

İKİ EKSENLİ DAİRESEL ENTERPOLASYON YAPABİLEN CNC KONTROL KARTI TASARIMI

Sermin YAZICI¹

Cüneyt OYSU²

^{1,2} Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü
41040 Veziroğlu kampüsü / İZMİT

¹e-posta: serminy@kou.edu.tr

²e-posta: coysu@kou.edu.tr

Anahtar sözcükler: Dairesel ve Doğrusal Enterpolasyon, CNC Kontrol Kartı, CNC Takım Tezgahı, G-Kodları.

ABSTRACT

This paper presents a control card designed for CNC tool motion commands (G00, G01, G02, G03). The control card is then used to control a two-axis mechanical system. Linear and circular interpolations in two dimensions are made using a 32-bit Renesas M32C83 MCU which provide floating point mathematics functions. The control card can communicate with computer through RS232. Process planning batch file which is formed of G-codes can be prepared in the computer software and then transferred to the control card.

1. GİRİŞ

Bilgisayarlı nümerik kontrol (CNC), nümerik kontrol (NC) fonksiyonlarını sağlayabilen, karar verebilen, bilgisayar sistemi bulduran sistemdir. CNC, esnek olması ve daha ucuz yatırımlar gerektirmesi nedeniyle çok daha yaygın hale gelmiştir. [1]

Bu çalışmada daha az maliyetli olan mikro denetleyici ile iki eksenli CNC kontrol kartı tasarlanmıştır. Çalışma bilgisayar yazılımı, kontrol kartı, mekanik aksam olmak üzere üç ana kısımda incelenebilir.

İlk kısım bilgisayar yazılımı ile CNC takım tezgahının kurulum (setup) parametreleri belirlenir. G-kodlarından oluşan iş dosyası, kontrol kartının yorumlayabileceği bir toplu iş dosyasına dönüştürülür. Toplu iş dosyası kontrol kartına gönderilir. Aynı zamanda operatör ara yüz paneli olarak çalışmaktadır ve eş zamanlı olarak takım tezgahının pozisyonu ve yaptığı işi izleme imkanı sağlar.

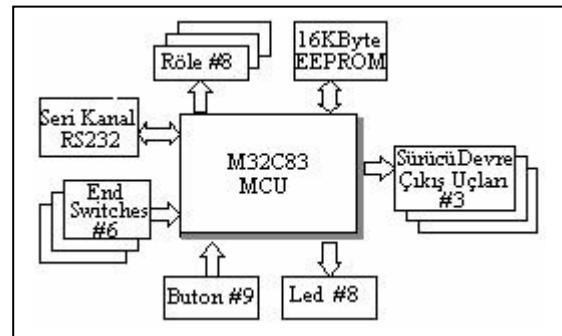
İkinci kısım kontrol kartı, Renesas firmasının ürettiği 32-bit'lik M32C83 mikro denetleyicisi kullanılarak tasarlanmıştır [2]. RS232 arabirimi sayesinde bilgisayar ile haberleşir. Kontrol kartı, geliştirme amaçlı tasarlanmış olup, genel amaçlı buton, led ve röle çıkışları ile toplu iş dosyasının ve kurulum (setup) bilgilerinin kaydedildiği EEPROM mevcuttur. Mikro denetleyici EEPROM'dan toplu iş dosyasını satır satır okuyarak sürücü devreye uygun kontrol sinyalleri

(Step bilgisi, yön bilgisi ve hangi motorun çalışacağı bilgisi) gönderir.

2. DONANIM

Bu çalışmada hedeflenen amaç, tüm takım tezgahlarına, motor tipinden bağımsız bir şekilde G-kodları ile dairesel ve doğrusal enterpolasyon yaptırabilen kontrol kartı tasarlamaktır. Bu çalışma, bir geliştirme çalışması olduğu için tasarlanan kartın üzerine geliştirme amaçlı donanımlar eklenmiştir. Kontrol kartının blok diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.

