

# PC TABANLI I/O KARTIYLA DENETLENEN ADIM MOTOR SÜRÜCÜ DEVRELERİNİN TASARIMI VE YAZILIM YOLUYLA 3 EKLEMLİ MANİPÜLATÖR UYGULAMASI

Mustafa YAZ, Ayhan ALBOSTAN  
Erciyes Üniversitesi Kayseri Meslek Yüksekokulu, 38039 KAYSERİ  
myaz@erciyes.edu.tr , albostana@erciyes.edu.tr

Anahtar Kelimeler : Bilgisayar Destekli Kontrol, I/O Kartı, Adım Motor

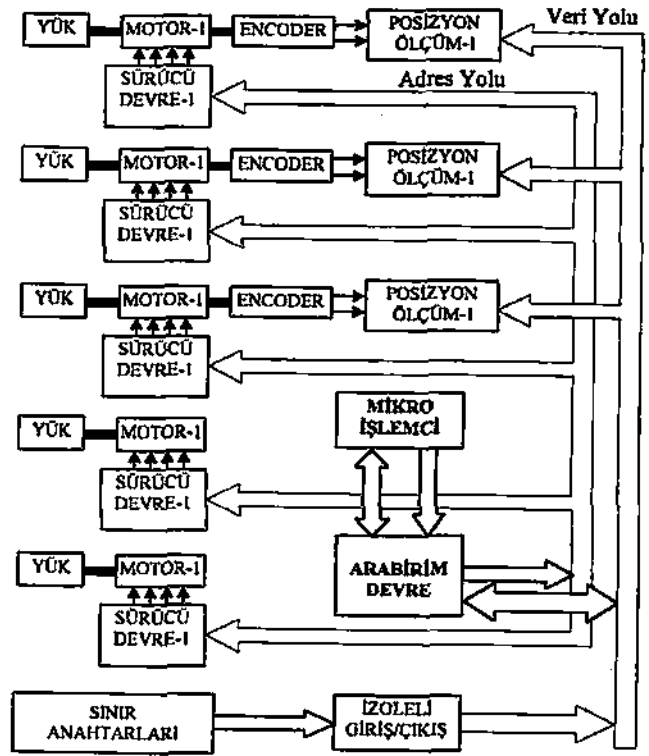
## ABSTRACT

The computer aided control are frequently used in control systems. This control methods can be implemented by serial port, parallel port or control cards prepared by special purposed. In this paper, we study the method of designing a control card for the computer aided systems, in order to control the degrees of the freedom of a robot manipulators moving in 3 dimensional spaces. To control the system, address decoder, programmable digital level input/output circuits, 5 stepper motor drivers and manipulator for XYZ positions readers devices are placed on one card for 8 bits ISA slots of computer. Stepper motor drivers assure bilevel controls of 2 kind stepper motors that 2 pole and 4 pole motors. Furthermore 8 bits digital level input/output lines are reserved for arm end of limit switches for starting mode.

## 1.GİRİŞ

Özellikle otomasyon ağırlıklı sistemlerin kontrolünde bilgisayarla yapılan kontrol sistemleri popüler hale gelmiştir. Mikroişlemci veya mikrodenetleyiciler kullanılarak yazılım yoluyla kontrol edilen bu ve benzeri kartlar, sadece yazılımın değiştirilmesi suretiyle farklı ortamlarda farklı amaçlarla kontrol imkanı sağlarlar[1]. XYZ kartezyen uzayında hareket eden küçük ölçekli tezgahlar, küçük iş parçalarının üretiminde ve endüstriyel imalatlarda büyük kolaylıklar sağlar[2, 4]. Küçük CNC freze tezgahları, baskılı devre kart montaj veya delgi tezgahları ve küçük ölçekli robotlar bunlara örnek olarak verilebilir.

