

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DSP İLE SAYISAL SUALTI HABERLEŞME SİSTEM TASARIMI

YÜKSEK LİSANS

Elektrik-Elektronik Müh. Ertan UYSAL

Anabilim Dalı: Elektronik Haberleşme Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Serhat YILMAZ

KOCAELİ, 2010

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DSP İLE SAYISAL SUALTI HABERLEŞME SİSTEM TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ertan UYSAL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 30 Aralık 2009

Tezin Savunulduğu Tarih: 17 Şubat 2010

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Serhat YILMAZ

(.....)

Üye

Prof. Dr. Sarp ERTÜRK

(.....)

Üye

Prof. Dr. Emin ANARIM

(.....)

KOCAELİ, 2010

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Ülkemizde sualtı haberleşmesi üzerinde yapılan çalışmalar genel olarak, gürültü, akustik dinlemeleri, sualtı ortam dinlemeleri şekillerinde yapılmaktadır. Ancak sualtında gönderme alma yapan sistemler üzerine çalışmalar, ülkemiz akademik çalışmaları içerisinde oldukça az yer almıştır. Bu çalışma ile akustik yöntemler kullanılarak sualtında ses işaretleri, mors kodu ile kodlanarak gönderilmekte ve dinleme tarafında, gönderilen ses işaretleri, yine sualtı ortamında alınmaktadır.

Sualtı haberleşme sisteminin geliştirilmesi ve üretilmesinde konusunda bana çalışma fırsatı veren TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü yöneticilerine, Enerji Enstitüsü Güç Elektroniği ekibinde yer alan Uzman Araştırmacı Sn. Aziz YILMAZ' a, proje ve tez aşamasında fikirleri ile beni yönlendiren ve teşvik eden KOÜ Elektronik Haberleşme Mühendisliğinde görev yapmakta olan Sn. Yrd. Doç. Dr. Serhat YILMAZ' a teşekkür ederim. Hayatım boyunca beni destekleyen ve bugünlere getiren babam İsmet UYSAL ve annem Songül UYSAL' a sonsuz minnet duygularımı sunarım. Ayrıca Tez çalışmam sırasında yoğun bir şekilde beni destekleyen eşim Tuba UYSAL' a canı gönülden teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER.....	vii
Özet:	ix
Abstract	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	2
2.1. Sualtı Akustiği.....	2
2.1.1. Hava kaynaklı akustik dalgalar	2
2.1.2. Su altında meydana gelen akustik dalgalar	2
2.1.3. Ses hızı, yoğunluk ve empedans	3
2.1.4. Sesin soğurulması	4
2.1.5. Sualtı akustik dalgalarının yansıması ve saçılması	4
2.1.5.1. Deniz yüzeyinin yansıma ve saçılmaya etkisi.....	4
2.1.5.2. Deniz dibinin yansıma ve saçılmaya etkisi	4
2.1.5.3. Hedef sisteminin yansıma ve saçılmaya etkisi.....	5
2.1.6. Sualtı haberleşmesinde zorlu noktalar	5
2.2. Mors Kodlama.....	5
2.2.1. Kısa tarihçe.....	6
2.2.2. Mors kodlama yapısı	6
2.2.2.1. Mors kodu birimleri	6
2.2.2.2. Mors kodu hızı	6
2.2.2.3. Mors kodlamanın örnek ile açıklanması	7
2.3. Modülasyon.....	8
2.3.1. Modülasyonun yararları	8
2.3.2. Modülasyon türleri	9
2.3.3. Sürekli dalga modülasyonu	10
2.3.4. Genlik modülasyonu	10
2.3.5. Çift yan bant modülasyonu	11
2.3.6. Zarf Detektörlü Genlik Demodülasyonu.....	13
3. SAYISAL SUALTI HABERLEŞME SİSTEMİ	16
3.1 Sistem Alt Parçaları.....	18
3.1.1 Güç kaynağı	18
3.1.2 Dsp kartı.....	19
3.1.2.1 Codec entegresi	20
3.1.3 Ana kart.....	21
3.1.3.1 Dsp kartı bağlantı konektörü.....	23
3.1.3.2 Hidrofon gönderme alma yapısı.....	23
3.1.3.3 Kullanıcı arayüzü	24
3.1.3.4 Besleme yapısı (3.3 V).....	24
3.1.3.5 Kuvvetlendirici kartı bağlantı konektörü	24
3.1.4 Çıkış kuvvetlendirici kartı.....	25
3.1.4.1 Ön kuvvetlendirici yapısı	27

3.1.4.2	Ana kuvvetlendirici yapısı	27
3.1.4.3	Bağlantı konektörü	28
3.1.4.4	Besleme yapısı (± 15 V)	28
3.1.5	Hidrofon	29
3.2	Sualtı Haberleşme Sistemi Yazılımı	30
3.2.1	Modüllerin kısa açıklamaları	31
3.2.1.1	İşletim sistemi ve csl kütüphanesi	31
3.2.1.2	Çevrebirimi sürücüleri	31
3.2.1.3	İşaret işleme kütüphanesi	32
3.2.1.4	Cihaz içi test modülü	32
3.2.1.5	Kullanıcı arayüz modülü	32
3.2.1.6	Mors kodu işleme modülü	32
3.2.1.7	Çift yan bant işleme modülü	32
3.2.2	Modüllerin detaylı açıklamaları	33
3.2.2.1	Çift yan bant işleme modülü	33
3.2.2.2	Mors kodu işleme modülü	34
3.2.2.3	Mors kodlu çift yan bant modülatör algoritması	36
3.2.2.4	Zarf detektörlü genlik demodülasyonu yazılımı parçası ve algoritması	37
3.2.2.5	Gönderici olarak MATLAB kodu uygulaması	39
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	44
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
6.	KAYNAKLAR	52
7.	EKLER	53
8.	ÖZGEÇMİŞ	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: Sualtı haberleşme sistemi blok şeması	1
Şekil 2.1: Morse Code ifadesinin çizgi ve noktalar ile ifadesi [2]	7
Şekil 2.2: Morse Code ifadesinin detaylı zaman diyagramı [2]	7
Şekil 2.3: Morse Code ifadesinin DIT DAH ifadeleri ile gösterimi [2]	7
Şekil 2.4: Modülasyon türleri	9
Şekil 2.5: İşaret - $x(t)$ [4]	11
Şekil 2.6: İşaret - $x(t)$	12
Şekil 2.7: $\cos(w_c t)$ işaretinin grafiksel gösterimi [4]	12
Şekil 2.8: $x(t) \cdot \cos(w_c t)$ işaretinin grafiksel gösterimi [4]	13
Şekil 2.9: Zarf detektörlü genlik demodülasyonu [4]	13
Şekil 2.10: Alınan işaret [4]	14
Şekil 2.11: $\cos(w_c t)$ işaretinin grafiksel gösterimi [4]	14
Şekil 2.12: $\sin(w_c t)$ işaretinin grafiksel gösterimi [4]	15
Şekil 2.13: Demodüle edilmiş işaretin grafiksel gösterimi [4]	15
Şekil 3.1: Sistem kurulum blok şeması	17
Şekil 3.2: Çoklu izole çıkışlı güç kaynağı	18
Şekil 3.3: DSP kartı	19
Şekil 3.4: Ana kart	21
Şekil 3.5: Ana kart elektronik devre şeması	22
Şekil 3.6: Ana kart alma yönü ses işareti kazanç blok şeması	24
Şekil 3.7: Çıkış kuvvetlendirici kartı	25
Şekil 3.8: Çıkış kuvvetlendirici kartı elektronik devre şeması	26
Şekil 3.9: PA04 Güç işlemsel kuvvetlendiricisi	27
Şekil 3.10: Gönderme yönü ses işareti kazanç blok şeması	28
Şekil 3.11: 8103 hidrofon	29
Şekil 3.12: Sualtı haberleşme sisteminin genel blok şeması	30
Şekil 3.13: Sualtı haberleşme sistemi yazılım mimari tasarımı	31
Şekil 3.14: Mors kodu çözme algoritması [3]	34
Şekil 3.15: Çift yan bant modülasyonu algoritması	36
Şekil 3.16: Zarf detektörlü genlik demodülasyonu yazılım alt parçası	37
Şekil 3.17: Zarf detektörlü genlik demodülasyonu algoritması	38
Şekil 3.18: Gönderici matlab yazılımı-1	39
Şekil 3.19: Gönderici matlab yazılımı-2	40
Şekil 3.20: Gönderici matlab algoritması-1	41
Şekil 3.21: Gönderici matlab algoritması-2	42
Şekil 3.22: Gönderici matlab algoritması-3	43
Şekil 3.23: Gönderici matlab kodu ses kartı çıkış işareti	43
Şekil 4.1: Gönderilen Mors kodlu çift yan bant modülasyonlu çıkış işareti	45
Şekil 4.2: Alıcı tarafta gerçek zamanlı alınan işaret	45
Şekil 4.3: Alınan işaretin CCS içerisinde gösterimi	46
Şekil 4.4: Alınan işaretin FFT grafiği	46
Şekil 4.5: Kosinüs İşareti	46
Şekil 4.6: Kosinüs bileşeni ile alınan işaretin çarpılması	47

