

CNC FREZE EĞİTİM SETİ TASARIMI VE UYGULAMASI

Hüseyin KAYGISIZ *, Kerim ÇETİNKAYA **

Özet

Bu çalışmada, meslek okullarının atölye ve laboratuvarlarında okul olanakları ile imal edilebilir, düşük maliyetli, üç eksenli masaüstü CNC freze tasarlanmış, prototipi imal edilmiş ve CNC eğitimi için interaktif eğitim programı geliştirilmiştir. Bu kapsamda 460, 320, 120 mm (X,Y,Z) eksen kurs boylarına sahip adım motorlar ile tahrik edilen köprü tipi bir CNC freze tezgahı tasarlanarak imal edilmiştir. CNC'nin gövdesi sac ve sigma profiller ile destekli üretilmiştir. Eksenleri lineer bilyeli kızaklar ile yataklanmış ve hareket organı olarak bilyeli vidalı miller kullanılmıştır. Elektronik kontrol ünitesinde L297 - L298 adım motor kontrol entegreli kontrol devreleri imal edilmiş ve CNC Mach II kontrol programı ile çalıştırılmıştır.

İmal edilen CNC'nin hassasiyet ve doğruluk değerlerinin tespiti için deneyler yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Eksenlerin doğruluklarının tespiti için ilgili eksenler boyunca parmak freze çakıları ile malzeme (XPS) üzerinde kanallar açılmış; kanal boyları ölçülmüş ve standart sapmaları hesaplanmıştır. X ekseninin standart sapması 0,119 mm, Y ekseninin standart sapması 0,030 mm ve XY ekseninin standart sapması ise 0,044 mm olarak hesaplanmıştır. CNC'nin hassasiyeti 0,0125 mm olarak hesaplanmıştır.

CNC'nin 2,5 eksen işleme kabiliyetlerini test etmek için cep unsuru işlenmiş ve ölçümleri yapılmıştır, 3 eksen serbest yüzey işleme kabiliyetini test etmek için Atatürk rölyefi başarıyla işlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: CNC freze eğitimi, Masaüstü CNC, Adım motor kontrolü

CNC MILLING TRAINING SET DESIGN AND APPLICATION

Abstract

In this study a low cost, triaxial desktop CNC milling machine that can be produced by using resources of vocational schools in their workshops and laboratories was designed, its prototype was manufactured and interactive training program for CNC training was developed. In this framework, a bridge type CNC milling machine whose axial stroke lengths are 460, 320, and 120 mm (X,Y and Z respectively) driven by stepping motors was designed and manufactured. The body of CNC was produced with the elements of sheet metals and sigma profiles. The axes were born via linear ball skids and ball threaded rods were used as moving mechanism. For electronic control unit, the control circuit which is integrated with L297 - L298 stepping motor was preferred and it was run by CNC Mach II control programme.

In order to determine the accuracy and precision, the experiments were carried out and then the results were assessed. In order to determine the accuracy of axes, the channels through the axes were machined on material (XPS) with finger milling cutters the lengths of the channels were measured and their standard deviations were calculated. The standard deviation of X axis was measured as 0.119 mm, of Y axis as 0.030 mm and of XY axis as 0.044 mm. The precision of CNC, in general, was calculated as 0.0125 mm.

Pocket future was machined in order to test the processing capability of CNC 2.5 axis and the required measurements were made, an Atatürk's relief was successfully processed in testing a triaxial free surface processing capability.

Key Words: CNC Milling Training, Desktop CNC, Stepping Motor Control

* Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıklar Kayası Kampusu, Karabük . E-Posta : huseyinkaygisiz@hotmail.com

** Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Balıklar Kayası Kampusu, Karabük
E-Posta : ketinkaya@karabuk.edu.tr

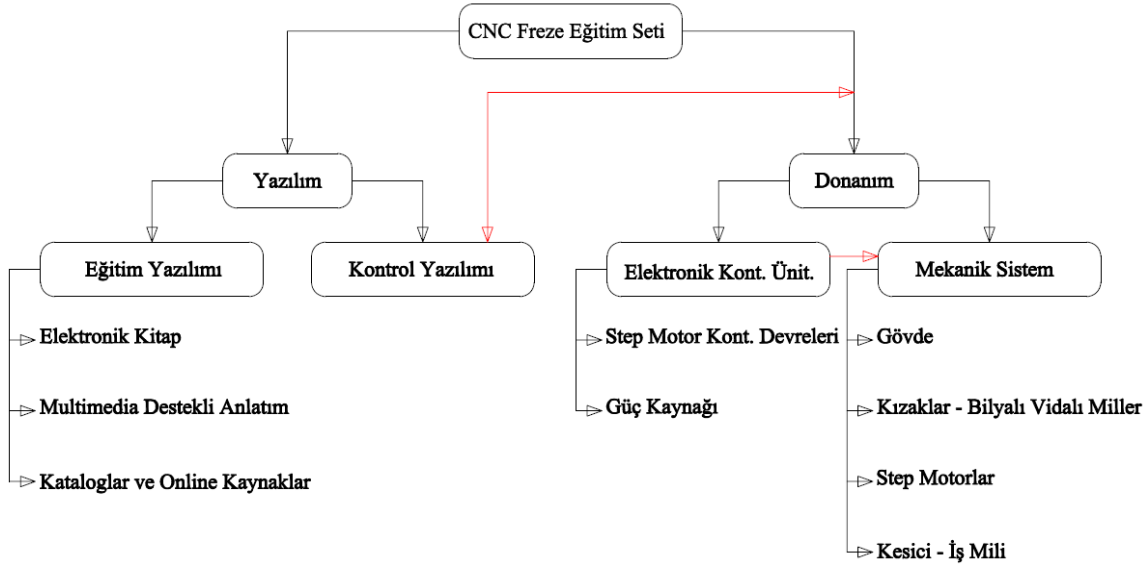
1.Giriş

Talaşlı imalat teknolojisindeki en önemli dönüm noktası 1950’li yıllarda nümerik programlamaya göre çalışan NC tezgâhların geliştirilmesidir. Bu tarihlerden günümüze gelindikçe NC tezgâhlarının bilgisayarla donatılması ile CNC ve DNC tezgâhları oluşmuştur. Kişisel bilgisayarların kullanımının yaygınlaşması ile CNC kullanım ve çalışmaları artmıştır [1]. Artık günümüzde geleneksel tezgâhların imalatta kullanım payları giderek azalmakta ve yerlerini CNC tezgâhlarının kullanımına bırakmaktadır. CNC tezgâhlarının bu önemine karşın; yüksek maliyetleri nedeniyle mesleki ve teknik eğitim veren üniversite ve liselerin bazılarında eğitim amaçlı kullanılmak için CNC bulunmadığı bilinmektedir. CNC bulunan kurumlarda ise tezgâh yetersizliği, tezgâhların bozulma korkusu gibi nedenlerle öğrenciler yeterince pratik yapma imkanı ve fırsatı çoğu zaman bulamamaktadırlar. Bu çalışmada, teknik okulların kısıtlı olanaklarını kullanarak ihtiyaçları olan CNC’leri imal edebiliri için örnek bir uygulama sunulmaktadır.

CNC eğitimi ve eğitim amaçlı CNC’ler üzerine literatürde birçok çalışma mevcuttur, bu çalışmada yararlanılan konumuzla ilintili bazı önemli çalışmaları özetlenecek olursa; Tseng ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada eğitim amaçlı, küçük boyutlarda 3 eksenli bir CNC freze tasarlanmış ve imal edilmiştir, geliştirilen CNC için mikroişlemci destekli kontrol ünitesi ve kontrol yazılımı çalışma kapsamında üretilmiştir [2]. Kim ve arkadaşlarının çalışmalarında, CNC eğitiminde ki teçhizat eksikliklerine değinilerek çalışma kapsamında düşük maliyetli bir CNC torna tezgahı prototipi geliştirilmiştir. Geliştirilen tezgah 0,5 kW gücünde ve mikroişlemci kontrol ünitesine sahiptir eksenler adım motorlarla tahrik edilmektedir [3]. Özdeveci’nin çalışmasında ülkemize ithal edilen eğitim tipi CNC’ler incelenmiş ve çok pahalı oldukları kanaatine varılmıştır, çalışma kapsamında bu CNC’lere alternatif olarak eğitim amaçlı CNC freze tasarlanmış ve imal edilmiştir. Fakat imal edilen tezgahta ithal edilen endüstriyel CNC’lerde kullanılan lineer kızaklar yerine kırılmaçlı kuyruğu yataklar, bilyeli vidalı miller yerine ise trapez vidalı miller kullanılmıştır. Tezgahın programlanmasında Pascal, C ve Delphi gibi programlama dilleri kullanılmıştır [4]. Alan’ın çalışmasında; ülkemizdeki CNC eğitimi, CNC’nin mesleki eğitim ve sanayi açısından öneminden bahsedilerek CNC derslerinde kullanılması için CNC eğitim seti tasarımı yapılmıştır. Çalışma kapsamında yalnızca CNC’nin kontrol programı ve eğitim yazılımı geliştirilmiştir, mekanik olarak bir imalat yapılmamıştır [5]. Büyükşahin’in çalışmasında; CNC tezgahları, onu oluşturan parçalar ve CNC seçim kriterlerine değinilerek yeni bir CNC freze tezgahı tasarlanmış, analiz ve hesaplarını yapılarak imal edilmiştir [6]. Özyalçın’ın çalışmasında; X,Y,Z koordinatlarında esnek hareket eden bir kartezyen robot tasarlanmıştır. Robotun bilgisayar bağlantısı paralel port üzerinden yapılmış ve eksenler adım motor ile kontrol edilmiştir. Sistemi test etmek için taşıyıcı platforma kalem ve oksijen gaz aparatı bağlanarak çizim ve kesim işlemi yapılmıştır [7]. Uyanık ve arkadaşlarının çalışmalarında; üç eksenli yüzey işleme tezgahını CNC kontrollü hale dönüştürmüştür, çalışmada CNC kontrol üniteleri ve CNC kontrol yazılımları hakkında bilgi verilmiştir. [8]. Göloğlu ve Bunarbaşı çalışmalarında; doğrusal hareket mekanizmaları ve verimlilikleri üzerinde durmuşlardır. Doğrusal hareket mekanizmaları ve yardımcı elemanlarının farklılıkları analiz edilmiştir. Çalışmada mil üzerinde kayan makaralar ile hareket eden 3 eksenli bir doğrusal hareket mekanizmasının tasarımı ve hesapları yapılarak imal edilmiştir [9]. A. Toroğlu ve Y. İçingör, çalışmalarında üç boyutlu animasyon teknolojilerinin teknoloji eğitiminde kullanılması üzerinde durmuşlardır. Çalışma kapsamında teknoloji eğitiminde kullanılmak için 3d animasyonlarla destekli bir eğitim programı hazırlamışlardır [10].

