

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ULTRASONİK TRANSDÜSERLE BİLGİSAYAR  
DESTEKLİ HACİM HESAPLAMA UYGULAMASI**

Elektrik Müh. Mehmet Rıza ÖZ

**FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Kontrol ve Otomasyon Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Kayhan GÜLEZ**

**İSTANBUL, 2005**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	v
KISALTMA LİSTESİ .....	vi
ŞEKİL LİSTESİ .....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	ix
ÖNSÖZ .....	x
ÖZET .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. ULTRASONİK ENERJİYE GENEL BAKIŞ .....	3
2.1 Ultrasonik Tarihçesi .....	3
2.2 Ultrasonik Nedir? .....	3
2.3 Ultrasonik Enerji Kullanım Alanları .....	3
2.3.1 Ultrasonik Kaynak .....	3
2.3.2 Endüstriyel Yıkama Makineleri .....	4
2.3.3 Jeoloji .....	5
2.3.4 Robotik Uygulamalar .....	5
2.3.5 Tekstil Boyama .....	5
2.3.6 Otomotiv Sektöründe .....	5
2.3.7 Otomasyon Sistemlerinde .....	5
2.3.7.1 Kuru Madde Seviyesi Ölçümü .....	6
2.3.7.2 Sıvı Seviyesi Ölçümü .....	6
2.3.7.3 Yükseklik ve Genişlik Algılanması .....	6
2.3.7.4 Rulo Çapının Algılanması .....	7
2.3.7.5 Yığın Yüksekliği Algılanması .....	7
2.3.7.6 Nesne Boyutlarının Ölçülmesi .....	7
2.3.7.7 Bağlantı Kopma Algılanması .....	8
2.3.8 Hava Kaçaklarının Anlaşılması .....	8
2.3.9 Haşere Kovma .....	8
2.3.10 Tıp Sektörü .....	9
2.3.11 Ultrasonik Motorlar .....	9
3. ULTRASONİK ALGILAYICI İLE MESAFE ÖLÇÜMÜ NASIL GERÇEKLEŞTİRİLİR? .....	10
3.1 Klasik Ultrasonik Uzaklık Algılayıcısı Nasıl Çalışır? .....	10
3.2 Ultrasonik Uzaklık Algılayıcısı Seçimi .....	12
3.2.1 Sesi Hızının Hava Ortamında Sıcaklığın Bir Fonksiyonu Olarak Değişimi .....	12

3.2.2	Sesin Dalga Boyunun Ses Hızı ve Frekansının Fonksiyonu olarak Değişimi .....	14
3.2.3	Çevresel Gürültüler .....	15
3.2.4	Ses Dalgalarının Frekans ve Neme Göre Değişimi .....	15
3.2.5	Ses Basıncına Mesafe, Yayılım Ortamı ve Frekansın Etkisi .....	16
3.2.6	Farklı Ultrasonik Frekanslar İçin Düz Bir Yüzeyden Yansıyan Eko Seviyeleri ...	17
4.	HACİM HESAPLAMASININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ .....	19
4.1	Hacim Hesaplama Devresinin Açıklanması .....	19
4.1.1	Kullanılan MCU .....	19
4.1.2	Kullanılan ADC ve Ortalama Hesabı .....	19
4.1.3	Kullanılan Ultrasonik Algılayıcı .....	19
4.2	Hacim Hesaplama Devresi Şematığının Blok Diyagramı .....	22
4.3	Hacim Hesaplama Devresinin Şematığı .....	23
4.3.1	Bilgisayara Veri Yollamada Kullanılan Protokol .....	24
4.3.1.1	RS232 Haberleşme Protokolü .....	24
4.3.2	Kullanılan Regülatör Devresi .....	26
4.4	Kullanılan Platform .....	26
4.5	Boyutların Ölçülmesi İşlemlerinde Referans Noktaları .....	27
4.6	Hacim Hesaplaması .....	27
4.7	Hacim Hesaplama Devresinin Blok Diyagramı .....	28
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER .....	29
	KAYNAKLAR .....	30
	EKLER .....	31
	ÖZGEÇMİŞ .....	80

## **SİMGE LİSTESİ**

$t$	Ortam sıcaklığı
$v$	Ultrasonik ses dalgalarının yayılım hızı
$f$	Ultrasonik ses frekansı
$\alpha$	Ses genliğindeki azalma miktarı

## KISALTIMA LİSTESİ

AC	Alternatif akım
ADC	Analog dijital gerilim dönüştürücü
DC	Doğru akım
DSP	Sayısal işaret işleyici
GND	Toprak hattı
LSB	En az ağırlıklı bit
MCU	Mikrodenetleyici
MSB	En yüksek ağırlıklı bit
PC	Bilgisayar
PWM	Darbe genişlik modülasyonu
SCI	Seri haberleşme arayüzü
SPL	Ses basınç seviyesi
TTL	Transistor transistor lojik

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Otomasyon sistemlerinde katı seviyesi ölçümünde ultrasonik algılayıcı kullanımı...	6
Şekil 2.2 Otomasyon sistemlerinde sıvı seviyesi ölçümünde ultrasonik kullanımı .....	6
Şekil 2.3 Otomasyon sistemlerinde yükseklik, genişlik algılanmasında ultrasonik kullanımı ..	7
Şekil 2.4 Otomasyon sistemlerinde rulo doluluk oranı ölçümünde ultrasonik kullanımı .....	7
Şekil 2.5 Otomasyon sistemlerinde yığın yüksekliğinin algılanmasında ultrasonik kullanımı .	7
Şekil 2.6 Otomasyon sistemlerinde nesne boyutlarının algılanmasında ultrasonik kullanımı ..	8
Şekil 2.7 Otomasyon sistemlerinde bağlantı kopma algılanmasında ultrasonik kullanımı .....	8
Şekil 3.1 Ultrasonik vericiden gönderilen ve nesne yüzeyinden geri gelen ultrasonik ses dalgaları.....	10
Şekil 3.2 Ultrasonik algılayıcıdan gönderilen ultrasonik ses dalgalarının ultrasonik alıcıya ulaşamama durumu .....	11
Şekil 3.3 Ultrasonik algılayıcıdan gönderilen ve nesne yüzeyinden yansıyan ultrasonik ses dalgaları.....	11
Şekil 3.4 Sesin hızının sıcaklığa bağlı olarak değişimi .....	13
Şekil 3.5 Sesin dalga boyunun ses frekansına göre değişimi.....	14
Şekil 3.6 Oda sıcaklığında 40kHz, 250kHz arası frekans değerleri için her türlü nem değeri için öngörülen ses genliğindeki azalmanın frekansa bağlı değişimi .....	15
Şekil 3.7 Oda sıcaklığında 40kHz-250kHz arası frekanslarda neme bağlı olarak ses genliğindeki azalmanın değişimi .....	16
Şekil 3.8 Düz ve yeterince geniş bir yüzeyden yansıyan ultrasonik ses dalgalarının kaynak ve yüzeyi mesafesinin iki misli sanal bir kaynaktan gelen ses dalgalarına eşitliği	17
Şekil 3.9 Değişen mesafelere göre düz bir yüzeyden yansıyan ekoların farklı frekanslara göre değişimi .....	17
Şekil 4.1 SHARP GP2Y0A02YK ultrasonik algılayıcısının blok diyagramı.....	20
Şekil 4.2 SHARP GP2Y0A02YK algılayıcısının fiziksel özellikleri.....	20
Şekil 4.3 SHARP GP2Y0A02YK algılayıcısının çıkışındaki gerilimin yansıyan nesnenin mesafesine göre değişimi .....	21
Şekil 4.4 S1 ve S2 algılayıcılarından 26cm uzaklıkta bir düzlemsel yüzey karşısında dururken çıkışlarındaki gerilim değerleri.....	21
Şekil 4.5 Gerçekleştirilen hacim hesaplama devresi şematiği blok diyagramı.....	22
Şekil 4.6 Gerçekleştirilen hacim hesaplama devresi şematiği .....	23
Şekil 4.7 RS232 hatlarındaki verilerin gerilime göre lojik yapısı.....	25
Şekil 4.8 RS232 haberleşmesinde bir byte veri yollama yapısı .....	26

Şekil 4.9 Hacim hesabında kullanılan platform .....	26
Şekil 4.10 Kübik cismin boyutlarının ölçülmesinde referans noktası .....	27
Şekil 4.11 Kübik bir nesnenin hacim hesabı.....	28
Şekil 4.12 Gerçekleştirilen sistemde hacim hesaplama blok diyagramı.....	28

## **ÇİZELGE LİSTESİ**

Çizelge 3.1 Sıcaklık ile ses dalgasının havada yayılma hızının değişimi.....	13
Çizelge 3.2 Çeşitli katı, sıvı ve gaz ortamlarında sesin yayılım hızının değişimi.....	13



## **ÖNSÖZ**

Bu tezin hazırlanmasında bana destek olan aileme ve ilgi ve önerilerini çalışma boyunca her noksan kaldığım durumda esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Kayhan GÜLEZ'e ve Prof. Dr. Halit PASTACI'ya teşekkürü bir borç bilir saygılarımı sunarım.

## ÖZET

Ultrasonik enerji günümüzde endüstride, otomasyonda, askeri projelerde, tıp sektöründe birçok uygulama alanına sahiptir. 1917 yılında ilk kez ortaya çıkan ultrasonik birçok çalışmada kullanılmaktadır.

Bu çalışmada üç adet ultrasonik algılayıcı kullanılarak bir hacim hesaplaması uygulaması gerçekleştirilmiştir. Nesnenin hacminin hesaplanması için yere temas eden yüzeyinde ki bir köşe noktası referans noktası olarak alınmıştır. Hacmi hesaplanan cisme ait her bir boyut ve hacim değeri bilgisayara seri port yolu ile RS232 protokolü kullanılarak yollanmaktadır. Çalışmada kullanılan ultrasonik algılayıcılar analog gerilim çıkışı veren tipte ultrasonik algılayıcılar olduklarından üç adet on bitlik analog dijital çevirici kullanılmaktadır. Çalışmada gerekli hesaplamalar, bilgisayara seri porttan veri yollama 16Kbyte belleğe sahip bir mikrodenetleyici ile gerçekleştirilmektedir. On bitlik üç adet ADC ve seri port haberleşmesi için gereken SCI modülü mikrodenetleyici bünyesinde bulunmaktadır. Standart tip algılayıcılar kullanılmasına rağmen 20-45cm arasındaki mesafelerde yüksek doğruluklu sonuçlar elde edilmiş olup gerçekleştirilen çalışmada kullanılan algılayıcılar yerine daha yüksek maliyetli ve gelişmiş teknolojiye sahip algılayıcılar kullanılması halinde doğruluğu daha yüksek sonuçlar elde edilebilir.

## **ABSTRACT**

Ultrasonic energy is being used at automation systems, industry, military projects, medical sector today. Ultrasonic energy which discovered 1917 has been used in many application.

Using three ultrasonic transducer a volume measurement application made in this project. For a volume calculation a corner point of the object we will find volume is taken for a referance point. All the dimensions and volume values of the object send to a computer through RS232 serial communication protocol. Just because of the output voltage of the transducers used in this project is analog voltage out type three ten bit analog digital converter used in the project. All the calculation operations and RS232 communication control made by a microcontroller which has 16KByte ROM memory. This microcontroller also consists of three Analog digital converter and a serial communication interface module. We used these modules in Project. In spite of Standard and unexpensive transducers are used in the project we could get accurate results between 20-45 centimeters. Using transducers has more tecnology, more qualified and also more expensive we can get more accurate results.

## 1. GİRİŞ

Ultrasonik ses dalgaları günümüzde endüstride, askeri projelerde, tıpta pek çok uygulamada pratik olarak sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmada ultrasonik algılayıcılar kullanılarak bir temassız mesafe ölçüm temelli hacim hesaplaması yapılmaktadır. Çalışmada SHARP GP2Y0A02YK modelinde ultrasonik alıcı ve vericiyi bünyesinde içeren üç adet ultrasonik algılayıcı kullanılmaktadır. Ultrasonik algılayıcılar bir ultrasonik vericiden gönderilen insan kulağının duyabileceği ses frekansının hemen üzerinde bir frekansa sahip sesin ortama gönderilmesi ve bu sinyalin ortamdaki nesnelere çarparak geri yansmasıyla elde edilen ses sinyallerinin ultrasonik algılayıcı tarafından algılanması ile çalışmaktadır. (Uzun ve Özpınar, 2002) Buna göre ultrasonik algılayıcı dediğimizde aklımıza sadece bir ultrasonik ses algılayıcısı değil bir alıcı ve verici çifti gelmelidir.

Ultrasonik algılayıcılar, temassız ölçüm sistemlerinde kullanılan diğer algılayıcılara göre bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Ultrasonik ses vericisi, ses dalgalarını ortama belirli bir açıyla yollamaktadır. Bu yüzden ultrasonik algılayıcı ile arasındaki mesafenin ölçülmek istendiği nesnenin etrafında bulunan ve algılayıcıya daha yakın mesafelerdeki nesnelere yansıyan ultrasonik ses dalgaları ölçümün hatalı olmasına yol açabilir. Yani algılayıcının tam karşısındaki bir noktanın algılayıcıya uzaklığı bir ultrasonik algılayıcı ile hesaplanırken ortamdaki diğer cisimlerden yansıyan sinyaller unutulmamalıdır. Aynı sebepten dolayı bir nesnenin hacim hesabı için ayrıntılı bilgi ve bütün şekil parametrelerinin elde edilmesi ultrasonik algılayıcı ile yapılamamaktadır. Böyle bir ölçüm ancak bir lazer algılayıcı kullanılarak cismin her yüzeyinin taraması ile yapılabilir. Dolayısıyla ile gerçekleştirdiğimiz sistem, ultrasonik algılayıcı kullanarak hacim hesaplamasında ancak kübik nesnelere hacmini hesaplayabilmektedir. Kübik olmayan nesnelere hacimleri ise, nesne yüzeyinin algılayıcıya en yakın mesafesi algılayıcı tarafından algılanacağından nesnenin her noktası o boyutta olan bir kübik nesneymiş gibi düşünülerek hacim hesabı yapılacaktır. Aslında durum ultrasonik algılayıcıların bir dezavantajı değil sınır noktasıdır. Ultrasonik algılayıcıların maliyet olarak lazer algılayıcılara oranla çok daha ucuz olması kullanımını yaygınlaştıran en önemli faktördür. Bunun yanında piyasada mikron mertebesinde duyarlılıkta ölçüm yapabilecek çok çeşitli ultrasonik algılayıcılar mevcuttur. Ultrasonik algılayıcıların kaliteleri fiyatlarıyla orantılı olarak artmaktadır. Sharp, Eurotech gibi pek çok markada çeşitli ultrasonik algılayıcılar mevcuttur. Bu algılayıcıların kimi modül yapısında olup ölçülen mesafeye göre dijital veya analog çıkış vermekte, kimisi de 40kHzlik ses dalgalarının gönderilip alınması ve bir mikroişlemci tarafından sinyalin gönderildikten alınmasına kadar geçen süre dikkate

alınarak mesafenin sesin havadaki yayılma hızına göre hesaplanması ile mesafe bilgisini elde etmektedir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen sistem, ultrasonik algılayıcıların temassız mesafe ölçüm yapabilme özelliğinden yararlanarak ve bunu temel alarak bir hacim hesaplaması yapmaktadır. Amaç olarak kargo şirketlerinde kolilerin hacimlerinin hesaplanması için kullanılması düşünülmele beraber farklı kullanım amaçları için de kullanılabilir. Ultrasonik yöntemle hacim hesaplaması gerçekleştirirken kübik nesnenin üç boyutunu da ölçmek için üç adet algılayıcı kullanılmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ultrasonik enerjinin kullanım alanları ayrıntılı olarak verilmektedir. Üçüncü bölümde mesafe ölçümünün ultrasonik metotla nasıl yapılacağı ile ilgili teorik bilgiler ve ultrasonik yöntemle mesafe ölçerken dikkat edilmesi gereken parametreler açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde gerçekleştirilen hacim hesaplama devresinin açıklaması verilmektedir. Sonuç ve öneriler bölümünde ise gerçekleştirilen devreden elde edilen tecrübe ile hacim hesaplamasında daha doğru sonuçların elde edilmesi için öneriler ve varılan sonuçlar verilmektedir.