Şekil 4.7: Kosinüs bileşeninin 8 kat aşağı örneklenmiş hali (96/12KHz)	47
Şekil 4.8: Kosinüs bileşeninin BGF'den geçirilmesi (300-3000Hz)	47
Şekil 4.9: Kosinüs bileşeninin karesi	48
Şekil 4.10: Sinüs bileşeni	48
Şekil 4.11: Sinüs bileşeni ile alınan işaretin çarpılması	48
Şekil 4.12: Sinüs bileşeninin 8 kat aşağı örneklenmiş hali (96/12KHz).....	49
Şekil 4.13: Sinüs bileşeninin BGF'den geçirilmesi (300-3000Hz).....	49
Şekil 4.14: Sinüs bileşeninin karesi	49
Şekil 4.15: Sinüs bileşeni ile kosinüs bileşeninin toplanması.....	50
Şekil 4.16: Sinüs işareti ile kosinüs işaretinin karelerinin toplamının karekökü	50
Şekil 4.17: Sonuç işaretinin AGF'den geçirilmiş hali (150Hz-1500Hz, 30dB, 0.5) .	50

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1: Mors kodlama yapısı	6
Tablo 3.1: Sualtı haberleşme sistemi alt parçaları	16
Tablo 3.2: Sistemde kullanılan gerilimler	18
Tablo 3.3: TLV320AIC32 Entegresine ait teknik özellikler.....	20
Tablo 3.4: PA04 teknik özellikleri	28
Tablo 3.5: 8103 hidrofonu teknik özellikleri	29
Tablo 3.6: Kullanılan karakter tablosu ve mors kodu eşdeğeri.....	35

SİMGELER

C	:Ses Hızı (m/sn)
f	:Frekans(Hz)
λ	:Dalga boyu (m)
P	:Ortama yapılan basınç (pascal)
Π	:Tanecik hızı(m/sn)
ρ	:Ortam yoğunluğu(g/m ³)
Z_0	:Akustik Empedans (psn/m)
T	:Zaman(sn)
W	:Morse hızı (Wpm)
A	:Genlik
ω	:Açısal hız(radyan/sn)
t	:Zaman(sn)
Φ	:Faz farkı(derece)

Alt indisler

ÇYB	:Çift yan bant işareti
GM	:Genlik modülasyonlu işaret
c	Taşıyıcı

Kısaltmalar

DSP	:Digital Signal Processor, Sayısal İşaret İşleyici
CODEC	:Coder / Decoder, Ses A/D ve D/A Dönüştürücü Devresi
CSL	:Chip Support Library, DSP Destek Kütüphanesi
GPIO	:General Purpose Input Output, Genel Amaçlı Giriş Çıkış
EMIF	:External Memory Interface, Harici Bellek Arayüzü
McBSP	:Multichannel Buffered Serial Port
I ² C	:Inter IC Communication, Tümlşik Devrelerarası Haberleşme
CCS	:Code Composer Studio, Uygulama Geliştirme Yazılımı
ADC	:Analog/Digital Converter, Analog/Sayısal Dönüştürücü
ISR	:Interrupt Service Routine, Kesme Hizmet Programı
RAM	:Random Access Memory, Rastgele Erişimli Oku/Yaz Bellek
SDRAM	:Synchronous Dynamic Random Access Memory, Eşzamanlı Dinamik RAM
ROM	:Read Only Memory, Salt Oku Bellek
FLASH	:Bloklar halinde silinip yazılabilen EEPROM
DARAM	:Dual Access RAM, Çift erişimli RAM
SARAM	:Single Access RAM, Tek erişimli RAM
FFT	:Fast Fourier Transform, Zaman-Frekans Dönüşümü
FIR	:Finite Impulse Response, Sonlu Dürtü Yanıtı
IIR	:Infinite Impulse Response, Sonsuz Dürtü Yanıtı
ÇYB	:Çift Yan Bant
ÜYB	:Üst Yan Bant
AYB	:Alt Yan Bant
KOÜ	:Kocaeli Üniversitesi
DAC	:Digital Analog Converter, Sayısal Analog Çevirici
I/O	:Input/Output, Giriş/Çıkış
Cos	:Kosinüs
Sin	:Sinüs
SNR	:Signal to Noise Ration, Sinyal Gürültü Oranı
BIOS	:Basic Input/Output system, Basit Giriş/Çıkış Sistemi
NAND	:Not AND, Ters ve işlemi
CE	:Chip Enable, Çip aktif
DIT	:Mors kodlamada noktanın okunuş şekli
DAH	:Mors kodlamada çizginin okunuş şekli
BGF	:Bant Geçiren Filtre
AGF	:Alçak Geçiren Filtre

DSP İLE SAYISAL SUALTI HABERLEŞME SİSTEM TASARIMI

Ertan UYSAL

Anahtar Kelimeler: DSP, Sayısal İşaret İşleme, FFT, Mors, Filtre, Hidrofon, Sualtı, Akustik.

Özet: Haberleşme alanındaki gelişmeler telsiz haberleşmesinin yanı sıra, denizaltı ve su üstü gemilerinin sualtında yaratılan ses dalgaları ile haberleşmesi konularını da gündeme getirmiştir. Bu çalışmada, kablosuz sualtı haberleşme konusu ele alınarak incelenmiştir. Sualtında gönderme ve alma yapabilen bir sistem tasarlanmıştır. Akustik sualtı gönderme ve alma birimi olarak sualtında çalışan bir hidrofon kullanılmıştır. Gönderme işlemi sırasında çift yan band modülasyonu işlemi ile mors kodlu bilgi 10 W–100 W güçlerinde sualtından gönderilmektedir. Alıcı tarafta ise alınan ses işareti 100 kat kuvvetlendirilerek, filtrelenip, demodülasyon ve mors kodu çözme işlemine tabi tutulmakta ve alıcı tarafa istenen bilgi iletilmektedir. Deneyler sırasında kullanılan hidrofonun yüksek güç basılmasına rağmen, kapasitif etkisi nedeni ile gönderme işleminde 50 cm’ den uzak mesafelerde yetersiz kaldığı gözlenmiştir. Gönderme sisteminde elde edilen sonuçlar; 8 KHz–40 KHz frekans bandında, uzun mesafe, yüksek güçlerde ses işaretinin gönderimi için, düşük giriş empedansına sahip, tınlaşım frekansı belirli, tınlaşım frekansında kapasitif ve indüktif etkileri sıfır veya sıfıra yakın olan bir hidrofonun kullanılması gerektiğini göstermiştir.

