

OPTİK GÖZ SINIRLAYICILARLA ADIM MOTOR KONTROLÜ

Mustafa GÖKTEPE^a, Yavuz EGE^{b*}

^a BAÜ, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Balıkesir

^b BAÜ, Necatibey Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Bölümü, Balıkesir

ÖZET

Bu çalışmada manyetik malzemelerde herhangi bir sebeple oluşan mekanik çatlakların belirlenebilmesi için, üç boyutta hareket edebilen 3D tarayıcı sistem geliştirilmiştir. Adım motor kontrollü ve optik göz sınırlayıcı sistemde optik göz sınırlayıcılar hareketli bir platforma yerleştirilmiş ve bu sayede hall sensörün istenen koordinatlara ulaşması sağlanmıştır. Bu makalede 3D tarayıcı sistemde optik göz sınırlayıcılarla adım motor kontrolünün nasıl yapıldığı ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarayıcı sistem, Adım motor, Optik göz.

CONTROL OF STEPPER MOTORS WITH OPTICAL SENSORS

ABSTRACT

In this study, 3D scanner system was constructed to inspection of the cracks on magnetic materials for industrial applications. 3D scanner system was operated by stepper motors in three dimensions. Optical device controlled stepper motors were delivered the hall sensor to the right position around the cracked region. Then surface leakage flux measurements were carried out at particular region to find out cracks in the sample. In this paper, electronic circuit of optical device controled 3D scanner system will be presented.

Keywords: Scanner system, Stepper motor, Optical sensor.

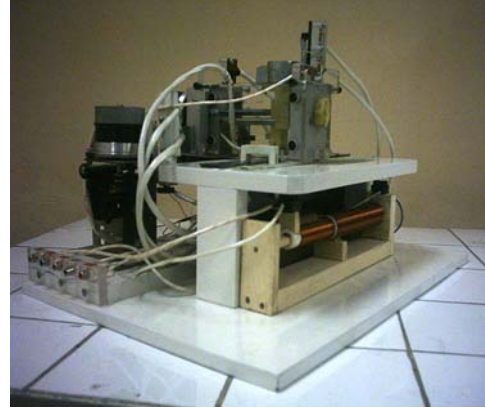
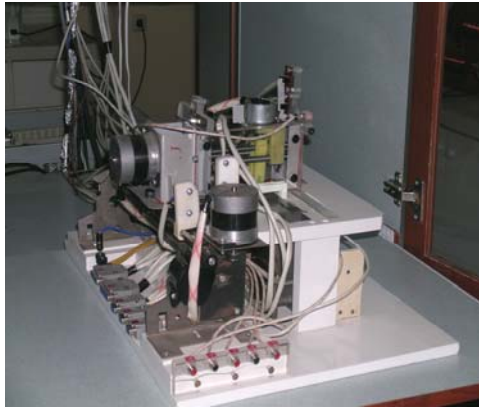
1.GİRİŞ

Günümüzde adım motorlar hassas konum kontrolü gerektiren pek çok elektronik alette kullanılmaktadır. Fotokopi makineleri ve bilgisayar yazıcıları bunlara örnek olarak gösterilebilir. Ayrıca endüstriyel uygulamalarda malzemelerdeki çatlakların belirlenebilmesini sağlayan tahribatsız test sistemlerinde adım motorlar etkin olarak kullanılmaktadır. Özellikle ultrasonik [1-3], girdap akımları [2,4] ve manyetik akı kaçakları [1,3,5-9] testlerinde malzemedeki çatlakların fiziksel özelliklerinin tespit edilebilmesi için, kullanılan algılayıcının malzeme üzerindeki konumunun net olarak bilinmesi gerekmektedir. Bu yüzden algılayıcı iki ya da üç boyutta hareket edebilen bir platforma monte edilmelidir [10-16]. Tabiki algılayıcının bulunduğu bu platformun hassas konum kontrolü ancak adım motorlarıyla sağlanabilmektedir. Manyetik parçacık [2,17], sıvı penetrant [2,18], akustik emisyon [2,19], radyografi [2,17] gibi diğer tahribatsız testlerde ise algılayıcının konum kontrolüne gereksinim duyulmamaktadır. Bu önbilgilerle bu çalışmada ferromanyetik malzemelerin manyetik akı kaçakları testinin yapılabilmesi için, üç boyutta hareket edebilen adım motor kontrollü ve optik göz sınırlayıcı 3D tarayıcı sistem geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, dizayn edilen 3D tarayıcı sistemin kısa tanıtımından sonra, sistemde optik göz sınırlayıcılarla adım motor kontrolünün nasıl yapıldığı ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