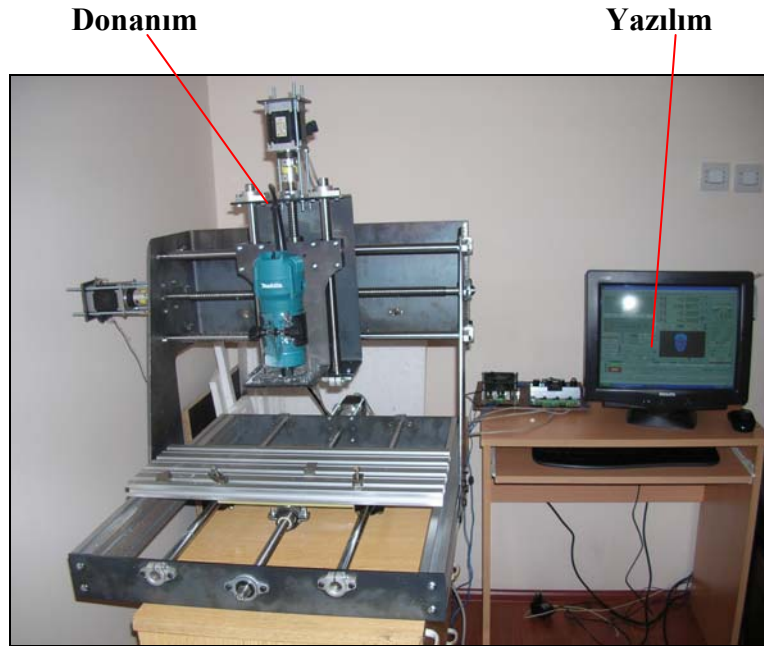
2. GELİŞTİRİLEN SİSTEM

Geliştirilen eğitim seti yazılım ve donanım olmak üzere iki bölümden meydana gelmektedir (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1: CNC Freze Eğitim Setini Oluşturan Parçalar

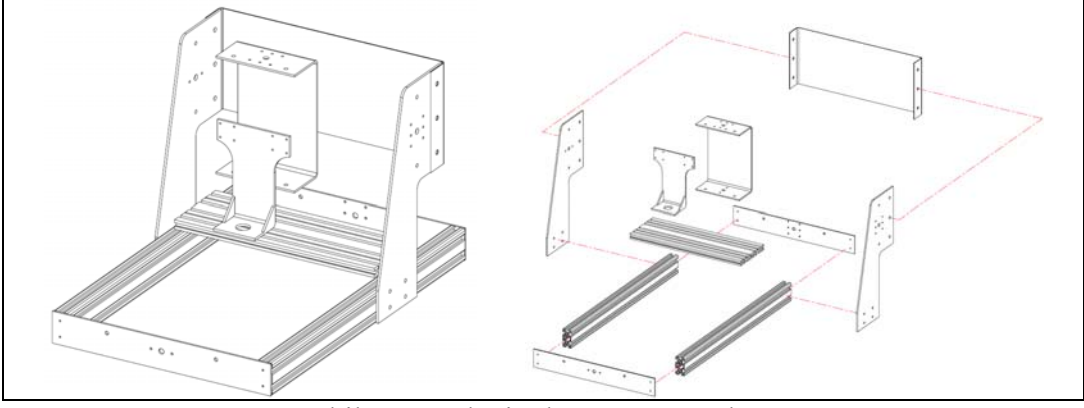
Yazılım kısmını; kontrol yazılımı (MACH II) ve geliştirilen eğitim yazılımı oluşturmaktadır. Donanım kısmı ise mekanik sistem ve elektronik kontrol ünitesinden meydana gelmektedir.



Şekil 2: CNC Eğitim Seti

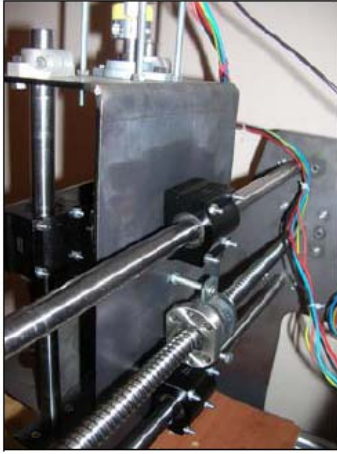
Mekanik sistem; gövde, kızaklar, vidalı mil ve tahrik elemanları, hareket elemanlarını tahrik eden adım motorlar ve iş milinden oluşmaktadır.

Gövde; Şekil 3'de görüldüğü gibi sac ve alüminyum parçalardan oluşmaktadır. Sac parçalar lazer kesim resimleri oluşturularak, CNC lazer de kestirilmiştir. Alüminyum parçalar ise standart sigma profillerden seçilmiştir [11].



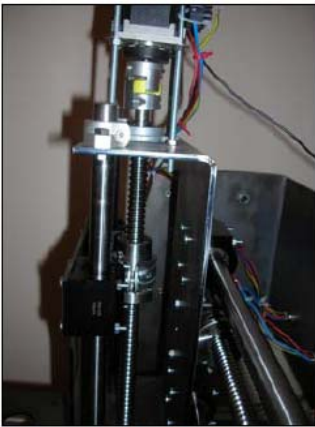
Şekil 3: Gövdeyi Oluşturan Parçalar

Kızaklar; tabla ve diğer eksenlerin doğrusal yataklanmalarını sağlayan parçalardır. CNC tezgahlarda ağırlıklı olarak lineer bilyeli kızak ve mil sistemleri yada lineer bilyeli araba ray sistemleri kullanılır. Bu çalışmada 3 eksende de bilyeli kızak ve mil kullanılmıştır (Şekil 4).

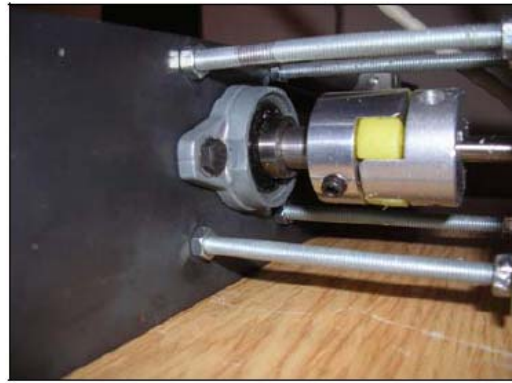


Şekil 4: Sistemde Kullanılan Lineer Kazıklar

Vidalı mil ve somunlar; kızaklar ile yataklanmış tabla ve diğer eksenlerin hareket ettirilmesini sağlayan parçalardır. Tasarlanan CNC'nin yapısına göre vidalı mil, triger kayış veya kremayer dişli sistemlerinden biri kullanılabilir. Bu çalışmada FSU 1605 bilyeli vidalı mil ve somun tercih edilmiştir (Şekil 5). Bilyeli milleri yataklamak için KFL 001 tipi rulmanlar kullanılmıştır (Şekil 6)

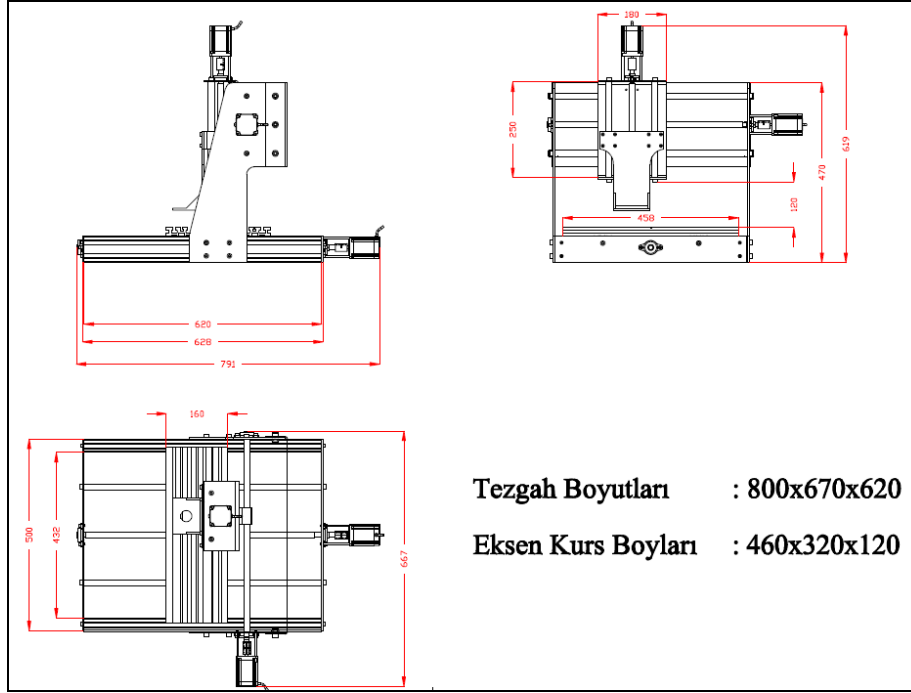


Şekil 5: Bilyeli Vidalı Mil ve Somun



Şekil 6: Rulman

Tezgahın boyutları 800x670x620 mm (X,Y,Z) dir ve 460x320x120 mm (X,Y,Z) eksen kurs boylarına sahiptir (Şekil 7).



