tasarım ve imalatı gerçekleştirilen karşı ağırlıklı bir sac kıvrırma makinasının el kontrollü olan eğrilik ayar silindiri bu projede bir elektrik motoru ile tahrik edilmiştir. Makinada otomasyonu sağlamak için hazır bir bilgisayar kullanma yerine özel olarak geliştirilen bir mikroişlemci ünitesi kullanılmıştır. Mikroişlemciye bilgiler bu iş için imal edilen 16 tuşlu klavyeden onluk sistemde girilmektedir. İstenilen profillerin elde edilmesi için aynı anda en fazla 99 farklı eğrilik yarıçapı ve yay uzunluk değeri hafıza tarafından saklanmaktadır. Silindirlerin buldukları konumlar lineer ve döner cetveller tarafından ölçülmektedir. Mikroişlemci ünitesi, cetvellerden alınan değerlerle operatör tarafından girilen değerleri kontrol ederek silindirlerin hareketlerini sağlayan AC motorlara kumanda etmektedir.

Sonuç olarak bir defaya mahsus girilen değerlerle aynı profilde bir çok sac hatasız olarak kıvrılabilmektedir.

ABSTRACT

The purpose of this study is to obtain the standard parts which can have any form in the manufacturing of oil tanks from iron plates, to decrease the production time and the cost of labour, and also increase the manufacturing experience in microprocessor controlled machines of Mechanical Engineering Department of S.Ü.

The production of formed tanks requiring necessary tolerances have been achieved as prototype which manufactured by the researcher at the Department Laboratories. In this study, a counter weight roll bending machine is developed for automatic control by changing the hand-operated ring which adjust the position of the rear cylinder into an AC motor operated one. Instead of the using of an assembled computer, a microprocessor controlled unit has been developed for controlling of the machine. The information as in decimal system has been fed into microprocessor by using specially produced keyboard which has 16 keys. The memory of the unit can save up to 99 different radiuses and curve lengths belongs to profile which wanted to be produced. The positions of the cylinders are determined by linear and revolver optical encoders. The microprocessor unit compares the information have been fed by operator thus sends instructions to motors which drive cylinders.

As a result of this project, the information have been fed once, will results the many production in the same profile without any error.

ÖNSÖZ

Bu çalışmaya başlandığında sanayide imal edilen akaryakıt tankerlerinin depolarının imalatında standart profiller elde eden bir makina tasarımı hedeflenmişti. Başlangıçta basit bir otomasyon düşünülmesine rağmen sonradan bu otomasyonun ancak mikro işlemci kontrollü bir tezgahla yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Bana böyle bir projede çalışma imkanı tanıyan danışmanım Prof. Dr. Akbay Tuğan GÖKÇE beye teşekkür ederim.

Projenin finansmanı; önceleri S.Ü.Araştırma fonu'ndan sonra da S.Ü.Müh.Mim.Fakültesi tarafından ve araştırmacının kendi imkanları ile sağlanmıştır. Bu sebeple adigeçen kuruluşlara teşekkürlerimi sunarım.

Projenin mekanik kısmının dizaynı ve imalatı tamamen araştırmacıya ait iken elektronik devre tasarım ve imalatı İlhan ŞEN, makina dili ile yazılan bilgisayar programları Bilgisayar Müh. Mehmet YOBAŞ, elektrik panosu da Makina Müh. Bölümü'nde uzman olarak çalışan Elektrik Müh. Osman Sami GÜVEN tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı yukarıda sayılan işlerin tüm safhalarında çalışmış ve bunların koordinasyonunu sağlamıştır. Böylece güzel bir ekip çalışması sergilenmiştir. Bu sebeple yukarıda adı geçen şahıslara teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışma sonunda S.Ü.Müh.Mim.Fak.Makina Müh. Bölümü'nün imkanları kullanılarak mikro işlemci kontrollü bir makinanın tasarım ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

H. Selçuk HALKACI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER	vi
1 GİRİŞ	1
1.1 Problemin Takdimi	1
1.2 Literatür Araştırması	2
2 SAC KIVIRMA MAKİNALARININ SİSTEMATİK OLARAK İNCELENMESİ	4
2.1 Klasik Sac Kıvrıma Makinalarının Çalışma Prensibi	4
2.2 Otomasyon İçin Kontrol Edilmesi Gereken Büyüklüklerin Tesbiti	5
3 TASARIM ALTERNATİFLERİ ve SEÇİLEN ÇÖZÜM	8
3.1 Elektromekanik düğmelerle Kontrol	8
3.2 Elektrohidrolik Devre Elemanları İle Kontrol	10
3.3 Mikro İşlemci İle Kontrol	11
4 İMAL EDİLEN MAKİNANIN ÇALIŞMA PRENSİBİ	13
4.1 Makinanın Mikro İşlemci İle Kontrolü	13
4.2 Makinanın El İle Kontrolü	16

5	KONTROL ÜNİTESİNİN TANITIMI	18
5.1	Mikro İşlemcinin Gerekliliği	18
5.2	Mikro İşlemci Ünitesinin Belirlenmesi	18
5.3	Mikroişlemcinin Seçimi	19
5.4	Elektronik Kontrol Devrelerinin Tanıtımı	19
5.5	Mikro İşlemci Programları	24
5.5.1	Monitör programı	25
5.5.2	Editör programı	26
5.5.3	Çalıştırma programı	26
5.5.4	İlk değer atama programı	28
6	GERİ YAYLANMA TEORİSİ	31
6.1	Sac Kıvrırma Makinalarında Eğrilik Yarıçapı İle İlgili Geometrik Bağıntılar	31
6.2	Tanım ve Temel Kabuller	32
6.3	Geri yaylanma Faktörünün Teorik Olarak Bulunması	34
7	KIVIRMADA VERİ HAZIRLAMA İŞLEMİ	40
7.1	Kıvrılacak Profile Ait Verilerin Tesbiti	40
7.2	Örnek Bir Profile Ait Verilerin Hesaplanması	42
8	SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	44
	KAYNAKLAR	45
	EK-1 ELEKTRONİK DEVRE ŞEMALARI VE BASKILI DEVRE FİMLERİ	48
	EK-2 MİKROİŞLEMCİ PROGRAMLARI	57
	EK-3 15 KADEMELİ BİR PROFİL İÇİN ÖRNEK VERİLER	72

SİMGELER

- S_i : i numaralı düğme
- θ : Kıvrılan sacın eğrilik ayar silindirine dokunduğu noktadaki eğrilik yarıçapının düşeyle yaptığı açı
- R_1 : Geri yaylanmadan önceki eğrilik yarıçapı
- R_2 : Geri yaylanmadan sonraki eğrilik yarıçapı
- α : Eğrilik ayar silindirinin kılavuz yatakları ile düşey arasındaki açı
- t : İş parçası kalınlığı
- a : Eğrilik ayar silindirinin herhangi bir konumunda bu silindir eksenini ile tahrik silindirleri eksenlerinin oluşturduğu düzlem arasındaki yatay mesafe
- a_0 : Sacın yatay konumda olması durumundaki a mesafesi
- K : Geri yaylanma faktörü
- d_1 : Üst tahrik silindiri çapı
- d_2 : Eğrilik ayar silindiri çapı
- c : Eğrilik ayar silindir eksenini ile üst tahrik silindir eksenini arasındaki düşey mesafe
- c_0 : Sacın yatay konumda olması durumundaki c mesafesi
- X : Kıvrılacak profildeki eğrilik yarıçapını elde etmek için bilgisayara girilecek büyüklük
- M : Moment
- σ_a : Akma mukavemeti
- ε : Birim uzama
- E : Elastikiyet modülü
- y : Eğilmede gözönüne alınan yüzeyin nötr yüzeye uzaklığı
- R motor : Eğrilik ayar silindirinin konumunu belirleyen motor
- L motor : Tahrik silindirlerini hareket ettiren motor

1 GİRİŞ

1.1 Problemin Takdimi

Sanayide imal edilen silindirik tanklar dışındaki tanklara form verme işlemi güçlükle yapılmaktadır. Ayrıca elde edilen tank profilleri de birbirlerine uymamaktadır. Mesela akaryakıt tankerlerinin depoları birer metre enindeki saclardan birkaç tanesi yanyana kaynak edilerek imal edilmektedir. Bunların imalatında genellikle klasik sac kıvrırma makinaları kullanılmakta ve değişik eğriliklere geçiş için ya eğrilik ayar silindirinin konumu el becerisi ile kabaca temin edilmekte ya da farklı eğriliklere sahip parçalar ayrı ayrı imal edilerek sonradan kaynak yapılarak birleştirilmektedir. Bu iki imalat tarzında da elde edilen profiller farklı olmakta ve kaynakla birleştirme sırasında büyük zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu problemi çözmek üzere bu araştırmaya başlanmıştır. Ancak literatür taraması sırasında bu işlemi yapacak otomatik bir makinaya rastlanmamıştır. Öncelikle böyle bir makinada otomasyonun mümkün olup olmayacağı araştırılmıştır. Michael Hale ve David E.Hardt tarafından yapılan bir çalışmada /1/ sac kıvrırma makinalarının otomasyonunun açık devre kontrol ile de mümkün olabileceği, ancak tek şartın bükülecek sacın malzeme sabitlerinin her yerde kabul edilebilecek toleranslar dahilinde ve homojen olması gerektiği belirtilmiştir. Bu neticeden hareketle ve gerekli incelemelerden sonra otomasyon için açık devre kontrol sisteminin yeterli olacağı sonucuna varılmıştır. Açık devre kontrolde silindirlerin pozisyonu geri besleme devresine verilerek istenen pozisyon temin edilmektedir. Burada şu kabul yapılmaktadır; silindirlerin pozisyonu aynı ise aynı kalınlık ve aynı malzemedeki kesilmiş sac kıvrıldığı zaman aynı eğrilik elde edilir. Halbuki gerçekte sacın haddelenmesi ve ısıl işlemleri sırasındaki düzensizlikler sac boyunca malzeme sabitlerinde düzensizliklere sebep olabilir. Kapalı devre kontrolde ise silindirler arasından geçen eğilmiş sacın eğriliği ölçülür. Ölçülen bu değerle olması gereken eğrilik bilgisayarda karşılaştırılır ve ona göre motorlara kumanda edilir. Böylece sacın malzeme sabitlerindeki düzensizlik etkisiz hale gelir. Ancak bu tip bir makinanın geliştirilmesi hem ekonomik bir çözüm olmaz ve hem de finansman açısından bu çalışmanın boyutlarını çok aşar.

1.2 Literatür Araştırması

Bu teze başlamadan önce sistematik konstrüksiyon kavramını etüd eden yayınlar incelenmiştir. Bu kaynaklarda teknolojideki büyük değişikliklerin konstrüktif faaliyetlerin algoritmik faaliyetler şekline sokulabilmesi eğilimini desteklediği görülmüştür /2,3/. Literatürde bu algoritmik faaliyetler için, genel anlamda konstrüksiyon adımları

- a) ihtiyacın ortaya çıkması,
- b) problemin tanımlanması,
- c) bilginin toplanması,
- d) tasarım safhası,
- e) geliştirme safhası,
- f) dizaynda iletişim

olarak verilmektedir /4/. Bu kaynaklarda verilen örnekler incelendikten sonra bir makina konstrüksiyonu için detaylı genel bir algoritmanın olamayacağı ve işin ağırlıklı kısmının konstrüktöre düştüğü sonucuna varılmıştır. Araştırmanın bundan sonraki aşamasına sac kıvrma makinalarının temel prensiplerinin /5,6/; kuvvet, moment ve güç tesbitinin /7..9/ ortaya konulduğu kaynakların etüd edilmesiyle devam edilmiştir. Söz konusu kaynaklarda önce bükme işleminin fiziği incelenmekte daha sonra pratikte kullanılan üç silindri simetrik ve asimetrik sac kıvrma makinalarının tipleri ve bunların kinematigi şematik olarak verilmektedir /5/. Ayrıca sıcak ve soğuk şekillendirmenin karşılaştırması yapılarak, kıvrılacak taslakların nasıl hazırlanacağı anlatılmaktadır /6/. Isıl işlemlere tabi tutulmuş çeşitli saclarla yapılan deneylerde makinada kıvrılabilecek sac genişliklerinin sac kalınlığına göre değişimi incelenmekte ve sac kıvrma makinalarında konik kıvrma ve profil kıvrma yapılabilmesi için gerekli konstrüksiyon değişikliklerinden bahsedilmektedir.

Sac kıvrma işleminde geri yaylanma önemli bir olaydır. Bükmede meydana gelen geri yaylanma, kalıcı gerilmeler, kalıcı gerilmelerin kalınlık boyunca dağılımı teorik ve deneysel olarak /10..14/ de incelenip karşılaştırılmıştır. Sıkça kullanılan malzemeler için geri yaylanma katsayısı Ohler'in çalışmasında /15/ grafik olarak verilmekte ve makinalarda silindirlere gelen kuvvetler ve bükme işleminde harcanan enerji ve güç bağıntıları için formüller takdim edilmektedir. Gardiner'in çalışmasında

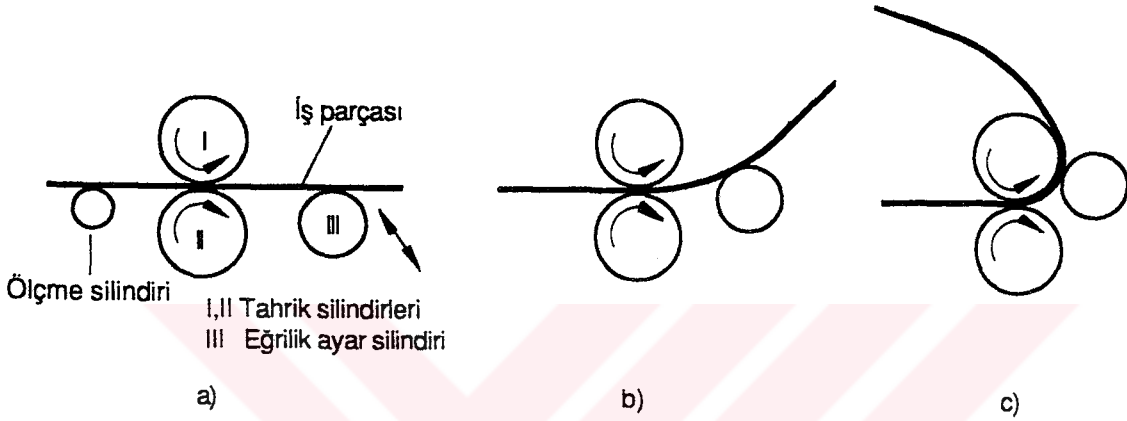
/16/ ise Oehler'in verdiği grafikleri de kapsayacak şekilde bütün malzemelerdeki geri yayınmayı ifade edebilecek bir eşitlik verilmiştir.

Araştırmanın daha sonraki safhasında sac kıvrırma makinalarındaki gelişmeleri , otomasyona geçiş konusunu ve bu makinalarda sacın başlangıç kısmının nasıl şekillendirileceğini açıklayan çalışmalar /17,18/ gözden geçirilmiştir. Temel işlem aynı kalmasına rağmen, sac kıvrırma makinalarının bir çok tipi vardır. İhtiyaç halinde bunların hangisinin tercih edileceği /19/ da kabaca açıklanmaktadır. Mikroişlemci kontrollü tezgah tasarımına karar verildikten sonra bu sistemleri inceleyen ve türkçe terminolojinin oturtulduğu kaynaklar gözden geçirilmiştir/20,21/. Otomatik kontrol ünitesinde Z-80 mikroişlemci (CPU) kullanılmıştır. Mikroişlemci programlama dili hakkında bilgi /22/ de, mikroişlemcinin çalışma prensibi özellikleri ve programlama dili hakkında yeterli bilgi de /23/ de bulunmaktadır. Z-80 mikroişlemci ile gerçekleştirilebilecek bir donanım devresi örneği de /24/ de mevcuttur. Bu çalışmada, mikroişlemci, iki adet I/O portu,bellek, RAM ve EPROM, bağlantıları, blok şemaları ve baskılı devre filmleri detaylı olarak gösterilmektedir. Bilgisayarlarla yapılacak kontrol devreleri ve bunlardaki program uygulamaları konusundaki ilk bilgilerin kazanılmasında Z-80 mikroişlemci ile bir peryodmetredeki otomatik kontrol uygulamasından bahseden çalışmadan /25/ faydalanılmıştır. Mikroişlemci devresinde kullanılan çift yüzlü, delik içi bakır kaplamalı baskılı devre imalat teknikleri hakkında yeterli bilgi de /26/ da verilmektedir.

2 SAÇ KIVIRMA MAKİNALARININ SİSTEMATİK OLARAK İNCELENMESİ

2.1 Klasik Saç Kıvrma Makinalarının Çalışma Prensibi

Saç kıvrma makinaları Şekil 2.1a) da görüldüğü gibi üç adet silindirden



Şekil 2.1: Saç kıvrma makinasının prensip şeması

- Ana parçalar
- Kıvrma işlemi
- En küçük eğrilik yarıçapının elde edilmesi durumunda silindirlerin konumları

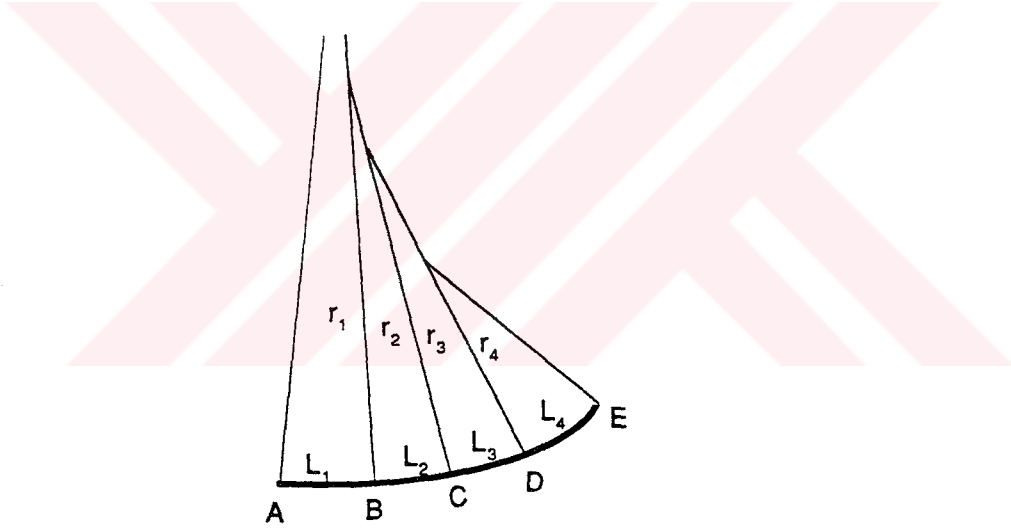
meydana gelir. Bu silindirlere ikisi, tahrik silindiridir. Biri de serbest dönme hareketi ile birlikte şekilde gösterilen ok yönünde öteleme hareketi yapabilen silindir (III). Bu silindir eğrilik ayar silindiri olarak adlandırılır. Tahrik silindirleri bir elektrik motoru tarafından tahrik edilirler.

Lama, tel veya sac olabilecek iş parçası, tahrik silindirleri arasından sürtünme kuvveti ile eğrilik ayar silindirine doğru itilir. Şekil 2.1a) da olduğu gibi eğrilik ayar silindiri iş parçasına temas etmiyorsa eğrilik yarıçapı sonsuz olur ve kıvrılma işlemi meydana gelmez. Ancak eğrilik ayar silindiri şekil 2.1b) de görüldüğü gibi yukarı doğru kalktıkça eğrilik yarıçapı küçülür. Minimum eğrilik yarıçapı hareketli silindirin

üst tahrik silindirine en yakın olduğu durumda elde edilir, şekil 2.1c). İş parçasında geri yaylanma olacağı için, her zaman üst tahrik silindiri yarıçapından daha büyük olan minimum eğrilik yarıçapı; iş parçası kalınlığına ve iş parçası malzemesine bağlı olarak belli bir değerin altına inemez. İmal edilebilecek maksimum eğrilik yarıçapı da sınırlıdır /15/. Bu maksimum eğrilik yarıçapından daha büyük yarıçapla kıvrılan profillerde malzeme, silindirleri terkedip serbest kaldığında geri yaylanarak düzelir.

2.2 Otomasyon İçin Kontrol Edilmesi Gereken Büyüklüklerin Tesbiti

Şekil 2.2 de görüldüğü gibi herhangi bir profil farklı daire yayları ile temsil edilebilir. Bir daire yayını karakterize eden iki temel büyüklük vardır. Bunlardan biri eğrilik yarıçapı, diğeri de yay uzunluğudur. Bu sebeple otomasyon düşünüldüğü

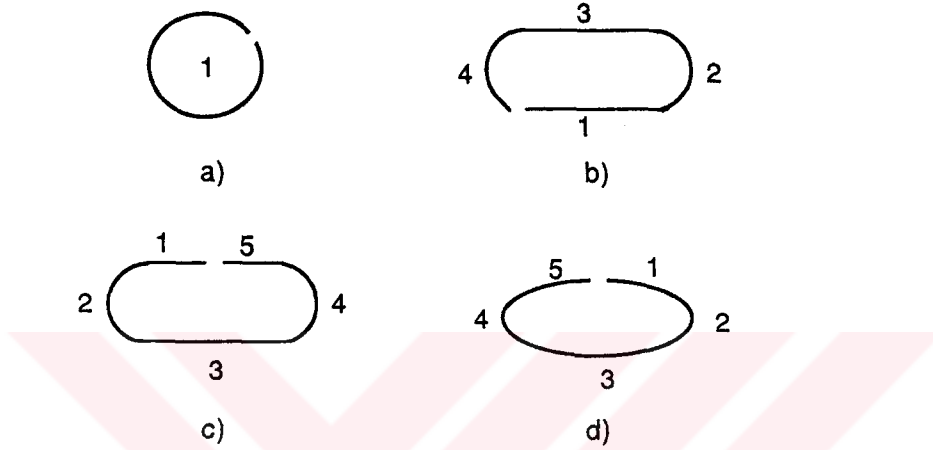


Şekil 2.2: Farklı eğrilik yarıçaplarına sahip bir profil

zaman bu iki büyüklüğün otomasyon devresine veri olarak girilmesi gerekir. Eğrilik yarıçapının büyüklüğünü eğrilik ayar silindirinin pozisyonu, iş parçası kalınlığı ve iş parçası malzemesi belirler. Pratikte imal edilen bir tank profili için iş parçası kalınlığı ve malzemesi sabit olduğuna göre otomatik kontrol devresine sadece hareketli silindirin pozisyonu veri olarak girilirse eğrilik yarıçapı belirlenmiş olur. İkinci büyüklük olan

yay uzunluğunun da kontrol devresine verilmesi ve ölçülmesi gerekir. Bir kademede şekillendirilebilen en basit profil çemberdir.