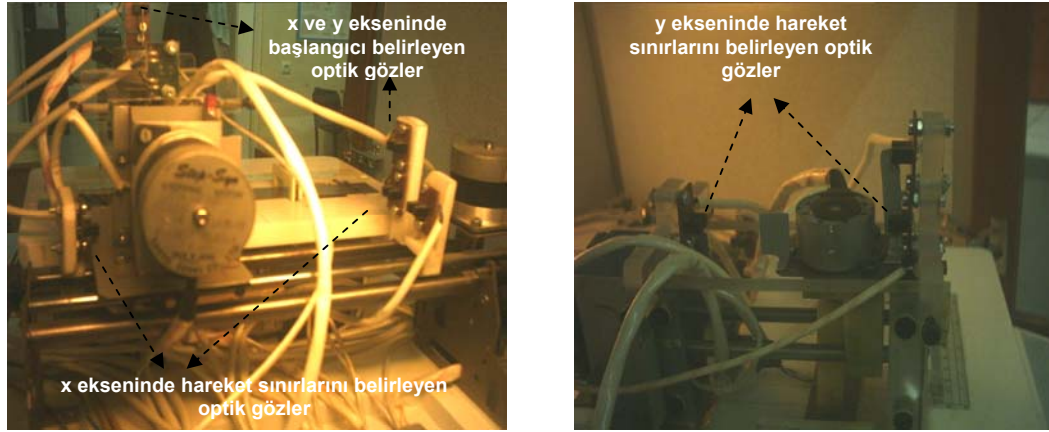
2. 3D TARAYICI SİSTEM

Bu çalışmada mıknatıslanmış malzemedeki çatlakların fiziksel özelliklerini tespit edebilmek için dizayn edilen 3D Tarayıcı sistemin mekaniğinde, manyetik özellik göstermeyen alüminyum levha, plexe glass ve kestamit türü malzemeler kullanılmıştır. Sistemde, yüzeydeki manyetik akı değişimini belirleyen algılayıcıyı taşıyan bir platform yer almaktadır. Bu platformun üç boyuttaki hareketi ise, herbir eksenini kontrol eden üç adım motoru tarafından sağlanmaktadır. Bununla birlikte 3D tarayıcı sistemde, algılayıcının üç boyuttaki hareketini sağlayan mekanik düzeneğin yanısıra yüzeyi taranacak malzemenin mıknatıslanmasını sağlayan U şeklindeki mıknatıslayıcı çekirdek de yer almaktadır. Şekil 1’de manyetik akı kaçakları testi için dizayn edilen adım motor kontrollü ve optik göz sınırlayıcı 3D tarayıcı sistem gösterilmektedir.

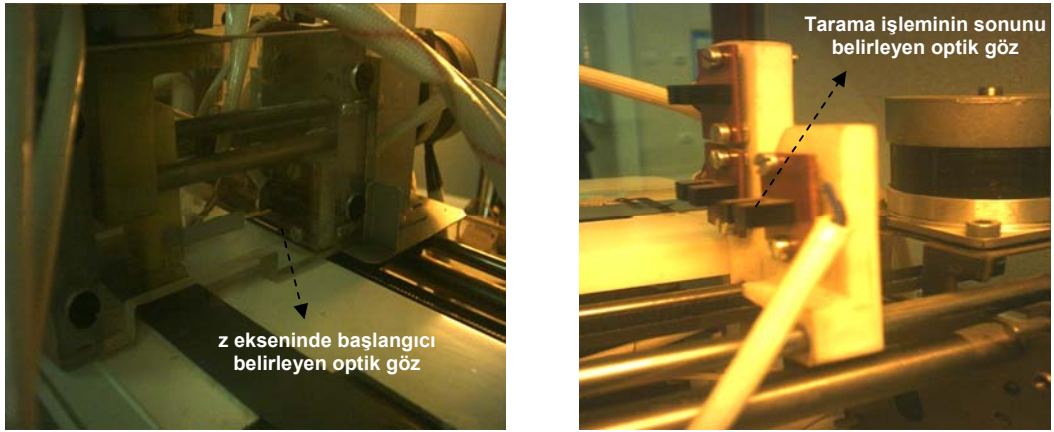


Şekil 1. Oluşturulan 3D Tarayıcı sistemin görünümü.

Şekil 1’de de görüldüğü gibi 3D tarayıcı sisteminde herbir eksenini kontrol eden adım motorlarının hareketini kontrol eden sınırlayıcı optik gözler yer almaktadır. Bu optik gözlerin konumları değiştirilerek, üzerinde algılayıcının bulunduğu tarayıcı platformun hareket sınırları belirlenmektedir. Sistemde ayrıca eksenlerdeki hareket sınırlarını belirleyen optik gözlerin dışında sistemin başlangıç noktasını belirleyen optik gözler de yer almaktadır. Bu optik gözler tarama sonrasında tarayıcı platformu sistemin başlangıç noktasına çekerken adım motorları kontrol etmektedirler. Bir de sistem üzerinde, tarama işleminin sonunu belirleyen ve üç adım motorunun hareketini durduran bir optik göz daha mevcuttur. Şekil 2 ve Şekil 3’de bahsedilen optik gözler sistem üzerinde gösterilmektedir.

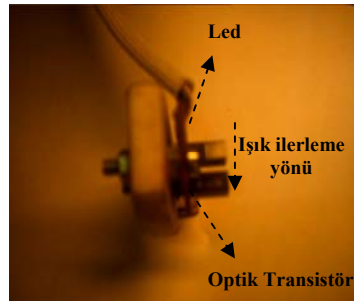


Şekil 2. x ve y ekseninde hareket sınırlarını ve başlangıç noktalarını belirleyen optik gözler.



Şekil 3. Sistemin z eksenindeki başlangıcını ve sistemin durma noktasını belirleyen optik gözler.

3D tarayıcı sistemde, eksenlerde hareketi sınırlayan, başlangıcı belirleyen ve hareketi sonlandıran optik gözler 5V gerilimle çalışmaktadır. Bu optik gözlerin içerisinde 5V'ta kırmızı ışık veren bir led ve onun karşısında da optik tetiklemeli bir transistör yer almaktadır. Sistemde optik gözlerin açık ya da kapalı olmasına, diğer bir deyişle kırmızı led ışığının transistöre ulaşıp ulaşmamasına bağlı olarak adım motorların kontrolü sağlanmaktadır. Şekil 4'te optik gözdeki ledin ve optik transistörün konumları gösterilmektedir.