Bu tip tezgahlar veya robotların kontrolü amacıyla XYZ kartezyen uzayında hareket eden, gerektiğinde koordinat verilerinin elektronik devreler vasıtasıyla öğrenilebileceği, böylece manuel veya otomatik olarak kontrol edilebilen adım motor kontrollü mekanik yapıların kontrolü için esnek amaçlara yönelik kart tasarımı düşünülmüştür. Tasarlanan tek bir kart üzerinde kontrol için düşünülmüş bütün bu devreler, kartında bilgisayar içerisine taşınmasıyla kullanıma kolaylık farklı görevleri icra edebilecek esnekliği meydana getirmiş ve mekanik aksam ile sadece kablolanmanın yazılımla kontrol için yeterli olabildiğini mümkün



Şekil 1. Tasarlanan devrenin blok diyagramı

kılmıştır. Uygulama olarakta 3 serbestlik dereceli antropomorfik yapı bir robot kolu hedef olarak seçilmiş ve kontrol edilmiştir.

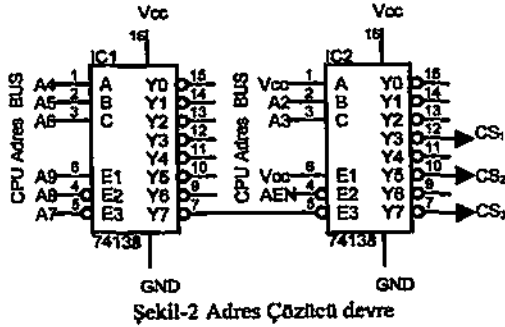
Tasarlanan bilgisayar kartının blok diyagramı Şekil 1' de gösterilmiştir. Sistemde, 3 serbestlik derecesini sağlamak için

3 adet adım motor manipülatör hareketini sağlamaktadır. Ancak malzemenin bulunması ve malzemenin eksensel hareketleri gibi ihtiyaçlar içinde ayrıca 2 motor sürücü devresine ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir. Hareketi sağlayan motorlarda, motor millerine bağlanan redüktörlerle güç artırılmasına gidilmiştir. Hızın artırılması ve kısa süreli çok yüklenme durumları için gereken tork artırılması içinde 2 seviyeli gerilimle sürme tekniği adım motor sürücü devrelerine ilave edilmiş ve hız normal adım motor çalışma hızının 3 katına kadar kolaylıkla artırılabilmiştir[5].

Robot koluna öğretim yöntemiyle yörünge izletilmesi robot programlama tekniğinde büyük kolaylıklar sağlar[6.7]. Bunun içinde XYZ kartezyen koordinatlarının okutulması için, 3 adet gerçek zamanlı XYZ koordinat okuyucu devre gerekmektedir. Sisteme enerji verildiği andan itibaren başlangıç koordinatlarının belirlenmesi içinse 8 adet sınır anahtar kullanımını desteklemek için dijital seviyeli giriş/çıkış hattı kullanılmıştır.

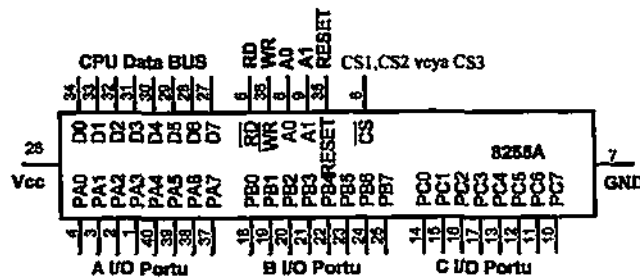
## 2. ADRES ÇÖZÜCÜ VE PROGRAMLANABİLİR GİRİŞ/ÇIKIŞ DEVRESİ

Adres çözme devresi 2 adet 74LS138 line decoder IC'siyle Şekil 2 deki devre elde edilmiştir[5].



Şekil-2 Adres Çözücü devre

Devre çıkışında gösterilen CS1, CS2 ve CS3 çıkışları Şekil3 te verilen 8255A devre çipindeki CS uçlarına bağlanır[1,5].



