

BİLGİSAYAR KONTROLLÜ KARTEZYEN ROBOT TASARIMI

Sermin YAZICI¹ Murat KILIVAN¹ Hüseyin Metin ERTUNÇ¹
Murat Çoşkun EROL²

¹Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Mekatronik Mühendisliği Bölümü 41040, İzmit / Kocaeli
²Hyundai Assan Otomobil Sanayi A.Ş. Alikahya Beldesi Kocaeli

¹e-posta: serminy@kou.edu.tr

¹e-posta: mkilivan@kou.edu.tr

¹e-posta: hmertunc@kou.edu.tr

²e-posta: mcoskunerol@hyundaiassan.com.tr

Anahtar sözcükler: Mekatronik, Kartezyen Robot, Step Motor, PIC

ÖZET

Bu bildiride, bilgisayarla haberleşerek x-y düzleminde çizim yapabilen bir Mekatronik sistem tasarımı sunulmuştur. z-ekseninde hareketi sağlayan sonlandırıcı eleman (kalem) ile sistem üç ekseninde hareket etmektedir. Üç ekseninde hareketiyle sistem kartezyen robot özelliği taşımaktadır. Bu uygulamayı üç kısım halinde incelemek mümkündür. İki eksen, çizim yapılacak zemin ile rölelerden oluşan ve bir anlamda sistemin iskeletini oluşturan makine kısmı; sürücü devre ve mikro denetleyicinin makine kısmıyla bağlantısını içeren elektronik kısmı; kullanıcının isteğine uygun (mekanik düzeneğin izin verdiği ölçüler dahilinde) çizime ait koordinatları girmesine olanak sağlayan ve girilen koordinatları yorumlayarak iki eksenindeki motorlara ve rölelere elektronik kart aracılığıyla gerekli sinyali gönderen yazılım kısmı. Yazılım kısmı, karar verme ve verilen karara uygun harekete ilişkin sinyali üretmesinden dolayı sistemin beyni olarak ifade edilebilir.

1. GİRİŞ

Hızla gelişen teknoloji ile tüketici istekleri artmış, bu durum ürün ömürlerini kısaltmış ve alışılmış tasarım ve imalat teknolojileri yetersiz kalmaya başlamıştır. Bu ihtiyaca yönelik olarak endüstriyel tasarım ve imalat teknolojisinde yeni kavram ve yöntemler doğmuştur. Bu yöntemlerden en önemlisi Mekatronik sistem kavramıdır [1].

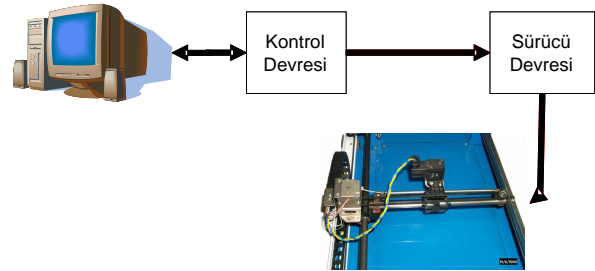
Mekatronik sistemleri, mekanik, elektrik ve elektronik bileşenlerden oluşan, sensörler aracılığı ile ön verileri algılayan, mikro denetleyici ile bu verileri yorumlayarak istenilen tepkileri aktüatörler aracılığı ile veren sistemler oluşturur [2].

Günlük hayatta ve modern endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan birçok mekatronik sistem örneği vermek mümkündür. Çamaşır makineleri, üretimde kullanılan robotlar, fotokopi makineleri,

takım tezgahları, kameralar vs. tipik mekatronik sistem örnekleridir. Mekatronik sistemler tıpta, tarımda, bankacılıkta, madencilikte, üretimde ve daha birçok alanda kullanılan ve çağdaş otomasyon teknolojisinin tanımlayıcı örneklerini oluşturan sistemlerdir [1].

Bu bildiride tanıtılan sistem de özellikleri bakımından bir mekatronik sistem örneğidir. Bu sistem, iki adet adım motoru kullanılarak, düzlemde lineer ve dairesel çizim yapabilmek için tasarlanmış bilgisayar kontrollü bir kartezyen robot olarak nitelendirilebilir.