## 2. ULTRASONİK ENERJİYE GENEL BAKIŞ

### 2.1 Ultrasonik Tarihçesi

Ultrasonik enerjii ilk olarak kullanan Paul Langevin olarak bilinmektedir. Langevin, ilk defa 1917 yılında ses dalgasının deniz suyunda iletişimini tespit etmiştir. Ultrasonik enerji ilk olarak denizaltıların tespit edilmesinde askeri amaçlı olarak kullanılmıştır. Yüksek elektrik iletkenliğine sahip olan elektromanyetik dalgaların, deniz suyunda etkili olmamalarından dolayı, akustik dalgaların kullanımı öngörüldü. Langevin su altında çalışan ilk ses transdüserini imal ederken kuvars kristallerdeki etkiyi kullandı. Ultrasonik dalgaların oluşturulmasında, Langevin, Pierre ve Jacques Crue tarafından keşfedilen piezo elektrik etkiye bağlı kalmıştır. Pierre ve Jacques Crue, SiO<sub>2</sub>'e bir gerilim uygulandığında elektrik yükünün oluştuğunu bulmuşlardır. Dolayısıyla kristalin yüzeyine uygulanan elektriksel yük, boyutsal bir değişimi meydana getirmektedir. Birinci dünya savaşı esnasında yeni piezoelektrik materyaller imal edilmesi üzerine yapılan kapsamlı çalışmalarda dihidrojen fosfat'ın SiO<sub>2</sub>'den daha uygun olduğu bulunmuştur. 1945'te büyük bir ilerleme kaydedilerek, seramik formundaki ferroelektrikler üretilmiştir. Başlangıçta baryum titanat kullanılmıştır, fakat günümüzde piezoelektrik materyallerde kurşun titanat- kurşun zirkonat katı solüsyonları ve kurşun niobat kullanılmaktadır.

### 2.2 Ultrasonik Nedir?

İnsan kulağı ortalama 10-12kHz yada daha az frekansta olan ses dalgalarını duyabilmektedir. Bununla birlikte 20 kHz'e kadar ses dalgalarını duyabilen insanlar vardır. 20kHz'den daha büyük frekanslara sahip ses dalgaları ultrasonik ses diye adlandırılmaktadır.

### 2.3 Ultrasonik Enerji Kullanım Alanları

Ultrasonik enerji yıllar boyunca mühendislikte, bilimsel çalışmalarda çok yaygın olarak kullanılmıştır. Ultrasonik enerjinin başlıca kullanım yerlerinden bahsedecek olursak şunları sayabiliriz.

#### 2.3.1 Ultrasonik Kaynak

Ultrasonik kaynak yöntemi yüksek frekans elektrik enerjisinin yüksek frekans mekanik enerjisine dönüştürülmesidir. Bu mekanik enerji saniyede 15,000 darbe üreten bir dikey harekettir. Bu dikey titreşim hareketi basınç altında bir termoplastik materyale iletildiğinde iki

termoplastik veya iki metal ve termoplastik parçanın ara yüzeyinde ve/veya ek yerinde sürtünme enerjisi oluşturur. Bu dönüşüm işlemi, içinde korna olan bir ultrasonik kaynaktan gerçekleşir. Ultrasonik kaynak makinesinin modeline göre kaynak makinelerinin frekansları 15kHz, 20kHz veya 40kHz arasında değişir ve buna paralel olarak saniyedeki dikey titreşimlerin sayısı da 15,000, 20,000 veya 40,000 olarak değişmektedir. Bu dikey hareket, dönüştürücülerin diğer ucundan çıkar ve titreşim hareketinin genliğini yükseltebilen cihazlardan geçer ve mekanik enerjiyi yapılandırılacak parçalara ileten kornaya transfer edilir.

Ultrasonik kaynak yöntemi 1972 yılından beri kullanılmaktadır. Bu yöntem amorf, yarı-kristalin, kristalin plastiklere uygulanabilmesi, kaynak süresinin kısa ve düşük maliyet ile temiz kaynak yapılabilmesi nedeniyle geniş uygulama alanına sahiptir. Ultrasonik kaynak termoplastik malzemelerin birleştirilmesi için endüstrilerde tercih edilen bir metot haline gelmiştir. Ultrasonik kaynak yöntemi termoplastik veya termoplastik olmayan materyallerin termoplastik materyaller ile birleştirilmesinde kullanılır. Bu işlem ısı veya diğer birleştirme metotlarına göre daha hızlı ve daha sağlam bir alternatiftir.

Ultrasonik kaynak, plastiklerin birbirleriyle ve hatta metal v.b. parçalarla birleştirilmesinde, metal parçaların birbirleriyle birleştirilmesinde hızlı, ekonomik, temiz ve çevreci bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Otomotiv (araba farı), kozmetik, gıda ambalaj, tıbbi cihaz üretimi (kateter, serum hortumu, sonda), plastik giysi ya da örtülerin dikilmesi, oluklu plastik kutuların üretilmesi, oyuncak sanayisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ultrasonik kaynak sistemi günümüzde teknolojik olarak ulaşılan en son nokta olup gümüş ve lehim kaynağı veya mekanik kilit sistemleri sebebi ile oluşan kayıpları ortadan kaldırmaktadır.

### **2.3.2 Endüstriyel Yıkama Makineleri**

Ultrasonik enerjiden endüstride parça yıkama işlemlerinde yaygın olarak yararlanılmaktadır. Ultrasonik dalgaların ortamda yarattığı kavitasyon etkisinden yararlanılarak metalik yüzeylerin temizleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Sıvı içerisinde oluşturulan yüksek frekansta (25 kHz - 170 kHz) milyonlarca vakum enerjisi içeren mikroskobik hava kabarcığının (kavitasyon) kirli yüzeylere çarptırılarak patlaması sayesinde yağ, karbon, tufal, kireç, kan, doku gibi maddeler süratle istenen yüzeyden uzaklaştırılır. Bu şekilde endüstriyel parça yıkama kalitesi arttırılmakta her türlü kirliliğin giderilmesi moleküler boyutlarda yapılabilmektedir. Özellikle buhar kazanlarında emniyet elemanlarının ömrünü ve dayanımını azaltan kışır (taş) oluşumunun giderilmesinde ve kuyumculuk sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.

### **2.3.3 Jeoloji**

Denizlerin ve okyanusun diplerindeki petrol yığıntılarının ve minerallerin tespitinde, yer yüzü şekillerinin ve tektonik hareketler sonucu yeryüzü şeklinin bozulmalarının tespitinde ultrasonikten yararlanılmaktadır.

### **2.3.4 Robotik Uygulamalar**

Ultrasonik, robotlarda buldukları yerin haritasını çıkarıp yön bulmak, engellerden kaçmak için kullanılmaktadır.

### **2.3.5 Tekstil Boyama**

Günümüzde yaş tekstil işlemlerinde çok miktarda su, elektrik ve ısı enerjisi tüketilmektedir. Pek çok işlemde de süreci hızlandıran veya yavaşlatan kimyasallar kullanılmaktadır. Bu kimyasalların tekstil ürününün yüzeyine yapışması veya nüfuz etmesi için belirli bir süre yüksek sıcaklıklara çıkılması gerekmektedir. Hemen hemen bütün kimyasallar süreye ve sıcaklığa bağlı olarak ürün kalitesine etki etmektedir. Günümüzde tekstil kurutmasında zaman tasarrufu, enerji tasarrufu ve ürün kalitesi konularında radyo frekans, mikro dalga, infrared gibi yüksek teknolojiler kullanılarak büyük avantajlar sağlanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında ultrasonik dalgaların tekstil boyamadaki etkileri sektör için büyük bir avantaj olarak ortaya çıkarmaktadır. Bu güne kadar yapılan uygulamalarda ultrasonik transdüserlerin yapımında kullanılan piezoelektrik materyallerin yüksek sıcaklıklara dayanıksız olması ve bağlantı sorunlarının olması ultrasonik teknolojisinin tekstil yıkama ve boyama işlemlerinde kullanılmasını zorlaştırıyordu. Ancak günümüzde transdüser yapımında kullanılan maddelerin enerji dönüşüm veriminin yüksek olması, vibrasyon plakası yerine kazan gövdesine doğrudan kaynak yapılarak monte edilmesi ve çok yüksek sıcaklıklarda çalışabilmesi sayesinde ultrasonik teknolojisi tekstil boyama ve yıkama işlemlerinde kullanılmaktadır.

### **2.3.6 Otomotiv Sektöründe**

Otomotiv sektöründe ultrasonik algılayıcılar park uyarı ve ikaz sistemlerinde günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aracın ön ve arkasına uygun şekilde yerleştirilen dört veya daha fazla ultrasonik algılayıcı kullanılarak park ikaz sistemleri gerçekleştirilmektedir.

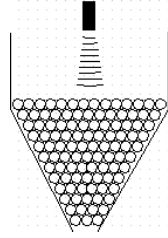
### **2.3.7 Otomasyon Sistemlerinde**

Otomasyon sistemlerinde günümüzde ultrasonik enerjinin yaygın olarak kullanılmaktadır.



### 2.3.7.1 Kuru Madde Seviyesi Ölçümü

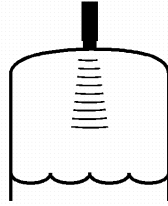
Depo, kutu gibi kapalı bir hacim içerisindeki kuru madde seviyesi ölçümünde ultrasonik algılayıcılardan yararlanılmaktadır. Bu şekilde seviyesi ölçülmek istenen kuru maddenin yeterli ultrasonik yansımayı güvenilir algılama için yansıtması gerekir. Bazı maddeler sesi emerken bazı maddelerden yansıyan ses dalgalarını algılamak kolaydır. Bu durumda ultrasonik algılayıcı seçimi önem kazanmaktadır.



Şekil 2.1 Otomasyon sistemlerinde katı seviyesi ölçümünde ultrasonik algılayıcı kullanımı

### 2.3.7.2 Sıvı Seviyesi Ölçümü

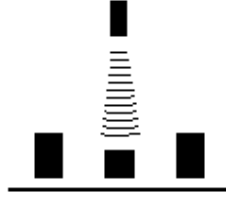
Yaygın bir uygulama olarak üstü kapalı veya açık bir tankın sıvı seviyesinin ölçülmesi otomasyon sistemlerinde sıkça karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.2 Otomasyon sistemlerinde sıvı seviyesi ölçümünde ultrasonik kullanımı

### 2.3.7.3 Yükseklik ve Genişlik Algılanması

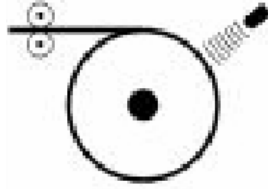
Ultrasonik algılayıcılar nesnelere yükseklik veya genişliğe göre birbirinden ayırt etme işinde de kullanılmaktadır. Bir konveyör bandındaki hatalı bir ürünün algılanması gereği otomasyon sistemlerinde sıkça karşılaşılan bir durumdur.



Şekil 2.3 Otomasyon sistemlerinde yükseklik, genişlik algılanmasında ultrasonik kullanımı

#### 2.3.7.4 Rulo Çapının Algılanması

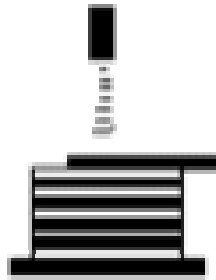
Endüstride ruloların doluluk oranını, gerginliğini, hızını anlamak için kullanılmaktadır.



Şekil 2.4 Otomasyon sistemlerinde rulo doluluk oranı ölçümünde ultrasonik kullanımı

#### 2.3.7.5 Yığın Yüksekliği Algılanması

Bazı dizim ve yığma işlemlerinde yığının yüksekliği dolu yada boş algılaması durumu için gerekli olmaktadır. Bunun dışında yığının doluluk seviyesine göre uygun bir makine ile bir kontrol yapılmak istenen durumlarda da kullanılabilir.

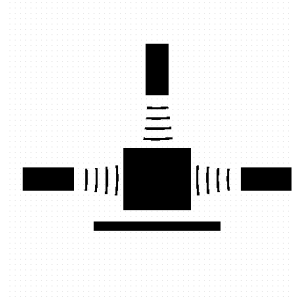


Şekil 2.5 Otomasyon sistemlerinde yığın yüksekliğinin algılanmasında ultrasonik kullanımı

#### 2.3.7.6 Nesne Boyutlarının Ölçülmesi

Nesne boyutları elde edilebilir. Cismin yere temas ettiği noktalar referans alınarak Birden

fazla ultrasonik algılayıcı kullanılması durumunda cisme ait en, boy, yükseklik bilgileri elde edilebilir. Bu çalışmada ultrasonik algılayıcılardan yararlanılarak bu tip bir uygulama gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.6 Otomasyon sistemlerinde nesne boyutlarının algılanmasında ultrasonik kullanımı

### 2.3.7.7 Bağlantı Kopma Algılaması

Matbaacılıkta kağıt makinelerinin kopan bağlantılarının algılanıp prosesin zaman kaybı olmadan devam ettirilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 2.7 Otomasyon sistemlerinde bağlantı kopma algılanmasında ultrasonik kullanımı

### 2.3.8 Hava Kaçaklarının Anlaşılması

Basıncılı hava kaçakları fabrikalardaki endüstriyel atıkların önemli bir miktarını oluşturmaktadır. Bu atıklar genelde görülemez ve bazı durumlarda kokusuz oldukları ve tıslama ile yayılıp fabrika ortamında duyulamayacakları için tespit edilemezler. Bu durumdaki hava kaçaklarını yakalamak için yüksek dijital filtreleme teknolojilerinden yararlanılmaktadır. İnsan kulağı ile duyulması mümkün olmayan yüksek frekans bölgesindeki ultrasonik yayınlar bir ultrasonik algılayıcı ile algılanıp dinlenebilecek hale getirilerek fabrikalardaki hava kaçaklarının tespiti sağlanmaktadır.

### 2.3.9 Haşere Kovma

Bilindiği gibi her hayvanın duyduğu ses frekansı farklıdır. Genel bir kural olarak büyük boy

hayvanlar düşük frekans sesleri ufak hayvanlar ise yüksek frekanslardaki sesleri duyarlar denilebilir. Ultrasonik kovucu cihazlar amacına ve hedefine uygun olarak ultrasonik sesler yayarak haşere ve zararlılarda dayanamayacakları bir rahatsızlığa yol açmaktadırlar. Ultrasonik özellikli ve sürekli olarak değişen ses dalgaları yayılarak fare, sıçan gibi kemiricilerle haşereleri cihazın bulunduğu mekânlardan uzaklaştırır. Cihazın yaydığı ses dalgaları kemirgenlerde stres ve duyu organlarında rahatsız edici bir acıma hissine yol açarak cihazın bulunduğu ortamı haşereler için barınılamayacak hale getirmektedir.

Bu işlem için imal edilen cihazların uygun yerlere monte edilmesi ile 10m<sup>2</sup> den 800m<sup>2</sup> kadar olan alanlar koruma altına alınabilmektedir. Korunacak alan büyüklüğü monte edilen cihaz sayısı ile birlikte 10.000m<sup>2</sup> ye kadar çıkabilmektedir. Özellikle tarım sektöründe tarım zararlılarına karşı önlem olarak kullanılmakla beraber ev ve fabrikalarda da haşereleri uzak tutmak için ultrasonik kullanılmaktadır.

### **2.3.10 Tıp Sektörü**

Tıpta olarak hastalık teşhis ve tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Böbrek taşı kırma ve görüntüleme, akciğer hastaları için soğuk buhar elde etme işinde kullanılan nebulizatörlerde, diş hekimliğinde çürük dişlerin içindeki kalıntı maddelerin çıkarılmasında ultrasonik kullanılmakla beraber tıp sektöründe daha pek çok kullanım alanına sahiptir.

### **2.3.11 Ultrasonik Motorlar**

Ultrasonik motorlar uzay araçlarının iç kısımlarında yerden tasarruf sağlayan makine ve robot donanımında, ulaşılamayan ve görülemeyen yerlerden veri ve bilgi temininde, boru ve tüp sistemlerinin iç kısmının hasar tespiti ve onarımında, nükleer enerji santralleri, mayın tespit ve imhası görevleri gibi tehlikeli yerlerde kullanılan küçük robotların hareket mekanizmalarında, taşınabilir iletişim cihazlarında, saatlerde ve diğer robotik uygulamalarda kullanılmaktadır.

Bunların dışında, özellikle büyük bir avantaj olan mikro düzeydeki boyutları sebebiyle asıl uygulama alanı tıbbi alanda bulacağı sanılmaktadır. Mikro-cerrahide, endoskopi ve laparoskopi gibi tıbbi cihazlarda kalp ve damar hastalıklarının tedavisinde, zararlı yapıların teşhisinde ve vücuttan çıkarılmasında kullanılabileceği düşünülmektedir.