Bir çember, şekil 2.3a), hareketli silindir belirli bir pozisyonda iken, çemberin çevresi uzunluğunda kesilen sacın tahrik silindirleri arasından geçirilmesi ile elde



Şekil 2.3: Profil örnekleri ve profillerdeki kademe numaraları

edilir. Şekil 2.3b) deki profil ise dört kademedan oluşmaktadır. Sac, tahrik silindirleri arasına yerleştirildikten sonra birinci kademeyi elde etmek için hareketli silindir belirli bir konuma ayarlanır. Tahrik silindirleri vasıtasıyla saca birinci kademenin boyu kadar ilerleme verilir. Sonra hareketli silindir ikinci kademenin eğrilik yarıçapını elde edecek kadar yukarı kaldırılır. Sacı ikinci kademenin yay uzunluğu kadar ilerleme verilir. Üçüncü kademeyi elde etmek için hareketli silindir birinci kademedeki konumuna geri getirilir. Daha sonra benzer şekilde dördüncü kademenin kıvrılmasıyla işlem tamamlanır.

Sac kıvrırma makinalarının konstrüksiyonundan dolayı malzemenin başlangıç ve bitiş uçlarında düz kısımlar oluşacağı için; sonuncu kademenin bitiminde düz kalan bir kısım meydana gelir. Sonuçta bu köşede kaynak yapıldığı zaman bozuk bir profil ortaya çıkar. Bu sakıncayı gidermek için kıvrırma işlemindeki başlangıç ve

bitiş kısımlarının şekil 2.3c) de olduğu gibi düz kademelere gelecek şekilde ayarlanması gerekir. Böylece profilin ek kısmının kaynakla birleştirilmesi kolaylaşır. Şekil 2.3.d) de görüldüğü gibi eliptik bir parça kıvrılmak istendiği zaman da ek kısmının eğrilik yarıçapının daha büyük olduğu bir ve beş numaralı kademeler arasına alınması uygun olur. Bu bilgiler kıvrılacak profile ait verilerin otomasyon devresine girilmesi sırasında önem kazanır.

Birbirine komşu iki kademe arasındaki eğrilik yarıçapları çok farklı ise ve bu durumda ani eğrilik değişiminden kaçınılmak isteniyorsa bu iki kademe arasına istenildiği kadar geçiş kademeleri eklenir. Böylece kademeler arasında tatlı bir geçiş sağlanmış olur.

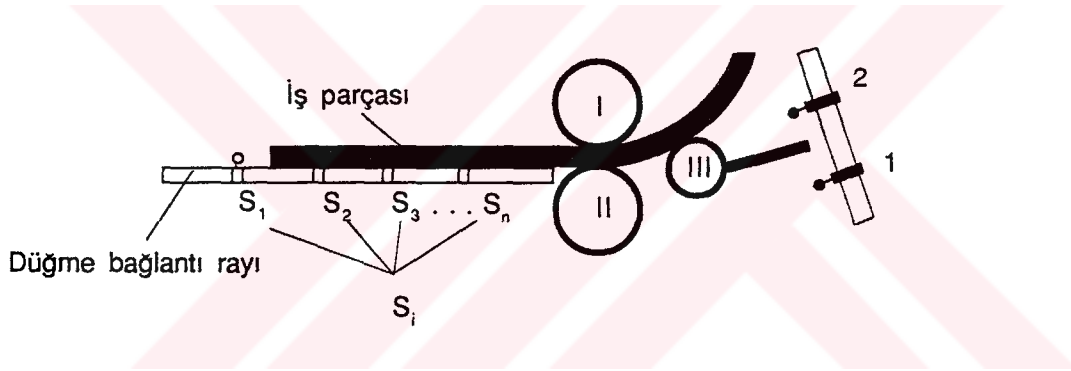
Sonuç olarak problem; kıvrılacak sacda eğrilik yarıçapını ayarlayan eğrilik ayar silindirinin konumunun ve yay uzunluğunu belirleyen tahrik silindirlerinin dönme açılarının kontrolünün hassas olarak yapılmasında düğümlenmektedir.

3 TASARIM ALTERNATİFLERİ ve SEÇİLEN ÇÖZÜM

3.1 Elektromekanik Düğmelerle Kontrol

Makinanın tasarımına başlandığında otomasyonu temin etmek için ilk akla gelen çözüm, şekil 3.1 de şematik olarak gösterilen elektromekanik düğme kullanılarak bir ‘‘pim kontrollü otomat tezgahı/20/‘‘ tasarımı olmuştur.

Sadece iki farklı eğrilik yarıçapı elde edilebilecek bu sistemde eğrilik yarıçapının büyüklüğünü 1 ve 2 düğmelerinin konumları belirler. Böyle bir çözümde yay uzunlukları, otomasyon devresine S_i düğmeleri vasıtasıyla girilir. Mesela şekil 2.3c) deki profilin kıvrılması için 5 adet S_i düğmesine ihtiyaç vardır. Bu profilin kıvrılmasında sac,



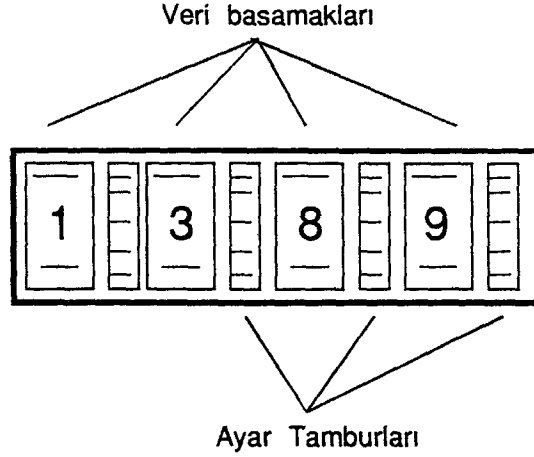
Şekil 3.1: Sac kıvrma makinasının otomasyonu için düşünülen ilk çözüm

makina tablası üzerine yerleştirildiği anda sacın ağırlığıyla düğmeler kapalı konuma gelirler. Bu sırada eğrilik ayar silindiri (III) aşağı konumda yani 1 düğmesini kapatmış durumdadır. Sac ileri doğru giderken profildeki ilk kademe (1) elde edilir. Sacın arka ucu S_2 düğmesini geçtiğinde eğrilik ayar silindiri yukarıya doğru, 2 düğmesini kapatıncaya kadar hareket eder. Sac bu arada S_2 düğmesine gelinceye kadar ilerler ve 2 nci kademe kıvrılmış olur. Bu düğmede açılınca eğrilik ayar silindiri aşağı doğru hareket ederek tekrar 1 düğmesini kapatır. İşlem, profildeki bütün kademeler tamamlanana kadar devam eder. Basit gibi görünen bu tip otomasyonda aşağıdaki mahzurların meydana gelebileceği sonucuna varılmıştır:

- a) Profildeki kademe sayısı kadar yerleri değişebilen S_i düğmesi gerekmektedir.
- b) Ancak iki farklı eğrilik yarıçapı elde edilebilmektedir.
- c) Kıvrılacak sacın boyu kadar tabla ve düğme bağlantı rayı bulunmalıdır.
- d) İş parçası tam düzgün değilse bazı düğmeleri kapatmayacaktır, bu düzensizlikleri ortadan kaldırarak düğmeleri (S_i) tam kapayıp açabilmek için sac, bir kanal içinde hareket ettirilmelidir.
- e) eğrilik ayar silindiri (III) hareket halindeyken istenmeyen ve belirsiz geçiş kademeleri meydana gelmektedir.
- f) Bu geçiş kademelerinin boyunu mümkün olduğu kadar kısa tutmak için III numaralı silindir çok hızlı hareket ettirilmelidir. Ancak bu hız çok artırılırsa kıvrılan profilin ataletinden dolayı istenmeyen şekiller ortaya çıkacağı gibi bu hareketin temini için büyük güçler de gerekecektir.
- g) S_i düğmelerinin sacda meydana gelebilecek titreşimlerden dolayı yanlış komut gönderme ihtimali vardır.

Bu dezavantajların bazılarını ortadan kaldırmak için aşığıdaki çareler düşünölmüştür:

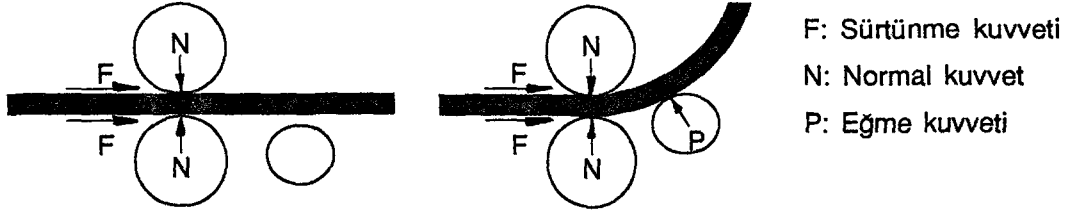
- a) Elektronik devreyi biraz daha karmaşıklıştırmasına rağmen istenmeyen geçiş kademelerini ortadan kaldırmak için III silindiri hareket ederken tahrik silindirlerini durduran bir devre tasarlanabilir. Hatta devreye geciktirme elemanları ilave edilerek geçiş kademelerinde daha uygun profiller elde edilebilir.
- b) Sacın ucunu algılayan elektro-mekanik S_i düğmeleri yerine titreşimden etkilenmeyen optik veya kapasitif düğmeler kullanılabilir.
- c) S_i düğmeleri tamamen kaldırılıp yay uzunlukları şekil 3.2 de görölen ikili kodlama anahtarlarıyla "thumbwheel switch" girilebilir. Ancak basit bir akaryakıt tankeri deposu profilinde yaklaşık 20 adet farklı kademe bulunduğu gözönüne alınırsa 20 adet ikili kodlama anahtarı bulunduran büyük bir pano kullanmak kaçınılmaz olacaktır. Ayrıca bu tip çözümdede sacın ilerlemesini ölçen döner kodlayıcıya da ihtiyaç duyulacaktır.



Şekil 3.2: İkili kodlama anahtarı "Thumbwheel switch"

3.2 Elektrohidrolik Devre Elemanları İle Kontrol

Bu tasarım alternatifinde eğrilik ayar silindirinin konumunun hidrolik akışkan gücü ile belirlenmesi düşünülmüştür. Söz konusu silindir yatakları altına yerleştirilecek hidrolik silindir piston takımları ile bu kuvvet sağlanabilir. Ancak bu iki hidrolik silindir senkronizasyonu önemli bir problem olarak ortaya çıkmıştır. Alışılmış hidrolik devre elemanları kullanılarak yatak konumlarının birbirine göre ancak % 4 hassasiyetle temin edilebileceği /27/ gözönünde tutulursa hareketli silindir 90 mm olan stroğu boyunca 3.6 mm lik sapma kabul edilemez bir hatadır. Bu sebeple hidrolik kumanda sıhhatli olmayacaktır. Yatak pozisyonlarının şekil 3.1 deki 1 ve 2 numaralı elemanlar gibi elektrik, elektrohidrolik veya mekanik sınır düğmeleriyle kontrol edilmesi de iyi bir çözüm olmamaktadır. Çünkü bu düğmelerden iki çift kullanılmakta, bunlar eğrilik ayar silindirinin (III) iki ucuna yerleştirilmektedir. Bu sınır düğmelerinin konumlarının senkronize olarak ayarlanması pratik değildir. Daha önemlisi yatak pozisyonu, bu durumda sadece iki farklı eğrilik yarıçapına sahip tankları kıvrıyacak şekilde ayarlanabilmektedir. Sanayide üretilen bir çok tank için bu özellikteki bir makina yeterlidir. Ancak şekil 3.3 de görüldüğü gibi sacın ilerlemesi tahrik silindirleri ile sac arasındaki sürtünme kuvvetiyle sağlandığı için eğrilik yarıçapları arasında çok büyük farklar olursa küçük eğrilikten büyük eğriğe ani geçişte F sürtünme kuvveti, sacı şekillendirmek için gerekli P eğme kuvvetinin yatay bileşeninden küçük olabilir. Bu durumda parça



Şekil 3.3: Sacın kıvrılması sırasında meydana gelen kuvvetler

şekillendirilemez. Nihai çözüm olarak düşünülen makinada bu problem, profili meydana getiren kademeler arasına geçiş kademeleri eklenerek halledilmiştir.

Sonuç olarak yukarıda bahsedilen dezavantajları bertaraf edebilmek için bu tip bir makinanın kontrolunda mikroişlemcilerden faydalanmak gerektiği ortaya çıkmıştır.

3.3 Mikroişlemci İle Kontrol

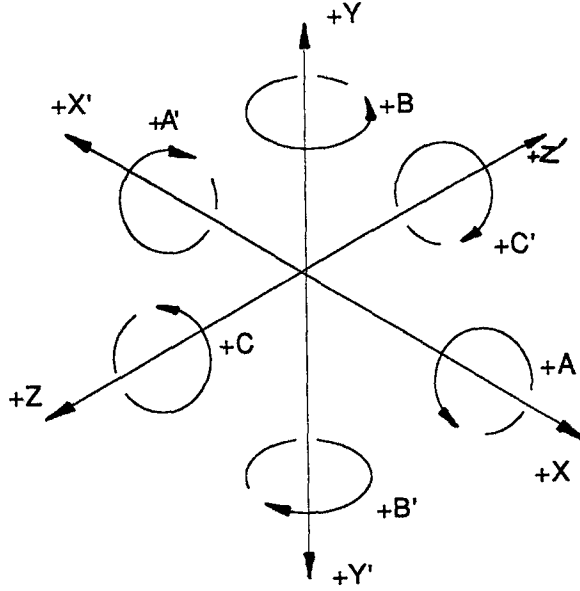
Daha önce belirtilen iki kontrole alternatif olarak mikroişlemci ile kontrol düşünülmüştür. Bu kontrol tipinde daha önceki kontrol tiplerinde belirtilen

- eğrilik yarıçapının iki değerle sınırlı kalması,
- yay uzunluğunun ayarlanmasında düğmelerle uğraşılması,
- düğmelerin çalışma şartlarından etkilenmesi,
- profilin imalatında istenmeyen geçiş kademelerinin bulunması

gibi problemler ortadan kalkar.

Nümerik kontrollu bir tezgahın birinci ve ikinci derecede öneme haiz fonksiyonları yerine getirmesi beklenir/28,29/. Genel olarak birinci derecede öneme haiz fonksiyonlar şekil 3.4 de şematik olarak gösterilmiştir. Burada X, Y ve Z kontrol edilebilecek ilerlemeleri, A, B ve C de kontrol edilebilecek dönmeleri temsil eder. Pratikteki CNC tezgahlarında bu kontrollerin kombinezonları mevcuttur.

Eldeki mevcut problemde şekil 2.1 de görüldüğü gibi kontrol edilecek asal büyüklükler ölçme silindirin dönme açısı ve eğrilik ayar silindirin lineer hareketidir.



Şekil 3.4: Genel olarak bir NC makinada birinci derecede öneme haiz kontrol edilebilecek hareketler

Nümerik kontrollu tezgahın beklenen ikinci derecede öneme haiz görevler şunlardır:

- Ana milin çalışması, durması ve yön değiştirmesi,
- Kesme sıvısının açılıp kapanması,
- Mil devrinin ayarlanması
- Kızakların ilerleme hızının ayarlanması,
- Takımın seçilmesi,
- İstenilen pozisyona geldiğinde kızakların kilitlenmesi.

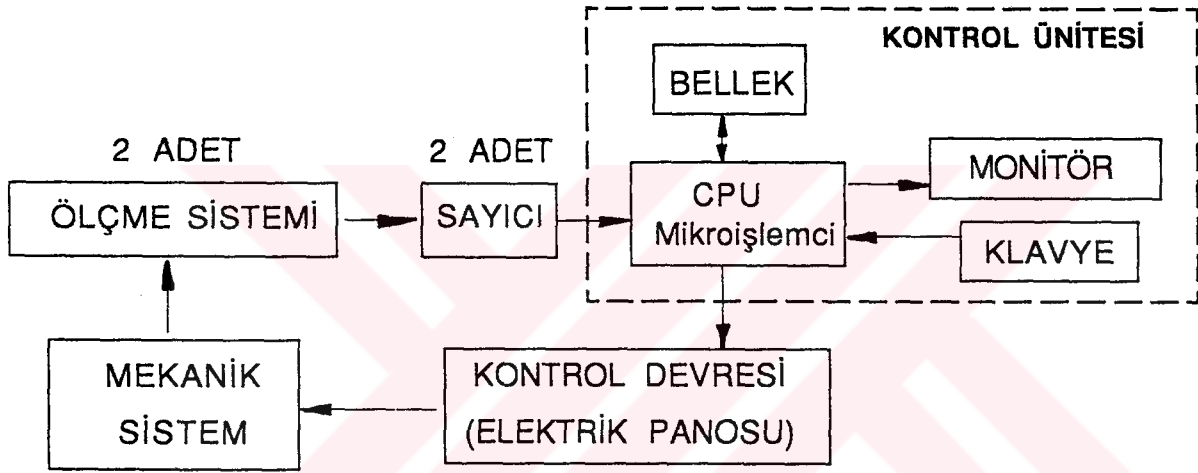
Mevcut problemde bu yardımcı görevlerden a) ve f) nin kontrol edilmesi gerekir. Ancak kıvrıma işleminde pratik olarak sıcaklığın artmaması sebebiyle b) nin, motor hız kontrol ünitesi pahalı olacağı ve fazla etkisinin olmayacağı için c) ve d) nin, sabit takımlar (silindirler) kullanıldığı için e) nin kontrolü yapılmayacaktır.

Sonuç olarak yukarıda bahsedilen fonksiyonları yerine getirebilecek mikroişlemci ünitesinde karar kılınmış ve imal edilmiştir.

4 İMAL EDİLEN MAKİNANIN ÇALIŞMA PRENSİBİ

4.1 Makinanın Mikroişlemci İle Kontrolü

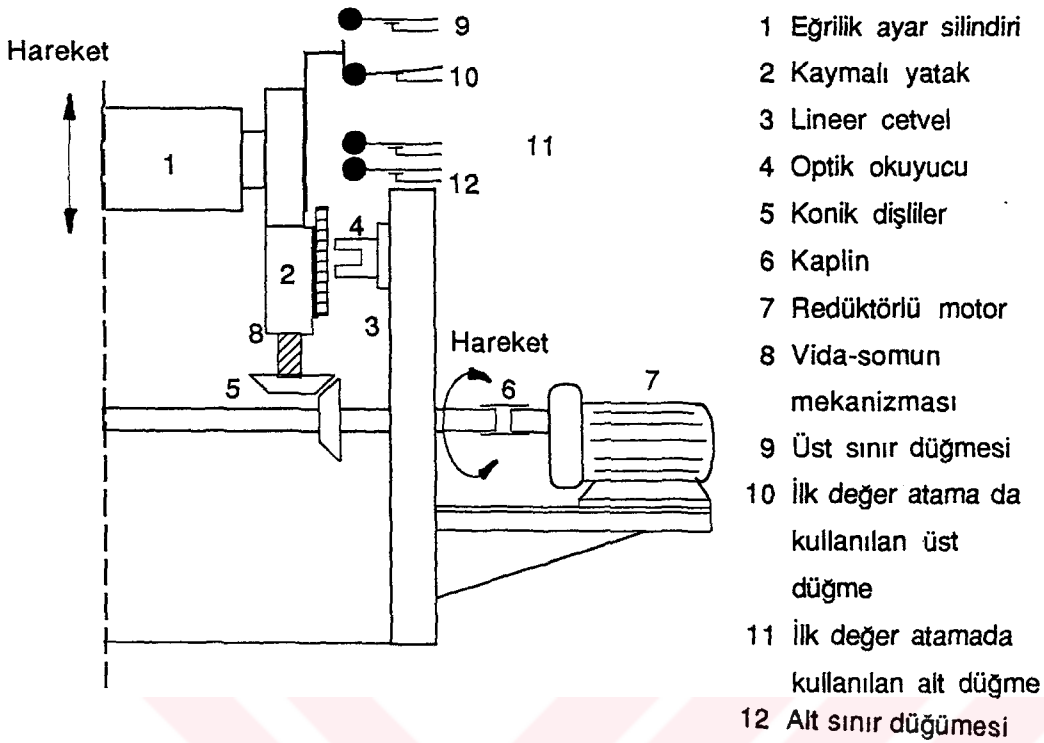
Kontrolün mikroişlemci ile yapılmasına karar verildikten sonra makina tasarlanıp imalatı gerçekleştirilmiştir. İmalatı gerçekleştirilen makinanın çalışma prensibi, şekil 4.1 deki blok diyagramında görülmektedir. Klavyeden girilen veriler mikroişlemci belleğinde saklanır. Kıvrılacak profile göre klavyeden hangi verilerin



Şekil 4.1. İmal Edilen Sac Kıvrma Makinasının Kontrol

girileceği bölüm 7.1 de açıklanmıştır. Programın çalıştırılması ile bellekteki değer ve silindirlerin o andaki konumları sayıcılardan okunur. Bellekteki değerle sayıcıdan okunan değer mikroişlemci tarafından karşılaştırılır. Motorlar için gerekli sinyaller üretilir. 5 V gerilimli bu sinyal elektrik panosundaki kontaktörleri uyarır ve alternatif akım motorları devreye girer. Bu işlem, silindirler istenen pozisyona gelinceye kadar devam eder.

