



A NOVEL AD/DA CONVERTER FOR MAGNETIC NON-DESTRUCTIVE SYSTEMS

Yavuz EGE* & Mustafa GÖKTEPE**

*Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Bölümü, Balıkesir
yege@balikesir.edu.tr

**Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Balıkesir
goktepe@balikesir.edu.tr

ABSTRACT

In this paper, a magnetic non-destructive system was constructed to detect surface cracks on a ferromagnetic materials. An analog-dijital converter interface board has been designed for a magnetic non-destructive system, to collect data by using a personel computer. The electronic circuit and operating principles of board will be given in detail.

Key words: *Scanner System, Sensor, Analog Data*

MANYETİK TAHRİBATSIZ TEST SİSTEMLERİ İÇİN YENİ BİR ANALOG-DİJİTAL DÖNÜŞTÜRÜCÜ

ÖZET

Bu çalışmada ferromanyetik malzemelerde herhangi bir sebeple oluşan çatlakların belirlenebilmesi için, üç boyutta hareket edebilen bilgisayar kontrollü 3D tarayıcı sistem geliştirilmiştir. Sistemin değişik bölgelerine üç farklı değişkeni ölçen algılayıcılar yerleştirilmiştir. Bu algılayıcılardan gelen analog veriler değişik elektronik kartlardan geçerek bilgisayarın paralel portuna verilmiş Visual Basic'te yazılan programla bir text dosyasına aktarılmıştır. Bu makalede 3D tarayıcı sistemde üç farklı algılayıcıdan gelen analog verilerin bilgisayara aktarımının nasıl yapıldığı ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Tarayıcı Sistem, Algılayıcı, Analog Veri*

1. GİRİŞ

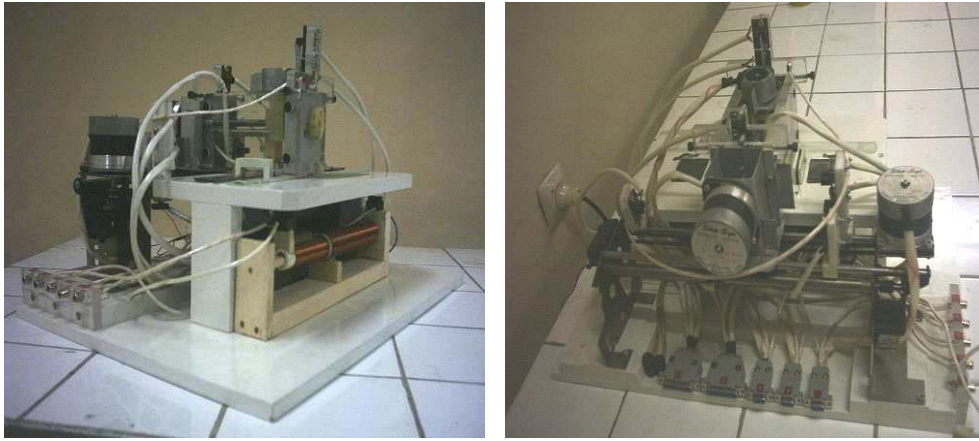
Günümüzde deneysel çalışmalarda analog sinyallerin büyüklüğü voltmetre ile belirlenebildiği gibi osiloskop ekranında da bu analog sinyali izleme imkanı vardır. Birkaç ölçümlük deneylerde bu araçlardan yararlanılabilir. Fakat sadece bir deneyde 6000-7000 analog veri alınacaksa bu araçları kullanmak hem işgücü kaybına hem de ölçüm zamanının

artmasına sebep olacaktır. Bu yüzden deneyde alınacak analog bilgilerin bir bilgisayar kanalıyla otomatik olarak okutulması gerekmektedir. Genelde endüstride, malzemelerdeki mekanik çatlakların belirlenmesinde sıkça kullanılan tahribatsız test sistemlerinde, analog veriler bilgisayarla otomatik olarak alınmaktadır. Özellikle girdap akımları [1-4], akustik emisyon [2,3,5] ve manyetik akı kaçakları [6-11] testlerinde kullanılan manyetik algılayıcıların malzeme üzerindeki hassas hareketlerinde, algılayıcıda oluşan analog sinyalin otomatik olarak alınması ölçüm hassasiyetini ve güvenilirliğini arttırmaktadır. Böyle bir testte ölçüm güvenirliliğinin yüksek olması hem verimi arttırmakta hem de mali kayıpları önlemektedir. Bu doğrultuda bu çalışmada literatürdeki diğer tarayıcı sistemlerde incelenerek [12-17], endüstride kullanılan ferromanyetik malzemelerin manyetik akı kaçakları testinin yapılabilmesi için, üç boyutta hareket edebilen adım motor kontrollü 3D tarayıcı sistem geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, dizayn edilen 3D tarayıcı sistemin kısa tanıtımından sonra, sistemde algılayıcıdan gelen analog verilerin bilgisayara nasıl aktarıldığı ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