DIGITAL UNDERWATER COMMUNICATION SYSTEM DESIGN WITH DSP

Ertan UYSAL

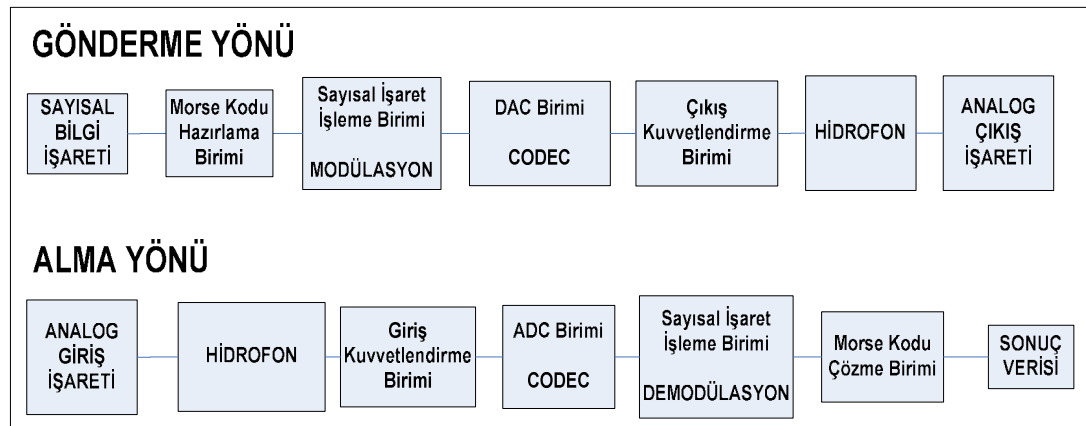
Keywords: DSP, Digital Signal Processing, FFT, Morse, Filter, Hydrophone, Underwater, Acoustic

Abstract: Development on the communication field, brought up the communication of surface ships, submarines through sound waves transmitted underwater, in addition to the radio communication. In this research wireless underwater communication was studied. A system was designed capable of transmitting and receiving sound signals underwater. A hydrophone, is used as the acoustic transmitter and the receiver unit of the system. Single side band modulated and Morse coded sound signal is transmitted underwater with 10W-100W power levels at the transmitting side. Received sound signal is amplified by 100, filtered, demodulated and Morse decoded at the receiving side. Laboratory experiments show that the used hydrophone (8103) could not send the sound signal far than 50 cm because of its high input capacitance even though transmitting the signal at the high output power levels. At the end of the studies, it was found that the hydrophone which has low input impedance, known resonance frequency, low capacitive and inductive elements at the resonance frequency, has to be used for long distance communication underwater.

1.GİRİŞ

Haberleşme alanındaki gelişmeler telsiz haberleşmesinin yanı sıra, denizaltı ve su üstü gemilerinin sualtında yaratılan ses dalgaları ile haberleşmeleri konularını da gündeme getirmiştir. Su dalgaları üzerinden sesin iletimi yöntemini içeren bu haberleşme şekli ile ses, verici alıcı sistemleri arasında sualtından iki yönlü olarak gönderilip alınabilir. Bu haberleşme yapısında iletim birimi olarak piezoelektrik malzeme tabanlı, giriş empedansı düşük, giriş kapasitif yapısı, tınlaşım frekansında sifıra yakın olan bir akustik hidrofon kullanımını gerektirmektedir.

Bu çalışmada, kablosuz sualtı haberleşme konusu ele alınarak incelenmiş, sualtında gönderme ve alma yapabilen bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistem sualtı deney aracı gibi bir cihazın derinlik bilgisi işaretini kablosuz olarak gönderip alma amaçlı tasarlanmıştır. Akustik sualtı gönderme ve alma birimi olarak, Brüel & Kjør firmasının 8103 model numarasına sahip hidrofonu kullanılmıştır. Gönderme işlemi sırasında, çift yan bant modülasyonu işlemi ile mors kodlu bilgi, 10 W-100 W güç aralığına çıkarılarak sualtından gönderilmektedir. Alıcı tarafta ise alınan ses işareti 100 kat kuvvetlendirilerek, filtrelenip, demodülasyon ve mors kodu çözme işlemine tabi tutulmakta ve alıcı tarafa istenen bilgi iletilmektedir. Şekil 1.1’ de tasarımı yapılan sualtı haberleşme sisteminin genel blok şeması yer almaktadır.



Şekil 1.1: Sualtı haberleşme sistemi blok şeması

2.GENEL KISIMLAR

2.1.Sualtı Akustiği

Su altı akustiği, temel olarak su içerisinde ses dalgasının, doğrusal ve doğrusal olmayan yayılmasını inceleyen, buna dayalı pratik uygulama alanları geliştiren bir akustik dalıdır[1].

2.1.1.Hava kaynaklı akustik dalgalar

Havada oluşan ses, mekanik bir titreşim sonucu oluşmaktadır. Bu titreşimler, kaynaktan kulağa kadar yayılan akustik dalga sonucu meydana gelir.

Titreşen tüm nesneler akustik dalga yaratır. Fakat insan kulağı sadece 20 Hz- 20 KHz frekans bandındaki işaretleri duyabilir. Bu frekans aralığının üstündeki sesler ses ötesi(ultrasound), altındaki frekanslar ise ses altı(infrasound) olarak adlandırılır.

2.1.2.Su altında meydana gelen akustik dalgalar

Hava ortamında meydana gelen akustik dalgalardan bir farkı olmamak ile birlikte, akustik dalganın yayılma ortamı, ilgilenilen frekans aralıkları, v.b. farklılıklar nedeni ile özelleşmiş bir akustik dalga türüdür. İletim ortamı Su tankı, gl, okyanus v.b. su içeren herhangi bir ortam olabilir. İlgilenilen tipik frekans aralığı 10 Hz ile 1 MHz frekans aralığıdır.

Sualtıında yayılan akustik dalgalar iki durumu oluşturur.

- Suyun dalgalı sıkışması (alternating compressions)
- Suyun seyrelmesi (rarefactions of the water)

Bu sıkışma ve seyrelme durumları insan kulağı, hidrofon v.b. alıcılar tarafından yakalanır.

2.1.3.Ses hızı, yoğunluk ve empedans

Belirli bir ortamda sesin iletimi sırasında ortamı oluşturan moleküllerin hareket hızına, tanecik hızı (particle velocity u) denir. Sesin iletimi sırasında tanecik hızı ile hareket eden moleküller, ortam üzerinde bir basınç (P) meydana getirir. Bu durumda, ortama yapılan basıncın; tanecik hızı, ortam yoğunluğu (ρ) ve ses hızı ile ilintili olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum; denklem 2.1 ve denklem 2.2’de yer alan formülleri oluşturur.

$$c = f \cdot \lambda \quad (2.1)$$

$$P = c \cdot u \cdot \rho \quad (2.2)$$

P : Ortama yapılan basınç

u : Tanecik Hızı

ρ : Ortam yoğunluğu

Karakteristik akustik empedans; birim alan ve birim hacimdeki basınçtır. 2.1 ve 2.2.’de yer alan ses hızı ve ortama yapılan basınç ifadeleri karakteristik akustik empedansı (Z_0) oluşturmaktadır. (Denklem 2.3)

$$Z_0 = P/c \quad (2.3)$$

Örnek olarak ses bilgisinin sırayla, hava, temiz su ve tuzlu su ortamlarındaki hızı ve ortam yoğunluk bilgileri aşağıda verilmiştir.

- Havadaki yaklaşık Hız ve yoğunluk: 340 m/sn ve 1225 kg / m³
- Temiz sudaki yaklaşık Hız ve yoğunluk: 1450 m/sn ve 1000 kg / m³
- Deniz suyundaki yaklaşık Hız ve yoğunluk: 1500 m/sn ve 1030 kg / m³

Hava ile su arasındaki en büyük karakteristik empedans oranı yaklaşık 3600’ dür. Bu durum 1 KHz altındaki akustik dalgalar için deniz yüzeyinin mükemmel bir yansıtıcı özelliği göstermesine neden olur.

2.1.4.Sesin soğurulması

Düşük frekanslı seslerin soğurulması ihtimali zayıftır. Bu durumun temel nedeni, düşük frekanslı seslerin suda ilerleyiş hızının yavaş, yüksek frekanslı işaretlerin (100 KHz ve üstü) ise suda ilerleyiş hızlarının yüksek olmasıdır. Temiz suda ses daha kolay iletilebilir.

Akustik ses bilgisi, deniz yüzeyinde baloncuk katmanları tarafından veya buz tarafından soğurulabilir. Deniz dibinde ise sedimentel kayalar tarafından soğurulabilir.

2.1.5.Sualtı akustik dalgalarının yansıması ve saçılması

2.1.5.1.Deniz yüzeyinin yansıma ve saçılmaya etkisi

Deniz ile hava yüzeyi mükemmel yansıtıcı özelliğe sahiptir. Aralarındaki empedans o kadar yüksektir ki bu sınırı çok az enerji geçebilir. Deniz yüzeyinden yansıyan akustik basınç dalgaları fazda terslenirler. 1 KHz ve üstü yüksek frekanslarda veya fırtınalı günlerde, tesadüfi olarak ses dalgaları saçılabilir. Ayrıca rüzgârlar tarafından yaratılan baloncuklar veya deniz yüzeyine yakın yüzen balıklarda bu yansıma ve saçılma durumlarının karmaşıklığını artırmaktadır[1].

Sualtında oluşan akustik dalgaların yansıma ve saçılması ile ilgili net formülasyonlar olmamakla birlikte, yukarıda birkaç tanımı verilmiş durum göz önüne alınarak, akustik dalga yansımalarını ölçmek için çeşitli formülasyonlar geliştirilmiştir.