2. MEKATRONİK SİSTEMİN BLOK DİYAGRAMI

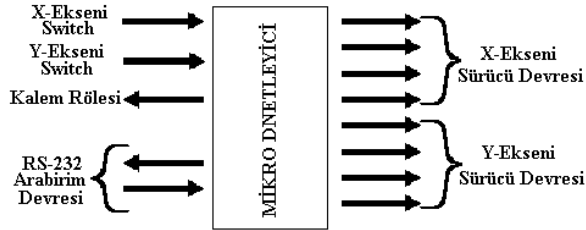


Şekil-1. Sistemin Blok Diyagramı

Tasarlanan sistem, 70x38cm boyutlarında bir tablo üzerine yerleştirilmiş, x-y eksenlerini oluşturan iki kızak ve y-eksenindeki kayış sistemine monte edilen kaleminden meydana gelmektedir. Sisteme çizdirilmek istenilen şeklin koordinatları bilgisayardan kullanıcı tarafından girilmektedir. Bu koordinatlar, kontrol devresine gelerek bu devredeki mikro denetleyici ile yorumlanır. Mikro denetleyici istenilen şeklin çizilebilmesi için gerekli sayısal sinyali sürücü devresine gönderir. Sürücü devresi ise bu sinyallere uygun olarak motoru ilgili koordinatlara konumlandırır. Sistem bu haliyle açık döngü bir kontrol yapısına sahiptir.

3. KONTROL DEVRESİ

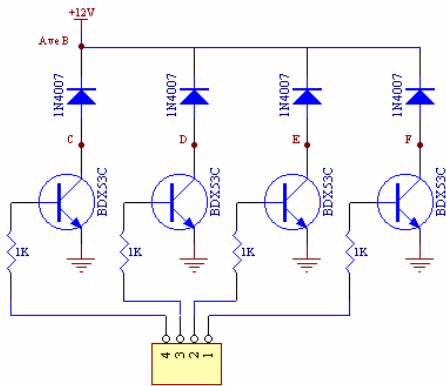
Sistem ilk enerjilendirildiğinde motorlar belirlenen sıfır noktasına gelmektedir. Sistemde sıfır noktası, her eksenin baş tarafına birer anahtar (switch) konularak seçilmiştir. Şekil-2’de mikro denetleyicinin giriş/çıkışlarının sistemde hangi devre ve elemanı kontrol ettiği gösterilmektedir. Şekil-2’ye göre mikro denetleyici, anahtarlar için giriş, sürücü devreler ve kalem rölesi için çıkış olarak koşullanmıştır.



Şekil-2. Mikro denetleyicinin I/O bağlantıları

Sonlandırıcı eleman olan kalem mikro denetleyici tarafından kontrol edilen bir röleye bağlıdır. Sistem çizim yapmadığı zaman röle çekili durumdadır ve kalem zemine temas etmemektedir. Bilgisayardan çizim komutu geldiğinde mikro denetleyici çizim yapılacak koordinatlarda röleyi bırakır. Çizim bittikten sonra röle tekrar çekilir.

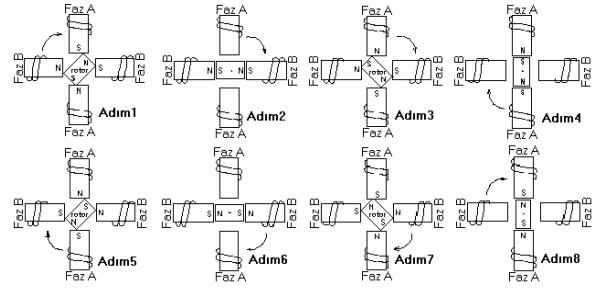
Mikro denetleyici ile bilgisayar RS-232 arabirim devresi yardımıyla haberleşir. Mikro denetleyici motorların hareketi için gerekli sayısal bilgiyi sürücü devreye gönderir. Sürücü devre ise gelen sayısal bilgiye göre motorlara gerekli besleme gerilimini sağlayarak hareketini sağlar. Sürücü devre şeması Şekil-3’te verilmiştir.



Şekil-3. Adım Motor Sürücü Devre Şeması

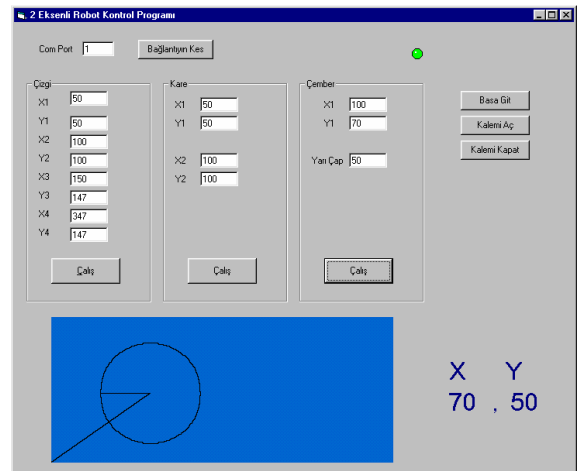
Mikro denetleyici aracılığı ile “1-4” uçlarına sırası ile sürekli sinyal gönderilir. 1Kohm’luk sınırlama direncini geçen sinyal transistörü tetikleyerek iletme geçirir. Diyot ters bağlı olduğundan buradan geçemeyen elektrik akımı motorun sınırlarından geçerek motoru bir adım döndürür. İkinci adım için, “1” ucundaki sinyal kesilir. Bu sırada oluşan ters EMK diyottan geçer ve transistör zarar görmekten korunur. Bir sürücü devre sadece bir motoru sürebilir.