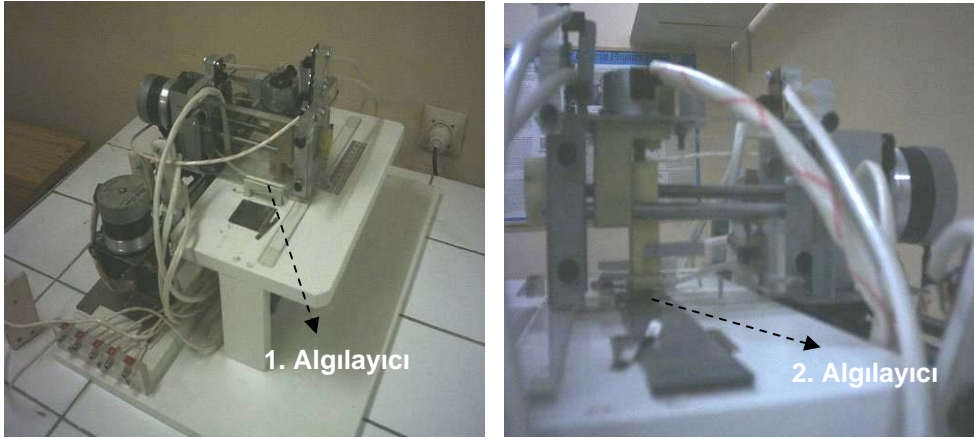
2. 3D TARAYICI SİSTEM VE ALGILAYICILARIN KONUMU

Bu çalışmada mıknatıslanmış malzemelerdeki süreksizliklerin fiziksel özelliklerini tespit edebilmek için geliştirilen 3D Tarayıcı sistemin mekaniğinde, manyetik özellik göstermeyen alüminyum levha, civa çeliği, plexe glass ve kestamit türü malzemeler kullanılmıştır. Sistemde, manyetik algılayıcının hareketini sağlayan platformun üç boyuttaki hareketi, herbir eksenini kontrol eden üç adım motor tarafından sağlanmaktadır. Bununla birlikte 3D tarayıcı sistemde, yüzeyi taranacak malzemenin mıknatıslanmasını sağlayan U şeklindeki mıknatıslayıcı çekirdek de yer almaktadır. Şekil 2.1’de manyetik akı kaçakları testi için geliştirilen adım motor kontrollü 3D tarayıcı sistem gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Oluşturulan 3D Tarayıcı sistemin görünümü

Şekil 2.1’de görülen 3D tarayıcı sistem üzerinde iki değişik amaç için kullanılan iki manyetik algılayıcı mevcuttur. Şekil 2.2’de bu algılayıcıların sistemdeki konumları gösterilmektedir.

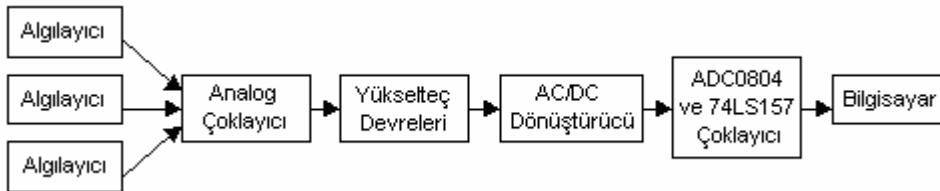


Şekil 2.2 3D Tarayıcı sistemde manyetik algılayıcıların konumu

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi 1. algılayıcı örnek malzemeye geçen manyetik akı yoğunluğunu belirlemekte, 2. algılayıcı ise hareketli olup örnek malzeme yüzeyine dik manyetik akı kaçaklarını tespit etmektedir. Manyetik akı kaçakları testinde örnek malzemedeki süreksizliğin fiziksel özelliklerini bulabilmek için manyetize edici bobine verilen akım değerinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada 3D tarayıcı sistem üzerindeki iki manyetik algılayıcıdan gelen analog verilerin yanısıra manyetize edici bobine verilen akım değeri de belirlenmiştir. Bu üç analog verinin aynı anda sistem hareketliken bilgisayar tarafından okutulması için bir elektronik ünite geliştirilmiştir.

3. ALGILAYICIDAN GELEN ANALOG VERİNİN İŞLENMESİ

3D Tarayıcı sistemde üç farklı yerden gelen analog bilgilerin bilgisayar tarafından okunabilmesi için geliştirilen elektronik üniteye hangi elektronik kartlardan geçtiği blok diyagram olarak Şekil 3.1’de gösterilmektedir.

