T.C.

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

3 BOYUTLU TARAYICI

(3D SCANNER)

LİSANS BİTİRME TEZİ

Hazırlayanlar

ALİ KAYA	2011010225022
HALİL İBRAHİM ÖZDEMİR	2011010225038
ABDÜLKADİR ARPACI	2011010226043

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr. CİHAN MIZRAK

KARABÜK-2016

İÇİNDEKİLER

sayfa no

İÇİNDEKİLER.....i

ŞEKİLLER LİSTESİ.....iii

KABUL VE ONAY.....iv

ÖNSÖZ.....v

ÖZET.....vi

ABSTRACT.....vii

1.GİRİŞ.....1

1.1 Tarayıcıların Sınıflandırılması.....4

1.1.1 Uçuş Süresi Tarama Yöntemi 6

1.1.2 Üçgenleme (Triangulation) Tarayıcıları 7

1.1.2.1 Biçimli Işık Tarayıcıları 9

2.SİSTEM İÇİN MATEMATİKSEL TEMEL 10

2.1 Üçgenleme Prensibi 10

2.2 Üçgenleme Tarayıcı Sistemlerin Prensibi 10

3. MATERYAL VE YÖNTEM 12

3.1 Döner Tabla 13

3.2 Çizgi Lazer Kaynağı 15

3.3 Algılayıcı Kamera 16

3.4 Arduino Nano 17

3.5 Kullanıcı Ara yüzü (SardauScan) 18

3.5.1 Kullanılan seri portun seçilmesi 19

3.5.2 Kameranın tanıtılması 19

3.5.3 Kamera kalibrasyonun sağlanması 20

3.5.4 Lazerlerin kesişim noktasının sağlanması ve kalibre edilmesi 22

3.5.5 Taranacak cismin lazerlere ve kameraya olan uzaklarının sistemde ayarlanması 23

4.SONUÇLAR 25

KAYNAKÇA 28

EKLER.....29

ŞEKİLLER LİSTESİ

sayfa no

Şekil 1.1 Bir nesnenin tersine mühendislik yöntemiyle analiz aşaması ve modellenmesi.....1

Şekil 1.2 Bir heykelin 3B taraması ve tarama sonrası 3B modeli 2

Şekil 1.3 (a) Michelangelo'nun pieta heykeli, yük. 174cm (Basilica di San Pietro, Vatikan) ,

(b) Pieta heykelinin 3B tarama sonrası modellenmesi 3

Şekil 1.4 1956 model Chevrolet'in üretimi durdurulmuş ön aksamının 3B tarama ile modellenmesi....3

Şekil 1.5 Cisme temas eden tarayıcı Microscribe G2X (CMM) koordinat ölçüm cihazı 5

Şekil 1.6 Tipik atımlı lazer telemetrenin blok diyagramı 6

Şekil 1.7 Bir lazer mesafe ölçüm cihazı 7

Şekil 1.8 Üçgenleme (triangulation) tabanlı tarama 8

Şekil 1.9 Biçimli ışık tarayıcıları 9

Şekil 2.1 Üçgenleme Prensibi 10

Şekil 2.2 Üçgenleme tarayıcı sistemlerin prensibi 11

Şekil 2.3 Üçgenleme tarayıcı sistemin yapısı 11

Şekil 3.1 Oluşturulacak tarayıcı sistemin yapısı 12

Şekil 3.2 Motor sarsıntısını engellemek için oluşturulan açıklık 13

Şekil 3.3 Döner tablanın tam bir turunda lazerlerin kesişimi 14

Şekil 3. 4 Döndürme kolaylığı için kullanılan rulmanlar 15

Şekil 3.5 Çizgi lazer kaynağı 15

Şekil 3.6 Hercules HD 5MP , CMOS sensör (1280x720) 17

Şekil 3.7 Arduino Nano 17

Şekil 3.8 Arduino Nano ve step motor sürücüsünün devre şeması 18

Şekil 3.9 Seri portun seçilmesi 19

Şekil 3.10 Kameranın seçilmesi 20

Şekil 3.11 Kamera kalibrasyonu için bir cismin orta noktaya konup çizgilerin cisme yansıtılması.....21

Şekil 3.12 Lazer kesişiminin sağlanması 22

Şekil 3.13 Üçgenleme prensibine uygun olarak değerlerin ölçülüp girilmesi 23

KABUL VE ONAY

Ali KAYA, Halil İbrahim ÖZDEMİR ve Abdülkadir ARPACI tarafından hazırlanan "3 Boyutlu Tarayıcı" başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.
16/08/2016

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Cihan MIZRAK

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 16/08/2016

Tez Jürisi

Başkan: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Can Bülent FİDAN

Üye : Arş. Gör. Oğuz ÇEVİK

KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır. 16/08/2016

Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Mekatronik Müh. Bölüm Bşk.

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği tarafından yapılmıştır.

Öncelikle bilgi birikimlerini, eğitim ve öğretim hayatımızı, gerekli birçok fedakârlığı yapan ve bu yaşımıza kadar bizleri iyi bir birey olarak yetiştiren ailelerimize içten bir teşekkürü borç biliriz.

Öğretim süremiz boyunca bilgilerini esirgemeyen başta bölüm başkanımız Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU 'na ve bu çalışmada bizi yönlendiren ve fikirlerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Cihan MIZRAK 'a da teşekkürlerimizi iletiriz.

Karabük 'te bizleri yalnız bırakmayan, maddi-manevi destek veren ve iyi dostluklarıyla güzel anılar bırakan sevgili arkadaşlarımıza çok teşekkür ederiz.

Ali KAYA

Abdülkadir ARPACI

Halil İbrahim ÖZDEMİR

KARABÜK-2016

ÖZET

Günümüz teknolojik gereklilikler insan hayatını fazlasıyla kolaylaştırmaktadır. Bu çalışmada bunun bir parçası olan tersine mühendislik konusu ele alınıp işlenmektedir. Çeşitli alanlarda kullanılan bu yöntem -üç boyutlu tarayıcı - hazır bir materyalin bilgisayar ortamına aktarılıp saklanmasına ve tekrar üretilmesine olanak sağlamıştır. Tarihi eser incelemesi arkeologlar için zahmetli ve uzun süren bir işlemdir. Bu yöntem sayesinde inceleme esnasında tarihi eserin üzerinde oluşabilecek zararları en aza indirmiş ve bilgisayar ortamında diğer eserlerle bağlantıları daha kolay araştırılabilir hale gelmiştir. Özellikle parça üretim esnasında, çizimi zor ve üretimi durmuş ürünlerin kolay bir şekilde taranıp üretilmesi bu yöntem ile günümüzde imkânsız kavramını ortadan kaldırmıştır.

Bu çalışma Arduino Nano işlemci kartı, çizgi diyot lazer ve görüntü elemanı kullanılarak üç boyutlu tarayıcı sistemin matematiksel prensibi ' üçgenleme prensibi ' üzerinden konu ele alınmıştır. Ayrıca sistem için gerekli ayarlamalar ve kodlar tez içerisinde yer alarak bir bireyin kolaylıkla ve düşük maliyet ile çalışmayı başarıyla gerçekleştirebilmesi de hedeflenmiştir.

ABSTRACT

Necessities of technology ease human life completely nowadays. In this project, we will practise reverse engineering. This method is being used in various fields. 3D scanner; is used to scan an object and storage in digital media as well as reproducing it. Analyzing historical artifacts hard and long process for archrologists. By using this method the damage will be reduced considerably that could occur on artifacts. Moreover connections amongst artifacts will be clear to analyze. Particularly the parts which are hard to reproduce can be manufactured easily and impossible notion will be removed our lives.

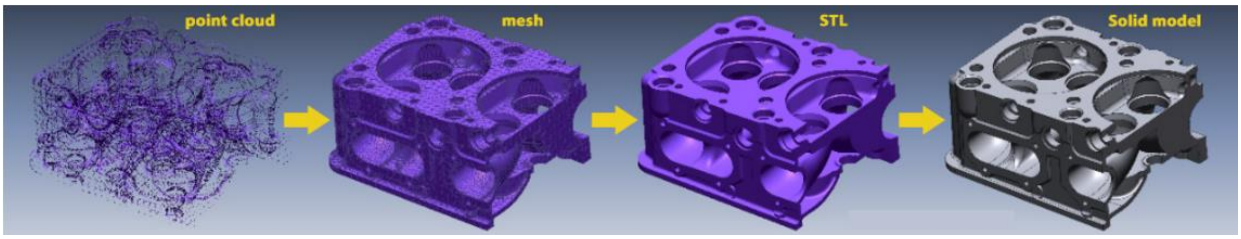
In this project; Arduino nano proccessor card, diode line laser and pixel are used to benefit from "optical triangulation" mathematical principle of 3D scanner system. Futhermore, vital settings and codes have provided with thesis which can be the crux of personal using and decreasing of the total cost.

1.GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile insanoğlunun ihtiyaç ve gereksinimleri de artmaktadır. Bu ihtiyaçlar, insanları yeni buluşlara ve keşiflere yönlendirmiştir. Bu noktada mühendislik alanı da insan hayatını kolaylaştırmak, emniyeti sağlamak ve maliyeti düşünerek gelişime katkı sağlamıştır. Tarım, beslenme, sağlık ve savunma bu alanlardan bazılarıdır. Mühendislik kavramına teknik açıdan bakılırsa, bilim insanlarının ürettiği teorik bilgilerin pratikte uygulanabilir ve üretilebilir nitelikte olmasını sağlayan bir bilim dalıdır[1].