Şekil 2. 8255A'nın CPU ve Adres Çözücü devre ile bağlantısı

Adres çözücü devresiyle toplam 3 adet 8255 PIO IC'sinden 8'er bitlik 9 port olmak üzere toplam 72 Bit dijital seviyeli programlanabilir özellikli giriş/çıkış ucu elde edilmiştir. Port seçimi için kullanılan adresler tablo 1 de olduğu gibidir. Devrede A1 ve A0 adresleri PIO yönetiminde kullanılması sebebiyle adres çözücü devrede yer almaz[8].

A <sub>3</sub> A <sub>2</sub>	IC2 Çıkışı	Adresler ve 8255 fonksiyonları
0 0	Y0	270 veri yolu → Port A 271 veri yolu → Port B 272 veri yolu → Port C 273 8255 mod program girişi
0 1	Y3	274 veri yolu → Port A 275 veri yolu → Port B 276 veri yolu → Port C 277 8255 mod program girişi
1 0	Y5	278 veri yolu → Port A 279 veri yolu → Port B 27A veri yolu → Port C 27B 8255 mod program girişi
1 0	Y7	27C veri yolu → Port A 27D veri yolu → Port B 27E veri yolu → Port C 27F 8255 mod program girişi

Tablo 1. Devre Denetiminde Kullanılan Adresler

## 3. MOTOR SÜRÜCÜ DEVRELERİ

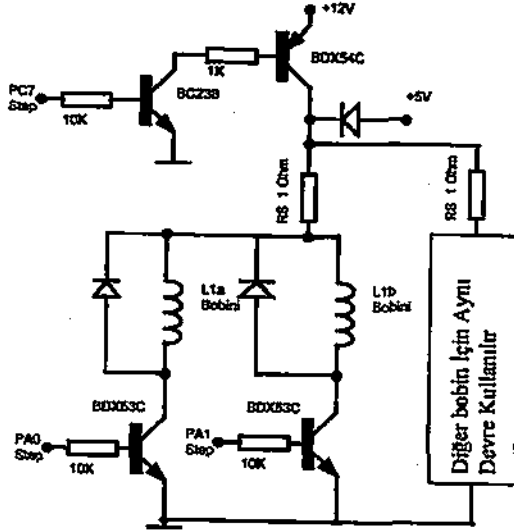
8255A IC sinin 72 adet olarak kullanılan çıkış bitinin toplam 20 biti adım motor sürümünde kullanılan 4 er bit lik bit döngüsünü elde etmek için, 5 adet çıkış biti ise 2 seviyeli gerilim denetimi maksadıyla kullanılmıştır. Motor sürücü devreler temel olarak 2 adet 4 kutuplu 2 seviyeli adım motor sürücü devresi ve 3 adette 2 kutuplu 2 seviyeli adım motor sürücü devrelerinden oluşmuştur. Her iki devrenin yapısı ve bağlantıları birbirlerinden farklı olmakla beraber aynı sayısal verilerin dönderilmesi prensibiyle dönerler. Tablo 2 de motorlarda kullanılan adresler gösterilmiştir.

8255A Sıra No	Denetim Adresleri	Motor Denetimi İçin I/O Portlar
3	27E	PC4 .. PC7 Motor 1
3	27D	PB0 .. PB3 Motor 2
3	27C	PA4 .. PA7 Motor 3
3	27C	PA0 .. PA3 Motor 4
3	27D	PB4 .. PB7 Motor 5
3	27E	PC3 Motor 1 Seviye Kontrol
1	276	PC7 Motor 2 Seviye Kontrol
3	27E	PC0 Motor 3 Seviye Kontrol
3	27E	PC1 Motor 4 Seviye Kontrol
3	27E	PC2 Motor 5 Seviye Kontrol