### 3. ULTRASONİK ALGILAYICI İLE MESAFE ÖLÇÜMÜ NASIL GERÇEKLEŞTİRİLİR?

#### 3.1 Klasik Ultrasonik Uzaklık Algılayıcısı Nasıl Çalışır?

Ultrasonik kullanılarak bir temassız mesafe ölçümü sesin havadaki yayılma hızının bilinmesi ile yapılmaktadır.

Klasik ultrasonik mesafe ölçüm sistemlerinde bir ultrasonik verici 40kHz ile insan kulağının duyamayacağı ses dalgalarını gönderir. Ultrasonik vericiden gönderilen bu sesler bir süre sonra etrafta bulunan nesnelere yansıtılarak ultrasonik alıcıya gelir. Ultrasonik alıcı ve verici çifti beraber bir modül olarak bulunabilecekleri gibi ayrı ayrı ve yan yana da olabilirler. Ultrasonik vericiden sesin yollanması ve ultrasonik algılayıcının ortamdaki bir nesnenin yansıyan eko ses dalgalarını yakalamasına kadar geçen süre dikkate alınarak ultrasonik verici ve eko sinyalini meydana getiren nesne arasındaki mesafe hesaplanır. Şekil 3.1’de ultrasonik vericiden gönderilen 40kHz’lik ses dalgalarının düzlemsel nesne yüzeyinden yansıyıp ultrasonik alıcıya nasıl ulaştığı görülmektedir. Burada önemli olan parametrelerden biri de nesne yüzeyinin sertliğidir. Bir nesnenin yüzey sertliği arttıkça üzerine çarpan ses dalgalarını yansıtma kabiliyeti artmaktadır. Nesne yüzeyinin düzlemsel olmaması durumunda, algılayıcıya ilk olarak ulaşan ses dalgaları, nesnenin algılayıcıya en yakın noktasından yansıyan ekolar olacaktır. Eğer kullanılan ultrasonik algılayıcı nesnenin bu en yakın noktasından yansıyan ekoları algılayabilecek şekilde ayarlanmışsa cismin ultrasonik algılayıcıya olan uzaklığı bu en yakın nokta olarak hesaplanacaktır.



Şekil 3.1 Ultrasonik vericiden gönderilen ve nesne yüzeyinden geri gelen ultrasonik ses dalgaları

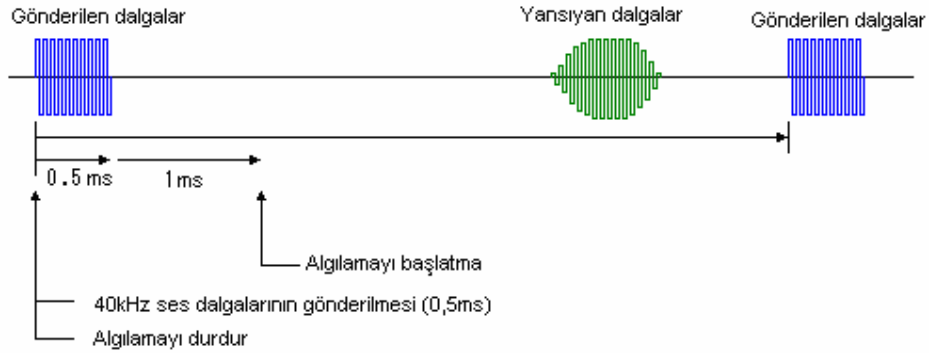
Ultrasonik verici mesafesi ölçülecek nesneye belirli bir açıyla tutulması durumunda Şekil3.2’deki gibi nesneden yansıyan ultrasonik ses dalgalarının ultrasonik alıcı tarafından

algılanamaması gibi durumlar ortaya çıkabilir. Bu durumun ortaya çıkmasını engellemek için mesafe ölçümü yapılacak nesne ultrasonik algılayıcının mümkün olduğu kadar karşısında durmalıdır. Belli bir açı ile nesneden gelen sinyallerin algılanabilmesi durumunda bile ses dalgaları havada daha uzun süre kalacağından mesafe ölçümü sonucunun yanlış hesaplanmasına yol açabilir.



Şekil 3.2 Ultrasonik algılayıcıdan gönderilen ultrasonik ses dalgalarının ultrasonik alıcıya ulaşamama durumu

Şekil 3.3'da 40kHz ile gönderilen ultrasonik ses dalgalarının genlikleri görülmektedir. Klasik ultrasonik mesafe ölçüm sistemlerinde eğer ultrasonik ses dalgalarının yansıdığı nesne yüzeyi sesi emmeyen bir yüzey ise algılanan işaret osiloskopta aşağıdaki gibi gözükür. Şekilde ses darbeleri gönderildikten sonra yaklaşık 1ms beklenip daha sonra algılayıcının devreye sokulduğu görülmektedir. Bunun sebebi ne kadar kaliteli olursa olsun klasik mesafe ölçüm sistemlerinde ultrasonik sinyal gönderildiği anda alıcının bir eko sinyal algılamasıdır. Ultrasonik ses dalgalarının gönderilmese süresi yaklaşık 0,5ms olup bu işlem için ideal bir süredir.



Şekil 3.3 Ultrasonik algılayıcıdan gönderilen ve nesne yüzeyinden yansıyan ultrasonik ses dalgaları

Klasik ultrasonik mesafe ölçüm sistemlerinde unutulmaması gereken bir nokta ise mesafesi ölçülmek istenen nesne yüzeyinden yansımaya küçük genlikli ses dalgalarının algılayıcı tarafından algılanmasının engellenmesidir.

### **3.2 Ultrasonik Uzaklık Algılayıcısı Seçimi**

Piyasada montaj konfigürasyonu ve elektronik özellikleri bakımından mesafe, yakınlık ölçümü için kullanılmak üzere çok çeşitli ultrasonik algılayıcı bulunmaktadır. Bu cihazların genel olarak yaptığı iş, bir hedefe doğru ultrasonik ses dalgalarını kısa bir süre için göndermek ve hedeften gelen yansımaları algılamaktır. Bir kontrol sistemi ile algılanan ses dalgalarının algılayıcıya varış süresi dikkate alınarak hedefin bulunduğu mesafe sesin ortamdaki yayılım hızından yararlanılarak hesaplanır.

Akustik olarak bu algılayıcılar farklı frekanslarda çalışırlar ve farklı yayılım modellerine sahiptirler. Genellikle çevresel ve mekanik şartları belirli olan bir sistem için gereken ultrasonik algılayıcıyı seçmek zor olmamakla beraber akustik olarak bazı durumların incelenmesinde fayda vardır.

Ultrasonik ses insan kulağının duyabileceği ses frekansının üzerindeki (genellikle 20kHz'den büyük) titreşimlerdir. Mikrofonların ve hoparlörlerin ultrasonik sesi göndermek ve almak için kullandıkları cihazlar transdüser olarak anılır. Pek çok ultrasonik algılayıcı sesi göndermek ve yansımaları almak için tek bir transdüser kullanır. Transdüserlerin tipik çalışma frekansları 40kHz ve 250kHz arası değişmektedir.

#### **3.2.1 Sesi Hızının Hava Ortamında Sıcaklığın Bir Fonksiyonu Olarak Değişimi**

Bir eko dinleme sisteminde genel olarak ultrasonik sesi yollama ve alıcının ekoları aldığı ana kadar geçen süre ölçülmektedir. Hava ortamında sesin hızından yararlanılarak bir dizi işlem sonucunda hedefin mesafesi ölçülür. Hedefin mesafesinin doğruluğu direk olarak hesaplamada kullanılan sesin hızıyla orantılıdır. Şekil 3.4'te sesin sıcaklığa bağlı olarak değişimi görülmektedir.

Çizelge 3.1 Sıcaklık ile ses dalgasının havada yayılma hızının değişimi

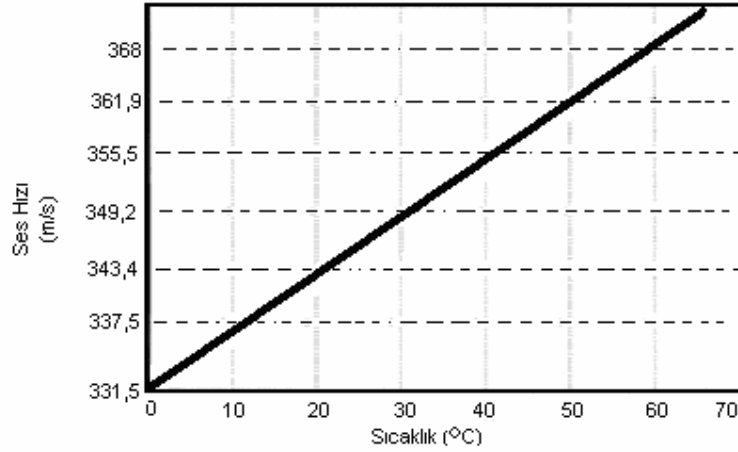
Sıcaklık (°C)	Sesin hızı (m/s)
-10	325,5
0	331,5
10	337,5
20	343,5
40	355,5
50	361,5

$$v = (331,5 + 0,6 \times T)[\text{m/s}] \quad (3.1)$$

Sesin havadaki hızı sıcaklığın bir fonksiyonu (3.1) eşitliği ile bulunur.

v : Sıcaklığa bağlı olarak sesin havadaki hızı (m/s)

T: Hava sıcaklığı (°C)



Şekil 3.4 Sesin hızının sıcaklığa bağlı olarak değişimi

Sesin diğer gaz ortamlarında yayılım hızı ise gazın kimyasal bileşimi ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Çizelge 3.2’de 10°C’de çeşitli ortamlarda sesin yayılım hızı verilmektedir.

Çizelge 3.2 Çeşitli katı, sıvı ve gaz ortamlarında sesin yayılım hızının değişimi

Sıcaklık (°C)	Sesin hızı (m/s)
Hidrojen (0°C)	1286
Helyum (0°C)	972
Oksijen (0°C)	317
Neon (0°C)	434



Klor (0°C)	205
Hava (0°C)	331,5
Karbondioksit (0°C)	258
Su(25°C)	1493
Deniz Suyu (25°C)	1533
Metil alkol(25°C)	1143
Elmas	12000
Demir	5130
Altın	3240
Kurşun	1322
Kauçuk	1600

### 3.2.2 Sesin Dalga Boyunun Ses Hızı ve Frekansının Fonksiyonu olarak Değişimi

Sesin dalga boyu, sesin hızının ve frekansının bir fonksiyonu olarak aşağıdaki ifadede görüldüğü gibi değişmektedir.

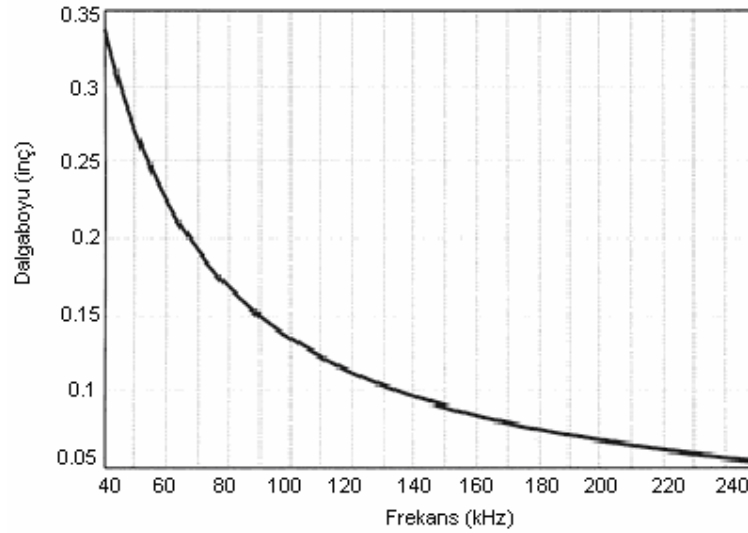
$$\lambda = v/f \quad (3.2)$$

$\lambda$  : sesin dalga boyu

$v$  : sesin hızı

$f$  : ses frekansı

Şekil 3.5'te sesin dalga boyunun oda sıcaklığında frekansa bağlı değişimi inç olarak görülmektedir. (1 inç = 2.54 cm)



Şekil 3.5 Sesin dalga boyunun ses frekansına göre değişimi

### 3.2.3 Çevresel Gürültüler

Çevreden kaynaklanan ultrasonik gürültüler, frekans arttıkça azalmaktadır. Bunun sebebi yüksek frekanslarda çevrede daha az gürültü olmasıdır. Ayrıca yayılım ortamında sesin frekansı yükseldikçe ses dalgalarının genliği sürtünmeden dolayı azalmaktadırlar.

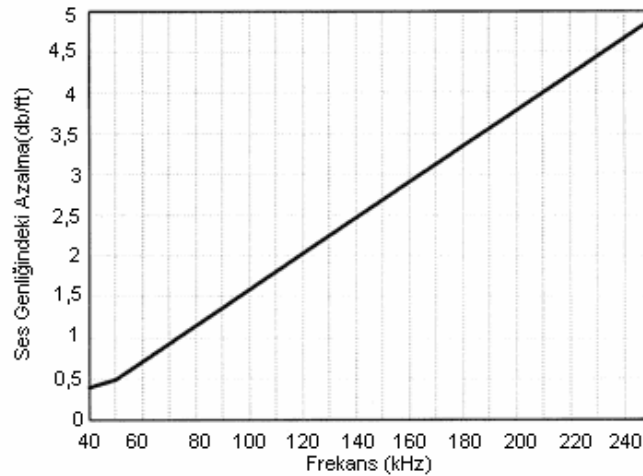
### 3.2.4 Ses Dalgalarının Frekans ve Neme Göre Değişimi

Ses havada yol aldıkça genliği ortamda sürtünmeden dolayı azalmaktadır. Emme ve sürtünme kayıpları bilinerek algılayıcı için mesafesi ölçülebilecek maksimum hedef uzaklığı belirlenebilir. Sesin hava ortamındaki azalması frekansı ile orantılı olarak artar. Aynı zamanda verilen belirli bir frekans değeri için sesteki azalma miktarı neme bağlı olarak da değişim göstermektedir. Maksimum azalmanın meydana geldiği nem değeri her frekans değeri için aynı değildir. Bir ultrasonik algılayıcının her türlü olası nem koşullarda çalışabilmesi için hedef uzaklığının belirlenmesinde sesin genliğindeki azalmanın en çok olduğu duruma göre hesaplar yapılmalıdır. Ses genliğinde meydana gelen maksimum azalma için en kötü yaklaşım olarak hava ortamında, 50kHz frekans değerine kadar, oda sıcaklığında her türlü nem değerinde (3.3) formülü geçerlidir.

$$\alpha (f) = 0,01 f \quad (3.3)$$

$\alpha (f)$  : maksimum azalma db/ft

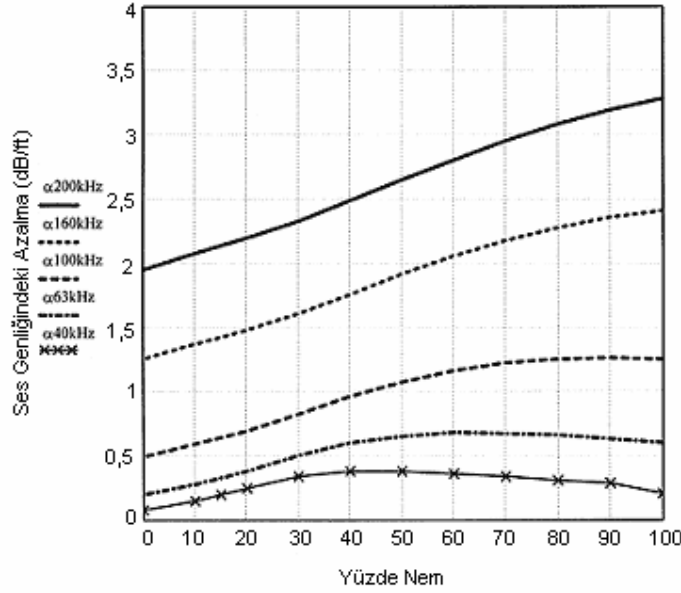
f : frekans (kHz)



Şekil 3.6 Oda sıcaklığında 40kHz, 250kHz arası frekans değerleri için her türlü nem değeri için öngörülen ses genliğindeki azalmanın frekansa bağlı değişimi

50kHz ve 300kHz arası frekans değerleri için ise (3.4) formülü geçerlidir.

$$\alpha(f) = 0,0122 f^{0,6} \quad (3.4)$$



Şekil 3.7 Oda sıcaklığında 40kHz-250kHz arası frekanslarda neme bağlı olarak ses genliğindeki azalmanın değişimi