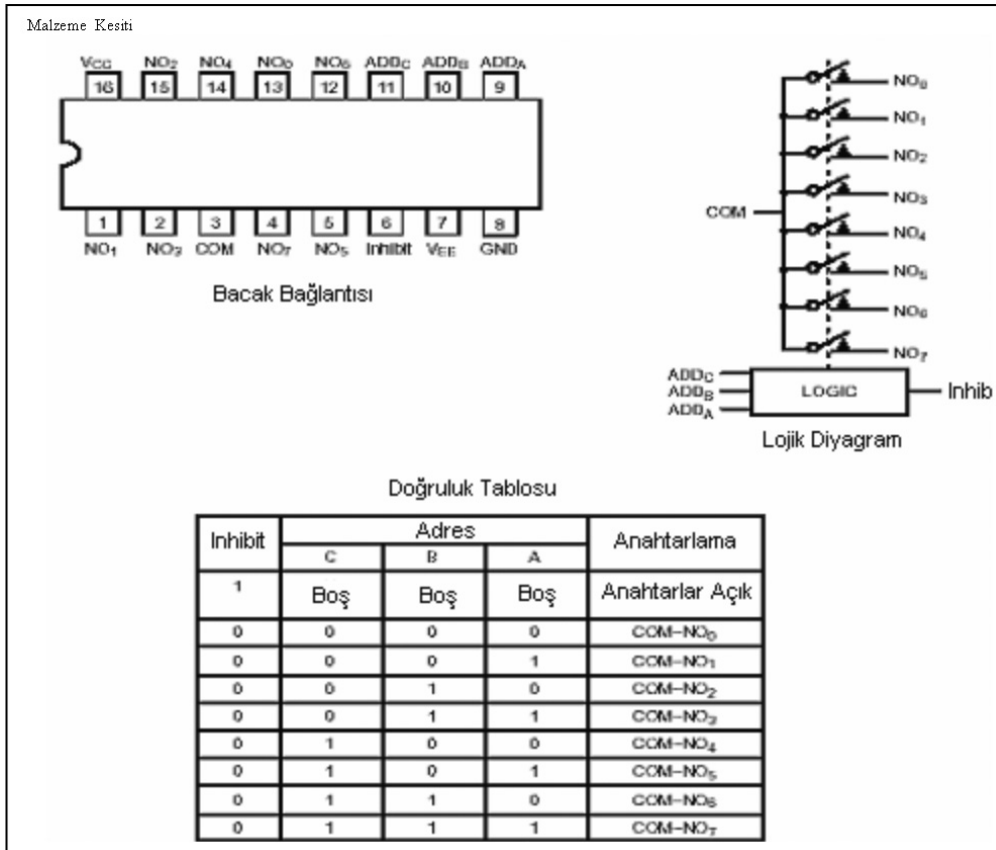


Şekil 3.1 Algılayıcıdan bilgisayara analog bilgi aktarımı

Şekil 3.1’de de görüldüğü üzere, analog bilginin algılayıcıdan bilgisayara varana kadar işlevi birbirinden farklı 4 elektronik devreden geçmektedir. Bu elektronik devrelerin yapısı ve işlevleri aşağıda sırasıyla tartışılmıştır.

3.1 Analog Çoklayıcı (Multiplexer)

Bu çalışmada analog çoklayıcı (multiplexer) olarak 4051 entegresi kullanılmıştır. Bu entegre, iletimde elektronik anahtar olarak kullanılmaktadır. Bu entegreye 8 farklı bilgi girişi yapılabilmekte, entegrenin kontrol uçları sayesinde bu 8 bilgi girişinden hangisinin com (ortak) ucuyla bağlantı kuracağı belirlenmektedir. Bu çalışmada kullanılan analog çoklayıcının (4051) bacak bağlantısı, lojik diyagramı ve doğruluk tablosu Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Analog çoklayıcının genel bilgileri

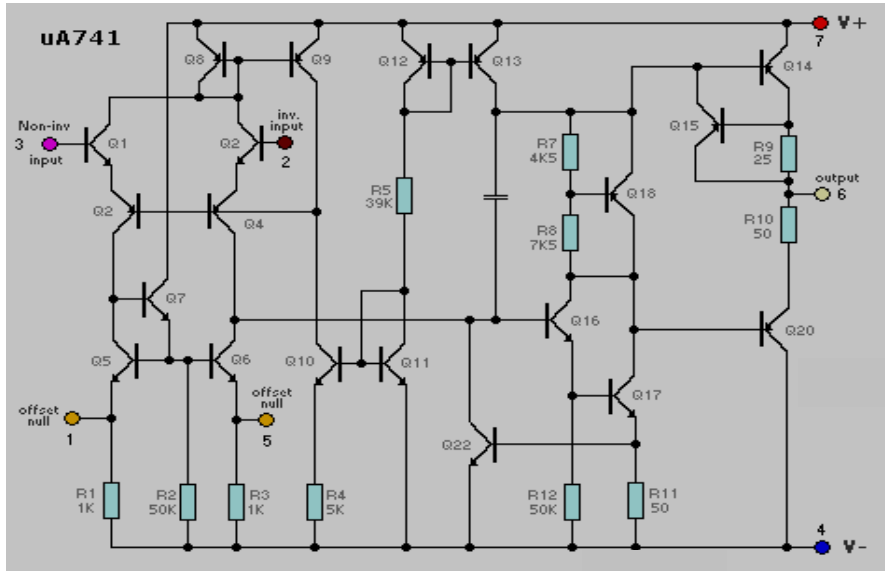
Şekil 3.2’de de görüldüğü gibi, 4051 entegresinin 6 nolu bacağına +5V voltaj uygulandığında Lojik diyagramdaki bağlantılar pasif halde, aynı bacağına 0 V (toprak) uygulandığında Lojik diyagramdaki bağlantılar aktif hale gelmektedir. Entegrenin adres

uçları olan 9, 10 ve 11 bacaklarına doğruluk tablosunda yer alan uygun sinyalleri göndererek istenilen bağlantı kurulabilmektedir. Doğruluk tablosundaki 0 ve 1 lojik değerlerdir. Bunların analog karşılıkları ise 0 ve +5 Volttur.

Bu çalışmada üç farklı analog bilgi, entegrenin sırasıyla NO_0 , NO_1 , NO_2 giriş bacaklarına verilmiştir. Doğruluk tablosundan da görüleceği gibi, bu üç girişin ortak (com) çıkış bacağıyla bağlantısının kurulabilmesi için entegrenin 6 ve 11 bacaklarına 0 V (Lojik "0") verip, 9 ve 10 numaralı bacaklarını kontrol etmek gerekmektedir. Entegrenin bu bacakları, bilgi okumada kullandığımız ikinci bir paralel portun 2 ve 3 numaralı data port pinleriyle kontrol edilmektedir. Bu çalışmada, data portunun 2 numaralı pini entegrenin 9 numaralı bacağına, 3 numaralı pini ise entegrenin 10 numaralı bacağına bağlanmıştır. Data portuna programla gönderilen 0, 1, 2 verileri, sırasıyla ortak (com) çıkış bacağıyla NO_0 , NO_1 , NO_2 giriş bacaklarını ilişkilendirmektedir. Bu entegre sayesinde algılayıcılardan gelen üç analog bilginin sırasıyla bilgisayara geçişi sağlanmıştır.