Tablo2. Motorlarda Kullanılan Adres ve 8255A bacakları Tablosu

Adım motor türleri yaygın olarak 4 kutuplu ve 2 kutuplu yapıya sahiptirler. 4 kutuplu adım motorlarda temel olarak şekil 3 te görüldüğü gibi 4 bobin bulunmaktadır. Bu bobinler 2 şer 2 şer kendi aralarında bağlanarak orta birer uç teşkil ederler. Bobinlerin kontrolü için 3+3 olmak üzere toplam 6 uçludurlar. Akımın yalnızca L1a dan geçmesi veya L1b den geçmesi durumunda bobinde bir manyetik alan oluşur. Aynı anda hem L1a hemde L1b den akım geçirilmesine müsaade edilmez. Aynı anda hem L1a hemde L1b sargılarından akım geçirilmesi devre veya motora zarar vermez. Ancak döner alan meydana gelmesini engeller. Bobin sargısının bağlantı yönüne göre birbirini tersleyen veya aynı yönde kuvvetlendiren manyetik alan yönünü belirler[9,10].

Motorların orta uçlarından birer dirençle gerilim tatbik edilir. Transistörler vasıtasıyla da bobinlere anahtarlama yapılarak gerilimler tatbik edilmesi bobinlerde istenilen + veya - kutupların oluşmasını sağlar. Şekildeki devre adım motorun bir bobini temsilen çizilmiştir. Adım motorun orta ucu diğer bobini içinde PA2 ve PA3 ile denetlenen aynı devre kullanılacaktır. PA0 .. PA3 kontrol uçları lojik 1 ve lojik 0 ile kontrol edilmektedirler. Lojik sayıların belirli bir kural ile dönderilmesi ilede motorun hareketini sağlayan döner alan elde edilmektedir.

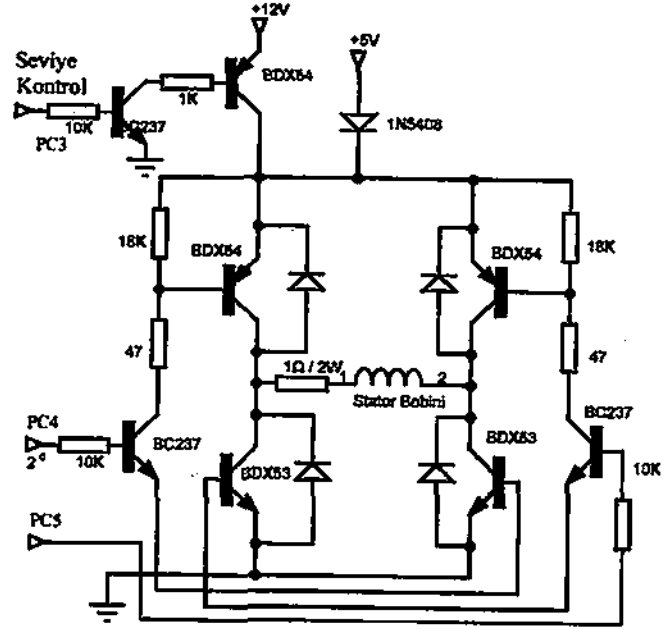


Şekil 4. İki Kutuplu 2 Seviyeli H Tipi Adım Motor Sürücü Devresi[5]

Şekilde Kullanılan BDX53 ve BDX54 Transistörleri Darlington transistör olup kısa süreli 8Amperdir. Normalde ise küçük bir soğutucu kullanmak suretiyle 2.5Amper akımı rahatlıkla sağlayabilmektedirler.