Şekil 7: Tezgahın Boyutları ve Eksen Kurs Boyları

2.1.2 Adım Motorlar

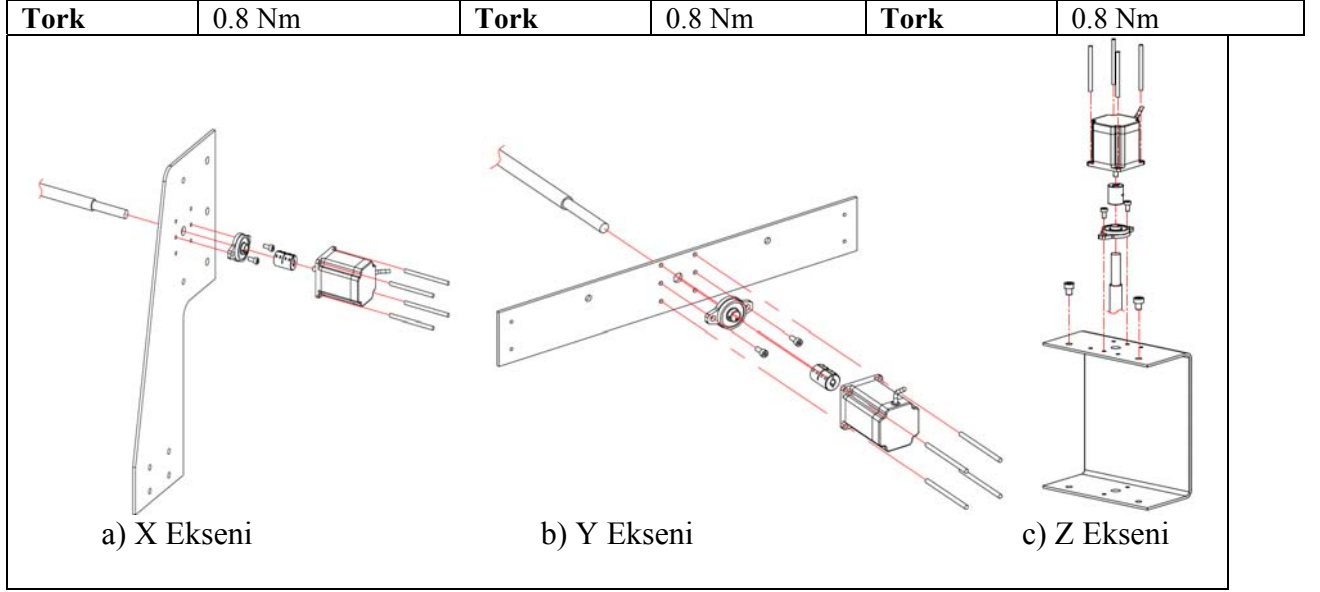
Açısal konumu adımlar halinde değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülen motorlara adım motorları denir. Bu adımlar, motorun sargılarına uygun sinyaller gönderilerek kontrol edilir. Herhangi bir uyarımda, motorun yapacağı hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı motorun yapısına bağlı olarak 90° , 45° , 18° , $7,5^\circ$, $1,8^\circ$ veya daha değişik açılarda olabilir. Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı kontrol edilebilir. Adım motorlarının dönüş yönü uygulanan sinyallerin sırası değiştirilerek saat ibresi yönü (CW) veya saat ibresinin tersi yönünde (CCW) olabilir. Adım motorlarının hangi yöne doğru döneceği, devir sayısı, dönüş hızı gibi değerler mikroişlemci veya bilgisayar yardımı ile kontrol edilebilir. Dolayısıyla adım motorlarının hızı, dönüş yönü ve konumu her zaman bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı adım motorlar çok hassas konum kontrolü istenen yerlerde kullanılırlar [12].

2.1.2.1. Sistemde Kullanılan Adım Motorlar Ve Özellikleri

Eksenlerde kullanılan motorlar ve özellikleri Tablo 1’de ve motorların eksenlere montajı Şekil’7 de görülmektedir;

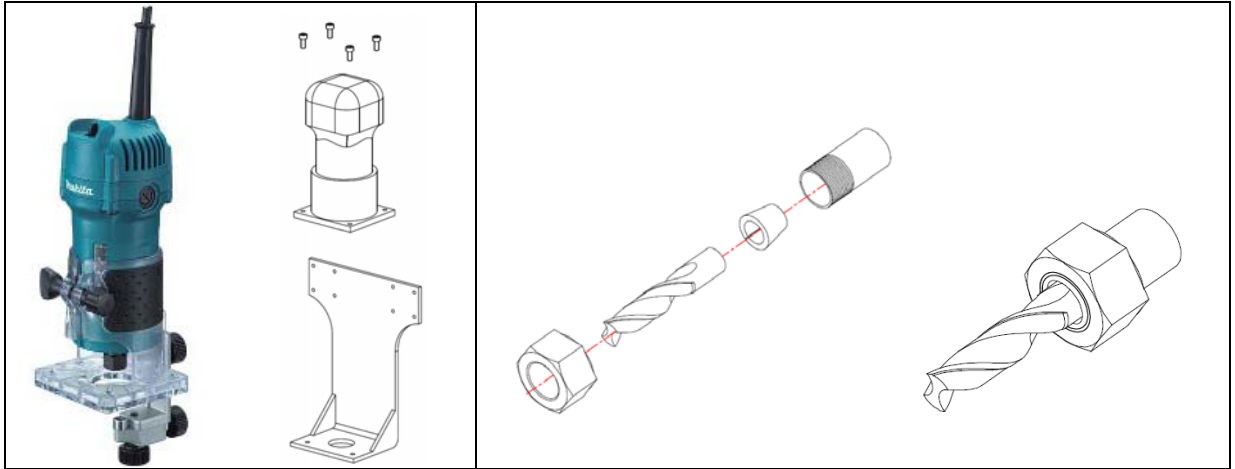
Tablo 1: Kullanılan Adım Motor Özellikleri

X Ekseni		Y Ekseni		Z Ekseni	
Markası	Shinano Kenshi	Markası	Vexta	Markası	Shinano Kenshi
Modeli	Stp – 57D505	Modeli	C6244-9212K	Modeli	Stp – 57D505
Akımı	1 Amper	Akımı	1.6 Amper	Akımı	1 Amper
Voltajı	5.3 volt	Voltajı	5.7 volt	Voltajı	5.3 volt
Adım Açısı	1.8 derece	Adım Açısı	1.8 derece	Adım Açısı	1.8 derece



2.1.3. İş Mili, Kesici Takımlar Ve Takım Tutucular

Geliştirilen CNC tezgahında iş mili olarak Makita 3709 el frezesi kullanılmıştır. Frezenin özellikleri; 530 Watt, 30.000 dev/dak, 2.3 Ah dır. Freze ve eksene montajı Şekil 8’de görülmektedir. Mandrene yalnızca giriş çapı 6 mm olan çakılar takılabilmektedir, Şekil 9’da frezenin takım tutucu mekanizması görülmektedir.



Şekil 8: Frezenin ve Eksene Montajı

Şekil 9: Takım Tutucu Mekanizması

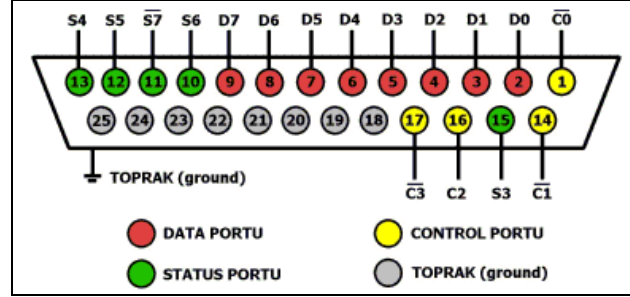
2.2. Elektronik Kontrol Ünitesi

Elektronik kontrol ünitesi kontrol programından aldığı sinyallere göre adım motorları süren; adım motor kontrol devresi ve güç kaynağından oluşmaktadır. Kontrol devresi ile kontrol programının haberleşmesi bilgisayarın paralel portu (LPT) aracılığı ile yapılmaktadır.