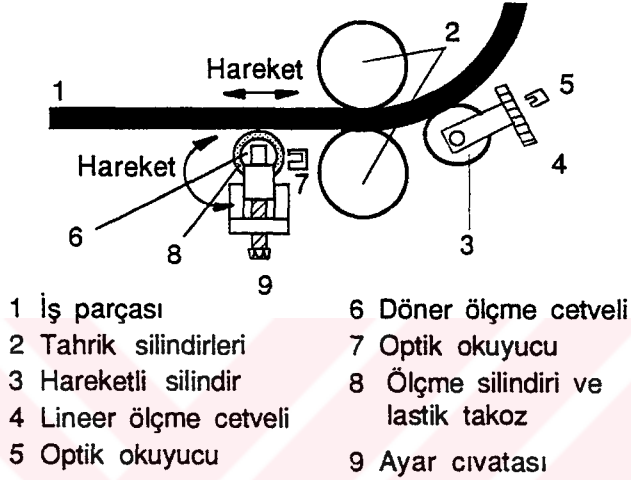
Daha önce imal edilen karşı ağırlıklı sac kıvrma makinasındaki eğri ayar silindirinin konumu, bir simit vasıtasıyla silindir yüksüz iken el ile operatör tarafından ayarlanabiliyordu. Şekil 4.2 de görüldüğü gibi, tasarlanan makinada bu iş bir elektrik



Şekil 4.2: Eğrilik ayar silindiri, elektrik motoru ve lineer cetvel bağlantısı

motoruna (7) devredilmiştir. Redüktörlü motor (7), kaplin (6) ve konik dişliler (5) tarafından iletilen dönme hareketi, vida-somun mekanizmasıyla (8) öteleme hareketine çevrilir. Bu kısımdaki konstrüksiyona ait detaylı bilgi /30/ da verilmiştir. Kaymalı yatağa (2) sabit bağlı olan lineer cetvel (3), tezgah gövdesine bağlı olan optik okuyucuya (4) göre izafi olarak hareket eder. Bu izafi hareket sırasında, /20/ de çalışma prensibi açıklanan optik okuyucuda elektrik sinyalleri üretilir. Bu sinyaller bir elektronik devre tarafından binary koda sayıya çevrilerek mikroişlemcinin anlayacağı sayısal büyüklük haline gelir. Ölçme işlemi doğrudan yataktan yapıldığı için vida, somun, konik dişli, kaplin ve redüktör dişlileri arasındaki boşluklar ölçme hassasiyetini etkilemez. Bu lineer hareket 0.01 mm hassasiyetle okunmakta, ancak universal elektrik motorlarındaki frenleme zorluğundan dolayı yaklaşık olarak 0.3 mm hassasiyetle durdurulabilmektedir. Pahalı olacağı ve böyle bir hassasiyete de gerek duyulmadığı için DC servo-motor kullanılmamıştır.

İkinci temel ölçmenin yapıldığı mekanizma şekil 4.3 de görülmektedir. Burada iş parçası, tahrik silindirleri tarafından ilerletilmesi sırasında, dışına lastik takoz monte edilen bir ölçme silindirini (8), sürtünme ile hareket ettirmektedir. Böylece iş parçasının öteleme hareketi ölçme amacıyla dönme hareketine çevrilmektedir. Ölçme silindirine sabit bağlı olan döner cetvel (6), tezgah gövdesine bağlı optik okuyucuya (7) göre



Şekil 4.3: Yay uzunluğu ve hareketli silindir konumunun ölçülmesi

izafi olarak hareket eder. Bu hareket sırasında yukarıda açıklanan lineer cetvelle aynı prensiple çalışan döner cetvel tarafından sacın ilerleme hareketi mikroişlemciye sayısal büyüklük olarak verilmiş olur. Bu döner hareket 0.01 mm hassasiyetle okunmaktadır. Ancak eğrilikleri farklı kademeler arasındaki geçişte, bir başka deyişle sacın durması ve hareket etmesi sırasındaki ivmelenmelerde, ölçme silindirinin (8) ataletinden dolayı az da olsa kaymalar meydana gelmektedir. Bu sebeple profili oluşturan daire yaylarının uzunlukları yaklaşık 0.1 mm hassasiyetle elde edilebilmektedir.

İstenen profili kıvrım için gerekli veriler bölüm 7.1 de açıklanacağı gibi iki metotla elde edilmektedir. Hangi metotla olursa olsun veriler elde edildikten sonra bu bilgilerin mikroişlemciye girilmesi gerekir. Bunun için profili meydana getirecek veriler klavye

yardımı ile onluk sistemde mikroişlemciye aktarılır. Sonra tahrik silindirleri arasına malzeme yerleştirilir. Kıvrıma işlemine başlandığında mikroişlemci önce eğrilik ayar silindirinin konumunu okur, sonra olması gereken değeri bellekten alır, bu değerleri karşılaştırır, farklı ise şekil 4.2 deki motora (7) kumanda eder ve eğrilik ayar silindiri istenen konuma doğru ilerler. Lineer cetvelden okunan değer mikroişlemci devresine gönderilir. Sayıcıdaki değerle mikroişlemci belleğine girilen değer eşit oluncaya kadar bu işlem devam eder. Değerler eşitlenince mikroişlemci motoru durdurur. Böylece eğrilik ayar silindiri profildeki ilk eğrilik yarıçapını kıvrıma hazır hale gelir. Sonra ilk kademedeki yayın uzunluğu okunur. Tahrik silindirlerini çalıştıran motora kumanda edilerek iş parçasının hareketi başlar. Döner cetvelden gelen sinyaller değerlendirilerek, mikroişlemci belleğine girilen değerle sayıcıdaki değer aynı oluncaya kadar işlem devam eder. Değerler eşitlenince tahrik silindirlerini hareket ettiren motor frenlenerek durdurulur. Böylece profildeki bir kademe elde edilmiş olur. Bilgisayara girilen verilere göre, profili oluşturacak diğer kademelerde benzer biçimde şekillendirilerek işparçası makinadan alınır.

Beklenmedik bir olay karşısında tezgahın herhangi bir anda durdurulması gerekebilir. Bunun için tezgaha bir ani duruş düğmesi eklenmiştir. Bu düğmeye basıldığı zaman motorların her ikisi de durdurulur.

Bu işte kullanılan mikroişlemci ünitesi bu araştırma için özel olarak imal edilmiştir ve araştırmacılar tarafından yazılan sistem programları bölüm 5.5 de açıklanacaktır.

4.2 Makinanın El İle Kontrolü

İmal edilen makinanın el ile çalıştırılması da mümkündür. Bu tür çalıştırma özellikle eğri iş parçalarının düzeltilmesinde veya profilin kabaca imalatında kullanışlıdır. Tezgahta iki motor olmakla birlikte motorların ters yönde hareketleri de düşünülürse dört farklı hareket elde edilebilir. Bunlar tahrik silindirinin ileri ve geri, eğrilik ayar silindirinin aşağı ve yukarı hareketleridir. Bu hareketler dört adet düğme ile temin edilmektedir. Aynı anda her iki motora da kumanda etme imkanı vardır. Ayrıca eğrilik ayar silindirine kumanda edilirken yatakların aşağıda veya yukarıda

sıkışmaması için lineer cetvelin bulunduğu kısma şekil 4.2 de görüldüğü gibi iki tane sınır düğmesi (9,12) yerleştirilmiştir. Mesela, operatör bir dikkatsizlik sonucu, silindiri üst sınırdan yukarıya çıkarmak isterse, bu düğmeler müsaade etmeyecektir. Bu durum mikroişlemci ile çalışma durumunda da geçerlidir. Kalifiye olmayan bir operatör bile makinanın kullanımı sırasında büyük bir zorlukla karşılaşmaz.



5 KONTROL ÜNİTESİNİN TANITIMI

5.1 Mikroişlemci Ünitesinin Gerekliliği

Şekil 4.2 deki optik okuyucudan normal şartlarda ortalama bir saniyede yaklaşık 300 sinyal, şekil 4.3 deki optik okuyucudan ise saniyede yaklaşık 1000 sinyal gelmektedir. Sinyal adedi motor hızına bağlıdır. Bu sinyaller değerlendirilerek daha önce girilen bilgilerle karşılaştırılıp çok hızlı bir şekilde motorlara kumanda edilmesi gerekir.

Ayrıca imal edilecek profili meydana getirecek birçok veri makinaya aktarılabilmelidir. Bu özellikleri sağlayabilmek için kontrol ünitesinde bir mikroişlemci istihdam edilmiştir.

5.2 Mikroişlemci Ünitesinin Belirlenmesi

Prototipi geliştirilen makinanın mikroişlemci ile kontroluna karar verildikten sonra makinanın kontrolunda kullanılacak mikroişlemcinin belirlenmesi önemli bir adımdır. Bunun için temelde iki alternatif vardır. Bunlardan birincisi hazır bir bilgisayara ilave edilecek kontrol ve sayıcı devreleriyle makinanın kontrolu, diğeri de bu iş için özel bir mikroişlemci ünitesi tasarımıdır. Her ne kadar bilgisayarın hazır alınmasını; kalite kontrolu yapılmış hazır elemanlarla daha kısa zamanda ve kontrol programlarının, daha kolay yazılacak üst düzey dilleriyle hazırlanabilmesi avantajları var gibi görünüyorsa da kontrol ünitesinin özel olarak imalatına karar verilmiştir. Çünkü özel olarak imal edilecek bir mikroişlemci ünitesi,

- a) bir tezgahın otomatik kontrolunda kullanılacak bütün devrelerin tasarımı ve imalat safhalarının araştırmacı tarafından takip edilmesini sağlayacaktır. Böylece elektronik dünyasına küçük bir pencerenin açılmasıyla bir kristal osilatörün titreşimlerinden başlayıp, belleğe bilgilerin nasıl yazıldığı, 40 ayaklı siyah bir taş gibi görünen mikroişlemcinin içinde ne mükemmel olayların döndüğü, 380 V-5 kW lık bir AC motorunun 5 V luk gerilimle çalışan şalterlere nasıl boyun eğdiği anlaşılacaktır,
- b) sadece entegre devreleri satın alınarak ve hazır bilgisayarda bulunan ancak kontrol için gereksiz olan devreler tasarımdan kaldırılarak kendi

teknolojimizle otomatik kontrollu bir tezgahın beyninin imal edilebileceği kanıtlanacaktır.

5.3 Mikroişlemcinin Seçimi

Özel mikroişlemci ünitesinin imalatına karar verildikten sonra önemli adımlardan biri de bu üniteye kullanılacak mikroişlemcinin seçimidir. Merkezi işlem birimi (CPU) olarak da isimlendirilen mikroişlemci, mikroişlemci ünitenin temel birimi olarak kabul edilir. Mikroişlemci; aritmetik ve lojik işlemleri yapan, ortaya çıkan sonuçlara göre karar veren ve mikroişlemci ünitenin çalışmasını düzenleyen bir entegre devredir.

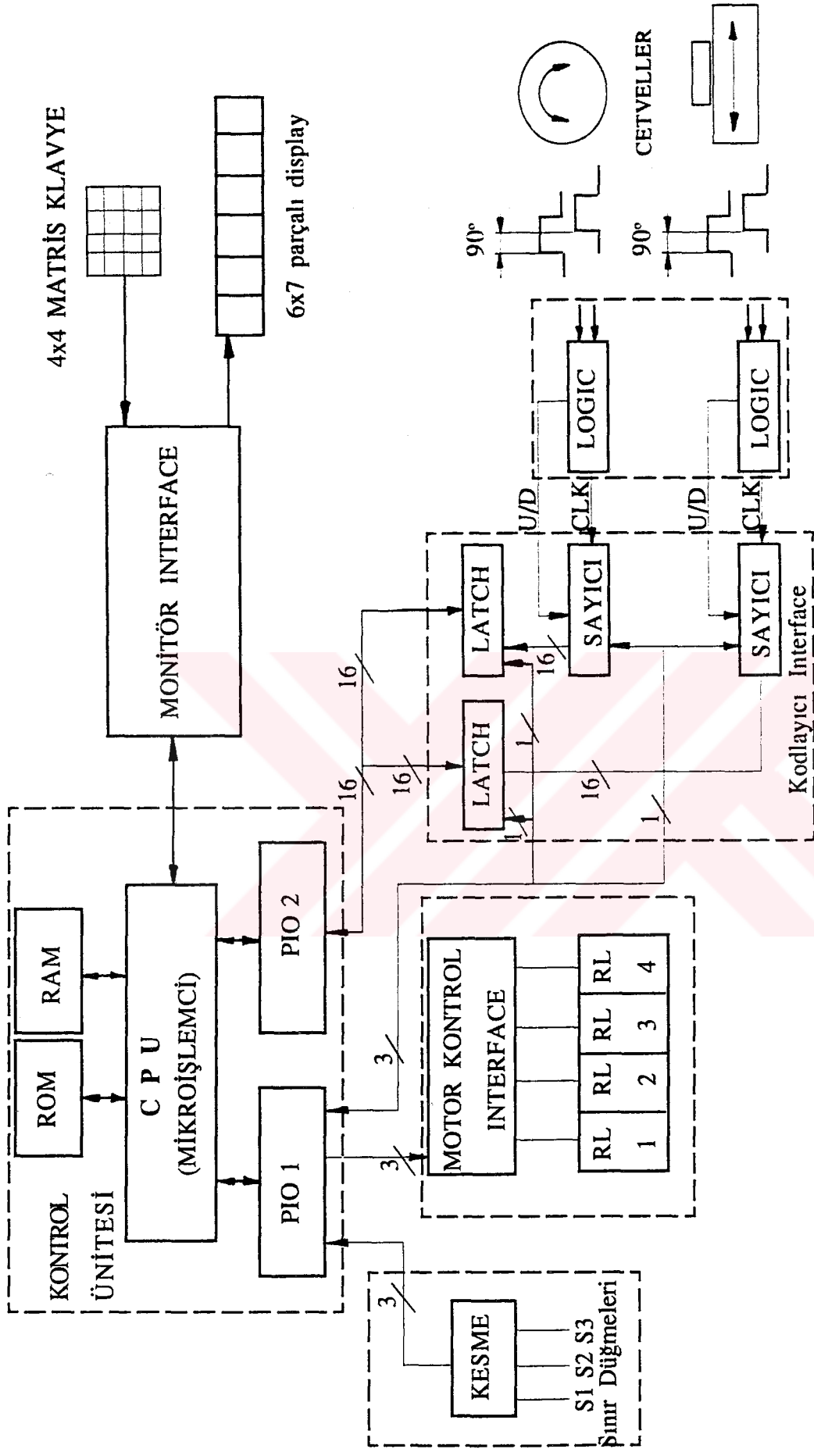
Birçok çeşidi olan mikroişlemciler arasında hız, kelime uzunluğu, programlama basitliği, adresleme yeteneği ve adresleme kapasitesi gibi özellikleri gözönünde tutularak bir seçim yapılabilir. Ancak imal edilen kontrol ünitesinde kullanılacak mikroişlemcinin seçiminde yukarıda sıralanan özelliklerden çok, eldeki imkanlarla ve devreleri kısa sürede gerçekleştirilebilecek bir mikroişlemci tercih edilmiştir. Önce programları yapacak bilgisayar mühendisinin bildiği bir dil olan 8085'le program yapılması düşünülmüştür. Ancak daha sonra ucuz, piyasada bol bulunan ve birçok komutu 8085 programlama dili ile aynı olan Z-80 mikroişlemciye karar verilmiştir.

Bu mikroişlemci ile çalışan bir mikrobilgisayarın ana kartı genel amaçlı olarak kullanılacak şekilde literatürde hazır bulunmaktadır. Ana kartın yeniden tasarlanması gereksiz olacağı için şekil Ek1.1-3 de verilen anakart devresinin şeması kaynaklardan hazır alınmıştır /24/.

5.4 Elektronik Kontrol Devrelerinin Tanıtımı

Şekil 5.1 deki blok şemada görüldüğü gibi sistemin kontrol ünitesi temel bilgisayar sistemlerinden farklı değildir. Tüm sistemin idaresi bir mikroişlemci kartı tarafından yapılmakta, bu karta dışarıdan bilgi girişi için ve kartın kontrol ettiği birimlere çıkış için arayüzler "Interface" kullanılmaktadır.

Kontrol ünitesinde kullanılan mikroişlemci Zilog firmasının ürettiği 8 bitlik data, 16 bitlik adres yapısına sahip Z-80 mikroişlemcisidir.



Şekil 5.1: Kontrol Ünitesinin Blok Şeması

Bir CPU ile birlikte monitör, editör ve çalıştırma programları gibi temel programların yüklendiği bir ROM, değişken bilgilerin saklandığı NOV RAM ve dış dünya ile ilişkiyi sağlayan yine Z-80 ailesinden iki adet Z-80 PIO kapısı kullanılarak mikrobilgisayar yapısı oluşturulmuştur. CPU, 4 Mhz lik bir saat sinyali ile çalışmaktadır. Bu frekansta elde edilen zamana bağlı işlem sayısı mekanik sistemdeki bütün olayların gerektirdiği işlem sayısından çok fazla olduğu için daha üst düzeyde bir CPU ya gerek duyulmamıştır.

Mikroişlemci ilk çalışmaya başladığı anda gerekli programları ROM dan okur ve verilen program çerçevesinde dışarıdan gelen farklı olayları değerlendirerek alt rutinlerdeki değişik işlemleri yapar ve tekrar başa döner ve bu esnada dışarıdan gelen değişken bilgilerin saklanıp değiştirilebildiği RAM belleği kullanır. Mikroişlemciye dışarıdan gelen bilgiler kapılar marifetiyle verilir. Değerlendirme sonucu yapılması gerekli işlemler ise yine aynı kapılar tarafından dışarıya iletilir. CPU nun imal edilen makinanın dışarı ile haberleşmesini sağlayacak iki adet portunun (Z-80 PIO) herbirinde giriş veya çıkış olarak tanımlanabilecek sekiz bitlik iki adet kapı bulunmaktadır. Sonuçta mikroişlemci ünitesinin dışarıya açılan toplam 32 kapısı vardır. Monitör ve tuş takımı, arayüz vasıtasıyla direkt olarak CPU nun adres ve data "bus" ına bağlanmıştır. Kapılardan ilki 16 bitlik iki adet sayıcı bilgisini çoğullamalı olarak okumak üzere giriş olarak tanımlanmıştır. İkinci kapının ilk sekiz bitlik bölümünden üç biti sınır ve aradeğer düğmelerinden gelen bilgileri almak üzere, 3 biti ise sayıcıların sıfırlanması ve okunması için yine giriş olarak, aynı kapının sekiz bitlik diğer diliminin sadece 3 biti de motor kontrol çıkışları için kullanılmıştır. İlerideki gelişmeler de düşünülerek 2 bitlik bir giriş ile beş bitlik bir çıkış boş bırakılmıştır böylece mekanik ilavelerin kontrolü bu kapılardan yararlanarak sadece program değişikliği ile sağlanabilecektir.

Mikroişlemci ile direkt bağlantısı olan kapılar genel amaçlı olup dijital giriş ve çıkış sağlarlar. Halbuki dış dünyadaki olaylar ise çoğunlukla dijital değildir. Bu sebeple bu olayların mikroişlemci kartına onun anlayabileceği bir dilde aktarılabilmesini sağlayacak bazı ünitelere ihtiyaç vardır ve bu üniteler giriş ve çıkış olaylarının kendi fonksiyonlarına göre tasarlanmışlardır. Sistemde kullanılan çevre birimler de bu tür üniteleri (arayüzler) kullanmaktadır.

Arayüzlerden ilki mikroişlemcinin kullanıcı ile irtibatını sağlayan klavye ve monitördür. Klavye 4x4 matris şeklinde düzenlenmiş 16 adet tuşdan oluşmakta ve programın değişik aşamalarında değişik fonksiyonlar içermektedir. Başlangıçta temel monitör programı çalışırken tuş fonksiyonları şekil 5.2 deki gibidir. Bu fonksiyonlar hakkında detaylı bilgi /31/ de bulunabilir.

Kullanıcının mikrobilgisayara vermesi gereken çalıştırma ile ilgili bilgileri

8 0	C 4	EN	S
9 1	D 5	I	OUT CR
A 2	E 6	BP	IN BK
B 3	F 7	G	DP

Şekil 5.2 : Monitör programında klavyedeki tuşların fonksiyonu

girebilmesi için editör programı çalıştırılmakta, bu sırada ise klavye fonksiyonları şekil 5.3 deki gibi düzenlenmektedir. Burada nümerik tuşlar rakamları yazmak için, (↑)

0	4	8	
1	5	9	↑
2	6		ÇIK
3	7		↓

Şekil 5.3: Editör programında klavyedeki tuşların fonksiyonu

tuşu bir önceki veriyi ekrana getirmek için, (↓) tuşu bir sonraki veriyi ekrana getirmek için ve (ÇIK) tuşu da editörden monitör programına geri dönmek için kullanılır. Diğer tuşların bu programda herhangi bir fonksiyonu yoktur.

Cetvellerden gelip mikroişlemciye giden ikili ölçme bilgileri bir binary to BCD konverter ve display sürücü yardımıyla beşer haneli iki adet göstergede onluk sistemle görüntülenmiştir. Bu bilgiler otomataik çalıştırma sırasında silindirlerin konumunu, elle çalıştırmalarda ise ölçme değerini gösterir.

Yedi parçalı ve altı adet göstergeden meydana gelen ekran, programın değişik aşamalarından yapılmakta olan işleri ve girilen değerleri göstermek için kullanılır, şekil 5.4. Monitör programında bu göstergelerde görüntülenenen karakterlerin anlamları



Şekil 5.4: Yedi parçalı altı göstergeden oluşan ekran

/31/ de detaylı olarak açıklanmıştır. Editör programında ise bu göstergelerde sadece rakamlar görüntülenmektedir. Bu rakamlardan soldan ilk iki tanesi profili meydana getirecek kademe numarası, geri kalan dört tanesi de eğrilik yarıçapına ve yay uzunluğuna karşılık gelen bir rakamdır.

Mikro işlemciye bilgi girişleri çalıştırma programı sırasında cetvellerden ve sınır düğmelerinden yapılmaktadır, şekil 4.2. Sınır düğmeleri doğrudan doğruya kapılara bağlanmıştır.

Mikroişlemciye bilgi veren uzunluk ölçme sistemlerinden gelen sinyaller bir sayıcı marifetiyle sayılarak 16 bitlik data halinde tutulmakta ve mikroişlemci programdaki

sırası geldikçe bu bilgileri okumaktadır. Mekanik sistemin mikro yapıda sabit bir hızla çalışması mümkün olmadığı için mikro işlemci ile çevre birimler eş zamanlı olarak çalıştırılmamıştır. Bu nedenle (yapılabileceği halde) ölçme sistemindeki sayıcıların fonksiyonu mikroişlemciye yüklenmemiştir. İki ayrı sayıcı da tutulan bilgileri mikroişlemci çoğullamalı olarak okumakta, okuma hızının fazla olması sebebiyle de ölçme hassasiyeti içerisinde herhangi bir okuma hatası olmamaktadır.