İki kutuplu iki seviyeli motor bobini yapısında ise sadece 2 bobin yani 4 uç bulunur. Sürücü devresi ise 4 kutuplu adım motor kontrolüne karşılık daha karmaşıktır. Bu motor sürücü

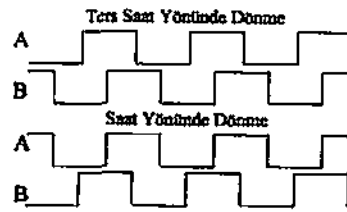
devresi için H tipi motor sürücü devresi kullanılır. Şekil 4 de H tipi 2 seviyeli sürücü devre motorun sadece bir bobini için verilmiştir. Transistörlerin çapraz olarak kısa devre olmaları bobin içerisinde geçen akım yönünü yani + ve - olan manyetik alan yönünün kontrol edilmesini sağlar.



Şekil 3. Dört Kutuplu 2 Seviyeli Adım Motor Sürücü Devresi[5]

Şekildeki devrede aynı anda 2 kolon transistörünün iletme geçmesi kısa devre meydana getireceğinden anahtarlama işleminde bu durma kesinlikle müsaade edilmemelidir. Devrede Kullanılan Bobinlere veya Transistörlere ters yönde polarize edilmiş hızlı diyotlar bobinlerde meydana gelen ters endüktif akımların söndürülmesi için kullanılmaktadırlar.

#### 4. POZİSYON OKUYUCU DEVRELER

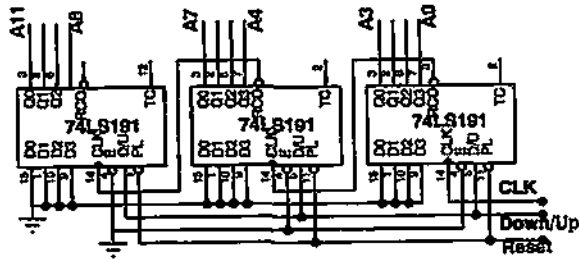
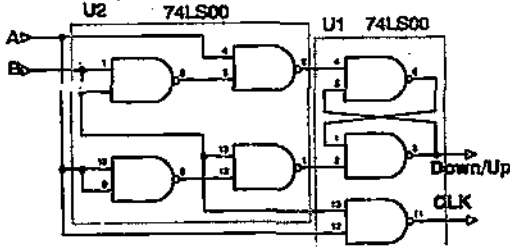


Şekil 5. Rotary Encoder Darbe Üreticinin Çıkış Dalga Formları

Uygulamada kullanılan manipülatör eklemelerinin kartzyen uzayda hangi pozisyonda olduğunu öğrenmek manipülatör

programlama tekni içinde ö retme yoluyla programlama avantaj n getirir[6,7].

Sistemde bu amaçla A ve B ekinde sinyal fireten rotary encoder'lar n üretti i sinyaller de erlendirilerek sinyalin geli ekinde göre artan veya eksilen say lar haline getirilmekte ve basit bir yaz lmla da eklem bulundu u koordinat ö renilebilmektedir. Eklem koordinatlar n n ö renilmesi için ekil 6 da bulunulan pozisyon okuma devresi A ve B den gelen sinyallerin önceli ine göre artan veya eksilen say lar firetirler. Bu amaca uygun olarak A ve B sinyalinin önceli ine bakarak ve buna göre artan veya eksilen yön tesbit ve 12 bit sayaç devresi ekil 6 da verilmi tir. Devrede 2 adet 74LS00 IC'ai ve 3 adet 74191 Hexadec. leri/Geri sayaç IC 'si kullan lm t r.



ekil 6. Pozisyon Okuyucu devre

Devredende görüldü ü üzere 12 Bit sayma say lar n fireten devre XYZ kartezyen uzay için 3 adet kart üzerinde tasarlanm t r. Devre giri yönünde seçilen 12x3=36 adet 8255 port uçlar n n kullan lmas yla verilerin bilgisayar ortam na aktar lmas n sa lam t r.