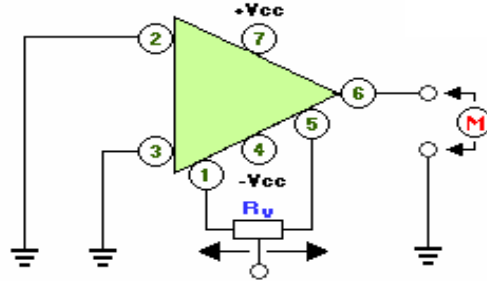
3.2 Yükseltec Devreleri

Algılayıcılardan gelen sinyalin voltaj değerinin küçük olması sebebiyle, sinyalin genliği yükseltilecek, analog-dijital çeviricinin okuma sınırları içine getirilmiştir. Sinyalin voltaj değerinin yükseltilmesi içinde Şekil 3.3'de iç dizaynı gösterilen UA 741 entegresi kullanılmıştır.



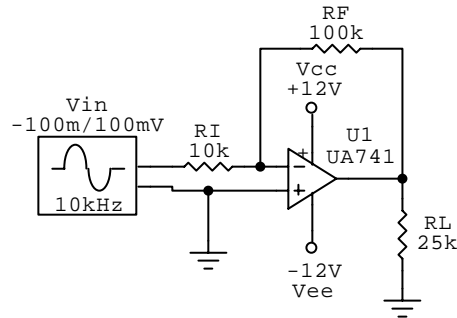
Şekil 3.3 UA741 Entegresinin iç dizaynı

UA741 entegresinin doğru bir yükseltme yapabilmesi için, entegrenin 6 numaralı çıkış bacağına sıfırlanması gerekmektedir. Bu amaçla entegre Şekil 3.4'deki gibi bağlanarak sıfır ayarı yapılmıştır.



Şekil 3.4 UA 741 Entegresinin sıfır ayarı

Entegrenin çıkışının sıfırlanması, Şekil 3.4'deki gibi bağlandıktan sonra voltmetredeki voltaj değeri sıfırlanana kadar R_v direncinin değeri değiştirilmesiyle sağlanmıştır. Bu işlemden sonra UA741 entegresini kullanırken 1 ve 5 bacakları arasındaki bağlantı sabit bırakılmıştır. 3D Tarayıcı sistemin elektronik yükselteç devresinde kullanılan her bir işlemsel yükseltecin (UA741) sıfır ayarı yapılmıştır. Şekil 3.5'de sıfır ayarı yapılmış bir UA741 entegresiyle elde edilen yükselteç devresi örneği gösterilmektedir.



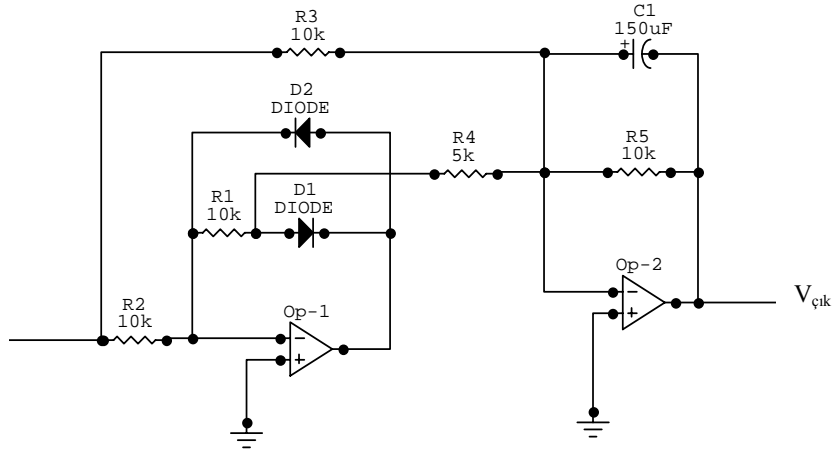
Şekil 3.5 Yükselteç devresi

UA741 entegresinin gelen sinyalin voltajını ne kadar yükselttiği R_f 'nin R_i 'ye oranıyla belirlenmektedir. Örneğin Şekil 3.5'de 100 mV'luk sinüs sinyali UA741 entegresiyle 10 kat yükseltilmektedir. Bu çalışmadaki elektronik yükselteç devresinin dizaynında da bu örnekte olduğu gibi R_f ve R_i direnç değerleri ayarlanarak, istenilen miktar kadar, sinyalin genliğinin yükseltilmesi sağlanmıştır. Algılayıcıdan gelen sinyalin bozulmaması için, sadece bir tane

UA741 entegresi kullanılarak gelen sinyal bir seferde yükseltilmemiştir. Algılayıcıdan gelen analog sinyal ilk önce 3 kat yükseltildikten sonra entegrenin çıkışı bir başka UA741'e verilmiş ve sinyal 10 kat daha yükseltilmiştir. Dolayısıyla sinyal, toplam $10 \times 3 = 30$ kat yükseltilmiş olmaktadır. Sinyal 30 kat yükseltildikten sonra, ardarda üç UA741 entegresinden daha geçirilmiş ve her bir entegrenin çıkışında sinyalin genliği başlangıçtaki değerine göre sırasıyla 45, 135, 405 kat yükseltilmesi sağlanmıştır. Bu şekilde elektronik yükselteç devresi sayesinde sinyal kademeli olarak, bozulmadan başlangıç değerine göre 10, 30, 45, 135, 405 kat yükseltilmiştir. Her yükseltmeden sonra entegre çıkışları bir komütatöre verilmiş ve algılayıcıdan gelen sinyallerin voltaj büyüklüklerine göre, istenilen yükseltme miktarı komütatörden ayarlanabilme olanağı sağlanmıştır. Komütatörün çıkışı da AC/DC dönüştürücüye verilmiştir.

