

Su altı nda dağı tı lması ş sonar

Elektronik alanı nda yüksek lisans tezi
Mälardalen Üniversitesi

Tarafı ndan yazı lmı ştı r:

Ukritçe Meesangphrao

umo09001@student.mdh.se

Soyut

Bu tez, donanı mı nda herhangi bir değişiklik yapı lmadan sensör elemanları nı n sayı sı nı artı rma veya azaltma yeteneğine sahip dağı tı k sualtı sonarı nı n yapı labilme olası lı ğı na odaklanmı ştı r. Her sonar modülü ayrı ayrı çalı şı r. Modüller ile görüntü işleme ünitesi arası ndaki senkronizasyonu ve iletişimi CAN protokolü kullanı larak arşivlenir. Bu yeni tasarı m konsepti, geleneksel tasarı ma göre çeşitli avantajlar sağlar.

Yalnız ca bir prototip yapı ldı , ancak gerçek uygulamada birkaç modülün birleştirilmesi gerekiyor. Eksiksiz bir sistem hakkı ndaki tartışma, gelecekteki çalı şma bölümünde bulunabilir.

Proje iki ana bölümden oluşmaktadı r: bir prototip tasarlama ve oluşturma. Test prosedürü ve her iki bölümün sonucu aç ı klanmı ş ve bir sonuçla özetlenmiştir.

İçindekiler

İçindekiler 1

Giriş 1.1 Proje

Özellikleri.....	4
2 Arka Plan 2.1 Sesin ve teorinin doğası	
5 2.2 Ultrasonik dönüştürücü tipi.....	6
2.3 Tip sualtı sonarı	6
2.4 Ultrasonik vericinin ı şı n modeli.....	
6 2.5 Temel konsept Varı ş yönü(DOA).....	7
2.6 Gecikme ve Toplam ı şı n oluşturma ve ı şı n yönlendirmenin temel konsepti	
teknik.....	8
2.7 Periyodik fonksiyon ve Kutupsal koordinat sistemi.....	10
3 Ön tasarı m ve inşaat	
3.1 Mikro denetleyici aşaması	13
3.2 Ultrasonik Sürüş aşaması	13
3.2.1 Alçak gerilim sürücü.....	14
3.2.2 Yüksek gerilim/güç trafosu sürücü... ..	14
3.2.3 Buck-Boost anahtarlamalı sürücü.....	15
3.3 Filtreleme aşaması	16
3.4 Yüksek gerilim analog anahtarı ve yüksek gerilim güç kaynağı	17
3.5 Tetik aşaması	18
3.6 Faz ve genlik hesaplama aşaması	19
3.7 CAN iletişim aşaması	22
4. Ön sonuç.....	25
5. İyileştirilmiş tasarı m.....	27
6. Test sonucu ve tartı şma	27
7. Sonuç.....	30
8. Gelecek çalı şmalar.....	30
9. Kaynaklar.....	31
10. Ek.....	32

1. Sualtı sonarı na giriş

SES Navigasyonu ve Menzil veya SONAR, dedektör ile ses yansıması na dayalı bir nesne arası ndaki mesafeyi ölçme tekniğidir. Mesafe, belirli ortamlarda sesin yayılma süresinden ve hızı ndan hesaplanabilir. Bu teknik, örneğin engel tespiti, seviye ölçümü, mesafe ölçümü, sonar görüntüleme, su altı navigasyonu vb. gibi birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır.

Su altı ndaki nesneleri optik cihazlarla kısa bir mesafeden temiz suda, uygun ışıkla incelemek mümkündür, ancak bulanık suda veya uzun menzilli hedefte resim yakalamak imkansızdır. Akustik dalga, suda önemli bir kayıpla olmadan o kadar uzağa gidebildiğinden, akustik görüntüleme sistemi ile sualtı resimleri oluşturmak etkili bir çözümdür.

Sonar görüntüleme teknolojisi, mesafeyi ölçmek için hedefe ses dalgası nı tespit ederek ve yankı sinyalini dinleyerek su altı ndaki nesneleri belirleyebilir. Ses dalgası nı n tüm nesne üzerinde taranması , dijital resme dönüştürülebilen verileri alacaktır, ayrıca; ölçüm mesafesine dayalı resimler oluşturmanın avantajı boyutsal sonuçtur. Bu teknoloji, denizaltı navigasyonu, sualtı yapısal incelemesi, balık sürüsü hacim ölçümü vb. gibi geniş sualtı uygulamaları nda uygulanmaktadır.

Sonar görüntüleme teknolojisinin ortak donanımı , bir dizi ultrasonik sensör, bir merkezi işlem birimi ve bir ekran modülünden oluşur. Bir diziden gelen sinyaller, önceden tanımlanmış sayıda sensörle çalışmak üzere tasarlanmış tek bir kontrolörde resmedilir, sensör dizisinin boyutunu değiştirmek neredeyse imkansızdır. Dağıtılmış sonar modülü fikri burada devreye giriyor.

Dağıtılmış sonar modülü, kendi iletişim donanımı na sahip, kendi kendini kontrol eden bir sonar modülünden oluşan bir sistemdir. Her modül vericisini sürebilir bağımsız olarak ve bir analog sinyali tercih edilen dijital verilere iletişim veri yolu ile bilgisayara göndermeden önce hesaplayabilir. Bu özellik, farklı durumlarda sonar görüntüleme uygulaması için sonsuz olanaklar açacaktır.

1.1 Proje özellikleri

Bu tezin amaçları , özellikle dağıtılmış sualtı sonarı nı n bir prototip dizisinin tasarımı ve uygulanması dır. Proje üç ana bölümden oluşmaktadır: Verici devresi, Alıcı devresi ve CAN iletişimi.

Projenin somut konsepti, her bir sonar elemanı nı n kendi kontrolörüne sahip olması ve CAN protokolü üzerinden diğerleriyle haberleşebilmesi gereken modüler tasarımıdır. Modüler tasarımı n geleneksel tek bir merkezi işlemciye göre avantajı , yazılımda büyük bir değişiklik yapmadan sonar elemanları nı kolayca ekleme veya çıkarma esnekliğidir. Her sensör modülünde bir alıcı-verici veya verici ve alıcı olmak üzere iki ayrı sensör bulunabilir. Bu farklı tasarım konseptleri, Bölüm 3 Ön Tasarım ve Yapım'da detaylı olarak bahsedilecektir.

Bir resim oluşturmak için, her modül bir yankı sinyalinin faz kayması nı , mesafesini ve genliğini hesaplayabilmelidir. Tüm bu gerekli veriler CAN bus üzerinden ana işlem birimine gönderilecektir.

Ultrasonik sensörün çalıştırma frekansı en önemli endişelerden biridir, 100 kHz ve üzeri gibi yüksek ultrasonik frekans, düşük frekanstan daha doğru mesafe ölçümü sağlar; Öte yandan, aynı ortamda yüksek frekans, düşük frekanstan daha fazla yayılar. Bu, yüksek ultrasonik frekansı n kısa bir aralıkta yüksek doğrulukla çalıştırması, düşük ultrasonik frekansı n ise daha uzun mesafede ancak daha az doğrulukla çalıştırabileceği anlamına gelir.

Dikkate alınması gereken bir diğer konu ise sensörün bulunabilirliği ve fiyatıdır. Yüksek ultrasonik frekans sensörü, piyasada düşük frekans sensöründen çok daha pahalıdır ve bulunması zordur. En yaygın ve ucuz sensörler 40 kHz'de çalışır, bu uygulama için uygun bulunmuştur; bu nedenle seçilmiştir. Tablo 1, bu projede kullanılan ultrasonik özellikleri göstermektedir.

Item	Unit	Standard	Test condition: T=25±5°C
Function		Transmitting and receiving	
Terminal		Pin	
Housing Material		Aluminium	
Center frequency	KHz	40±1.0	
Transmitting S.P.L.	dB	>106	At 30cm/10Vrms Sine Wave 0dB=0.0002μbar
Receiving Sensitive	dB	>-74	At 1V/μbar
Directivity	Deg	80±15	At “-6 dB” attenuation
Capacitance	PF	1800±20%	At 1KHz
Allowable Input Voltage (Vp-P)	V	140	At 40KHz Pulse width 0.4ms interval 10ms

Tablo1 Ultrasonik dönüştürücünün özellikleri.

2. arkaplan

2.1 Doğal ses ve teori

Ses, bir basıncın titreşiminden gelen mekanik bir dalgadır; gaz, sıvı veya katı malzeme gibi elastik ortamlardan geçebilir. Ses dalgası, yayılma sırasında bir engel veya ortam tarafından yansıtılabilir ve yayılar.

Ses, frekanslardan oluşur, insan sesi 20-20 kHz frekans aralığında algılanabilir, 20 kHz'in üzerindeki frekansa ise duyulmayan Ultrason denir. Sesin hızı ortama bağlıdır; ortamın sıcaklığı, yoğunluk, sıkıştırmalılık, sertlik gibi özellikleri sesin hızını etkileyen başlıca faktörlerdir. Ses katı ve sıvı da daha hızlı, gazda daha yavaş yayılır, örneğin: 20 °C'de kuru havada sesin hızı yaklaşık 343,2 m/s[1] iken tatlı suda yaklaşık 1.484 m/s[1]'dir. aynı sıcaklık. Okyanus gibi deniz suyunda tuzluluk, sıcaklık ve basıncın (dolayısıyla derinlik) hızda önemli bir rol oynar.

Dalga boyu, sinüzoidal dalganın bir periyodunun mesafe ölçümüdür. Aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$\lambda = \frac{v}{f},$$

Burada v = belirli bir ortamdaki sesin hızı

f = frekans

λ = dalga boyu

2.2 Ultrasonik dönüştürücü tipi

Elektrostatik tip ve piezoelektrik tip olmak üzere iki ana tip ultrasonik dönüştürücü vardır. Ultrasonik sinyaller tweeter gibi normal hoparlörlerden de üretilebilir. Bu rapor sadece projede kullanılan piezoelektrik tipine odaklanacaktır.

Piezoelektrik dönüştürücüler, karmaşık empedansa sahip cihazlardır. Piezoelektrik vericiler, rezonans frekansı nda voltaj uygulandığında maksimum mekanik bozulmayı üretir. Bu noktada, dönüştürücüdeki voltaj düşüşleri, sensörden en yüksek akımı beslenmesine izin veren en düşük değerdir. Öte yandan, piezoelektrik alıcılar, rezonans frekansı nda titreşim aldıkları nda en yüksek elektrik yükünü üretirler.

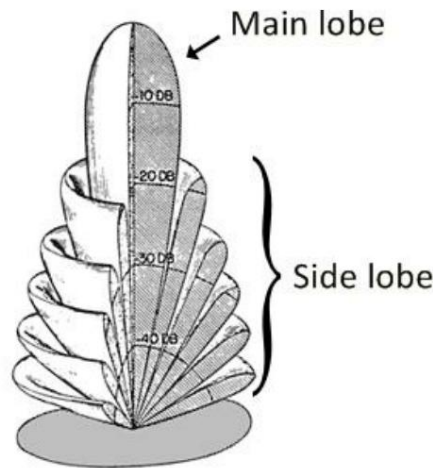
2.3 Sualtı sonarı nın türü Daha

önce de belirtildiği gibi sonar, nesneleri algılamak için ses kullanan ekipmandır. suyun altında. İki ana sualtı sonarı kategorisi vardır: Pasif sonar ve Aktif sonar.

Pasif sonar, yalnızca hedefin ürettiği sesi dinlemek için tasarlanmıştır, aktif sonar ise hedefe darbe (ping) sinyali göndererek yankıyı dinlemek için tasarlanmıştır. Aktif sonarın genel olarak iki konfigürasyonu vardır: 1) bir sensör alıcı-verici olarak kullanılır ve 2) verici ve alıcı nı n ayrı lı dı ğı yerde iki sensör kullanılır.

2.4 Ultrasonik vericinin ışı nı n modeli

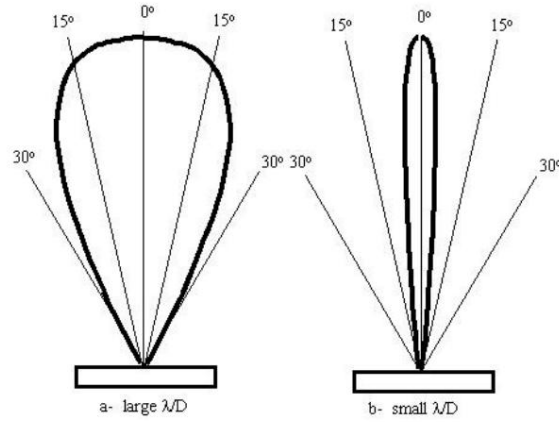
Akustik cihazlar, ses dalgasını Şekil 1'de gösterildiği gibi bir ışı n düzeninde yayar.



Şekil.1 Üç boyutlu ultrasonik ışı nı n modeli [2]

Radyasyonun merkezindeki en dar ışı na ana lob, geri kalanı na yan lob denir. Nulls ile ayrı lı rlar. Ana lob, iletim enerjisinin çoğunu içerdiğinden dönüştürücünün ışı n genişliğini tanı mlar. Işı n genişliği, ana lobun yarı m gücü (-3dB) arasındaki açı ile tanı mlanır. Ayrıca, transdüserin ışı n genişliği, titreşim elemanı çapı nı n iletim dalga boyuna oranı ndan belirlenebilir.

rezonans frekansı nda ses. Titreşim elemanı nı n boyutu, ses dalgı boyuna kı yasla ne kadar büyük olursa, ışı n genişliği o kadar dar olur. Şekil 2 bu ilişkiyi göstermektedir.

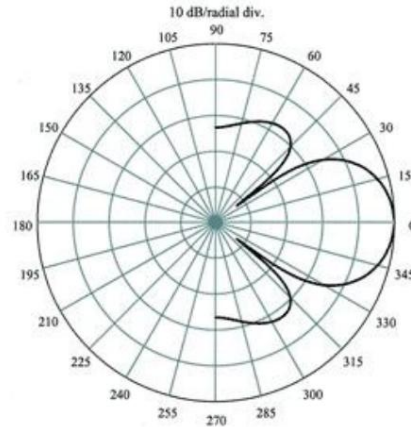


Şekil.2 Dalgaboyu ve Çap Oranı nı n Ses Alanı Farklı laşması na Etkisi [3]

İdeal bir ultrasonik yalnızca ana lob üretir, ancak gerçekte ultrasonik dönüştürücülerin hiçbirisi tek bir lob iletemez. Yan lobdan üretilen yankı , muhtemelen bir nesnenin doğru konumunu yanı ltabilir, bu nedenle dönüştürücü mümkün olduğunca düşük yan lob üretmelidir.

Dar ışı n genişliği, geniş ışı n genişliğinden daha uzun mesafe yayar ve ayrıca daha fazla nesne algı lama ve ayı rt etme yeteneği sağlar. Dar ışı n genişliği bir nesneye daha yoğun akustik enerji ilettiğinden, daha fazla enerji geri yansı tı lı r.