### 3.2.5 Ses Basıncına Mesafe, Yayılım Ortamı ve Frekansın Etkisi

Bir ultrasonik algılayıcıda transdüser kısa bir ses darbesi üretir. Üretilen bu ses darbesinin basıncının büyüklüğü algılayıcıdan algılayıcıya değişmektedir. Akustikte ses basıncı, geniş değişken alanlarda olduğundan desibel ile ifade edilmektedir. Ses basıncı genellikle referans bir mesafeye  $R_0$  göre mikropalsler ile (uPa) ölçülmektedir. Bu yüzden ses basınç seviyesi (SPL),  $R_0$  mesafesinde 1uPa olarak desibele dönüştürülebilmektedir.

$$SPL(R_0) = 20 \log(p) \quad (3.5)$$

SPL( $R_0$ ): Desibel olarak  $R_0$  mesafesindeki ses basınç seviyesi (dB//1uPa)

p:  $R_0$  mesafesindeki ses basınç seviyesi

Ses ortamda yol aldıkça ses basıncının büyüklüğü, sesin genliğinin azalması ve kayıplardan dolayı azalmaktadır. Transdüserden R mesafesinde SPL değeri buna göre (3.6) formülüne göre bulunur..

$$SPL(R) = SPL(R_0) - 20 \log(R/R_0) - \alpha(f) R \quad (3.6)$$

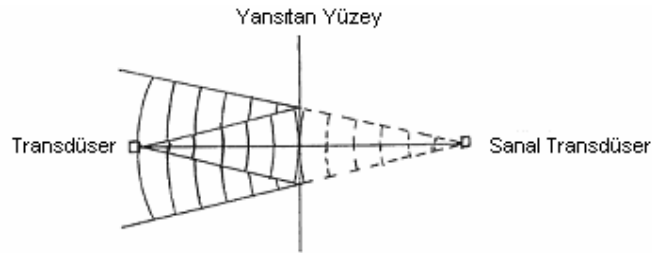
SPL(R): R mesafesinde ses basıncı (dB//1uPa)

SPL(R<sub>0</sub>): R<sub>0</sub> mesafesinde ses basıncı (dB//1uPa)

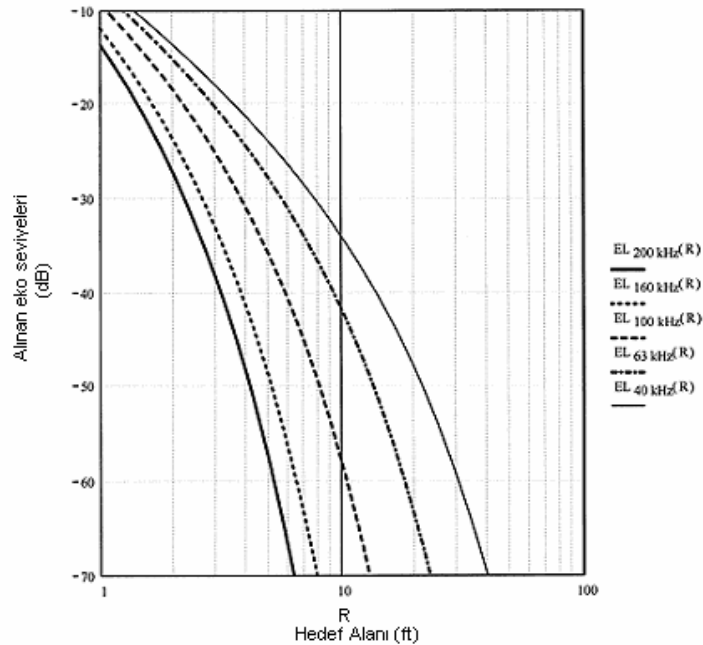
$\alpha(f)$ : f frekansında dB/birim olarak azalma katsayısı

### 3.2.6 Farklı Ultrasonik Frekanslar İçin Düz Bir Yüzeyden Yansıyan Eko Seviyeleri

Yeterince geniş ve düz bir yüzeye bir ultrasonik kaynaktan gönderilen ultrasonik dalgaların hepsi geriye yansır. Bu toplam yansıma algılayıcıya hedefin iki katı mesafede sanal bir ultrasonik kaynaktan gelen ses dalgalarının ulaşacağı şekilde ulaşır.



Şekil 3.8 Düz ve yeterince geniş bir yüzeyden yansıyan ultrasonik ses dalgalarının kaynak ve yüzeyi mesafesinin iki misli sanal bir kaynaktan gelen ses dalgalarına eşitliği



Şekil 3.9 Değişen mesafelere göre düz bir yüzeyden yansıyan ekoların farklı frekanslara göre değişimi

Buna göre geniş yüzeyden yansıyan yayılma kayıpları  $20\log(2R)$ 'ye eşittir. Aynı şekilde emme kayıpları  $2\alpha R$ 'ye eşittir. Bu formüllerin yansıyan yüzeyin, gönderilen bütün ses dalgalarını yansıtacak ve bozmayacak kadar geniş ve aynı düzlem yapısına sahip olması durumunda geçerlidir. Burada (3.6) eşitliğinden yararlanılarak algılayıcıdan farklı mesafelerde bulunan düzlemlerden gelen ekoların frekansa göre bağıl etkisi bulunabilir. Şekil 3.9'da her algılayıcının eşit ses basıncı oluşturduğu kabul edilmiştir.

## 4. HACİM HESAPLAMASININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

### 4.1 Hacim Hesaplama Devresinin Açıklanması

Sistemin çalışması için gereken gerilimi elde etmek için LM7805 regülatöründen yararlanılmıştır. Regülatör entegresi, Şekil 4.5'te U3 ile gösterilmektedir.

#### 4.1.1 Kullanılan MCU

Sistemde algılayıcılardan gelen mesafe bilgilerini alan ve bu bilgileri alıp anlaşılabilir halde bilgisayara yollamak için bir mikroişlemci yada bir mikrodnetleyici kontrolüne ihtiyaç duyulmuştur.

Gerçekleştirilen uygulamada FREESCALE M68HC908MR16 modelinde 64 pinli ve 16KByte ROM, 768Byte RAM alanlarına sahip bir mikrodnetleyici kullanılmıştır. Şematikte görüldüğü gibi 4.9152MHz'lik bir osilatörden yararlanılarak 1,238MHz frekans ile çalışması sağlanmıştır. Mikrodnetleyici Şekil 4.5'te U1 ile gösterilmiştir.

#### 4.1.2 Kullanılan ADC ve Ortalama Hesabı

Şekil 4.3'e bakıldığında S1, S2, S3 algılayıcılarının, mesafeye bağlı olarak değişen bir analog gerilimi mikrodnetleyiciye ilettikleri görülmektedir. Burada mikrodnetleyiciye gelen bu analog gerilim sinyalleri aslında mikrodnetleyici bünyesindeki 10'ar bitlik analog dijital gerilim dönüştürücülere (ADC) gelmektedir. M68HC908MR16 mikrodnetleyicisi bünyesinde 10 adet ADC bu şekilde kullanılabilir olarak mevcuttur.

Algılayıcılardan gelen analog gerilim seviyeleri dijitale dönüştürülürken 3FF(hex) değeri 5V, 000(Hex) değeri 0V'a karşılık gelmektedir. Buna göre yaklaşık her 4,88uV değerinde bir birim artma görülmektedir.

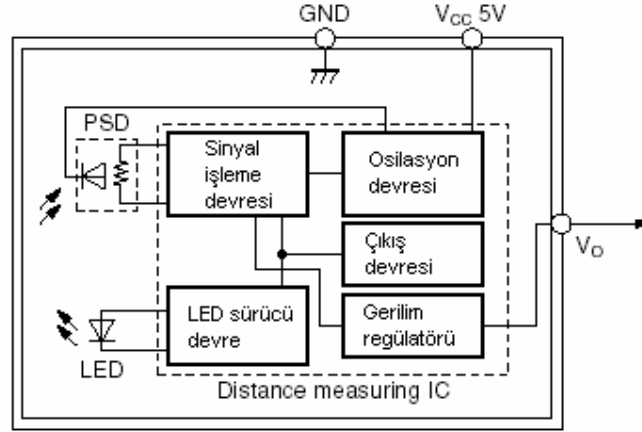
Bir adet mesafe bilgisinin elde edilmesi işleminde yukarıda anlatıldığı gibi 32 adet analog dijital dönüştürme işlemi algılayıcıdan gelen analog sinyal için belirli bir periyotta yapılmaktadır. Her dönüşümde elde edilen sonuç toplanır ve ortalaması alınır. Çıkan değer o mesafe ölçümü için dijital dönüşüm değeri olarak kabul edilir. Bu işlemin yapılmasının sebebi daha kararlı bir sonuç elde etmektir.

#### 4.1.3 Kullanılan Ultrasonik Algılayıcı

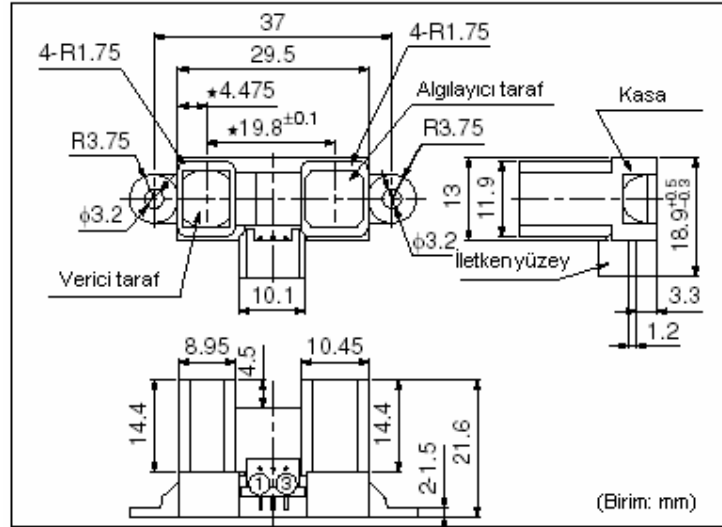
Gerçekleştirilen uygulamada üç adet SHARP GP2Y0A02YK transdüser kullanılmaktadır.

Şematikte S1, S2, S3 ile gösterilen komponentler bu transdüserlerdir. Şekil 4.1 'de bu algılayıcılara ait blok diyagramı verilmektedir.

Şekil 4.2 incelendiğinde ultrasonik sesin sinyal işleme devresinde algılandığı ve ultrasonik sesin ortama gönderilmesinin ise led sürücü devre ile yapıldığı görülmektedir.



Şekil 4.1 SHARP GP2Y0A02YK ultrasonik algılayıcısının blok diyagramı

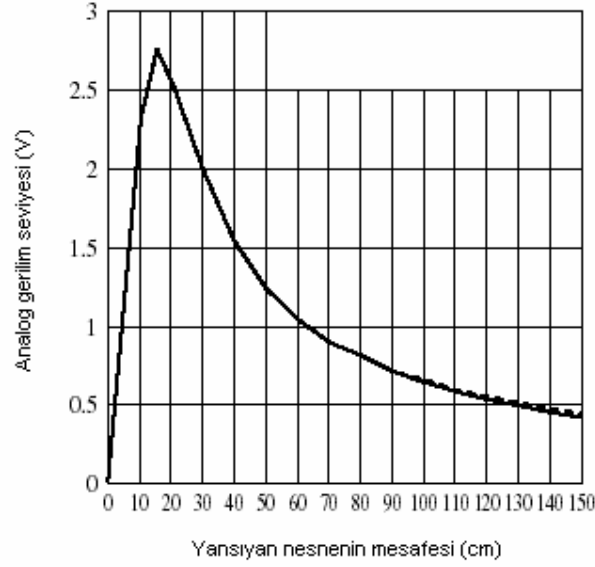


- ① V<sub>O</sub>
- ② GND
- ③ V<sub>CC</sub>

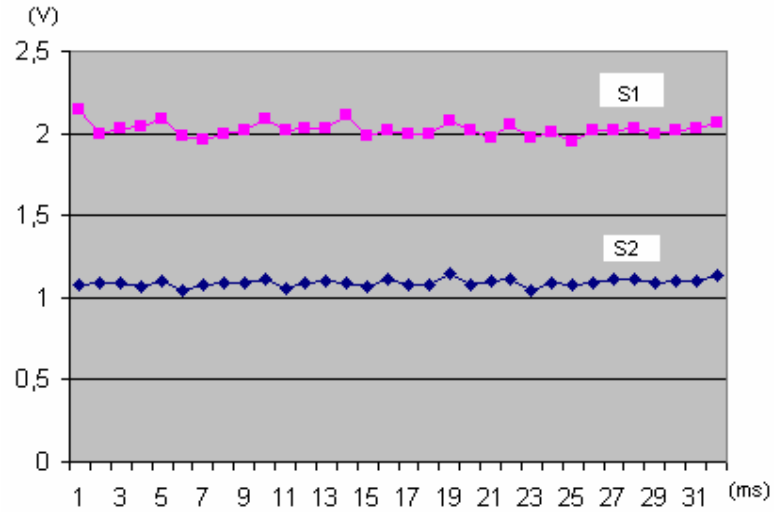
Şekil 4.2 SHARP GP2Y0A02YK algılayıcısının fiziksel özellikleri

Şekil 4.3'de gerçekleştirilen sistemde mikrodenetleyici bünyesindeki analog dijital dönüştürücüye gelen V<sub>O</sub> çıkışının yansıyan cismin mesafesine bağlı olarak gerilim seviyesinin

katalog değeri görülmektedir. Ancak pratikte kullanılan her üç algılayıcı içinde Şekil 4.3 teki eğrinin tam olarak geçerli olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte her algılayıcı için aynı mesafede bir nesneden yansıyan ses işaretlerine ait gerilim değerinin farklı olduğu görülmektedir. Şekil 4.4'te S1 ve S2 algılayıcılarından aynı uzaklıkta (26cm) düzlemsel bir nesne varken çıkış gerilimlerinin farklı olduğu gözükmektedir.



Şekil 4.3 SHARP GP2Y0A02YK algılayıcısının çıkışındaki gerilimin yansıyan nesnenin mesafesine göre değişimi

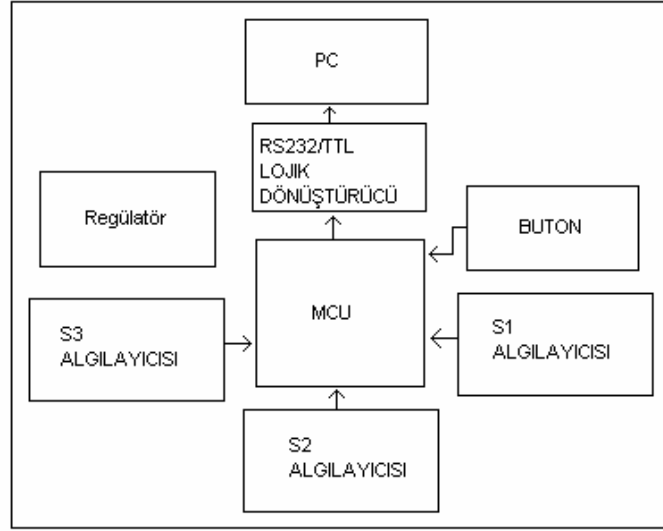


Şekil 4.4 S1 ve S2 algılayıcılarından 26cm uzaklıkta bir düzlemsel yüzey karşısında dururken çıkışlarındaki gerilim değerleri