2.2.1. Paralel Port Ve Yapısı

Paralel port, 8 bit veri aktarabilen, 25 pinden oluşmaktadır. Veri aktarımı “Data Portu” üzerinden gerçekleştirilmektedir. Data portu üzerindeki bu 8 pinin değeri özel bir durum

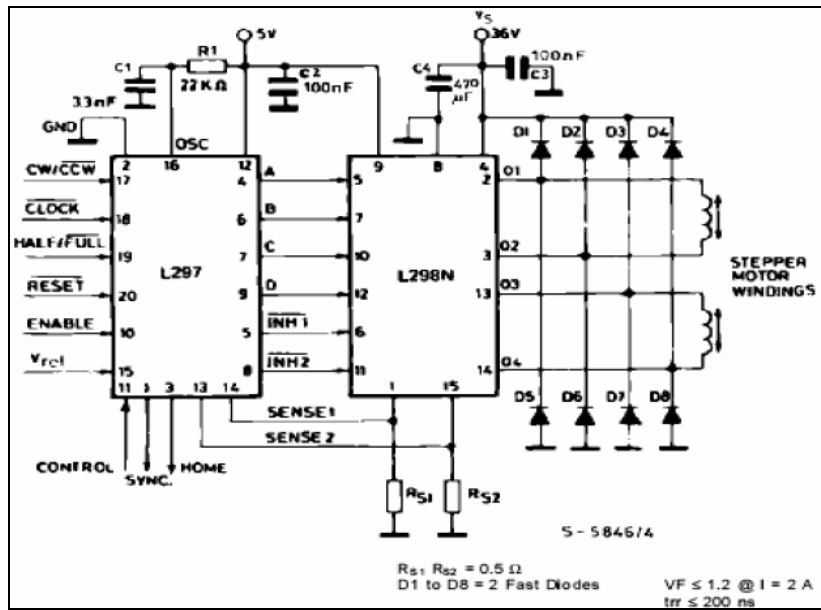
olmadığı sürece “0”dır. Bu pinlerden arzu edilenler “1” durumuna getirilerek o pinin üzerinde “+5 Volt”luk bir gerilim oluşması sağlanır. Paralel port üzerinde “Data Portu”na ilave olarak “Status” ve “Control” portları da bulunmaktadır. Bu Portlar dışındaki 18–25 numaralı pinler ise toprak pinleridir. Şekil 10’de paralel portun yapısı görülmektedir. [13]



Şekil 10: Paralel Portun Yapısı

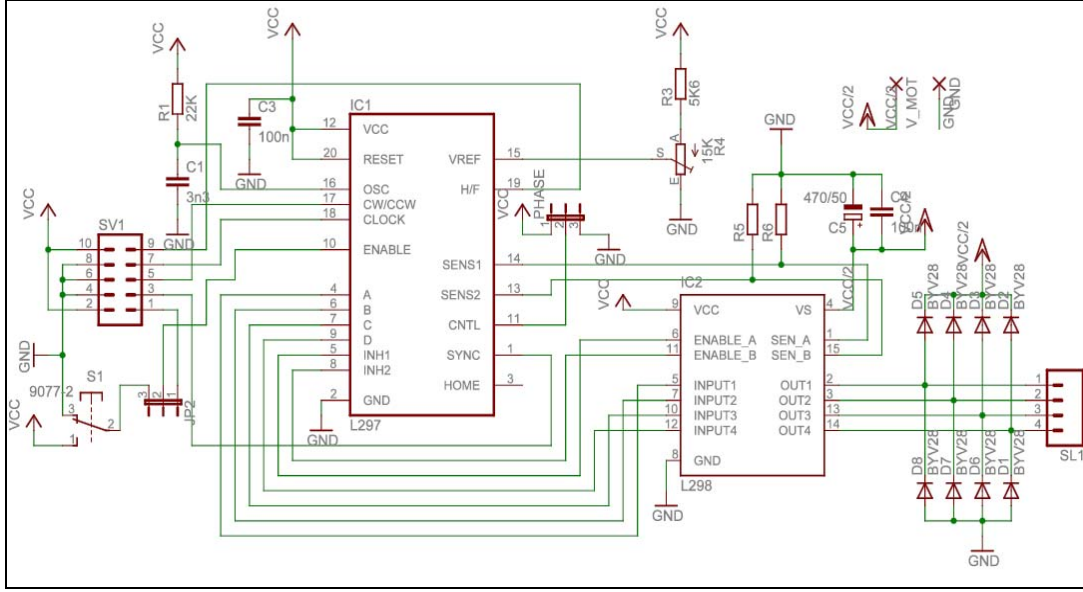
2.2.3. Kontrol Devresi

Geliştirilen CNC'nin kontrol devresinde L297 – L298 adım motor kontrol entegreleri kullanılmıştır. L297 – L298 tümleşik devreleri oldukça uyumlu çalışan entegrelerdir. Sinyal genişliği ayarlanabilen (PWM) frekans üreterek adım motorları sürmektedir [14]. Bu devre ile motor tam ve yarım adım modlarında sürülebilmektedir. L297 tümleşik devresinin çalışma gerilimi 5 volt olup iki fazlı bipolar ve dört fazlı unipolar adım motorlarını sürmek için gerekli sinyalleri üretmektedir. Bu işlemcinin sürülmesi için aktif sinyalinin 10 nolu pine + 5 volt olarak verilmesi yeterlidir. 17 nolu pin yön bilgisi, 18 nolu pin adım için gerekli olan frekanstaki sinyalleri, 19 nolu pin ise yarım adım tam adım bilgisinin verildiği uçlardır. Eğer sistemde birden çok adım motoru birbiriyle eş zamanlı olarak sürülmek istenirse, bu 1 nolu pine ortak eşzamanlı salınım sinyallerinin bağlantısı ile gerçekleştirilebilir. 3 nolu pin ise sistemin belirlenen noktasının başlangıç noktası (home) olarak tanıtılmasını sağlar (Şekil 11).

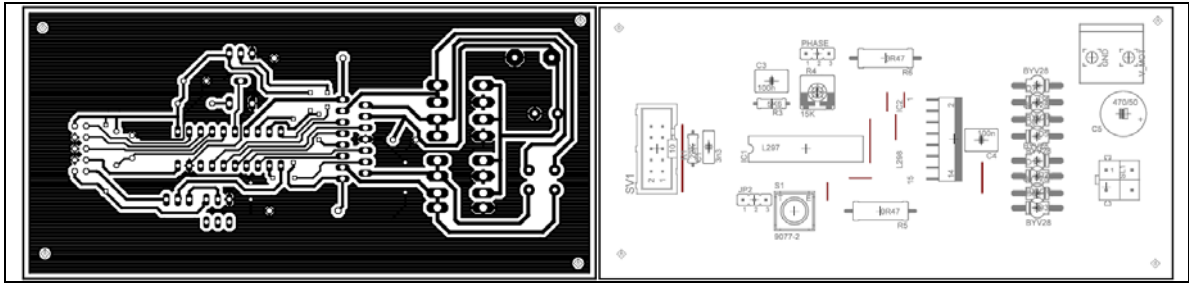


Şekil 11: L297-L298 Adım motoru PWM sürücü seması

L298 tümleşik devresinin maksimum çalışma gerilimi 50 volt olup 3 ampere kadar motorların akım çekmesine izin vermektedir. Kullanılan devrelerin şema, baskı devre ve yerleşim planları Şekil 12 ve Şekil 13’de görülmektedir;