Ultrasonik dönüştürücünün özelliklerini tanı mlamak için yaygı n olarak kullanı lan bir grafik desen, iki boyutlu bir grafikdir. Şekil 3'te gösterildiği gibi, ana lob 0 derece merkezlidir ve yan lob ile çevrilidir. Ana lobun toplam ışı n genişliği yaklaşık k 70 derece olması na rağmen, -3dB'de ölçülen gerçek ışı n genişliği 30 derecedir.

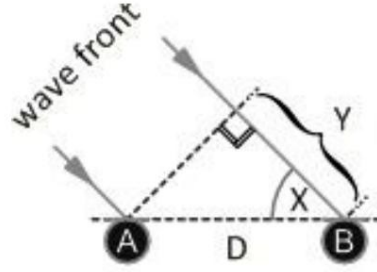


Şekil 3 Kiriş modelinin iki boyutlu grafiği [2]

Spesifik uygulamaya göre uygun ışı n genişliğine sahip ultrasonik dönüştürücünün seçilmesi önemlidir. Işı n aç ısı dı ışı ndaki sensör alanı nı n hassasiyetinin devam ettiğine dikkat edilmelidir, bu nedenle hedefe yakı n istenmeyen nesneler tespit edilebilir.

2.5 Temel kavram Varı ş yönü (DOA)

Sinyal işlemede varı ş yönü, bir noktaya ulaşan yayı lan sinyalin yönü anlamı na gelir. İki sensör elemanı göz önüne alı ndı ğı nda, A ve B, Şekil 4'te gösterildiği gibi araları nda D mesafesi olacak şekilde düz bir çizgi üzerine monte edilmiştir.



Şekil 4 Varış yönü geometrisi [4]

Resimde görüldüğü gibi sinyal her iki sensöre de farklı zamanlarda ulaşmaktadır çünkü B sensörüne ulaşmak için Y mesafesi A sensörüne göre daha uzun sürmektedir. Trigonometrik bir fonksiyon kullanılarak bilinmeyen değişkenler aşağıdaki denklemler gibi hesaplanabilir.

$$Y = D \cdot \cos X \quad [\text{eş. 2.5-1}]$$

$$X = \arccos\left(\frac{Y}{D}\right) \quad [\text{eş. 2.5-2}]$$

$$X = \arccos\left(\frac{v \cdot \Delta t}{D}\right) \quad [\text{eş. 2.5-3}]$$

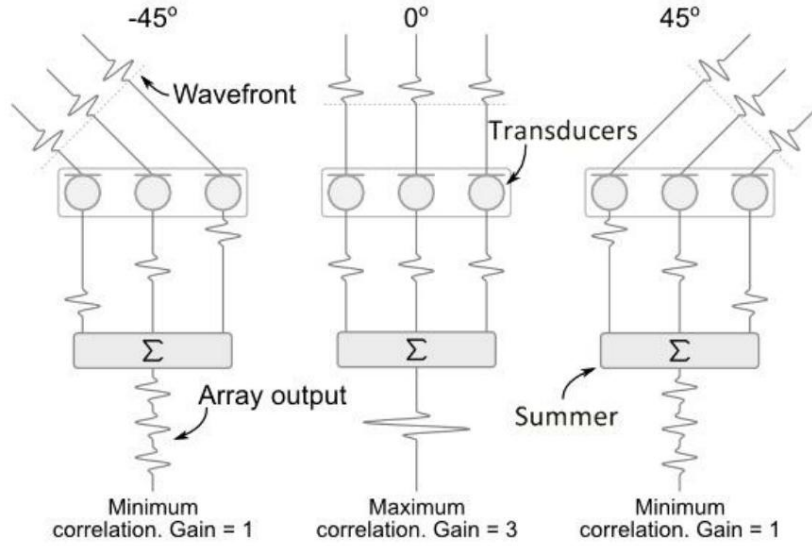
nerede

v = Belirli bir ortamdaki ses dalgası nın hızı .
 Δt = İki sensör arasındaki varış süresi farkı .

Bu teknik, dönüştürücü dizisinin ses kaynağı nın konumunu belirlemesi için kullanışlıdır. DOA, Bölüm 2.6'da tartışılacak olan Kiriş oluşturma tekniği ile ilgilidir.

2.6 Gecikme ve Toplam ışı n oluşturma ve ışı n yönlendirme tekniğinin temel konsepti

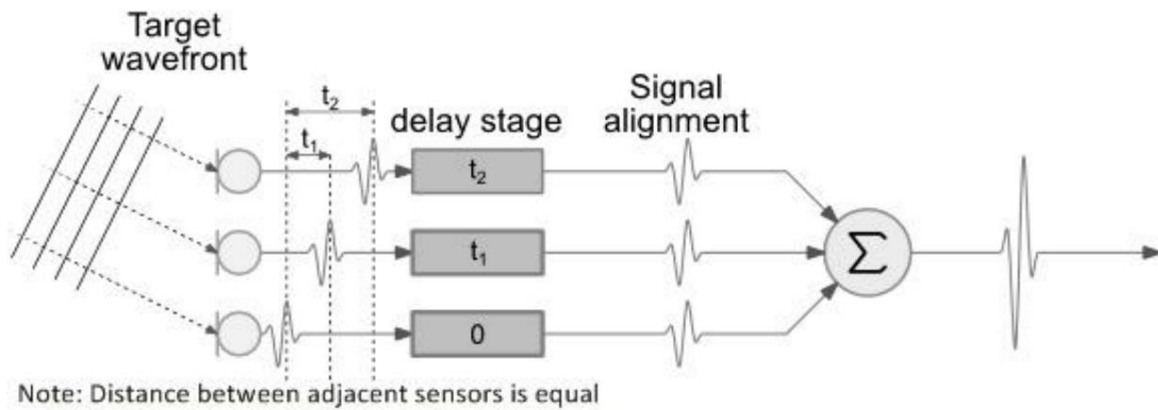
Gecikme ve Toplam ışı n oluşturma, sensör diziliminde uygulanan bir sinyal işleme tekniğidir. Hem radyasyonun yönlülüğünü hem de analitik sinyal alımı nı kontrol eder. Bu tekniği kullanan bir sensör dizisine aşamalı dizi denir. Bu teknik, bir grup transdüserin, konumlarını hareket ettirmeden tercih edilen yönde iletim sinyalini yönlendirmesine veya gelen sinyalleri almasına izin verir. Işı n oluşturma, radar, sonar, kablosuz iletişim, mikrofon, hoparlör vb. gibi sayısız uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tekniğin prensibi, birkaç dönüştürücünün bir dizi olacak şekilde oluşturulduğunda, herhangi bir yönden bir sinyal gelmesi gerçeğine dayanmaktadır. Her dönüştürücüye farklı zamanlarda ulaşacaktır. Şekil 5 bu fenomeni göstermektedir.



Şekil 5 Sinyal transdüserlere farklı açılardan geliyor.[5]

Dönüştürücü dizisinin her bir sensörüne aynı anda (veya bunlar aynı fazdayken) gelen sinyaller ortadaki gibi olduğunda, toplama yapıcı olacaktır. Bu nedenle, sinyalin genliği üçlüdür. Ancak, gelen sinyalin DOA'sı dizinin dalga cephesine dik değilse, o zaman sinyalin her bir sensöre varış zamanı farklı olacaktır. Faz dışı sinyalin toplamı yıkıcı veya yapıcı olacaktır. Ayrıca, sinyallerin faz kayması nın 360 dereceden fazla olması durumunda, dizi çıkışı bir sinyal dizisi verecektir.

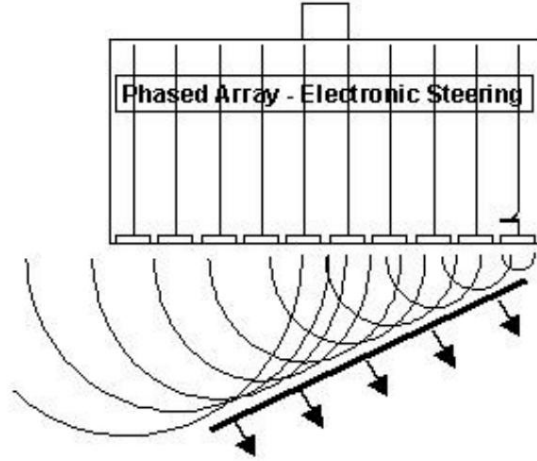
Varış süresinin farkları, her bir dönüştürücüye ayrı ayrı ayarlanabilen bir gecikme birimi eklenerek telafi edilebilir. Daha sonra her sensörden alınan sinyaller bu aşamada aynı faza sahip olacaktır. Bu zaman kompanzasyonlu sinyallerin toplanması, seçilen bir yönden belirli bir tercih sinyali ile sonuçlanacaktır. Şekil 6, Gecikme ve Toplama işinin oluşturma ilkesinin grafiksel gösterimini göstermektedir.



Şekil.6 Gecikme ve Toplama işinin oluşturma ilkesinin grafik gösterimi.[5]

Öte yandan, iletim modunda, şekil 7'de gösterildiği gibi faz dizisine gecikmeli bir desen verilerek iletim sinyali belirli bir yöne yönlendirilebilir.

farklı gecikme Önce en soldaki dönüştürücü etkinleştirilir, ardından sürekli olarak sağ taraftaki bir sonraki etkinleştirilir. Son olarak, en son etkinleştirilen en sağdakidir.



Şekil 7 Fazlı bir dizinin direksiyon ı şı nı modeli [6]

Ek olarak, alternatif bir gecikmeli model, şekil 8'de gösterildiği gibi iletim sinyalini belirli bir noktaya odaklayan bir elektronik lens gerçekleştirebilir. Genel olarak, odaklama ve yönlendirme aynı anda yapılabilir.

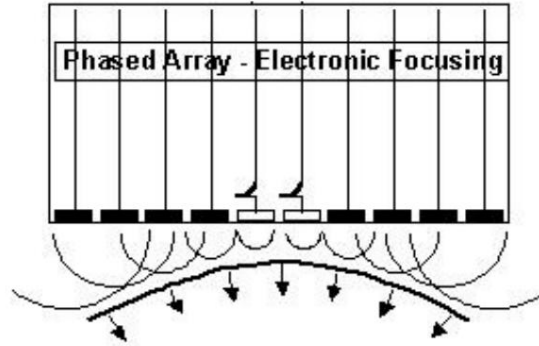


Fig.8 Fazlı dizinin elektronik odağı [6]

Fazlı dizinin direksiyon açısı nı etkileyen bir sınırlama vardır. Merkezi eksenden açısal sapma arttıkça iletim sinyalinin enerjisi azaldığından, izin verilen direksiyon açısı nı sınırlar. Bu nedenle, gönderilen sinyalin herhangi bir açıdaki en düşük genliği -6dB'den düşük olmamalıdır.

2.7 Periyodik fonksiyon ve Kutupsal koordinat sistemi

Periyodik fonksiyon, tekrar tekrar tekrar eden fonksiyondur, şu şekilde formüle edilebilir: form altı nda işlev

$$A \sin 2\pi \left(\frac{t}{\lambda} + \delta \right) \quad [\text{eş. 2.7-1}]$$

Neresi

A = Genlik

t = zaman

λ = dönem

δ = faz kayması

Bu denklem, anlaşılması daha kolay başka bir forma dönüştürülebilir.

$$a \sin 2\pi(x) + b \cos 2\pi(x) \quad [\text{eş. 2.7-2}]$$

Neresi $a, b =$ bilinen sabitler

$$x = \frac{t}{\lambda}$$

Denklem 2.7-2, aşağıdaki adımlarla denklem 1'e dönüştürülebilir

a. Genlik (A) bulun

$$\text{bir} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad [\text{eş. 2.7-3}]$$

B. Faz kayması δ hesapla

$$\delta = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad [\text{eş. 2.7-4}]$$

Buna karşılık, bilinmeyen "a" ve "b" elemanlarına sahip periyodik fonksiyon, integral alarak genlik ve faz kayması elde etmek için hesaplanabilir. Aşağıdaki hesaplama, "a" ögesini bulmak için bir örnek verir.

a. [eq.2.7-2] ile çarpın $\sin(x)$

$$a \sin(x) \cdot \sin(x) + b \cos(x) \cdot \sin(x) \quad [\text{eş. 2.7-5}]$$

B. (0 ila 2π aralığında) [eq.2.7-5] integralini alın

$$\int_0^{2\pi} (a \sin^2(x) dx + b \cos(x) \sin(x) dx) \quad [\text{eş. 2.7-6}]$$

C. türevi

$$\cos(x) dx = d \sin(x) \text{ sonra}$$

$$\int_0^{2\pi} a \sin^2(x) dx + \int_0^{2\pi} \sin(x) d \sin(x) \quad [\text{eş. 2.7-7}]$$

D. Doğru kısmı hesaplayın, $\int_0^{2\pi} \sin(x) d \sin(x) = \frac{1}{2} \sin^2(2\pi) - \frac{1}{2} \sin^2(0) = 0$

$$\int_0^{2\pi} a \sin^2(x) dx + 0 \quad [\text{eş. 2.7-8}]$$

e. formülden

$$\int \sin^2(x) dx = \frac{1}{2}(x - \sin(x)\cos(x)) + C$$

$$a \left[\frac{1}{2}(x - \sin(x)\cos(x)) + C \right]_0^{2\pi} \quad [\text{eş. 2.7-9}]$$

$$a \left[\frac{1}{2}(x - \sin(2\pi)\cos(2\pi)) + C \right] - a \left[\frac{1}{2}(0 - \sin(0)\cos(0)) + C \right] \quad [\text{eş. 2.7.10}]$$

F. o zamandan beri $\sin(2\pi)\cos(2\pi)$ ve $\sin(0)\cos(0) = 0$, o zaman

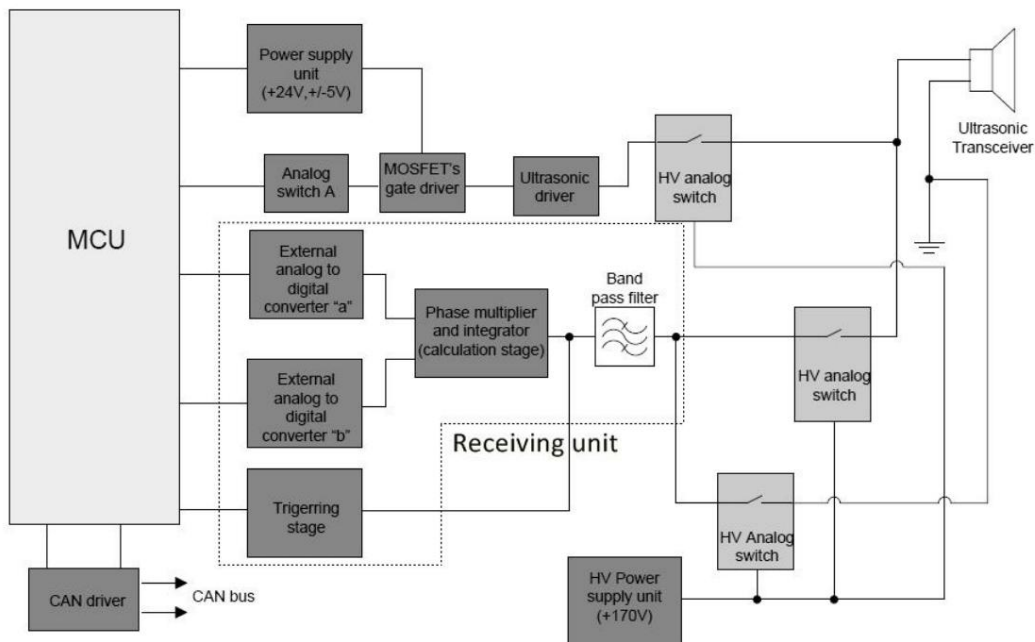
$$a\pi + a.C - a.C = a\pi \quad [\text{eş. 2.7-11}]$$

"b" elemanı aynı şekilde hesaplanabilir ancak [eq. 2.7-2] ile. "a" ve "b" elemanları bilindiğinde, $\cos(x)$ genlik ve faz kayması [eq. 2.7-3] ve [eş. 2.7-4] sırasıyla. Bu çözüm, bilinmeyen bir periyodik dalga belirlenirken sinyal işlemenin gerçek dünyadaki uygulaması nda kullanışlıdır. Bu hesaplamayı n uygulanması daha sonra bölüm 3.6'da tartışılacaktır.