Mühendisliğin ana konularından biri geliştirmedir. ' Tersine Mühendislik ' , oluşturulmuş bir aygıtın, sistemin veya bir objenin; yapısının, işlevinin ve çalışmasının tekrar incelenerek ve yeniden keşfedilmesine olanak sağlayarak mühendislik alanındaki en iyi geliştirme yöntemlerinden biridir. Makine ve mekanik aksamlarda ve yazılım programlarında, sistemin yapısını ve işleyişini en küçük detayına kadar analiz etmektedir. Günümüzde ağırlıklı olarak var olan parçaların üç boyutlu(3B) sanal modellenmesinde kullanılmaktadır.

Tersine mühendislik, bilgisayar destekli yazılım(CAD), bilgisayar destekli üretim(CAM) ve bilgisayar destekli mühendislik(CAE) yazılımlarını kullanarak fiziksel nesnenin ölçümünü ve sonrasında üç boyutlu modellenmesini içerir[2]. Ölçüm aşamasında nesnenin boyutları, koordinat ölçme makinesi, üç boyutlu yapısal ışık sayısallaştırıcı ve üç boyutlu lazer tarayıcılar kullanılır. Bu ölçme elemanları nesnenin nokta bulutu şeklinde görsellik sağlarken, CAD, CAM ve CAE gibi yazılım programları da bu nesnenin uygulamalarda kullanılabilir olmasını sağlar.



Şekil 1.1 Bir nesnenin tersine mühendislik yöntemiyle analiz aşaması ve modellenmesi [7]

Tersine mühendisliğin diğer bir kullanım alanı da tarihi eser incelemeleridir. Klasik yöntemlerde tarihi eserin bir alçı kalıba koyma ile oluşturulması sağlanmaktaydı. Bu yöntem eserin tarihi dokusuna ve değerine hasar vermesine neden olmaktaydı. Ancak eserler günümüzde 3B tarayıcı teknolojisi ile taranarak, elde edilen veriler yazılım programlarına ardından da 3B yazıcılar sayesinde eserin kopyasını çıkarmayı sağlamıştır. Şekil 1.2'de bir heykelin sırası ile 3B taraması, bilgisayar ortamına aktarılması ve 3B yazıcı sayesinde modelleme aşaması gösterilmiştir.

Tarihi eserlerin 3B tarayıcı teknolojisi kullanılarak elde edilmesinin birkaç önemli amacı:

- Kopyalama ve saklama
- Dijital ortamda 3B katalog oluşturma
- Restorasyon planlama

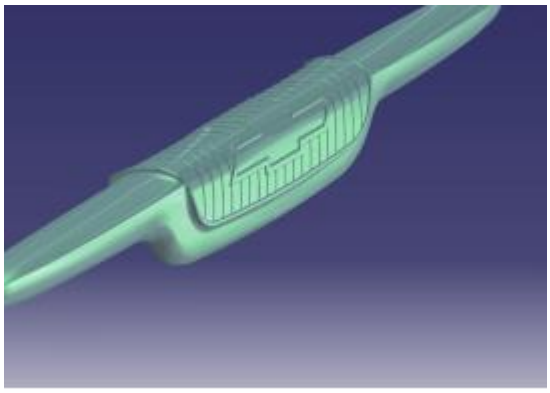
,olarak sıralanabilir.

Şekil 1.2 Bir heykelin 3B taraması ve tarama sonrası 3B modeli [3]

(a) (b)

Şekil 1.3 (a) Michelangelo'nun pieta heykeli, yük. 174cm (Basilica di San Pietro, Vatikan) , (b) Pieta heykelinin 3B tarama sonrası modellenmesi[5]

Tersine mühendisliğin etkin olduğu diğer alanları, sağlık sektöründe diş protezi taraması, otomotiv sanayisinde yedek parçanın bulunmadığı durumlarda 3B tarama ile elde edilmesi veya araç dış yüzeyi için üretilen parçanın aerodinamik etkilerini 3B tarama sonrası karşılaştırma olarak örnek verilebilir.



Şekil 1.4 1956 model Chevrolet'in üretimi durdurulmuş ön aksamının 3B tarama ile modellenmesi [4]

3B tarama teknolojisinin bu çalışmadaki amacı, 3B bir tarayıcı imal etmek ve katı nesnelerin sanal modellenmesini oluşturmaktır. İmal edilecek tarayıcının modellenmesinin çeşitli yöntemleri vardır. 3B tarayıcının oluşturulabilmesi için, taranacak nesnenin özellikleri, tarama ortamı ve taranan nesnenin ne amaçla kullanılacağı tarayıcının üretilmesi için önemlidir. Bu çalışmada;

- Ev ve ofis ortamında taranabilecek,
- Parlak veya saydam olmayan,
- Fiziksel temas ile zarar görebilecek,

Malzemelerin nokta bulutu ve sanal modellenmesi hedeflenmiştir. Bu ölçütler baz alınarak oluşturulacak model için tarayıcının yeterli hassasiyette, maliyeti uygun ve donanıma kolay erişim sağlanabilirliğine göre 3B tarama sistemi tasarlanıp tasarlanmayacağı araştırılmaktadır. Bu amaca uygun donanımı belirleyebilmek ve tasarımı genel yapısının oluşturulması için öncelikle çeşitli tarama yöntemlerinin incelenmesi gerekmektedir.

1.1 Tarayıcıların Sınıflandırılması

3B tarayıcı sistemlerde tarama işlemi fiziksel temas içerip içermemesine göre, dokunmalı ve dokunmasız olmak üzere iki ana başlıktan oluşmaktadır. Dokunmalı veya diğer adıyla problu sistemler, fiziksel olarak dokunarak nesnenin şekil verilerini elde eden tarama sistemleridir(Şekil 1.5). Birkaç eksenli mekanik kolun ucuna takılmış bir ölçüm probu sayesinde, koordinatları istenen noktaya dokundurularak prob ile noktanın koordinatları hassas biçimde ölçülür. Bu sistemlerle yüzey bilgisi değil istenen belirli sayıda noktanın koordinatları elde edilebilmektedir. Endüstriyel alanda montaj ve üretim teknolojisinde kullanılan koordinat ölçüm cihazı (CMM) temasa dayalı başlıca örneklerden biridir. Temasa dayalı tarayıcılar iyi modeller oluşturabilmesinin yanı sıra temas ettiği yüzeyin yapısını değiştirme ve zarar verme gibi eksi yönleri de vardır.

Şekil 1.5 Cisme temas eden tarayıcı Microscribe G2X (CMM) koordinat ölçüm cihazı[6]

Dokunmasız tarayıcı sistemlerle serbest formlu yüzey bilgisi elde edilmesi, hem ürün geliştirme, tersine mühendislik ve kalite kontrol işlemleri üzerine uzmanlaşmış mühendislik ofisleri, hem de büyük endüstri kuruluşlarının tasarım ve ürün geliştirme, kalite kontrol vs. gibi departmanlar için önem içermektedir. Bu sistemlerle tüm yüzey formu çok yüksek hassasiyetle elde edilmekte ve CAD modelin oluşturulması, hızlı prototip oluşturma ve CNC'de işlenme işlemlerine hazır hale gelmektedir.

Dokunmasız tarama sistemleri kendi içerisinde aktif ve pasif olarak ikiye ayrılır:

a-) Dokunmasız Pasif Tarayıcı Sistemler: Cismi veya ortamı tararken, ortamda var olan ışığın yansımasını algılayan ve kendisi ışık yaymayan tarama sistemleridir. Fotometri, Siluete dayalı taramalar gibi.

b-) Dokunmasız Aktif Tarayıcı Sistemler: Bir çeşit ışık yayılımı yaparak bu ışığın yansımasını algılayan tarama sistemleridir.

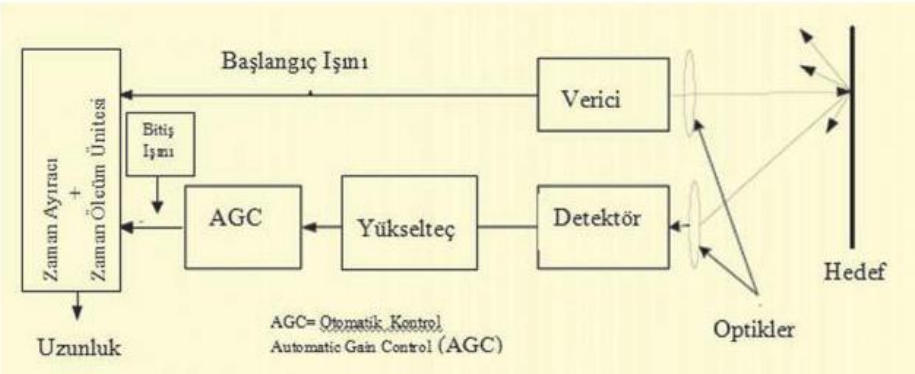
Dokunmasız aktif tarayıcı sistemlerde en yaygın kullanım yöntemleri "Uçuş Süresi" ve "Üçgenleme" yöntemleridir.

1.1.1 Uçuş Süresi Tarama Yöntemi

Uçuş süresi tarama yönteminde (Time Of Flight-TOF) tarayıcı tipik Elektromanyetik Radyasyon (ER) darbeleri yayar. Bir lazer ışını nesneye gönderilir ve gönderici ile yüzey arasındaki mesafe, sinyal iletimi ile alımı arasındaki seyahat zamanı ile ölçülür. Bir lazer ışığın etkinleştirildiği andan yansımanın algılayıcı tarafından görüldüğü ana kadar olan süre (t) ölçülür. Işık hızı (c) bilinen bir sabit olduğu için, gidiş-geliş süresi (t) ışığın kat ettiği mesafenin hesaplanmasını sağlar. Yüzeye olan mesafe (d) ;

$$d = (c.t)/2 \qquad (1)$$

,ile hesaplanır. Burada ışık hızı(c) çok büyük bir değer olduğu için (1mm'lik mesafeyi 3.33ps'lik sürede kat eder.) t'nin ölçülmesindeki hassasiyet uçuş süresi tarayıcılarının doğru sonuçlar çıkarabilmesi için önemlidir.