3.3 AC/DC Dönüştürücü

Algılayıcıdan gelen sinyalin frekansını yüksek olması sebebiyle analog-sayısal dönüştürücüden bilgisayara aktarılan verinin hassasiyeti düşmektedir. Bu yüzden algılayıcıdan gelen sinyalin doğrultularak, aynı voltaj değerine sahip DC gerilim haline dönüştürülmesi veri okumadaki hassasiyeti arttıracak düşünölmüştür. Bu amaç Şekil 3.6'daki rms ayarı yapılabilen, bire bir AC/DC dönüştürücü devresi tasarlanmıştır.



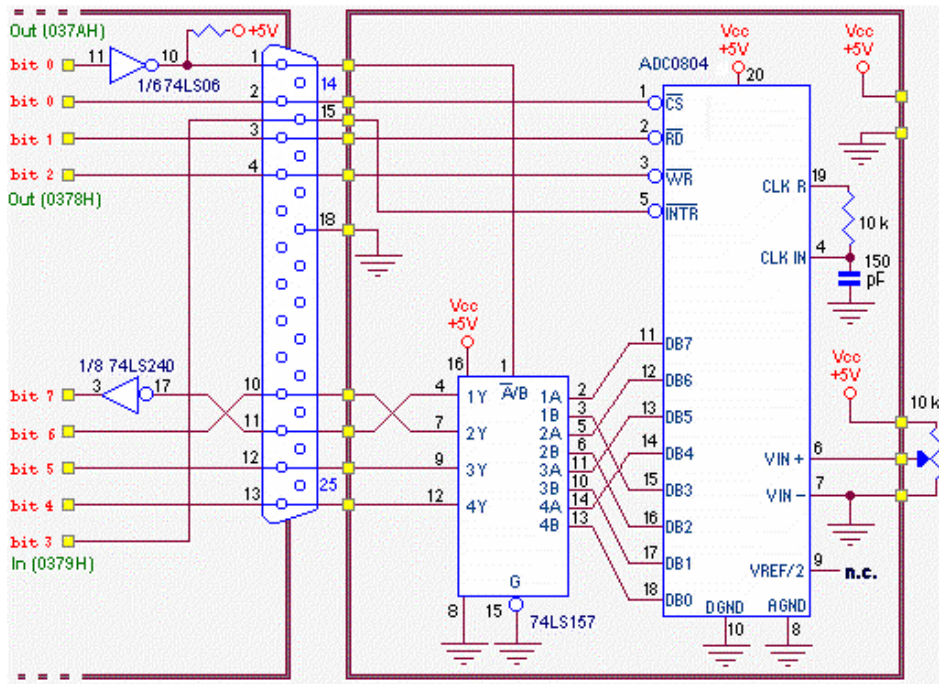
Şekil 3.6 AC/DC Dönüştürücü

Şekil 3.6'da da göröldüğü gibi AC/DC dönüştürücü, işlemsel yükselteçlerle yapılmış bir yarım dalga doğrultucu ile bir toplayıcının ardarda bağlanması ile elde edilmiştir. Devrede R_3 ve R_4 'ün girişlerindeki gerilimler, R_3 ve R_4 giriş dirençlerinde toplanmaktadır. Toplama yükseltecinin girişlerinden biri V_{in} 'dir ve bu girişten dolayı oluşan çıkış bileşeni V_{in} 'in ters çevrilmiş halidir. Toplama yükseltecinin diğer girişi, yarım dalga doğrultucusunun çıkışıdır. Bu sinyal, -2 kazancı ile işlem görür ve bu girişten dolayı oluşan çıkış bileşeni doğrultucu çıkışının tersinin iki katıdır.

AC/DC çeviricinin elektronik kartı geliştirilen elektronik üniteyle ilişkilendirilmeden önce kartın V_{in} girişine alternatif akım sinyali girilerek $V_{çık}$ çıkış ucundan doğru akım sinyali oluşup oluşmadığı kontrol edilmiştir. R_s direnci ayarlanarak rms ölçeklendirme yapılmıştır. Girişteki AC sinyalin voltajı ile çıkıştaki DC sinyalin voltajı eşit olması R_s ayarlı direncinin değeri değiştirilerek sağlanmıştır.

3.4 Analog-Dijital Çevirici

Algılayıcıdan gelen analog sinyalin DC sinyal haline getirilmesinden sonra, bu sinyalin geriliminin, bilgisayarın anlayabileceği dijital bilgiye çevrilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, algılayıcıdan gelen analog bilginin bilgisayarın anlayacağı sayısal (dijital) bilgiye çevrilmesi ADC0804 entegresi ile sağlanmıştır. Daha sonra ADC0804 entegresinin 8 bit'lik sayısal çıkışını 4'er bit'lik iki ayrı bilgiye ayıran ve bunları sırasıyla bilgisayara aktarabilen 74LS157 entegresi kullanılmıştır. 74LS157 entegresinin 4 bit'lik çıkışı paralel portun 5 pin'lik durum (status) portuna girilmiştir. Durum portuna gelen bilgiler yazılan programla alınıp bir dosyada kaydedilmiştir. Bu çalışmada analog bilginin, sayısal bilgiye çevrilmesinde kullandığımız ADC0804 ile 74LS157 entegresinin birbiriyle ve paralel portla nasıl ilişkilendirildiği Şekil 3.7'de gösterilmektedir.