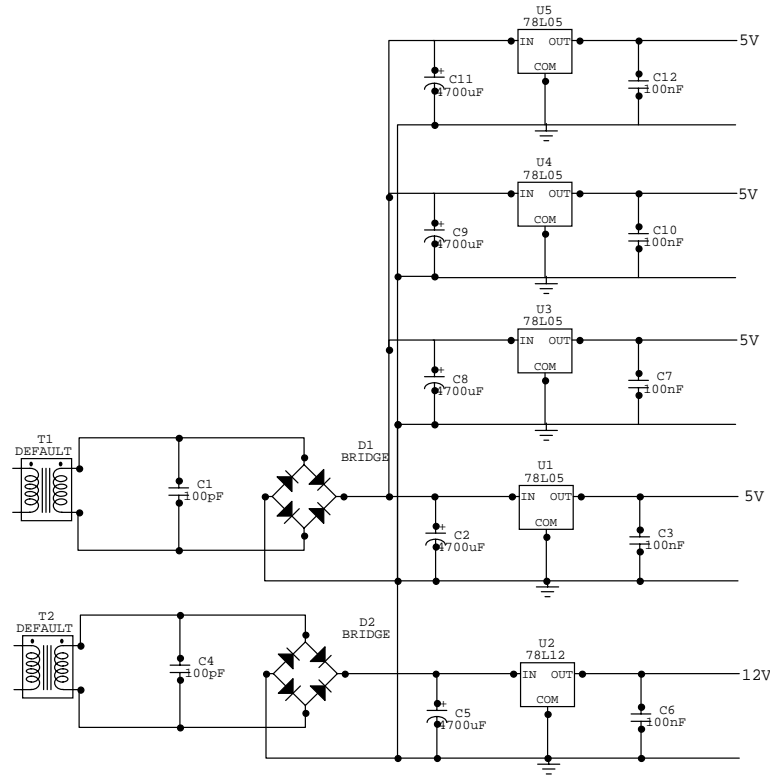
Şekil 4. Optik gözdeki ledin ve optik transistörün konumları.

3. 3D TARAYICI SİSTEMİN OPTİK GÖZLERLE KONTROLÜ

Bu çalışmada 3D Tarayıcı sistemin mekanikini kontrol edebilmek için işlevleri farklı elektronik devreler geliştirilmiştir. Bunlar;

- 5, 12 V DC güç kaynağı devresi
- Osilatör devresi
- Adım motor kontrol devresi (3 Adet)
- Adım motorların optik göz sınırlayıcılar arasında sürekli ve kesikli hareketini kontrol eden flip-flop devreleri (2 Tane)
- Algılayıcının üzerinde bulunduğu platformu başa çekme devresi
- Sistemin x yönündeki hareketini sağlayan motorun kesikli hareketini kontrol eden devre
- Sistemi durdurma devresi
- xyz yönünde motorların kaç adım gittiğini gösteren ileri-geri yönde sayabilen sayaçlardır.

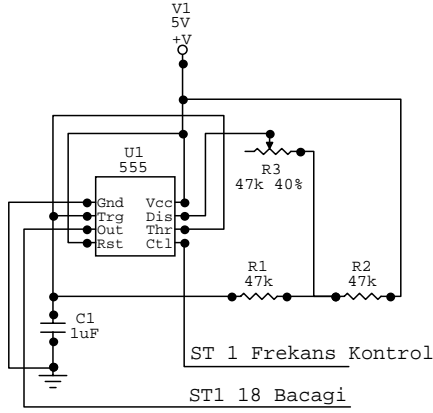
3.1 5-12 V DC Güç Kaynağı Devresinin Tanıtımı



Şekil 5. 5-12 V DC Güç kaynağı devresi.

Yukarıda blok diyagramını verdiğimiz devre, elektronik devrelere güç sağlamaktadır. Devrenin giriş kısmına 220 V alternatif gerilim uygulanmış, trafo kanalıyla 18 V_{ac} gerilime düşürülmüş ve daha sonrada köprü diyotla doğrultulmuştur. Doğrultulan gerilim 7805 ve 7812 regülatörleriyle 5 ve 12 V DC gerilime dönüştürülmüştür. Devrenin giriş ve çıkışındaki sığaçlar ise, süzgeç görevi görmektedir.

3.2 Osilatör Devresinin Tanıtımı



Şekil 6. Osilatör devresi.

Yukarıda görüldüğü gibi osilatör devresi NE555 entegresiyle kurulmuştur. Bu entegreyle kurulan osilatör devresinin avantajı frekansının kontrol edilebilir olmasıdır. Bu devre adım motorların kontrol devresini tetikleyecek istenilen frekansta kare dalgalar üretir. Entegrenin 3 numaralı bacağı çıkış ucudur. Entegrenin 5 numaralı bacağı ise, kare dalganın oluşup oluşmamasını kontrol eder. Entegrenin 5 numaralı bacağı kontrol ederek, adım motorlarını durdurup çalıştırmak mümkündür. Çünkü adım motorun kontrol devresi tetiklenmezse, adım motor hareket edemeyecektir. Entegrenin çıkış ucuna verilen kare dalganın frekansı C_1 sığacıyla ayarlanmaktadır. Frekans artırılıp azaltılmasıyla adım motorunun dönü hızı değiştirilebilir. Yani, adım motorlarının hızı, herbir motor kontrol devresini tetikleyen osilatörlerin çıkış sinyalinin frekansıyla belirlenir.

3.3 Adım Motor Kontrol Devresinin Tanıtımı

Şekil 7'de de görüldüğü gibi adım motor kontrol devresi L297, L298N ve 74LS00 entegrelerinden oluşmaktadır. L297 motor kontrol entegresi olup, L298N ise L297 entegresinden gelen tetiklemelere göre adım motorunu sürmektedir. 74LS00 da ve değil kapı (NAND) entegresidir. Motor kontrol entegresi olan L297'nin, 10 numaralı bacağı motorları durdurup çalıştırmaya, 17 numaralı bacağı motorun dönü yönünü ayarlamaya, 20 numaralı bacağı ise entegreyi resetlemeye yaramaktadır. Entegrenin 18 numaralı bacağına ise, sürücü entegreyi tetiklemesi için istenilen frekansta kare dalga verilmesi gerekmektedir. Bunun için, deneysel çalışmada osilatör devresinin çıkışı kullanılmıştır.