3. Ön Tasarım ve İnşaat

Bu bölüm, dağıtılmış sualıtı sonarını n ilk versiyonunun tasarımı ve yapımı ile ilgili tüm yaklaşımları açıklayacaktır; devre değerlendirmesi, simülasyon, bileşen seçiminden baskılı devre kartı (PCB) yapımına kadar.

Bu projenin ilk tasarımı konsepti, alıcı-verici olarak bir ultrasonik dönüştürücü kullanmaktır. Bir dönüştürücü sürücüsü, alıcı birim ve gerekli tüm devreler tek bir PCB'ye entegre edilmelidir. PCB'nin boyutu en büyük endişe kaynağıdır; Komple bir sistem oluşturmak için birkaç modül kurulacağından, mümkün olduğunca küçük olmalıdır. İlk versiyonun devre şeması aşağıdadır.



Şekil 9 İlk versiyonun devre şeması

Bu projede kullanılan ultrasonik alıcı-verici su geçirmez tipte olup, maksimum ping sinyalini iletebilmek için 140 Vp-p sürüş voltajı na ihtiyaç duyar. Alıcı üniteyi ultrasonik sürücünden ayırmak için yüksek voltajlı analog anahtarlar eklendi. Yüksek voltajlı analog anahtar olmadan, alıcı ünite, ultrasonik sürücünden gelen yüksek voltaj tarafı ndan tamamen tahrip olacaktı r. Öte yandan, sensör genellikle zayı f sinyal olan yankı yı dinlediğinde, analog anahtarlar, ultrasonik sürücüye herhangi bir bağlantı olmadan alıcı -vericiden alıcı birime doğrudan bir yol yapar. Alıcı birim, istenmeyen gürültüleri ortadan kaldı rabilmesi ve faz kayması nı hesaplayabilmelidir, böylece bant geçiren filtre, faz çoğaltı cı , entegratör, analogdan dijital ve tetik devresinden oluşur. Sonar modülünün tüm faaliyetleri mikro denetleyici tarafı ndan kontrol edilir; modüller arası senkronizasyon CAN iletişimi ile arşivlenebilir.

Hata işlemeyi kolaylaştı rmak için her devre ilk etapta ayrı ayrı yapı lmı ş olsa da, nihai tasarı m tek bir PCB'de toplandı . Son PCB'ye kurulacak tüm elektronik cihazlar, mümkün olduğunca yerden tasarruf etmek için SMD tipi olmalı dı r.

3.1 Mikro denetleyici aşaması

Bu projede, 8 bitlik mikro denetleyici (MCU), çeşitli fonksiyonlara sahip olması ve bol miktarda I/O olması nedeniyle uygun bulunmuştur, ayrıca piyasada düşük fiyatlı MCU çeşitleri mevcuttur. MCU seçimi için dikkate alınması gereken önemli bir gereklilik, bu projede uygulanacak iletişim protokolü olduğu için entegre bir CAN denetleyicisidir. Bu gereksinimle seçenekler çok dar, sonunda Atmel'den AT90CAN128 seçildi.

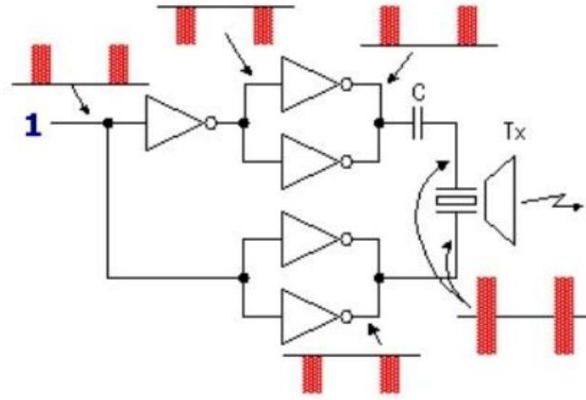
3.2 Ultrasonik Sürüş aşaması

Ultrasonik sürücü, ultrasonik dönüştürücüyü sallamak için darbe sinyali sağlayan devredir. Darbe frekansı , uygun bir voltaj seviyesi ile birlikte dönüştürücünün rezonans frekansı ile aynı olduğunda, ultrasonik dönüştürücünün bir çıkışı maksimum verimi arşivler. Dönüştürücünün maksimum tahrik voltajı , onlarca ila yaklaşık k 200 volt arası nda değişir, ultrasonik sensör tipine ve uygulamaları na bağlı dı r. Havalı ultrasonik transdüserler genellikle su geçirmez tipten çok daha az sürüş voltajı seviyesi gerektirir.

Günümüzde birkaç ultrasonik sürüş tekniği mevcuttur, ancak sadece üç alternatif sürüş devreleri bu raporda açıklanmıştır.

3.2.1. Alçak gerilim sürücü

Bu sürüş yöntemi, basit yapı nedeniyle en yaygın tekniktir. Düşük güçlü ultrasonik sensörler, özellikle hava tipi sensörler ile iyi çalışır. Bu devrenin şeması aşağı da gösterilmiştir.

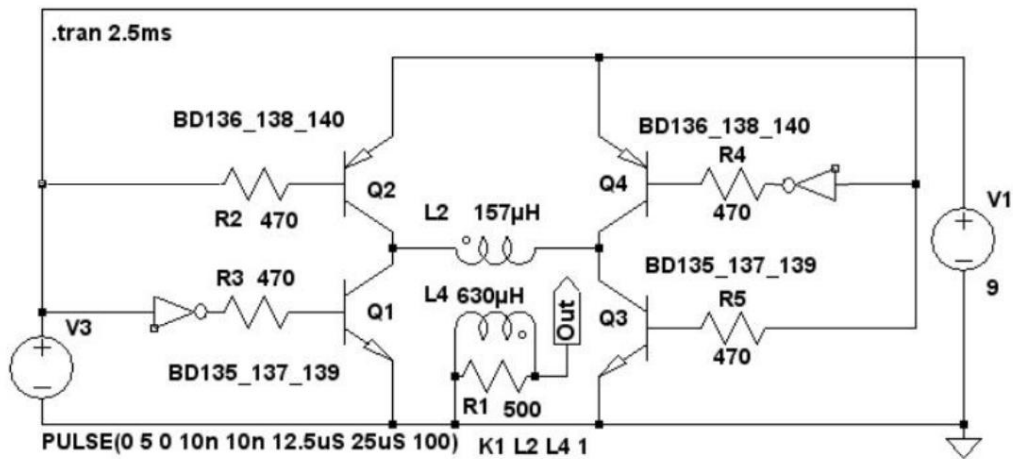


Şekil 10 Alçak gerilim sürücüsü [7]

Bu devre, "1" girişine frekans sağlamak için bir osilatöre ihtiyaç duyar. Giriş darbesi daha sonra iki dala ayrı lı r, bir daldan bir ters çevirme kapısı adı mı bulunurken diğerinde iki adı m bulunur ve ardından birleştirilir. Sonuç, girişe kı yasla çift sürüş voltajı seviyesidir. Bu devrenin avantajları , düşük maliyetli, çok basit yapısı ve birkaç bileşen gerektirmesidir; ancak, cihazların sı nı rlaması nedeniyle yalnızca düşük voltaj/güç sağlayabilir.

3.2.2. Yüksek gerilim/güç trafosu sürücüsü

Bu yöntem, özellikle su geçirmez tipte bir sensör veya büyük bir dönüştürücü gibi yüksek tahrik voltajı veya gücü gerektiren dönüştürücüler için tasarlanmı ştı r. Topoloji adı na da açı kça belirtildiği gibi, devre için trafo gereklidir. Bir transformatör yapmak için sargı sayı sı , çekirdek seçimi veya kayı plar için hesaplama prosedürleri, endişe kaynağı olmadı ğı için bu raporda açı klanmayacaktır. Transformatörün birincil sargı sı nı sürmek için yarı m köprü ve tam köprü yöntemleri dahil olmak üzere çeşitli yaklaşı mlar vardı r.



Şekil 11 Tam köprü sürücüsü [7]

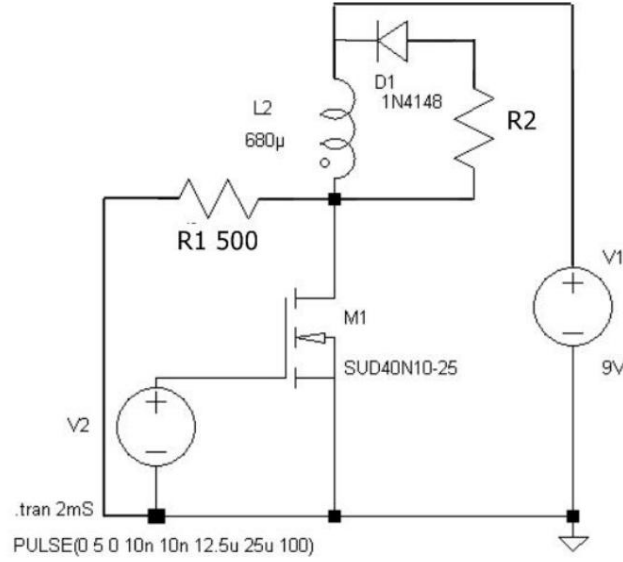
Not: R1, empedansı 500 ohm olan bir ultrasonik dönüştürücüyü sembolize eder.

Tam köprü tahrik mekanizması , dönüşümlü olarak Q1, Q4 ve Q2, Q3 çift transistörlerine V3 besleme darbeleriyle başlar. Sekonder voltaj V1'e ve sargı oranı na bağlı dı r. Yarı m köprü topolojisi, tam köprü sürücüsüne benzer ancak yalnızca iki transistör gerektirir. Yüksek voltaj/güç trafosu sürücüsünün avantajı , en yüksek güç/voltaj sağlama yeteneğidir.

diğer yöntemlere göre dezavantajları karmaşı k tasarımı , yüksek maliyet ve trafo kullanımı ndan dolayı hantal boyuttur.

3.2.3. Buck-Boost anahtarlama sürücüsü

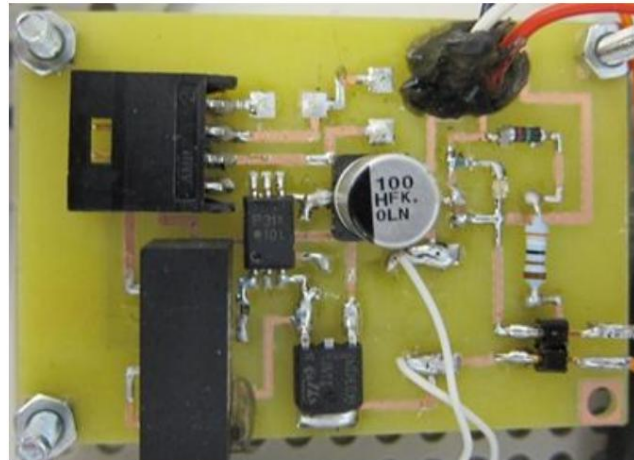
Bu, ultrasonik dönüştürücüye yüksek voltaj sağlamanın alternatif bir yoludur; bu yöntem, birkaç voltu yüz volta dönüştürmek için az miktarda bileşen gerektirir. Devrenin çalışma prensibi, buck-boost anahtarlama dönüştürücü devresi ile tamamen aynıdır.



Şekil 12 Buck-boost anahtarlama sürücüsü [7]

Transistör "açık" olduğunda akı m akışı , indüktörde depolanan enerjiyi arttırır. Transistör "kapalı" olduğunda, indüktör, indüktörden enerji salarak akımı n akışını korumaya çalışır. Bu eylem, dönüştürücü boyunca yüksek voltaj üretir. Bu devrenin iyi yanları düşük maliyetli, basit yapısı ve yüksek gerilim sağlayabilmesidir. Bu yöntemin dezavantajı , yüksek güçlü dönüştürücüleri çalıştı ramamaktır.

Ultrasonik dönüştürücüyü sürmek için mevcut üç yönteme bakıldığında, Buck-Boost anahtarlama sürücüsünün yerden tasarruf, yüksek voltajlı sürücü kapasitesi ve basit yapısı açısından diğerlerinden daha iyi olduğu kabul edildi. Sonuç olarak seçildi.



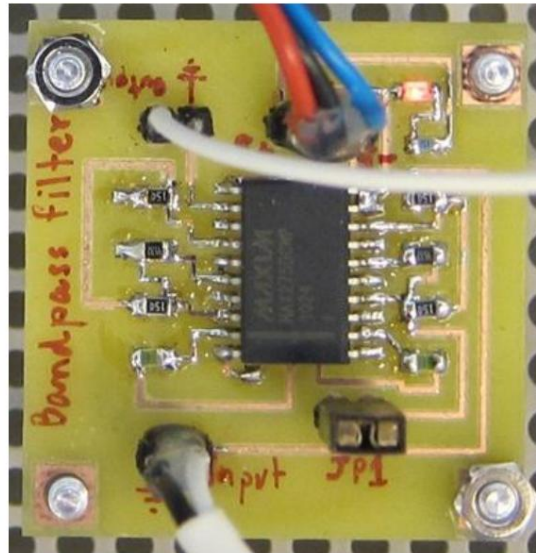
Şekil 13 Ultrasonik dönüştürücü için Buck-Boost anahtarlama sürücüsü

3.3 Filtreleme aşaması

Sualtı gürültülü bir ortamdır, su altındaki gürültü kaynakları yüzen balıklar, kıyıya çarpan dalgalar, gemi motoru vb. olabilir. Bu tür gürültüler ciddi şekilde rahatsız edebilir. Yankı alırken ultrasonik alıcı. Elektronik filtre, bir amplifikasyon aşamasından önce istenmeyen sinyalleri ortadan kaldırmak için etkili bir çözümdür. Genellikle iki tip filtre vardır, filtreleri oluşturan elektronik bileşenlere bağlı olan aktif tip ve pasif tip. Aktif filtre, küçük boyutu ve kolay ayarlanabilen kalite faktörü [8] nedeniyle bu proje için daha uygundur, ayrıca indüktörden kaçınılabilir, böylece indüktörün istenmeyen gürültü alma olasılığı ortadan kaldırılır.