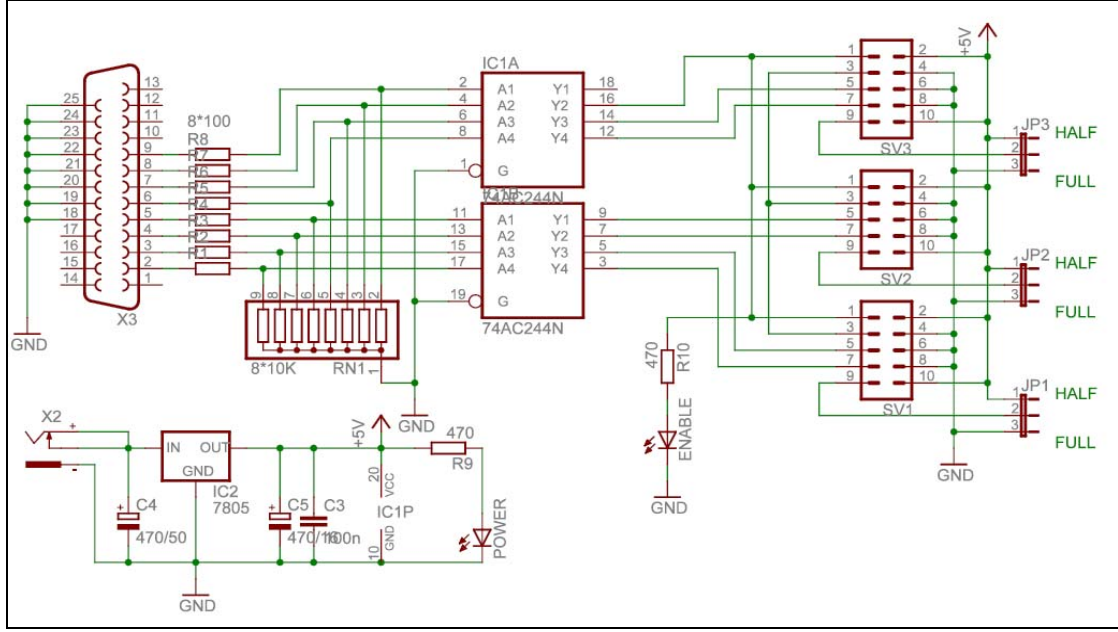


Şekil 12: L297-L298 Adım Motoru Sürücü Devresi Şeması

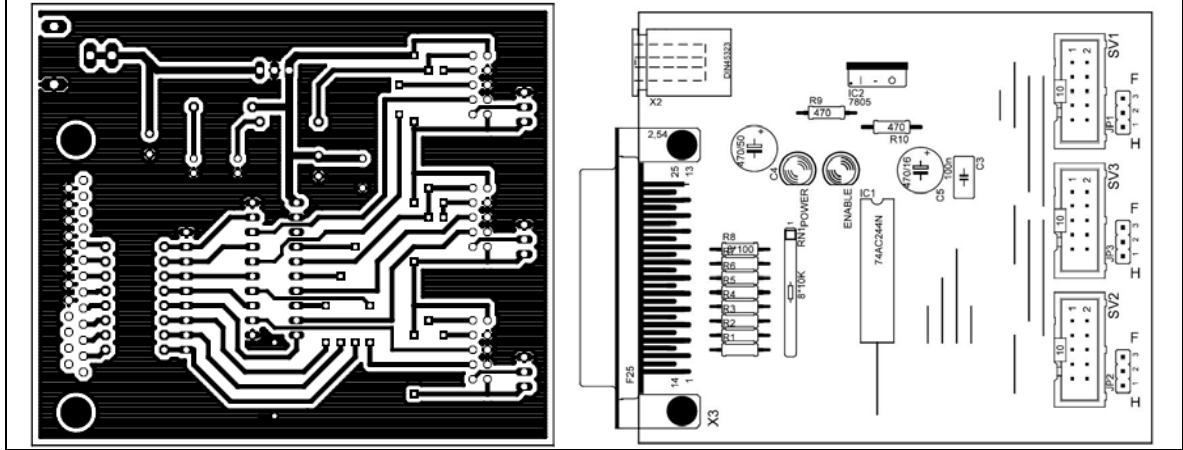


Şekil 13: L297-L298 Adım Motoru Sürücü Devresi Baskı Devre Şeması

Sürücü devreler ile bilgisayarın paralel portu (LPT) arasındaki bağlantıyı sağlamak için bir lpt arayüz devresi kullanılması gerekmektedir. Lpt ara yüz devresinin şema, baskı devre ve yerleşim planları Şekil 14 ve Şekil 15’de verilmiştir;



Şekil 14: LPT Arayüz Devresi Şeması



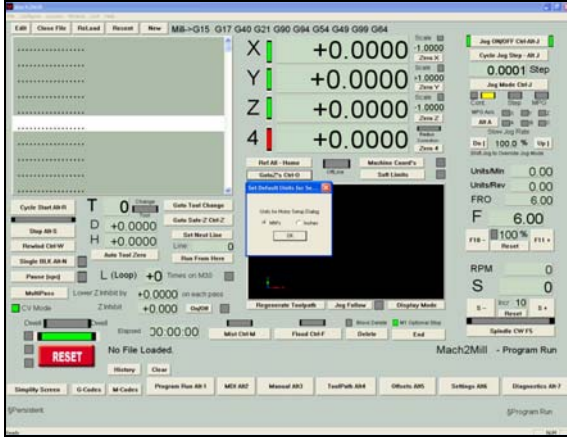
Şekil 15: LPT Arayüz Devresi Baskı Devre Şeması

2.3. Kontrol Programı Ve Ayarları

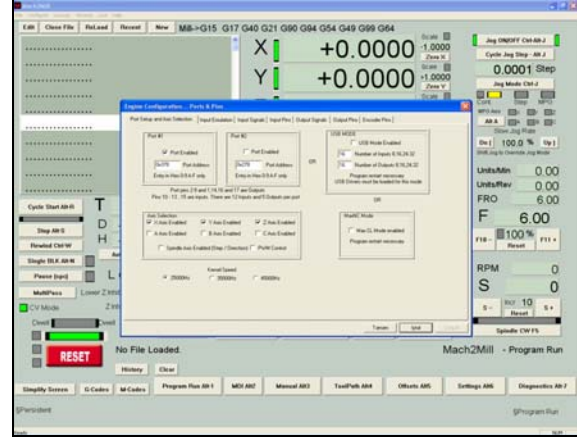
Mach II programı paralel porta çıkış verebilen 4 eksene kadar CNC lerin kontrol edilmesine imkan tanıyan, dxf ve image importuna sahip her türlü CNC kodlarını tanıyabilen kullanışlı bir CNC kontrol programıdır [15]. Programın arayüzü Şekil 16-19'da görülmektedir. Programın arayüzünde ki X,Y,Z ve 4 kutuları tezgahın eksenlerini temsil etmekte ve içindeki rakamlarda tezgahın şu an bulunduğu koordinatlarını göstermektedir.

Kontrol devresi ile kontrol programının uyumluluğunu sağlamak için aşağıdaki ayarlar yapılmalıdır;

- 1) Config – Setup Units menüsünde kullanılacak olan ölçü birimi belirlenir (Şekil 16).
- 2) Config – Ports and Pins – Port Setup and Axis – Selection menüsünde kullanacak eksenler seçilerek, Lpt Port adresi işaretlenir (Şekil 17).



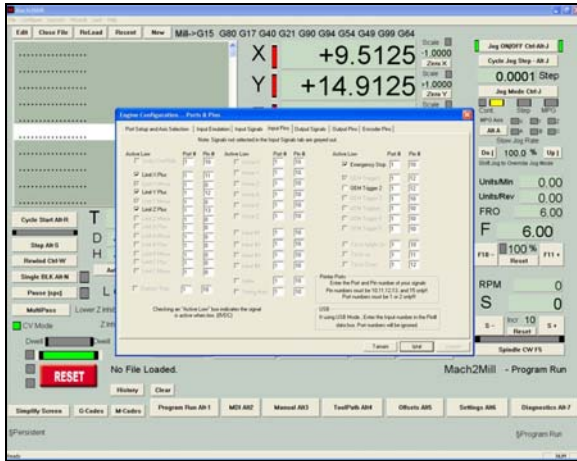
Şekil 16: Birim Seçim Menüsü



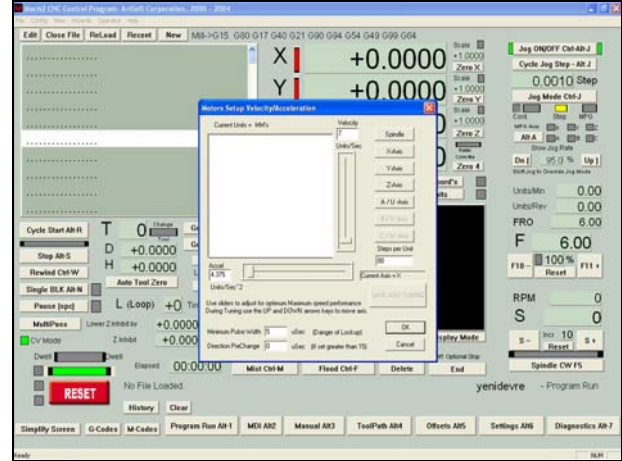
Şekil 17: Eksen Seçim Menüsü

3) Config – Ports and Pins – Input Pins menüsünden hangi pinin, hangi eksenı yönlendireceği ayarlanır (Şekil 18).

4) Config – Motor Tuning menüsünden eksenlerin hız ve ivme ayarları yapılır (Şekil 19).



Şekil 18: Pin Seçim Menüsü

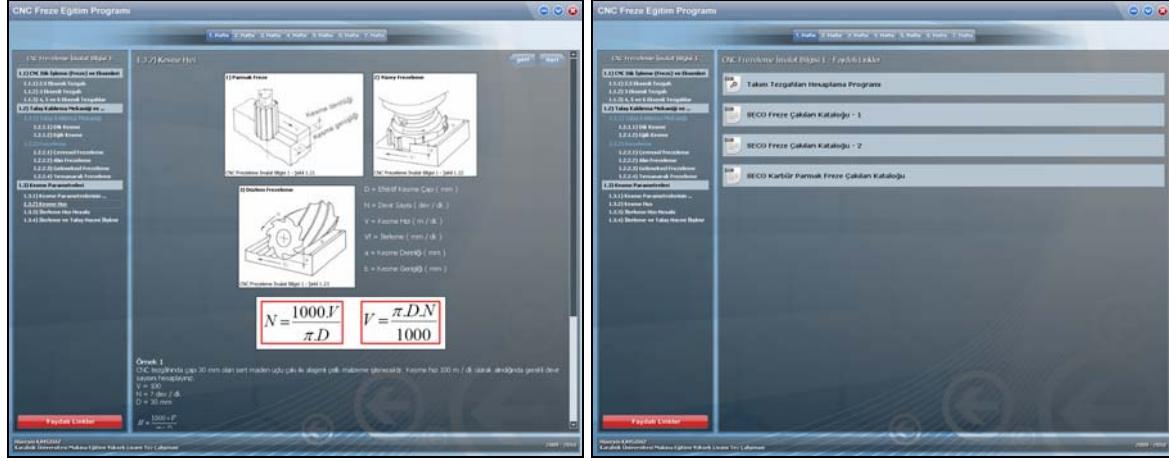


Şekil 19: Hız Ayar Menüsü

2.4. Eğitim Yazılımı

Çalışma kapsamında geliştirilen eğitim yazılımı (Şekil 20), ortaöğretim ve yükseköğretim müfredatlarına uygun hazırlanmıştır [16]. Haftalık ders anlatımları ilgili katalog ve sitelere linkler, animasyonlar ve videolarla desteklenmiştir. Hem ders materyali olarak sınıf ortamında hem de kendi kendine öğrenmeye uygun olarak detaylı, anlaşılır ve sade hazırlanmıştır.