Cetvellerin her birinden gelen bilgiler, birbirinden 90 derece faz farklı olan iki adet sinyaldir. Bu sinyaller bir mantık devresi ile değerlendirilerek bir sayma bilgisi ve bir de ileri/geri bilgisi elde edilmekte ve 16 bitlik bir ileri/geri sayıcı ile sayılmaktadır.

Motorları çalıştırıp durdurmak için üç bitlik bir çıkış yeterli olmaktadır. Bu çıkışlardan biri motor seçme çıkışıdır; sıfır veya bir olmasına göre R veya L motoru seçilmektedir. İkinci çıkış motorların dönme yönünü tesbit etmekte; sıfır veya bir olma durumuna göre seçilen motorun dönme yönü ileri veya geri olarak tayin edilmektedir. Son çıkışta ise seçilen motor, seçilen yönde çalıştırılıp durdurulmaktadır.

Bir mantık devresi ile bu üç bitlik çıkışın kodu çözülerek motorların herbirinin ileri ve geri çalışma kontaktörlerini sürececek olan dört adet minyatür role çalıştırılmaktadır.

Elektriksel devrede herhangi bir hatanın olmaması için mantık devresi, aynı anda sadece bir rolenin çekili kalabilmesi üzerine kurulmuştur. Bunu sağlamak için üç bitlik motor sürme çıkışının iki biti ayrılarak yön ve motor seçimi mantığı kurulmuştur. Daha sonra bu mantık devresi, üçüncü bite tahrik edilmiştir. Sonuç olarak tablo 5.1 de görülen doğruluk tablosu elde edilir. Bu tablodan aynı anda iki motora birden çalışma komutu verilemeyeceği görülmektedir.

Mikroişlemci kontrol devresinde kullanılan elektronik devrelerin önemli olanlarına ait devre şemaları ve baskılı devre filmleri de EK-1 de verilmiştir. şekil Ek1.1-12.

5.5 Bilgisayar Programları

İmal edilen mikroişlemci ünitesindeki programlar değiştirilerek farklı

Tablo 5.1: Motor çalıştırmada kullanılan üç kapının pozisyonu ve çalışma durumu (Doğruluk Tablosu)

MOTOR	YÖN	ÇALIŞTIRMA	
0	0	0	Motorlar dur
0	1	0	
1	1	0	
1	0	0	
0	0	1	A motoru ileri
0	1	1	A motoru geri
1	0	1	B motoru ileri
1	1	1	B motoru geri

makinaların otomatik kontrolü mümkündür. Mesela aynı ünite kullanılarak bir fırında sıcaklık kontrolü, bir hidrolik pres kontrolü hatta bir matkap tezgahının kontrolü mümkündür. Makinayı kontrol eden programlar akış diyagramlarıyla birlikte detaylı olarak aşağıda, makina dili ile yazılmış program metinleri de EK-2 de verilmiştir.

Tezgahı kontrol eden üç adet ana program vardır. Bunlar monitör, editör ve işlem programlarıdır. Ayrıca işlem programı her çalıştırıldığında bir alt program olan ilk değer atama programını çalıştırır.

5.5.1 Monitör programı

Bu program bilgisayar şalteri ilk açıldığında çalışmaya başlar ve diğer programları alt program gibi kullanır. Monitör programı kalıcı bellekteki (EPROM) 0000-0549 adreslerinde kayıtlıdır. Bu programla geçici bellekteki (RAM) 8000-87ff adreslerine program yazmak, listelemek ve çalıştırmak, kalıcı bellekteki (EPROM) 0000-07ff adreslerindeki programları listeleyip çalıştırmak mümkündür.

Programın büyük bir kısmı /24/ den alınarak projeye uygun şekilde düzenlenmiştir. Bu düzenlemeler Shift+Out tuşlarına basıldığı zaman editör programının çalıştırılması, Shift+In tuşlarına basıldığı zaman işlem programının çalıştırılması olarak özetlenebilir. Bu değişiklikler, fiziksel olarak programın 007F adresindeki CA FE 03

komutunun CA F0 86 şekline ve 0084 adresindeki CA 00 05 komutunun da CA 2A 0C şekline dönüştürülmesiyle gerçekleştirilmiştir.

5.5.2 Editör programı

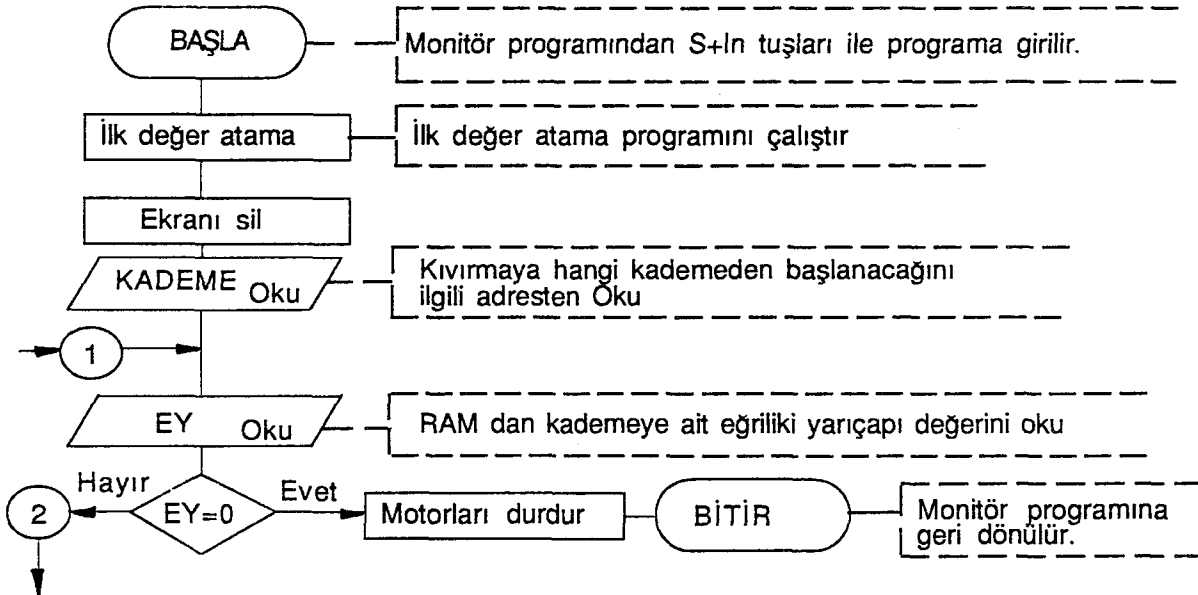
Editör programı; kıvrılacak profildeki kademelerin eğrilik yarıçapı ve yay uzunluğuna ait verilerin klavyeden onluk sistemde girilmesini ve bu bilgilerin RAM da saklanmasını, görüntülenmesini ve değiştirilmesini sağlar.

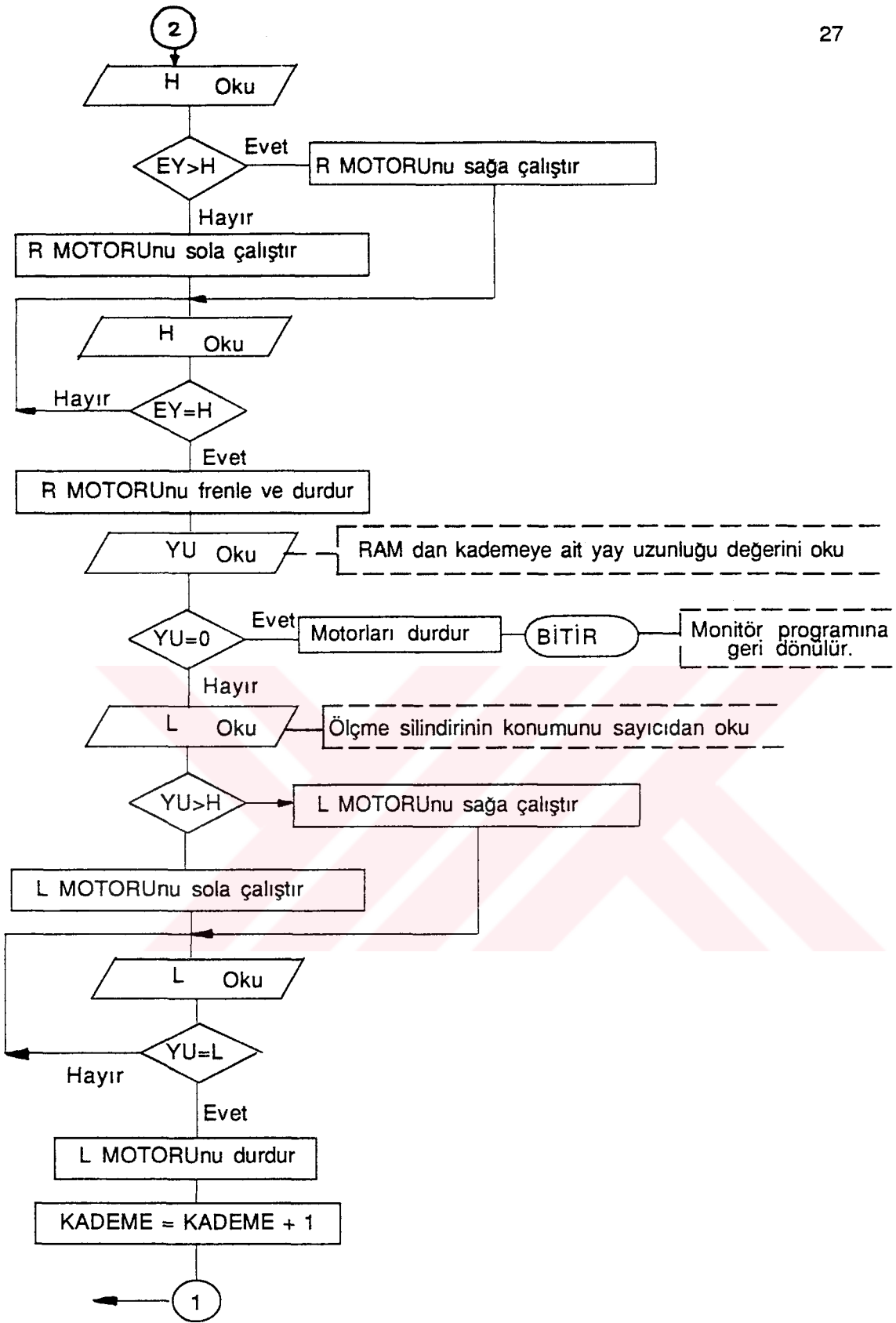
Kıvrılacak profile ait verilerin hazırlanması ve bilgisayara girilmesi 7. bölümde irdelenecektir.

5.5.3 Çalıştırma programı

Çalıştırma programı, daha önce editör programı ile girilen verileri kullanarak istenilen profili kıvrım için kullanılır. Monitör programında Shift+In tuşlarına basıldığı zaman çalıştırma programı devreye girer.

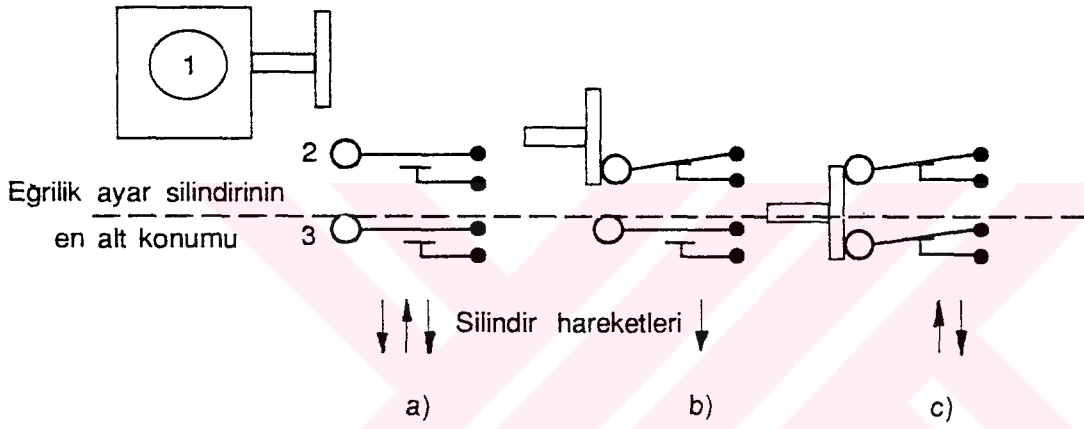
Programın akış diyagramı şekil 5.5 de görülmektedir. Burada kullanılan sembollerin anlamları şöyledir;





Şekil 5.5: Çalıştırma programı akış diyagramı

- EY : Eğrilik yarıçapı,
H : Hareketli silindirin konumu,
R MOTORU : Hareketli silindirin konumunu ayarlayan motor,
YU : Yay uzunluğu,
L : Yay uzunluğunu veren döner sayıcının durumu,
L MOTORU : Tahrik silindirlerini hareket ettiren motor.

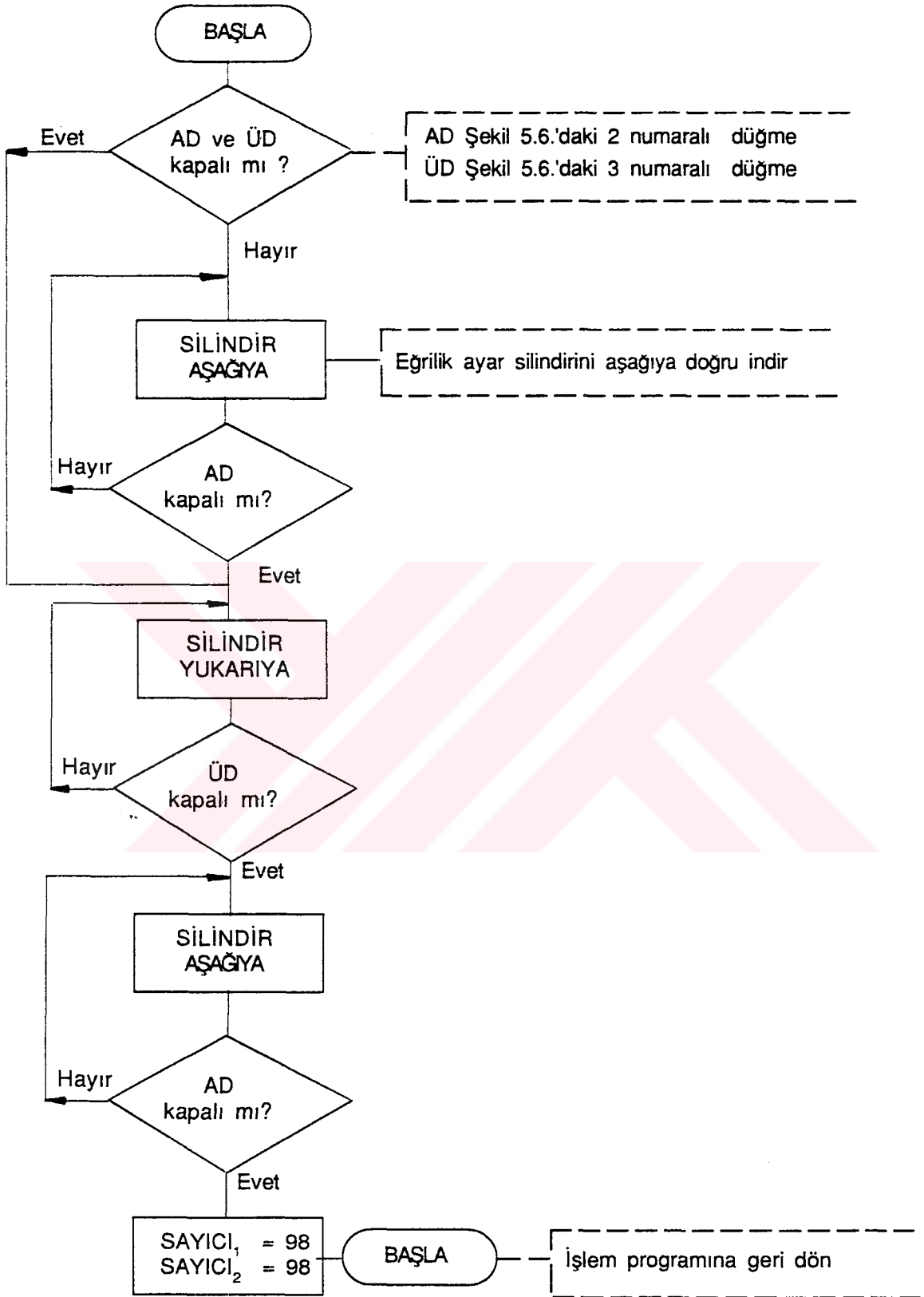


- 1 Eğrilik ayar silindiri
- 2 Üst düğme şekil 4.2 deki 10 numaralı sınır düğmesi
- 3 Alt düğme şekil 4.2 deki 11 numaralı sınır düğmesi

Şekil 5.6: Eğrilik ayar silindiri nerede olduğunu kontrol eden sınır düğmelerinin mümkün olan pozisyonları

5.5.4 İlk değer atama programı

Bir profil kıvrılmaya başlandığı zaman, ilk iş eğrilik ayar silindiri konumunun tesbit edilmesi ve referans çizgisine getirilmesidir. Mesela daha önceki işlem sırasında elektrik kesilmiş veya işlem tamamlanmadan makina reset edilerek durdurulmuş olabilir. Eğrilik ayar silindiri nerede olduğunun kontrolünü yapan bu program bir alt program



Şekil 5.7: İlk değer atama programının akış diyagramı

olup işlem programı tarafından çalıştırılır. Konum kontrolü iki düğmenin üç farklı kombinasyonu ile belirlenir, şekil 5.6. Burada a) durumunda iki düğme de açıktır ve mikroişlemciye giden sinyallerden eğrilik ayar silindirinin (1) yukarıda olduğu anlaşılır. b) durumunda sadece 3 düğmesi açıktır, (c) durumunda ise iki düğme de kapalıdır.

Programın akış diyagramı şekil 5.7 de verilmiştir. Bu akış diyagramında eğrilik ayar silindiri SİLİNDİR olarak kısaltılarak gösterilmiştir.

İmal edilen sayıcıların elektronik yapısı gereği negatif değerler sayılamamaktadır. Eğrilik ayar silindiri aşağıya doğru gelirken sayıcı sıfırdan sonra doğru netice vermez. Akış diyagramında eğrilik ayar silindirinin en alt konumuna sıfır değeri atanmış olsaydı hareketli parçaların atalet kuvvetlerinden, titreşimden veya herhangi bir sebeple silindir 0.01 mm bile hareket etse sayıcı yanlış çalışırdı . Bu sebeple sayıcılara başlangıç değeri olarak akış diyagramının sonunda görüldüğü gibi 98 değeri atanmıştır. 100 gibi yuvarlak bir sayı yerine 98 değerinin atanma sebebi, 98 sayısının elektronik devrede daha kolay gerçekleştirilmesidir.

Kıvrılacak profilin parametrelerine karşılık gelen verilerin bilgisayara girilmesi ile makinanın bu profili elde etmesi sağlanmış olacaktır. Ancak saclardaki geri yaylanma özelliğinden dolayı profilin son şeklinin, geometrisinden elde edilen verilerle çalışılması durumunda istenilen profilin sağlanamadığı görülecektir.

Geri yaylanma, metallerin plastik eğilmesi söz konusu olunca gözönünde bulundurulması gereken önemli konulardan birisi olarak ortaya çıkar ve kıvrma işleminin el veya makina ile yapılmasından bağımsızdır. Eğme zorlaması kalktığı an her iş parçası az veya çok başlangıçtaki formunu almaya meyleder.

6.1 Sac Kıvrma Makinalarında Eğrilik Yarıçapı İle İlgili Geometrik Bağlıntılar

Prensip şeması şekil 6.1a) da verilen bir sac kıvrma makinasında iş parçasının eğrilik yarıçapıyla makinanın geometrik büyüklükleri arasında şu bağıntılar vardır /15/:

$$\sin \theta = \frac{a}{R_1 + t + \frac{d_2}{2}}, \quad (1)$$

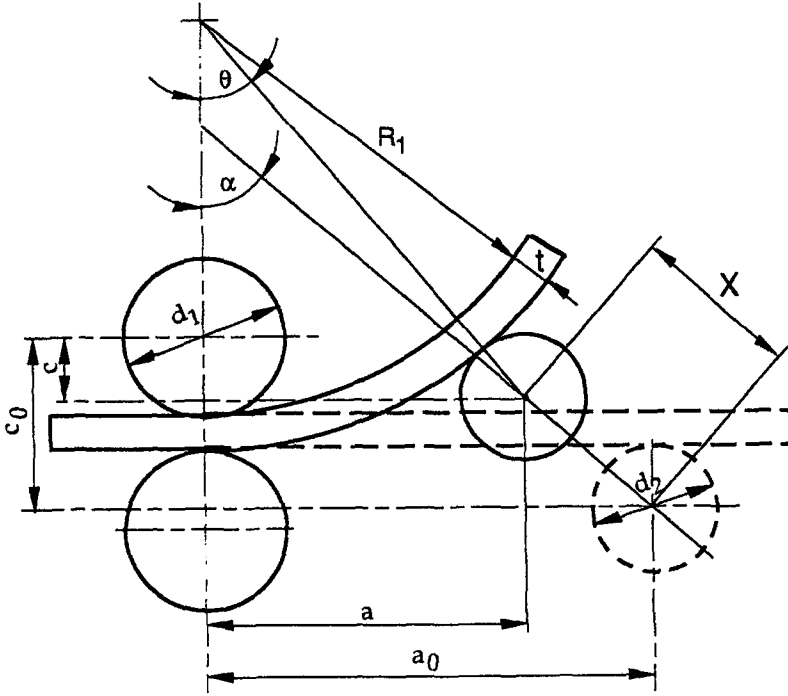
$$c = \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} \cos \theta + t - R_1 (1 - \cos \theta) \quad (2)$$

Otomasyonu düşünülen makina da eğrilik yarıçapını belirlemek üzere mikroişlemciye verilecek data şekil 6.1 deki X uzunluğudur. Bu uzunluk (2) eşitliği vasıtasıyla hesaplanabilir. Şöyle ki; şekil 6.1 deki a mesafesi $a = a_0 - X \sin \alpha$ ve c mesafesi de $c = c_0 - X \cos \alpha$ dır. c değeri ve (1) yardımıyla ifade edilecek $\cos \theta$ değerinin yerine konulmasıyla (2) eşitliği

$$c_0 - X \cos \alpha = \frac{d_1}{2} + t - R_1 + \left(\frac{d_2}{2} + R_1 \right) \sqrt{1 - \left(\frac{a_0 - X \sin \alpha}{R_1 + t + \frac{d_2}{2}} \right)^2} \quad (3)$$

şeklini alır.