Dolayısıyla sistemdeki iki step motor için Şekil-3’te tasarlanan sürücü devreden iki tane kullanılmıştır. Tasarlanan bu sistemin X-Y eksenleri için 1.8°’lik step motor kullanılmıştır. Yani motor 360° dönmek için 200 adım atmaktadır. Ancak sunulan uygulama için bu motorların yazılımla yarım adım gitmesi sağlanmıştır. Yarım adımla motor bir adımda 0,9° dönmekte ve böylece 360° dönmek için 400 adım atmaktadır. Bu sayede motor, bir adımda 0,2mm gibi çok hassas hareket yeteneğine sahip olmuştur. Yarım dönüş için motor adımları Şekil-4’deki gibi gerçekleşir.



Şekil-4. Motor torkunun yarım adım dönüşü

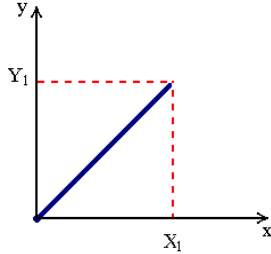
Sistem VISUAL BASIC programıyla yazılan ve Şekil-5’te gösterilen kontrol ekranıyla yönlendirilmektedir. Bu ekran kullanılarak sisteme, istenilen noktalara lineer çizgi, istenilen büyüklükte dörtgen ve son olarak istenilen yarıçapta çember çizdirilebilir. Sisteme çizdirilmek için seçilen şekil, sistemle beraber ekranda da izlenebilmektedir. Sistem ilk enerjilendirildiğinde, eksenler nerede olursa olsun anahtarlar aracılığı ile x,y=(0,0) yani başlangıç noktasına gidip yönlendirilmeyi beklemektedir. Çizim bittğinde ise BAŞA GİT butonu kullanılarak motorlar tekrar x,y=(0,0) noktasına gönderilebilmektedir. Bağlantı için Com Port seçimi (1 veya 2) yapılabilmektedir.



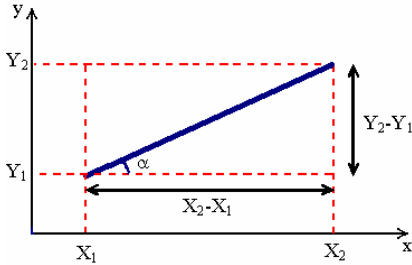
Şekil-5. Visual Basic Kontrol Ekranı

4. PROGRAM ALGORİTMASI

Sisteme, (0,0) noktasından herhangi bir (X,Y) noktasına, herhangi bir (X₁,Y₁) noktasından (X₂,Y₂) noktasına lineer çizgi çizdirilebilmektedir. Bu çizimler için doğrunun eğiminden yararlanılmaktadır. Bu iki senaryo sırasıyla Şekil-6'da ve Şekil-7'de gösterilmektedir.



Şekil-6. $y=x$ doğrusu çizmek



Şekil-7. İki nokta arasında doğru çizmek

Şekil-6'da gösterildiği gibi $y=x$ doğrusunda eğim;

$$m = \frac{y_1}{x_1} = 1 \text{ 'dir}$$

Eğim '1' ise x-motoru 1 adım attığında y-motoru da 1 adım atarsa $y=x$ doğrusu çizilmiş olur.

İki nokta arasında çizgi çizmek için Şekil-7'de gösterilen doğrunun eğimi ise;

$$y_2 - y_1 = m(x_2 - x_1) \Rightarrow m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \text{ 'dir.}$$

Hesaplanan eğimin sonucu tam sayı çıktığında motorlar Şekil-6 için yapılan açıklamadaki gibi hareket eder. Ancak eğimin sonucu tam sayı olmadığında sorun çıkmaktadır. Örnek olarak, (X₁,Y₁)=(0,0) noktasından (X₂,Y₂)=(60,18) noktasına gidilmek istenir. Bu durumda eğim;

$$m = \frac{18-0}{60-0} = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ 'tür.}$$

Ama motorlar '0,3' adım atamaz. Bu durumda şöyle bir yöntem takip edilir.