2.1.5.2.Deniz dibinin yansıma ve saçılmaya etkisi

Deniz dibi ile deniz suyu arasındaki karakteristik akustik empedans farkı genellikle çok azdır ve yüzeye oranla daha karmaşıktır. Bu durum, suyun dibinin malzeme türüne, katmanların derinliklerine bağlıdır. Su dibinde oluşan akustik dalga yayılımı ile ilgili teoriler hala gelişme aşamasındadır.

2.1.5.3.Hedef sisteminin yansıma ve saçılmaya etkisi

Hedef üzerinden yansımalarda aşağıdaki durumlar etkilidir;

- Hedefin boyutları
- Hedefin biçimi
- Hedef ile su arasındaki karakteristik empedans oranı

2.1.6.Sualtı haberleşmesinde zorlu noktalar

Sualtı haberleşmesi, hava ortamında yapılan haberleşme yöntemlerinden farklı zorluklar içermektedir. Bu durumlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir[1].

- Sığ su kanalları,
- Kullanılabilir bant genişliğinin düşüklüğü,
- Akustik dalganın düşük hızı nedeni ile oluşan 100–10000 msn' lik zaman gecikmeleri,
- Doppler kayma etkisinin ve saçılma durumlarının oluşması,
- Havada olduğu gibi gürültü ile olmasa da denizdeki doğal sesin etkisinin alıcı algoritmasının sınırlarını zorlaması.

2.2.Mors Kodlama

Mors alfabesi, kısa ve uzun işaretler (nokta ve çizgiler) kullanarak bilgi aktarılmasını sağlayan bir haberleşme yöntemidir. Bu haberleşme yöntemi ile Tablo 2.1'de verilen işaretleme yapısı kullanılarak mors koduna dönüştürülmüş kelime, sayı v.b. bilgiler; sesli olarak, radyo sinyallerinin açılıp kapatılmasıyla, telgraf tellerinden geçen elektrik akımıyla, mekanik yolla ya da ışığın yanıp sönmesi gibi görsel yollar ile alıcı tarafa iletilebilirler[2].

2.2.1.Kısa tarihçe

1832' de telgraf ile ilgilenmeye başlayan Samuel Morse tarafından 1835 yılında oluşturulmuştur. 1837' de tam olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1865 yılına dek birtakım küçük değişiklikler yapılmış ve aynı yıl Paris'teki “Uluslararası Telgraf Konferansı'nda”, “Uluslararası Mors Kodu” adı ile kabul edilmiştir.

2.2.2.Mors kodlama yapısı

2.2.2.1.Mors kodu birimleri

Uluslararası mors kodlama 5 ifade ile oluşturulmuştur. Bu ifadeler Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Mors kodlama yapısı

Mors İfadesi	İfadesi	Uzunluk	Bit
Kısa işaret	DIT	Bir birim	1
Uzun işaret	DAH	Üç birim	111
Harf için boşluk	DAH	Bir birim	0
Kelimeler arası kısa boşluk	DAH-DAH-DAH	Üç birim	000
Kelimeler arası uzun boşluk	DIT-DIT-DIT-DIT-DIT-DIT-DIT	Yedi birim	0000000

2.2.2.2.Mors kodu hızı

Mors kodu hızı, bir dakika içerisinde “Paris” kelimesinin gönderilmesi için gerekli süre ile ölçümlendirilir. Birimi wpm’dir.(word per minute, dakika başı kelime sayısı)

Tablo 2.1’de yer alan bir birim için gerekli süre, denklem 2.4’ de verilen formül ile hesaplanır.

$$T = 1200 / W \quad (2.4)$$

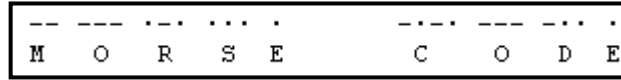
T: milisaniye cinsinden zaman

W: wpm cinsinden hız

2.2.2.3.Mors kodlamanın örnek ile açıklanması

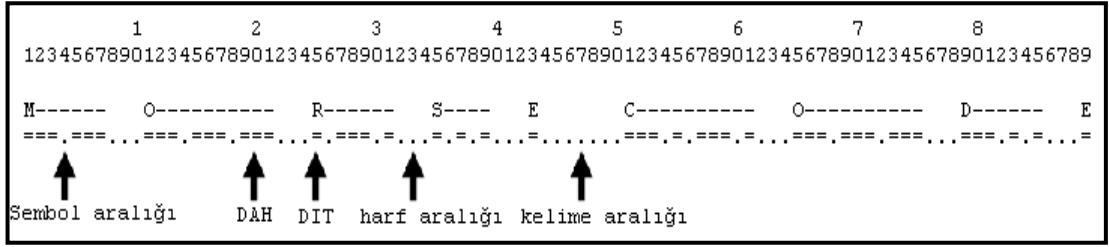
Bu bölümde “MORSE CODE” ifadesi örnek olarak kullanılarak, bir ifadenin mors koduna dönüştürülme işlemi anlatılacaktır.

Şekil 2.1’de “MORSE CODE” kelimesi için çizgi ve noktalar ile ifadelendirilmiş zaman diyagramı bulunmaktadır[2].



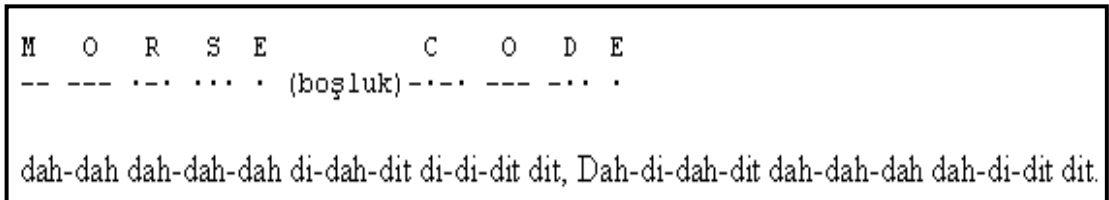
Şekil 2.1: Morse Code ifadesinin çizgi ve noktalar ile ifadesi [2]

Şekil 2.2’ de aynı kodun detaylı olarak zaman diyagramı, mors kodu olarak verilmiştir. Bu gösterimde = (eşittir) “sinyal açık”, . (nokta) işareti “sinyal kapalı” anlamına gelmektedir[2].



Şekil 2.2: Morse Code ifadesinin detaylı zaman diyagramı [2]

Mors kodlamada, genel olarak, –(çizgi) karakteri için ”DAH”, .(nokta) karakteri için “DIT” ifadeleri kullanılır. Buna göre “MORSE CODE” ifadesinin, DIT, DAH ifadeleri ile gösterimi Şekil 2.3’ deki gibi olacaktır[2].



Şekil 2.3: Morse Code ifadesinin DIT DAH ifadeleri ile gösterimi [2]

2.3.Modülasyon

Çeşitli kaynaklar tarafından üretilen temel bant sinyalleri, kanalda doğrudan iletim için uygun değildir. Bu nedenle, gönderilecek bilgi işareti, iletim kanalına uygun bir biçime dönüştürülmelidir. Bu işlem modülasyon olarak adlandırılır. Modülasyon işleminde iletim kanalına uygun taşıyıcı bir dalga vardır. Modülasyon işlemi, bu taşıyıcı dalganın bir veya birkaç özeliğini, bilgi işaretine göre değiştirmektedir. Haberleşme sisteminin alıcı ucunda ise orijinal temel bant işaretinin tekrar elde edilmesi gereklidir. Bu işleme de demodülasyon adı verilir. Demodülasyon, modülasyonun tersi bir işlemdir[3].