## 4.2 Hacim Hesaplama Devresi Şematiğinin Blok Diyagramı

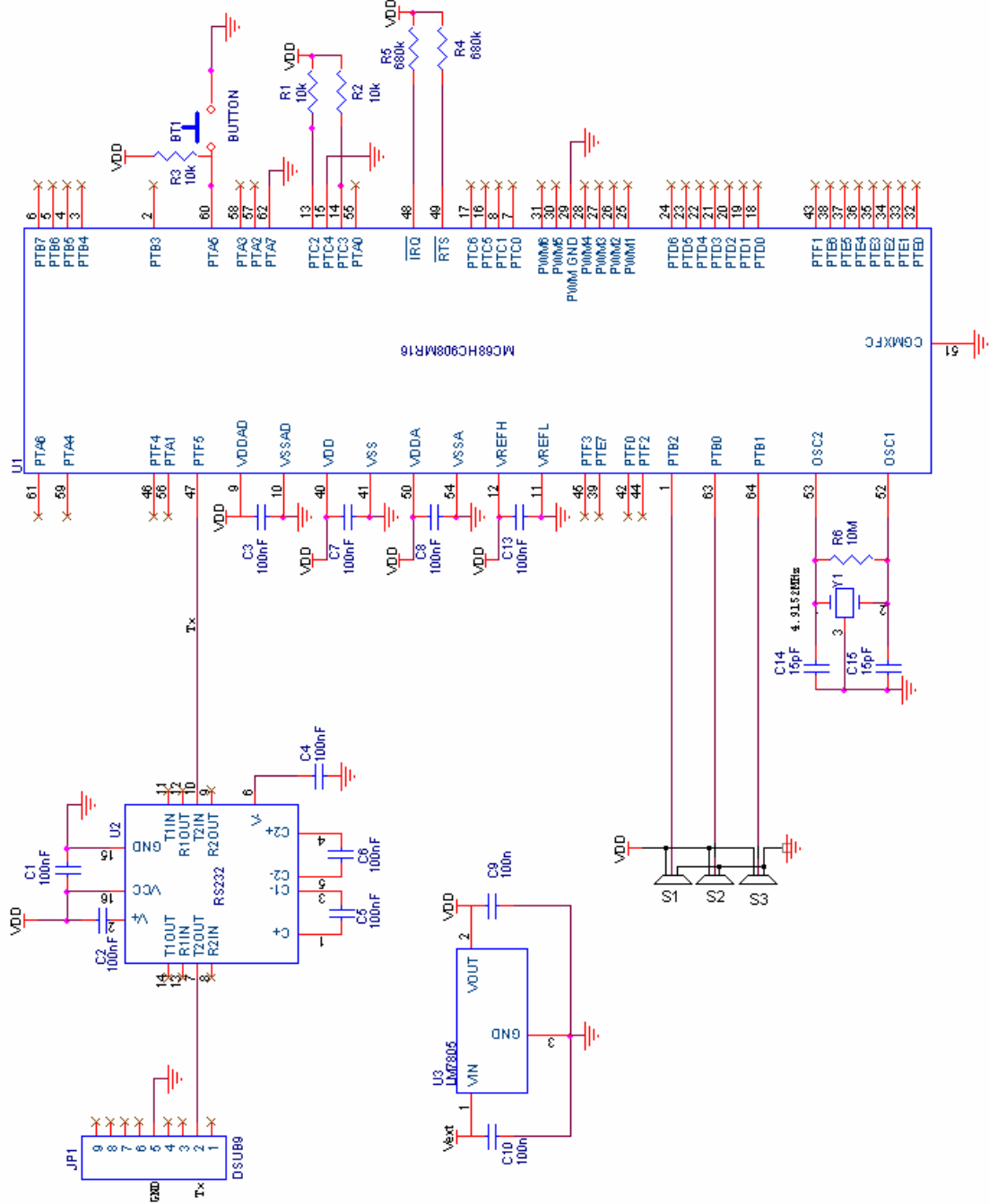
Şekil 4.5'te, Bölüm 4.3'te şematiği verilen uygulama devresinin blok diyagramı gösterilmektedir. S1, S2, S3 ultrasonik algılayıcıları boyut bilgilerini mikrodenetleyiciye göndermektedir. Regülatör ihtiyaç duyduğu +5V gerilim değerini Şekil 4.6'da VDD ile gösterilen her noktaya sağlamaktadır. Hesaplama işlemleri butonun basılması ile başlatılmaktadır. Hesaplanan değerler sonrasında bilgisayara veriler RS232 lojiğine dönüştürülerek yollanmaktadır.



Şekil 4.5 Gerçekleştirilen hacim hesaplama devresi şematiği blok diyagramı

### 4.3 Hacim Hesaplama Devresinin Şematığı

Gerçekleştirilen uygulamaya ait şematik Şekil 4.6'te verilmektedir.



Şekil 4.6 Gerçekleştirilen hacim hesaplama devresi şematığı

### 4.3.1 Bilgisayara Veri Yollamada Kullanılan Protokol

Ultrasonik algılayıcılardan gelen mesafe bilgilerin bilgisayara gönderilip anlaşılabilir bir durumda gözlemlenebilmesi için RS232 seri haberleşme protokolü kullanılmaktadır. Mikrodenetleyici tarafında ki TTL lojik seviyesinin RS232 lojik seviyesine çevirimle işlemi için MAX232 entegresi kullanılmıştır. RS232 entegresi, U2 ile Şekil 4.6'te gösterilmektedir..

Bilgisayar tarafında Windows işletim sisteminde standart olarak bulunan Hyper Terminal programı yada hazırlanan Delphi arayüzü com port ayarları

Bits per second: 9600baudrate

Data bits: 8

Parity: None

Stop bits: 1

Flow control: none

şeklinde yapılarak ve hazırlanan elektronik kartın bilgisayara bağlandığı seri port yuvası seçilerek bilgisayar ekranında görülebilmektedir.

#### 4.3.1.1 RS232 Haberleşme Protokolü

RS232 standardı ile iletim seri bir şekilde ve asenkron olarak yapılmaktadır. RS232 hatları TTL sinyal seviyelerini (+5V, 0V) taşımazlar. Tipik olarak gerilim seviyeleri +12 V ve -12V'dur. Fakat RS232 hatları, +25V DC'ye kadar yüksek olan sinyal seviyeleri ile -25 V DC'ye kadar düşük olan sinyalleri taşıyabilir. Bilindiği üzere bilgisayardaki veri iletimi ikilik sistemde olmaktadır. Lojik 1'e +5V karşılık gelirken, lojik 0'a 0V seviyesi denk gelir. Bu tür bir çevrime TTL (Transistor, Transistor Lojik Level) çevrimi denir. Bu, bilgisayar içindeki haberleşme standardı kabul edilir. Bilgisayar içindeki veri transferlerinde TTL seviyeli sinyallerin kullanılması birkaç sebepten dolayı avantajlıdır.

Güç Yönünden

Isı dağılımının az olmasından

Bu tür çalışan aletler için sürücüye ve alıcıya ihtiyaç duyulmadan doğrudan bağlantı yapılabilir.

TTL aletler yüksek hızda çalışabilir. Bu durum bilgisayar içindeki veri transferleri için çok

uygundur.

TTL haberleşmesinde mesafe arttıkça sonra çok ciddi problemler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca TTL, dışarıdan gelen sinyallerden çok çabuk etkilenir. Dolayısıyla sinyaldeki birkaç Voltluk kayıp sinyalin belirsiz bölgeye düşmesine sebep olur.

Normalde bir konnektörün pinleri 4 kısımda incelenebilir.

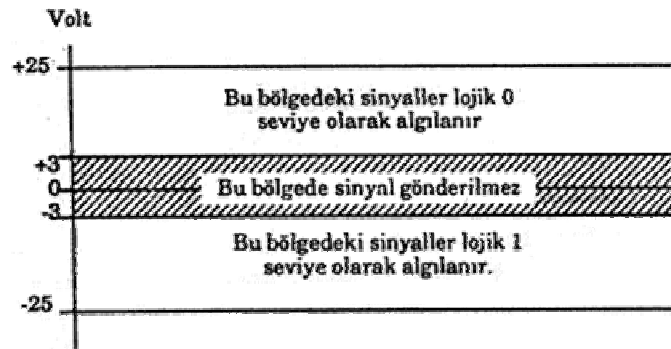
Data

Kontrol

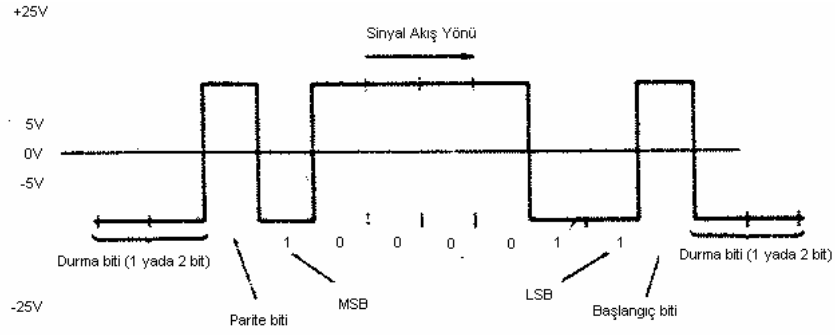
Zamanlama

Asenkron bir iletişim kullanıldığı için zamanlama kısmını kullanmayız.

PC'lerde tek gerilim (genellikle 5V) lojik 1 olarak ve 0V ve toprak da lojik 0 olarak belirtildiğini söylemiştik. Bu tür iletim bilgisayar içinde sorun çıkarmaktadır. RS232 hatları gürültülü hatlar üzerinde çok uzun mesafelere sinyalleri göndermek zorunda kalabilmektedir. +5V, uzak mesafelere göndermede bir zayıflamaya maruz kalacaktır. Başarılı bir iletimin sağlanabilmesi için RS232 sinyalleri pozitif bir sinyal için +5V ile +15 V arasında ve negatif bir sinyal içinde -5V ile -15V arasında ve negatif bir sinyal içinse -5V ile -15 V arasında bir değer almalıdır. Bu aralığı bu şekilde tutarak, gürültüden dolayı oluşan gerilim dalgalanmalarından etkilenmesini de minimuma indirmiş oluruz. Bu şekilde bir sinyal göndericiden gönderildi diyelim. RS232 alıcısı için ise bu sinyal aralığı +3V'dan yukarısı için pozitif sinyal, -3V ve bundan aşağı için ise negatif sinyal olduğu anlaşılır. Burada -3V ile +3V arasındaki bölgede kararsız bir bölgedir. Bu bölgede bulunan bir sinyal, gürültü olarak kabul edilir. Sonuç olarak RS232 hatları pozitif olarak +25 V'a kadar, negatif olarak da -25V'a kadar olan sinyalleri taşıyabilir.



Şekil 4.7 RS232 hatlarındaki verilerin gerilime göre lojik yapısı



Şekil 4.8 RS232 haberleşmesinde bir byte veri yollama yapısı

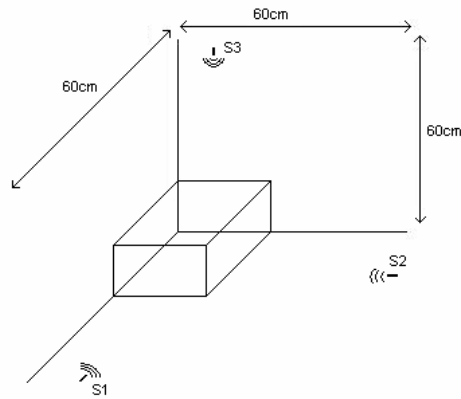
Bu çalışmada, RS232 seri haberleşmesi yapılırken M68HC908MR16 mikrodenetleyicisi bünyesindeki seri haberleşme arayüzü (SCI) kullanılmaktadır. Bilgisayara kübik nesneye ait boyutlara ve hacme bilgiler ölçüm sonucunda gönderilirken ilgili kelimeler değerinin önünde yazdırılacak şekilde gönderilmektedir.

#### 4.3.2 Kullanılan Regülatör Devresi

Gerçekleştirilen çalışmada, TTL lojik seviyesinde çalışan mikrodenetleyici tarafındaki kısım için gereken besleme LM7805 komponenti kullanılarak elde edilmektedir.

#### 4.4 Kullanılan Platform

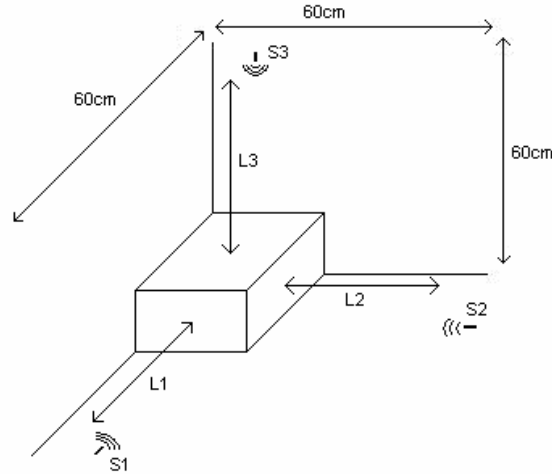
Gerçekleştirilen çalışmada Şekil 4.9'deki boyutlara sahip bir platform kullanılmaktadır. S1, S2 algılayıcılarının konumları zemin ile aynı yatay düzlem (yer) koordinatında olmayıp 5-10cm daha yukarıda bulunmaktadır.



Şekil 4.9 Hacim hesabında kullanılan platform

#### 4.5 Boyutların Ölçülmesi İşlemlerinde Referans Noktaları

Şekil 4.10 deki S1, S2, S3 ultrasonik algılayıcılarının her biri gönderdiklerinin ultrasonik ses dalgaları kübik nesnenin bir düzlemine çarparak geri gelir ve nesnenin algılayıcı ile arasındaki mesafeye göre algılayıcının Vo çıkışından mikrodenetleyici bünyesindeki ADC'ye mesafe bilgisini iletir. Mikrodenetleyici ADC'den çıkan dijital verinin ultrasonik algılayıcı ile nesne yüzeyi arasındaki mesafeyi verdiğini bilir. Bir hacim hesaplaması için nesneye ait boyutların değerleri bilinmelidir. Nesneye ait boyut bilgilerinin değerlerinin elde edilmesi için gerçekleştirilen sisteme göre hazırlanan platformun köşe noktasına konulmalıdır. Algılayıcılara olan mesafesi mikrodenetleyiciye bildirilen bu köşe (referans) noktadan ölçülerek bulunan L1, L2 ve L3 değerlerinin her biri çıkartılarak boyut değerleri elde edilir. Platform olarak kullanılan üç boyutlu sistemde, referans noktası üç boyutlu düzlemin (60cm'lik üç adet çubuk) orijini'dir.



Şekil 4.10 Kübik cismin boyutlarının ölçülmesinde referans noktası

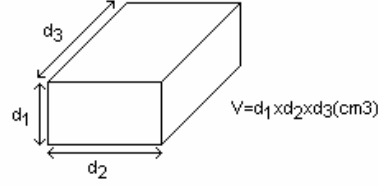
#### 4.6 Hacim Hesaplaması

Geometrik olarak kübik bir nesnenin hacmini hesaplamak için 4.1 formülü kullanılmaktadır.

$$V = d_1 \times d_2 \times d_3 \text{ (cm}^3\text{)} \quad (4.1)$$

$d_1, d_2, d_3$ : Nesnenin boyutlarının her biri (cm<sup>2</sup>)

V: Nesnenin hacmi (cm<sup>3</sup>)

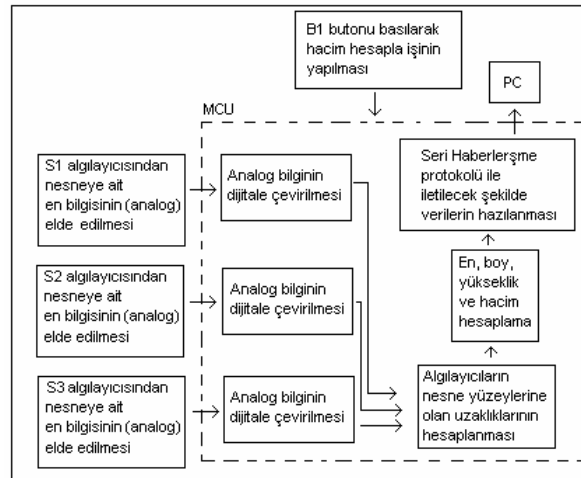


Şekil 4.11 Kübik bir nesnenin hacim hesabı

Buna göre gerçekleştirilen sistemde kübik nesneye ait hesaplanan en, boy ve yükseklik değerleri çarpılarak hacim elde edilir.

#### 4.7 Hacim Hesaplama Devresinin Blok Diyagramı

Şekil 4.12’de hacim hesaplaması yapıp bilgisayara gönderilene kadar olan işlemler blok olarak gösterilmektedir. Kübik nesnenin bir köşesinin platformun referans noktasına yerleştirilmesinden sonra bir hacim hesabının başlatılıp cisme ait en, boy, yükseklik ve hacim değerlerinin cm olarak bilgisayara gönderilmesi için kullanıcının B1 butonuna basması gerekmektedir. Bu işlemden sonra Mikrodenetleyici bünyesinde uygun olarak kurulan iki zamanlayıcı, bir seri haberleşme arayüzü modülü (SCI), üç analog dijital çevirme işlemi için ADC modülü ile gerekli değerler kullanıcının anlayacağı biçimde bilgisayara yollanmaktadır. Burada bilgisayar tarafında hazırlanan ara yüz programı ile görsel olarak nesnenin hacmi görülebilir. Ancak Windows işletim sisteminin Hyper Terminal programı da kullanılabilir. Her iki durumda da com port iletişim ayarlarını Bölüm 4.3.1’te belirtildiği gibi yapılmalıdır.