L297 motor kontrol entegresinin 17 numaralı bacağına 0 V (GND) uygulanırsa motor saat ibrelerinin tersi yönünde, +5V uygulanırsa saat ibreleri yönünde hareket etmektedir. Yine aynı entegrenin 10 numaralı bacağına 0 V uygulanırsa motor durmakta, +5V gerilim uygulanırsa motor harekete başlamaktadır.

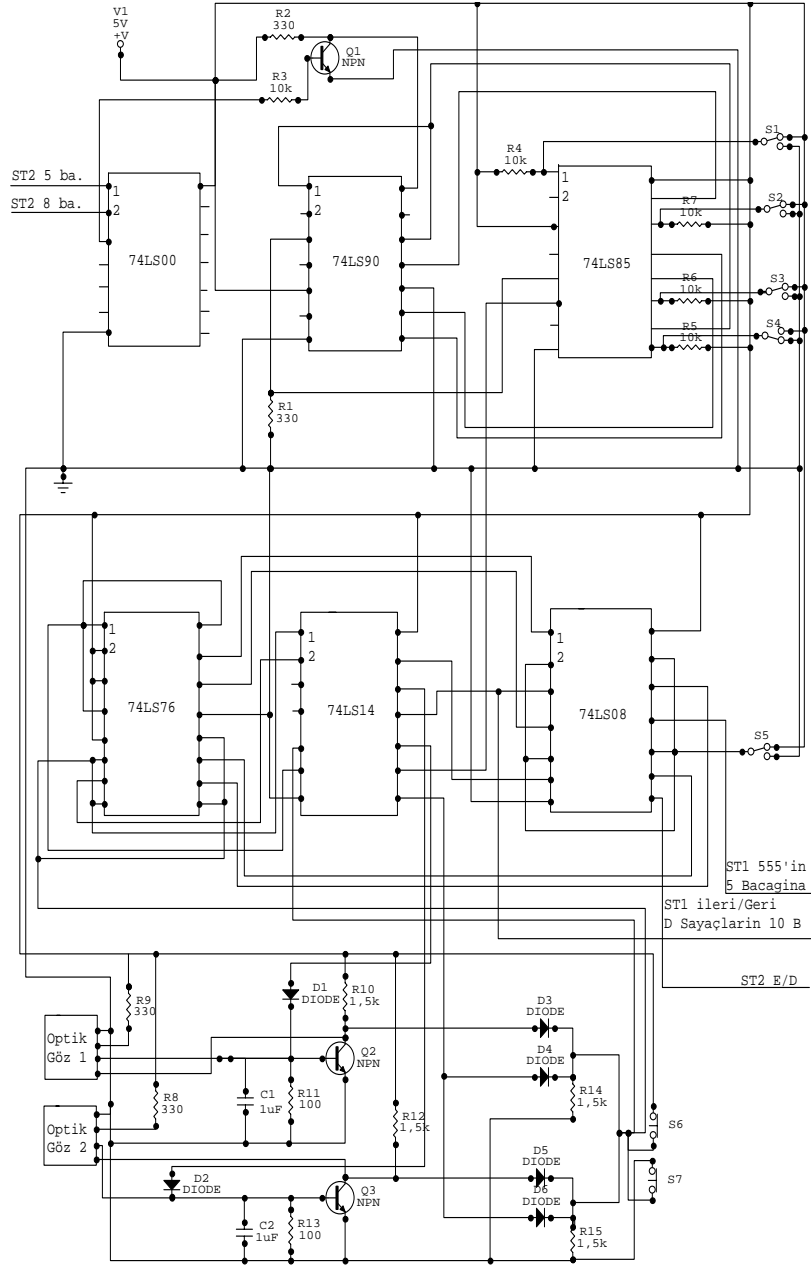
L298N sürücü entegresinin 2, 3, 13, 14 numaralı bacak çıkışları 4 bobinli adım motoru sürmektedir. L297 entegresinin 5 ve 8 numaralı bacakları, aynı entegrenin 18 numaralı bacağına verilen kare dalga tetiklemeyi sürücü entegreye aktarır. Ayrıca bu bacaklardan alınan bir uçla Flip-Flop devresi de tetiklenmektedir. 5 ve 8 numaralı bacak çıkışları aynı zamanda (74LS00 entegresine) ve değil kapısına verilmektedir. Bu durumda kapı çıkışı, sürücüye gönderilen her bir tetiklemeyi içerecektir. Bu yüzden deneysel çalışmada kapı çıkışı, adım sayaçlarını tetiklemesi için kullanılmıştır.

3.4 Flip-Flop Devresinin Tanıtımı

Motorların sürekli ve kesikli hareketini kontrol eden flip-flop devresi, 74LS00, 74LS90, 74LS85, 74LS76, 74LS14, 74LS08 entegrelerinden oluşmaktadır. 74LS90 entegresi, adım motorunun kaç kere tetiklendiğini ya da kaç adım

çıkışı 0 V (GND) olacaktır. Bu çıkış devredeki flip-flop entegresini (74LS76) tetiklemek için kullanılmaktadır. Bu da devre çıkışında istenilen değişimi sağlamaktadır. Bu değişimle, y eksenini kontrol eden adım motorun (ST2) durması, x eksenini kontrol eden adım motorun tekrar çalışması sağlanmaktadır.

Flip-flop entegresinin çıkışını değiştiren diğer devre elemanları ise, x eksenı boyunca hareketin uzunluğunu sınırlayan optik gözlerdir. Devrede bunlar, optik göz 1 ve optik göz 2 olarak gösterilmektedir. Sistem x eksenindeki sınırlayıcı optik gözlerden birinin ışığını kestiğinde, flip-flop entegresi bir daha tetiklenir ve bu durumda y eksenini kontrol eden adım motor (ST2) çalışmaya başlar, x eksenini kontrol eden adım motoru (ST1) ise durur.