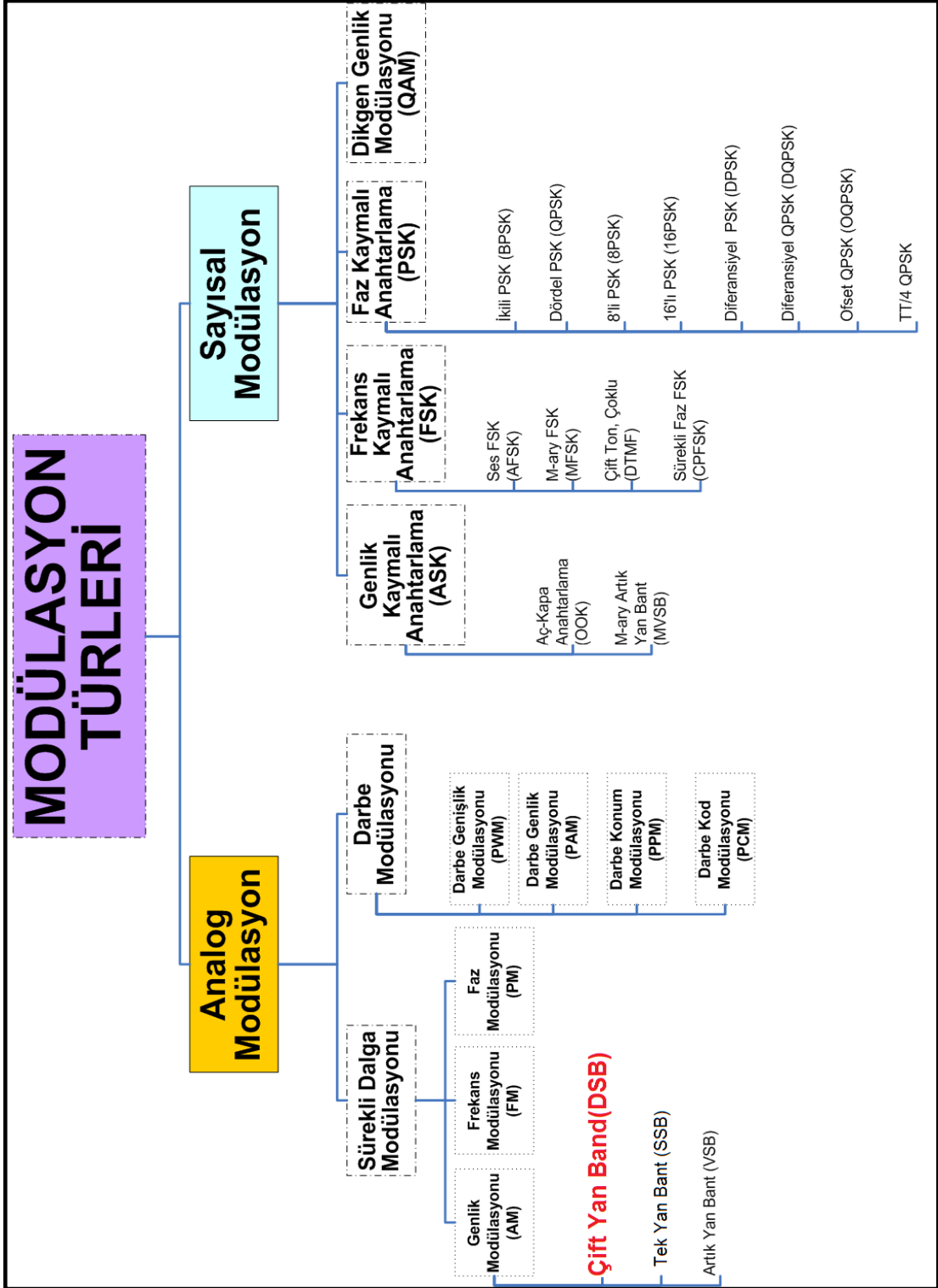
2.3.1.Modülasyonun yararları

Aşağıda modülasyonun yararları maddeler halinde sıralanmıştır;

- Yayılımı kolaylaştırır. Uygun şartlarda modüleli işaret dağ, tepe, çukur gibi doğal engelleri kolaylıkla aşabilir.
- Gürültü ve bozulmanın olumsuz etkilerini azaltır.
- Kanal ayrımı sağlar. Modülasyon işlemi sayesinde, aynı iletim hattında birden çok bilgi gönderilebilir.
- Çevresel etkilerin ortaya çıkardığı pek çok sınırlayıcı etkiyi ortadan kaldırır.
- Etkin bir elektromanyetik yayımı sağlamak için dalga boyunun en az $1/4$ 'üne eşit antene ihtiyaç vardır. Modülasyon, çalışma frekansını yükselteceğinden, çalışılan dalga boyu (λ) ve buna bağlı olarak anten boyutunun küçülmesini sağlamaktadır.

2.3.2.Modülasyon türleri

Şekil 2.4’ de önemli modülasyon türleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu çalışmada çift yan bant (DSB) modülasyonu, kullanılmıştır.



Şekil 2.4: Modülasyon türleri

2.3.3.Sürekli dalga modülasyonu

Taşıyıcı işareti bir sinüs sinyalıdır. Bir sinüs sinyali genel olarak denklem 2.5' gibi gösterilir:

$$y(t) = A.\sin(\omega t + \Phi) \quad (2.5)$$

Burada A genlik, ω açısal frekans ve Φ faz açısını ifade eder. Sürekli dalga modülasyonunda bu üç değişken, bilgiye bağlı olarak kodlanabilir.

En eski ve köklü modülasyon türü genlik modülasyonudur. Radyolarda uzun, orta ve kısa dalga bantlarında kullanılan haberleşme yöntemi genlik modülasyonuna örnek olarak gösterilebilir.

2.3.4.Genlik modülasyonu

Genlik modülasyonu, tür olarak doğrusal bir modülasyondur. Genlik modülasyonu, frekans imgesinin karakteristiklerine göre Çift Yan Bant Modülasyon (ÇYB, DSB, Double-Sideband), Tek Yan Bant Modülasyonu (TYB, SSB, Single-Sideband), Artık Yan Bant Modülasyonu (AYSB, VSB, Vestigial-sideband) olmak üzere 3 temel yapıya ayrılır. Genlik modülasyonunda taşıyıcı işaretin genliği, mesaj işareti ile doğrusal olarak ilişkilidir ve mesaj işareti taşıyıcının genliğine gider.

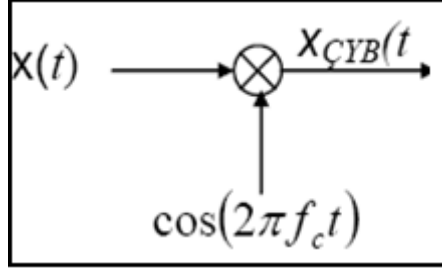
Genlik modülasyonunda kullanılan taşıyıcı işaret denklem 2.6'daki gibi ifade edilebilir.

$$x_c(t) = A_c.\cos(\omega_c.t) \quad (2.6)$$

Bu çalışmada ÇYB modülasyonu ve bu modülasyonun zarf detektörlü demodülatör yapısı kullanıldığından, diğer modülasyon yapıları anlatılmamış, ÇYB modülasyonuna odaklanılmıştır.

2.3.5.Çift yan bant modülasyonu

Sinüzoidal taşıyıcı işaret ile bilgi işaretinin zaman alanında çarpılmasıyla çift yan bant işareti elde edilir. Şekil 2.5’ de çift yan bant modülasyonu blok şeması yer almaktadır[4].



Şekil 2.5: İşaret - x(t) [4]

Çift yan bant modülasyonu matematiksel olarak denklem 2.7’ daki gibi ifade edilir.

$$x_{\text{ÇYB}}(t) = x(t)x_c(t) = x(t)\cos(\omega_c t) \quad (2.7)$$

Burada;

$x(t)$: Bilgi işareti

$x_c(t)$: Taşıyıcı işaret

$x_{\text{ÇYB}}(t)$: Çift yan bant modülasyonlu işaret

Frekans imgesinde bilgi işareti, taşıyıcının frekansına kaymıştır. Bu durum denklem 2.8’ den görülebilir.

$$X_{\text{GM}}(f) = \frac{1}{2}[X(\omega - \omega_c) + X(\omega + \omega_c)] \quad (2.8)$$