Şekil 4.12 Gerçekleştirilen sistemde hacim hesaplama blok diyagramı

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen hacim hesabına ait ayrıntılı bilgi ve hacim hesabının hangi şartlarda ve nasıl yapıldığı verilmiştir. Buna karşın uygulamada kullanılan ultrasonik algılayıcıların aynı marka ve seriden olmalarına rağmen karakteristiklerinin birbirini tutmadığı görülmektedir. Bu yüzden kübik nesne yüzeyleri ölçümünde her algılayıcı için ayrı bir algoritma yazılıma ilave edilmek durumunda kalmaktadır. Bu durum, kullanılan algılayıcıların kalitesinden kaynaklanan bir sorundur. Buna göre herhangi bir seri üretimde aynı yazılım ile kontrol edilen mikroişlemci kontrollü sistemlerde sistemde kullanılan ultrasonik algılayıcıların kullanılması elverişli değildir. Ancak bu gibi uygulamalarda kullanılabilirler. Buna karşın maliyet açısından bakıldığında kullanılan algılayıcıların avantajı piyasada bulunan mikron mertebesine kadar hassasiyetteki mesafeleri ölçebilen ultrasonik algılayıcılara göre çok daha iyidir. Doğrudan analog çıkış vermesinden dolayı hazırlanan devrede bir yükseltici, sezme, işaret düzeltici devresi kullanılması gereği kalmamaktadır. Bu durum, gerçekleştirilen uygulamada kullanılan eleman sayısının en az düzeyde tutulmasını sağlamış olup maliyeti etkileyen diğer bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Gerçekleştirilen uygulamada sıcaklığa bağlı düzeltme sağlayan ek bir devre ve yazılım gerçekleştirilmemektedir. Sıcaklığa bağlı sesin havada yayılım hızında meydana gelen değişiklikler hesaba katılarak değişen ortam sıcaklıklarında doğruluğu daha yüksek ölçümler yapılabilir. Bütün maliyet avantajlarına rağmen kullanılan algılayıcılar yerine daha yüksek teknolojiye sahip maliyeti daha yüksek algılayıcılar kullanılarak doğruluğu çok daha yüksek sonuçlar elde edilebilir. Kullanılan algılayıcılar ile kübik nesneye ait her boyut değeri azami 3cm hataya sahiptir. Hacim hesabında meydana gelen hata her üç boyutun çarpımı olduğundan hata katlanarak artar hale gelmiş olup tamamen algılayıcının karakteristiklerinin sabit olmamasından kaynaklanmaktadır.

Sistemde kullanılan mikrodenetleyici yerine yetenekleri daha sınırlı bir mikrodenetleyici veya mikroişlemci kullanılarak aynı uygulamanın gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Gerçekleştirilen uygulama mikrodenetleyiciden uzak mesafede bulunan iki algılayıcı TTL lojik seviyesindeki sinyal hatlarını mikrodenetleyiciye ulaştırmaktadır. Mesafenin artması durumunda merkezi bir mikrodenetleyiciye uzaktaki algılayıcılardan mesafe bilgisi gerilim düşümünden dolayı gelemeyecektir. Bu durumda, her algılayıcı mesafe bilgisini birer mikrodenetleyiciye yollayıp mikrodenetleyiciler arasında uygun bir haberleşme yapısı ile aynı haberleşme hattına bağlı hattı kontrol eden bir mikrodenetleyiciye mesafe verileri yollanarak mevcut algılayıcılarla çözüm elde edilebilir. Ancak bu maliyeti arttıran bir durum olacaktır.



**KAYNAKLAR**

M68HC08 Family CPU08 CENTRAL PROCESSOR UNIT REFERENCE MANUAL

M68HC08 Microcontrollers MC68HC908MR32- MC68HC908MR16 Data Sheet

T. Uzun ve A. Özpınar Ölçme Tekniđi, Bildiri, Elektrik ve Elektronik 11. Ulusal Kongresi ve Fuarı Ultrasonik Uzaklık Algılayıcı Devresi, İstanbul

Ş. Naci Engin ve E. Hüner, Bildiri, Elektrik ve Elektronik 11. Ulusal Kongresi ve Fuarı, Yürüyen Dalga Tipli Ultrasonik Motorun Modellenmesi, İstanbul (22-25 Eylül 2005)

N. Yılmaz, Bildiri, Elektrik ve Elektronik 11. Ulusal Kongresi ve Fuarı, Mobil Robotlar İçin PID Pozisyon Kontrollü Ultrasonik Mesafe Ölçüm Sisteminin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi (22-25 Eylül 2005)

Donald P. Massa, Massa Products Corporation, Choosing an Ultrasonic Sensor for Proximity or Distance Measurement (Şubat 1999)

Frank Massa, Ultrasonics in Industry, Fiftieth Anniversary Issue, Proc IRE. (Mayıs 1992)

Donald P. Massa, An Automatic Ultrasonic Bowling Scoring System (Ekim 1987)

Paul A. Shirley, An Introduction to Ultrasonic Sensing, (Kasım 1989)

Frank Massa, Ultrasonic Transducers for Use in Air, (Ekim 1965)

Leo L. Beranek, Acoustic Properties of Gases, American Institute of Physics Handbook, 3rd Ed. (Section 3rd), McGraw-Hill, (1972)

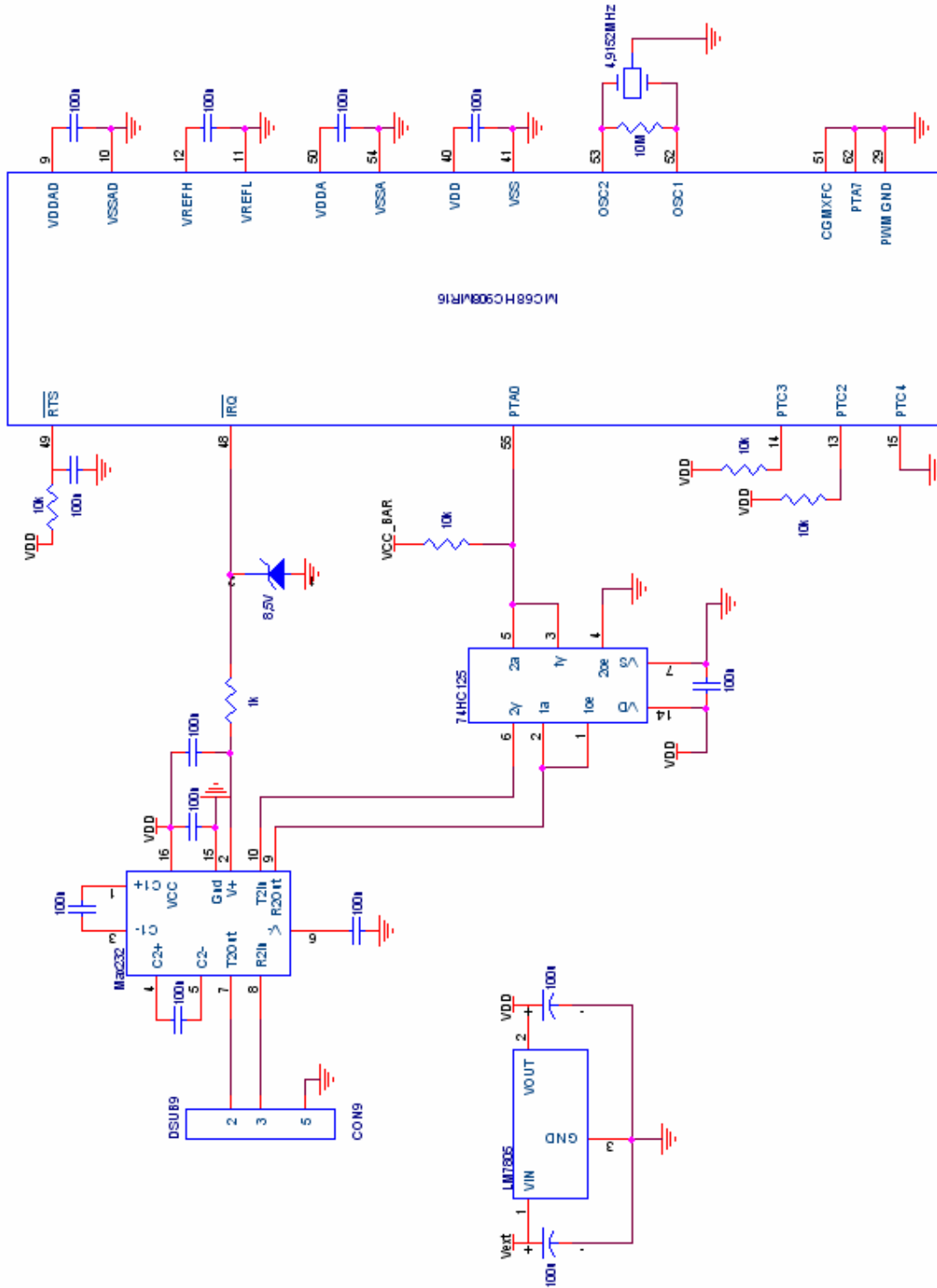
Handbook of Chemistry and Physics, 45th Ed., (1964)

L.B. Evans and Bass., Tables of Absorption and Velocity of Sound in Still Air at 68°F, (Ocak. 1972)

SHARP GP2Y0A02YK Long Distance Measuring Sensor DataSheet

**EKLER**

Ek 1 Mikrodenetleyicinin programlanması için hazırlanan devre:



Ek 2 Mikrodenetleyiciye programlanan yazılımın assambler kodları: (CodeWarrior3.0 programıyla yazılmıştır.)

```

;*****
;      Ultrasonic RAM/FLASH MEMORY DEFINITION FILE
;      "Ultrasonik_def.inc"
;*****
RAMStart      EQU      $009E      ;RAM start address
FlashStart    EQU      $8092      ;Flash start address
VectorStart   EQU      $FFD2      ;Vector start address
;*****
;      Constant Definitions
;*****
;      Bit Definitions
;*****

      ;PTA
Port_Button   EQU      $0000
Button_SendDatastoPC EQU      5

      ;PTA
Port_Transmitter EQU      $0000
TransmitterPin_A6 EQU      6
TransmitterPin_A4 EQU      4
TransmitterPin_A3 EQU      3
TransmitterPin_A2 EQU      2
TransmitterPin_A1 EQU      1

      ;PTC
Port_Transmitter_2 EQU $0002
TransmitterPin_C5 EQU      6

      ;PTE
Port_Receiver EQU      $0008
ReceivingPin_3 EQU      5
ReceivingPin_2 EQU      4
ReceivingPin_1 EQU      6

```

```

;*****
;
;           Flags
;*****
;-----ButonPressedDetected-----;
Flag_ButtonPressed      EQU      1
Flag_SingalTransmitReady EQU      2
;-----SendDataFlags-----;
Flag_SendEnable         EQU      4
Flag_SendEnableWidth    EQU      1
Flag_SendEnableLength   EQU      2
Flag_SendEnableHeight   EQU      3
;*****

;General Purpose Registers Definitions
                ORG  RAMStart
CounterButtonPressDetect    rmb    1
ButtonDetectRegister        rmb    1
SendDataFlag                rmb    1
ADCResults                  rmb    32
Temp2                       rmb    1
Temp                        rmb    1
AverageADCResult            rmb    1
ADCSelector                 rmb    1
Width                       rmb    1
Length                      rmb    1
Height                      rmb    1
Result                      rmb    1
Counter                     rmb    1
Value1                      rmb    1
Value2                      rmb    1
Value3                      rmb    1
Value4                      rmb    1
Value5                      rmb    1
Value6                      rmb    1

```

```

;*****
;
;       Ultrasonic STARTUP FILE
;
;       Ultrasonic_st.inc"
;*****

Startup:
;Reset vector start address
    rsp                ;stack pointer reset
    ldhx               #$009d
    txs
    clra
    clrx
    clrh
    sei                ;disable interrupts
    mov                #$0F,CONFIG

;*****
;
;       Clear RAM Area
;*****

RamInit:
;clear first 255 byte
    clrx                ;clear X
    lda                #$00    ;clear A

RamInitLoop1:
    sta                $009E,x    ;store 0 (A) to RAMStart+X ($9E+X)
    incx                ;increment X
    cpx                #$ff    ;compare all RAM cleared
    bne                RamInitLoop1    ;if not continue

;clear second 255 byte
    clrx                ;clear X
    lda                #$00    ;clear A

RamInitLoop2:
    sta                $019D,x    ;store 0 (A) to RAMStart+X ($9E+X)
    incx                ;increment X
    cpx                #$ff    ;compare all RAM cleared
    bne                RamInitLoop2    ;if not continue

;clear last 196 byte

```

```

        clrx                ;clear X
        lda                #$00        ;clear A
RamInitLoop3:
        sta                $029C,x    ;store 0 (A) to RAMStart+X ($9E+X)
        incx               ;increment X
        cpx                #$C4        ;compare all RAM cleared
        bne                RamInitLoop3 ;if not continue
;*****
;
;       Set Port Data Directions
;*****
        mov                #%01011110,DDRA
        mov                #%11111111,DDRB ;unused
        mov                #%11111111,PTB
        mov                #%11111111,DDRC ;PTC5 ultrasonik transmit output
        mov                #%11111111,PTC
        mov                #%11111111,DDRD ;unused
        mov                #%11111111,PTD
        mov                #%10001111,DDRE ;PTE6, PTE4, PTE5 ultrasonik receive
                                   ;pins input
        bset               0,PTE                ;the rest unused
        bset               1,PTE
        bset               2,PTE
        bset               3,PTE
        bset               7,PTE
        mov                #%11111111,DDRF ;PTF5 Tx Pin
        mov                #%11111111,PTF    ;the rest unused
        bclr               5,PCTL            ;pll off
;*****
;
;       SCI Init
;*****
        mov                #$40,SCC1        ;8bits none parity, enable SCI
        mov                #$08,SCC2        ;enable transmitter, SCI receive
                                   ;interrupt disable
        lda                SCS1            ;

```

```

        lda        SCDR                ;
        mov        #%00000001,SCBR    ;PD=1,BD=2 9600 baudrate
;*****
;
;       TimerB Init
;*****
        mov        #%01110011,TBSC    ;Stop & reset, overflow interrupt enable,
                                        ;prescaler=8 (PS2=0, PS1=1, PS0=1)
        clr        TBSC0              ;Inhibit all capture/compare functions
        clr        TBSC1
        bclr       TRST,TBSC          ;Un-reset TIMER
        mov        #$03,TBMODH        ;divider = 768
        mov        #$00,TBMODL        ;(4x8x768)/(4,9152Mz) = 5ms
        bclr       TSTOP,TBSC
;*****
;
;       TimerA Init
;*****
        mov        #%01110011,TASC    ;Stop & reset, overflow interrupt enable,
                                        ;prescaler=8 (PS2=0, PS1=1, PS0=1)
        clr        TASC0              ;Inhibit all capture/compare functions
        clr        TASC1
        clr        TASC1
        clr        TASC
        bclr       TRST,TASC          ;Un-reset TIMER
        mov        #$01,TAMODH        ;divider = 768
        mov        #$CC,TAMODL        ;(4x8x460)/(4,9152Mz) = 3ms
        bclr       TSTOP,TASC
;*****
        cli                    ;enable interrupts
        jmp        Main

```

```

;*****
;      Ultrasonic Main File
;      "Ultrasonik.asm"
;*****

XDEF      Startup,TimerB_Isr,TimerA_Isr
          include 'mr16_registers.inc'
          include 'Ultrasonik_tab.inc'
          include 'Ultrasonik_def.inc'
          org                               FlashStart
          include 'Ultrasonik_st.inc'
          include 'Ultrasonik_int.inc'
          include 'Ultrasonik_sub.inc'

Main:
          Brset      Flag_ButtonPressed,ButtonDetectRegister,ButtonPressed
          bra        Main

ButtonPressed:
          bclr       Flag_ButtonPressed,ButtonDetectRegister
          brset      Button_SendDatastoPC,Port_Button,ButtonPressed

TakeADCResults:
          clr        Counter
          mov        #%00100000,ADSCR
          mov        #%01110100,ADCLK
          clr        Temp;
          clr        ADCSelector
          bset       Flag_SendEnable,SendDataFlags
          jsr        SendMesafeText
          jsr        SendOne
          jsr        SendDoublePoint
          bra        Main
          END

```



```

;*****
;
;       Ultrasonik Interrupt Service Routine
;       "Ultrasonik.int"
;*****
;*****
;
;TimerB_Isr
;*****

TimerB_Isr:
brset    Button_SendDatastoPC,Port_Button,ButtonMayPressed
clr      CounterButtonPressDetect
bclr     Flag_ButtonPressed,ButtonDetectRegister
ExitFromTimerBInterrupt:
bclr                                TOF,TBSC
rti

ButtonMayPressed:
brset    Flag_ButtonPressed,ButtonDetectRegister,ExitFromTimerBInterrupt
inc      CounterButtonPressDetect
lda      #$0A
cmp      CounterButtonPressDetect
bne      ExitFromTimerBInterrupt
bset     Flag_ButtonPressed,ButtonDetectRegister
clr      CounterButtonPressDetect
bra      ExitFromTimerBInterrupt