Burada C_0 , α , d_1 , d_2 ve a_0 şekil 6.1 de görüldüğü gibi makina sabitleri, t de malzeme kalınlığıdır. Ancak istenen bir R_1 için X mesafesinin, yani eğrilik ayar silindirin



Şekil 6.1: Sac kıvrırma makinası prensip şeması ve makina sabitleri

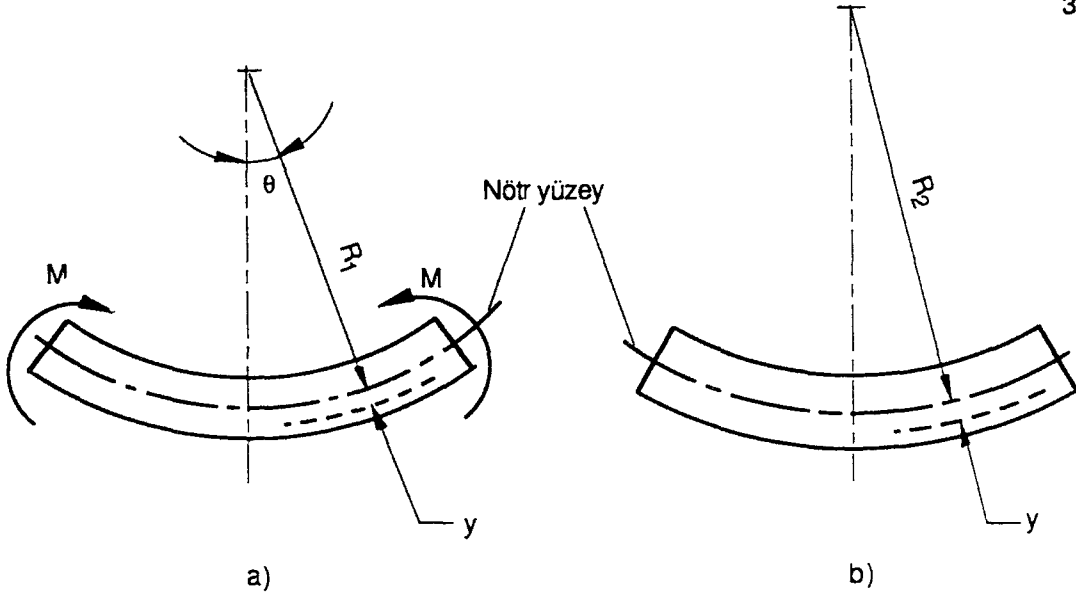
konumunun (3) bağıntısını sağlayacak şekilde ayarı sonunda hedeflenen yarıçap elde edilemeyecek, iş parçası tezgahdan çıkarılınca geri yaylanma sebebiyle daha büyük bir yarıçap elde edilecektir.

6.2 Tanım ve Temel Kabuller

Genel olarak geri yaylanma, geri yaylanma faktörü K ile ifade edilir ve bu faktör bükme yükü kalkmadan önceki bükme yarıçapının yük kalktıktan sonraki yarıçapa oranı olarak tanımlanır, şekil 6.2.

$$K = \frac{R_1}{R_2}$$

Geri yaylanma faktörü K , $(R_1 - t/2)/t$ nin fonksiyonu olarak çeşitli malzemeler için deneylerle tesbit edilmiş ve grafikler ve tablolar halinde düzenlenmiştir /13/.



Şekil 6.2. Yük altında (a) ve geri yaylanmadan sonraki (b) eğrilik yarıçapları

Bu grafikler ve tabloların incelenmesinden geri yaylanmanın esas olarak malzeme özelliklerine, malzeme kalınlığına ve bükme yarıçapına bağlı olduğu görülür. Pratik kullanım için verilen bu tip amprik bağıntılar dar bir sahayı kapsamaktadır. Malzemenin temel fiziksel özellikleri ve geometrisi bilindiği takdirde K faktörü önceden teorik olarak tesbit edilebilir mi sorusu uzun yıllardan beri araştırmacıları meşgul eden bir problem olmuştur. Konuyu teorik olarak inceleyen araştırmacıların yaptığı kabuller Ludwik'in kazan saclarının bükülmesiyle ilgili çalışmasında /32/ yaptığı kabullere dayanır. Bu kabuller şunlardır:

- Bükme esnasında sac kalınlığı değişmez,
- Bükme sırasında malzeme basit eğilmeye maruzdur. Başka bir ifade ile kesitlerde sadece eğilme momenti vardır,
- Yüklemeden önceki düzlem kesitler, boşaltmadan (geri yaylanmadan) sonra da düzlem kalırlar,
- Malzemenin basit çekme ve basma zorlanmasındaki gerilme-şekil değiştirme davranışı bilinmektedir,
- Bu kabul nötr yüzeyle ilgili olup aşağıda açıklanacaktır.

Bu kabullere dayanılarak konunun detaylı etüdü Schwark /11/ tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacı, malzemenin $\sigma - \epsilon$ eğrisinin analitik fonksiyonunun bilindiğini kabul eder ve gerilmesiz nötr yüzeyin bükme yarıçapına bağlı olarak yer değiştirdiğini teorik olarak gösterir. Teklif ettiği hesap prosedürünü sadece saf alüminyum ve St 23 den mamul saclar için uygulamış ve bulduğu sonuçları deneylerle karşılaştırmıştır.

Bu çalışmada konunun özünün gözden kaçmaması ve geri yaylanma mekanizmasının kolay anlaşılabilmesi için malzemenin gerilme birim Şekil değiştirme eğrisi elastik-ideal plastik olarak düşünülecektir /16/.

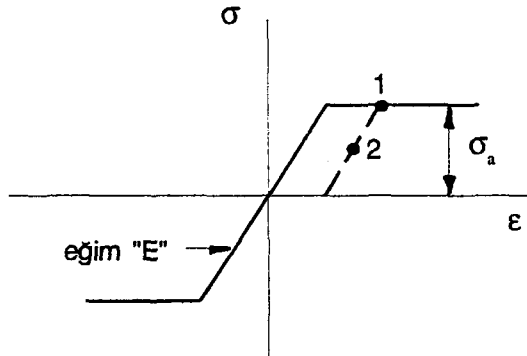
6.3 Geri Yaylanma Faktörünün Teorik Olarak Bulunması

Şekil 6.2 deki nötr yüzeyden uzaklığı y olan bir yüzeye ait gerilme ve birim Şekil değiştirme değerleri, Şekil 6.3 de sac yüklü durumda iken 1 noktasıyla, geri yaylanmadan sonra 2 noktasıyla gösterilebilir.

y mesafesindeki bir yüzeyin $\epsilon(y)$ değerinin birim Şekil değiştirmenin tanımından

$$\epsilon(y) = \frac{(R_1 + y) d\theta - R_1 d\theta}{R_1 d\theta} = \frac{y}{R_1} \quad (5)$$

olacağı açıktır.



Şekil 6.3: Basitleştirilmiş (elastik-ideal plastik) gerilme-birim Şekil değiştirme diyagramı

Yüklü haldeki birim şekil değıştirme değeri $\epsilon_1(y)$, geri yaylanmadan sonraki ise $\epsilon_2(y)$ ile gösterilirse, bu büyüklükler

$$\epsilon_1(y) = \frac{y}{R_1} \quad (6)$$

ve

$$\epsilon_2(y) = \frac{y}{R_2} \quad (7)$$

olarak ifade edilebilir. Bu durumda birim şekil değıştirmeler arasındaki fark,

$$\epsilon_1(y) - \epsilon_2(y) = y \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (8)$$

olarak, gerilmeler arasındaki fark ise geri yaylanma elastik olarak oluştuğu için

$$\Delta\sigma(y) = E [\epsilon_1(y) - \epsilon_2(y)] = Ey \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (9)$$

olarak ortaya çıkar. Burada E malzemenin elastisite modülüdür.

Gerilme-birim uzama eğrisindeki süreksiz noktaya sacda nötr eksen den uzaklığı y_a olan yüzey karşılık gelir. Eğrilik yarıçapı ve malzeme sabitleri cinsinden bu uzaklık (5) eşitliği yardımıyla

$$y_a = \sigma_a \left(\frac{R_1}{E} \right) \quad (10)$$

olarak bulunur. Burada σ_a malzemenin akma gerilmesidir.

Bu durumda yük altındaki gerilme dağılımı

$$\begin{aligned}
 0 \leq y \leq y_a \text{ için} \quad \sigma_1(y) &= \frac{yE}{R_1} \\
 y_a \leq y \leq t/2 \text{ için} \quad \sigma_1(y) &= \sigma_a
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

olur. Burada t bükülecek sac kalınlığıdır.

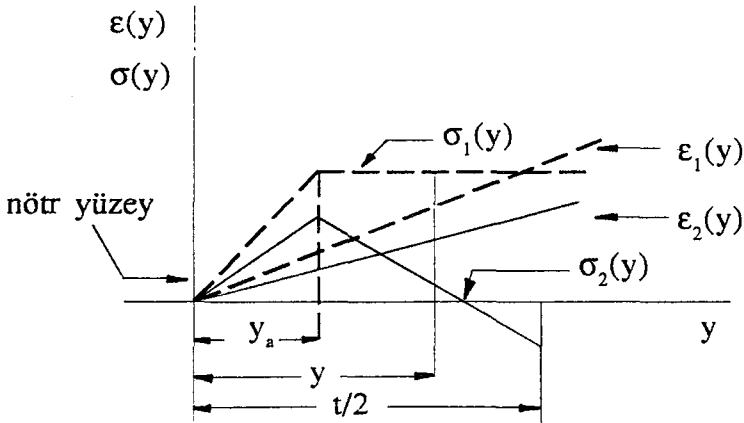
Geri yaylanmadan sonraki $\sigma_2(y)$ kalıcı gerilmelerinin dağılımı ise $\sigma_2(y) = \sigma_1(y) - \Delta\sigma(y)$ olacağı düşünülerek

$$0 \leq y \leq y_a \text{ için} \quad \sigma_2(y) = \frac{yE}{R_1} - Ey \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{yE}{R_2}
 \tag{12}$$

$$y_a \leq y \leq t/2 \text{ için} \quad \sigma_2(y) = \sigma_a - Ey \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

şeklinde ortaya çıkar.

Birim şekil değiştirme fonksiyonları (6), (7) ve gerilme fonksiyonları (11), (12) nötr yüzeyin dışbükey tarafı için şekil 6.4 de diyagrama taşınmıştır. İçbükey kısmı için diyagram orijine göre simetriktir.



Şekil 6.4: Geri yaylanmadan önce ve sonraki gerilme ve birim şekil değiştirme

Geri yaylanmadan sonra artık dış yük olmadığına göre statik denge şartından dolayı herhangi bir kesitteki gerilmelerin ve momentlerin toplamının sıfır olması gerekir. Gerilmelerin nötr yüzeye göre simetrikliğinden dolayı gerilmeler toplamının sıfır olması şartının doğrudan sağlandığı görülür. Momentler toplamının sıfır olması şartı ise,

$$\int_{-t/2}^{t/2} y\sigma_2(y) dy = 0 \quad (13)$$

olarak yazılabilir. Bu son eşitlikte simetriklikten dolayı nötr eksenin her iki tarafında da $y\sigma_2(y)$ çarpım değeri eşit olup aynı işaretlidir. Bu durumda (13) eşitliği

$$\int_0^{t/2} y\sigma_2(y) dy = 0 \quad (14)$$

olarak da ifade edilebilir. Kalıcı gerilme eğrisindeki süreksizlikten dolayı integral değeri iki ayrı aralık için ifade edilirse

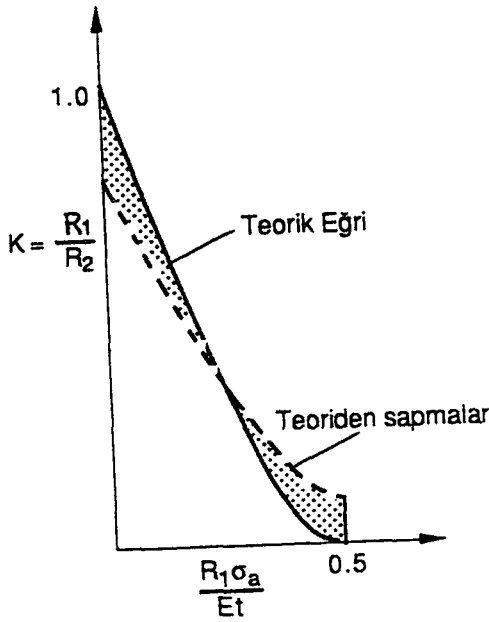
$$\int_0^{y_a} y\sigma_2(y) dy + \int_{y_a}^{t/2} y\sigma_2(y) dy = 0 \quad (15)$$

şeklini alır. Bu ifade $\sigma_2(y)$ yerine (12) eşitliğindeki değerleri konularak işlemler yapıldıktan sonra y_a yerine (10) eşitliğindeki değeri konulup gerekli sadeleştirmeler yapılırsa

$$K = \frac{R_1}{R_2} = 4\left(\frac{R_1\sigma_a}{Et}\right)^3 - 3\left(\frac{R_1\sigma_a}{Et}\right) + 1 \quad (16)$$

ifadesi bulunur /16/. Bu eşitlik geri yaylanmayı malzeme sabitleri ile ifade eden temel fonksiyondur. Bu ifade grafiğe taşınırsa şekil 6.5 de verilen eğri elde edilir.

Gardiner /16/, (16) eşitliğini dokuz farklı malzemeyle, farklı kalınlıklarda yaptığı deneylerin sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Deney sonuçlarıyla teorik eğri arasındaki sapmalar şekil 6.5 de gösterilmiştir. Araştırmacı bu sapmaları malzemenin ideal elastik



Şekil 6.5: Geri yaylanma eğrisi

boşalmamasına ve gerilme uzama eğrisinin elastik-ideal plastik olmamasına bağlamaktadır.

Malzemenin çekme ve basmadaki davranışının farklı olması halinde nötr yüzeyin kesitin ortasında kalmayacağı açıktır. Gebhardt ve Sidebottom, çubukların plastik eğilmesi ile ilgili ve yöntemin saclara da uygulanabileceğini belirttikleri çalışmalarında /33/, gerçek gerilme uzama diyagramını bölgeler halinde lineer düşünerek yukarıda belirtilen integral alma işlemini bilgisayara devretmişlerdir. Bu araştırmacıların çalışmalarında teori ve deney sonuçları arasında % 6 ya kadar varan sapmalar görülmektedir.

Etüd edilen araştırmalarda kesme kuvvetinin geri yaylanmaya etkisinin olmadığı görülmüştür. Zira /16,33/ deki deneylerde kesme kuvveti mevcuttur. /11/ de basit eğilme ve kesmeli eğilme halinde yapılan deneylerin sonuçlarında da bariz bir fark görülmemektedir.

Bu durumda (16) ifadesinin malzeme sabitlerinin bilinmesi şartıyla pratikte geri yaylanma faktörünün önceden tesbitinde yaklaşık olarak kolayca kullanılabileceği ortaya çıkmaktadır. Araştırmacının deneylerindeki sonuçların teoriden sapmaları

bazen nadiren de olsa % 10-15' e varması normal karşılanabilir. Bu toleransa izin verilmiyorsa teorik hesapla bulunan eğrilik yarıçapından yola çıkılarak bükmeye başlanması ve eski fakat güvenilir bir metod olan deneme ve yanılmaya başvurmak akılcı bir yoldur. Zira malzemenin alaşım miktarlarının, geçirdiği ısıl ve mekanik işlemlerin her zaman aynı kaldığı garantisini mevcut olmadıkça % 100 lük bir teorik hesap da mümkün olmayacaktır.

Buna göre sac kıvrırma makinasında, şekil 2.2 de verilen ve A-B, B-C, C-D ve D-E kademelerinde farklı eğrilik yarıçaplarına sahip bir profilin bükülmesi istendiğinde her kademe için (16) eşitliği ile K faktörü hesaplanıp bunun yardımı ile 2 numaralı silindirin konumu ve o kademedeki yay uzunluğu otomasyon devresine veri olarak girilebilir. Geri yayanma faktörünün başlangıçta kesin dorulukla hesaplandığından emin olunamadığı durumlarda ilk bükme işleminin esas iş parçası yerine bu iş parçasından kesilmiş bir şeritle yapılarak teoriden sapmalar görülüp verilerin düzeltilmesi çözüm olarak düşünülebilir. Bununla birlikte aynı malzemeden 10 farklı eğrilik yarıçapında hesaplanan değerler bilgisayara girildikten sonra kabul edilebilir toleranslarda profiller elde edilmiştir.

7 KIVIRMADA VERİ HAZIRLAMA İŞLEMİ

7.1 Kıvrılacak Profile Ait Verilerin Tesbiti

Bir profilin programlanması için mikroişlemci ünitesine girilecek veriler iki değişik yoldan elde edilebilir. Aşağıda açıklandığı gibi girilecek veriler bunlardan birincisinde, metod 1 de hesaplanarak, ikincisinde ise, metod 2 de tezgah el ile çalıştırılarak motorlara ileri geri kumanda edilmesiyle sayıcı göstergelerinden okunur. Daha sonra bu değerler klavyeden mikroişlemci ünitesine aktarılır.

Birinci metotta istenen profil daha hassas elde edilir. İkinci metotta ise profil kabaca elde edilir, ancak hesaplama işlemi ortadan kalkacağı için daha pratik bir çözümdür.

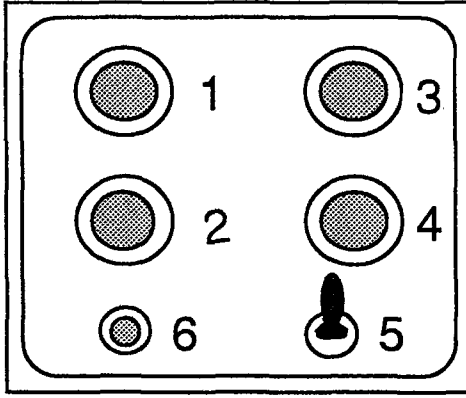
METOD 1: Bu metotta; önce elde edilmesi düşünülen profildeki farklı eğrilik yarıçaplı kademeler tesbit edilir. Sonra bu eğrilik yarıçaplarını elde etmek için hareketli silindirin konumlandırılması gereken X miktarı (3) ve (16) eşiklikleri yardımıyla hesaplanır.

Kıvrılacak sac malzemesine ait elastikiyet modülü ve akma gerilmesi değerleri literatürden bulunabileceği gibi daha sağlıklı olması istenildiğinde de çekme deneyi ile tesbit edilebilir.

Ayrıca her kademenin yay uzunluğunun elde edilebilmesi için ölçme silindirinin ne kadar dönmesi gerektiği hesaplanır. Bu metoda ait bir örnek 7.2 bölümünde verilmiştir.

METOD 2: Bu metotta herhangi bir hesaplama yapmaksızın kıvrılması istenen iş parçası malzemesinden kesilen ince bir şerit, tahrik silindirleri arasına sıkıştırılır. Sistem çalıştırılır, ilk değer atama işlemi yapıp sayıcılara 98 değeri atandıktan sonra şekil 7.1 de görülen kumanda tablosundaki reset düğmesine basılır. Sonra (1-4) motor kontrol düğmelerine kumanda edilerek istenen profil elde edilir. Bu esnada bilgisayar programları çalışmaz ancak ekranda hareketli silindir ve ölçme silindirinin konumlarını gösteren değerler görülür. Bir kağıda not edilen bu X ve L değerleri daha sonra editör programı ile otomasyon devresine aktarılarak verilerin girilmesi işlemi tamamlanır.

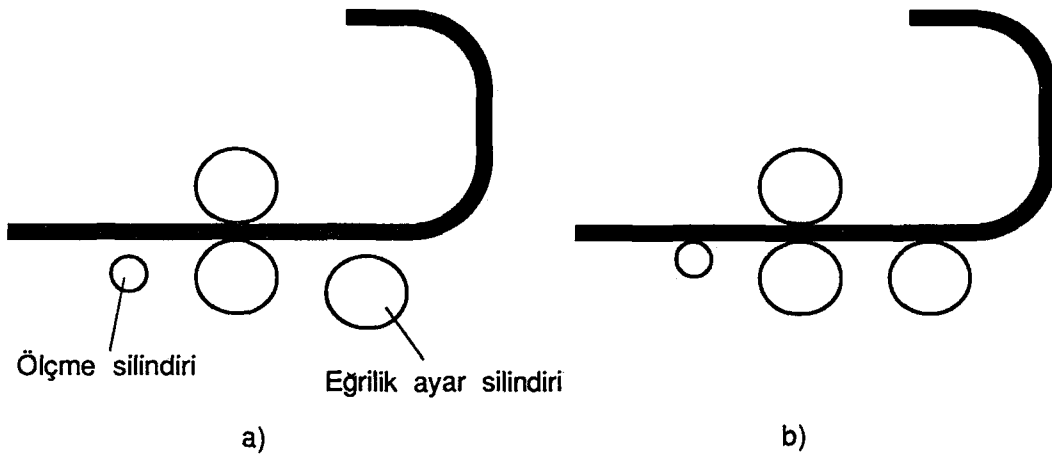
Düz kademelerin imalatında eğrilik ayar silindirinin şekil 7.2a) daki gibi çok



- 1 Hareketli silindir yukarı
- 2 Hareketli silindir aşağı
- 3 İş parçası ileri
- 4 İş parçası geri
- 5 Bilgisayar açma/kapama
- 6 Reset düğmesi

Şekil 7.1: Kumanda tablosundaki düğmeler ve görevleri

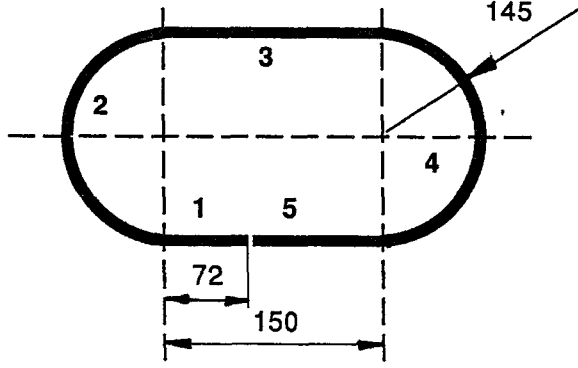
aşağıya çekilmesi mahzurludur. Çünkü kıvrılacak profilin tahrik silindirlerinden sonraki kısmının ağırlığından doğan moment, şekillendirilmemiş kısmın ağırlığından doğan momentten büyükse malzemenin ölçme yapılan kısmı ölçme silindirine temas etmeyeceği için ölçme sinyallerinin kazanılmasında hatalar meydana gelebilir. Bu sebeple düz kenarların şekillendirilmesi sırasında hareketli silindirin iş parçasına değecek ama iş parçasında kalıcı deformasyon bırakmayacak şekilde, belli bir öngerilme ile konumlandırılması gerekir. Yukarıda bahsedilen her iki veri hazırlama metodunda da buna dikkat edilmelidir.