$X_{\text{GM}}(f)$: Modülasyonlu işaretin frekans düzleminde gösterimi

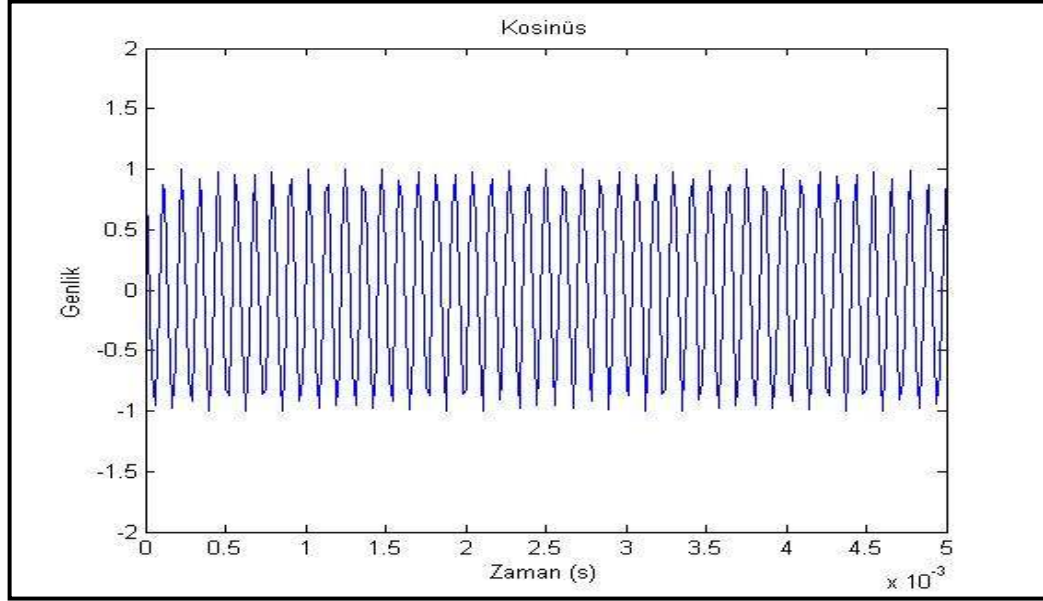
$X(\omega - \omega_c)$: Modüleli işaretin birinci bandının frekans düzleminde gösterimi

$X(\omega + \omega_c)$: Modüleli işaretin ikinci bandının frekans düzleminde gösterimi

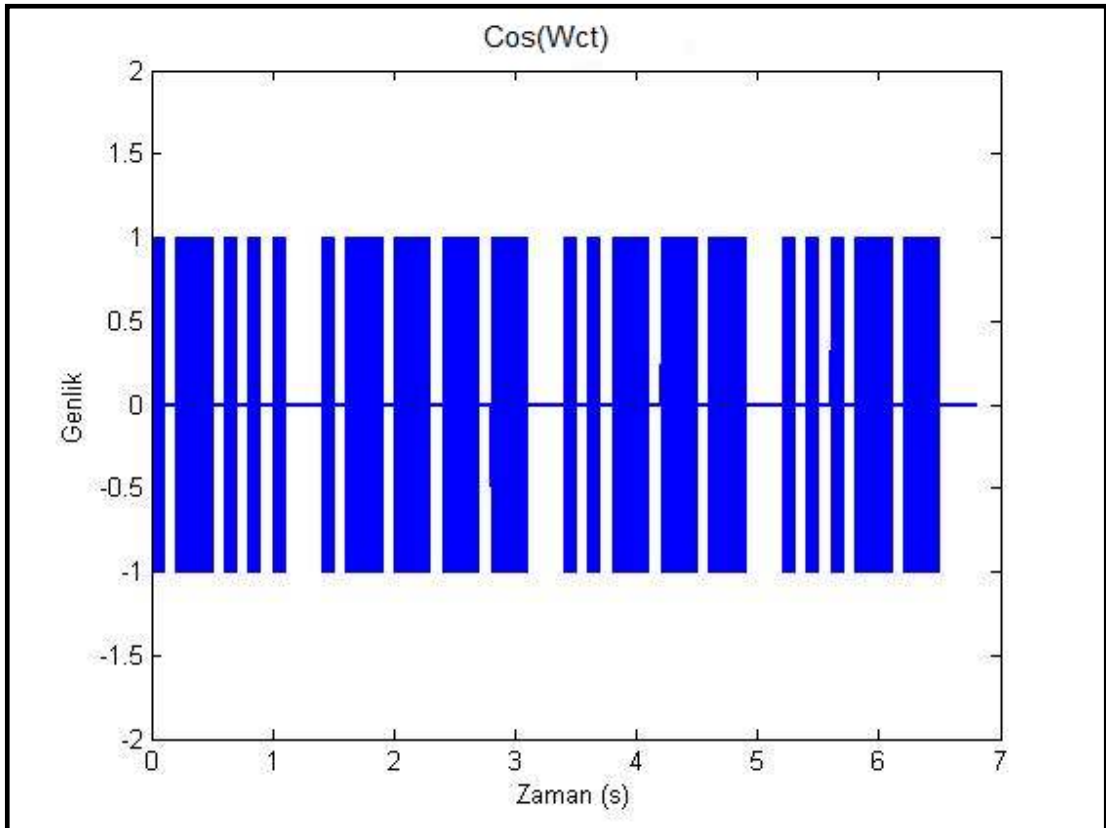
ω : Bilgi işaretinin açısal frekansı

ω_c : Taşıyıcı işaretin açısal frekansı

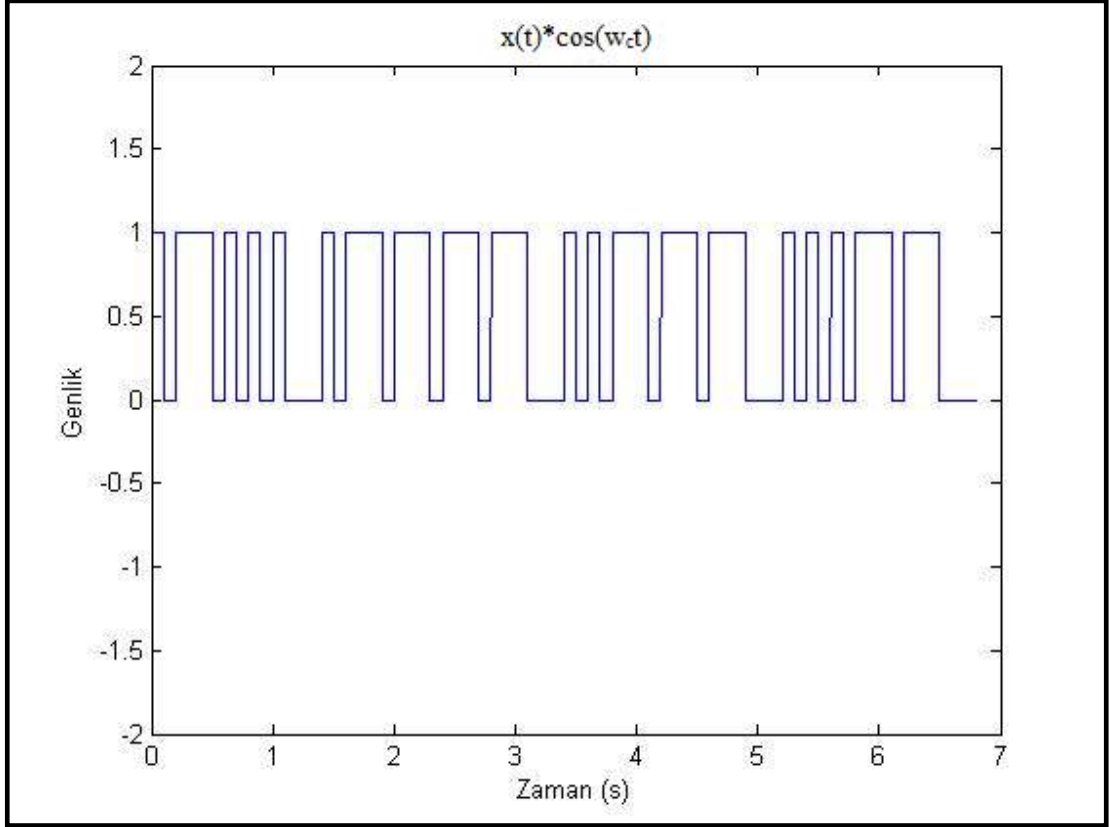
Şekil 2.6 – 2.8 arasında, Şekil 2.5’ de verilen çift yan bant modülasyonu yöntemi sırasında oluşan tüm işaretler, sıra ile gösterilmiştir.