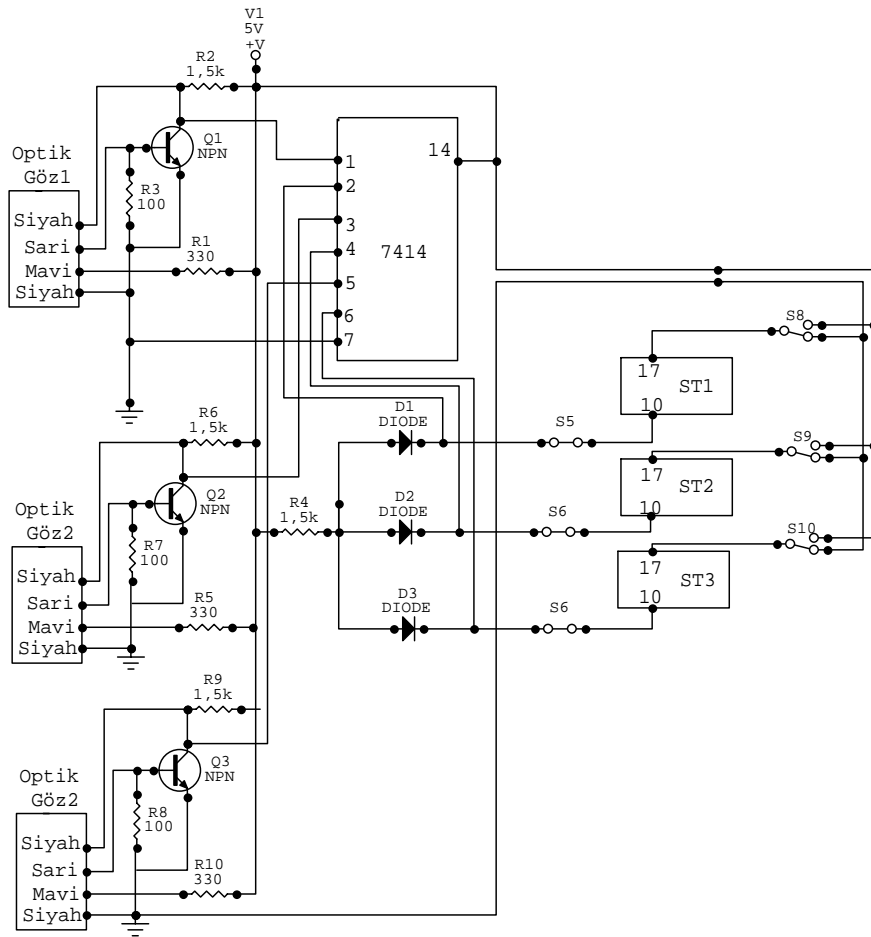


Şekil 8. Flip-Flop devresi.

Yukarıda da belirtildiği gibi flip-flop devresinin kullanım amacı, x,y,z eksenlerini kontrol eden adım motorların kordineli çalışmasını sağlamaktır. Bu kordineli çalışmayı da, devre çıkışını değiştiren karşılaştırıcı (comprator) ve eksenlerdeki hareketi sınırlayan optik gözlerin, flip-flop entegresini sırayla tetikleyerek çıkışı istenilen yönde değiştirmesiyle sağlanmaktadır.

Flip-flop devresinin üç çıkış ucu vardır. Bunların birincisi, x ekseninde hareketi sağlayan motorun (ST1) osilatörünü kontrol etmektedir. İkincisi ise, yine x ekseninde hareketi sağlayan motorun dönü yönünü ve adım sayaçlarının sayma yönünü belirlemektedir. Sonuncusu da y ekseninde hareketi sağlayan motorun çalışıp çalışmamasını ayarlamaktadır. Şekil 8'de motorların sürekli ve kesikli hareketini kontrol eden flip-flop devresinin blok diyagramı gösterilmektedir.

3.5 Sistemi Başa Çekme Devresinin Tanıtımı

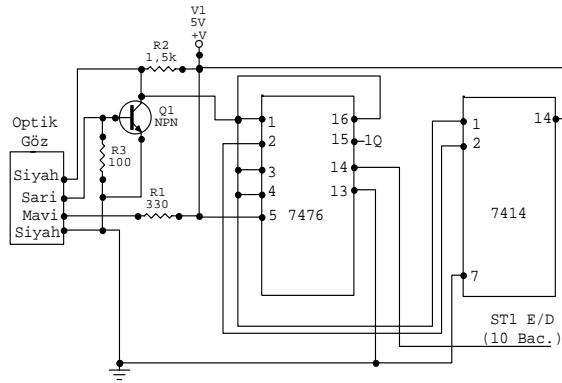


Şekil 9. Başa çekme devresi.

Sistemin başa ya da başlangıç noktasına gelip gelmediğini, her ekseninde motorların harekete ilk başladığı yere yerleştirilmiş optik gözler belirlemektedir. Optik gözlerin ışıkları açık olduğu durumda her eksenini kontrol eden motorlar çalışır pozisyonda olacaktır. Sistem her ekseninde başlangıç noktasına geldiğinde optik gözlerin ışıkları kapalı duruma gelecek ve adım motorlar bu sayede duracaktır.

haline dönüştürülmüştür. Oluşan bu puls NE555 entegresiyle kurulmuş zamanlayıcı devresine verilmiştir. Entegrenin çıkışı, pulsın etkisiyle x ekseninde hareketi sağlayan motoru belirli bir süre durdurmaktadır. Burada motorun durma süresi R14 direnciyle ayarlanabilmektedir.