Şekil 7.2: Profildeki düz kenarları elde ederken hareketli silindirin pozisyonu
a) Yanlış pozisyon
b) Doğru pozisyon

7.2 Örnek Bir Profile Ait Verilerin Hesaplanması

3 mm kalınlığında DKP sacdan şekil 7.3 deki profilin kıvrılması istenmiş olsun.



Şekil 7.3: Kıvrılacak bir profil örneği

Çözümde profilin kademelere ayrılmasıyla başlanır. Burada 1, 3 ve 5 numaralı kademeler düz kademelerdir. Bu kademeler gibi eğrilik yarıçapı sonsuz olan düz kısımların şekillendirilmesinde eğrilik ayar silindirinin konumu yukarıda bahsedildiği gibi ayarlanır. Bu konum sac kalınlığına bağlıdır. Kalınlığı 3 mm olan sacların kıvrılmasında eğrilik ayar silindiri yaklaşık 10 mm kaldırılmalıdır. Sonuç olarak 1, 3 ve 5 kademeleri için X değeri 1000 birimdir.

Eğrilik yarıçapı $R_1=145$ mm olan kademeleri elde etmek için, eğrilik ayar silindirinin kaldırılması gereken miktarın hesabında şu yol takip edilir. Kıvrılacak sacın akma gerilmesinin 300 N/mm^2 , elastikiyet modülünün 210000 N/mm^2 olduğu dikkate alınarak, (16) eşitliği ile geri yaylanmadan önceki eğrilik yarı çapı $R_1=120.2$ mm bulunur. Bu değer (3) de yerine konularak makina sabitlerinin de

$$C_o = 114 \text{ mm,}$$

$$\alpha = 18^\circ$$

$$d_1 = 110 \text{ mm,}$$

$$d_2 = 112 \text{ mm,}$$

$$a_0 = 130 \text{ mm}$$

ve sac kalınlığının da $t= 3$ mm olduğu gözönünde tutularak $X= 44.32$ mm = 4432 birim bulunur. Sayıcılara başlangıç konumunda 98 değeri atandığı için bu değere 98 eklenmelidir. Böylece eğrilik yarıçaplarını elde etmek için gerekli veriler; 1, 3 ve 5 numaralı kademeler için $X_1= X_3= X_5= 1000$ olarak ve 2 ve 4 numaralı kademeler için de $X_2= X_4= 4432 + 98 = 4530$ olarak ortaya çıkar.

Kademelerin eğrilik uzunlukları sırasıyla, şekil 7.3 den hesaplanabileceği gibi 72, 455, 150, 455 ve 78 mm dir. Ancak bu uzunlukları elde etmek için bu değerlerin makina sabiti (0.801) ile çarpılmış olarak ve eklemeli sistemle bilgisayara girilmesi gerekir. Bu durumda bilgisayara girilecek veriler

$$L_1 = 98+ 0.801* 72= 156,$$

$$L_2 = L_1+ 0.801* 455= 521,$$

$$L_3 = 641,$$

$$L_4 = 1006,$$

$$L_5 = 1068$$

olarak bulunur. Ancak çok hassas bir profil elde edilmesi istendiğinde bu örnekteki beş olan kademe sayısı 15'e çıkarılabilir. Bu durum için veriler EK-3 de verilmiştir. Bu verilerle elde edilen profillerin boyutları arasında yaklaşık % 0.5 lik bir farklılık meydana geldiği gözlenmiştir. Halen sanayide imal edilen profillerin uyumsuzluğu yanında bu tolerans oldukça küçüktür.

8. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada başlangıçta sadece iki farklı eğrilik yarıçapını kıvrılabilecek bir otomasyonun yeterli olması hedeflenirken, tasarım alternatiflerinin araştırılması sonunda mikroişlemci kullanılma mecburiyeti ortaya çıktığı için hedeflenenden daha ileri gidilerek 99 kademedен oluşabilen ve makinanın sınırları içinde elde edilebilecek bütün eğrilikleri kıvrıyan bir tezgah prototipi geliştirilmiştir.

İmal edilen profiller sanayide tank imalatında kullanılan profiller için yeterli olabilecek hassasiyettedir ve birbirleriyle uyum içerisindedir.

Bundan sonra imal edilecek makinalarda; mikroişlemci ünitesinin imalatına gerek olmadığı, bu tip devrelerin hatta sayıcı ve giriş/çıkış (I/O) devrelerinin hazır alınarak bunların PC uyumlu bilgisayarlara bağlanıp makina kontrolunda kullanılmalarının daha uygun olacağı ortaya çıkmıştır. Böylece hem elektronik devre imalatına harcanacak zamanın bilgisayar programlarının geliştirilmesine yani yazılıma harcanarak otomatik kontrolun daha mükemmel yapılması temin edilecek hem de üst düzey programlama dillerinin kullanılması mümkün olacaktır.

Sonuç olarak bu çalışmada; klasik sac kıvrırma makinalarında kıvrılması mümkün olmayan profilleri, istenen toleranslarda ve kısa zamanda elde edebilecek bir otomatik tezgah imalatı gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

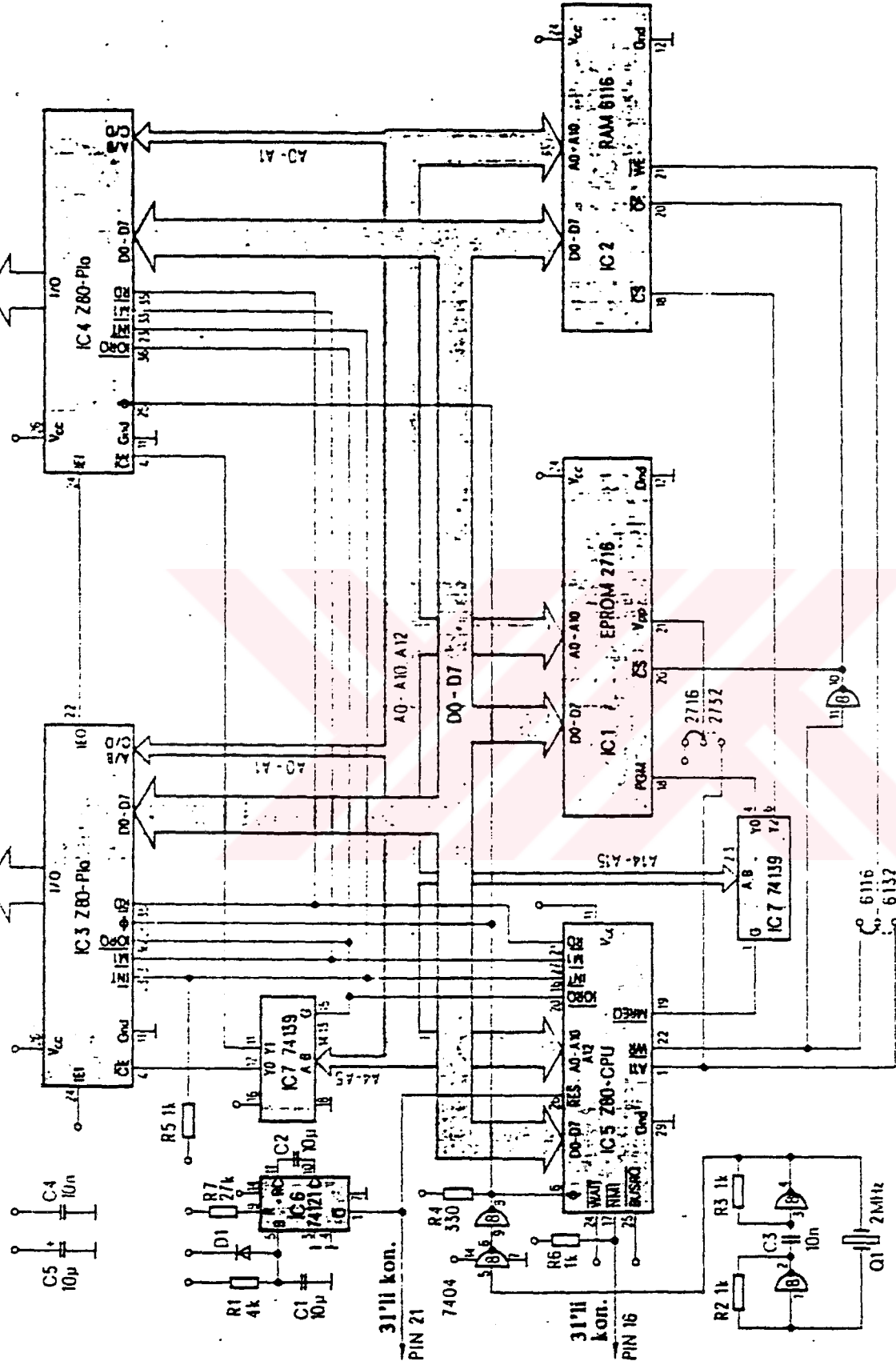
- /1/ HALE, M. ve HARDT, D. E., 1987. Dynamic Analysis and Control of a Roll Bending Process. *IEEE Control Systems Magazine*. 8: 3-11.
- /2/ ULUKAN, L., 1983. *Sistematik Konstrüksiyon.*, İTÜ Makina Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- /3/ KOLLER, R., 1979. *Konstruktionsmethode für den Mashinen-, Geräte- und Apparatebau.*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- /4/ DIETER, G., 1983. *Engineering Design.*, Mc. Graw-Hill Inc., Tokyo.
- /5/ WINSHIP, J.T., 1983. Basics of Roll Bending. *American Machinist*. 2: 105- 120.
- /6/ ASM Committee on Three- Roll Forming., 19xx. *Metal Handbook.*, Cilt 8, 217- 223.
- /7/ KLEIN, W., 1978. Die Technologie des Blechrundbiegens. Teil II. *Blech Rohre Profile*. 25: 607- 612.
- /8/ KLEIN, W., 1978. Die Technologie des Blechrundbiegenes. Teil IV. *Blech Rohre Profile*. 26: 453- 456.
- /9/ OEHLER, G., 1966. *Krafte- und Leistungsermittlung an Rundbiege Maschinen.*, Westdeutscher Verlag., Köln und Opladen.
- /10/ QUEENER, C. A. ve ANGELIS, R. J., 1968. Elastik Springback and Residual Stresses in Sheet Metal Formed by Bending. *Transaction of the ASME*. 3: 34- 40.
- /11/ SCHWARK, H. F., 1952. *Rückfederung an Bildsam gebogenen Blechen.* Doktora tezi. Technische Hochschule Hannover. Hannover.
- /12/ SHAFFER, B. W., 1960. Mechanics of Sheet Bending Process. *Transactions of the ASME*. 3: 34- 40.
- /13/ LANGE, K., 1975. *Lehrbuch der Umformtechnik, Band 3 Blechimformung* ,Springer -Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- /14/ RECHLICH, K., 1967. *Vergleichende Untersuchungen verschiedener Kaltbiegeverfahren für Bleche* . VDI - VERLAG, Düsseldorf.

- /15/ OEHLER, G., 1952. Plate Bending Machines. *Eng. Progress.* 4: 45-51.
- /16/ GARDINER, F. J., 1957. The Spring Back of Metals. *Transactions of the ASME.* 1: 1-9
- /17/ WONSETLER, R. L., 1979. Has Anything Changed in Bending Roll Design. *Welding Design & Fabrication.* 6: 84- 89.
- /18/ Rhodes, J. and at all , 1986 Developments in Roll Forming and Bending. *Welding Metal Fabrication.* 12: 354- 356.
- /19/ KRIEG, A., 1979. How to Buy a Bending Roll. *Welding Design & Fabrication.* 6: 90- 91.
- /20/ AKKURT, M., 1986. *Nümerik Kontrollu Tezgahlar ve Sistemler.* Asilteknik. İstanbul.
- /21/ ADALI, E., 1991. *Mikroişlemciler-Mikrobilgisayarlar.,* Örünc Ofset, İstanbul
- /22/ PRITCHARD, J., 1985. *Amstrad CPC464 Machine Language.,* Melbornhouse Publisher, United Kingdom.
- /23/ BARDEN, W., 1980. *The Z-80 Microcomputer Handbook.,* Howerd W. Sams & Co., Inc., Indianapolis.
- /24/ KANIS, W.(Çeviren: Öniz, M.), 19xx. Z-80 GAMBİK. *Elo Electronic.* 23 : 9-11.
- /25/ SÜLÜN, E. ve OMUZ S., 1988. *Mikroişlem Kontrollu Dijital Peryodmetre.,* Bitirme Projesi, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul.
- /26/ BOSSHART, W.C., 1989. *Printed Circuit Board Design and Technology,* Mc Graw Hill, New Delhi.
- /27/ YERMAKOV, V. ve FEDOTYONOK, A., 1968. *Machine Tool Design.* Vol 2., Mir Publishers., Moskow.
- /28/ MARTIN, S.J., 1986. *Numerical Control of Machines Tools.,* Hodder and Stoghton Ltd., Great Britain.
- /29/ LUGGEN, W. W.,1988. *Fundamentals of Numerical Control.,* Delmar Publisher Inc., New York.
- /30/ HALKACI, H. S., 1987. *Karşı-ağırlıklı Sac Kıvrırma Makinası Tasarım ve İmalatı.* Yüksek Lisans Tezi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.

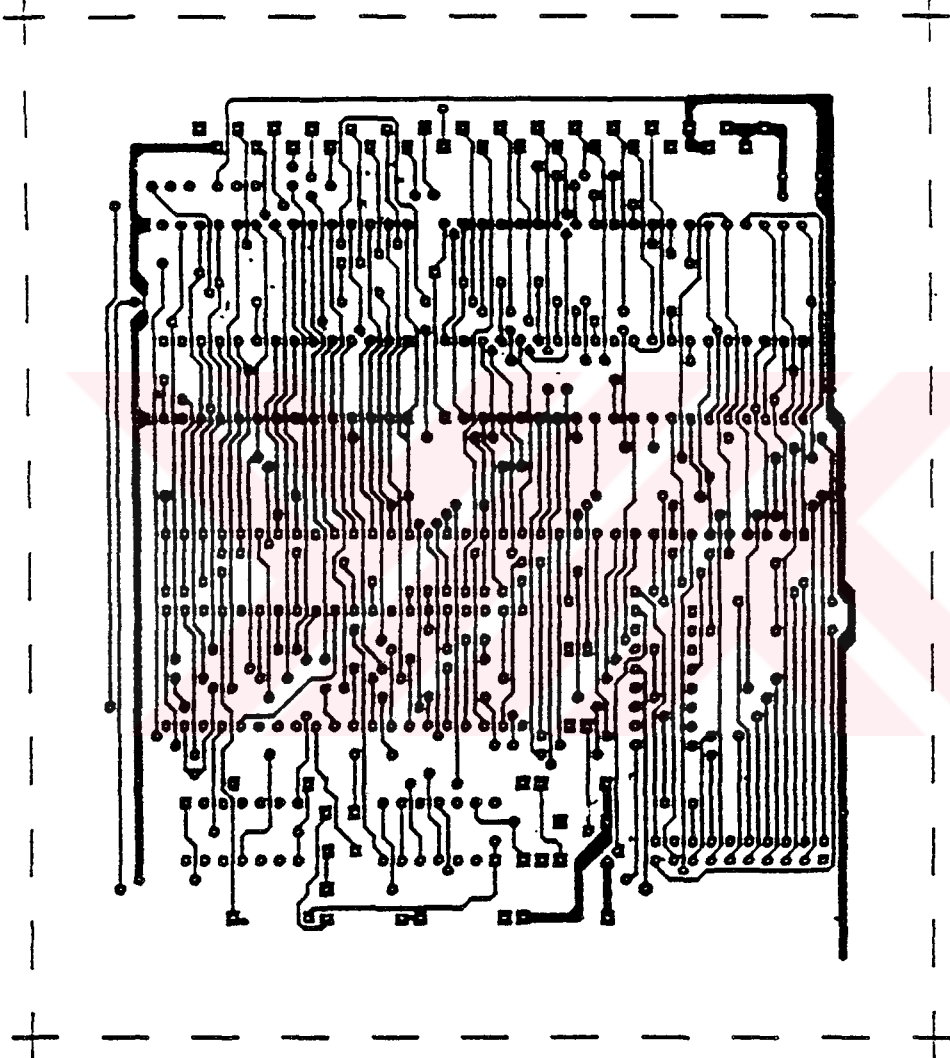
- /31/ GOTZ, D.(Çeviren: ÖNİZ, M.), 1985. Z-80 Gambik İçin Gösterge ve Tuş Takımı. *ELO Elektronik*. 28: 8- 10.
- /32/ LUDWIK, P., 1903. Technologishe Studie über Blechbiegung. *Technische Blätter*. s: 133-159.
- /33/ GEBHARDT, C. F. ve SIDEBOTTOM, O. M., 1980. Computer Program Calculates Springback in Beams and Plates Formed by Bending. *Manufacturing Engineering*. 4: 96-100.



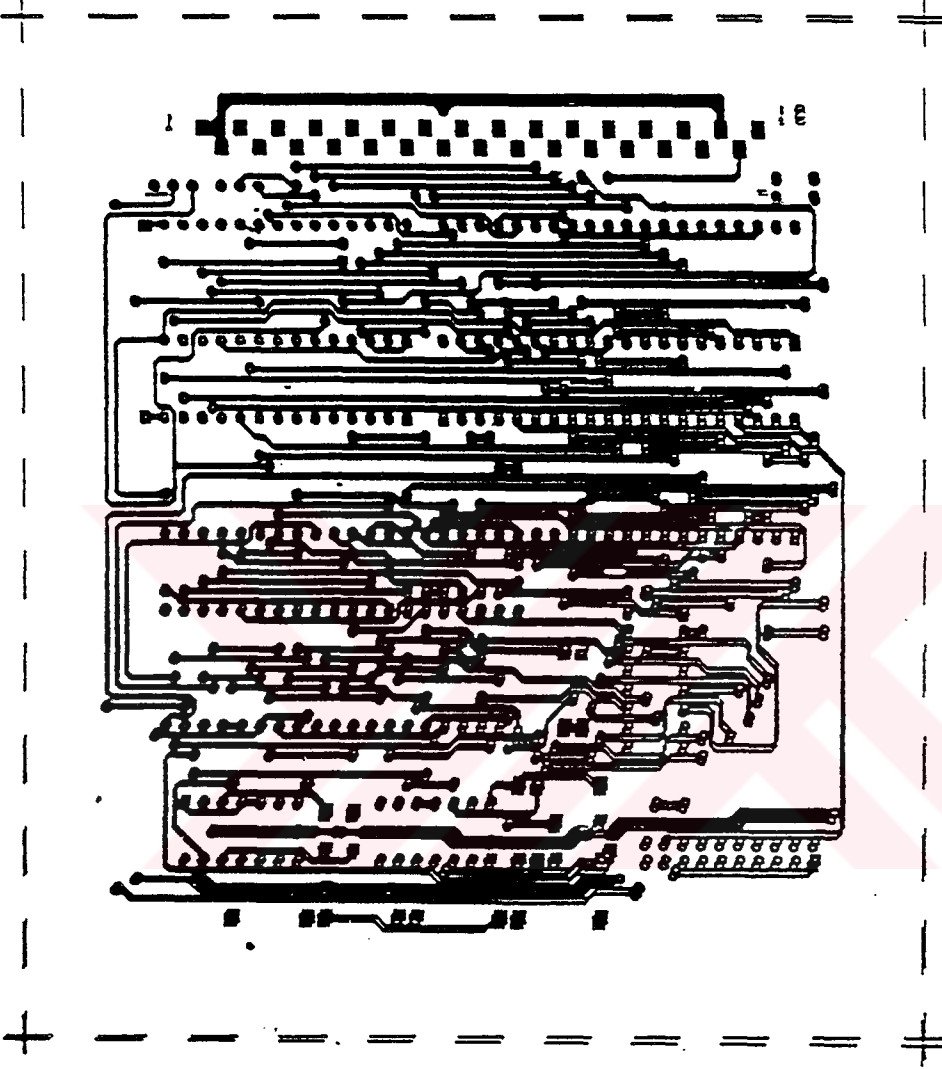
EK - 1 ELEKTRONİK DEVRE ŞEMALARI**ve****BASKILI DEVRE FİMLERİ**