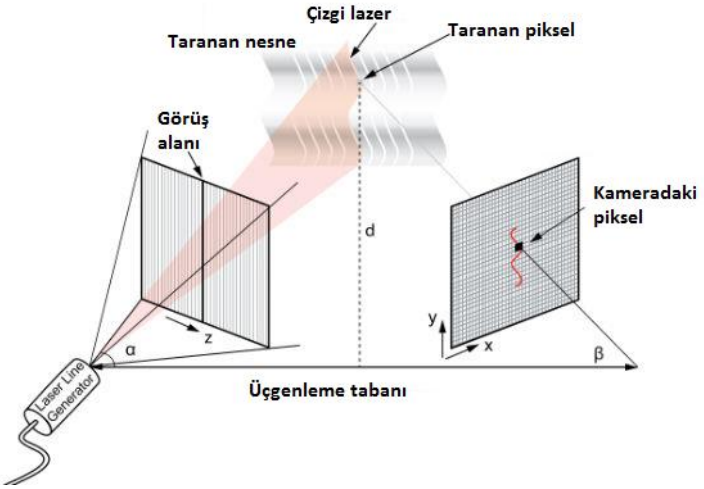
Şekil 1.6 Tipik atımlı lazer telemetrenin blok diyagramı

Şekil 1.7 Bir lazer mesafe ölçüm cihazı

Lazer mesafe ölçerler, görüş açılarındaki tek bir noktanın mesafesini ölçebilir. Alan içerisindeki diğer noktaların ölçülebilmesi için sürekli olarak açılarının değiştirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple lazer mesafe ölçerlerin döner sistemde olması veya ayna sistemiyle hareket sağlanabilir durumda olması beklenmektedir. Genel olarak aynaların hafif olması ve doğruluk açısını arttırdığı için tercih edilmektedir. Lazer mesafe ölçerlerin en büyük avantajı kilometrelerce mesafe ölçüm yapabilmesidir. Bu özellikleri, uçuş süresi tarayıcılarını (TOF), binaların ve coğrafi arazilerin ölçümünde etkin kılmaktadır.

1.1.2 Üçgenleme (Triangulation) Tarayıcıları

Üçgenleme tarayıcıları da (üçgenleme tabanlı/üçgensel tarayıcılar) ortamı veya nesneyi araştırmak için genellikle lazer ışık kullanan etken tarayıcılardır. Bu yöntemle çalışan tarayıcılar taranacak nesneye ışığı gönderip, ışığın cismin üzerine düştüğü noktanın yerini ayrı bir algılayıcı ile saptar(Şekil 1.8).



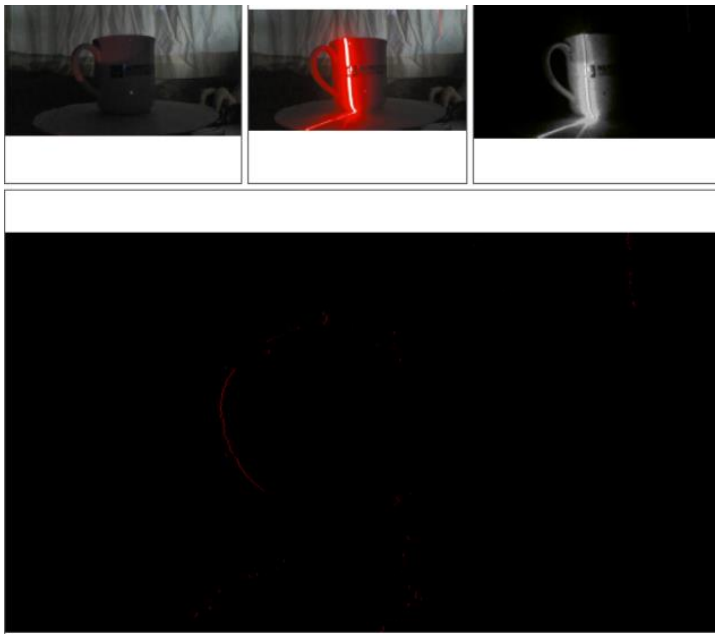
Şekil 1.8 Üçgenleme (triangulation) tabanlı tarama

Bu yöntemin üçgenleme olarak adlandırılmasının sebebi lazerin ulaştığı nokta, kamera ve lazer kaynağının bir üçgen oluşturmasıdır. Üçgenleme tarayıcılar, uçuş süresi tarayıcılara kıyasla sınırlı alanda kalmasına rağmen hassasiyet bakımından kısa mesafe ölçümlerinde uçuş süresine oranla daha iyi olmaktadır. Uçuş süresi tarayıcıları mm seviyesinde kalırken üçgenleme tarayıcılarda bu durum 1 µm'nin 10 katı ($10^{-5}m$) seviyelerine erişmektedir. Bunun yanı sıra üçgenleme tarayıcılar nokta taramasına ek olarak aynı zamanda çizgisel(1B) ve düzlemsel(2B) tarama yapma kabiliyetine sahiptir. Bu sayede daha hızlı prototip ve modelleme yapılmaktadır. Bu özelliği tarama yöntemleri arasında en çok tercih edilmesinin başlıca sebeplerindendir.

Araştırılan tekniklere ek olarak üçgenleme tarayıcılarının çizgisel ve düzlemsel tarama özellikleri genel bir adla , "Biçimli Işık Tarayıcıları" olarak nitelendirilir.

1.1.2.1 Biçimli Işık Tarayıcıları

Bu tarayıcılarda ışık cisme doğu yansıtılır ve biçimdeki bozulmalar gözlenmektedir. Önemli olan nokta, ışık kaynağının çizgisel veya düzlemsel oluşudur. Parça üzerine düşen ışık biçimi üçgenleme tarayıcılarındaki tekniklerle nesne hakkında derinlik verisini bile elde edilmesini sağlayabilir. Nokta lazere kıyasla, işlem yükü arttırmadığı gibi bu tarayıcılarda bütün bir parçanın kısa süre taranmasını sağlayabilmektedir.

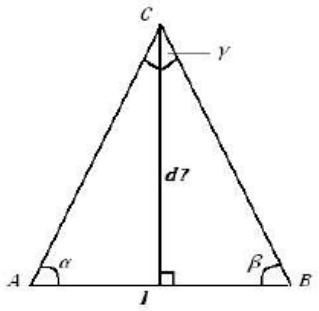


Şekil 1.9 Biçimli ışık tarayıcıları

2.SİSTEM İÇİN MATEMATİKSEL TEMEL

2.1 Üçgenleme Prensibi

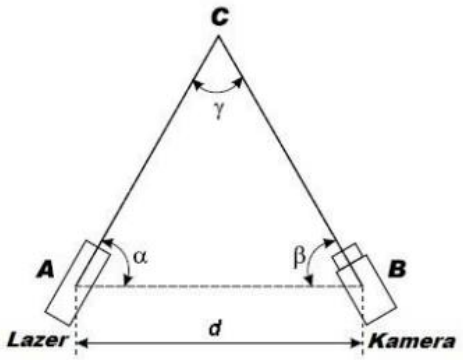
Üçgenleme, günümüzde meteoroloji, gök bilimi ve silah hedef belirleme gibi alanlarda uygulama yapılan geometrik ve trigonometrik tekniklerdir. Kısaca mesafe ölçümü yerine, belirli taban noktasında çizgilerin o noktaya yaptığı açıların ölçülmesine dayanır.



Şekil 2.1 Üçgenleme Prensibi

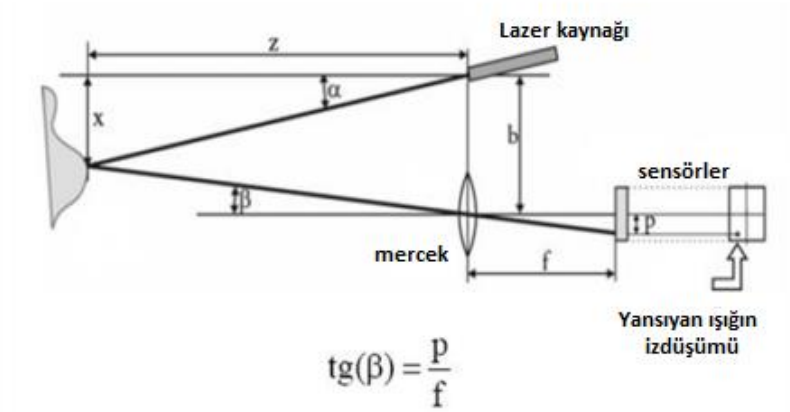
2.2 Üçgenleme Tarayıcı Sistemlerin Prensibi

Üçgenleme Tarayıcı Sistemler, bilgisayar grafikleri, robotik, endüstriyel tasarım, tıbbi tanı, arkeoloji gibi birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, hızlı ve kolay prototip oluşturulmaktadır. Pek çok ticari alanda bir kamera ve çizgi lazer kullanımı ile tarayıcı sistem imal edilmektedir. Yüzeylerin tanımlanması ise yansıyan ışınların kesişmelerinin birleşim noktalarında meydana gelmektedir.



Şekil 2.2 Üçgenleme tarayıcı sistemlerin prensibi

Şekil 2.2 'de C noktasını taranacak cisim olarak ele alınırsa (α) ve (β) açıları ile lazer-kamera arası mesafe (d) bilinirse C noktasının koordinatları hesaplanabilir. (γ) açısı ise çözünürlük büyüklüğünü temsil eder. (γ) açısının artması çözünürlük derinliğini arttırır, küçülür azaltmaktadır.