Kontrol kartı, 1 mikro denetleyici, 8 adet röle, 3 ayrı motorun hareket ettirilebilmesi için sürücülere gönderilecek 12 adet sinyal çıkış ucu (pini), 9 adet buton, 8 adet led, 6 adet sonlandırma algılayıcı anahtarı (End Switch), 1 adet seri port ve 1 adet hafıza elemanına sahiptir. Mikro denetleyici hafıza elemanına, takım tezgahı parametrelerini ve iş dosyası yüklemek aynı zamanda hafızada yüklü olan iş dosyasını yürütmek için erişir. Ledler, end-switch'ler, ve butonlar sistem yazılımı, G-kodlarının hareket fonksiyonlarına ait kodların (G00,G01,G02,G03) dışındaki diğer kodlar için de geliştirildiğinde kullanılmak üzere konulmuştur. Daha sonraki aşamada gerekli düzenlemeler yapılarak kontrol kartının tam anlamıyla CNC kontrol kartına dönüştürülmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 1. Kontrol Kartı Blok Diyagramı

Sistem basitçe tanımlanmak istenirse; bilgisayar, kontrol kartı, sürücü devre ve motorlardan oluşur denilebilir. Bu tanım aşağıdaki şemada gösterilmiştir. Şemadan da anlaşılacağı üzere kontrol kartı bilgisayar ile RS232 protokolü üzerinden haberleşmektedir. Kontrol kartı iki eksenli sistemi hareket ettirebilmek için sürücü devreye sinyal göndermektedir. Sürücü devre ise bu sinyallere uygun hareketi motorlara göndererek sistemi hareket ettirir. Tasarlanan kontrol kartının resmi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Kontrol Kartının Resmi

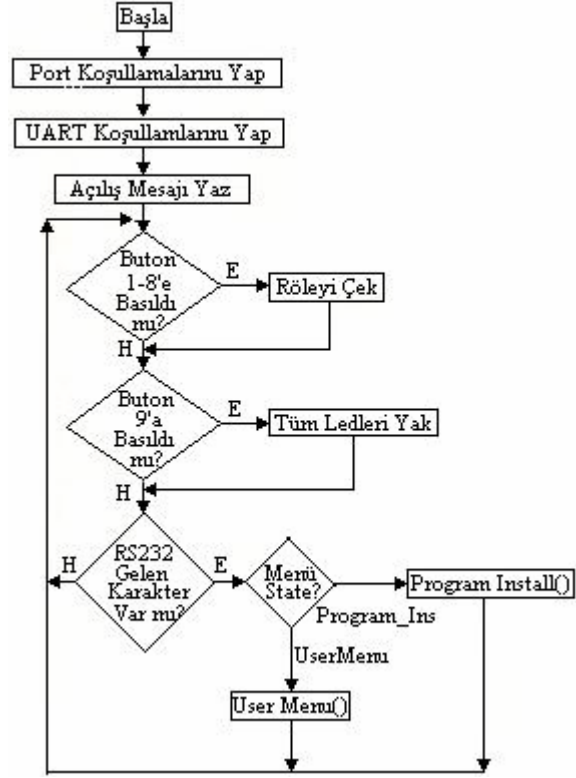
3. YAZILIM

Kontrol kartında Renesas firmasının ürettiği 32-bit’lik 100 bacaklı ve 512Kbyte flash hafızaya sahip olan M32C83 mikro denetleyicisi kullanılmıştır. Mikro denetleyici yazılımı ANSI C dilinde yazılmış ve “IAR Embedded Workbench (IAR EWB) for M32C” derleyicisinde derlenmiştir.

Giriş birimlerinden gelen sinyal veya komutlar mikro denetleyicide yorumlanarak çıkış birimlerine mesaj veya sinyaller gönderilir. Mikro denetleyici yazılımı ana döngüde sürekli dönmektedir. Bu döngü içerisinde sırasıyla giriş birimleri taranır ve kullanıcı herhangi bir giriş biriminden bir sinyal yada komut gönderdiğinde program başka bir fonksiyona dallanır ve kullanıcıya çıkış birimlerinden cevap verir. Örneğin kullanıcı tarafından birinci butona basıldığında birinci röle çektilir. Kullanıcı birinci butona basmayı bıraktığı zaman röle eski konumuna gelir. Dokuzuncu butona basıldığında tüm ledler yanmaktadır. Bu fonksiyonlar kontrol kartının geliştirme amaçlı konulmuş donanımlarını sınamak için yazılmıştır. Kullanıcı seri porttan bir karakter gönderdiğinde yazılım mevcut durumuna (state) göre “UserMenu()” veya “ProgramInstall()” fonksiyonuna dallanır. Yazılım Usermenu durumunda (state) iken, kullanıcının seri porttan gönderdiği karakter, komut listesinde [bkz. Tablo 1] tanımlı olan karakterlerle karşılaştırılır. Daha önceden tanımlanmış bir komut veya parametre girişi ise yazılım komutu işler ve gerekli ise yazmaçlarına girilen parametreleri yazar. Yukarıda bahsedilen iki durum (state) arasındaki

geçişlerde seri porttan gelen karakterlerle yapılmaktadır.