Geliştirilen program web ortamında kullanılmakta olan HTML (Hyper Text Markup Language), CSS (Cascading Style Sheets) ve Javascript dilleri ile geliştirilmiştir. Bu sayede son derece görsel ve esnek bir yapıya sahip olmuştur. Kullanılan HTML, CSS ve Javascript dilleri tarayıcı bazlı (Internet Explorer, Mozilla Firefox vb.) çalışan dillerdir. Bu durumun bir sorun teşkil etmemesi için Microsoft'un geliştirmiş olduğu HTA (Hyper Text Application) teknolojisinin altyapısı ile birleştirilerek herhangi bir internet tarayıcı yazılımına (Internet Explorer, Mozilla Firefox vb.) gerek duymadan çalışacak şekilde kendi kabuğu oluşturulmuştur.



Şekil 20: Eğitim Yazılımı

3. SİSTEMİN TEST EDİLMESİ

3.1. SİSTEMİN HASSASİYETİ

Hassasiyet tezgahın hareket sınırları içinde komut olarak verilen pozisyona gitme kabiliyetidir [17]. Buna göre hassasiyeti formülize edilecek olursa;

“Hassasiyet = Birim Doğrusal İlerleme / Motorun Birim Adım Sayısı” denilebilir.

Buna göre;

Hareket millerinin hatvesi : 5 mm

Adım motorlar adım sayısı : 200 adım (1,8 derece)

Adım motorları sürüş tekniği : 1/2 adım

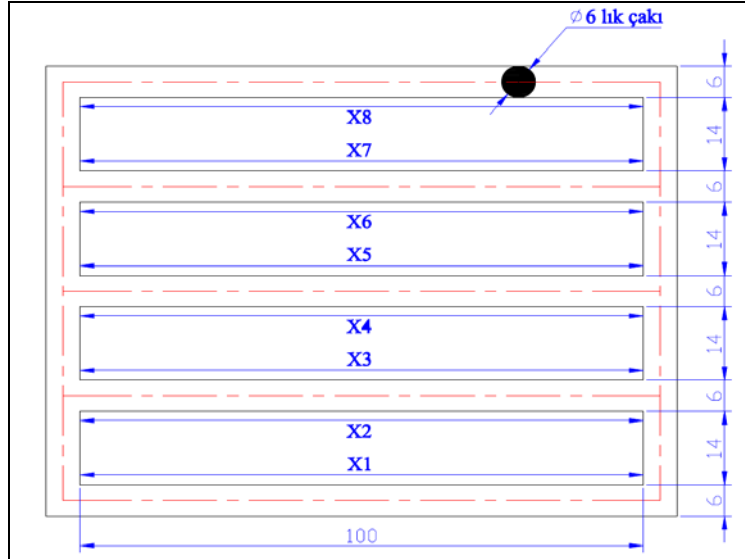
Hassasiyet : $200 \times 2 = 400$ (motorların 1 tur için adım sayısı)
 $5/400 = 0,0125$ mm bulunur.

3.2. DOĞRULUK KONTROLLERİ

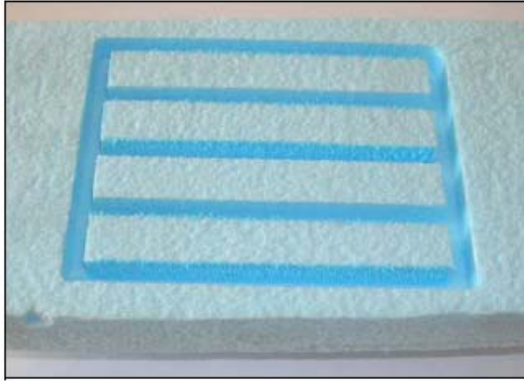
İmalat hataları, tezgahın bulunduğu yüzeyin eğriliği, eksenleri taşıyan millerin zamanla eğrilmesi veya kızak ve somunlarda zamanla boşlukların oluşması gibi nedenlerle CNC'nin eksenlerinde normal yörüngelerinden sapmalar meydana gelebilir. Eksenlerdeki bu sapmaların tespiti için ilgili eksen boyunca kanallar açılmış ve bu kanal boyları ölçülerek eksenlerin standart sapmaları hesaplanmaya çalışılmıştır.

3.2.1. X Ekseninin Doğruluk Kontrolü

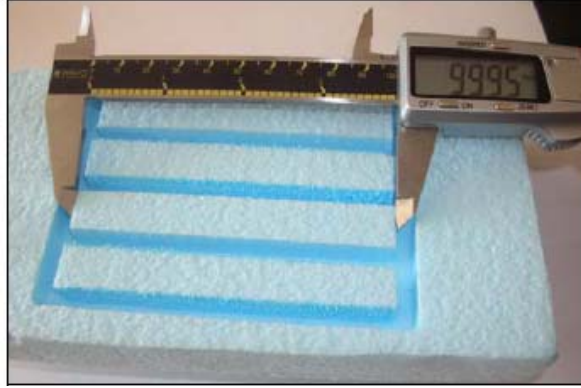
X ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 21'deki ölçülere göre Şekil 22'de görülen 8 adet kanal açılmış ve Şekil 23'de görüldüğü gibi ölçüleri alınmıştır, ölçüm sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 21: X Ekseninde Açılan Kanalların Ölçüleri



Şekil 22: X Ekseninde Açılan Kanallar



Şekil 23: X Ekseninde Kanallardan Ölçü Alınması

Tablo 2: X Ekseninde Kanal Ölçüleri

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)
X 1	99,78
X 2	99,89
X 3	99,96
X 4	99,95
X 5	99,77
X 6	100,04
X 7	100,08
X 8	100,05

Eksenlerdeki hata miktarlarının tespiti için numunelerden alınan ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi yapılarak standart sapmaları hesaplanmıştır. Standart sapma bir çalışma grubundaki her bir verinin ortalamaya göre ne kadar uzaklıkta olduğunu, bir diğer deyişle dağılımın ne yaygınlıkta olduğunu göstermektedir [18]. Standart sapma hesabındaki ilk adımı varyans hesabı teşkil eder, varyans dağılımının yayılımı hakkında bilgi verir [19]. Varyans;

$$Var(X) = \sum \frac{[(X_i - (Ortalama))]^2}{n-1}$$
 olarak hesaplanır ve varyansın karekökü standart sapmayı vermektedir. X eksenine ait standart sapma hesabı Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3: X Eksenli Standart Sapma Hesabı

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)	(X – ortalama)	(X – ortalama) ²
X 1	99,78	-0,16	0,0256
X 2	99,89	-0,05	0,0025
X 3	99,96	0,02	0,0004
X 4	99,95	0,01	0,0001
X 5	99,77	-0,17	0,0289
X 6	100,04	0,10	0,01
X 7	100,08	0,14	0,0196
X 8	100,05	0,11	0,0121
		Toplam	0,0992

Ortalama = 99,94
 Varyans = 0,0992 / 7 = 0,0141
 Standart Sapma = $\sqrt{0,0141}$ = 0,1190

Güven aralığı ;

Kitle ortalama için güven aralığı;

Alt sınır = (ortalama) - (tablo değeri) x (standart sapma)

Üst sınır = (ortalama) + (tablo değeri) x (standart sapma)

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır. $t_{7;0,05} = 0,841$

Alt sınır = 99,94 - (0,841) x 0,119 = 99,839

Üst sınır = 99,94 + (0,841) x 0,119 = 100,04

Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir. μ_x için hesaplanan %95 güven aralığı (99,84; 100,04) olarak bulunur.

3.2.2. Y Eksenindeki Doğruluk Kontrolü

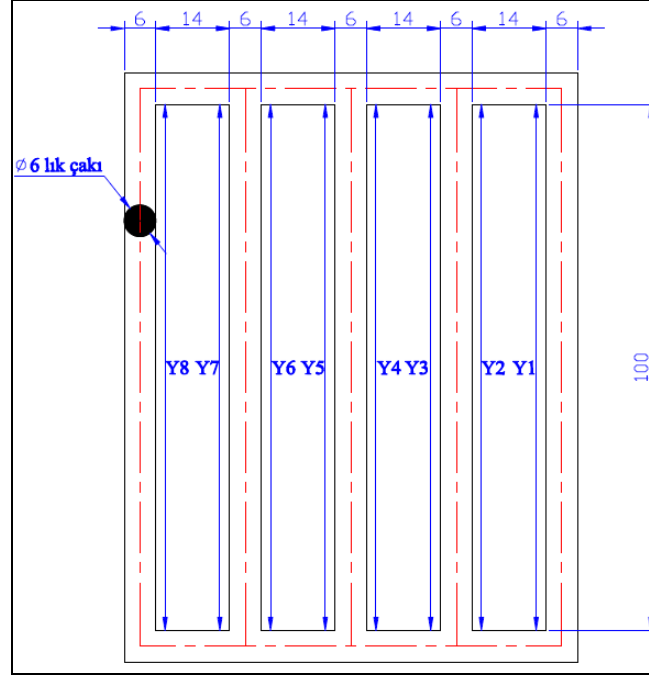
Y ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 26' deki ölçülere göre Şekil 24'de görülen 8 adet kanal açılmış ve Şekil 25'de görüldüğü gibi ölçüleri alınmıştır, ölçüm sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.