Eğimin sonucunu aşağıdaki şekilde indirirsek;

$$m = \frac{18-0}{60-0} = \frac{3}{10}$$

bu durumda x-motoru '3' adım, y-motoru '10' adım attığında ve bu işlem 6 kere tekrar edildiğinde (60,18) noktasına varılmış olur. Motorların bu hareketi kullanıcının girdiği her koordinat için tekrarlaması gerekmektedir. Ancak bilgisayar bölüm sonucunu

hiçbir zaman kesirli ifade olarak hesaplamaz. Dolayısıyla bu sayılar ayrı ayrı elde edilmek zorundadır. Bu soruna ilişkin matematiksel çözüm önerisi Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo-1. Ortak bölenlerin hesabı

Y ₂ -Y ₁	X ₂ -X ₁	Ortak Bölenler	Açıklamalar
18	60	2	(*Her ikisini de böler)
9	30	2	(Sadece X ₂ -X ₁)
9	15	3	(*Her ikisini de böler)
3	5	3	(Sadece Y ₂ -Y ₁)
1	5	5	(Sadece X ₂ -X ₁)
1	1		

Tablo-1'de Y₂-Y₁=18 ve X₂-X₁=60 değerlerinin ortak bölenleri bulunmuştur. Program ortak bölenlerin en küçüğü (OKEK) kadar işletilecektir.

$$\text{OKEK} = \text{Sayaç} = 2^2 * 3^2 * 5 = 180$$

Burada bulunan OKEK programdaki sayaca denktir. Yani program, her Y₂-Y₁ ve X₂-X₁ değerleri için bir OKEK yani sayaç bulacaktır.

Sadece X₂-X₁=a=2*5=10 ve sadece Y₂-Y₁=b=3

Yalnız X₂-X₁'i bölenler eğim formülündeki paydayı, yalnız Y₂-Y₁'i bölenler ise paydaki ifadeyi vermektedir. Bu değerler de sırasıyla programdaki a ve b değişkenlerine denktir. Sayacın a'ya her tam bölümünde X motoru, b'ye her tam bölümünde ise Y motoru bir adım yol alacaktır. Bu bilgilerle aşağıdaki program akış diyagramı daha iyi anlaşılabilir.

Algoritma

- 1- 1'den Sayaç=OKEK'e kadar bir döngü kur.
- 2- Eğer Sayaç%a=0 ise (sayacın a'ya bölümünden kalan sıfır ise) x-motoru bir adım
- 3- Eğer Sayaç%b=0 ise (sayacın b'ye bölümünden kalan sıfır ise) y-motoru bir adım
- 4- Sayaç=Sayaç+1
- 5- Sayaç<=OKEK ise 2. adıma git
- 6- Son

Bir başka örnek olarak, çember çizmek için aşağıdaki çember denkleminde yararlanılır.

$$y = -\sqrt{r^2 - (x - x_0)^2} + y_0$$

Bu denklemde x, x₀-r'den x₀+r'ye kadar artırılarak her adımda y hesaplanır ve en son kalınan noktadan (x,y) noktasına doğru çizilir. Çizilen doğrular çok kısa olduğundan oluşan şekil çembere benzemektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada bilgisayar aracılığı ile kullanıcı isteğine göre yönlendirilebilen bir Mekatronik sistem sunulmuştur. Step motorlar için geliştirilen program endüstride ihtiyaca yönelik birçok makinenin tasarımında kullanılmak üzere geliştirilebilir. Step motorların yazılımla yarım adım hareketi sayesinde sistemin bir adımda alacağı mesafe hassasiyeti 0,2mm'ye kadar düşürülmüştür. Sistem üç mühendislik biliminden araştırmacıların (Makine, Elektronik ve Bilgisayar) bilgi birikimi ile meydana gelmiş bir Mekatronik sistem uygulamasıdır.

KAYNAKLAR

- [1] ASME, Getting Hold On Mechatronics,1997
- [2] Bolton W., Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering
- [3] Kenjo,T., 1984, Stepping motors and Their Microprocessor Controls, Calerendon Press, Oxford.
- [4] Pickup, Analysis of current waveforms in permanent-magnet synchronous/stepping motors and synthesis of a stabilising signal, IEE proceedings-B Vol.139, No.6, 1992
- [5] Acarnley P.P., Stepping Motors A guide to modern theory and practice, 1992
- [6] Yadamale Padmaraja, Chattopadhyay Sandip, Stepper Motor Microstepping with PIC18C452, Application Notes (AN822)