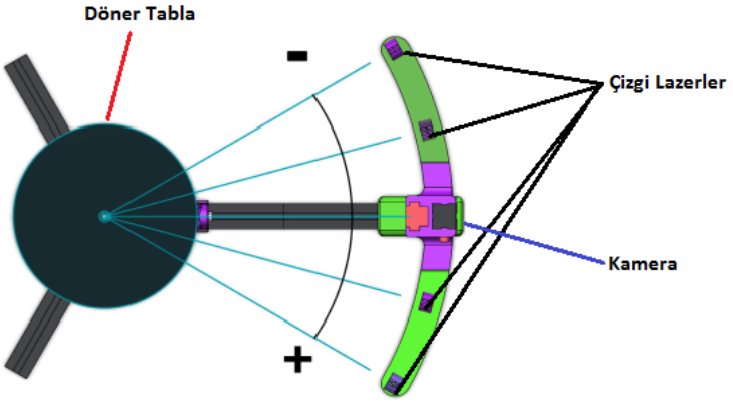


Şekil 2.3 Üçgenleme tarayıcı sistemin yapısı

Nesneleri döndürmek veya ötelemek için yüksek hassasiyette motorlar kullanılabilir. Bu sistemlerin yanında portatif el sistemleriyle pahalı maliyetli sistem taramalarını ortadan kaldırarak işlemi kolaylaştırmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Başlangıçta imal edilecek tarayıcı temel olarak hassasiyet ve maliyet planlanması göz önünde bulundurulmuştur. Sistemde yazılımsal olarak Arduino Nano kartı ve donanımsal olarak ise döner tabla ve bu tablayı döndürmek için 5V DC step motor, bilgisayarın kamerası ve bir çizgi lazer olarak sistemi oluşturma düşünülmüştür. Fakat sistemin çözünürlük derinliği ve hassasiyet bakımından incelendiğinde lazer noktasının yetersizliği ilk adımda etkilemiştir. Akabinde görüntü işlemede oluşacak diğer bir hatanın bilgisayar kamerasının döndürülememesi ile uygun açıları yakalayamama problemlerinden kaynaklı olarak sistem dört çizgi lazer (uygun kesişme noktası elde edebilmek için) ve 5MP bir kamera sisteme entegre edilmiştir. Bu sistemin çalışabilirliği göz önüne alındığında SardauScan prototip şekli esas alınmıştır(Şekil 3.1).

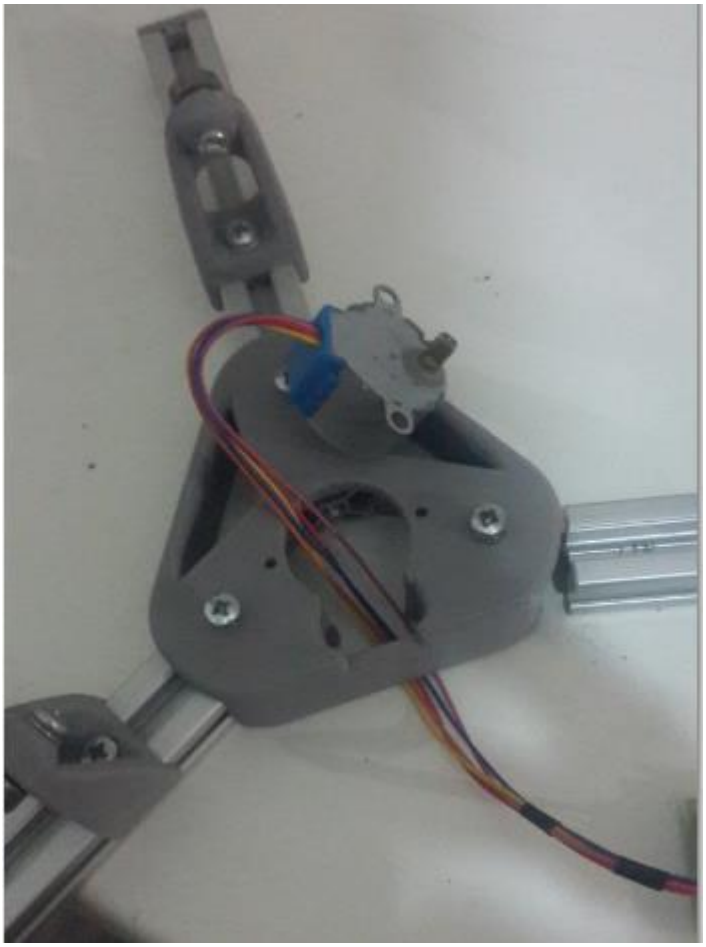


Şekil 3.1 Oluşturulacak tarayıcı sistemin yapısı

Tarayıcı sistemin hassas ölçüm yapabilmesi step motorun adım açıları ne kadar küçükse taranacak cisimde o kadar detaylı bir şekilde taranır. Çizgi lazerler döner tabla üzerinde tek bir noktada birleşerek o noktanın detaylandırılmasını netleştirir. Bu sistem için gerekli olacak kişisel bilgisayarın grafik işlemcisinin ileri seviyede ve depolama elemanlarında yeterli alan olması gerekmektedir.

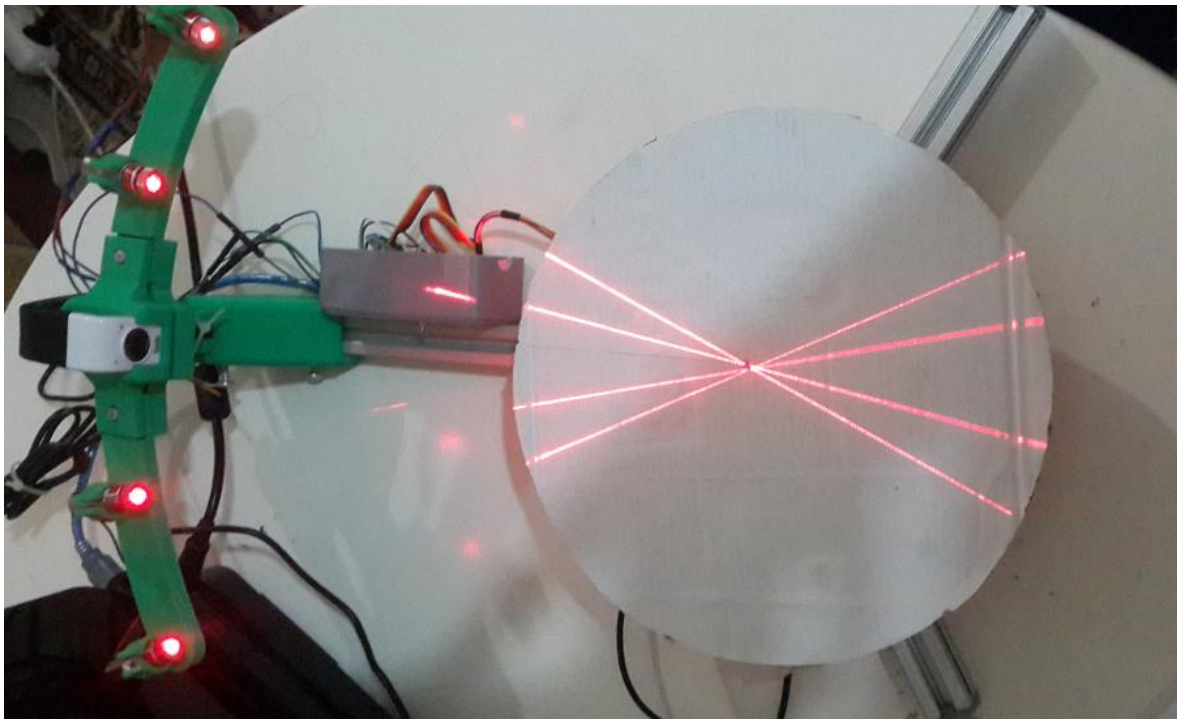
3.1 Döner Tabla

Döner tabla, döner sistemin merkezinde bulunan step motorun sürücü kart yardımıyla bilgisayara bağlı olarak kontrol edilebilecek ve döndürme işlemi yapılabilecektir. Tarama esnasında hassasiyeti etkileyecek unsurlardan biri sarsıntı ve motorun bağlı olduğu şasede boşlukların bulunmasıdır. Sarsıntı ve boşluk etkisinin ortadan kaldırılması için step motor ve şase içerisinde merkezde step motorun hareketini sınırlaması bakımından, motorun girebileceği kadar bir açıklık oluşturulmuştur(Şekil 3.2) . Bunlara ek olarak step motorun bir adım için açısı, sürücü kart sayesinde ayarlanabilir dönüş açısı sağlamaktadır.



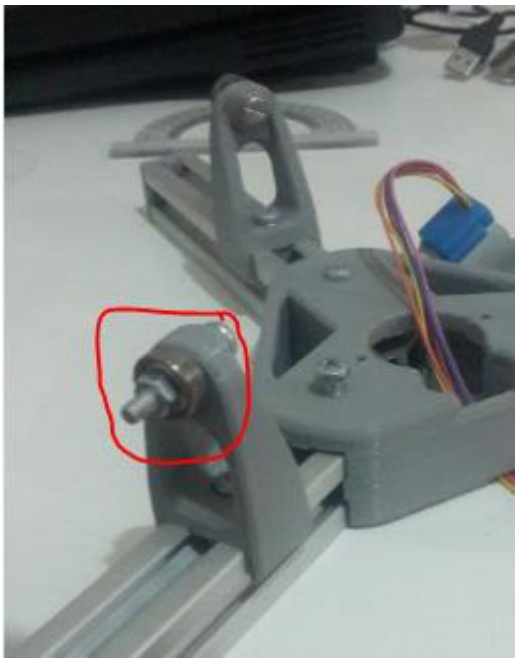
Şekil 3.2 Motor sarsıntısını engellemek için oluşturulan açıklık

Oluşturulan döner platform üzerinde bulunan nesne tam bir tur döndürülene kadar her adımda üzerine düşen lazer çizgi ile görüntüsü alınacaktır (Şekil 3.3).
Nesnenin bütün çevresi için görüntüleme tamamlandığında üç boyutlu dijital modelin yaratılması için gerekli veriler elde edilmiş olacaktır.