Devre sisteme enerji verildi i anda rastgele bir aç da istem d say üretebilir. Bunun için sisteme enerji verildi i anda sistemde eklemelere tak lan end-effectorler ad verilen sn r anahtarlar arac l yla eklemeler bir ba lang ç noktas na getirilmelidir. Bu ba lang ç noktas nda sayaç s f rlanmal veya istenilen bir say ile yüklenmek zorundadır. Bu amaçla devreye ayrı ca her bir eksenin ba lang ç noktas olu turmak amacıyla sayaçlar Reset kontrol ucuyyla resetlenir. Tablo 3 te sayaçlar n adres ve 8255A IC 'lerinde kullan lan adres de erleri verilmi tir.

Burada dikkat edilmelidir ki sayac n bitleri 4+8=12 bit veya 8+4=12 bit ekinde s ral d r. 12 Bitlik say dizisinde en küçük 0 say s ndan en büyük 4095 'e kadar olan say lar temsil edilir. Manipülatör XYZ koordinat verileri 0 dereceden max 360 dereceye kadar olan aç lar en fazla bu say dizisi ile temsil edilebilir.

8255A S ra No	Denetim Adresleri	Pozisyon Okuyucu için Adres s ralamas
1	276	PC0 PosX Reset
1	276	PC2 PosY Reset
1	276	PC1 PosZ Reset
1	276	PC7 .. PC4,
1	274	PA7 .. PA0 PosX
2	279	PB3 .. PB0,
2	278	PA7 .. PA0 PosY
2	27A	PC7 .. PC0,
2	279	PB7 .. PB4 PosZ

Tablo 3 Pozisyon okuyucu devrelerde kullan lan Adresler ve Pozisyonu olu turan say bitlerinin dizili s ras

## 5. YAZILIMLA DENETİM

### 5.1 Sistem Denetimine Başlarken

Tasarlanan kart n kullan lmaya ba lamadan önce kart üzerinde bulunan bütün portlar n giri yada ç k yönlerinin belirlenmesi istenmi tir. Devrede kullan lan 8255A IC'lerinin A1 ve A0 bacaklar n n A1A0=11 olmas port yönlerinin programlanmas n sa lar[8]. Bunun için adres sabitlerinin ve kontrol program n n tasarlanan kart ile veri al veri inil sa layan komular (procedure) pascal programlama dilinde geli tirilmi tir.

Const

```
PPI_1_Comm :word=$27F; port_1_A :word=$27C;
port_1_C :word=$27D; port_1_B :word=$27E;
```

```
PPI_2_Comm :word=$27B; port_2_A :word=$278;
port_2_C :word=$279; port_2_B :word=$27A;
```

```
PPI_3_Comm :word=$277; port_3_A :word=$274;
port_3_C :word=$275; port_3_B :word=$276;
```

```
procedure Initialize(Adres:Word;sayi:Byte);assembler;
asm
```

```
mov al,sayi
mov dx,Adres
out DX,al
```

```
end;
```

```
procedure Gonder(adres:word;sayi:Byte);assembler;
asm
```

```
mov al,sayi
mov dx,adres
out dx,al
```

end;

```
function al(adres:word):byte;assembler;
```

```
asm  
  mov dx,adres  
  in al,dx  
end;
```

Procedure Init;

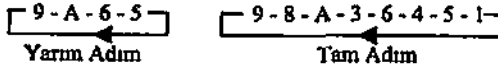
```
Begin  
  {**PPI larda yön programını oluştur}  
  Initialize(PPI_1_Comm,$9A);  
  Initialize(PPI_2_Comm,$9B);  
  Initialize(PPI_3_Comm,$80);  
  {**Sayaçları sıfırla }  
  Gonder(Port_1_C,15);  
end;
```

```
Begin  
  Init;
```

End.

## 5.2 Motor Kontrol Yazılımı

Adım Motorlar yarım adım ve tam adım olmak üzere iki adım yapısına sahiptirler[10]. Yarım adım ve tam adımları sağlayan hexadesimal sayılar şekil 7 'de verilmiştir. Gösterilen sayı dizileri sırayla motorlara gönderildiğinde motorlar her bir sayıya karşılık yarım adım dizisinde 0.9 derece, tam adım dizisinde 1.8 derece hareket ederler.