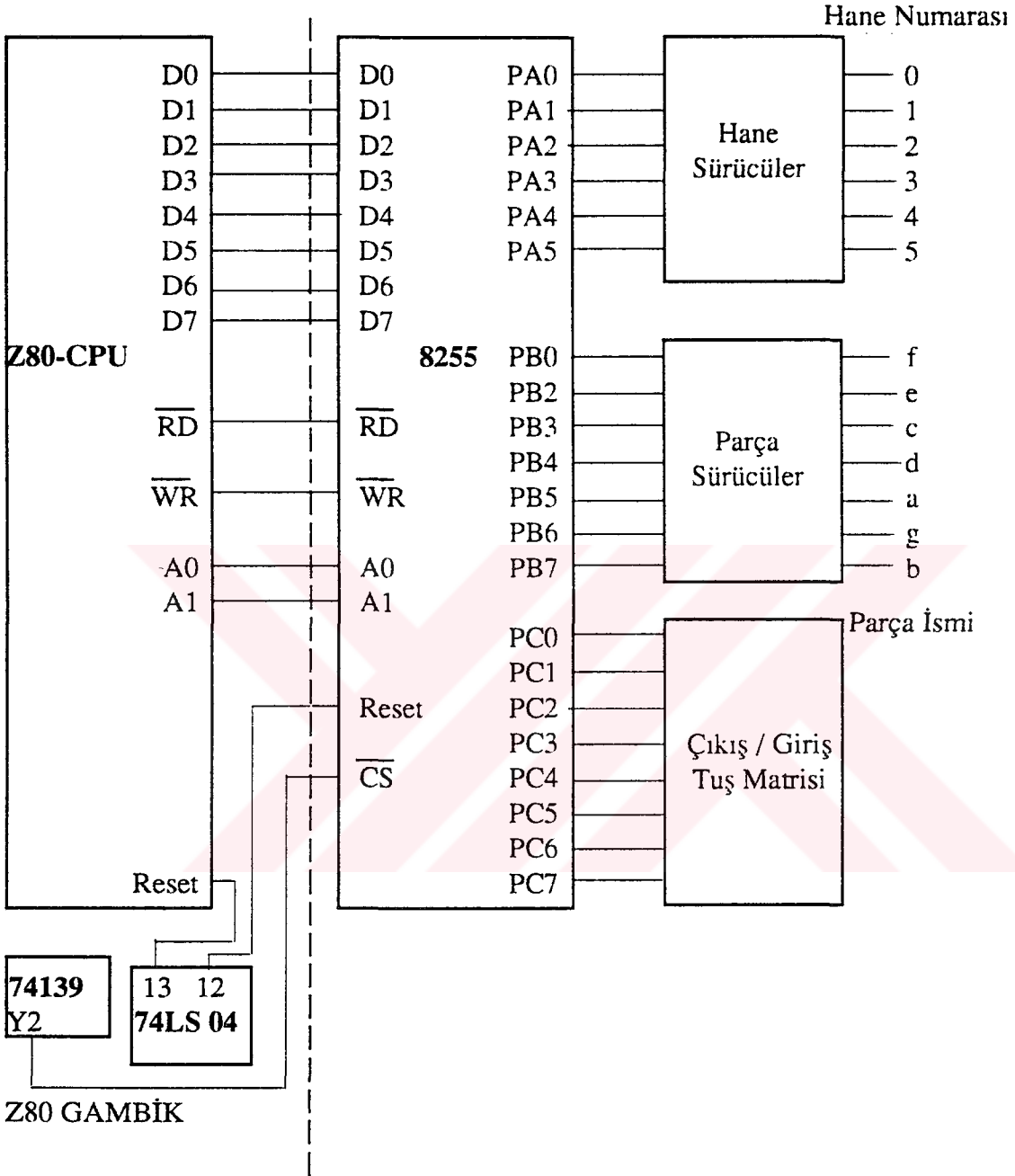
Şekil Ek1.1: "Z-80 GAMBİK" için Devre Şeması /24/



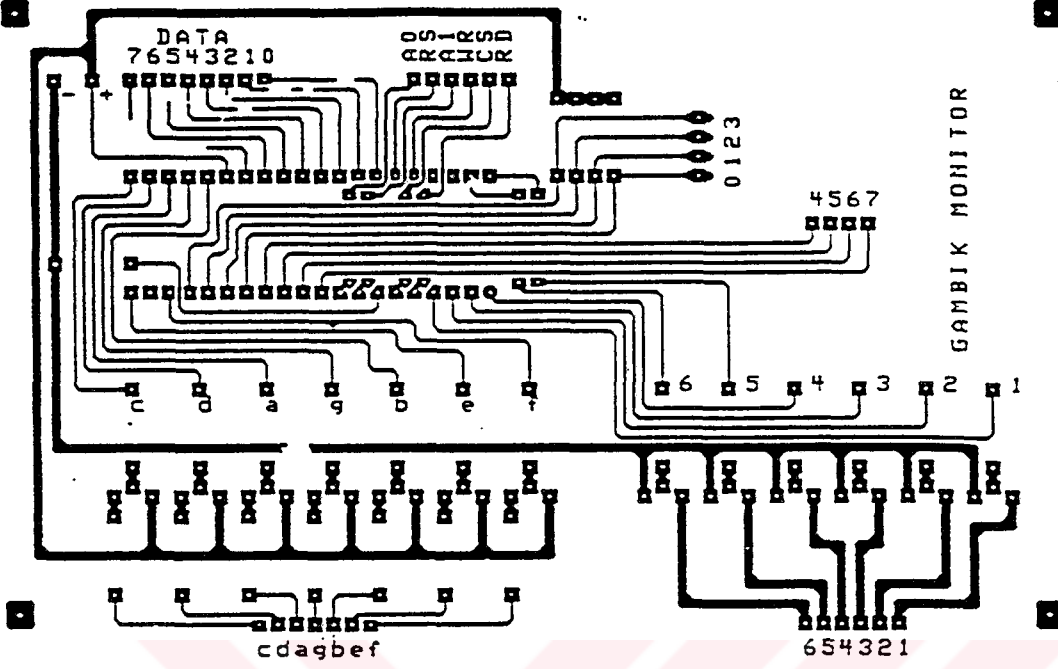
Şekil Ek1.2: Z-80 GAMBİK Baskılı Devre şeması (Parça Yüzü)



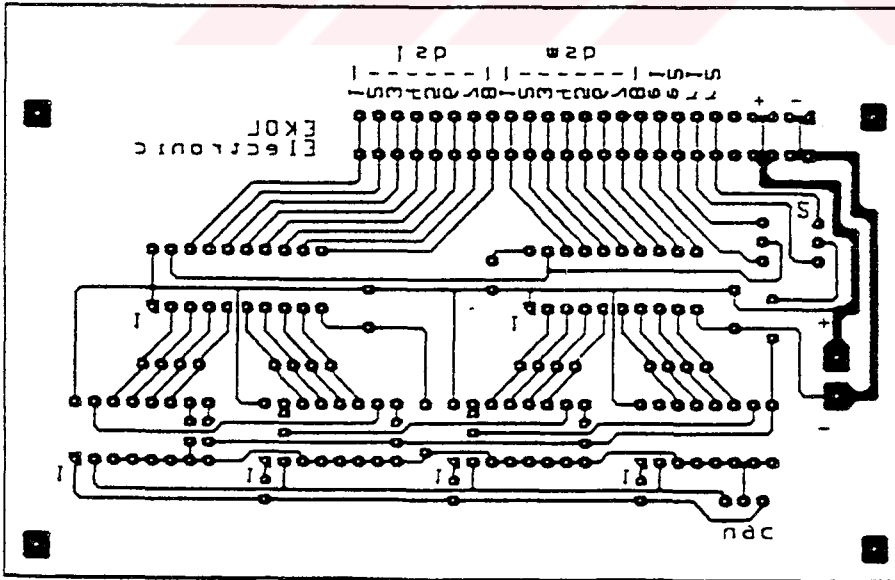
Şekil Ek1.3: Z-80 GAMBİK Baskılı Devre şeması (Lehim Yüzü)



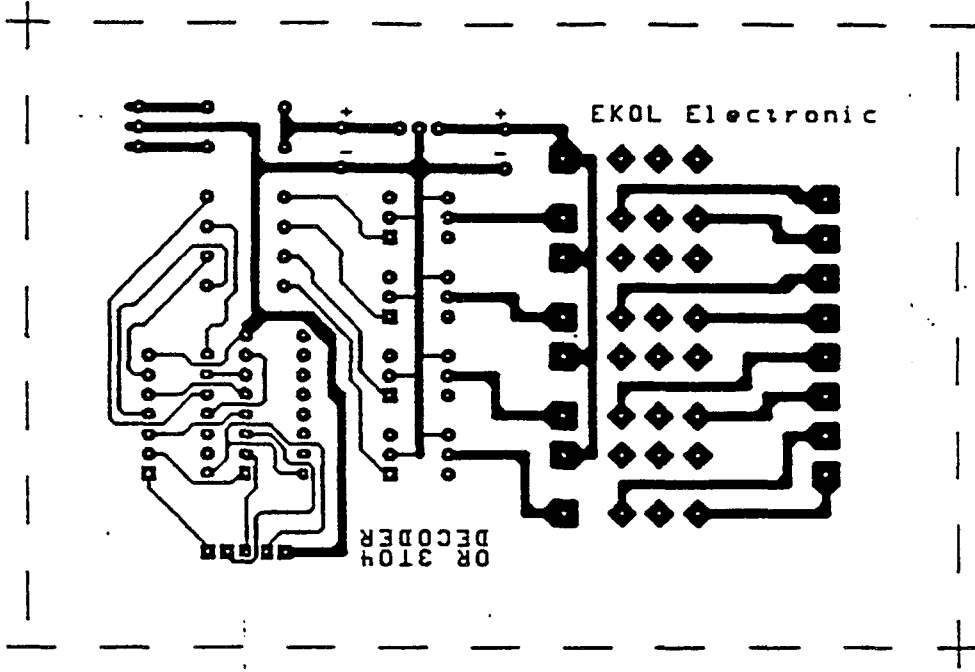
Şekil Ek1.3: Ekran ve Klavyeden Oluşan Monitörün Blok Şeması /31/



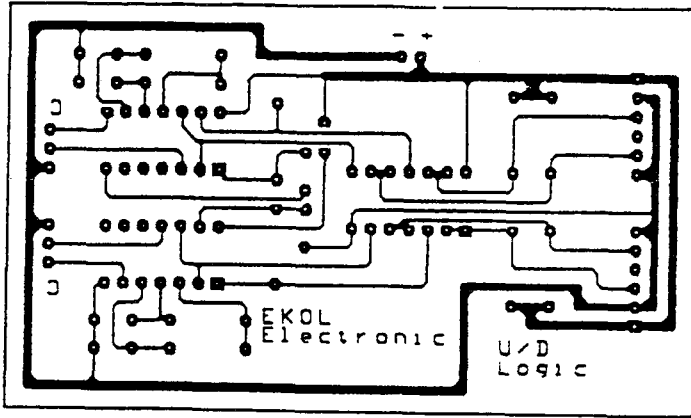
Şekil Ek1.5: Monitör Baskılı Devre Şeması



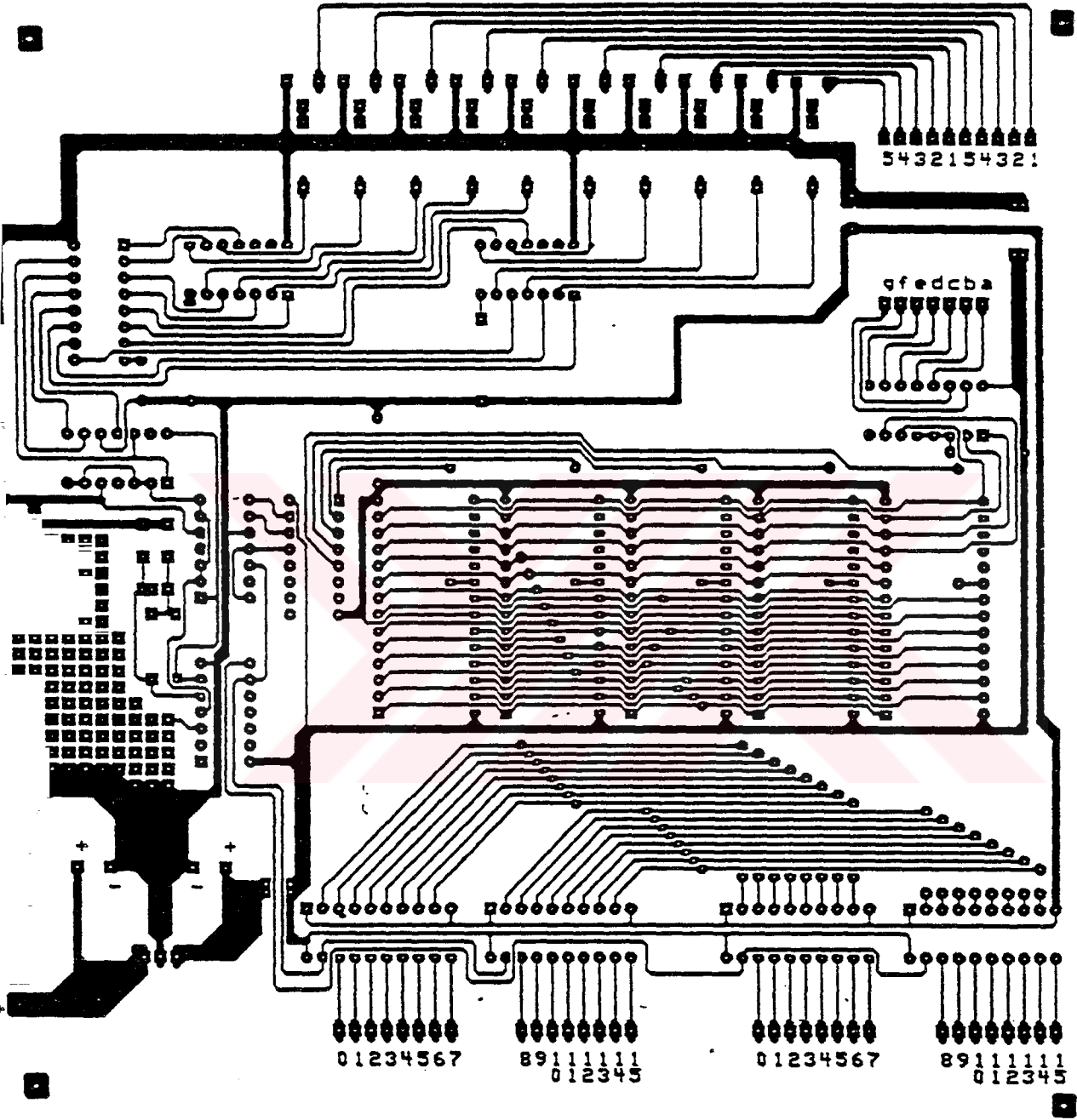
Şekil Ek1.6: Ekran Baskılı Devre Şeması



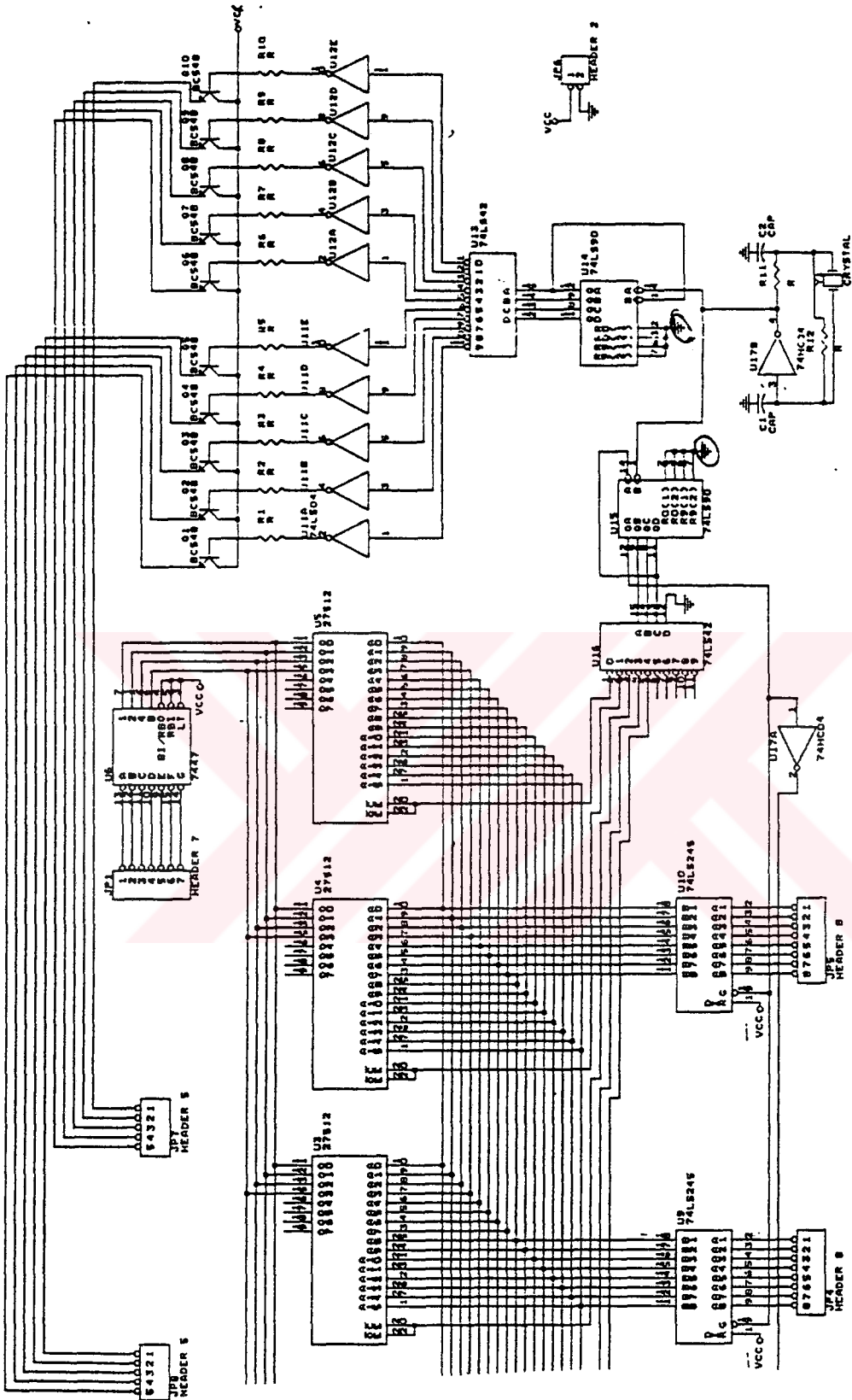
Şekil Ek1.7: Motorları Çalıştırmada Kullanılan Röle Kartı Baskılı Devre Şeması



Şekil Ek1.8: Kodlayıcılardan Gelen Sinyalleri Değerlendiren Lojiğin Devre Şeması



Şekil Ek1.9: Sayıcı Göstergelerin Baskılı Devre Şeması



Şekil Ek1.10: Sayıcı Göstergelerinin Devre Şeması

EK-2 BİLGİSAYAR PROGRAMLARI

TUŞ KODLARI

0800 | 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0f

TUŞ DEĞERLERİ0810 | BD 88 F4 F8 C9 79 7D A8 FD F9 ED 50 35 DC 75 65
0820 | 01 00 00**TUŞ OKU**

C.Yok (çağırdığı alt program yok)

0830	0E 00	MVI C ,00
0832	16 7F	MVI D ,7F
0834	06 04	MVI B ,04
0836	7A	MOV A ,D
0837	D3 22	OUT 22
0839	DB 22	IN 22
083B	E6 0F	ANI 0F
083D	FE 0F	CPI 0F
083F	CA 44 08	JZ 08 44
0842	4F	MOV C ,A
0843	C9	RET
0844	7A	MOV A ,D
0845	0F	RRC
0846	57	MOV D ,A
0847	05	DCR B
0848	C2 36 08	JNZ 08 36
084B	C9	RET

DEĞER SIRASI

Basılan tuşun kodunun bulunduğu adres

C.Yok

0850	3E 04	MVI A ,04
0852	90	SUB B
0853	CD 60 08	CALL 08 60 ilk değer
0856	79	MOV A ,C
0857	0F	RRC
0858	D0	RNC
0859	23	INX H
085A	C3 57 08	JMP 08 57
085D	C9	RET
0860	21 00 08	LXI H ,08 00
0863	B7	ORA A
0864	C8	RZ
0865	23	INX H
0866	23	INX H
0867	23	INX H
0868	23	INX H
0869	3D	DCR A
086A	C2 65 08	JNZ 08 65
086D	C9	RET

6 LI GÖRÜNTÜLE

86B0-86B5 adreslerindeki değerleri görüntüler

C.Var(çağırıldığı alt program var)

0870	AF	XRA A
0871	47	MOV B ,A
0872	57	MOV D ,A
0873	5F	MOV E ,A
0874	21 B5 86	LXI H ,86 B5
0877	13	INX D
0878	CD 88 08	CALL 08 88 1'li görüntüle
087B	2B	DCX H
087C	EB	XCHG
087D	29	DAD H
087E	EB	XCHG
087F	7B	MOV A ,E
0880	FE 40	CPI 40
0882	C2 78 08	JNZ 08 78
0885	C9	RET

1 LI GÖRÜNTÜLE

C.Yok

0888	7B	MOV A ,E
0889	D3 20	OUT 20
088B	7E	MOV A ,M
088C	E5	PUSH H
088D	21 10 08	LXI H ,08 10
0890	85	ADD L
0891	6F	MOV L ,A
0892	7E	MOV A ,M
0893	E1	POP H
0894	D3 21	OUT 21
0896	0E FF	MVI C ,FF
0898	0D	DCR C
0899	C2 98 08	JNZ 08 98
089C	C9	RET

1 BAYTLIK D.H.ÇEVİRME

C.Yok

08A0	21 B0 86	LXI H ,86 B0
08A3	7E	MOV A ,M
08A4	07	RLC
08A5	47	MOV B ,A
08A6	07	RLC
08A7	07	RLC
08A8	80	ADD B
08A9	23	INX H
08AA	86	ADD M

08AB | 32 B8 86 | STA 86 B8
 08AE | C9 | RET

2 BAYTLIK D.H.ÇEVİRME

08B0 | AF | XRA A
 08B1 | 67 | MOV H ,A
 08B2 | 6F | MOV L ,A
 08B3 | 3A B2 86 | LDA 86 B2
 08B6 | CD D0 08 | CALL 08 D0 10 la çarp
 08B9 | 3A B3 86 | LDA 86 B3
 08BC | CD D0 08 | CALL 08 D0 10 la çarp
 08BF | 3A B4 86 | LDA 86 B4
 08C2 | CD D0 08 | CALL 08 D0 10 la çarp
 08C5 | 3A B5 86 | LDA 86 B5
 08C8 | 16 00 | MVI D ,00
 08CA | 5F | MOV E ,A
 08CB | 19 | DAD D
 08CC | 22 BA 86 | SHLD 86 BA
 08CF | C9 | RET

10 LA ÇARPMA

C.Yok

08D0 | 16 00 | MVI D ,00
 08D2 | 5F | MOV E ,A
 08D3 | 19 | DAD D
 08D4 | 29 | DAD H
 08D5 | 44 | MOV B ,H
 08D6 | 4D | MOV C ,L
 08D7 | 29 | DAD H
 08D8 | 29 | DAD H
 08D9 | 09 | DAD B
 08DA | C9 | RET

DECİMAL-HEXADECİMAL

86C6=1 ise DH1'i

86C6=0 ise DH2'yi çağırır

1 ise 86B0,B1 dekini 86B8'e

0 ise 86B2B5 dekini 86BA'ya yazar

08E0 | 3A 20 08 | LDA 08 20
 08E3 | FE 01 | CPI 01
 08E5 | CA EE 08 | JZ 08 EE
 08E8 | CD A0 08 | CALL 08 A0 DH1
 08EB | C3 F1 08 | JMP 08 F1
 08EE | CD B0 08 | CALL 08 B0 DH2
 08F1 | C9 | RET

KAYDIR

86C6 adresinde 1 varsa 4'lü kaydırma
ve tuş değerini atama değilse 2'li kaydırma...