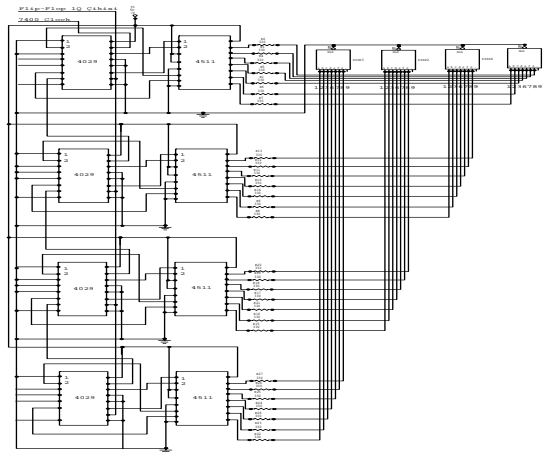
3.7 Sistemi Durdurma Devresinin Tanıtımı



Şekil 11. Sistemi durdurma devresi.

Şekil 11'de de görüldüğü gibi, devre 74LS76 ve 74LS14 entegrelerinden oluşmaktadır. Yine tetikleyici olarak optik gözden yararlanılmıştır. X ekseninde istenilen yere yerleştirilen optik gözün ışığı açıkken, devre çıkışı x-eksenini kontrol eden motorun çalışmasını sağlamaktadır. Optik göz ışığın kapalı duruma gelmesiyle, flip- flop entegresi tetiklenerek, 14 numaralı bacak çıkışı motoru durduracak yönde değişmektedir. x-eksenindeki motor hareketli iken zaten durgun halde olan diğer motorların yanısıra bu motorunda durması sistemin durmasını sağlamaktadır.

3.8 Dijital Sayaç Devresinin Tanıtımı



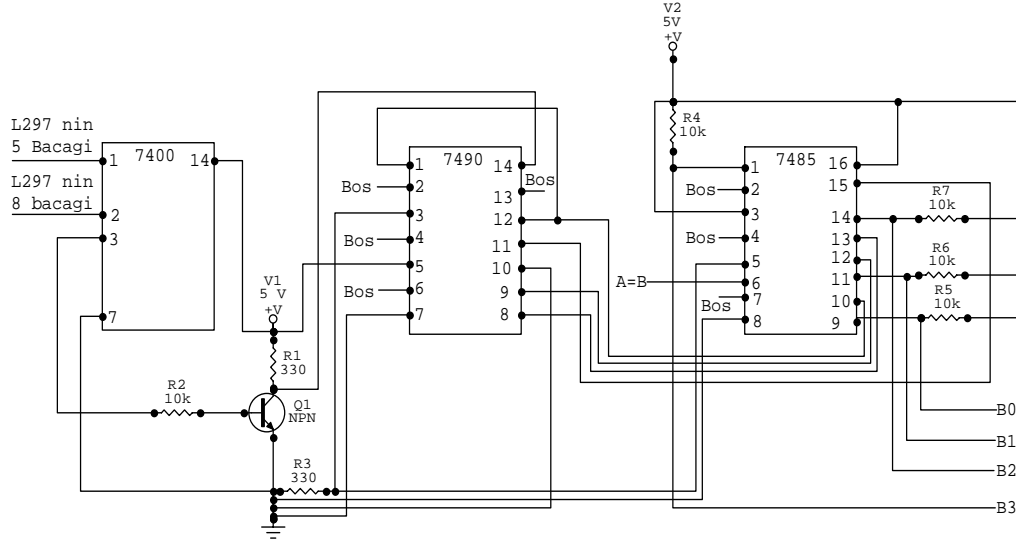
Şekil 12. Sayaç devresi.

Devre şemasından da görüldüğü gibi sayaç devresi, 4029, 4511 ve ortak katotlu görüntüleme elemanlarından oluşmaktadır. 4029 entegresi, motor kontrol entegresinden (L297) gelen her tetiklemeyi 10'luk bölümler halinde saymaktadır. Sayılan değer de 4511 sürücü entegresiyle görüntüleme elemanına aktarılır. 4029 entegresinin 15 numaralı bacağı tetiklemenin uygulandığı yerdir. Bu entegrenin her 10 sayması sonunda, entegrenin 7 numaralı bacağında bir tetikleme oluşmaktadır. Bu da diğer 4029 entegresini tetiklemektedir. 4029 entegresi her 10 saymada

kendini resetlemektedir. Saymanın ileri mi yoksa geri yönde mi olacağını flip-flop devresinden gelen uç belirlemektedir. 4029 entegresinin 10 numaralı bacağı saymanın yönünü kontrol etmekte kullanılmaktadır.

3.9 Adım Motorlarının Gitmesi İstenilen Adım Sayılarının Ayarlanması

Sistemin x, y, z eksenini kontrol eden adım motorlarının gideyeği adım sayısının, sistemi harekete geçirmeden önce belirlenmesi gerekmektedir. Flip-flop devresinin bir parçası da olan, adım sayısının belirlendiği devre şeması Şekil13'de verilmektedir.



Şekil 13. Adım sayısının belirlendiği devre.