Bu projede uygulanabilecek filtrelerin olası konfigürasyonları alçak geçiren filtre ve bant geçiren filtredir. Alçak geçiren filtre, kesme frekansı nın üzerindeki tüm frekansları zayıflatır. Kesim frekansı nın üzerinde ne kadar fazla frekans olursa, o kadar fazla zayıflama olacaktır. Diğer bir tür bant geçiren filtredir, bu filtre özellikle tüm frekansları filtrelemesi gereken ancak yalnızca belirli aralıkları koruyan uygulamalar için tasarlanmıştır, bu nedenle bu proje için uygun olduğu düşünülmektedir.

Aktif bir bant geçiren filtre MAX275 seçildi, 4. dereceden filtre elde etmek için basamaklandırılabilen 2. dereceden iki bölümden oluşuyor. Bu, sadece tek frekansa ihtiyaç duyan sonar uygulamaları için bir avantaj olacaktır; ayrıca her bölümün bir dirençle ayarlanabilen ayrı bir kazancı vardır. Filtre tasarlanırken veri sayfasında belirtilen tasarım talimatlarına kesinlikle uyulmalıdır. Bant geçiren filtrenin Q faktörü ve merkez frekansı sırasıyla 15 ve 40 kHz olarak ayarlanmıştır. Performansını optimize etmek için bileşenlerin dikkatle seçilmesi de önemlidir. Devrede kullanılan tüm dirençlerin direnç toleransı %0,1 veya daha az olmalıdır. Bant geçiren filtre kullanılmadan önce ince ayar yapılması gerekir, bu nedenle izin verilen frekansın gerçek aralığını görmek için fonksiyon üretici ile test edildi, sonuç 38.87 kHz ile 41 kHz'de takdir edildi.



Şekil 14 4. sı ra aktif bant geçiren filtre

3.4 Yüksek voltajlı analog anahtar ve yüksek voltajlı güç kaynağı

Dönüştürücünün yüksek voltajda (100 volttan fazla) çalıştırılması gerektiğinden. Alıcı üniteye düşük voltajlı cihazları korumak için devreye yüksek voltajlı bir analog anahtar takılmasıdır. Piyasada bulunan analog anahtarların çoğu, yaklaşık 60 volta kadar analog sinyali tolere edebilir. Bu nedenle, açma/kapama kullanımları imkansızdır. Neyse ki, özellikle sonar uygulaması için tasarlanmış çok az ve maliyetli yüksek voltajlı analog anahtar vardır; sonrasında da tüm, uygun fiyat MAX4802 seçildi. MAX4802, 8 kanalda yüksek voltaj anahtarlama özelliği sağlar; işlevleri, seri çevresel arabirim (SPI) tarafından kontrol edilir.

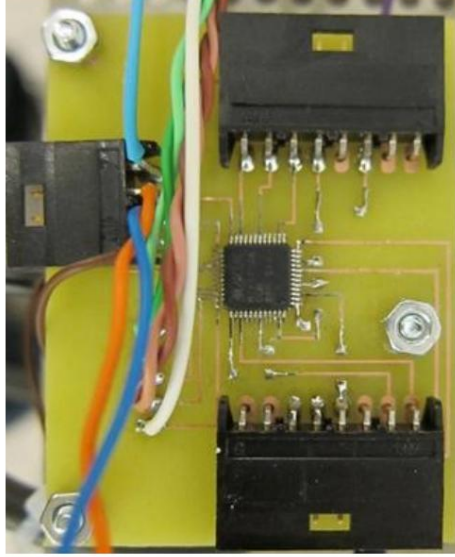
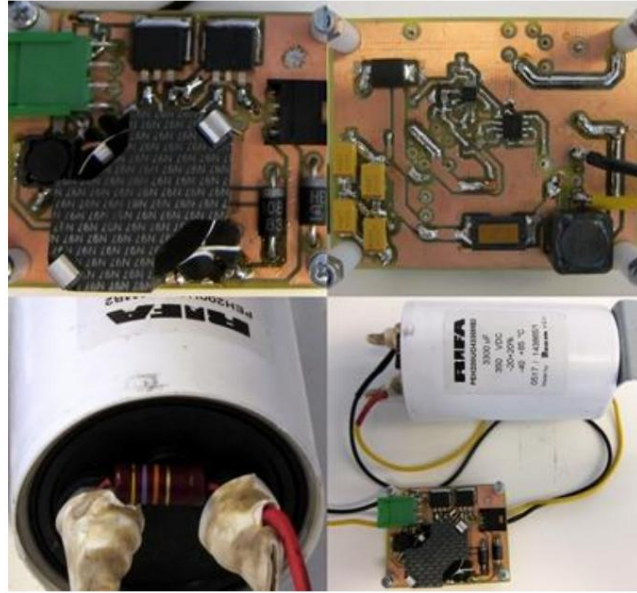


Fig.15 Yüksek gerilim analog anahtarı , MAX4802

Bu cihazları kullanmak için ortaya çıkan bir problem, voltaj kaynağını nın analog sinyal aralıklarını kapsaması gerektiğidir; bu durumda, pozitif yüksek voltaj kaynağı 140 volttan yüksek (ancak spesifikasyona göre 200 Volt'tan fazla değil) ve negatif yüksek voltaj kaynağı toprağa bağlı olmalıdır. Bu gereksinime dayalı olarak özel bir yüksek gerilim güç kaynağı oluşturulmalıdır. Futbol robotunun bir önceki projede tasarladığı tekmeleme cihazı için yüksek voltajlı anahtarlama güç kaynağı (HV güç kaynağı) yeniden kullanılmıştır. MAX4802 ile kullanılamayacak kadar yüksek olan 350 Volt'a kadar voltaj sağlayabilir. Bu nedenle, onun trafonun sekonder dönüşleri azaltılarak çıkış voltajı 170 Volt'a düşürüldü. Bu güç kaynağı, harici devreden uzaktan kontrol edilebilen açma/kapama fonksiyonuna sahiptir. Yüksek gerilim anahtarlama güç kaynağını nın tasarımı prosedürleri proje kapsamı dışında olduğu için bu raporda belirtilmemiştir.

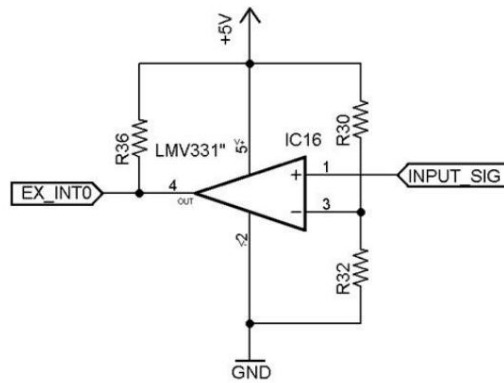


Şekil 16 Yüksek voltaj anahtarlama güç kaynağı

3.5 Tetik aşaması

Tetik aşaması , eko dönüştürücüye ulaştı ğı nda MCU'ya bir bildirim sağlar. Bu aşama, yankı geldiğinde faz çoğaltıcı ve analogdan dijitala dönüştürücü olan aşağı daki devreleri etkinleştireceği için önemlidir. Herhangi bir yanlış tetikleme, yanlış faz kayması ve ADC değeri verecektir.

Devre, basit tek karşı laştı rı cı LMV331'den oluşur, yanlış tetiklemelere neden olabilecek gürültü girişimlerini önlemek için referans voltajı yerden 0,2 Volt'a kaydır ı lmı ştı r. Karşı laştı rı cı bir aç ı k döngü konfigürasyonunda kullan ı ldı (maksimum kazançla yükseltin), bu nedenle giriş sinyali kare dalgaya dönüştürülecek. Aşağı daki resim tetikleme aşaması nı n şematik gösterimini göstermektedir.

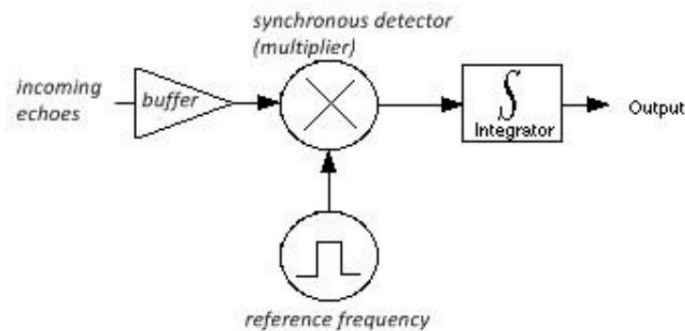


Şekil 17 Tetik aşaması

3.6 Faz ve genlik hesaplama aşaması

Bu sinyal işleme aşaması , dağı tı lmı ş sualtı sonar uygulaması nı n en karmaşı k ve anahtarı dı r, faz hesaplaması ndan sorumludur. yankı geldiğinde alı cı devre ile çarpı lacaktı r. Bu, hangi elemanlar nı n (a veya b) hesaplanacağı na bağı lı dı r. Sonuç daha sonra entegratör tarafı ndan entegre edilecektir. Çoğaltma işlemi basit bir dedektör kullanı larak senkron dedektör kullanı larak arşivlenir.

entegratör olarak alçak geçiren filtre; bu, bölüm 2.7'de daha önce bahsedilen matematiksel hesaplamayı taklit edecektir. İşlemin yapı taşı şekil 18'de gösterilmiştir.



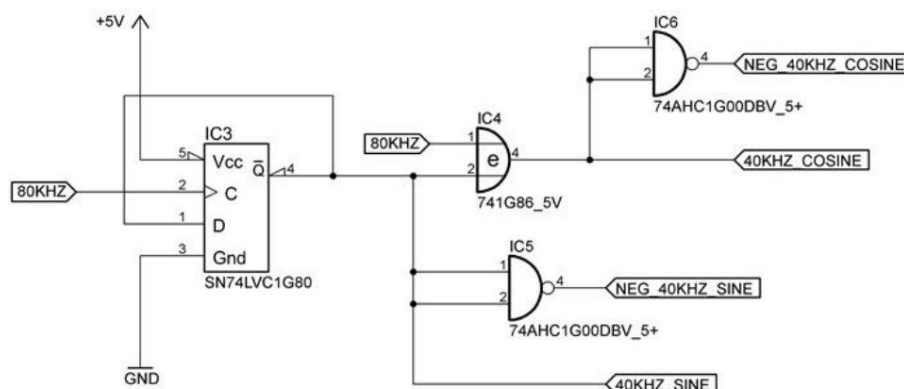
Şekil.18 Bir senkron dedektörün blok şeması .[9]

Senkron dedektörün önemli bir yönü, ultrasonik sürücüyü çalıştıran frekansla aynı olan sinüs ve kosinüs referans frekansları nı n üretilmesidir.

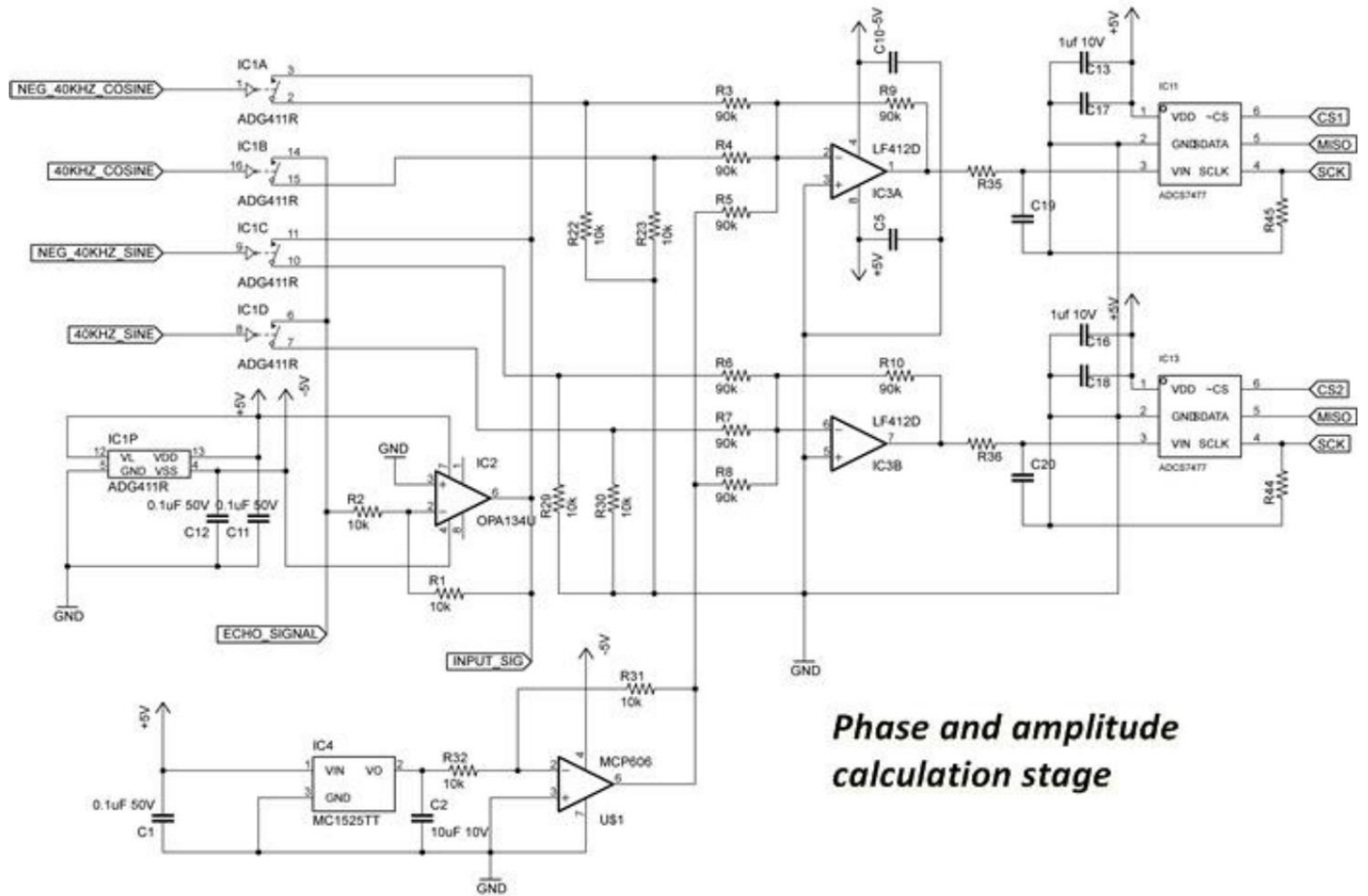
Bu iki referans frekansı , senkron dedektör üzerinde çalışmadan önce gerçekleştirilmelidir; bu nedenle devreye bazı bileşenler eklenir. Şekil 19, frekans bölümü ve faz kaydırma devresini göstermektedir. MCU'dan üretilen 80kHz, D flip'in Clk pinine beslenir

D pininin bir geri besleme yolu veren çıkış terminalini (Q değil) ters çevirmek için bağlı olduğu flop(IC3),

giriş frekansı bu aşamada ikiye bölünür, dolayı sı yla çıkış frekansı 40kHz'dir, sinüs referans frekansı ve ayrıca ultrasonik sürücü için kullanı lacaktı r. 40 kHz daha sonra XOR geçidi (IC4) olan faz kaydı rı cı ya bağlanı r, başka bir XOR girişi 80kHz'e bağlanı r ve çıkışta aynı 40kHz frekansı verir ancak 90 derece faz kayması verir. Bu frekans, kosinüs referans frekansı olarak kullanı lacaktı r. Senkron dedektör ayrıca mantık çevirici (IC5 ve IC6) tarafı ndan arşivlenen sinüs ve kosinüs referans frekansı nı n ters çevrilmesini gerektirir.