```

```

,*****
;
;TimerA_Isr
,*****
TimerA_Isr:
brclr      Flag_SendEnable,SendDataFlags,ExitFromTimerAInterruptBridge
lda        ADRL
ldx        Temp
clrh
sta        ADCResults,x
inc        Temp
lda        Temp
cbeqa     #$20,ClearFlag
ExitFromTimerAInterruptBridge:
jmp        ExitFromTimerAInterrupt
ClearFlag:
clrx
mov        #$00,Temp2           ;Temp2 TotalADCResults high byte
lda        ADCResults,x       ;Temp TotalADCResults low byte
sta        Temp
incx
lda        #31
AddADCResult
jsr        AddNextAdcResult
dbnza     AddADCResult
ldhx      Temp2               ;take ADC Results average
ldx        #32
lda        Temp
div
sta        Result
lda        Counter
cmp        #$00
beq        WidthOperation
cmp        #$01
beq        LengthOperation

```

```

cmp      #$02
beq      HeightOperation
WidthOperation
lda      Result
jsr      SendDatas
bra      OperationEnd
LengthOperation
lda      Result
jsr      SendDatas2
bra      OperationEnd
HeightOperation
lda      Result
jsr      SendDatas3
bra      OperationEnd
OperationEnd                                     :
LengthADCResltsInit:
lda      ADCSelector
cmp      #$00
bne      HeightADCResltsInit
inc      Counter
mov      #%00100010,ADSCR
mov      #%01110100,ADCLK
mov      AverageADCResult,Width
clr      Temp
inc      ADCSelector
jsr      SendMesafeText
jsr      SendTwo
jsr      SendDoublePoint
bra      ExitFromTimerAInterruptBridge
HeightADCResltsInit:
lda      ADCSelector
cmp      #$01
bne      ClearSendEnable
inc      Counter

```

```

mov     #%00100001,ADSCR
mov     #%01110100,ADCLK
mov     AverageADCResult,Length
clr     Temp
inc     ADCSelector
jsr     SendMesafeText
jsr     SendThree
jsr     SendDoublePoint
bra     ExitFromTimerAInterruptBridge
ClearSendEnable:
mov     AverageADCResult,Height
lda     #$3B;59
sub     Width
sta     Width
lda     #$42;66
sub     Length
sta     Length
lda     #$36;54
sub     Height
sta     Height
jsr     SendBoyutText
jsr     SendOne
jsr     SendDoublePoint
clr     clrh
lda     Width
ldx     #$0A
div
add     #48
sta     Value1
sta     SCDR
WaitSCTE29V:
brclr  SCTE,SCS1,WaitSCTE29V      ;byte sent?
pshh
pula

```

```
add      #48
sta      Value2
sta      SCDR
WaitSCTE30V:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE30V      ;byte sent?
jsr      SendCRLF
jsr      SendBoyutText
jsr      SendTwo
jsr      SendDoublePoint
clrh
lda      Length
ldx      #$0A
div
add      #48
sta      Value3
sta      SCDR
WaitSCTE29V3:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE29V3     ;byte sent?
pshh
pula
add      #48
sta      Value4
sta      SCDR
WaitSCTE30V4:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE30V4     ;byte sent?
jsr      SendCRLF
jsr      SendBoyutText
jsr      SendThree
jsr      SendDoublePoint
clrh
lda      Height
ldx      #$0A
div
add      #48
```

```
sta      Value5
sta      SCDR
WaitSCTE29V5:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE29V5      ;byte sent?
pshh
pula
add      #48
sta      Value6
sta      SCDR
WaitSCTE30V6:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE30V6      ;byte sent?
jsr      SendCRLF
jsr      SendHacimText
jsr      SendDoublePoint
lda      #$28
sta      SCDR
WaitSCTE1:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE1          ;byte sent?
lda      Value1
sta      SCDR
WaitSCTE40:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE40        ;byte sent?
lda      Value2
sta      SCDR
WaitSCTE41:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE41        ;byte sent?
lda      #$78
sta      SCDR
WaitSCTE42:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE42        ;byte sent?
lda      Value3
sta      SCDR
WaitSCTE43:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE43        ;byte sent?
```

```
lda      Value4
sta      SCDR
WaitSCTE44:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE44      ;byte sent?
lda      #$78
sta      SCDR
WaitSCTE45:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE45      ;byte sent?
lda      Value5
sta      SCDR
WaitSCTE46:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE46      ;byte sent?
lda      Value6
sta      SCDR
WaitSCTE47:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE47      ;byte sent?
lda      #$29
sta      SCDR
WaitSCTE48:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE48      ;byte sent?
lda      #$63
sta      SCDR
WaitSCTE51:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE51      ;byte sent?
lda      #$6d
sta      SCDR
WaitSCTE52:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE52      ;byte sent?
lda      #$33
sta      SCDR
WaitSCTE53:
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE53      ;byte sent?
lda      #$0d
sta      SCDR
```

WaitSCTE49:

```
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE49    ;byte sent?
```

```
lda      #$0a
```

```
sta      SCDR
```

WaitSCTE50:

```
brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE50    ;byte sent?
```

```
bclr     Flag_SendEnable,SendDataFlags
```

ExitFromTimerAInterrupt:

```
bclr     TOF,TASC
```

```
rti
```



```

;*****
;
;           SendDatas
;Description: Send Datas through rs232 to pc
;*****
SendDatas:
        cmp     #$D7                                ;20
        blo     Check21Cm
        lda     #$14
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendTwo
        jsr     SendZero
Check21Cm:
        cmp     #$D6                                ;21
        blo     Check22Cm
        lda     #$15
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendTwo
        jsr     SendOne
Check22Cm:
        cmp     #$D1                                ;22
        blo     Check23Cm
        lda     #$16
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendTwo
        jsr     SendTwo
Check23Cm:
        cmp     #$C4                                ;23
        blo     Check24Cm
        lda     #$17
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendTwo
        jsr     SendThree
Check24Cm:
        cmp     #$BC                                ;24

```

```
    blo          Check25Cm
    lda          #$18
    sta          AverageADCResult
    jsr          SendTwo
    jsr          SendFour
Check25Cm:
    cmp          #$B4 ;25
    blo          Check26Cm
    lda          #$19
    sta          AverageADCResult
    jsr          SendTwo
    jsr          SendFive
Check26Cm:
    cmp          #$AF ;26
    blo          Check27Cm
    lda          #$1A
    sta          AverageADCResult
    jsr          SendTwo
    jsr          SendSix
Check27Cm:
    cmp          #$A8 ;27
    blo          Check28Cm
    lda          #$1B
    sta          AverageADCResult
    jsr          SendTwo
    jsr          SendSeven
Check28Cm:
    cmp          #$A4 ;28
    blo          Check29Cm
    lda          #$1C
    sta          AverageADCResult
    jsr          SendTwo
    jsr          SendEight
Check29Cm:
```

```

    cmp        #$9C                                ;29
    blo        Check30Cm
    lda        #$1D
    sta        AverageADCResult
    jsr        SendTwo
    jsr        SendNine
Check30Cm:
    cmp        #$98                                ;30
    blo        Check31Cm
    lda        #$1E
    sta        AverageADCResult
    jsr        SendThree
    jsr        SendZero
Check31Cm:
    cmp        #$93                                ;31
    blo        Check32Cm
    lda        #$1F
    sta        AverageADCResult
    jsr        SendThree
    jsr        SendOne
Check32Cm:
    cmp        #$8C                                ;32
    blo        Check33Cm
    lda        #$20
    sta        AverageADCResult
    jsr        SendThree
    jsr        SendTwo
Check33Cm:
    cmp        #$88                                ;33
    blo        Check34Cm
    lda        #$21
    sta        AverageADCResult
    jsr        SendThree
    jsr        SendThree

```

## Check34Cm:

```
    cmp    #$83          ;34
    blo    Check35Cm
    lda    #$22
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendFour
```

## Check35Cm:

```
    cmp    #$80          ;35
    blo    Check36Cm
    lda    #$23
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendFive
```

## Check36Cm:

```
    cmp    #$7D          ;36
    blo    Check37Cm
    lda    #$24
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendSix
```

## Check37Cm:

```
    cmp    #$78          ;37
    blo    Check38Cm
    lda    #$25
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendSeven
```

## Check38Cm:

```
    cmp    #$74          ;38
    blo    Check39Cm
    lda    #$26
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
```

```
        jsr        SendEight
Check39Cm:
        cmp        #$71                ;39
        blo        Check40Cm
        lda        #$27
        sta        AverageADCResult
        jsr        SendThree
        jsr        SendNine
Check40Cm:
        cmp        #$6C                ;40
        blo        Check41Cm
        lda        #$28
        sta        AverageADCResult
        jsr        SendFour
        jsr        SendZero
Check41Cm:
        cmp        #$69                ;41
        blo        Check42Cm
        lda        #$29
        sta        AverageADCResult
        jsr        SendFour
        jsr        SendOne
Check42Cm:
        cmp        #$66                ;42
        blo        Check43Cm
        lda        #$2A
        sta        AverageADCResult
        jsr        SendFour
        jsr        SendTwo
Check43Cm:
        cmp        #$64                ;43
        blo        Check44Cm
        lda        #$2B
        sta        AverageADCResult
```

```
        jsr      SendFour
        jsr      SendThree
Check44Cm:
        cmp     #$61          ;44
        blo     Check45Cm
        lda     #$2C
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendFour
        jsr     SendFour
Check45Cm:
        cmp     #$5f          ;45
        blo     Check46Cm
        lda     #$2D
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendFour
        jsr     SendFive
Check46Cm
        cmp     #$5e          ;46
        blo     Check47Cm
        lda     #$2E
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendFour
        jsr     SendSix
Check47Cm:
        cmp     #$5d          ;47
        blo     Check48Cm
        lda     #$2F
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendFour
        jsr     SendSeven
Check48Cm:
        cmp     #$5c          ;48
        blo     Check49Cm
        lda     #$30
```

```

        sta      AverageADCResult
        jsr      SendFour
        jsr      SendEight
Check49Cm:
        cmp     #$5b          ;49
        blo     Check50Cm
        lda     #$31
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendFour
        jsr     SendNine
Check50Cm:
        cmp     #$59
        blo     ExitFromSubroutine
        lda     #$32
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendFive
        jsr     SendZero
ExitFromSubroutine:
        jsr     SendCRLF
        rts
;*****
;
;          SendDatas
;Description: Send Datas through rs232 to pc
;*****
SendDatas2:
        cmp     #$FF          ;22
        blo     Check23CmL
        lda     #$16
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendTwo
        jsr     SendTwo
Check23CmL:
        cmp     #$EB          ;23
        blo     Check24CmL

```

```
    lda    #$17
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendTwo
    jsr    SendThree
Check24CmL:
    cmp    #$E6                ;24
    blo    Check25CmL
    lda    #$18
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendTwo
    jsr    SendFour
Check25CmL:
    cmp    #$DF                ;25
    blo    Check26CmL
    lda    #$19
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendTwo
    jsr    SendFive
Check26CmL:
    cmp    #$DD                ;26
    blo    Check27CmL
    lda    #$1A
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendTwo
    jsr    SendSix
Check27CmL:
    cmp    #$D8                ;27
    blo    Check28CmL
    lda    #$1B
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendTwo
    jsr    SendSeven
Check28CmL:
    cmp    #$D5                ;28
```



```
    blo      Check29CmL
    lda      #$1C
    sta      AverageADCResult
    jsr      SendTwo
    jsr      SendEight
Check29CmL:
    cmp      #$CB          ;29
    blo      Check30CmL
    lda      #$1D
    sta      AverageADCResult
    jsr      SendTwo
    jsr      SendNine
Check30CmL:
    cmp      #$C8          ;30
    blo      Check31CmL
    lda      #$1E
    sta      AverageADCResult
    jsr      SendThree
    jsr      SendZero
Check31CmL:
    cmp      #$BF          ;31
    blo      Check32CmL
    lda      #$1F
    sta      AverageADCResult
    jsr      SendThree
    jsr      SendOne
Check32CmL:
    cmp      #$BC          ;32
    blo      Check33CmL
    lda      #$20
    sta      AverageADCResult
    jsr      SendThree
    jsr      SendTwo
Check33CmL:
```

```
    cmp    #$BA            ;33
    blo    Check34CmL
    lda    #$21
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendThree
Check34CmL:
    cmp    #$B8            ;34
    blo    Check35CmL
    lda    #$22
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendFour
Check35CmL:
    cmp    #$B1            ;35
    blo    Check36CmL
    lda    #$23
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendFive
Check36CmL:
    cmp    #$AC            ;36
    blo    Check37CmL
    lda    #$24
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendSix
Check37CmL:
    cmp    #$A9            ;37
    blo    Check38CmL
    lda    #$25
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendSeven
```

## Check38CmL:

```
    cmp    #$A6          ;38
    blo    Check39CmL
    lda    #$26
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendEight
```

## Check39CmL:

```
    cmp    #$A4          ;39
    blo    Check40CmL
    lda    #$27
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendNine
```

## Check40CmL:

```
    cmp    #$9F          ;40
    blo    Check41CmL
    lda    #$28
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendFour
    jsr    SendZero
```

## Check41CmL:

```
    cmp    #$99          ;41
    blo    Check42CmL
    lda    #$29
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendFour
    jsr    SendOne
```

## Check42CmL:

```
    cmp    #$95          ;42
    blo    Check43CmL
    lda    #$2A
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendFour
```

```

        jsr          SendTwo
Check43CmL:
        cmp          #$93                ;43
        blo          Check44CmL
        lda          #$2B
        sta          AverageADCResult
        jsr          SendFour
        jsr          SendThree
Check44CmL:
        cmp          #$91                ;44
        blo          Check45CmL
        lda          #$2C
        sta          AverageADCResult
        jsr          SendFour
        jsr          SendFour
Check45CmL:
        cmp          #$90                ;45
        blo          ExitFromSubroutineL
        lda          #$2D
        sta          AverageADCResult
        jsr          SendFour
        jsr          SendFive
ExitFromSubroutineL:
        jsr          SendCRLF
        rts

;*****
;
;          SendDatas
;Description: Send Datas through rs232 to pc
;*****

SendDatas3:
        cmp          #$DC                ;22DC
        blo          Check23CmLH
        lda          #$16
        sta          AverageADCResult