Şekil 7. Adım motorunun hareketini sağlayan yarım adım ve tam adım dizileri

Verilen adım dizilerinde bulunulan herhangi bir sayıda ters yönde hareket etmek motorun ters yönde dönmesini sağlar. Motorlara tablo 2 de verilen adresler kullanılarak

```
gonder(adres,sayı)
```

talimatıyla motor hareketleri sağlanır. Aynı tablodan faydalanarak motorlardaki 2 seviyeli gerilim kontrolü de sağlanmaktadır. 2 Seviyeli gerilim kontrolünde motora tatbik edilen zaman aralığı nın daraltılması yöntemiyle motor çalışma geriliminin 20 katına kadar gerilim tatbik etmek ve bu oranda da motor hızını artırmak mümkündür. Ancak dikkat edilmelidir ki bu sürenin gereğinden uzun tutulması motor ve gerilim açma kapama devresinin tahribatına sebep olur.

## 5.3 Pozisyon Okuma

Tasarlanan kart 8 bitlik veri yoluna sahip olduğundan dolayı pozisyon okuma işlemi 8 bitlik 2 verinin ard arda okunması

ile elde edilir. 8 bitlik sayı 0 .. 255 arasındaki tam sayıları temsil eder. 16 bitlik sayı ise 0.. 65535 arasındaki tam sayılardır. Kullandığımız sayı tipleni 12 bitlik sayı olduğuna göre çözmemiz gereken problem; bu ayrık 2 adet 8 bitlik sayının 16 bitlik tek bir sayı haline getirilmesi olacaktır. Bunun için giriş değişkeni farklı 2 byte, çıktı değişkeni ise word olan bir dönüşüm fonksiyonu yazılmıştır.

```
function cc(s1,s2:Byte):Word;assembler;
```

```
asm  
  mov ah,s1  
  and ah,$0F  
  mov al,s2  
end;
```

Elde edilen bu fonksiyonun kullanımı işlemi esnasında 16 bitlik sayı dizisinin kullanılmayan 4 biti olduğu unutulmamalıdır. Bunun için pozisyon okuma işleminde aşağıdaki yazılım geliştirilmiştir.

```
Var PosX,PosY,PosZ: Word;
```

```
procedure Pozisyon;
```

```
begin  
  posX:=cc((al(Port_1_C) and $F0) shr 4,al(Port_1_A));  
  posY:=cc((al(Port_2_B) and $0F),al(Port_2_A));  
  posZ:=cc((al(Port_2_C) and $F0) shr 4,  
    (al(Port_2_C) and $0F) shl 4) or  
    ((al(Port_2_B) and $F0) shr 4);  
end;
```

end;

Pozisyon okunurken bütün eklemlerin bir başlangıç noktasına ihtiyaç vardır. End-Effector adı da verilen sınır anahtarları 275H adresinde PB7..PB0 (Birinci 8255A) Portlarına toplam 8 adet bağlanabilmektedir. Aşağıda verilen bir örnekte sınır anahtarının açık veya kapalı olup olmadığını öğrenilebilmektedir.

```
Var PB0_On_Off : Boolean;
```

```
Begin  
  If (al(Port_1_B) AND $01)=1 then PB0_On_Off:= True  
    else PB0_On_Off:= False;
```

End.

## 6. SONUÇ, İRDELEME

Devrenin tamamının tek bir kart üzerinde olması ve basit yazılımlarla kontrol edilebilmesi, farklı uygulamalar için büyük kullanım kolaylığı getirmiştir. Devre baskılı devre delgi makinasında ve birbirinden farklı olarak tasarlanmış antropomorfik yapı robot uygulamalarında başarılı sonuç vermiştir.