Şekil.19 Frekans bölümü ve faz kaydı rı cı

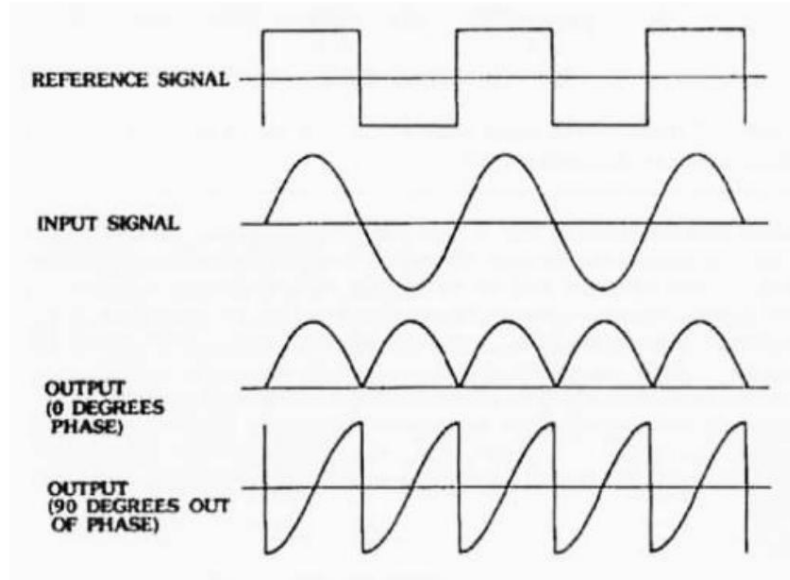


Şekil 20 Senkron dedektör, entegratör ve analogdan dijitale dönüştürücüden oluşan faz ve genlik hesaplama aşaması nı n komple devresi.

Şekil 20'de gösterilen senkron dedektör şeması , bir ADG411R (IC1) dörtlü analog anahtarlar, OPA134 (IC8) ultra düşük distorsiyonlu op-amp, LF412D (IC10) çift op-amp, MC1525TT (IC12) 2.5 volt hassas voltaj referansı ve MCP606 genel amaçlı op-amp. "a" elemanı nı hesaplamak için sinüs formu referans frekansı ve bunun evirmesi sı rası yla (IC1D) ve (IC1C) kontrol pinlerine bağlanı r, bu iki anahtar nı n çıkı şı toplama amplifikatörüne (IC3B) bağlanı r. Bu noktada, çıkı şı dengelemek için 2,5 voltluk bir hassas voltaj referansı (IC4) eklenir; bu yöntem, dört kadrana üzerinden faz kayması nı n hesaplanması na izin verecektir. Anahtarlar, referans frekansları oranı nda etkinleştirilip devre dışı bı rakılacaktır; bu nedenle gelen yankı , anahtar durumuna bağlı olarak kazanç 1 ve -1 ile çarpılacaktır. Çıkı ş sinyali daha sonra entegratörden (R36, C20) geçer ve "a" elemanları ile sonuçlanı r. Entegratör çıkı şı nı n büyüklüğü kadranı belirleyecektir, eğer ortalama çıkı ş voltajı 2.5 voltun üzerindeyse, 1. veya 4. çeyrekte olabileceği anlamı na gelir, ancak 2.5 Volt'tan düşükse kadran 2 veya 3 olacaktır r. Kadranla ilgili nihai karar. "b" öğesinin büyüklüğü üzerinde olacaktır r. "b" elemanı nı n hesaplama işlemi de aynı işlemlerle yapı labilir.

Şekil 21, senkron dedektörün faz kayması ve çıkı ş dalga formu arasındaki ilişkileri göstermektedir. Eko ve referans frekansı aynı fazdayken, yüksek potansiyel DC terimi (0 derece için referans voltajı nı n üstünde ve 180 derece için referans voltajı nı n altı nda)

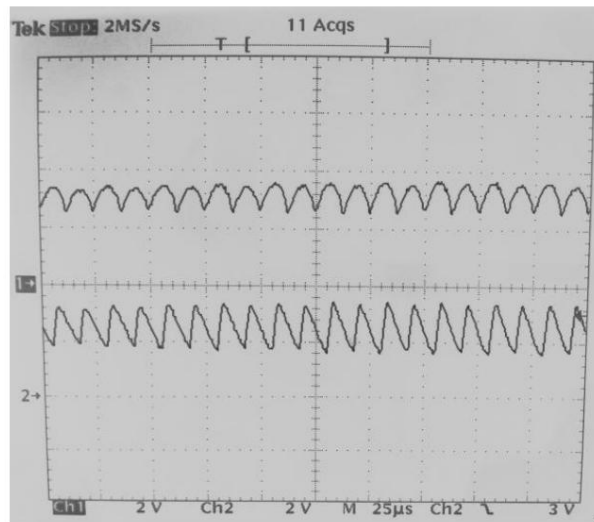
çıkışı ya hakim. Çıkış sinyalinin genliği, yankı nın gücü ile doğru orantılıdır. Eko ve referans frekansı 90 veya 270 derece faz farkı olduğunda, çıkıştaki DC terimi kesinlikle iptal edilecektir.



Şekil 21 senkron dedektörün giriş ve çıkış sinyali [10]

Bu aşamanın son çıkışını sayısal olarak temsil eden entegratörün çıkışındaki voltaj, iki harici 10 bitlik ADC tarafından örneklenir. Sayısal olarak temsil edilen veriler SPI iletişimi yoluyla MCU'ya gönderilecektir. Son olarak, MCU bu verileri CAN bus aracılığıyla sistemin ana işlem birimine (örn. bilgisayar) gönderecektir.

Bu aşamanın simülasyonu, işlevini doğrulamak için gerçek PCB üzerinde bir test yapılmadan önce Multisim'de test edildi. Simülasyon sonucu devrenin 0 - 360 derece aralığında faz kayması belirleyebildiğini göstermiştir. Simülasyon tamamlandıktan sonra, bir örnek PCB oluşturuldu ve bir fonksiyon üretici ile test edildi, fonksiyon üretici faz değiştiremeyeceğinden sadece "faz içi" bir koşul (0 veya 360 derece) test edilebilir. Sonuç Şekil 22'de gösterilmektedir.

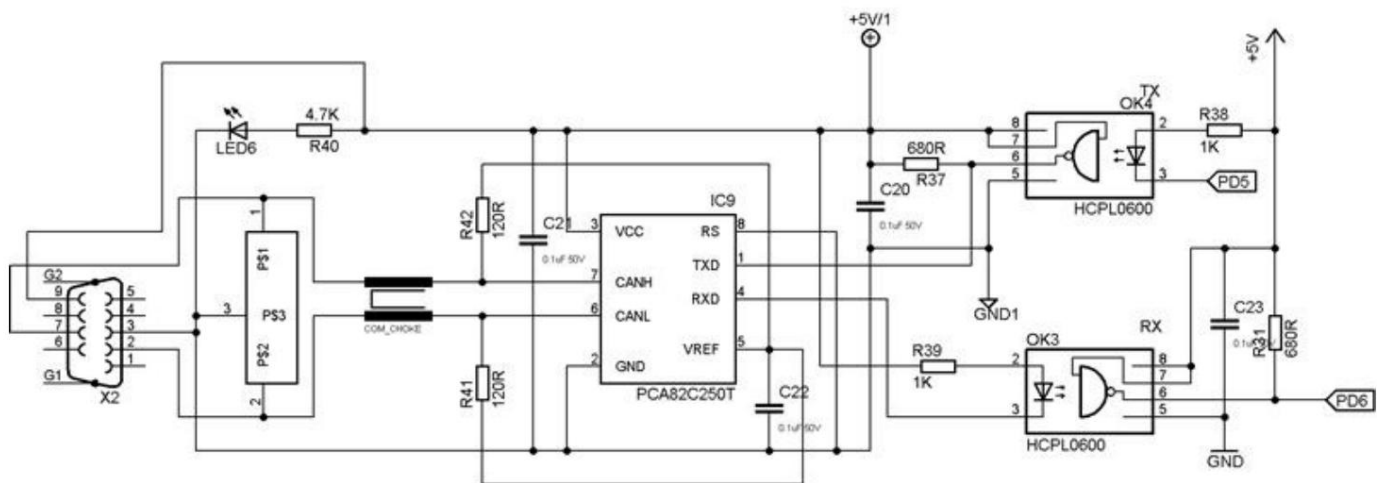


Şekil 22 "a" elemanı (CH1) ve "b" elemanı (CH2) çıkışı

3.7 CAN iletişim aşaması

CAN protokolü, otomotiv uygulamaları , endüstriyel otomasyon, iletişim sistemleri vb. alanlarda yaygın olarak kullanılan gerçek zamanlı bir iletişimdir. CAN bus kullanmanın bir takım faydaları vardır; bu raporda sadece bazı belirgin özellikler verilmiştir. CAN ucuz, güvenilir ve dayanıklı ağlardır. CAN veri yolu bir yaygın veriyoludur, tüm cihazlar tüm mesajları görebilir ve hangisinin kabul edilip edilmeyeceğine karar verebilir. CAN protokolü, veri yolu erişilebilirliğini yönetmek için akıllı bir bit tabanlı tahkim yöntemi kullanır, bu nedenle her mesaja, önceliğini de tanımlayan benzersiz bir tanımlayıcı atanır. Daha yüksek öncelikli mesajları n, daha düşük öncelikten önce iletme hakları vardır. Bu yöntem, veri çarpışmasını önleyebilir ve gerçek zamanlı iletişim gereksinimini karşılayabilir. CAN, 1 Mbit/sn'ye kadar yüksek hızlı iletim sağlar.

AT90CAN128 yerleşik CAN denetleyicisine sahip olsa da, CAN fiziksel veri yolu ile arabirim oluşturmak için CAN sürücüsü gerektirir. Bir CAN denetleyici arabirimi PCA82C250T seçildi. Veri yolunda indüklenebilecek geçici voltajdan kaynaklanan hasarı önlemek için, CAN cihazları nı fiziksel veri yolundan ayı rmak için yüksek hızlı opto kuplörler dağı tılı r.

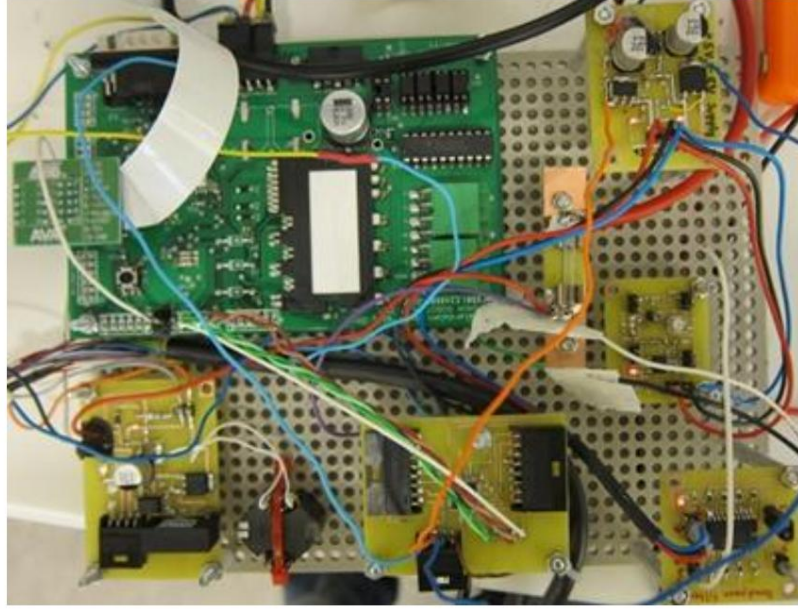


Şekil 23 CAN devresi

4. Ön sonuç

Bu bölüm, 3. bölümde bahsedilen tüm aşamaları n entegrasyonunu şu şekilde açıklamaktadır: dağıtım, imalat, satış sonrası ve ilk versiyonundaki test sonuçları ve problemlerin yanı sıra.

Her aşama inşa edilip test edildikten sonra, bir test prototipi yapmak için birleştirildi. 3. bölümde bahsedilen devrelerin dı şı nda yazar tarafı ndan futbol robotu “SAGA” için tasarlanan hazır motor kontrol kartı yeniden kullanı lı mı ştı r. Mevcut I/O konektörleri ve CAN iletişim modülü ile AT90CAN128 MCU'dan oluşur. Bu, çok zaman kazandı rabilir çünkü PCB yapmak en çok zaman alan görevlerden biri olarak kabul edilir.



Şekil 24 İlk prototipin montajı (yüksek voltajlı anahtarlamalı güç kaynağı ve pil plastik plakası altına yerleştirildi)

Tüm devreler, taşı nabilir amaç için sekiz hücreli Li-Po pil ile sağlanı r. Testin en başı nda ortaya çı kan ilk sorun, HV anahtarlamalı güç kaynağı ndan gelen güçlü elektromanyetik girişimdi. HV anahtarlamalı güç kaynağı çalış tı rı lı rken bant geçiren filtrenin çı kış ındaki analitik sinyal tamamen yok edildi. Sorunu çözmek için ilk fikir, HV güç kaynağı nı metal levha ile kaplayarak elektromanyetik emisyonu sı nı rlamaktı . Diğer PCB'lere kablo bağlant ısı nedeniyle tüm devreyi kapatmak mümkün olmadı ğı için bu girişim yetersiz bulunmuştur. Bu nedenle, bu sorundan kurtulmanı n en iyi yolu, dağı tı lı mı ş sualtı sonarı çalış tı rken HV güç kaynağı nı n çalış ması nı durdurmaktı r. HV güç kaynağı harici bir devre ile uzaktan kontrol edilebildiğinden, görevi yapmak için bir MCU çı kış ı atanmı ş tı r. Bu çözümü arşivlemek için, HV güç kaynağı , voltajı 170 volta ulaş ana kadar çı kış ı kapasitörünü (bölüm 3.4'te şekil 16'da beyaz bir kapasitör) ş arj eder. Ardı ndan, dağı tı lı mı ş sualtı sonarı nı etkinleştirmeden önce HV güç kaynağı nı devre dış ı bı rakı n. Bu durumda, çı kış ı kondansatörü geçici olarak pil görevi görecektir.