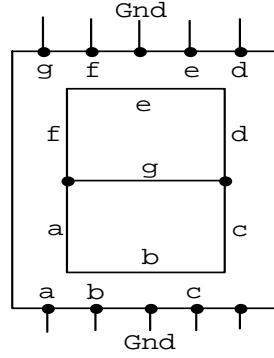
Şekil 13'de de görüldüğü gibi adım sayısının belirlendiği devrede 74LS00, 7490 ve 7485 entegreleri yer almaktadır. Adım motor kontrol entegresinin 5, 8 numaralı bacaklarından gelen (L297) her bir tetikleme, 74LS00 entegresinin 3 numaralı bacak çıkışına verilmektedir. 74LS00 entegresinin adım motora gönderilen her bir tetiklemeyi içeren 3 numaralı bacak çıkışında bir yükselticiden sonra 7490 entegresine verilmektedir. 7490 entegresi de gelen her bir tetiklemeyi saymakta ve ikili sayma düzenine çevirmektedir. Her 10 saymada entegre kendini resetlemektedir. İkili düzende yazılmış tetikleme sayısı, 7485 karşılaştırıcı (comparator) entegresinin A0, A1, A2, A3 bacaklarına verilmektedir. İstenilen adım sayısı entegrenin B0, B1, B2, B3 bacaklarına ikili sayma düzeninde 0'dan 10'a kadar yazılmaktadır. 7485 entegresi de A ve B kodlu bu bacakların eşit olup olmadığını kontrol etmektedir. Eşitlik sağlanınca entegrenin 6 numaralı bacağının gerilimi, 0'dan +5V gerilime yükselmektedir. Bu değişim, kesikli ve sürekli hareket devrelerinde adım motorun hareketini kontrol eden tetikleyici olarak kullanılmaktadır.

Adım sayısına göre, 7485 entegresinin B0, B1, B2, B3 bacaklarına verilmesi gereken gerilimler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Adım sayısına göre B0, B1, B2, B3'ün alacağı değerler.

Adım Sayısı	B0 (2^0)	B1 (2^1)	B2 (2^2)	B3 (2^3)
2	+ 5 V	T	T	T
4	+ 5 V	+ 5 V	T	T
6	+ 5 V	T	+ 5 V	T
8	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V	T

Tablo 1'deki T harfi toprak ya da 0 V gerilimi temsil etmektedir. Her eksen kontrol eden adım motorlar için belirlenen adım sayısı miktarları ayrıca adım sayaçları bölümünde görüntülenmektedir. Belirlenen adım sayısını görüntülemek için, 7 segmentli ortak katotlu minyatür görüntüleyici kullanılmıştır. Şekil 14'de ortak katotlu minyatür görüntüleyicinin önden görünüşü gösterilmektedir.



Şekil 14. Ortak katotlu minyatür görüntüleyici.

İstenilen adım sayısının görüntülenmesi için, ortak katotlu minyatür görüntüleyicinin hangi segmentlerinin yanması gerektiği belirlenmiştir. Belirlenen segmentlerin yanması için de görüntüleyicinin bacaklarına uygulanması gereken gerilimler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Adım sayısına göre, görüntüleyicinin bacaklarına uygulanması gereken gerilimler.

Görüntüleyicinin Bacak Numaraları										
Adım Sayısı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	+5V	+5V	T	-	Boş	+5V	+5V	Boş	-	+5V
4	-	-	T	+5V	Boş	+5V	-	Boş	+5V	+5V
6	+5V	+5V	T	+5V	Boş	-	-	Boş	+5V	+5V
8	+5V	+5V	T	+5V	Boş	+5V	+5V	Boş	+5V	+5V

Bu çalışmada yukarıda işlevleri açıklanan devreler önceden bord üzerinde tasarlanmış ve işlevsellikleri test edilmiştir. Daha sonra bu devrelerin elektronik kartlarının bilgisayarda çizimi yapılmıştır. Yapılan çizimlere göre elektronik kartların basımı yapılmış ve elektronik elemanları monte edilmiştir. Bir sonraki aşamada da bu elektronik kartların bir ünite içinde birbiriyle olan bağlantıları yapılmıştır.

Bu elektronik ünite sayesinde, sistem 4 farklı hareketi yapabilmektedir. Bunlar,

a. Başa Çekme Hareketi

Tarayıcı sistemin başa çekme hareketi sırasında her bir eksen kontrol eden adım motorları, algılayıcının üzerinde bulunduğu platformu başlangıç noktasına getirecek yönde dönmeye başlarlar. Her ekseninin başlangıç noktasında optik gözler yer almaktadır. Tarayıcı sistemi kontrol eden adım motorların durmasını bu optik gözler sağlamaktadır. Bu harekette adım motorlar birbirinden bağımsız çalışırlar. Tarayıcı sistem x ekseninde başlangıç noktasına geldiğinde x eksenini kontrol eden adım motoru optik göz sayesinde durur. Fakat bu sırada y ve z ekseninde başlangıç noktasına gelinmemiş olabilir. Bu durumda y ve z eksenini kontrol eden motorları, eksenlerde başlangıç noktasına gelene kadar çalışmasına devam ederler.

b. Sürekli Hareket

Sistemin sürekli hareketinde x eksenini kontrol eden adım motoru eksene yerleştirilmiş sınırlayıcı optik gözler arasında sürekli çalışmaktadır. Sistem sınırlayıcı optik gözün ışığını kestiğinde x eksenini kontrol eden motoru durmakta, y eksenini kontrol eden motor çalışmaktadır. Bu adım motoru istenilen adım kadar hareket ettikten sonra durmakta ve x ekseninde hareketi sağlayan adım motor geri dönü yönünde çalışmaya başlamaktadır. x-y düzleminde tarama işleminin bittiğini, y eksenine yerleştirilmiş sınırlayıcı optik gözler belirlemektedir. Sistem hem x hem de y eksenindeki sınırlayıcı optik gözlerin ışığını kestiye, bu durumda z eksenini kontrol eden adım motoru çalışmaya başlayacaktır. z eksenini kontrol eden adım motoru daha önceden belirlenen adım sayısı kadar hareket ettikten sonra duracak, y eksenini kontrol eden adım motoru belirlenen adım kadar geri yönde hareket edecektir. Daha sonra x eksenini kontrol eden motoru çalışmaya başlayacaktır. Sistem y eksenindeki diğer sınırlayıcı optik gözün ışığını kesene kadar, y eksenini kontrol eden adım motoru geri yönde hareket edecektir. Bu hareketler dizisi, x eksenine yerleştirilmiş ve sistemin durmasını sağlayan optik gözün ışığının, sistem tarafından kesilmesine kadar devam etmektedir.