Şekil 3.3 Döner tablanın tam bir turunda lazerlerin kesişimi

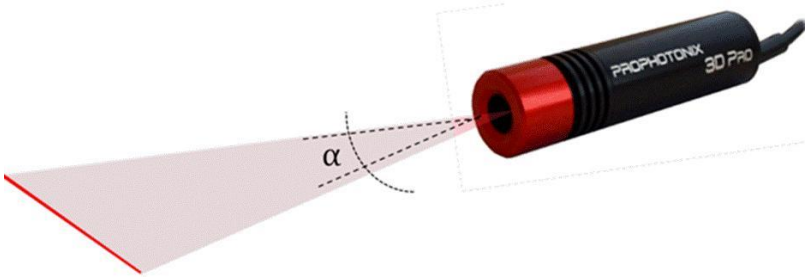
Tarama esnasında, tablanın kontrolü için sürücü kart kullanılmasına rağmen tablanın dönüşünü etkileyen fiziksel faktörleri de minimuma indirmek gerekmektedir. Bunun için tablayı üç bacak üzerinde dengeleyerek rulman kullanılmıştır (şekil 3.4) . Bunun yanı sıra tablanın ağır bir malzeme olması dönüş açısını kısıtlayan bir sebep olarak görülmüştür ve bu sorun tablanın ince, parlak olmayan bir karton kesit olarak yapılmasını sağlamıştır. Tablanın karton olması taramayı etkilememesiyle birlikte maliyeti en düşük seviyede tutmaya olanak sağlamıştır.



Şekil 3. 4 Döndürme kolaylığı için kullanılan rulmanlar

3.2 Çizgi Lazer Kaynağı

Biçimli ışık kaynaklarında kullanın bu lazer 3B model oluşturma için en ideal elemandır. Dikey konumlanmış lazer çizgi ışını taranan cismi detaylanmasını arttırmaktadır. Tercih edilebilir olmasının sebeplerinden birkaçı diğer lazer kaynaklara oranla mesafe arttıkça odaklanabilme özelliğinde olmasıdır.



Şekil 3.5 Çizgi lazer kaynağı

Çizgi lazer kaynağının sürekli dalga üreten kırmızı renk lazerin önemli özellikleri;

- Dalga boyu (λ) : 635 nm
- Iraksama : 0.3 mrad
- Kavis : 1 mm
- Çizgi kalınlığı : k≤ 1.5mm

Bu özelliklerin içerisinde en önemlisi çizgi kalınlığının ayarlanmasıdır. Odaklamanın iyi yapılabilmesi kısa mesafelerde (0.5 m' ye kadar) çizgi kalınlığının ince 0-0.5 mm, uzun mesafeler de ise çizgi kalınlığının 1-1.5 mm arasında yer alması beklenmektedir.

Teknik özellikleri bakımından çizgi kalınlığı mesafe kısaldıkça azaldığı görülmüştür. Yine de odaklama ve tarama işleminin sağlıklı olarak yürütülebilmesi için çizgi lazerler, kamera açısına girmeden olabildiğince taranacak cisme yakınlaştırılabilir.

3.3 Algılayıcı Kamera

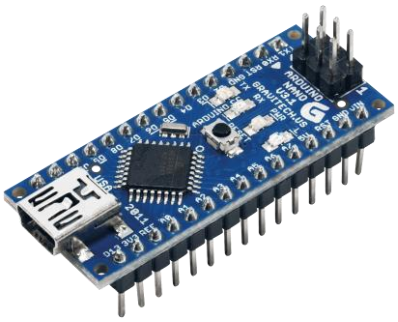
Görüntüleme cihazı yapısal olarak tarayıcı sistemlerde iki amacı vardır: Renklendirmeye yönelik nesne üzerine yansıtılan lazer ışını olmadan görüntü ve derinlik ölçümüne yönelik cisme yansıtılan karanlık görüntüden en az biri bulunmalıdır. Bu işlem döner tablanın bir adımlık açısı için geçerlidir. Bu amaçlara yönelik olarak görüntüleme cihazı için en önemli özellik farklı ışık koşulları altında yüksek çözünürlüklü, renk açısından hassas ve isabetli görüntü yakalayabilmesidir.

Çalışma başlangıç koşulları da ele alındığında bu gereksinimlerin yüksek maliyete sebebiyet vermesi, ürün seçiminde maliyeti düşük ürünler kullanmaya yönlendirmiştir. Sistemde diğer materyallere oranla - modellemenin kalitesi açısından- kameranın kaliteli olması tercih edilmiştir (Şekil 3.6). İleri aşamada kameranın yüksek çözünürlük ve maliyette bir kamera ile değiştirilmesi tarayıcı sistemi hiçbir şekilde etkilememektedir.

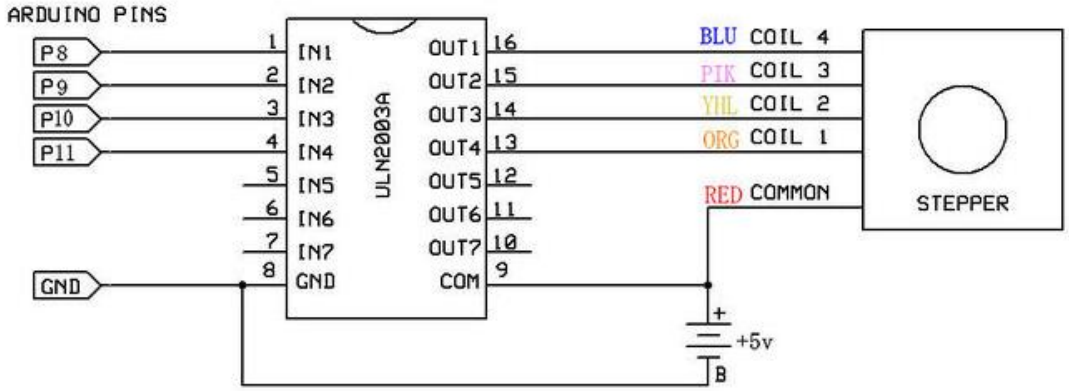
Şekil 3.6 Hercules HD 5MP, CMOS sensör (1280x720)

3.4 Arduino Nano

Günümüz yazılım kartlarının en güncel örneklerinden biri olması ve kaynak kod yardımının interaktif olarak gerçekleşebilmesi açısından tarayıcı sistemde tercih edilmiştir. Piyasada kullanım amaçlarına özellikleri bulunmaktadır. Maliyet açısından da incelenirse sitemde kullanılması idealdir (şekil 3.7).



Şekil 3.7 Arduino Nano



Şekil 3.8 Arduino Nano ve step motor sürücüsünün devre şeması

3.5 Kullanıcı Ara yüzü (SardauScan)

Tarayıcı sistemi için esas alınan SardauScan ara yüzü C# programlama dili ile yazılan bir programdır. Sistemde yapılması gereken adımlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

1.Kullanılan seri portun seçilmesi

2.Kameranın tanıtılması

3.Kamera kalibrasyonunun sağlanması

4.Lazerlerin kesişim noktasının sağlanması ve kalibre edilmesi

5.Taranacak cismin lazerlere ve kameraya olan uzaklarının sistemde ayarlanması

6. Tarama işlemi ve kullanılacak modellemeye göre uygun uzantılı olarak dosyaların kaydedilmesi

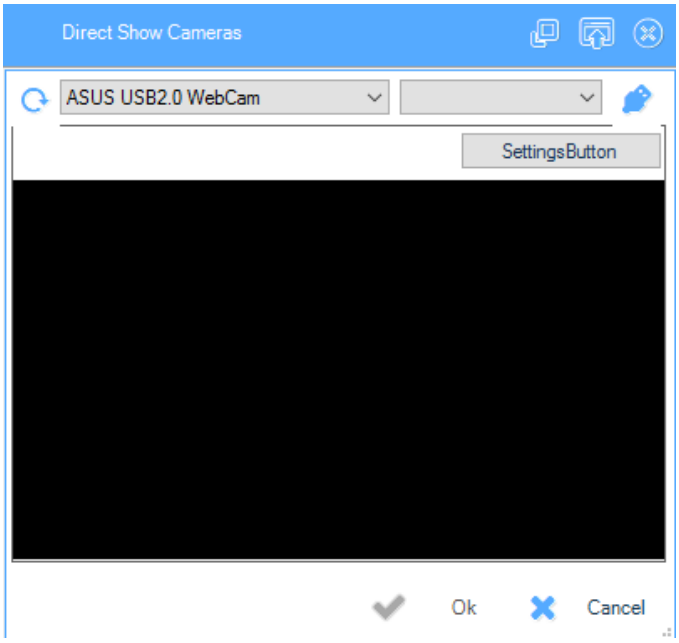
3.5.1 Kullanılan seri portun seçilmesi

Döner tabla ve lazerlerin kontrolü ve ayarlanması için öncelikli olarak seri portun seçilip bağlantının onaylanması gerekmektedir. Bağlantının oluşmaması durumunda, fiziksel bağlantıların (kablo vb.) tekrar kontrol edilip Arduino yeniden başlatılmalıdır.