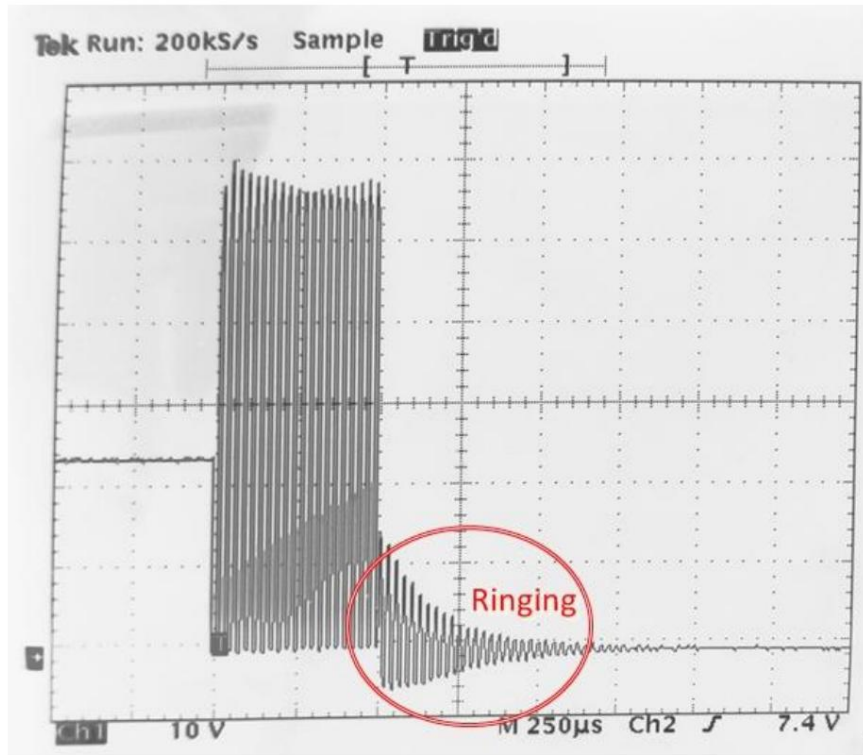
yüksek voltajlı analog anahtarı sağlayı n. Çı kış ı kondansatörünü seçerken dikkat edilmesi gereken bir şey kapasitedir. Kapasite, sonarı n bir çalış ması için elektrik yüklerini depolayacak kadar büyük olmalı , ancak ş arj süresi kapasiteye bağlı olduğundan çok büyük olmamalı dı r, bu da büyük bir kapasitörün daha küçük bir kapasitörden daha fazla ş arj süresi gerektirdiğ i anlamı na gelir. Ek olarak, bir kişi yanlı ş lı kla bağlant ısı na dokunursa, tam olarak ş arj edilmiş büyük bir kapasitör çok tehlikeli olabilir.

İkinci çözüm, nihai olarak düzgün yüksek DC voltajı vermesine ve ayrı ca hiçbir HV güç kaynağı ndan kaynaklanan parazit, diğer üç sorun ortaya çı kar.

Birincisi, HV güç kaynağı nı n anahtarlama kontrolörü IC'nin uzaktan kumanda işlevi, aç ı k ve kapalı arası nda sürekli geçişi gerçekleştiremez. Test sı rası nda, MCU saniyede 1 kez hı zda aç ı k ve kapalı durumunu değı ş tirdi, çökmeden önce bir süre çalış ı ş abilir. O sı rada yedek olmadı ğı ndan, yeniden sipariş vermek birkaç gün sürer.

yenisi.

İkinci sorun, ultrasonik dönüştürücünün çıkışlama olgusudur. İdeal ultrasonik dönüştürücü, alternatif voltaj uygulandığında salınım yapar ve güç kesildiğinde hemen titreşimi durdurur. Ancak gerçek ultrasonik dönüştürücü, İdeal ile aynı özelliğe sahip değildir. Dönüştürücü, uyarı sona erdikten sonra kısa bir süre daha titreşmeye devam ediyor. Bu istenmeyen olaya zil sesi denir. Zil sesi, dönüştürücü ile bir nesne arasındaki minimum mesafeyi sıralayan ana faktördür. Aynı zamanda zil sesi bir tür gürültü olarak kabul edilir. Dönüştürücü ile alıcı birim arasında bağlanan bir analog anahtar, pinglemeden hemen sonra açılırsa, alıcı birime giren ilk sinyal zil sesi olacaktır. Bu, yanlış hesaplama üreten yanlış bir tetikleme neden olur. Bu sorun, analog anahtarı açmadan önce zil sesinden kurtulmak için yeterince uzun gecikmeler koyarak çözülebilir.



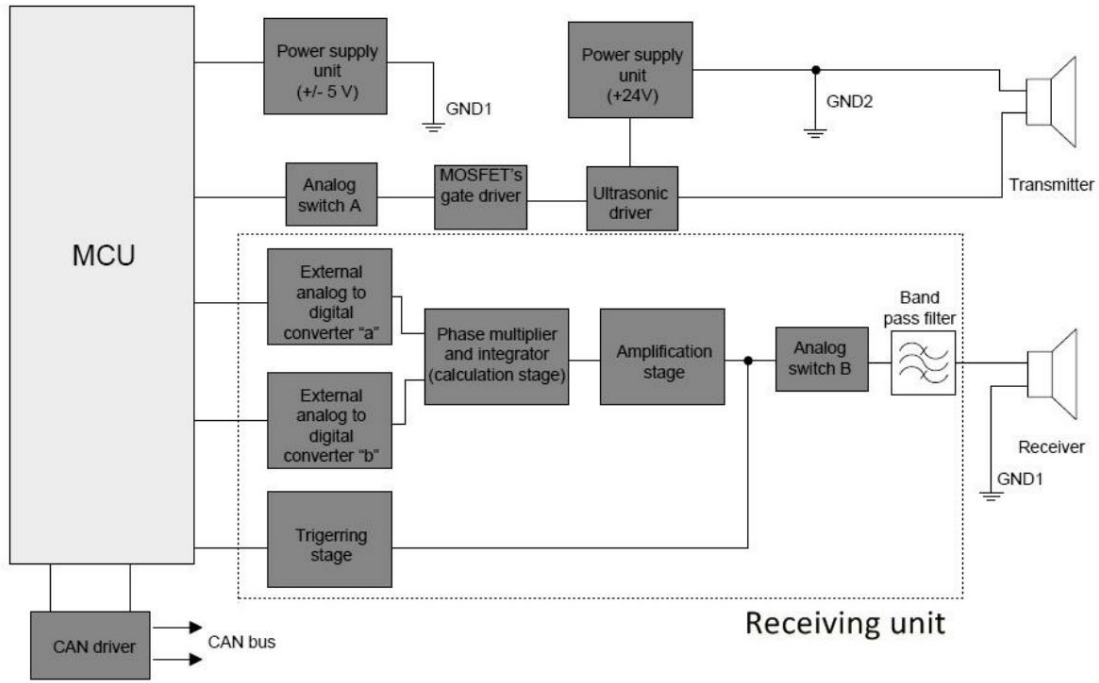
Şekil 25 Ultrasonik dönüştürücünün zil sesi

Üçüncü sorun, MAX4802 yüksek voltajlı analog anahtarların çıkışlama olgusudur. Bu sorun, ultrasonik dönüştürücünün çıkışlama na benzer; ancak, analog anahtarın kendisinden gelir. Anahtarın kapalı konumundan açık konumuna her geçişinde ve Versa Versa, gelen yankı ile hemen hemen aynı genliğe sahip küçük bir zil sesi üretir. Böylece tetikleme aşaması bunu tercih edilen bir sinyal olarak kabul eder ve yanlış tetikleme yapar. Unutulmamalıdır ki, yüksek gerilim analog anahtarı filtreden sonra yer aldığından bant geçiren filtrenin zil sesini ortadan kaldırması söz konusu değildir. Bu sorundan ne veri sayfasında ne de herhangi bir elektronik forumda bahsedilmektedir.

Bunlar, tam işlevsel testi imkansız kılan ana problemlerdir. En sonunda, Dağıtılmış sualtı sonarını bu versiyonunun niteliksiz olduğu belirlendi.

5. Geliştirilmiş Tasarım

Dağıtılmış sualtı sonarının ilk versiyonu, 4. bölümde bahsedilen sorunlardan muzdarip. Bu, devreye başka bir ultrasonik dönüştürücünün eklenmesi gerektiği anlamına gelir. Çevredeki ortamdan ve devrenin kendisinden kaynaklanan gürültü parazitleri, dikkatle ilgilenmesi gereken önemli bir konu haline gelir. İkinci versiyonun devre şeması aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 26 İkinci versiyonun devre şeması .

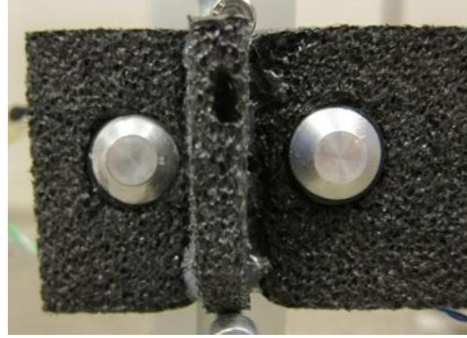
Çözülmesi gereken ilk sorun, kritik derecede kusurlu yüksek voltajlı analog anahtar ve yüksek voltajlı güç kaynağı aşaması nı kaldırmaktı. Bu nedenle, analog sinyallerin akışı yeniden tasarlanmalıydı. Şekil 26'da görüldüğü gibi, verici ve alıcı tamamen ayrılmıştı, böylece bir sensör alıcı-verici olarak kullanıldığı anda meydana gelen dahili parazitler büyük ölçüde azaltılmıştı. Her aşamadaki kusurlar netleştirildi ve düzeltildi. İlk versiyon, tam bir modül halinde birleştirilmesi zor olan birkaç PCB'ye bölünmüştü. Ayrıca uzun ve dağıtık kablolar gürültüye karşı hassas ve ayrıca test cihazı nı çok fazla karıştırdı, bu hata nedeniyle test sırasında birçok bileşen yanmış veya kırılmıştı. Bu nedenle, ikinci versiyonun şekil 27'de gösterildiği gibi tek bir PCB'de yapılmasına karar verildi.



Şekil 27 İkinci prototipin montajı

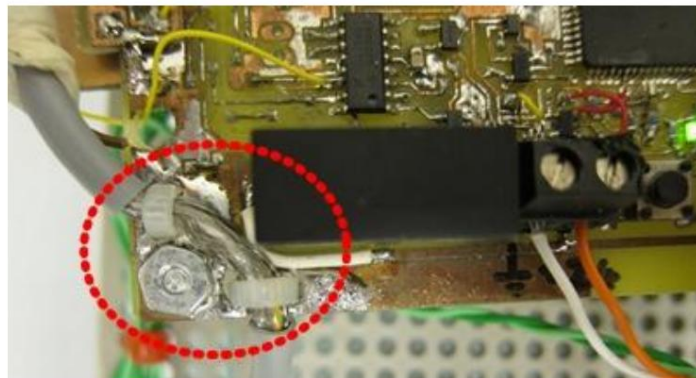
Analog cihazlar dijital cihazlardan ayrı gruplandırılarak gürültü bağımsızlığı geliştirildi; ayrıca, PCB'nin her iki tarafına yerleştirilmiş bir analog yer düzlemi, analog devrelerin tüm alanını kapsar.

Yeni dağıtılmış sualtı sonarı'nın üretimi tamamlandıktan sonra fonksiyonel testleri yapıldı. Alıcı ve verici bir sünger üzerine monte edilmiştir. Sünger titreşimi emebildiğinden, vericiden gelen titreşim doğrudan alıcıya iletilmez. Ayrıca vericiden parazit gelmediğinden emin olmak için iki dönüştürücü arasına bir sünger parçası yerleştirilir.



Şekil 28 Dönüştürücülerin montajı .

Başlangıçta, dönüştürücüler ve dağıtılmış sualtı sonar modülü arasında analog sinyali taşımak için blendajsız bir bükümlü çift kablo (CAT5 kablosu) kullanıldı. Vericiden gelen elektromanyetik radyasyonun alıcı kablosuna bağlandığı keşfedildi. Bu tür gürültü, tercih edilen sinyalden çok daha yüksek genliğe sahiptir ve aynı 40 kHz frekansa sahip olduğu için bant geçiren filtre tarafından reddedilemez. Bunu çözmek için, alıcı dönüştürücünün kablosu, korumalı bir kabloyla değiştirildi. Şekil 29'da gösterildiği gibi analog yer düzlemine blendajlı kablounun bir sonlandırılması bağlanmıştır.

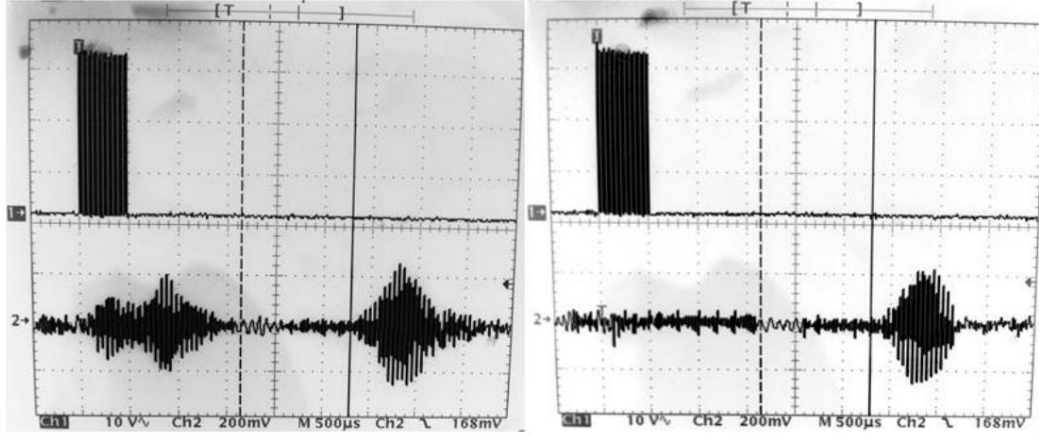


Şekil 29, analog yer düzlemine bağlı blendajlı kablounun bir sonlandırılması .

Kabloyu saran örgü veya metal folyonun birbirine bükülmemesine (pigtail) dikkat edilmelidir. Pigtail gibi tek nokta sonlandırılmaları, bir gürültü alıcısı veya radyatör görevi görebilir. Ayrıca kalkan akımı'nı simetrik olmayan bir şekilde akmaya zorlar ve bu da transfer empedansı'nı artırmasına neden olur [11]. Pigtail sonlandırılmasından kaynaklanan bu kusurlar daha kötü parazit oluşturabilir.

Blendajlı kablo kullanımı daha iyi bir sonuç getirdi; alıcı kablodaki parazit önemli ölçüde azaldı, ancak tamamen ortadan kaldırılmadı. Alıcı birime giren tüm istenmeyen sinyalleri yankılanmadan önce reddetmek çok önemlidir. Böylece, tek bir analog anahtar B

Şekil 26'da görüldüğü gibi alıcı üniteye eklendi. 1 milisaniye ping işlemi bittikten sonra analog anahtarın devreye girmesi kontrol edildi. Bu gecikme, nesne ile dönüştürücü arasındaki izin verilen minimum mesafeyi sı nı rlar. Şekil 30, analog anahtarsız (solda) ve analog anahtarlı (sağda) devrenin bir karşı laştı rması nı ifade eder.



Şekil 30 Analog anahtarsız (sol) ve analog anahtarlı (sağ) devrenin karşı laştı rması .

Kanal 1 bir ping sinyalini temsil ederken, Kanal 2 alıcıdaki bir sinyali temsil eder.

6. Test sonucu ve tartışma

Dağı tılı mı ş sualtı sonarı nı n donanı mı ve gömülü yazı lı mı

hazı r, testler ilk etapta havada gerçekleştirildi. Bu noktada, tetik devresinin referans voltajı , bant geçiren filtrenin kazancı ve amplifikatör aşaması nı n yanı sı ra MCU için Yazı lı m kodu da ince ayarlandı .