Yazılımın ana döngüsünün akış diyagramını Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Ana döngü akış şeması

3.1. Seri Port Haberleşmesi

Bilgisayar ile kontrol kartı birbiriyle RS232 kanlından haberleşmektedir. Haberleşme özellikleri, 38400 baud, 8 data bit, no parity, 1 stop bit olarak ayarlanmıştır.

Kontrol kartının besleme gerilimi 5 voltur. Kontrol kartına besleme verildiğinde mikro denetleyici önce giriş/çıkış portlarını, seri portunu ve I²C portunu koşullar. Daha sonra eeprom’den takım tezgahına ait parametreleri okur ve kendi yazmaçlarına yazar. Koşullama işlemi başarılı bir şekilde bittikten sonra RS232 hattı üzerinden bilgisayara açılış mesajı ve ardından “Menü” satırını gönderir. Aşağıda besleme gerilimi verildiğinde RS232 hattından gönderilen açılış mesajı aşağıda gösterilmiştir.

> Sermin YAZICI

> May 22 2004 14:55:11

> CNC Kontrol Kartı v1.0

> Menu>

Yazılım, “UserMenu” durumunda iken, eeprom’da saklanan takım tezgahı parametreleri görülebilir ve değiştirilebilir. Ayrıca takım tezgahı manuel (el ile) çalıştırılabilir. Bu durumda kontrol kartı ile bilgisayar arasındaki veri alışverişi ascii karakterle

sağlanmaktadır. Dolayısıyla özel bir bilgisayar programı gerektirmeden kontrol kartı ile haberleşilebilir. Bu çalışmada, Microsoft Windows'un standart yazılımı olan Hyper Terminal kullanılarak kontrol kartı ile haberleşilmiştir. "ProgramInstall" durumunda ise seri kanaldan gelen tüm veriler eeprom'un program için ayrılan hafızasına sırayla yazılmaktadır. Bu durumlar arasındaki geçiş seri porttan özel bir karakterle sağlanmaktadır. Bu durum yapısı sayesinde program yükleme ve kontrol kartının diğer fonksiyonlarına erişimi birbirinden ayrılmıştır. Tablo 1'de UserMenu durumunda iken "?" karakteri ile okunan tezgah parametreleri gösterilmiştir.

Tablo 1. Menu tablosu

Kmt	Acıklama	Değeri
o, O	Olcu Birimi	[mm]
u	1.Eksenin Adı	Y
U	2.Eksenin Adı	X
m	1.Eksenin Max Değeri	1000.000 [mm]
M	2.Eksenin Max Değeri	1000.000 [mm]
p	1.Eksenin Step / Birim Yol	16.974 [step/mm]
P	2.Eksenin Step / Birim Yol	4.939 [step/mm]
h	1. & 2. Eksenin Birim YI / dk	2000.000 [mm/dk]
j	1.Eksenin (+) Yonu	SAG
J	2.Eksenin (+) Yonu	SOL
-	Sifir Referans Pozisyonu	---
s, S	1.Eksenin Pozisyonu	0.000
x, X	2.Eksenin Pozisyonu	0.000
f	Merkez Y	0.000000
F	Merkez X	0.000000
V	Aci	0.000000
y, Y	Yon	CCW

4. DAİRESEL ve DOĞRUSAL ENTERPOLASYON

Enterpolasyon ile eksenler, başlangıç noktası ile bitiş noktasını birbirine bağlayan bir doğru boyunca, mümkün olan en küçük hata ve bu doğru üzerinde kalacak şekilde, verilen eksenler boyunca küçük artım birimleriyle sabit hızda hareket sağlayarak, kontrol sistemi tarafından hareket ettirilir [3].

Enterpolasyon yapabilmek için takım tezgahı hakkında bazı parametrelerin bilinmesi gerekmektedir. Takım tezgahına ait bu parametrelerin sistemin kurulumu esnasında yetkili bir kişi tarafından girilir. Bu kurulum (setup) bilgileri kontrol kartının üzerinde bulunan hafızada saklanır. Sistem bu hafızada kayıtlı olan parametreleri kullanarak enterpolasyon yapmaktadır. Hafızada kayıtlı olan bu bilgiler istendiği bilgisayar tarafından değiştirilebilir olduğundan kontrol kartı, üzerinde bulunan mikro denetleyicinin yazılımını değiştirmeden diğer takım tezgahlarına kolayca kumanda edebilir.