Şekil 24: Y Eksenli Açılan Kanallar



Şekil 25: Kanal Ölçüleri Alınması



Şekil 26: Y Ekseninde Açılan Kanalların Ölçüleri

Tablo 4: Y Ekseninde Kanal Ölçüleri

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)
Y1	100,08
Y 2	100,02
Y 3	100,09
Y 4	100,08
Y 5	100,06
Y 6	100,09
Y 7	100,03
Y 8	100,02

Y eksenli ölçümlerinin istatistiksel analizi Tablo 5’de görülmektedir.

Tablo 5: Y Eksenli Standart Sapma Hesabı

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)	(X – ortalama)	(X – ortalama) ²
X 1	100,08	0,02	0,0004
X 2	100,02	-0,04	0,0016
X 3	100,09	0,03	0,0009
X 4	100,08	0,02	0,0004
X 5	100,06	0	0
X 6	100,09	0,03	0,0009
X 7	100,03	-0,03	0,0009
X 8	100,02	-0,04	0,0016
		Toplam	0,0067

Ortalama = 100,06

Varyans = 0,0067 / 7 = 0,001

Standart Sapma = $\sqrt{0,001}$ = 0,030 olarak hesaplanır.

Güven aralığı ;

Kitle ortalama için güven aralığı;

$$\text{Alt sınır} = (\text{ortalama}) - (\text{tablo değeri}) \times (\text{standart sapma})$$

$$\text{Üst sınır} = (\text{ortalama}) + (\text{tablo değeri}) \times (\text{standart sapma})$$

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır. $t_{7;0.05} = 0.841$

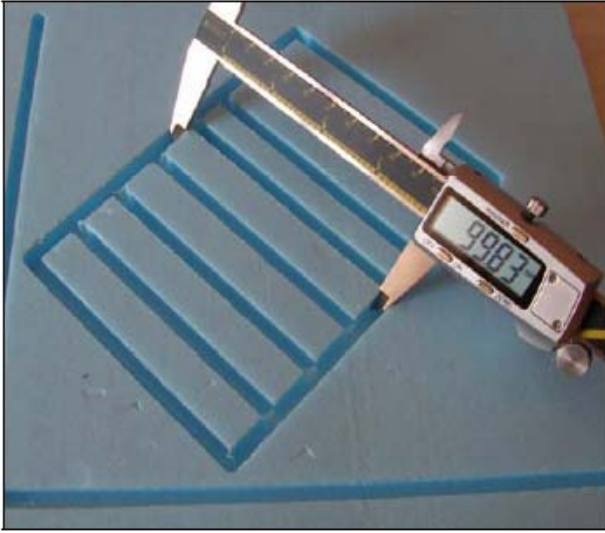
$$\text{Alt sınır} = 100,06 - (0,841) \times 0,03 = 100,03$$

$$\text{Üst sınır} = 100,06 + (0,841) \times 0,03 = 100,08$$

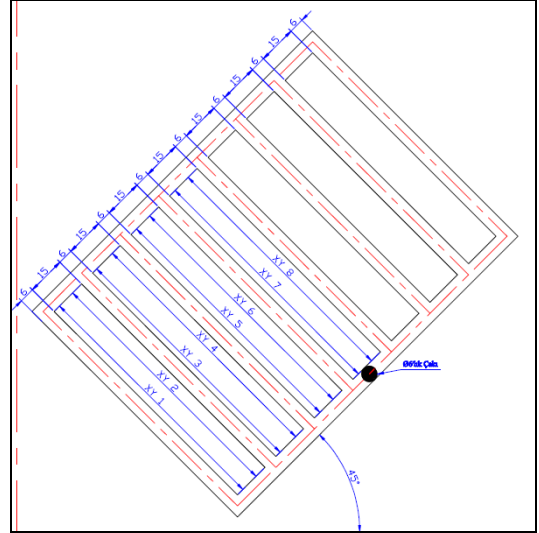
Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir. μ_y için hesaplanan %95 güven aralığı (100,03;100,08) olarak bulunur.

3.2.3. XY Eksenindeki Doğruluk Kontrolü

XY ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 28'deki ölçülere göre Şekil 27'de görülen 8 adet kanal açılmış ve ölçüleri alınmıştır, ölçüm sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.



Şekil 27: Kanallardan Ölçü Alınması



Şekil 28: XY Ekseninde Açılan Kanalların Ölçüleri

Tablo 6: XY Ekseninde Kanal Ölçüleri

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)
XY1	99,80
XY 2	99,83
XY 3	99,84
XY 4	99,80
XY 5	99,85
XY 6	99,91
XY 7	99,85
XY 8	99,92

Y eksenini ölçümlerinin istatistiksel analizi Tablo 7'de görülmektedir.

Tablo 7: XY Ekseninde Standart Sapma Hesabı

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)	(X – ortalama)	(X – ortalama) ²
XY1	99,80	-0,05	0,0025
XY 2	99,83	-0,02	0,0004

XY 3	99,84	-0,01	0,0001
XY 4	99,80	-0,05	0,0025
XY 5	99,85	0	0
XY 6	99,91	0,06	0,0036
XY 7	99,85	0	0
XY 8	99,92	0,07	0,0049
		Toplam	0,0140

Ortalama = 99,85
 Varyans = $0,0140 / 7 = 0,002$
 Standart Sapma = $\sqrt{0,002} = 0,044$ olarak hesaplanır.

Güven aralığı ;

Kitle ortalama için güven aralığı;

Alt sınır = (ortalama) - (tablo değeri) x (standart sapma)

Üst sınır = (ortalama) + (tablo değeri) x (standart sapma)

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır. $t_{7;0.05} = 0.841$

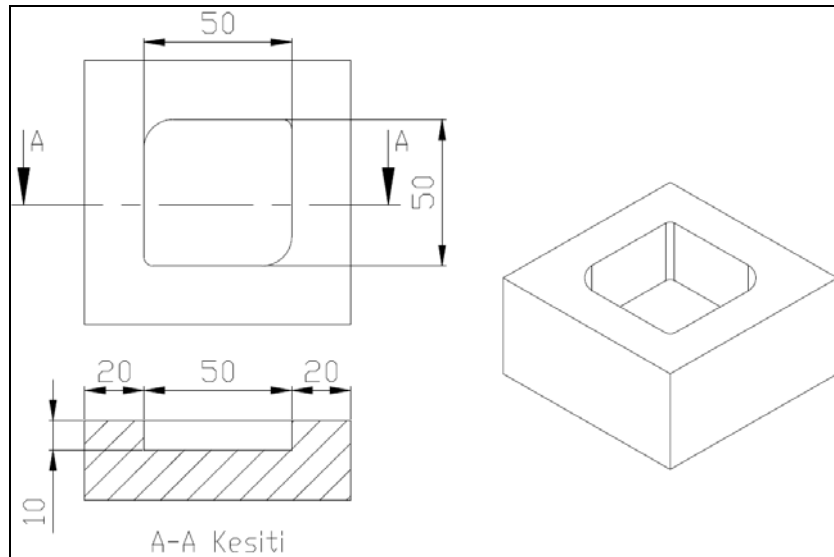
Alt sınır = $99,85 - (0.841) \times 0,044 = 99.81$

Üst sınır = $99,85 + (0.841) \times 0,044 = 99.88$

Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir. μ_{xy} için hesaplanan %95 güven aralığı (99.81; 99.88) olarak bulunur.