Şekil 3.7 ADC0804 ve 74LS157 entegrelerinin bağlantısı

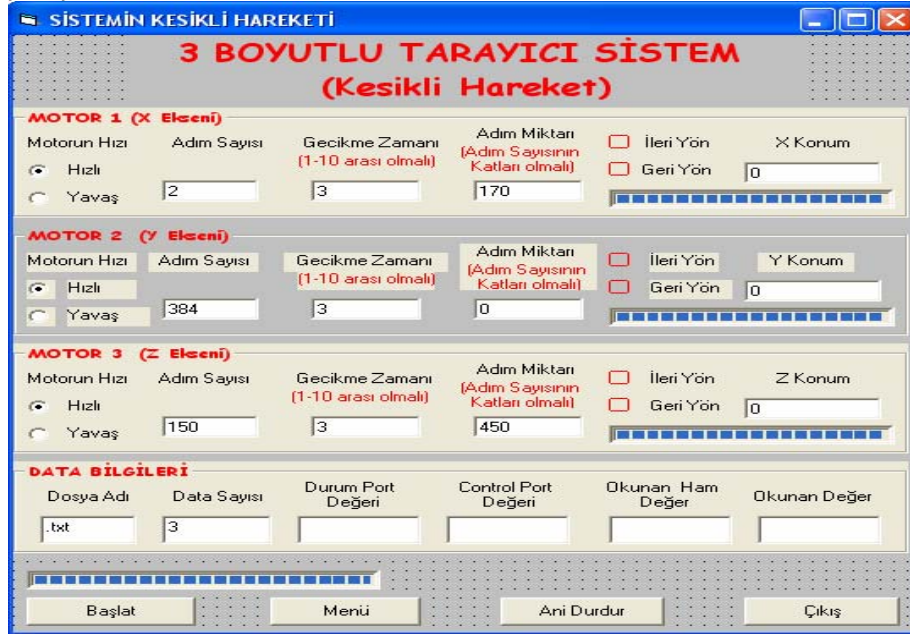
Algılayıcıdan gelen analog sinyal, istenilen miktar kadar yükseltildikten ve DC sinyale dönüştürüldükten sonra, ADC0804 entegresinin 6 numaralı bacağına verilmiştir. ADC0804 entegresine gelen bu analog sinyal, önce ADC0804 entegresiyle 8 bitlik dijital bilgiye sonra

da 74LS157 entegresi tarafından 4'er bitlik iki sayısal bilgiye çevrilip bilgisayarın paralel portunun durum port pinlerine verilmiştir. ADC0804 entegresinin 6 numaralı bacağına, voltaj değeri 0-5 V arasında olan analog sinyaller girilebilmektedir. Bu yüzden algılayıcıdan gelen sinyal, yükseltirken bu durum dikkate alınmalıdır.

Yukarıda sırasıyla bahsedilen ve algılayıcıdan gelen analog sinyalin bilgisayara aktarımında kullanılan tüm devrelerin kart basımı yapılmadan önce devrelerin işlevleri denenmiştir. Daha sonra kart basımı yapılmış ve elektronik elemanlar monte edilmiştir. En son aşamada da bu elektronik kartlar bir elektronik ünite içine yerleştirilerek 3D Tarayıcı sistemle ve bilgisayarla olan bağlantıları sağlanmıştır. 3D Tarayıcı sistemde yer alan manyetize edici bobinin farklı frekanslarda mıknatıslanabilmesi için gerekli sinyal jeneratörü ve amplifikatör bağlantıları da tamamlanarak yeni bir Manyetik Tahribatsız Test Sistemi geliştirilmiştir.

4. BİLGİSAYAR PARALEL PORTUNUN PROGRAMLANMASI

Tarayıcı sistemdeki adım motorların kontrolü ve tarama işlemi sırasında algılayıcıdan gelen bilgileri bir text dosyasına almak için yazılan program üç arayüzden oluşmaktadır (Şekil 4.1). Bunlara menü, kesikli hareket, başa çekme isimleri verilmiştir. Diğer programlarda paralel porta ulaşmakta kullandığımız OUT ve INP komutlarının Visual Basic altında kullanabilmek için inpout32.dll dosyasının program ile aynı klasörde bulunması gerekmektedir. Bu yüzden programın bulunduğu klasöre inpout32.dll dosyasını içinde barındıran D\portIO adında bir modül eklenmiştir. Bu modül sayesinde paralel porta ulaşılmıştır.

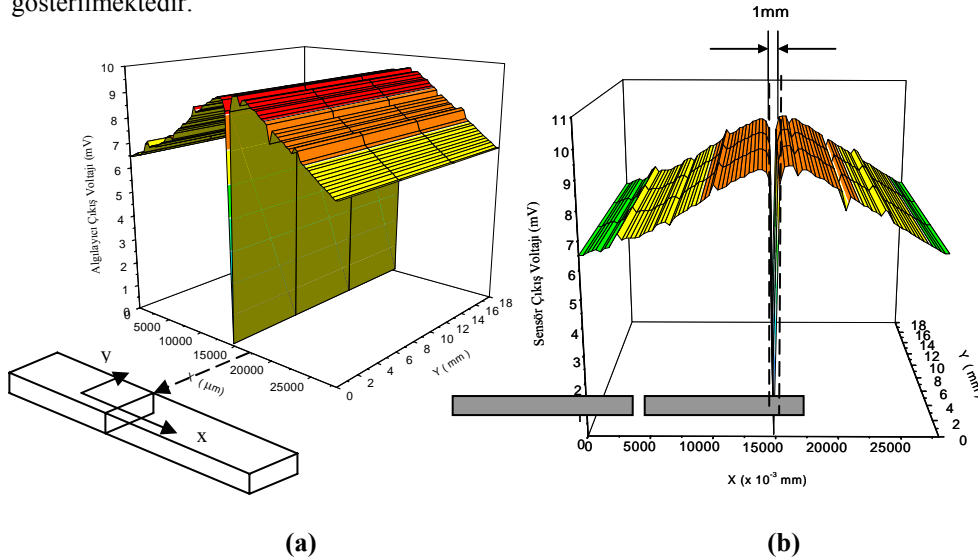


Şekil 4.1 Programın “Kesikli hareket” isimli arayüzü.