Şekil 3.9 Seri portun seçilmesi

3.5.2 Kameranın tanıtılması

Çalışmanın ilk koşulları göz önünde bulundurulduğunda maliyeti düşük tutmak için dizüstü bilgisayar kamerası ile tarama başlatılmıştı. Oluşturacağa problemlere karşılık harici bir kamera eklenmesi gerekmektedir. Bu menüde ise harici kameranın tanıtılması gerçekleşmektedir.

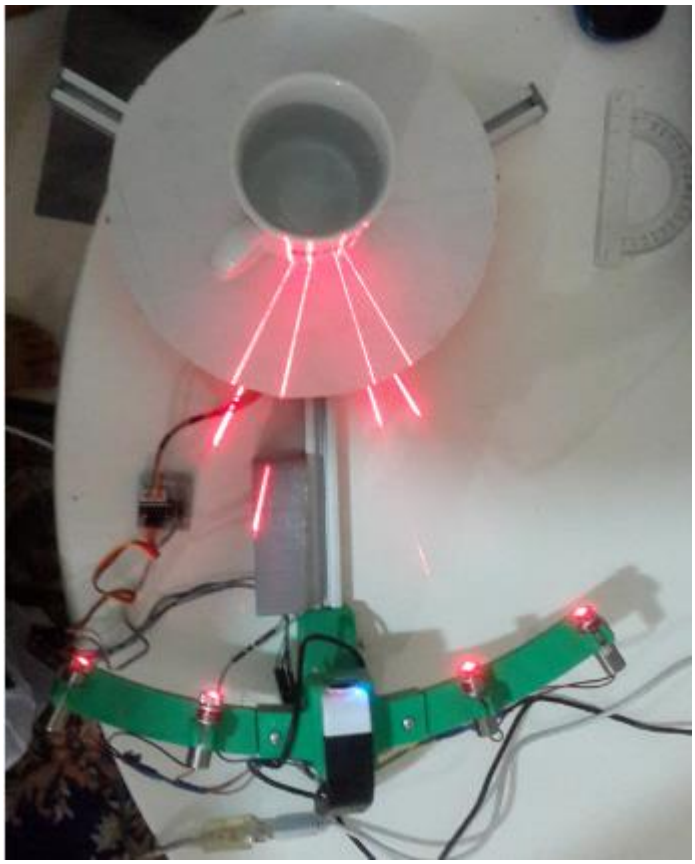


Şekil 3.10 Kameranın seçilmesi

Bu iki işlemi gerçekleştirdikten sonra kamera ve lazerin bağımsız çalışmaları sağlanabilmektedir.

3.5.3 Kamera kalibrasyonun sağlanması

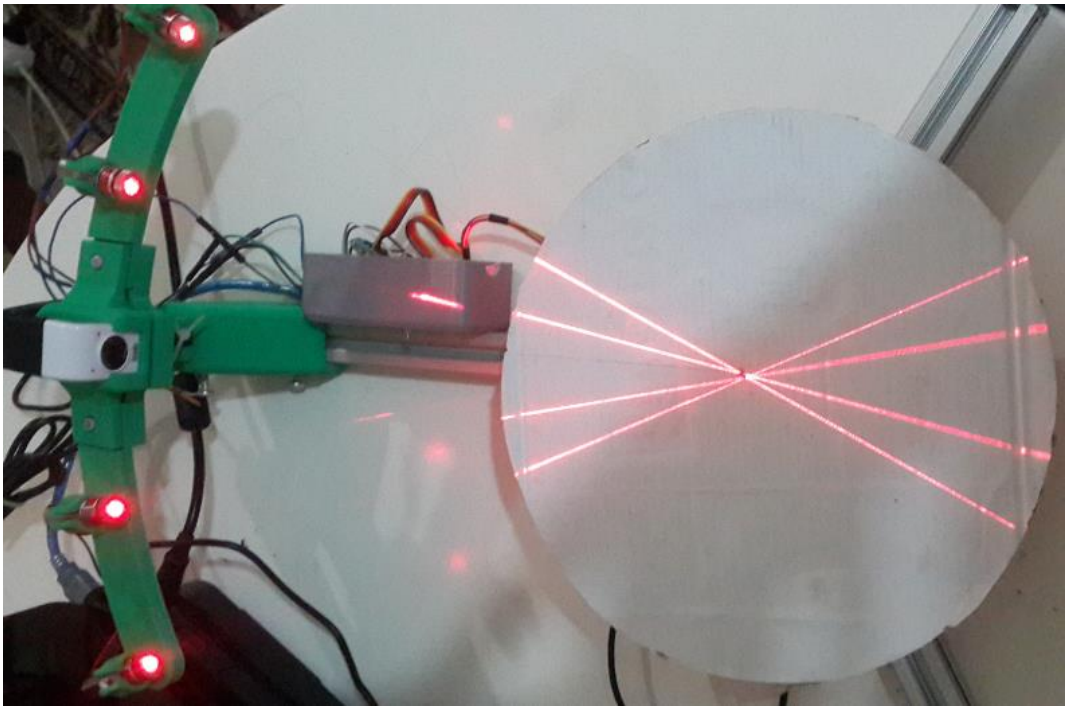
Tarama işleminin en önemli adımı burasıdır. Çünkü sağlıklı bir şekilde sonuç elde edebilmek için kamera kalibrasyonun iyi yapılması gerekmektedir. Kalibrasyonu ayarlarken ilk olarak geometrik ve saydam olmayan bir malzeme seçilmelidir. Parlayan bir cisim iyi sonuçlar vermemektedir. Döner tabla üzerinde merkezinde seçilen bir nokta yardımcı olması açısından işaretlenmelidir. Bu nokta kamera algılaması için referans noktası olmaktadır. Lazerlerin kesişim noktası da bu nokta üzerinde seçilmedir.



Şekil 3.11 Kamera kalibrasyonu için bir cismin orta noktaya konup çizgilerin cisme yansıtılması

3.5.4 Lazerlerin kesişim noktasının sağlanması ve kalibre edilmesi

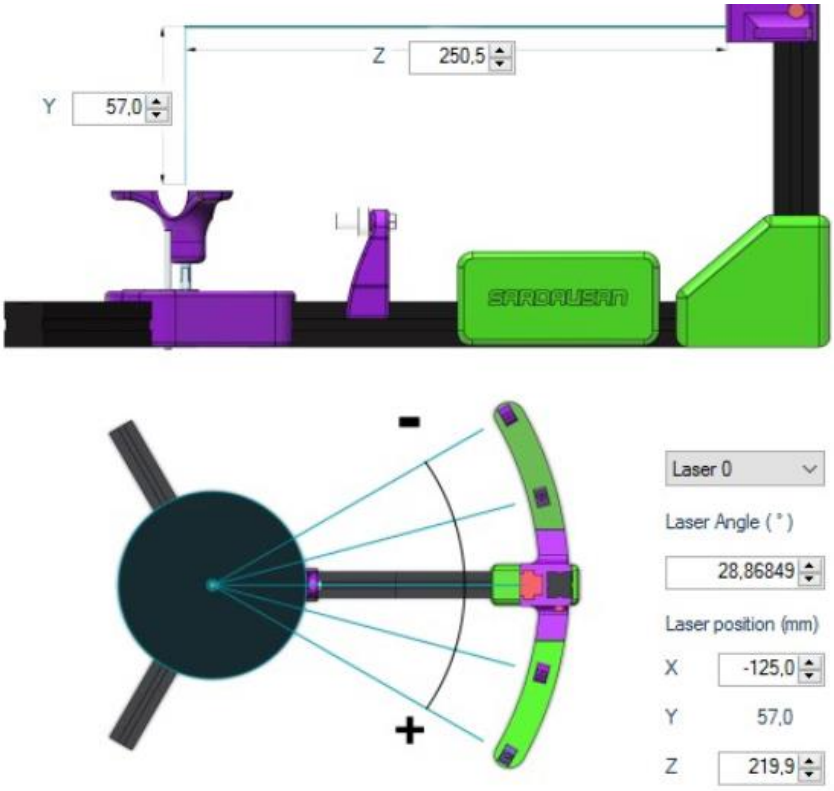
Döner tabla üzerinde seçilen nokta lazerlerin kesişiminin sağlandığı noktadır. Lazerlerin birbirinden bağımsız çalışması ile her bir lazer tek tek bu noktaya düşürülmelidir. Ardından tüm lazer açık konuma getirilip kesişimleri sağlanmalıdır.



Şekil 3.12 Lazer kesişiminin sağlanması

3.5.5 Taranacak cismin lazerlere ve kameraya olan uzaklarının sistemde ayarlanması

Tüm kalibre ayarlarından emin olduktan sonra sistemi oluşturan diğer önemli nokta da cismin kamera ve lazerlere olan uzaklıklarının veya açılarının ara yüze eklenmesi gerekmektedir. Bu işlem esnasında her bir lazer için bu işlem tekrarlanmalı ve lazerlerin fiziksel koordinatları değiştirilmemelidir. Üçgenleme prensibinin mantığı bu noktada ortaya çıkmaktadır. Geometrik hesaplamaların iyi olması sistemde o kadar iyi sonuç vermesini sağlamaktadır.