3.3. Cep Unsuru İşleme

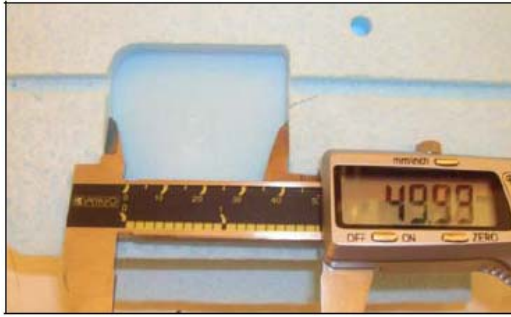
CNC'nin hata ve kabiliyetlerini görmek ve ölçmek için Şekil 29'de ki cep unsuru işlenmiştir. Şekil 30'da unsurun M-G kodları görülmektedir. Unsur işlendikten sonra Şekil 31 – Şekil 33'de görüldüğü gibi ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 29: İşlenecek Unsur

%			N550Y42.200
:1248	N190Y27.800	N370Y35.000	N560X24.600
N20G91G28X0Y0Z0	N200X24.600	N380X24.600	N570Y44.600
N30G40G17G80G49	N210Y30.200	N390Y37.400	N580X5.400
N40T1M6	N220X19.800	N400X12.600	N590Y5.400
N50G90G54	N230Y19.800	N410Y12.600	N600X44.600
N60G43Z5.000H1	N240X30.200	N420X37.400	N610Y44.600
N70G0X0.000Y0.000S15000M3	N250Y30.200	N430Y37.400	N620X24.600
N80G0X24.600Y25.400Z5.000	N260X24.600	N440X24.600	N630Y47.000
N90G1Z-10.000F3000.0	N270Y32.600	N450Y39.800	N640X3.000
N100G1Y25.338F4560.0	N280X17.400	N460X10.200	N650Y3.000
N110Y24.600	N290Y17.400	N470Y10.200	N660X47.000
N120X25.400	N300X32.600	N480X39.800	N670Y47.000
N130Y25.400	N310Y32.600	N490Y39.800	N680X24.600
N140X24.600	N320X24.600	N500X24.600	N690G0Z5.000
N150Y27.800	N330Y35.000	N510Y42.200	N700G0X0.000Y0.000
N160X22.200	N340X15.000	N520X7.800	N710G28G91Z0
N170Y22.200	N350Y15.000	N530Y7.800	N720G49H0
N180X27.800	N360X35.000	N540X42.200	N730G28X0Y0
			N740M30

Şekil 30: Cep Unsurunun M-G Kodları



Şekil 31: Cep Unsuru X Ölçüsü



Şekil 32: Cep Unsuru Y Ölçüsü



Şekil 33: Cep Unsuru Z Ölçüsü

4.2. Serbest Yüzey İşleme

Sistemin serbest yüzey işleme becerisini test etmek için Atatürk rölyefi başarıyla işlenmiştir. Şekil 34'de rölyef işlenirken ve Şekil 35'de rölyefin bitmiş hali görülmektedir.



Şekil 34: Rölyef İşlenirken



Şekil 35: Rölyefin Bitmiş Hali

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

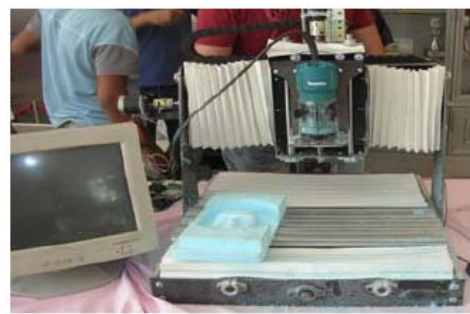
Mesleki ve teknik eğitim veren kurumlarda endüstriyel amaçlı üretilmiş, fiyat, bakım ve tamir ücretleri de düşünüldüğün de çoğu kurumun olanaklarını zorlayacak yüksek maliyetli CNC tezgahlar kullanılmaktadır. Bu çalışma ile mesleki ve teknik eğitim veren kurumların atölye ve laboratuvarlarında okul olanakları ile imal edilebilir, çalışma prensibi olarak endüstriyel CNC'lerden hiçbir farkı bulunmayan bir tezgah geliştirilmiştir. Aşağıda Tablo 8'de bir ticari firmanın SkilledCNC S1010 modeli ile çalışma kapsamında geliştirilen CNC'nin kıyası verilmektedir.

Tablo 8: S1010 İle Geliştirilen CNC'nin Kıyası

	SkilledCNC S1010	Geliştirilen CNC
Makina Ölçüleri	600x1000x400 mm	800x650x620 mm
Çalışma Alanı	300x500x100 mm	460x320x120 mm
Çalışma Hassasiyeti	0.005 mm	0.0125 mm
Boşta İlerleme Hızı	8 m/dak	15 m/dak
Max Kesme Hızı	6 m/dak	10 m/dak
Ağırlık	135 kg	100 kg
Spindle Motor	500 Watt 300/24000 dev/dak	530 Watt, 30000 dev/dak
İşlevleri	Delme, kesme, oyma, frezeleme	Delme, kesme, oyma, frezeleme
Kontrol Ünitesi	Skilled CNC Kontrol	Mach II
Çalıştığı Dosyalar	NC kod(ISO),Hpgl, DXF	NC kod(ISO),image, DXF
İşlediği Malzemeler	Aluminyum, pirinç, bakır, bronz, her türlü plastik ve diğer yumuşak malzemeler.	Ahşap, strafor ve türevleri, her türlü plastik ve diğer yumuşak malzemeler.



SkilledCNC S1010



Geliştirilen CNC

Çalışmadan elde edilen sonuçlar sıralanacak olursa;

- i. Bu çalışmada 1800 TL (nisan 2010 fiyatları) gibi cüzi bir maliyete sahip kullanım ve çalışma prensibi olarak endüstriyel CNC'lerden hiçbir farkı bulunmayan bir tezgah geliştirilmiştir.
- ii. Yapılan ölçüm ve hesaplamalar ile sistemin hassasiyeti 0,0125 mm, X ekseninin standart sapması 0,119, Y ekseninin standart sapması 0,030 ve XY ekseninin standart sapması 0,044 olarak hesaplanmıştır. X ekseninin standart sapmasının yüksek olmasının nedeni bu eksenindeki hareket milinin tornalama esnasında bir miktar eksen kaçıklığı oluşmasıdır.
- iii. CNC kanal açma, delik delme, oyma ve serbest yüzey işleme gibi 2,5 ve 3 eksen işlem yapabilme kabiliyetine sahiptir.

Öneriler;

- i. Bilyeli vidalı mil yerine trapez vidalı mil ve lineer bilyeli kızaklar yerine kestamid yataklar kullanılarak maliyet ciddi oranda düşürülebilir.
- ii. Geliştirilen tezgahta kullanılan freze 30000 dev/dak sabit devir ile dönmektedir motorun devir ayarını sağlayan inventer düzeneği eklenebilir.
- iii. CNC' nin çalışması esnasında talaşların etrafa yayılmaması, tezgaha dışarıdan müdahalenin olmaması, kopan talaşlar ve çakı kırılmalarında kullanıcıyı korumak için tezgaha kabin içerisine alınabilir.
- iv. Okullarımızda okul olanakları ile bilgisayar laboratuvarları gibi CNC laboratuvarları kurularak her öğrenciye bir CNC verme şansı ve olanağı sunulabilir.

KAYNAKÇA

1. Pehlivanoglu, V., Batı, M., 2002, "CNC Takım Tezgahları ve DNC", Marmara Üniv. Teknik Eğ. Fak. Makine Böl. İstanbul. <http://www.turkcadcam.net/rapor/cnc-tezgahlar/index.html>
2. A. Tseng, S. P. Kolluri, P. Radhakrishnan, (1989) "A CNC Machining System For Education", *Journal of Manufacturing Systems, Volume 8, Issue 3, 1989, Pages 207-214*
3. Jeong-Du Kim, Myung-Hwan Kim (1991), "A Study On The Design Of Cnc Lathe For Education And Application" *International Journal of Production Economics, Volume 25, Issues 1-3, 1991, Pages 169-180*
4. Özdeveci, M. (2001), "Eğitim Tipi CNC Frezesinin Tasarımı Ve İmalatı", Marmara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi
5. Alan, S. (2006), Selçuk Üniversitesi, "CNC Eğitimi" Yüksek Lisans Tezi
6. Büyüksahin, U. (2006), "3 Eksenli CNC Tezgah Tasarımı ve Uygulaması", Yıldız Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi
7. Özyalçın, İ. (2006), "Kartezyen Robot Tasarımı", Mustafa Kemal Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi
8. Uyanık, A, Şimşek, İ, Aytan, İ, Onat, M, Erdal, H (2009), "3 Eksenli Yüzey İşleme Tezgâhının Bilgisayar İle Kontrolü", , IATS'09, 13-15 Mayıs 2009, Karabük

9. **Göloğlu, C., Bunarbaşı, İ. (2004)**, “Üç Eksenli Doğrusal Hareket Mekanizması Tasarımı Ve İmalatı”, Teknoloji, Cilt 7, Sayı 3, 507-515
10. **Toroğlu, A. , İçingür, Y. (2007)**, “Üç Boyutlu Bir Animasyon Sisteminin Tasarımı ve Teknoloji Eğitiminde Kullanılması”, Politeknik Dergisi Cilt:10 Sayı: 3 s.247-252
11. **Birlik Rulman Katalogu (2010)**, Karaköy İstanbul
12. **Bal, G. (1997)**, “Özel Elektrik Makineleri”, ISBN 975-94799-0-7, Ankara.
13. **Anonymous, (2006)**. Interfacing To The Parallel Printer Port, <http://www.doc.ic.ac.uk/~ih/doc/par/index.html#index>
14. **Stmicroelectronics, (2001)**. Microelectronics. L297-L298 Data Sheet.
15. **Art Soft Using Mach II Mill, (2003)**
http://www.machsupport.com/docs/Mach2Mill_6.11.pdf
16. **Megep (2006)**, Makine Teknolojisi, Cnc Freze Tezgâhları, Ankara.
17. **Mamur T., (2010)**, “Yüksek Hızda İşleme ve Makine Mekaniği”,
<http://www.makineteknik.com/makale.asp?gorev=detay&id=25>
18. **Özbek H. ve Keskin S.,(2007)**,”Standart sapma mı yoksa standart hata mı?”, Van Tıp Dergisi, 14 (2):64-67.
19. **Dizdar E.N., (2000)**,”Uygulamalı Olasılık Ve İstatistik”, *Kale Ofset*.