Başlangı çta, Mälaren Gölü'nde sualtı testi yapı lması planlandı , ancak 220 volt besleme eksikliği ve ekipmanları n taşı nması nı n zorluğu nedeniyle iptal edildi. Gelen sinyalin bir yankı veya gürültü olup olmadığı nı kontrol etmek için bir osiloskop gereklidir. Bu nedenle test nihayet üniversitedeki havuza kuruldu. Su derinliği 40 cm civarı ndadı r. ki bu çok sı ğ olarak kabul edilir. Sonar modülü havuzun duvarı na 1 metre karşı yerleştirildi.

Dönüştürücünün yüksekliği su derinliğinin yarısı na veya 20 cm'ye ayarlandı . Bulunan ilk sorun, doğrudan vericiden gelen gürültülü bir girişimdi. Gürültü daha uzun sürdü ve ayrıca genlik havada test etmekten çok daha büyüktü. Bu soruna bir çözüm, tek analog anahtar B'nin gecikmesini 1 milisaniyeden 1.4 milisaniyeye çı karmaktı r. Böylece, bu, nesne ile dönüştürücü arasındaki minimum mesafeyi 74,2 cm'den 103,8 cm'ye çı karacaktı r (Not: tatlı suda ses hızı 1484 m/s'dir [1]). İlk sorun giderildikten sonra, su altı ortam gürültüsü olan başka bir sorun çı ktı . 40 kHz ortam gürültüsünün sürekli ve rastgele kı sa darbeleri, sonar modülünün yanlış tetiklenmesine neden oldu. Ortam seslerinin genliği değişkendi; bazı ları küçüktü ve tetikleme devresini etkilemedi, bazı ları ise tetikleyicileri etkinleştirecek kadar büyüktü. Tetik devresinin referans voltajı sorunu çözmek için birkaç kez değiştirildi, ancak daha yüksek referans voltajı yankı algı lama mesafesini azaltı r. Ayrıca, birkaç kez gürültünün genliği yankı ile hemen hemen aynı ydı . Ortam gürültüsünün kaynağı su akı şı ndan veya yukarı daki havuzdan düşen taşma suyundan kaynaklanabilir. Havuzun derinliği ve havuz zemininin malzemesi olan sonuca etki eden iki önemli faktör vardı r. Havuz çok sı ğ olduğundan, su altı nda oluşan sesler su yüzeyi ile havuz zemini arasında daha sı k yansı yacaktı r. Ayrıca zemin, iyi bir ses yansı tı cı malzeme olan beton karolardan yapı lmı ştı r; bu nedenle havuzdaki ortam gürültüsü şiddetlidir.

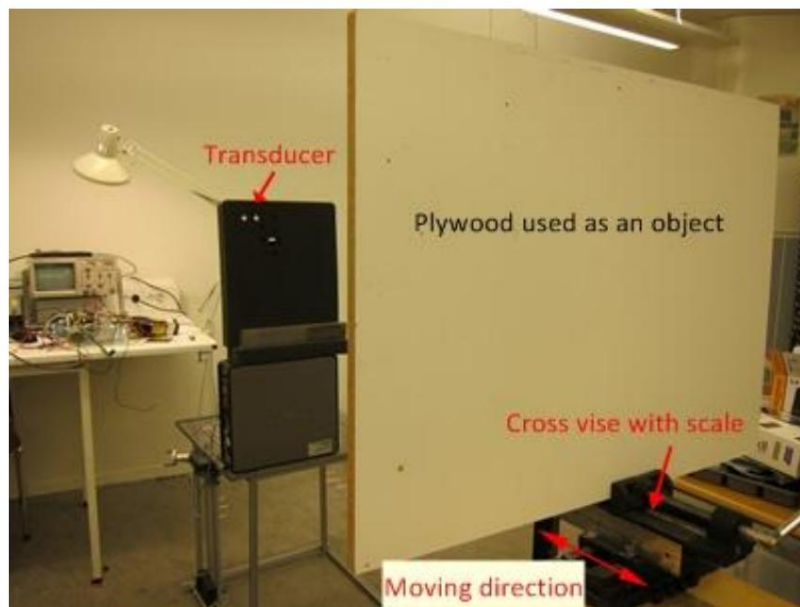
Yukarı da belirtilen sorun ve zorluklardan dolayı testin sadece havada yapı lması na karar verilmiştir. Böylece tek analog anahtarın B gecikmesi 1 milisaniyeye geri ayarlandı . Test edilecek ilk fonksiyon, uçuş zamanı ölçümüydü. Sonar modülü, 90 cm'den başlayan farklı mesafelerde duvara karşı kuruldu. ve kademeli olarak mesafeyi 10 cm arttı rdı .

120 cm'ye kadar her test için. Yükseklik için 150 cm olarak ayarlanmıştır. Verici, 0,5 milisaniyeye eşit 20 döngü 40 kHz patlama yaydır. Uçuş süresi, MCU'nun zamanlayıcı 1'i tarafından ölçülür, son patlama döngüsünün düşen kenarında saymaya başlar. Sayacı n değeri, bir harici kesme 0'ı n aktivasyonu ile onaylanan alıcı birime yankı ulaştığında bir kayıt defterinde tutulur. Zamanlayıcı 1, ADC örneklemeyi bitirene ve sonra durana kadar sürekli olarak çalışır. Uçuş saati, "a" ve "b" elemanları CAN bus üzerinden bilgisayara gönderilir. Bir dizüstü bilgisayar, bir CAN'den USB'ye dönüştürücü "Kvaser yaprağı" kullanarak CAN veriyolu ile arayüz oluşturur. Test sonuçları tablo 2'de gösterilmiştir.

gerçek mesafe (Santimetre)	Uçuş zamanı (gidiş dönüş) (Milisaniye)	Ölçüm sonucu (Santimetre)
90	4.91	84.25
100	5.5	94.38
110	6.24	107.07
120	6.76	116

Tablo 2 Uçuş süresi kullanılarak mesafe ölçümü
Not: Sesin havadaki hızı saniyede 343.2 metredir [1]

Tablo 2'de görülebileceği gibi, gerçek mesafe ile ölçüm sonucu arasındaki küçük sapmalar kabul edilebilir olarak kabul edilir. Faz değişiklikleri test sırasında da görülebilir. Ancak duvar ve sensörler arasındaki mesafelerin tam olarak 90, 100, 110, 120 cm olması garanti edilememiştir. 20 °C'de kuru havada sesin hızı saniyede 343,2 metre olduğundan [1], bu nedenle 40 kHz ultrasonun dalga boyu 8,58 mm'ye eşittir. bu mesafenin 1 mm değişmesi 41.958 derece faz farkına neden olacaktır; bu nedenle hassas ölçüm için özel ekipman gereklidir. Şekil 31, test kurulumunun düzenini göstermektedir.



Şekil.31 Test kurulumunun bir düzenlemesi

Ping sinyalinin gidiş dönüşünü göz önünde bulundurarak, nesnenin (kontrplak) konumu 1 mm değişirse, sesin hareket mesafesi 2 mm farklı olacaktır. r. veya 83.916'ya eşit

derece faz kayması . Bu, nesne başlangı ç noktası ndan 4,29 mm hareket ettirildiğinde faz kayması nı n 360 derece (tekrar fazda) olacağı anlamı na gelir. Cisim sonar modülünden 100 cm ve 120 cm uzağa yerleştirildi ve faz kaymaları ölçüldü. Sonuç sı rası yla tablo 3 ve 4'te gösterilmektedir.

Position	Amplitude (Volt)	Phase		Phase shift	Preferred phase shift
		Lead (degree)	Lag (degree)	degree	Degree
1	1.74		54.708		
2	1.70		131.16	76.45	83.9
3	1.68	45.248		170.54	167.8
4	1.72	136.35		261.3	251.7
5	1.74		41.23	346.522	335.6

Tablo.3 100 cm'ye yerleştirilen nesne. sonar modülünden

Not: Lead = eko dalga biçimi, sinyal göndermeye göre ileri düzeydedir

Gecikme = yankı , iletilen sinyale göre gecikir

Position	Amplitude (Volt)	Phase		Phase shift	Preferred phase shift
		Lead (degree)	Lag (degree)	degree	Degree
1	1.64	153.285			
2	1.66	79.52		73.76	83.9
3	1.64		6.44	159.73	167.8
4	1.62		97.5	250.79	251.7
5	1.62		171.53	324.81	335.6

Tablo.4 120 cm'ye yerleştirilen nesne. sonar modülünden

Not: Lead = eko dalga biçimi, sinyal göndermeye göre ileri düzeydedir

Gecikme = yankı , iletilen sinyale göre gecikir

Tablo 3 ve 4'teki "1" konumu nesnenin başlangı ç konumudur, "2" ile "5" arası ndaki konumlar ise orijinalden hareket eden bir sonraki konumu temsil eder ("1" konumu). İki bitişik konum arası ndaki mesafe 1 mm'dir ve ilk konum ile son konum arası ndaki toplam mesafe 4 mm'dir. Sonuçlar, sonar modülünün gelen yankı dan faz kayması nı ve genliği hesaplayabildiğini göstermektedir. Gerçek faz kayması ile tercih edilen faz kayması arası ndaki farkları n olası nedenleri, cetvel ölçeğine veya devrenin kendisine bakı ldı ğı nda insan hatası ndan kaynaklanabilir.

7. Karar

Bu proje, her bir sonar modülünün kendi kontrolörü ve CAN iletişim arayüzüne sahip olduğu bir dizi sualtı sonarı nı n dağı tı lı mı ş konfigürasyonunu tanı tmaktadır. Ayrıca uçuş süresini, faz kayması nı ve gelen yankı nı n genliğini hesaplama yeteneğine sahiptir. Bu yeni platform, tüm sistemde büyük bir değişiklik yapmadan bir dizideki ultrasonik sensörlerin sayısı nı artı rma veya azaltma fı rsatı verir.

Bu projedeki çalış malar, özellikle aktif bir tip olan sonarı n prensiplerinin incelenmesi ve su altı sonarı nı n yapı m detayı nı n analiz edilmesi ile başlamaktadır. Aşağı daki aşamalar tasarlama, prototip yapma ve test etme aşamaları dı r. PCB'ler yapı lmadan önce faz ve genlik hesaplama aşaması ve ultrasonik sürücü gibi karmaşı k devre tasarı mları simüle edilmiştir. Alı cı -verici olarak yalnızca bir sensöre sahip olan ilk prototipin uygulanması , HV güç kaynağı ve yüksek voltajlı analog anahtarı n bazı dezavantajları olduğundan başarı sı z oldu. İkinci prototip, verici ve alı cı nı n ayrı lması olan yeni bir kavramsal tasarı m temelinde geliştirildi, bu nedenle iki sensör gereklidir. Yeni prototipe bazı iyileştirmeler de eklendi.

Dağı tı lı mı ş sualtı sonarı nı n mevcut versiyonu suda test edilemese de, havada yapı lan testlerden elde edilen sonuç, başlangı ç özelliklerini karşı ladı ğı nı göstermektedir. Nihai prototipin geliştirilmesi, komple sisteme doğru büyük bir adı m olacaktır .

8. Gelecekteki çalışma

Dağı tı lı mı ş sualtı sonarı nı n tek modülü iyi çalış ması na rağmen, sualtı resmi oluşturamaz. Pratik bir sistem yapmak için, birkaç dönüştürücü modülünün entegrasyonu ve ayrıca bir görüntü işleme yazı lı mı , dönüştürücü modülleri ile ana işlem birimi arasındaki iletişim arayüzü geliştirilmelidir.

Tüm sistem hazır olduğunda, daha fazla doğruluk ve güvenilir sonuç için Mälaren Gölü gibi açık suda veya en azı ndan standart yüzme havuzunda tam bir test yapı lmalı dı r.

Analogdan dijitale dönüştürücü birimlerin doğruluğu, doğruluk olmayan ana güç kaynağı nı kullanmak yerine 5 voltluk hassas referans voltajı ekleyerek yazı lı m kompanzasyonuna ihtiyaç duymadan iyileştirilebilir.

Son olarak, her modülün boyutu 4 katmanlı PCB kullanı larak ve DE9 konektörü, indüktör gibi büyük bileşenlerin boyutu kaldı rı larak veya küçültülerek küçültülebilir. Ayrıca, her dönüştürücü modülü su geçirmez bir muhafaza içine kurulmalı dı r. Ek olarak, devrenin genel performansı nı artı racak gürültü alı mı nı ve radyasyonu azaltmak için PCB'nin yerleşimi iyileştirilebilir.

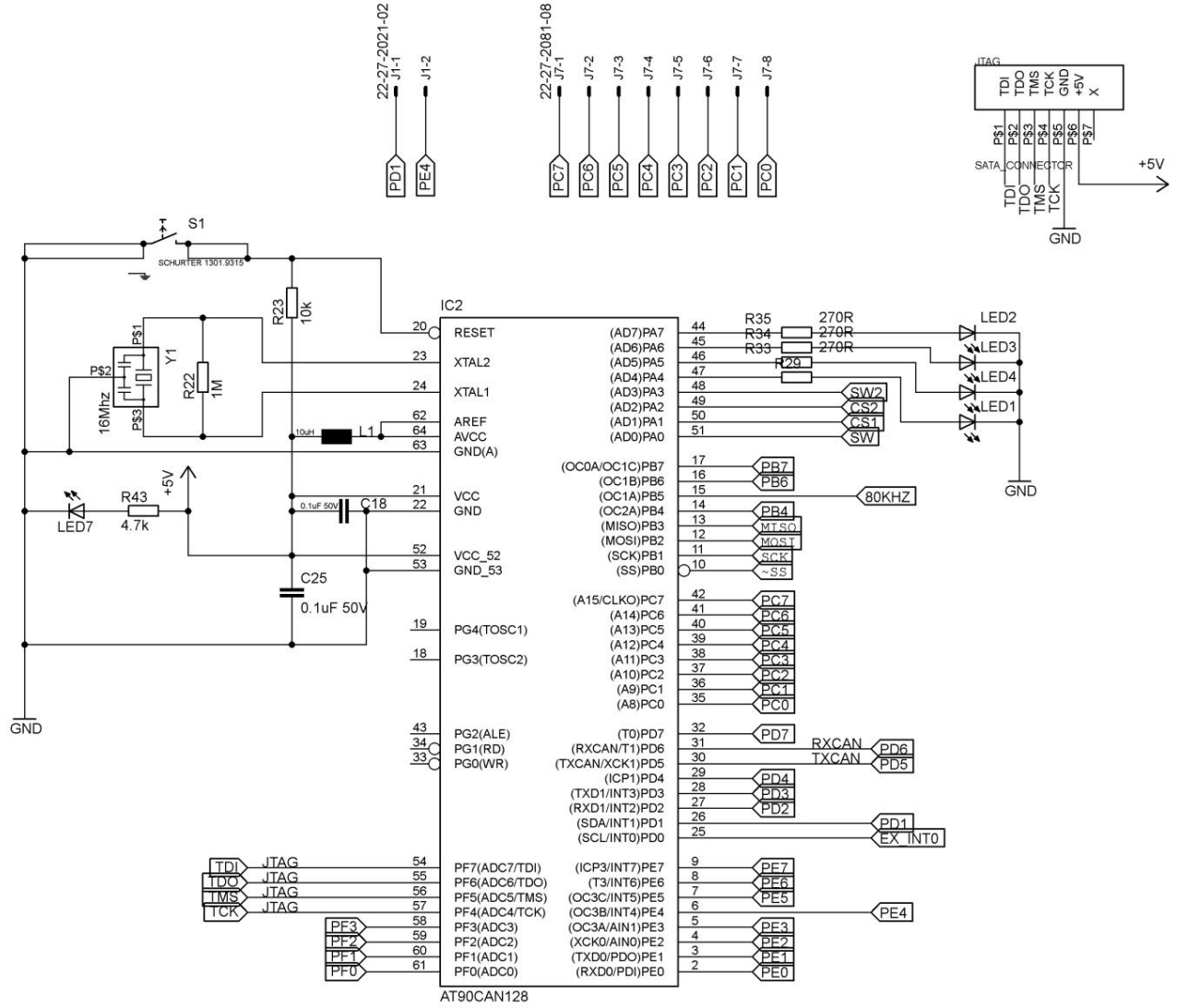
9. Referanslar

- [1]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_sound]
- [2]. <http://www.massa.com/fundamentals.htm> [3].
<http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn151/idn151.htm>
- [4]. <http://www.labbookpages.co.uk/audio/beamforming/fractionalDelay.html>
- [5]. <http://www.labbookpages.co.uk/audio/beamforming/delaySum.html>
- [6]. <http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn151/idn151.htm> [7].
<http://www.ee.latrobe.edu.au/~djc/UltraSonics/Ultrasonics.htm> [8]. http://en.wikipedia.org/wiki/Active_filter [9]. http://www.cappels.org/dproj/selfflocksncdet/Synchronous_Detector.html [10]. <http://libinfo.uark.edu/aas/issues/1991v45/v45a20.pdf>
- [11]. Kablo Sistemleri için Elektromanyetik Gürültü Azaltma Stratejileri, Richard J. Hare #1, Arthur T. Bradley *2, Linda Vahala #3#, Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği, Old Dominion University Hampton Boulevard, orfolk VA 23529, ABD