Geliştirilen program çalıştırıldığında ilk olarak menü arayüzü ekrana gelir. Bu arayüz sayesinde algılayıcıdan gelen verilerin hangi klasör altında ve hangi isimli text dosyasında saklanacağı belirlenerek, kesikli hareket arayüzüne geçiş sağlanır. Şekil 4.1’de de görüldüğü gibi kesikli hareket arayüzüyle her adım motorunun kaç adım aralıklarla ne kadar adım gideceği belirlenir ve daha sonra “başlat” komut butonuyla program çalıştırılır. Program çalışmasıyla harekete geçen adım motorlar Şekil 2.2’de gösterilen 2. algılayıcıyı istenilen noktalara götürür ve konum bilgileriyle birlikte algılayıcıdan gelen veriler daha önce belirlenen text dosyasına kaydedilir. Ayrıca bu veriler “Data Bilgileri” bölümünde görüntülenir. Bununla birlikte herhangi bir durumda program tamamlanmadan ya da deney bitmeden “Ani Durdur” komutuyla çıkılabilir. Deney bitiminde “Çıkış” komut butonu ile “Başa Çekme” arayüzüne geçerek tarayıcı sistemdeki 2. algılayıcı başlangıç noktasına çekilir.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Geliştirilen sistemle yapılan deneysel çalışmalarımızda herhangi bir malzeme yüzeyindeki manyetik akı kaçaklarını test ederken, Şekil 2.2’de gösterilen 2. algılayıcı, ferromanyetik malzeme yüzeyinde x-y ekseninde programa girilen değerlerde hareket ettirilmiş ve algılayıcı çıkış voltajları ile her gidilen konumun hem adım hem de mm karşılıkları ilgili text dosyasına program aracılığı ile otomatik kaydedilmiştir. Daha sonra text dosyadan 2. algılayıcının çıkış voltaj değerleri ile konum değerleri alınarak, algılayıcının çıkış voltajının x-y konumuna göre değişimi Şekil 5.1’deki gibi grafiklere dönüştürülmüştür. Bu grafikten yararlanılarak taranan ferromanyetik malzemedeki çatlakların genişliği, şekli, derinliği ve merkezi konusunda somut bilgiler elde edilmiştir[18]. Ayrıca tarama esnasında her iki algılayıcıdan gelen verilerin ışığında malzemenin çatlaklı bölgesindeki manyetik akı profili tespit edilebilmektedir[19]. Örneğin, Şekil 5.1’de ilgili ferromanyetik malzemedeki çatlakların, merkezinin, şeklinin ve genişliğinin grafik üzerinde doğrudan bulunuşu gösterilmektedir.



Şekil 5.1. 1mm çatlak genişliğine sahip 0.3 mm kalınlığındaki ferromanyetik malzemenin yüzey taraması sırasında algılayıcının çıkış voltajının konuma göre değişimi

Şekil 5.1a'da algılayıcı çıkış voltajının sıfır olduğu yer, çatlakın merkezini; y eksenini boyunca algılayıcı çıkış voltajlarının sıfır olduğu noktaların oluşturduğu çizgi, çatlakın x-y düzlemindeki şeklini vermektedir. Şekil 5.1b'de ise tarama esnasında algılayıcı çıkış voltajının maksimum olduğu iki konum arasındaki mesafenin, çatlakın genişliğini doğrudan verdiği gösterilmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Manyetik akı kaçakları testinde bir malzemede herhangi bir sebepten dolayı oluşan çatlakın fiziksel özelliklerini doğru olarak belirlemede algılayıcının algılama kabiliyetinin yanısıra algılayıcıda oluşan analog voltajın doğru olarak bilgisayara aktarılması da önemli bir faktördür. Bu yüzden analog-dijital çeviricinin önemi büyüktür. Çalışmamızda kullanılan analog dijital çevirici entegre, analog veriyi 8 bitlik dijital veriye çevirmektedir. Bu şekilde bilgisayara aktarılan voltaj değerleriyle voltmetrede okunan değerler arasında 0.05 mV'tun altında ufak hatalar oluşmaktadır. Fakat bu hata payı geliştirilen Manyetik Tahribatsız Test Sistemi ile ferromanyetik malzeme üzerindeki 0.33 mm genişliğindeki bir çatlakın fiziksel özelliklerini bulmada etkin rol olmamaktadır. Çünkü bu büyüklükteki bir çatlakta algılayıcıda oluşan voltaj değerleri 9 mV civarlarında olduğu için, 0.05 mV bir hata algılayıcı çıkış voltajının x-y konumuna göre değişim karakteristiği değişmemektedir. Ancak çatlak genişliği mikro düzeye inerse bu durumda algılayıcıdaki voltaj değeriyle hata değeri kıyaslanabilir hale gelir ki bu da grafikteki karakteristiği bozar ve çatlakın fiziksel özellikleri belirlenemez. Bu yüzden analog dijital çeviricinin bu sabit hatasının minimum düzeyde olması sistemin çatlak belirlemedeki hassasiyetini artırır. Bunun durumunda analog voltajı 12 bit'lik dijital veriye çeviren entegreler kullanmak daha uygun olacaktır.