Kullanılan takım tezgahına ait bilinmesi gereken parametreler ve değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

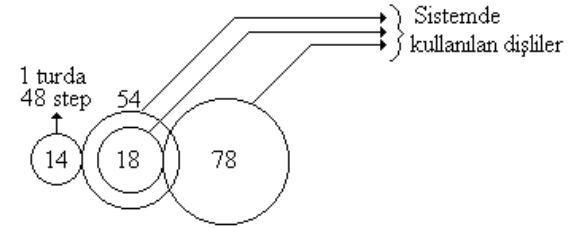
Tablo 2. Takım tezgahına ait bilinmesi gereken parametreler

Açıklama	Birim	Değer
Ölçü Birimi	[mm],[inch]	mm
1.Eksenin Adı	X,Y,Z	Y
2.Eksenin Adı	X,Y,Z	X
1.Eksenin MAX değeri	1000000[mm]	2000
2.Eksenin MAX değeri	1000000[mm]	3000
1.EkseninStep/Birimyol	Step / [mm]	16.974
2.EkseninStep/Birimyol	Step / [mm]	4.941
Doğrusal Hız	[mm] / dak.	2000

4.1.Eksenin Step / Birim Yol Değeri

Bu değer, takım tezgahında kullanılacak olan motor tipine ve motora takılacak dişlilere bağlı olarak değişecektir. Üzerine yazılım geliştirilen sistemin 1.ekseninin 1mm yolu kaç stepte attığı hesabı aşağıda gösterildiği şekildedir.

Öncelikle Şekil 4'ten yararlanılarak dişli oranları bulunmuştur.



Şekil 4. Eksende kullanılan dişliler ve dişli sayıları

1.Eksene ait dişli oranı (R) aşağıda bulunmuştur.

$$R = \frac{78}{18} * \frac{54}{14} = 16.71 \Rightarrow \quad (1)$$

1.Eksene ait motor, 48 adımlık bir motordur.(48 adım ile bir tur döner). Çıkış dişlisinin 1 tur dönmesi için gerekli adım sayısı (S.S) aşağıda verilmiştir.

$$S.S = R * 48 = 802.08 \text{ [step/tur]} \quad (2)$$

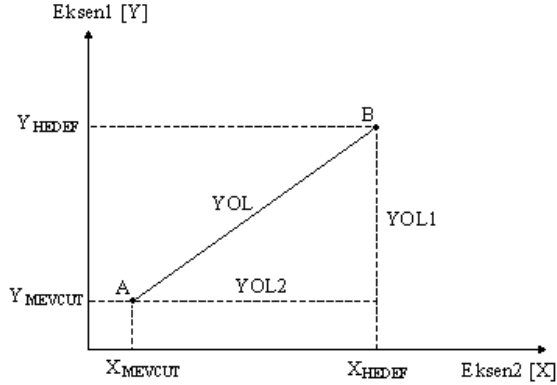
adımda alır.1.Eksen motorunun bağlı olduğu tamburun çevresi 94,5mm'dir. Dolayısı ile sistemin 1.ekseni 1 turu (94.5 mm) 802.08 adımda atarsa 1 mm'yi kaç adımda atacağı denklem 5.3'te verilmiştir.

$$1mm'yi = \frac{SS}{94.5} = 8.487 \text{ [step/mm]} \quad (3)$$

adımda alır. 2. Eksenin 1mm'yi kaç adımda atacağı, aynı işlemler uygulanarak bulunmuştur.

4.2. Doğrusal Enterpolasyon

Takım tezgahı Şekil 5'te gösterildiği gibi A noktasında duruyor ve B noktasına gönderilmek isteniyor olsun.



Şekil 5. Takım tezgahının bir "A" noktasından "B" noktasına giderken izleyeceği yol;

$A(X_{MEVCUT}, Y_{MEVCUT}) - B(X_{HEDEF}, Y_{HEDEF})$ olsun.