Şekil 2.6: İşaret - $x(t)$



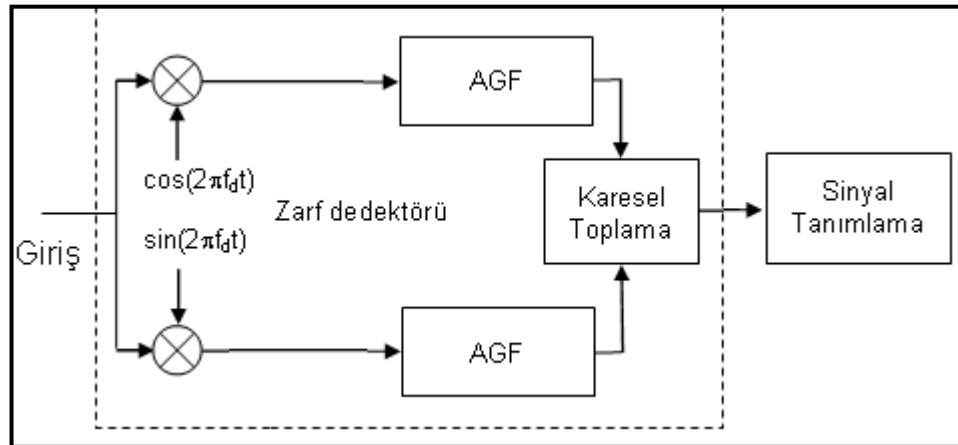
Şekil 2.7: $\cos(w_c t)$ işaretinin grafiksel gösterimi [4]



Şekil 2.8: $x(t)*\cos(w_c t)$ işaretinin grafiksel gösterimi [4]

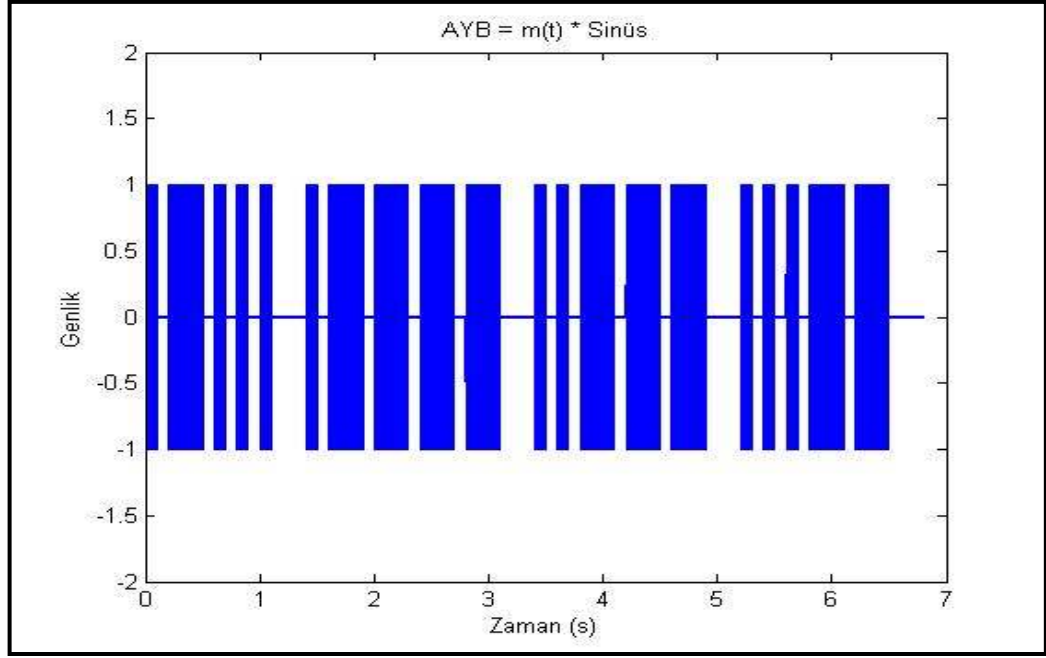
2.3.6. Zarf Detektörlü Genlik Demodülasyonu

Çift yan ban modülasyonu yöntemi ile modüle edilmiş işaretin alıcı tarafında, demodüle işlemine kullanılır. Alınan ÇYB işareti öncelikle kosinüs ve sinüs bileşenleri ile çarpılır. Ardından her iki işaret alçak geçiren filtreden geçirilerek karesel toplama işlemine tabii tutulur. Böylece alınmak istenen işaret elde edilir. Şekil 2.9’ da bu yöntem blok şema olarak verilmiştir.

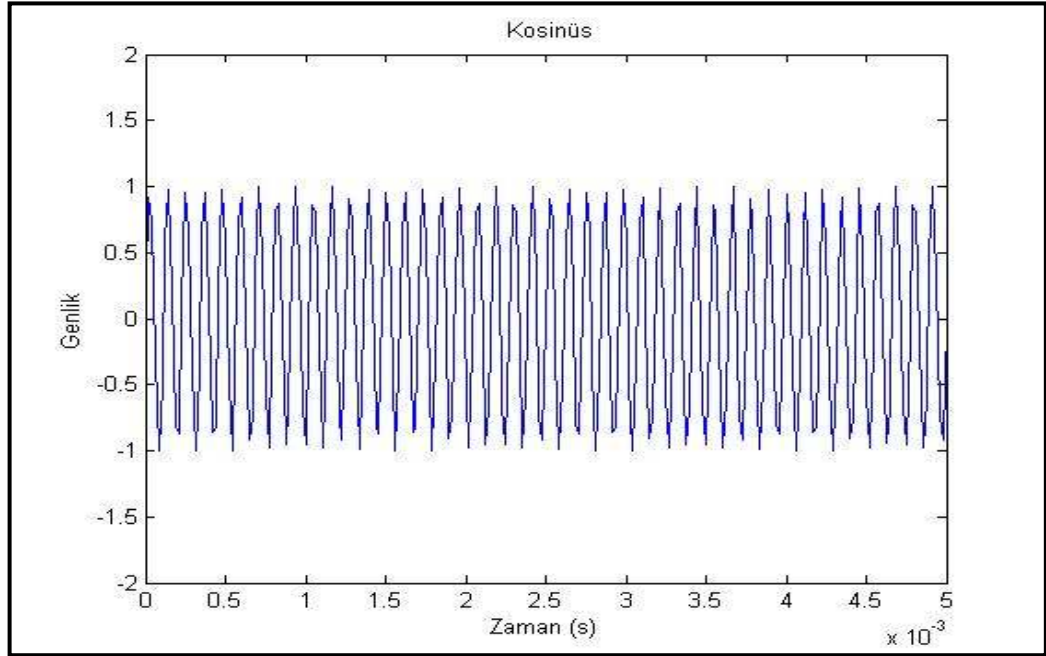


Şekil 2.9: Zarf detektörlü genlik demodülasyonu [4]

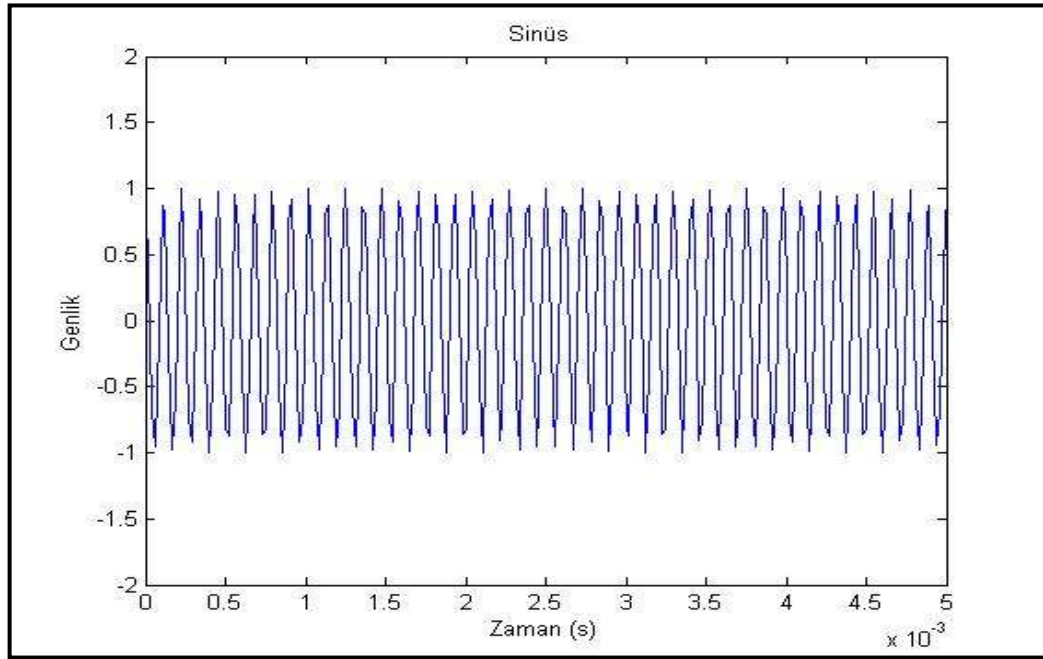
Şekil 2.10–2.13 arasında, Şekil 2.9’ da verilen demodülasyon yöntemi sırasında oluşan tüm işaretler sıra ile gösterilmiştir.