```

```
        jsr      SendTwo
        jsr      SendTwo
Check23CmLH:
        cmp     #$D8          ;23
        blo     Check24CmLH
        lda     #$17
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendTwo
        jsr     SendThree
Check24CmLH:
        cmp     #$D5          ;24
        blo     Check25CmLH
        lda     #$18
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendTwo
        jsr     SendFour
Check25CmLH:
        cmp     #$D1          ;25
        blo     Check26CmLH
        lda     #$19
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendTwo
        jsr     SendFive
Check26CmLH:
        cmp     #$C9          ;26
        blo     Check27CmLH
        lda     #$1A
        sta     AverageADCResult
        jsr     SendTwo
        jsr     SendSix
Check27CmLH:
        cmp     #$C4          ;27
        blo     Check28CmLH
        lda     #$1B
```

```
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendTwo
    jsr    SendSeven
Check28CmLH:
    cmp    #$C0            ;28
    blo    Check29CmLH
    lda    #$1C
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendTwo
    jsr    SendEight
Check29CmLH:
    cmp    #$B8            ;29
    blo    Check30CmLH
    lda    #$1D
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendTwo
    jsr    SendNine
Check30CmLH:
    cmp    #$B5            ;30
    blo    Check31CmLH
    lda    #$1E
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendZero
Check31CmLH:
    cmp    #$B1            ;31
    blo    Check32CmLH
    lda    #$1F
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendThree
    jsr    SendOne
Check32CmLH:
    cmp    #$AD            ;32
    blo    Check33CmLH
```

```
    lda        #$20
    sta        AverageADCResult
    jsr        SendThree
    jsr        SendTwo
Check33CmLH:
    cmp        #$AB                ;33
    blo        Check34CmLH
    lda        #$21
    sta        AverageADCResult
    jsr        SendThree
    jsr        SendThree
Check34CmLH:
    cmp        #$A9                ;34
    blo        Check35CmLH
    lda        #$22
    sta        AverageADCResult
    jsr        SendThree
    jsr        SendFour
Check35CmLH:
    cmp        #$A6                ;35
    blo        Check36CmLH
    lda        #$23
    sta        AverageADCResult
    jsr        SendThree
    jsr        SendFive
Check36CmLH:
    cmp        #$9E                ;36
    blo        Check37CmLH
    lda        #$24
    sta        AverageADCResult
    jsr        SendThree
    jsr        SendSix
Check37CmLH:
    cmp        #$99                ;37
```

```
    blo      Check38CmLH
    lda      #$25
    sta      AverageADCResult
    jsr      SendThree
    jsr      SendSeven
Check38CmLH:
    cmp      #$96          ;38
    blo      Check39CmLH
    lda      #$26
    sta      AverageADCResult
    jsr      SendThree
    jsr      SendEight
Check39CmLH:
    cmp      #$93          ;39
    blo      Check40CmLH
    lda      #$27
    sta      AverageADCResult
    jsr      SendThree
    jsr      SendNine
Check40CmLH:
    cmp      #$91          ;40
    blo      Check41CmLH
    lda      #$28
    sta      AverageADCResult
    jsr      SendFour
    jsr      SendZero
Check41CmLH:
    cmp      #$8F          ;41
    blo      Check42CmLH
    lda      #$29
    sta      AverageADCResult
    jsr      SendFour
    jsr      SendOne
Check42CmLH:
```



```
    cmp    #$8D                ;42
    blo    Check43CmLH
    lda    #$2A
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendFour
    jsr    SendTwo
Check43CmLH:
    cmp    #$8c                ;43
    blo    Check44CmLH
    lda    #$2B
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendFour
    jsr    SendThree
Check44CmLH:
    cmp    #$83                ;44
    blo    Check45CmLH
    lda    #$2C
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendFour
    jsr    SendFour
Check45CmLH:
    cmp    #$79                ;45
    blo    ExitFromSubroutineLH
    lda    #$2D
    sta    AverageADCResult
    jsr    SendFour
    jsr    SendFive
ExitFromSubroutineLH:
    jsr    SendCRLF
    rts
```

```

;*****
;
;                               SendZero
;*****
SendZero:
    lda        #$30
    sta        SCDR

WaitSCTE:
    brclr     SCTE,SCS1,WaitSCTE ;byte sent?
    rts

;*****
;
;                               SendOne:
;*****
SendOne:
    lda        #$31
    sta        SCDR

WaitSCTE2:
    brclr     SCTE,SCS1,WaitSCTE2 ;byte sent?
    rts

;*****
;
;                               SendTwo:
;*****
SendTwo:
    lda        #$32
    sta        SCDR

WaitSCTE3:
    brclr     SCTE,SCS1,WaitSCTE3 ;byte sent?
    rts

;*****
;
;                               SendThree:
;*****
SendThree:
    lda        #$33
    sta        SCDR

WaitSCTE16:

```

```

brclr    SCTE,SCS1,WaitSCTE16;byte sent?
rts

;*****
;
;          SendFour:
;*****

SendFour:
    lda    #$34
    sta    SCDR

WaitSCTE4:
    brclr  SCTE,SCS1,WaitSCTE4 ;byte sent?
    rts

;*****
;
;          SendFive
;*****

SendFive:
    lda    #$35
    sta    SCDR

WaitSCTE5:
    brclr  SCTE,SCS1,WaitSCTE5 ;byte sent?
    rts

;*****
;
;          SendSix
;*****

SendSix:
    lda    #$36
    sta    SCDR

WaitSCTE6:
    brclr  SCTE,SCS1,WaitSCTE6 ;byte sent?
    rts

;*****
;
;          SendSeven
;*****

SendSeven:
    lda    #$37

```

```

        sta          SCDR
WaitSCTE7:
        brclr       SCTE,SCS1,WaitSCTE7 ;byte sent?
        rts

;*****
;
;          SendEight
;*****
SendEight:
        lda         #$38
        sta         SCDR
WaitSCTE8:
        brclr       SCTE,SCS1,WaitSCTE8 ;byte sent?
        rts

;*****
;
;          SendCRLF
;*****
SendCRLF:
        lda         #$63
        sta         SCDR
WaitSCTE23:
        brclr       SCTE,SCS1,WaitSCTE23;byte sent?

        lda         #$6D
        sta         SCDR
WaitSCTE24:
        brclr       SCTE,SCS1,WaitSCTE24;byte sent?
        lda         #$0D
        sta         SCDR
WaitSCTE20:
        brclr       SCTE,SCS1,WaitSCTE20;byte sent?
        lda         #$0A
        sta         SCDR
WaitSCTE21:
        brclr       SCTE,SCS1,WaitSCTE21;byte sent?

```

```

        rts
;*****
;
        SendNine
;*****
SendNine:
        lda        #$39
        sta        SCDR
WaitSCTE9:
        brclr     SCTE,SCS1,WaitSCTE9 ;byte sent?
        rts
;*****
;
        AddNextAdcResult
;*****
AddNextAdcResult:
        psha
        lda        ADCResults,x      ;1
        incx
        add        Temp
        sta        Temp
        bcs        IncrementHighByte
        bra        ExitFromRoutine
IncrementHighByte:
        clc
        inc        Temp2
ExitFromRoutine:
        pula
        rts
;*****
;
        SendBoyutText
;*****
SendBoyutText:
        lda        #$42;'B'
        sta        SCDR
WaitSCTE28B:

```

```

        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE28B                ;byte sent?
        lda        #$4F;'O'
        sta        SCDR
WaitSCTE29B:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE29B                ;byte sent?
        lda        #$59;'Y'
        sta        SCDR
WaitSCTE30B:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE30B                ;byte sent?
        lda        #$55;'U'
        sta        SCDR
WaitSCTE31B:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE31B                ;byte sent?
        lda        #$54;'T'
        sta        SCDR
WaitSCTE32B:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE32B                ;byte sent?
        rts
;*****
;
;          SendDoublePoint
;*****
SendDoublePoint:
        lda        #$3A;':'
        sta        SCDR
WaitSCTE34P:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE34P                ;byte sent?
        rts
;*****
;
;          SendMesafeText
;*****
SendMesafeText:
        lda        #$4D;'M'
        sta        SCDR
WaitSCTE28M:

```

```

        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE28M          ;byte sent?
        lda        #$45;'E'
        sta        SCDR
WaitSCTE29M:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE29M          ;byte sent?
        lda        #$53;'S'
        sta        SCDR
WaitSCTE30M:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE30M          ;byte sent?
        lda        #$41;'A'
        sta        SCDR
WaitSCTE31M:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE31M          ;byte sent?
        lda        #$46;'F'
        sta        SCDR
WaitSCTE32M:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE32M          ;byte sent?
        lda        #$45;'E'
        sta        SCDR
WaitSCTE33M:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE33M          ;byte sent?
        rts

;*****
;
;          SendHacimText
;*****
SendHacimText:
        lda        #$48;'H'
        sta        SCDR
WaitSCTE28MV:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE28MV          ;byte sent?
        lda        #$41;'A'
        sta        SCDR
WaitSCTE29MV:
        brclr      SCTE,SCS1,WaitSCTE29MV          ;byte sent?

```

```
        lda        #$43;'C'  
        sta        SCDR  
WaitSCTE30MV:  
        brclr     SCTE,SCS1,WaitSCTE30MV           ;byte sent?  
        lda        #$49;'T'  
        sta        SCDR  
WaitSCTE31MV  
        brclr     SCTE,SCS1,WaitSCTE31MV           ;byte sent?  
        lda        #$4D;'M'  
        sta        SCDR  
WaitSCTE32MV:  
        brclr     SCTE,SCS1,WaitSCTE32MV           ;byte sent?  
        rts
```



```

; 68HC908MR32 Equates
;*****
;MR16/32 Registers File
; mr_16Registers.inc
;*****
PTA      EQU $0000                ; Ports and data direction
PORTA    EQU $0000
PTB      EQU $0001
PORTB    EQU $0001
PTC      EQU $0002
PORTC    EQU $0002
PTD      EQU $0003
PORTD    EQU $0003
DDRA     EQU $0004
DDRB     EQU $0005
DDRC     EQU $0006
DDRD     EQU $0007
PTE      EQU $0008
PORTE    EQU $0008
PTF      EQU $0009
PORTF    EQU $0009
DDRE     EQU $000C
DDRF     EQU $000D
TASC     EQU $000E                ; Timer A
TOF      EQU $7
TOIE     EQU $6
TSTOP    EQU $5
TRST     EQU $4
TACNTH   EQU $000F
TACNTL   EQU $0010
TAMODH   EQU $0011
TAMODL   EQU $0012
TASC0    EQU $0013
TACH0H   EQU $0014

```

TACH0L	EQU \$0015	
CH0F	EQU 7	
CH0IE	EQU 6	
TASC1	EQU \$0016	
TACH1H	EQU \$0017	
TACH1L	EQU \$0018	
CH1F	EQU 7	
CH1IE	EQU 6	
TASC2	EQU \$0019	
TACH2H	EQU \$001A	
TACH2L	EQU \$001B	
CH2F	EQU 7	
CH2IE	EQU 6	
TASC3	EQU \$001C	
CH3F	EQU 7	
CH3IE	EQU 6	
TACH3H	EQU \$001D	
TACH3L	EQU \$001E	
CONFIG	EQU \$001F	; System configuration
PCTL1	EQU \$0020	; Pulse width modulator
PCTL2	EQU \$0021	
FCR	EQU \$0022	
FSR	EQU \$0023	
FTACK	EQU \$0024	
PWMOUT	EQU \$0025	
PCNTH	EQU \$0026	
PCNTL	EQU \$0027	
PMODH	EQU \$0028	
PMODL	EQU \$0029	
PVAL1H	EQU \$002A	
PVAL1L	EQU \$002B	
PVAL2H	EQU \$002C	
PVAL2L	EQU \$002D	
PVAL3H	EQU \$002E	

PVAL3L	EQU	\$002F	
PVAL4H	EQU	\$0030	
PVAL4L	EQU	\$0031	
PVAL5H	EQU	\$0032	
PVAL5L	EQU	\$0033	
PVAL6H	EQU	\$0034	
PVAL6L	EQU	\$0035	
DEADTM	EQU	\$0036	
DISMAP	EQU	\$0037	
SCC1	EQU	\$0038	; SCI (Asynchronous communications)
PEN	EQU	\$1	
PTY	EQU	\$0	
ENSCI	EQU	\$6	
M	EQU	\$4	
SCC2	EQU	\$0039	
SCRIE	EQU	\$5	
TE	EQU	\$3	
RE	EQU	\$2	
SCC3	EQU	\$003A	
T8	EQU	\$6	
R8	EQU	\$7	
SCS1	EQU	\$003B	
FE	EQU	1	
PE	EQU	0	
TC	EQU	\$6	
SCRF	EQU	\$5	
SCTE	EQU	\$7	
OR	EQU	\$3	
SCS2	EQU	\$003C	
SCDR	EQU	\$003D	
SCBR	EQU	\$003E	
INTSCR	EQU	\$003F	; IRQ status/control
ISCR	EQU	\$003F	
IMASK1	EQU	\$1	

MODE1 EQU \$0  
 ACK1 EQU \$2  
 IRQF EQU \$3  
 ADSCR EQU \$0040 ; A to D converter  
 ADRH EQU \$0041  
 ADRL EQU \$0042  
 ADCLK EQU \$0043  
 SPCR EQU \$0044 ; SPI (Synchronous communications)  
 SPSCR EQU \$0045  
 SPDR EQU \$0046  
 TBSC EQU \$0051 ; Timer B  
 TBCNTH EQU \$0052  
 TBCNTL EQU \$0053  
 TBMODH EQU \$0054  
 TBMODL EQU \$0055  
 TBSC0 EQU \$0056  
 TBCH0H EQU \$0057  
 TBCH0L EQU \$0058  
 TBSC1 EQU \$0059  
 TBCH1H EQU \$005A  
 TBCH1L EQU \$005B  
 PCTL EQU \$005C ; Clock Generator Module  
 PBWC EQU \$005D  
 PPG EQU \$005E  
 SBSR EQU \$FE00 ; System integration  
 SRSR EQU \$FE01  
 SBFCR EQU \$FE03  
 FLCR EQU \$FE08  
 BRKH EQU \$FE0C ; Hardware breakpoint  
 BRKL EQU \$FE0D  
 BRKSCR EQU \$FE0E  
 LVISCR EQU \$FE0F ; Low voltage detect  
 LVIOUT EQU \$7  
 TRPSEL EQU \$5

FLBPR EQU \$FF7E ; Flash boot protect

COPCTL EQU \$FFFF ; COP (Computer operating properly) control

Ek 3 Delphi ile hazırlanan arayüz programının Pascal kodları:

```
TForm1 = class(TForm)
  ComPort1: TComPort;
  Button1: TButton;
  Boyutlar: TGroupBox;
  Label4: TLabel;
  Label5: TLabel;
  Label6: TLabel;
  Label7: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Label2: TLabel;
  Label3: TLabel;
  Label8: TLabel;
  Label9: TLabel;
  Label10: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Button2: TButton;
  procedure ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
  procedure FormCreate(Sender: TObject);
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure Button2Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form1: TForm1;
implementation
{$R *.DFM}
procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var
  DataLetter:char;
  PortData:string;
```

```

Volume,Volume1,Volume2,Volume3,LengthPortData,i:integer;
Dimension1,Dimension2,Dimension3:string;
begin
ComPort1.Readstr(PortData,255);
LengthPortData:=length(PortData);

for i:=1 to LengthPortData do
begin
  DataLetter:=PortData[i];
  if DataLetter='(' then
  begin
    Dimension1:=PortData[i+1]+PortData[i+2];
    Dimension2:=PortData[i+4]+PortData[i+5];
    Dimension3:=PortData[i+7]+PortData[i+8];
  end;
end;
Label1.Caption:=Dimension1+'cm';
Label2.Caption:=Dimension2+'cm';
Label3.Caption:=Dimension3+'cm';
Volume1:=StrToInt(Dimension1);
Volume2:=StrToInt(Dimension2);
Volume3:=StrToInt(Dimension3);
Volume:=Volume1*Volume2*Volume3;
Label8.Caption:=inttostr(Volume)+'cm';
Label1.Visible:=True;
Label2.Visible:=True;
Label3.Visible:=True;
Label8.Visible:=True;
Label9.Visible:=True;
Canvas.Pen.Width:=3;
Canvas.PolyLine([Point(400,300),Point((400+Volume1*5),300),
Point((400+Volume1*5),(300-Volume3*5)),Point(400,(300-Volume3*5)),
Point(400,300),Point((400-Volume2*3),(300+Volume2*3)),
Point((400-Volume2*3)+(Volume1*5),(300+Volume2*3)),

```

```

Point((400+Volume1*5),300),Point(400,300),Point((400-Volume2*3),(300+Volume2*3)),
Point((400-Volume2*3),(300+Volume2*3)-(Volume3*5)),Point(400,(300-Volume3*5)),
Point(400,300),Point((400-Volume2*4),(300+Volume2*4)),Point(400,300),
Point((400+Volume1*7),300),Point(400,300),Point(400,(300-Volume3*7)),
Point(400,300),Point(400,(300-Volume3*5)),Point((400-Volume2*3),(300+Volume2*3)-
(Volume3*5)),Point((400-Volume2*3)+(Volume1*5),(300+Volume2*3)-
(Volume3*5)),Point((400+Volume1*5),(300-Volume3*5)),Point((400-
Volume2*3)+(Volume1*5),(300+Volume2*3)-(Volume3*5)),Point((400-
Volume2*3)+(Volume1*5),(300+Volume2*3)));

```

```
end;
```

```
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
Label4.Caption:='Boyut1:';
```

```
Label5.Caption:='Boyut2:';
```

```
Label6.Caption:='Boyut3:';
```

```
Label7.Caption:='Hacim:';
```

```
Label2.Visible:=False;
```

```
Label3.Visible:=False;
```

```
Label8.Visible:=False;
```

```
Label9.Visible:=False;
```

```
Label1.Visible:=False;
```

```
ComPort1.Open;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
Refresh;
```

```
Label2.Visible:=False;
```

```
Label3.Visible:=False;
```

```
Label8.Visible:=False;
```

```
Label9.Visible:=False;
```

```
Label1.Visible:=False;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
```



```
begin  
ComPort1.ShowSetupDialog;  
end;  
end.
```

Ek 4 Gerçekleştirilen projenin resim:



**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	01.11.1979	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1993-1996	Avcılar 50.Yıl İnsa Lisesi
Lisans	1998-2002	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. Elektrik Mühendisliği Bölümü

**Çalıştığı kurum**

2003-Devam ediyor Tüm Elektronik Mühendislik Ltd Şti.