Öte yandan analog dijital çevirici entegrenin veri gönderme hızı ya da diğer bir deyişle bir analog veriyi dijital veriye dönüştürme hızı da önemlidir. Çünkü malzeme yüzeyi hızlı bir şekilde taransa, algılayıcının konum değiştirme süresiyle analog voltajın dijital çevrilme süresi uyumlu olmaz ve bu da veri kaybına sebep olur. Çalışmamızda her konumdaki voltaj değerleri yaklaşık bir saniye aralıkla alındığı için herhangi bir hata ya da veri kaybı olmamıştır. Fakat bu sistem endüstride kullanılacak olursa muhakkak bu durum gözardı edilmemelidir.

Çalışmamızda kullandığımız analog dijital çevirici dijital veriyi bilgisayara paralel göndermektedir. Halbuki bu veri ADC0831, ADC0832 çeviricilerle seri 8 bit olarak da gönderilebilir. Fakat süre bu durumda bir miktar uzamaktadır. Ancak bir paralel portla 4 veya 5 tane algılayıcıdan gelen voltajları paralel olarak göndermek mümkün değildir. Çünkü port üzerinde yeterli sayıda giriş pini yoktur. Bu yüzden tarama işlemini yavaşlatıp, algılayıcılardan gelen voltaj değerlerini 8 bit'lik seri dijital veriye çeviren entegreler kullanılmalıdır.

Diğer yandan Manyetik Tahribatsız Test Sistemi için geliştirdiğimiz bu analog dijital çeviricinin ucuz maliyetli oluşu ve çeviriciyi adresleme ile çevirici bitlerini okuma için yazılan programın ticari olmayışı en önemli avantajlarıdır. Ayrıca bu analog dijital çevirici kartı bir bilgisayarın anakartına uyumlu hale getirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] L. Cartz, *Nondestructive Testing : Radiography, Ultrasonic, Liquid Penetrant, Magnetic Particle, Eddy Current*, ASM Intl, (1988), ISBN: 0871705176
- [2] Ş. Ekinci, *Tahribatsız Test : Ultrasonik - Seviye I, Ç.N.A.E.M. Endüstriyel Uygulama Notları*, İstanbul, (1990)
- [3] A. Üstüner, *İmalat Tekniğinden Kaynaklanan Hatalar*, Ankara, (1981)
- [4] D.J. Hagemeyer, *Fundamentals of Eddy Current Testing*, ASNT, (1990), 92, ISBN 0-931403-90-1
- [5] A.G. Beattie, *Acoustic Emission, Principles and instrumentation*, Journal of Acoustic Emission, (1983)
- [6] T.A. Bubenik, J.B. Nesdroth, R.J. Eiber, B.F. Saffell, *Magnetic flux leakage (MFL) technology for natural gas pipeline inspection*, NDT & E International, Volume 31, Issue 5, (1998), 379
- [7] A.E. Crouch, R.E. Beissner, G.L. Burkhardt, E.A. Creek, T.S. Grant, *Magnetic flux leakage inspection of gas pipelines*, NDT & E International, Volume 30, Issue 1, (1997), 31
- [8] G. Katragadda, W. Lord, Y.S. Sun, S. Udpa, L. Udpa, *Alternative magnetic flux leakage modalities for pipeline inspection*, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 32, No. 3, (1996), 1581–1584
- [9] E. Altschuler, A. Pignotti, *Nonlinear model of flaw detection in steel pipes by magnetic flux leakage*, NDT & E International, Volume 28, Issue 1, (1995), 35-40
- [10] P.C. Porter, *Use of magnetic flux leakage (MFL) for the inspection of pipelines and storage tanks*, NDT & E International, Volume 30, Issue 1, (1997), 33
- [11] M. Göktepe, Y. Ege, N. Bayri and S. Atalay, *Non-destructive crack detection using GMI sensor*, Phys. Stat. Sol., No:12, Almany, (2004), 3436-3439
- [12] J.A. Paulsen, D.C. Jiles, *A magnetic imaging system for evaluation of material conditions using magnetoresistive devices*, IEEE Transactions on magnetics, Vol. 39, No. 5, (2003)
- [13] G.S. Park, E.S. Park, *Improvement of the sensor system in magnetic flux leakage-type nondestructive testing*, IEEE Transactions on magnetics, Vol.38, No. 2, (2002)
- [14] Y. Gotoh, and N. Takahashi, *Study on problems in detecting plural cracks by alternating flux leakage testing using 3-D nonlinear eddy current analysis*, IEEE Transactions on magnetics, Vol. 39, No. 3, (2003)
- [15] T. Chady, M. Ekokizono, T. Todaka, Y. Tsuchida And R. Sikora, *A family of matrix type sensor for detection of slight flaws in conducting plates*, IEEE Transactions on magnetics, Vol. 35, No. 5, (1999)

- [16] M. Oka and M. Enokizono, *A detection of backside crack using rotational magnetic flux sensor with search coils*, IEEE Transactions on magnetics, Vol. 32, No. 5, (1996)
- [17] M. Oka and M. Enokizono, *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)
- [18] M.Göktepe, Y.Ege, “*Ferromanyetik malzemelerde oluşan çatlak şeklinin manyetik akı kaçakları yöntemiyle belirlenmesi*”, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü Dergisi, sayı:2-1, 9-18, (2006)
- [19] M.Göktepe, Y.Ege, “*Ferromanyetik malzemelerdeki çatlakların belirlenmesi ve çatlak bölgesindeki kaçak manyetik akının üç boyutta simülasyonu*”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü Dergisi, sayı:10-1, 23-32, (2006)