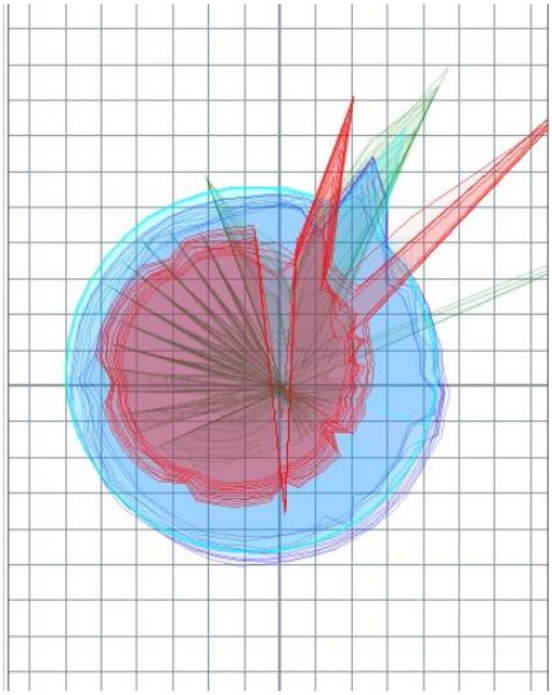
Şekil 3.13 Üçgenleme prensibine uygun olarak değerlerin ölçülüp girilmesi

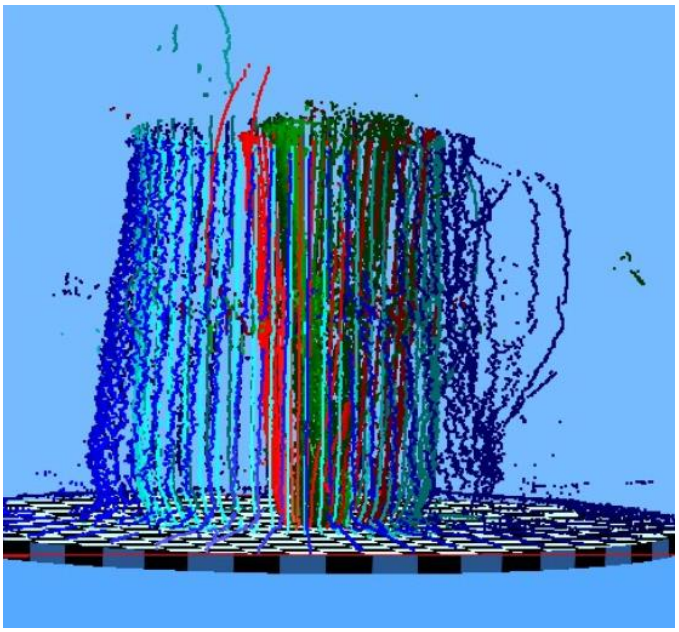
Bu işlemlerin ardından öncelikli olarak kalibre ayarlarının kontrol edilmesi amacıyla hızlı tarama seçeneği kullanılmıştır. Bu işlem taranacak farklı nesnelerde iyi sonuç elde edilebilmesi için boyutlandırma, renk ve parlak olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Hızlı taramanın izlenmesi sağlanabilmektedir. Böylelik tarama esnasında her lazer farklı renklerde matrisler oluşturarak en son kalibre edilmesine yardımcı olmaktadır. Burada asıl amaç farklı renklerle oluşan matrislerin, merkez noktadan ayrılmalarını engellemek, gerekli durumlarda merkeze yakınlaştırılması sağlanmaktadır.

4.SONUÇLAR

Sistemin çalışır haldeki görüntüleri ve taranan nesneler aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Sistemin oluşturulmasındaki amaç nesnelerin üç boyutlu taranmasını yapabilecek ucuz maliyetli cihaz inşa edebilmek ve taranan nesnelerin bilgisayar ortamına aktarılmasını sağlamaktır.

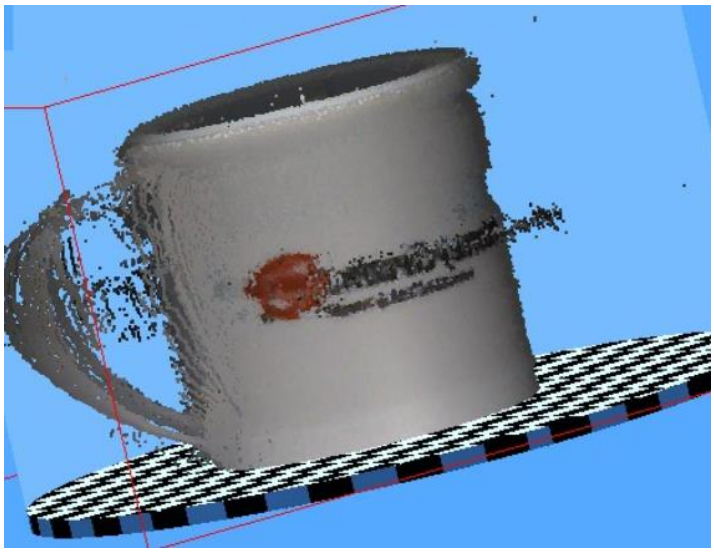


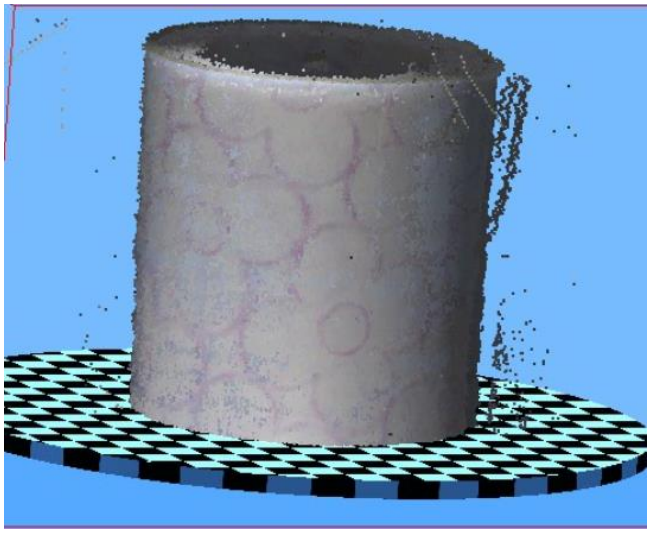


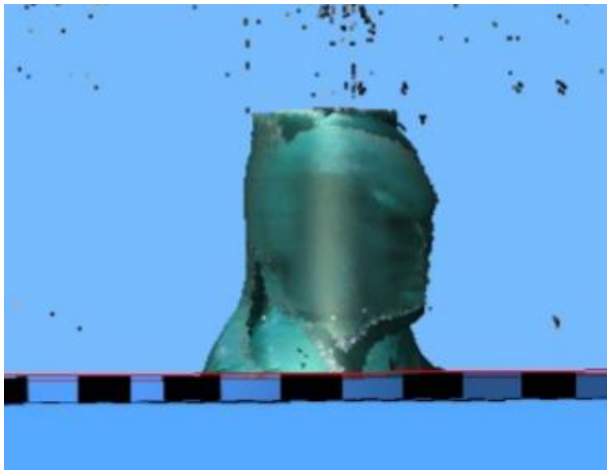
İlk başta sistem için döner tabla mekanizması çalıştırılmış, kamera ve lazer noktaları oluşturulmuştur. Bu noktadan sonra işlem basamağı yazılım kısmına gelmiş ve arayüz program ile gerekli işlemler gerçekleştirilmiştir.

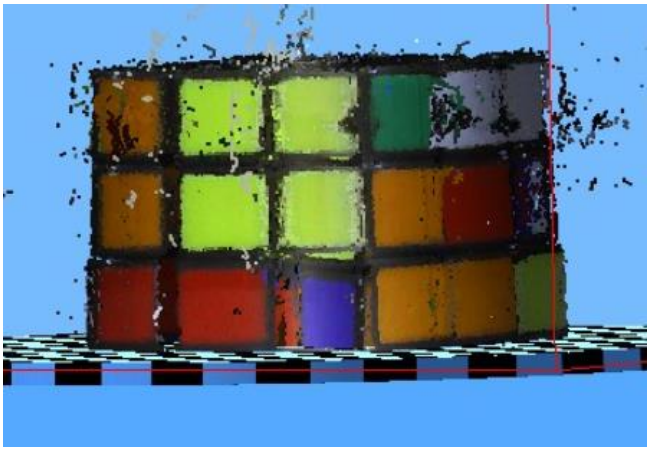
Alınan sonuçlara göre ilk başta nokta bulutlarının görüntüsü düşük kalite görülmektedir. Bu sonuçlarda bazı incelemelere göre taranacak nesnelerin karanlık ortamda taranması ve nesnelere göre alt ve üst sınır değerlerinin belirlenmesidir. Taranan cisimlerin iyileştirilmesi için hem donanım hem de yazılım kısmında düzeltmeler gerekmektedir. Bunlardan bir kaçı şöyledir;

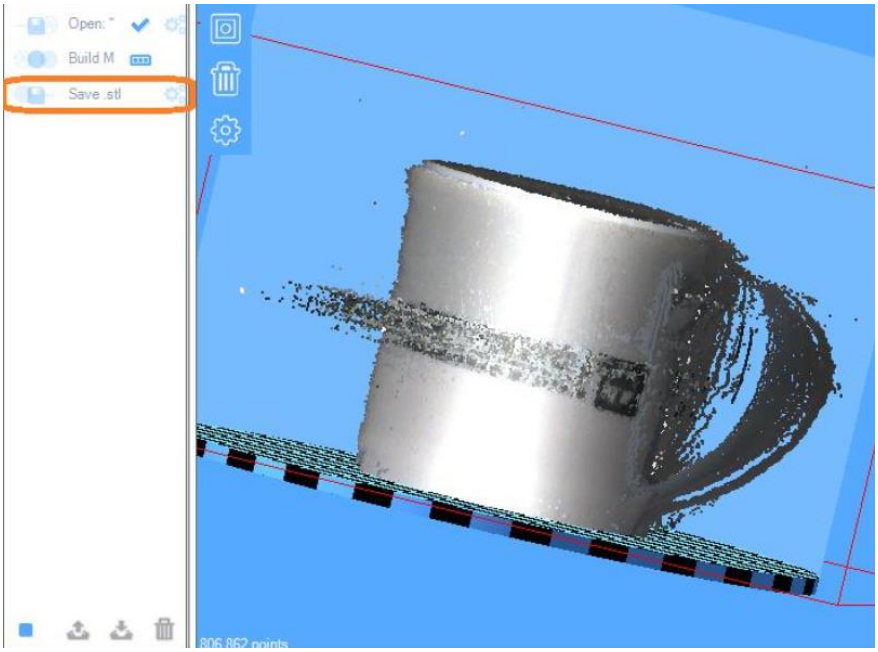
- Basit bir kamera yerine çözünürlüğü iyi olan bir kamera kullanmak (bu sonuç maliyeti arttırmaktadır).
- Kamera sayısını arttırmak; Bu işlem için uygun görüntü elemanı projeksiyon cihazıdır. Çünkü lazer ile kamera uyumsuzluğu aynı anda ışınların kameradan önce veya sonra görüntü alması sistem için dezavantajlıdır.
- Yazılım kısmında matematiksel düzenlemelerin yapılmasıdır. Bunun sonuçlara ulaşabilmek için EKK yöntemine hâkim olmak gerekmektedir.