0900	4F	MOV C ,A
0901	3A 20 08	LDA 08 20
0904	FE 01	CPI 01
0906	79	MOV A ,C
0907	CA 12 09	JZ 09 12
090A	21 B0 86	LXI H ,86 B0
090D	0E 01	MVI C ,01
090F	C3 17 09	JMP 09 17
0912	21 B2 86	LXI H ,86 B2
0915	0E 03	MVI C ,03
0917	CD 20 09	CALL 09 20 KAYDIR 1
091A	C9	RET

KAYDIR 1

C.Yok

0920	23	INX H
0921	46	MOV B ,M
0922	2B	DCX H
0923	70	MOV M ,B
0924	23	INX H
0925	0D	DCR C
0926	C2 20 09	JNZ 09 20
0929	77	MOV M ,A
092A	C9	RET
0930	D5	PUSH D
0931	11 20 01	LXI D ,01 20
0934	CD A0 09	CALL 09 A0
0937	1D	DCR E
0938	C2 34 09	JNZ 09 34
093B	15	DCR D
093C	C2 34 09	JNZ 09 34
093F	D1	POP D
0940	C9	RET

6 LI GÖSTER

Hiçbir yeri bozmadan 6 lı görüntüler

09A0	C5	PUSH B
09A1	D5	PUSH D
09A2	E5	PUSH H
09A3	F5	PUSH PSW
09A4	CD 70 08	CALL 08 70
09A7	F1	POP PSW
09A8	E1	POP H
09A9	D1	POP D

09AA	C1	POP B
09AB	C9	RET
09FF	3A B8 86	LDA 86 B8
0A02	1F	RAR
0A03	CD 10 0A	CALL 0A 10
0A06	EB	XCHG
0A07	4D	MOV C,L
0A08	44	MOV B,H
0A09	21 B0 86	LXI H,86 B0
0A0C	70	MOV M,B
0A0D	23	INX H
0A0E	71	MOV M,C
0A0F	C9	RET
0A10	CD 28 0A	CALL 0A 28 HD 2'ye böl
0A13	7A	MOV A,D
0A14	FE 00	CPI 00
0A16	CA 22 0A	JZ 0A 22
0A19	06 16	MVI B,16
0A1B	AF	XRA A
0A1C	80	ADD B
0A1D	27	DAA
0A1E	15	DCR D
0A1F	C2 1C 0A	JNZ 0A 1C
0A22	83	ADD E
0A23	27	DAA
0A24	CD 28 0A	CALL 0A 28 HD 2'ye böl
0A27	C9	RET

HD 2'YE BÖL

C.Yok

0A28	4F	MOV C,A
0A29	E6 0F	ANI 0F
0A2B	C6 00	ADI 00
0A2D	27	DAA
0A2E	5F	MOV E,A
0A2F	79	MOV A,C
0A30	0F	RRC
0A31	0F	RRC
0A32	0F	RRC
0A33	0F	RRC
0A34	E6 0F	ANI 0F
0A36	57	MOV D,A
0A37	C9	RET

ÇIKAR

C.Yok

0A40	7D	MOV A ,L
0A41	93	SUB E
0A42	6F	MOV L ,A
0A43	7C	MOV A ,H
0A44	9A	SBB D
0A45	D8	RC
0A46	67	MOV H ,A
0A47	C9	RET
0A50	06 00	MVI B ,00
0A52	E5	PUSH H
0A53	CD 40 0A	CALL 0A 40 ÇIKAR
0A56	E1	POP H
0A57	D2 5D 0A	JNC 0A 5D
0A5A	C3 64 0A	JMP 0A 64
0A5D	CD 40 0A	CALL 0A 40 ÇIKAR
0A60	04	INR B
0A61	C3 52 0A	JMP 0A 52
0A64	78	MOV A ,B
0A65	C9	RET

HEXDEC4

2 byte lık çevirme

0A68	2A BA 86	LHLD 86 BA
0A6E	11 E8 03	LXI D ,03 E8
0A71	CD 50 0A	CALL 0A 50
0A74	32 B2 86	STA 86 B2
0A77	11 64 00	LXI D ,00 64
0A7A	CD 50 0A	CALL 0A 50
0A7D	32 B3 86	STA 86 B3
0A80	11 0A 00	LXI D ,00 0A
0A83	CD 50 0A	CALL 0A 50
0A86	32 B4 86	STA 86 B4
0A89	7D	MOV A ,L
0A8A	32 B5 86	STA 86 B5
0A8D	C9	RET

HEXDEC ÇEVİRME

0A90	3A 20 08	LDA 08 20
0A93	FE 01	CPI 01
0A95	CA 9E 0A	JZ 0A 9E
0A98	CD FF 09	CALL 09 FF 1 Byte lık çevirme
0A9B	C3 A1 0A	JMP 0A A1
0A9E	CD 68 0A	CALL 0A 68 2 Byte lık çevirme
0AA1	C9	RET

İŞLEMLER PROGRAMI

0B47	CD FF 09	CALL 09 FF HD1 1 BAYTLIK ÇEVİRME
0B4A	CD 30 09	CALL 09 30 BEKLE
0B4D	CD 90 0A	CALL 0A 90 HEXDEC ÇEVİRME
0B50	CD 30 08	CALL 08 30 TUŞ OKU
0B53	78	MOV A ,B
0B54	FE 00	CPI 00 SIFIR İSE GÖRÜNTÜLE
0B56	CA 6F 0B	JZ 0B 6F
0B59	CD 50 08	CALL 08 50 DEĞER SIRASI
0B5C	CD 30 09	CALL 09 30 BEKLE
0B5F	7E	MOV A ,M
0B60	FE 0A	CPI 0A 09 İSE KAYDET DÖN
0B62	DA 6C 0B	JC 0B 6C
0B65	32 B9 86	STA 86 B9
0B68	CD E0 08	CALL 08 E0 DECHEX ÇEVİR
0B6B	C9	RET
0B6C	CD 00 09	CALL 09 00 KAYDIR
0B6F	CD 70 08	CALL 08 70 6 LI GÖSTER
0B72	3E 80	MVI A ,80 PARLAKLIĞI SİL
0B74	D3 20	OUT 20
0B76	C3 50 0B	JMP 0B 50

**TEK BİR L veya R DEĞERİNİ İNDEXE GÖRE ADRESTEN AL İNCELE
TEKRAR ADRESE YAZ**

0B88	CD B0 0B	CALL 0B B0 İNDEXTEN ADRES HESAPLAMA
0B8B	7E	MOV A ,M
0B8C	32 BA 86	STA 86 BA
0B8F	23	INX H
0B90	7E	MOV A ,M
0B91	32 BB 86	STA 86 BB
0B94	CD 47 0B	CALL 0B 47 İŞLEMLER
0B97	CD B0 0B	CALL 0B B0 İNDEXTEN ADRES HESAPLAMA
0B9A	3A BA 86	LDA 86 BA
0B9D	77	MOV M ,A
0B9E	23	INX H
0B9F	3A BB 86	LDA 86 BB
0BA2	77	MOV M ,A
0BA3	C9	RET

İNDEXTEN ADRES HESAPLAMA

86B8 deki indexten adres hesaplar

0BB0	AF	XRA A
0BB1	67	MOV H ,A
0BB2	3A B8 86	LDA 86 B8
0BB5	6F	MOV L ,A
0BB6	29	DAD H
0BB8	11 40 84	LXI D ,84 40

0BBB | 19 | DAD D
0BBC | C9 | RET

TUŞ INCELE

0BC0 | 3A B9 86 | LDA 86 B9
0BC3 | FE 0F | CPI 0F
0BC5 | C2 DB 0B | JNZ 0B DB 0F ise
0BC8 | 3A B8 86 | LDA 86 B8 index=C7 ise index=00
değilse index=index+1
0BCB | FE C7 | CPI C7
0BCD | CA D4 0B | JZ 0B D4
0BD0 | 3C | INR A
0BD1 | C3 D5 0B | JMP 0B D5
0BD4 | AF | XRA A
0BD5 | 32 B8 86 | STA 86 B8
0BD8 | C3 FF 0B | JMP 0B FF
0BDB | FE 0D | CPI 0D 0D ise
0BDD | C2 F3 0B | JNZ 0B F3 index=00 ise index=C7
değilse index=index 1
0BE0 | 3A B8 86 | LDA 86 B8
0BE3 | A7 | ANA A
0BE4 | CA EB 0B | JZ 0B EB
0BE7 | 3D | DCR A
0BE8 | C3 ED 0B | JMP 0B ED
0BEB | 3E C7 | MVI A ,C7
0BED | 32 B8 86 | STA 86 B8
0BF0 | C3 FF 0B | JMP 0B FF
0BF3 | FE 0E | CPI 0E
0BF5 | C2 FE 0B | JNZ 0B FE
0BF8 | CD 30 09 | CALL 09 30 0E ise reset et
0BFB | C3 00 00 | JMP 00 00
0BFF | C9 | RET

BEKLE 2

8130 | D5 | PUSH D
8131 | 11 20 01 | LXI D ,01 20
8134 | CD A0 09 | CALL 09 A0
8137 | 1D | DCR E
8138 | C2 34 09 | JNZ 09 34
813B | 15 | DCR D
813C | C2 34 09 | JNZ 09 34
813F | D1 | POP D
8140 | C9 | RET

İLK DEĞER ATAMA PROGRAMI

8148 | 3E F0 | MVI A ,F0
814A | D3 10 | OUT 10 DURDUR
814C | CD 30 83 | CALL 83 30 BEKLE 2

814F	3E 70	MVI A ,70	
8151	D3 10	OUT 10	
8153	DB 11	IN 11	OKU AŞAĞIDA MI?
8155	E6 01	ANI 01	
8157	C2 5D 81	JNZ 81 5D	Aşağı biti=1 ise 815D ye git
815A	CD B8 81	CALL 81 B8	
815D	3E F0	MVI A ,F0	
815F	D3 10	OUT 10	
8161	CD 30 83	CALL 83 30	BEKLE 2 YUKARI GİT
8164	3E F1	MVI A ,F1	
8166	D3 10	OUT 10	
8168	3E 71	MVI A ,71	
816A	D3 10	OUT 10	
816C	DB 11	IN 11	OKU ORTADA MI?
816E	E6 02	ANI 02	
8170	C2 68 81	JNZ 81 68	
8173	CD B8 81	CALL 81 B8	
8176	3E F0	MVI A ,F0	
8178	D3 10	OUT 10	DUR
817A	CD 30 83	CALL 83 30	BEKLE 2
817D	3E 00	MVI A ,00	
817F	D3 10	OUT 10	SAYICI RESET
8181	C9	RET	
8182	2A 42 84	LHLD 84 42	
8185	29	DAD H	
8186	29	DAD H	
8187	11 40 84	LXI D ,84 40	
818A	19	DAD D	
818B	5E	MOV E ,M	
818C	23	INX H	
818D	56	MOV D ,M	
818E	EB	XCHG	
818F	22 C0 86	SHLD 86 C0	
8192	C9	RET	

AŞAĞIYA GİT 1

81B8	3E F0	MVI A ,F0	
81BA	D3 10	OUT 10	
81BC	CD 30 83	CALL 83 30	BEKLE 2
81BF	3E F2	MVI A ,F2	MOTORU AŞAĞIYA
81C1	D3 10	OUT 10	ÇALIŞTIR
81C3	CD 30 83	CALL 83 30	BEKLE 2
81C6	3E F3	MVI A ,F3	
81C8	D3 10	OUT 10	
81CA	3E 73	MVI A ,73	A.GD1
81CC	D3 10	OUT 10	OKU
81CE	DB 11	IN 11	

81D0	E6 01	ANI 01
81D2	CA CA 81	JZ 81 CA A.GD1
81D5	C9	RET
81E8	3E 4F	MVI A ,4F
81EA	D3 02	OUT 02
81EC	3E 4F	MVI A ,4F
81EF	D3 03	OUT 03
81F1	3E 4F	MVI A ,4F
81F3	D3 13	OUT 13
81F5	3E 0F	MVI A ,0F
81F7	D3 12	OUT 12
81F9	3E 00	MVI A ,00
81FB	D3 10	OUT 10
81FD	C9	RET

SET ETMEK İÇİN ANA PROGRAM

82B0	CD E8 81	CALL 81 E8
82B3	CD 48 81	CALL 81 48
82B6	CD 30 09	CALL 09 30 BEKLE
82B9	C3 00 00	JMP 00 00

KARŞILAŞTIRMA (R MOTORU)

C.Yok

82C0	2A C0 86	LHLD 86 C0	Gidilecek yer 86C0'da
82C3	3A CF 86	LDA 86 CF	Son motor çalıştırma
82C6	E6 7F	ANI 7F	komutu 86CF'de
82C8	D3 10	OUT 10	
82CA	DB 00	IN 00	
82CC	5F	MOV E ,A	
82CD	DB 01	IN 01	
82CF	57	MOV D ,A	
82D0	7C	MOV A ,H	
82D1	BA	CMP D	
82D2	CA DB 82	JZ 82 DB	EŞİTSE
82D5	DA E6 82	JC 82 E6	SAYICI BÜYÜK
82D8	D2 F1 82	JNC 82 F1	SAYICI KÜÇÜK
82DB	7D	MOV A ,L	
82DC	BB	CMP E	
82DD	CA FC 82	JZ 82 FC	DUR
82E0	DA E6 82	JC 82 E6	SAYICI BÜYÜK
82E3	D2 F1 82	JNC 82 F1	SAYICI KÜÇÜK
82E6	3A CF 86	LDA 86 CF	
82E9	FE F1	CPI F1	
82EB	CA FC 82	JZ 82 FC	DUR
82EE	C3 07 83	JMP 83 07	DEVAM
82F1	3A CF 86	LDA 86 CF	
82F4	FE F3	CPI F3	

82F6	CA FC 82	JZ 82 FC
82F9	C3 07 83	JMP 83 07
82FC	3E F0DUR	MVI A ,F0
82FE	32 CF 86	STA 86 CF
8301	D3 10	OUT 10
8303	CD 30 83	CALL 83 30
8306	C9	RET
8307	C3 C3 82	JMP 82 C3
8310	2A 42 84	LHL D 84 42
8313	29	DAD H
8314	23	INX H
8315	29	DAD H
8316	11 40 84	LXI D ,84 40
8319	19	DAD D
831A	5E	MOV E ,M
831B	23	INX H
831C	56	MOV D ,M
831D	EB	XCHG
831E	22 C0 86	SHLD 86 C0
8321	C9	RET
8330	D5	PUSH D
8331	11 FF FF	LXI D ,FF FF
8337	1D	DCR E
8338	C2 34 83	JNZ 83 34
833B	15	DCR D
833C	C2 34 83	JNZ 83 34
833F	D1	POP D
8340	C9	RET
842A	CD 30 09	CALL 09 30
842D	CD 30 09	CALL 09 30
8430	CD B0 0B	CALL 0B B0
8433	CD 88 0B	CALL 0B 88
8436	CD C0 0B	CALL 0B C0
8439	C3 33 84	JMP 84 33

DİZİ ELEMANLARINI ÇALIŞTIR

8440-85CC ADRESLERİNDE R_n ve L_n (N=0,1,...99) DEĞERLERİ VAR

85CE	2A 40 84	LHL D 84 40
85D1	22 42 84	SHLD 84 42
85D4	CD 82 81	CALL 81 82 İNDEKS HESAPLA
85D7	2A C0 86	LHL D 86 C0
85DA	AF	XRA A
85DB	B4	ORA H
85DC	C2 E4 85	JNZ 85 E4 ÇALIŞTIR
85DF	B5	ORA L
85E0	C2 E4 85	JNZ 85 E4 ÇALIŞTIR
85E3	C9	RET

85E4	CD 10 86	CALL 86 10
85E7	2A 42 84	LHLD 84 42
85EA	23	INX H
85EB	22 42 84	SHLD 84 42
85EE	CD 10 83	CALL 83 10
85F1	2A C0 86	LHLD 86 C0
85F4	AF	XRA A
85F5	B4	ORA H
85F6	C2 FE 85	JNZ 85 FE
85F9	B5	ORA L
85FA	C2 FE 85	JNZ 85 FE
85FD	C9	RET
85FE	CD 50 87	CALL 87 50
8601	2A 42 84	LHLD 84 42
8604	23	INX H
8605	22 42 84	SHLD 84 42
8608	C3 DA 85	JMP 85 D4

ÇALIŞTIRILACAK YÖNE KARAR VERME (R MOTORU)

Karşılaştırmayı çağırır

8610	2A C0 86	LHLD 86 C0
8613	3E 70	MVI A ,70
8615	D3 10	OUT 10
8617	CD 4D 86	CALL 86 4D
861B	7C	MOV A ,H
861C	BA	CMP D
861D	CA 26 86	JZ 86 26 EŞİTSE
8620	DA 31 86	JC 86 31 SAYICI BÜYÜK 1
8623	D2 42 86	JNC 86 42 SAYICI KÜÇÜK 1
8626	7D EŞİTSE	MOV A ,L
8627	BB	CMP E
8628	CA 4C 86	JZ 86 4C
862B	DA 31 86	JC 86 31 SAYICI BÜYÜK 1
862E	D2 42 86	JNC 86 42 SAYICI KÜÇÜK 1
8631	3E F2 SAYICI BÜYÜK 1	MVI A ,F2
8633	D3 10	OUT 10
8635	CD 30 83	CALL 83 30
8638	3E F3	MVI A ,F3
863A	32 CF 86	STA 86 CF
863D	D3 10	OUT 10
863F	C3 49 86	JMP 86 49 OKU
8642	3E F1 SAYICI KÜÇÜK 1	MVI A ,F1
8644	32 CF 86	STA 86 CF
8647	D3 10	OUT 10
8649	CD C0 82	CALL 82 C0
864C	C9	RET

MOTOR ÇALIŞTIRMA ANA PROGRAMI

8660	CD E8 81	CALL 81 E8
8663	CD 48 81	CALL 81 48
8666	CD D4 85	CALL 85 D4
8669	3E 00	MVI A ,00
866B	D3 10	OUT 10
866D	CD 30 09	CALL 09 30
8670	C3 00 00	JMP 00 00
86B0	08	
86B1	08	
86B2	08	
86B3	08	
86B4	08	
86B5	08	
86B6	08	
86B8	02	
86C6	01	

KARŞILAŞTIRMA (L MOTORU)

Ç.Yok

8700	2A C0 86	TEKRAR OKU	LHLD 86 C0	Gidilecek yer 86C0'da
8703	3A CF 86		LDA 86 CF	Son motor çalıştırma
8706	E6 BF		ANI BF	komutu 86CF'de
8708	D3 10		OUT 10	
870A	DB 00		IN 00	
870C	5F		MOV E ,A	
870D	DB 01		IN 01	
870F	57		MOV D ,A	
8710	7C		MOV A ,H	
8711	BA		CMP D	
8712	CA 1B 87		JZ 87 1B	EŞİTSE
8715	DA 26 87		JC 87 26	SAYICI BÜYÜK
8718	D2 31 87		JNC 87 31	SAYICI KÜÇÜK
871B	7D	EŞİTSE	MOV A ,L	
871C	BB		CMP E	
871D	CA 3C 87		JZ 87 3C	DUR
8720	DA 26 87		JC 87 26	SAYICI BÜYÜK
8723	D2 31 87		JNC 87 31	SAYICI KÜÇÜK
8726	3A CF 86	SAYICI BÜYÜK	LDA 86 CF	
8729	FE F5		CPI F5	
872B	CA 3C 87		JZ 87 3C	DUR
872E	C3 47 87		JMP 87 47	DEVAM
8731	3A CF 86	SAYICI KÜÇÜK	LDA 86 CF	
8734	FE F7		CPI F7	
8736	CA 3C 87		JZ 87 3C	
8739	C3 47 87		JMP 87 47	
873C	3E F4	DUR	MVI A ,F4	

873E	32 CF 86		STA 86 CF	
8741	D3 10		OUT 10	
8743	CD 30 83		CALL 83 30	
8746	C9		RET	
8747	C3 03 87	DEVAM	JMP 87 03	TEKRAR OKU

ÇALIŞTIRILACAK YÖNE KARAR VERME (L MOTORU)

Karşılaştırmayı çağırır

8750	2A C0 86		LHL D 86 C0	
8753	3E B4		MVI A ,B4	
8755	D3 10		OUT 10	
8757	5F		MOV E ,A	
8758	DB 01		IN 01	
875A	57		MOV D ,A	
875B	7C		MOV A ,H	
875C	BA		CMP D	
875D	CA 76 87		JZ 87 76	EŞİTSE
8760	DA 81 87		JC 87 81	SAYICI BÜYÜK 1
8763	D2 92 87		JNC 87 92	SAYICI KÜÇÜK 1
8766	7D	EŞİTSE	MOV A ,L	
8767	BB		CMP E	
8768	CA 9C 87		JZ 87 9C	
876B	DA 81 87		JC 87 81	SAYICI BÜYÜK 1
876E	D2 92 87		JNC 87 92	SAYICI KÜÇÜK 1
8771	3E F6	SAYICI BÜYÜK 1	MVI A ,F6	
8773	D3 10		OUT 10	
8775	CD 30 83		CALL 83 30	
8778	3E F7		MVI A ,F7	
877A	32 CF 86		STA 86 CF	
877D	D3 10		OUT 10	
877F	C3 99 87		JMP 87 99	OKU
8782	3E F5	SAYICI KÜÇÜK 1	MVI A ,F5	
8784	32 CF 86		STA 86 CF	
8787	D3 10		OUT 10	
8789	CD 00 87		CALL 87 00	
878C	C9		RET	

EK - 3**15 KADEMELİ BİR PROFİL İÇİN ÖRNEK VERİLER**

Tablo Ek3.1: Şekil 7.3 deki örneğe ait profilin 15 kademede hassas olarak imal edilebilmesi için mikroişlemciye girilecek veriler

R_1	100	R_9	1000
L_1	150	L_9	710
R_2	1000	R_{10}	4500
L_2	160	L_{10}	720
R_3	100	R_{11}	4600
L_3	170	L_{11}	1080
R_4	4500	R_{12}	4700
L_4	180	L_{12}	1090
R_5	4600	R_{13}	1200
L_5	525	L_{13}	1100
R_6	4700	R_{14}	1100
L_6	535	L_{14}	1110
R_7	1200	R_{15}	1000
L_7	545	L_{15}	0
R_8	1100		
L_8	150		