1.eksenin (Y-eksenin) alacağı yol denklem 4'de görüldüğü gibidir.

$$YOL1 = |Y_{HEDEF} - Y_{MEVCUT}| \text{ [mm]} \quad (4)$$

2.eksenin (X-eksenin) alacağı yol denklem 5'te verildiği gibidir.

$$YOL2 = |X_{HEDEF} - X_{MEVCUT}| \text{ [mm]} \quad (5)$$

takım tezgahının doğrusal enterpolasyonla alacağı yol denklem 6'da verildiği gibidir.

$$YOL = \sqrt{YOL1^2 + YOL2^2} \text{ [mm]} \quad (6)$$

takım tezgahının bu yolu ne kadar zamanda alacağı t_{ENT} ile belirlenmektedir. t_{ENT} süresinin bulunmasına ait formül, denklem 7'de gösterilmiştir ;

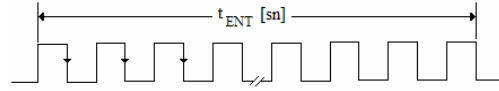
$$t_{ent} = \frac{YOL}{DogrusalHiz} \quad (7)$$

Her iki eksende aynı anda harekete başlar ve t_{ENT} süresi sonunda 1.eksen $YOL1$ [mm], 2.eksen $YOL2$ [mm] kadar yol alırsa takım tezgahı A noktasından B noktasına doğrusal enterpolasyon yaparak gitmiş olur.

1.eksenin $YOL1$ [mm] kadar yol alması için atması gereken adım sayısı ($EKSEN1_STEP$), denklem 8'de verilen formül ile hesaplanır.

$$EKSENSTEP \neq YOL * 1.EkseninStepBirimi \quad (8)$$

Sürücüler motorlara, bir pulse darbesinde bir step attığından, 1.eksenin $YOL1$ [mm] kadar yer değiştirmesi için sürücüsüne $EKSEN1_STEP$ sayısı kadar pulse gönderilmesi gerekmektedir. Yazılımda iki kere timer kesmesine girildiğinde 1 tam pulse oluşturulmaktadır. Dolayısıyla TimerB1'in counter değeri $EKSEN1_STEP$ 'in iki katına eşitlenmelidir. Şekil 6'da 1.ekseni $YOL1$ [mm] kadar öteleyecek $CLK1$ sinyali gösterilmiştir.



Şekil 6. CLK1 sinyali

$CLK1$ sinyali t_{ENT} süresinde alınmıştır. Buna göre $CLK1$ sinyalinin periyodu T_{CLK1} , denklem 9 kullanılarak bulunur.

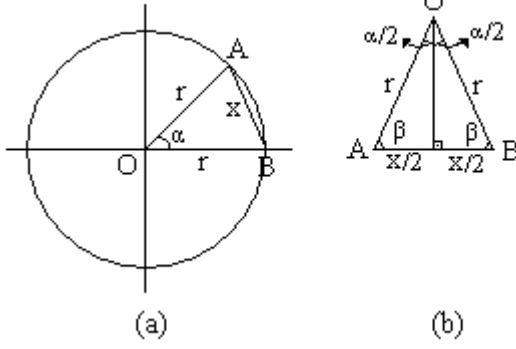
$$T_{CLK1} = \frac{t_{ENT}}{EKSEN1_STEP} \quad (9)$$

Mikro denetleyicinin $CLK1$ sinyalini üretebilmesi için TimerB1, $EKSEN1_STEP*2$ sayısı kadar her T_{CLK1} süresinde kesme (interrupt) oluşturacak şekilde kurulur. Her TimerB1 kesmesi meydana geldiğinde $CLK1$ ucundaki sinyalin tersi üretilir. Dolayısıyla iki kere timer kesmesine girildiğinde, 1 tam pulse sinyal üretilmiş olur. TimerB1, $CLK1$ sinyalini üreterek 1.eksenle bağlı olan motoru t_{ENT} süresince hareket ettirir. 2.eksen için de benzer hesaplamalar yapılır. TimerB2, $CLK2$ sinyalini üreterek 2.eksenle bağlı olan motoru t_{ENT} süresince hareket ettirir. Sonuç olarak iki adet eksenin birbirinden tamamen bağımsız hızlarda hareket etmeleri iki adet timer kesmesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.3. Dairesel Enterpolasyon

Temel olarak daireysel hareket "N" adet doğrusal hareketin ardışık yapılmasından meydana gelir. "N" sayısı arttıkça oluşan hareket daireye daha çok benzemektedir. Düzgün bir daireysel hareket için her bir doğrusal hareketin eşit sürelerde alınması gerekir. Bu şekilde daireysel hareket doğrusal harekete benzetilerek daha düzgün bir daire elde edilir. Ancak dairenin yarıçapı değiştikçe dairenin bölme oranı da değişecektir.