Tasarlanan karta ilave olarak bir role çıkış kartı eklenmesiyle daha esnek kullanımlar için kart daha uygun olacaktır. Bu tip

uygulamalarda PC tabanlı bir PLC kart yerine rahatlıkla kullanılabılır yapı elde edilmiştir.

Devrenin tasarımı esnasında EMI (Electro Magnetic Interference) izolasyonunu sağlamak için, devrenin bütün baskılı devre boylukları GND besleme devresini oluşturan bakır yüzeylerle doldurulmuştur. Ayrıca uzun veya fazla akım içeren bakır yollar mümkün olduğu kadar kalın tutulmuştur [11,12,13,14]. Sonuçta aynı anda 5 motor rastgele yönlerde uzun müddetlerde hareket ettirilmiş, toplam 12.5 Amp. kart üzerinden akım geçirilmiş ancak EMI (Electro Magnetic Interference) etkisiyle CPU'nun kesirli döngülere girmediği gözlemlenmiştir. Motorlarda gereken enerjinin sağlanabilmesi için de, bilgisayarlarda kullanılan güç kaynağı kullanılmıştır.

Motorların sürekli dönmesi gibi durumlarda transistörlerde soğutucu kullanılmamasına rağmen ısınma problemi olmaz. Ancak motorun sabit tutulması durumunda uzun süreli kullanımlarda transistörde ısınma meydana gelmesi ve transistörlere soğutucu bağlanması suretiyle bu durumda giderilmiştir.

Pozisyon okuma işleminde fazla sayıda port kullanılması ve devrelerin baskılı devre üzerinde fazlaca yer işgal etmemesi için pozisyon okuma işlemlerinin bir mikrodenetleyici tarafından üstlenilmesi önerilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Danac, M., IBM Uyumlu Bilgisayarlar için I/O Kart Tasarımı, Y.Lisans Tezi, Erciyes Üniv. Fen Bil.Ens.,Kayseri, 1990
- [2] W. Seames, Computer Numerical Control, Delmar, Newyork, 1990
- [3] M. Akkurt, Nümerik Kontrollü Tezgahlar ve Sistemler, asıl tek. Yayın No.1 1986
- [4] H. Arslan, CNC Teknolojisi I, ISBN975-95291-0-6-1993
- [5] Akmermer, S, "Esnek imalat sistemlerinde üç serbestlikli manipülatör tasarımı ve kontrolü", Doktora Tezi, Erciyes Üniv. Fen. Bilim. Ens., Kayseri 1998
- [6] Tosunoğlu S., "Robotlar Hassa Çalıştırılmay Amaçlayan Tasarım, Model ve Kontrol Yöntemleri", Elektrik Müh. Dergisi, v391 p21-25.
- [7] Fikes, R.E., Nilsson, N.J., STRIPS: a new approach to the application of theorem proving to problem solving, Artificial Intelligence, 2:189-208, 1971
- [8] Hall, V.D., Microprocessors and Interfacing Programming and Hardware, McGraw-Hill Book Co,p261-280. USA, 1986
- [9] Türkay, Y., Mikro İlemler Yardımı ile Step Motor Kontrolü, Y. Lisans Tezi, Erciyes Üniv. Fen Bil. Ens., Kayseri, 1991
- [10] Humpries, T.J., Motors and Controls, Merril Pub. P63-104,317-368, Columbus-Ohio, 1988
- [11] Williamson, T., PC Layout Techniques for Minimizing Noise, Intel Corp.AR-533,1987
- [12] Kekeç,A., Yeniden Kliniklerdeki Bebek Kuvvetlerinin Mikrodenetleyici ile Kontrolü, Doktora Tezi, Erciyes Üniv., Kayseri, 1994
- [13] White,D., Electro Magnetic Interference and Compability, Vol.3 EMI Control Methods and Techniques. Don White Consultants, 1973
- [14] Clark, O.M., Electro Discharge Protection using Silicon Transient Suppressors, Proceeding of the Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium. Reliability Analysis Center, Rome Air Development Center, 1979