c. Kesikli Hareket

Sistemin kesikli hareketinde x eksenini kontrol eden adım motoru eksene yerleştirilmiş sınırlayıcı optik gözler arasında istenilen adım miktarı kadar gidip orada bir süre bekledikten sonra tekrar istenilen adım kadar gitmesi suretiyle kesikli olarak çalışmaktadır. Sistem sınırlayıcı optik gözün ışığını kestiğinde x eksenini kontrol eden motoru durmakta, y eksenini kontrol eden motoru çalışmaktadır. Bu adım motor istenilen adım kadar hareket ettikten sonra durmakta ve x ekseninde hareketi sağlayan motor ise geri dönü yönünde çalışmaya başlamaktadır. X-Y düzleminde tarama işleminin bittiğini, y eksenine yerleştirilmiş sınırlayıcı optik gözler belirlemektedir. Sistem hem x hem de y eksenindeki sınırlayıcı optik gözlerin ışığını kestiye, bu durumda z eksenini kontrol eden adım motoru çalışmaya başlayacaktır. Z eksenini kontrol eden adım motoru daha önceden belirlenen adım sayısı kadar hareket ettikten sonra duracak, y eksenini kontrol eden adım motoru belirlenen adım kadar geri yönde hareket edecektir. Daha sonra x eksenini kontrol eden motoru çalışmaya başlayacaktır. Sistem y eksenindeki diğer sınırlayıcı optik gözün ışığını kesene kadar, y eksenini kontrol eden adım motor geri yönde hareket edecektir. Bu hareketler dizisi, x eksenine yerleştirilmiş ve sistemin durmasını sağlayan optik gözün ışığının, sistem tarafından kesilmesine kadar devam etmektedir.

d. Sistemin Eksenlerdeki Bağımsız Hareketi

Sistemin eksenlerdeki bağımsız hareketinde, adım motorlarının birbirinden bağımsız çalıştırılması sağlanmıştır. Harekette, istenilen motoru istenilen yönde çalıştırılabilmektedir. Çalıştırılan motorun gitmiş olduğu adım miktarında adım sayaçları tarafından görüntülenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ekinci, Ş., Tahribatsız Test : Ultrasonik - Seviye I, Ç.N.A.E.M. Endüstriyel Uygulama Notları, İstanbul, 1990
2. Cartz, L., Nondestructive Testing : Radiography, Ultrasonic, Liquid Penetrant, Magnetic Particle, Eddy Current, ASM Intl, 1988, ISBN: 0871705176
3. Silk M. G., Ultrasonic Transducers for Nondestructive Testing, Adem Hilger Ltd., Bristol, 1984.
4. Hagemaiier, D.J., Fundamentals of Eddy Current Testing, ASNT, 92, 1990, ISBN 0-931403-90-1
5. Bubenik, TA., Nesdroth, J.B., Eiber, RJ., Saffell, B.F., Magnetic flux leakage (MFL) technology for natural gas pipeline inspection., NDT & E International, Volume 31, Issue 5, 379, 1998.
6. Crouch, A.E., Beissner, R.E., Burkhardt, G.L , Creek, E.A., Grant, T.S., Magnetic flux leakage inspection of gas pipelines., NDT & E International, Volume 30, Issue 1, 31, 1997.
7. Katragadda, G., Lord, W., Sun, Y.S., Udpa, S., Udpa, L., Alternative magnetic flux leakage modalities for pipeline inspection, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 32, No. 3, 1581-1584, 1996,
8. Altschuler, E., Pignotti, A., Nonlinear model of flaw detection in steel pipes by magnetic flux leakage, NDT & E International, Vol. 28, Issue 1, 35-40, 1995.
9. Porter, P.C., Use of magnetic flux leakage (MFL) for the inspection of pipelines and storage tanks, NDT & E International, Vol. 30, Issue 1, 33, 1997.

10. Göktepe, M., Ege, Y., Bayri, N. and Atalay, S., Non-destructive crack detection using GMI sensor, Phys. Stat. Sol., No:12, 3436-3439, Almanya,2004.
11. Paulsen, J.A., Jiles, D.C., A magnetic imaging system for evaluation of material onditions using magnetoresistive devices, IEEE Transactions on magnetics, Vol. 39, No. 5, 2003.
12. Park, G.S., Park, E.S., İmprovement of the sensor system in magnetic flux leakage-type nondestructive testing, IEEE Transactions on magnetics, Vol.38, No. 2, 2002.
13. Gotoh, Y., and Takahashi, N., Study on problems in dedecting plural cracks by alternating flux leakage testing using 3-D nonlinear eddy current analysis, IEEE Transactions on magnetics, Vol. 39, No. 3, 2003 .
14. Chady, T., Ekokizono, M., Todaka, T., Tsuchida, Y. And Sikora, R., A family of matrix type sensor for dedection of slight flaws in conducting plates, IEEE Transactions on magnetics, Vol. 35, No. 5, 1999.
15. Oka, M. and Enokizono, M., A detection of backside crack using rotational magnetic flux sensor with search coils, IEEE Transactions on magnetics, Vol. 32, No. 5, 1996.
16. Oka, M. and Enokizono, M., Evaluation of a reverse-side defect on stainless steel plates by the residual magnetic field method, IEEE Transactions on magnetics, Vol. 36, No. 5, 2000.
17. Üstüner, A., İmalat Tekniğinden Kaynaklanan Hatalar, Ankara, 1981
18. Prokhorenko, P., Migoun, N., Introduction in Theory of Penetrant Testing, Minsk: Science & Technology, Russian, 1988.
19. Beattie, A.G., Acoustic Emission, Principles and instrumentation, Journal of Acoustic Emission, 1983.