Şekil 7.a'da, daireyi oluşturacak doğrusal hareketlerden biri büyütülmüş haliyle verilmiştir. Bu şekle göre "O" noktası merkez noktasıdır. "r" yarıçaptır. "x" sistemin hassasiyetini simgeler. Bu değer kullanıcı menüden değiştirilebilir, sisteme özel bir parametredir. "N" bölme sayısıdır ve hassasiyetin sayısal değeri küçüldükçe "N" değeri artar.



Şekil 7. (a)Daireyi oluşturacak doğrusal hareketlerden biri, (b) geometrik ifade

$$Hassasiyet = x = 2.r.\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (10)$$

Denklem 10'dan " α " çekilirse;

$$\alpha = 2.\sin^{-1}\left(\frac{x}{2.r}\right) \quad (11)$$

bulunur. Bulunan " α " değeri ile dairesel hareketin kaç eşit adımda yaptırılacağı belirlenir.

$$N = \frac{360}{\alpha} \quad (12)$$

5. SONUÇ

Bu çalışmada piyasada en çok kullanılan PLC veya endüstriyel bilgisayarlarla kontrol edilen CNC takım tezgahlarının, daha ucuz maliyetle üretilebilen ve geliştirilebilir yeteneklere sahip bir kontrol kartı tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda çözülmesi gereken en büyük problem doğrusal ve dairesel enterpolasyonu mikro denetleyici ile gerçekleştirmekti. Bu çalışma sonucunda enterpolasyon başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan kontrol kartı takım tezgahına ait bütün parametreleri harici bir hafızada sakladığından, başka bir takım tezgahına kumanda etmek için yalnızca harici hafızadaki parametrelerin değiştirilmesi yeterli olacaktır. Kontrol kartı seri port üzerinden bilgisayarla haberleşme ve harici hafızadaki parametreleri bilgisayardan gelecek komutla değiştirme yeteneğine sahip olduğundan, motorlar ile takım arasındaki dişli oranına bağlı olarak elde edilen parametreler belirlendiğinde değişik takım tezgahlarına kolayca adapte edilebilme özelliğine sahiptir.

Kontrol kartının işleteceği komut dosyası bilgisayardan gönderileceği için değişik kodlama biçimlerinde (Gerber, HPGL v.s.) yapılmış olan çalışmalar bilgisayar yazılımı tarafından kontrol kartının kabul ettiği biçime dönüştürülerek kontrol kartına yüklenebilir. Böylece sadece G-kodu değil diğer tüm biçimleri destekleyen bir sistem ortaya

çıkabilir. Kontrol kartının mevcut yazılımda yalnızca G00, G01, G02 ve G03 olmak üzere dört adet G-kodu fonksiyonları gerçekleştirilebilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Web sitesi adresi, <http://www.turkcadcam.net/rapor/cnc-tezgahlar/index.html>, Mayıs 2004
- [2] M32C/83 Group Data Sheet Rev.1.02 <http://www.m16c.de/sites/m32c83.htm>, Haziran 2004.
- [3] Anka CNC firmasının web sitesi, <http://www.ankacnc.com/teknik/Dairesel%20Interpolasyonla%20Isleme.pdf>, Mayıs 2004.
- [4] Renesas Technology Crop. Customer Support Department, 2003. Using Simple Bus Mode on M32C/83,85, April.
- [5] Turk Cad Cam web sitesin'de Erkut Neğiş'in yazısı, <http://www.turkcadcam.net/otoinsa>, Mayıs 2004
- [6] HARRINGTON, J., 1973, Computer Integrated Manufacturing, Industrial Press
- [7] TEICHOLZ, E., and ORR, J.N., 1989. Computer Integrated Manufacturing Handbook, McGrawv.
- [8] PICKUP, I.E.D.and RUSSELL, A.P. and YONG-SOO K., 1992. Analysis of current waveforms in permanent-magnet synchronous/stepping motors and synthesis of a stabilising signal, IEE proceedings-B Vol.139, No.6.
- [9] Sermin YAZICI,Murat KILIVAN,H.Metin ERTUNÇ,M.Coşkun EROL, 2003, "İki Eksenli Kartezyen Robot Tasarımı" Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği, 10.Ulusal Kongresi, p 205