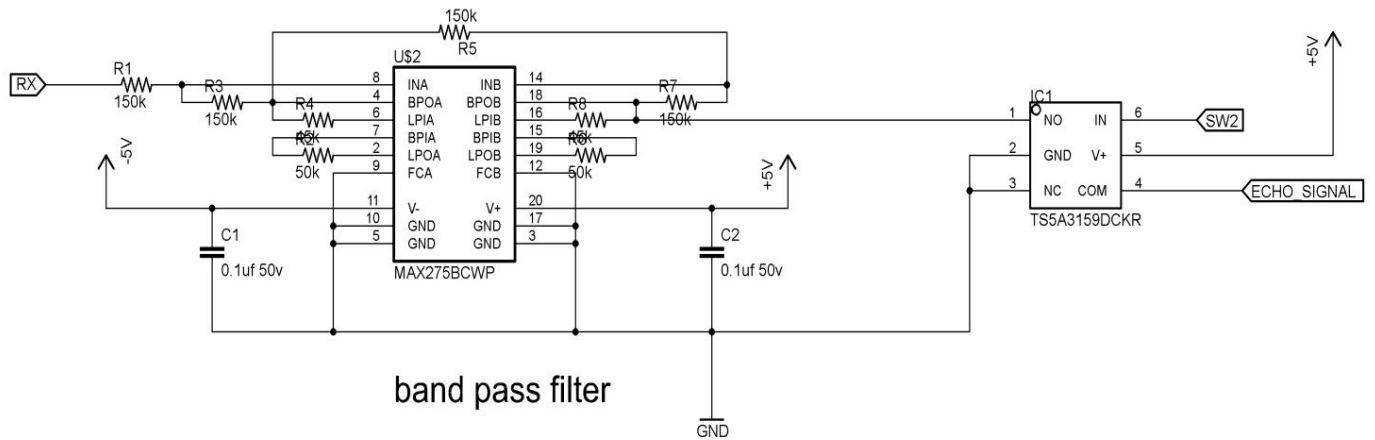
10. Ek Geliştirilmiş

Versiyon Şemaları

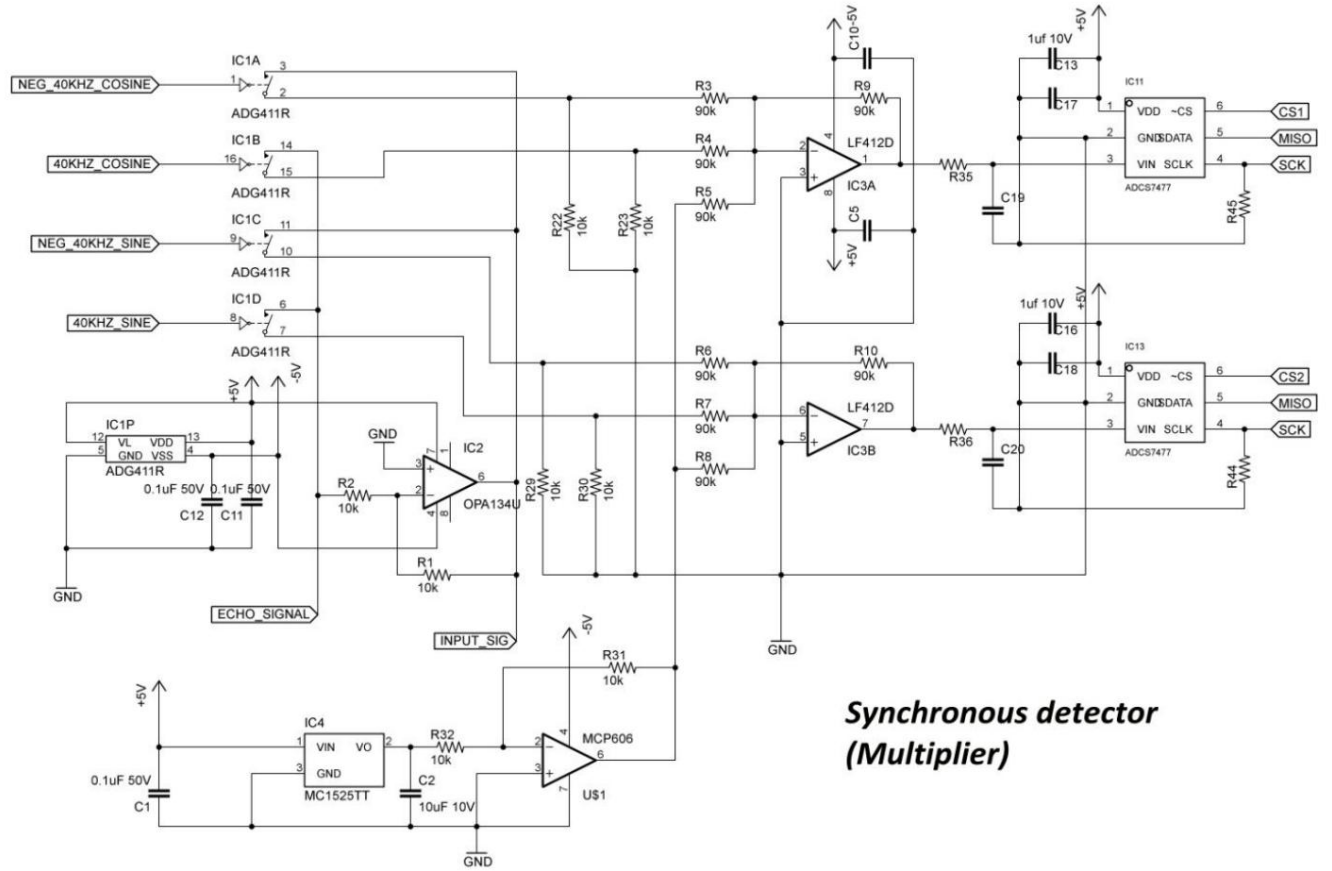
- Mikrodenetleyici ve JTAG konektörü



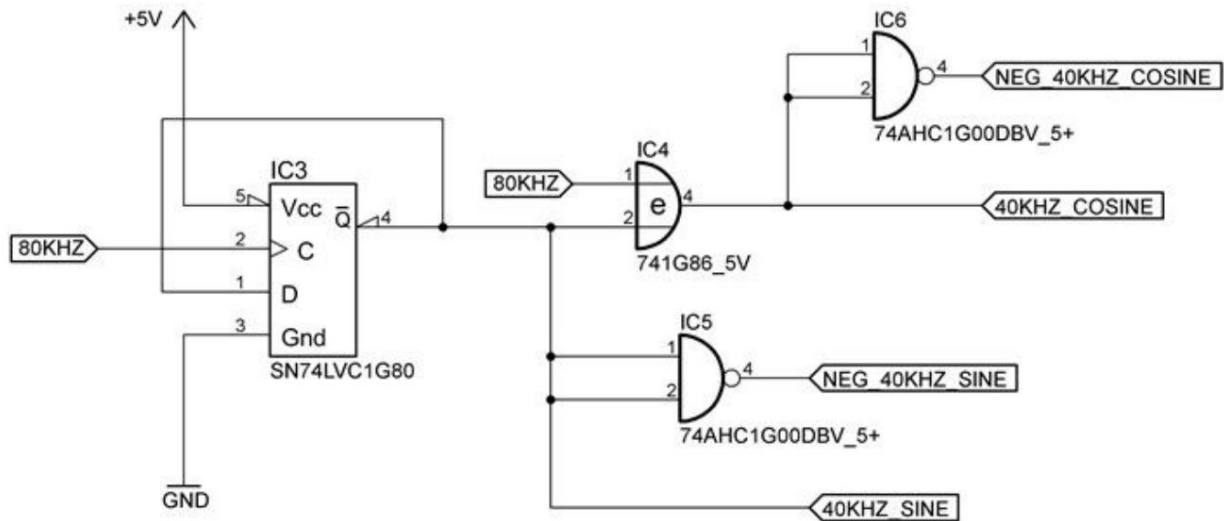
- Bant geçiren filtre ve tek analog anahtar B



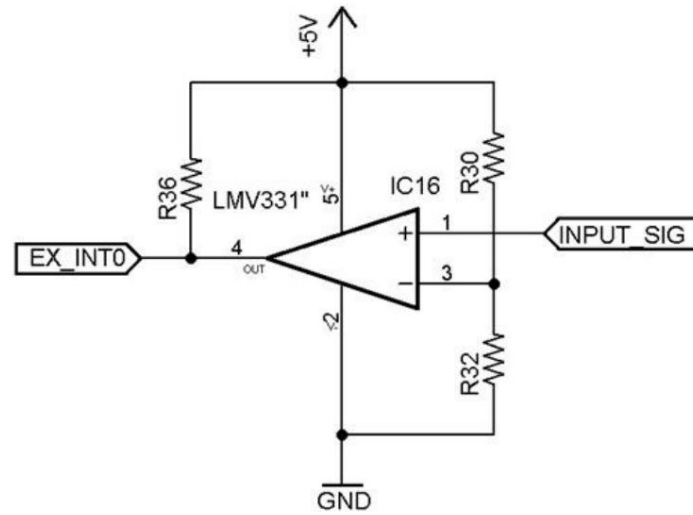
- Faz ve genlik hesaplama aşaması



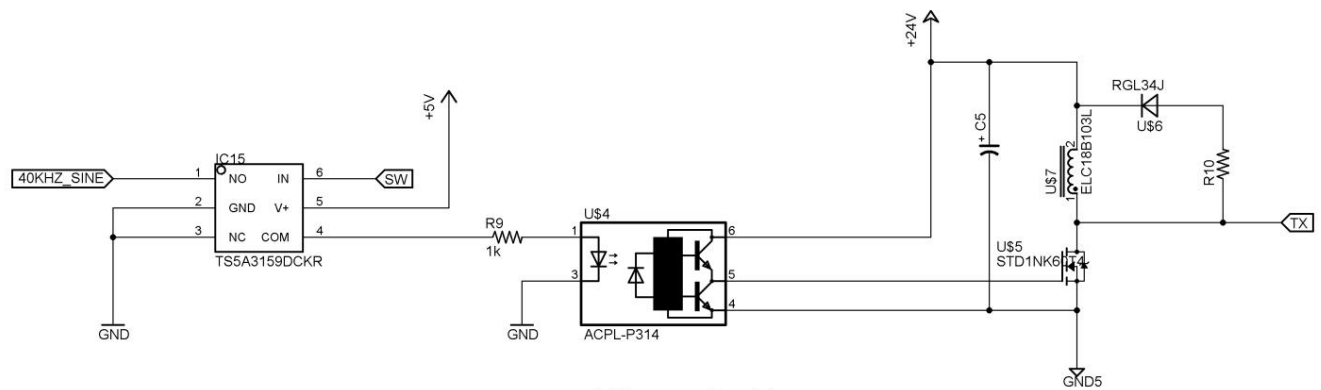
- Frekans bölücü ve faz kaydırıcı



- Tetik devresi

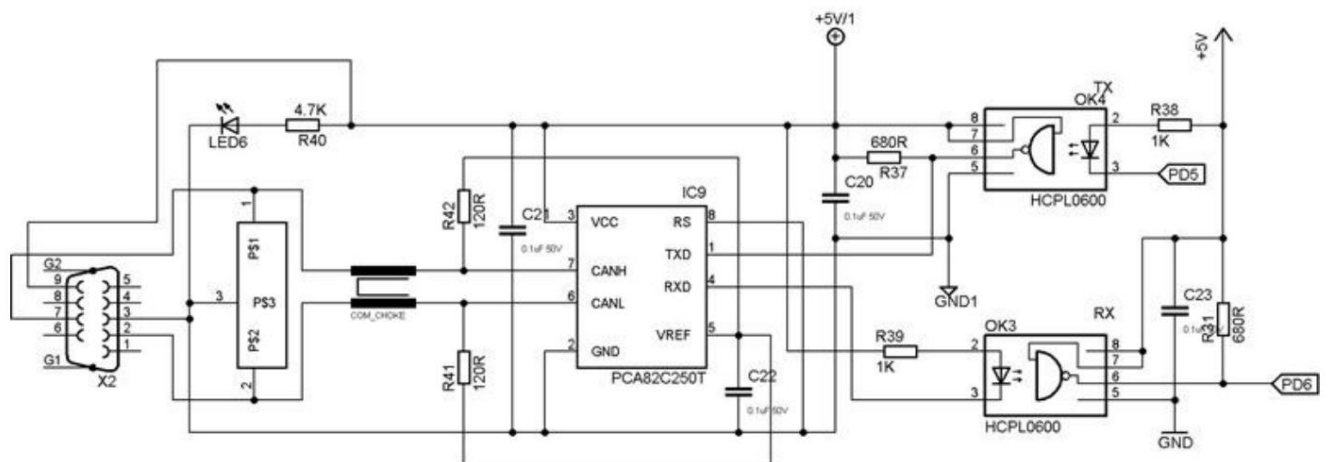


- Ultrasonik sürücü ve tek analog anahtar A



Ultrasonic driver

- CAN iletişimi



- Güç kaynağı modülü(+/- 5V)