Open: "
Build M
Save .stl
806 862 points

KAYNAKÇA

[1] Mühendislik, **tr.wikipedia.org/wiki/Mühendislik** , Erişim tarihi:11.06.2016

[2] Tersine Mühendislik , **tr.wikipedia.org/wiki/Tersine_mühendislik** , er. tar.11.06.2016

[3] KÜLLÜ, K., "Üç Boyutlu Lazer Tarayıcılar ve Bilgisayar Teknikleriyle Cisimlerin Sanal Ortama Aktarılması", Yüksek Lisans Tezi, **Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2010)

[4] Tersine Mühendislik ve Uygulama Alanları,

www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/dda376bccc160b1_ek.pdf Er. Tar. 12.6.2016

[5] Pieta Heykeli , **www.internettinabi.com/pieta-ve-michelangelo-buonarroti** Er. Tar 12.06.2016

[6] Cisme Temas Eden CMM , www.**patrick-thorn.co.uk/microscribe/microscribe.html** Er. Tarihi 12.06.2016

[7] **www.olymposdesign.com/tr/3d-3-boyutlu-tarama** Er. Tar. 12.06.2016

EKLER

FirmWare

```
#include "SerialCommand.h"

#include <AccelStepper.h>

#include "configuration.h"


AccelStepper stepper1(HALFSTEP, motorPin1, motorPin3, motorPin2, motorPin4);




SerialCommand SCmd;



int RotationToSteps(int rotation)

{

  return rotation*STEP_BY_MINMOVE;

}

int StepsToRotation(int rot)

{

  return rot/STEP_BY_MINMOVE;

}

void Identification()

{

      Serial.println("yes");
```

```
}
void Hun()
{
    Serial.println("Hun?");
}
void TableCommand()
{
    char *arg;
    arg = SCmd.next();
    if (arg != NULL)
    {
        if(arg[0]=='R'||arg[0]=='r') // T R
        {
          char *arg2 = SCmd.next();
          int pos=atoi(arg2);
          stepper1.move(RotationToSteps(pos));
          stepper1.runToPosition();
            Serial.print("RELATIVE ROTATION :");
            Serial.print(pos);
            Serial.print(" => ");
            Serial.println(StepsToRotation(stepper1.currentPosition()));
        }
```

```
else if(arg[0]=='A'||arg[0]=='a') // T A
{
 char *arg2 = SCmd.next();
 int pos=atoi(arg2);
 stepper1.moveTo(RotationToSteps(pos));
 stepper1.runToPosition();
   Serial.print("ABSOLUTE ROTATION ");
   Serial.print(pos);
   Serial.print(" => ");
   Serial.println(StepsToRotation(stepper1.currentPosition()));
}
else if(arg[0]=='S'||arg[0]=='s') //T S
{
   Serial.print("REVOLUTION STEPS ");
   Serial.print(" => ");
   Serial.println(StepsToRotation(REVOLUTION_STEP));
}
else if(arg[0]=='C' ||arg[0]=='c') //T C
{
 stepper1.setCurrentPosition(0);
   Serial.print("RESET CUTTENT POSITION ");
   Serial.print(" => ");
```

```
                Serial.println(StepsToRotation(stepper1.currentPosition()));
             }
            else
            {
                Serial.print("Unknown Table command :");
                Serial.println(arg);
            }
      }
  else {
    Serial.print("Position ");
   Serial.println(StepsToRotation(stepper1.currentPosition()));
  }
}
int getLaserPin(int laserIndex)
{
      if(laserIndex==0)
        return LASER_PIN_1;
      else if(laserIndex==1)
        return LASER_PIN_2;
      else if(laserIndex==2)
        return LASER_PIN_3;
      else if(laserIndex==3)
```

```
        return LASER_PIN_4;
      else
        return (-1);
}


void LaserCommand()
{
  char *arg;
  arg = SCmd.next();
  if (arg != NULL)
  {
    int laserIndex=atoi(arg);
    char *arg2 = SCmd.next();
    if (arg2 == NULL)
    {
      Serial.print("LASER_STATE: ");
      Serial.print(laserIndex);
      int pin =getLaserPin(laserIndex);
      Serial.print("(");
      Serial.print(pin);
      Serial.print(") = ");
      if(pin>=0)
```

```
      Serial.println(digitalRead(pin));
    else
      Serial.println(-1);
  }
  else
  {
    int laserState = atoi(arg2);
    int pin =getLaserPin(laserIndex);
    if(pin>=0)
     digitalWrite( pin, laserState==1?HIGH:LOW);
    Serial.print("SET_LASER: ");
    Serial.print(laserIndex);
    Serial.print("(");
    Serial.print(pin);
    Serial.print(") = ");
   Serial.println(digitalRead(pin));
   }
 }
 else
 {
  Serial.print("LASER_COUNT: ");
  Serial.println(LASER_COUNT);
```

```
  }
}



void setup() {
  stepper1.setMaxSpeed(500.0);
  stepper1.setAcceleration(200.0);
  stepper1.setSpeed(400);
  stepper1.moveTo(0);
  stepper1.runToPosition();
  Serial.begin(SERIAL_BAUD);

  pinMode(LASER_PIN_1, OUTPUT);
  pinMode(LASER_PIN_2, OUTPUT);
  pinMode(LASER_PIN_3, OUTPUT);
  pinMode(LASER_PIN_4, OUTPUT);
  digitalWrite(LASER_PIN_1, LOW);
  digitalWrite(LASER_PIN_2, LOW);
  digitalWrite(LASER_PIN_3, LOW);
  digitalWrite(LASER_PIN_4, LOW);
  SCmd.addCommand("sardauscan",Identification);
```

```
  SCmd.addCommand("T",TableCommand);
  SCmd.addCommand("t",TableCommand);
  SCmd.addCommand("L",LaserCommand);
  SCmd.addCommand("l",LaserCommand);
  SCmd.addDefaultHandler(Hun);
  Serial.println(FIRMWARE_VERSION);
  Serial.flush();
}



void loop() {
    SCmd.readSerial();
      Serial.flush();
}
```

Serial Command.h

```
#ifndef SerialCommand_h
#define SerialCommand_h

#if defined(ARDUINO) && ARDUINO >= 100
#include "Arduino.h"
```

```
#else
#include "WProgram.h"
#endif


#define SERIALCOMMAND_HARDWAREONLY 1


#ifdef SERIALCOMMAND_HARDWAREONLY
#warning "Warning: Building SerialCommand without SoftwareSerial Support"
#endif


#ifndef SERIALCOMMAND_HARDWAREONLY
#include <SoftwareSerial.h>
#endif


#include <string.h>


#define SERIALCOMMAND_HARDWAREONLY
#define SERIALCOMMANDBUFFER 16
#define MAXSERIALCOMMANDS     10
#define MAXDELIMETER 2
```

```
#define SERIALCOMMANDDEBUG 1
#undef SERIALCOMMANDDEBUG

class SerialCommand
{
    public:
        SerialCommand();
        #ifndef SERIALCOMMAND_HARDWAREONLY
        SerialCommand(SoftwareSerial &SoftSer);
        #endif

        void clearBuffer();
        char *next();
        void readSerial();
        void addCommand(const char *, void(*)());
        void addDefaultHandler(void (*function)());

    private:
        char inChar;
        char buffer[SERIALCOMMANDBUFFER];
        int  bufPos;
        char delim[MAXDELIMETER];
```

```
        char term;
        char *token;
        char *last;
        typedef struct _callback {
            char command[SERIALCOMMANDBUFFER];
            void (*function)();
        } SerialCommandCallback;
        int numCommand;
        SerialCommandCallback CommandList[MAXSERIALCOMMANDS];
        void (*defaultHandler)();
        int usingSoftwareSerial;
        #ifndef SERIALCOMMAND_HARDWAREONLY
        SoftwareSerial *SoftSerial;
        #endif
};

#endif //SerialCommand_h
```

Configuration.h

```
#ifndef CONFIGURATION_h
#define CONFIGURATION_h

#define FIRMWARE_VERSION "Sardauscan V0.1a"
```

```
#define SERIAL_BAUD 115200



#define motorPin1  2

#define motorPin2  3

#define motorPin3  4

#define motorPin4  5



#define HALFSTEP 4

#define REVOLUTION_STEP 2048

#define STEP_BY_MINMOVE 4


#define LASER_COUNT 4

#define LASER_PIN_1 A1

#define LASER_PIN_2 A2

#define LASER_PIN_3 A3

#define LASER_PIN_4 13


#endif
```