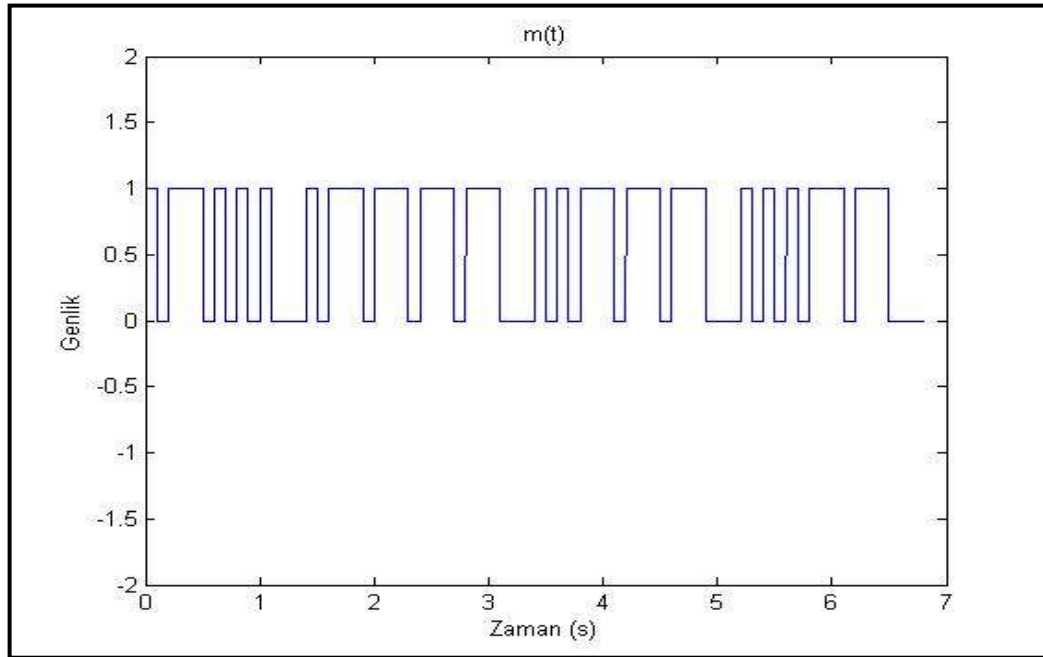
Şekil 2.10: Alınan işaret [4]



Şekil 2.11: $\cos(w_c t)$ işaretinin grafiksel gösterimi [4]



Şekil 2.12: $\sin(\omega t)$ işaretinin grafiksel gösterimi [4]



Şekil 2.13: Demodüle edilmiş işaretin grafiksel gösterimi [4]

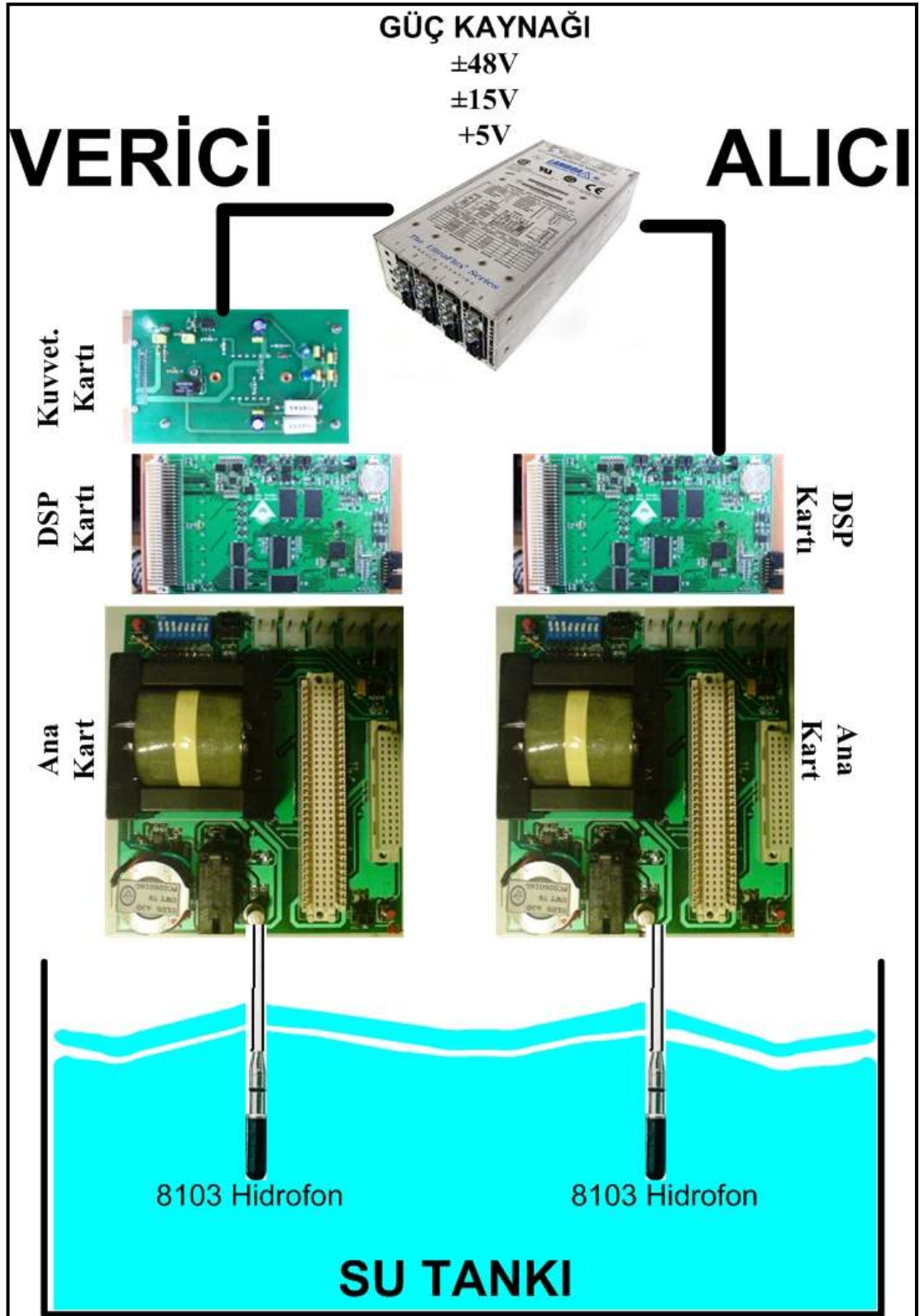
3.SAYISAL SUALTI HABERLEŞME SİSTEMİ

Bu çalışmada, sualtından gönderme ve alma yapabilen elektronik bir sistem tasarlanmıştır. Gönderme gücü olarak 100 Watt güce sahip olan bu sistem, frekans bandı olarak 9 KHz–40 KHz arasındaki frekans bandını kullanmaktadır. Şekil 3.1’ de sisteme ait detaylı kurulum blok şeması yer almaktadır. Blok şemada yer alan sistem alt parçaları Tablo 3.1’ de sıralanmıştır.

Tablo 3.1: Sualtı haberleşme sistemi alt parçaları

Sistem Alt Parçası	Adet	Açıklama
Güç Kaynağı	1	± 48 V, ± 15 V, 5 V izole güç kaynağı
DSP Kartı	2	Sayısal işaret işleme, mikrodenetleyici işlemlerinin yapıldığı elektronik kart
Ana Kart	2	Kullanıcı, dsp kartı, ve güç kaynağını birbirine bağlayan elektronik kart
Kuvvetlendirici Kartı	1	Ses işaretini kuvvetlendiren elektronik kart
Hidrofon	2	Sualtı gönderme alma birimi
Su Tankı	1	İçerisinde su ihtiva eden tank

Bu bölümde Şekil 3.1’ de blok gösterimi yapılmış sistem alt parçaları detaylı olarak anlatılmıştır. Ardından bu alt parçalar ile oluşturulmuş gönderme alma birimlerine ait her bir alt yapı, verici ve alıcı mantığı içerisinde sıra ile anlatılmıştır. Sualtı haberleşmesinde hidrofon seçimi, çalışma frekansları gibi bu çalışma ile elde edilen bulgu ve sonuçlar bulgular ve tartışma bölümünde verilmiştir.



Şekil 3.1: Sistem kurulum blok şeması

3.1 Sistem Alt Parçaları

3.1.1 Güç kaynağı

Sistemin çalışması için ihtiyaç duyduğu gerilimler Tablo 3.2’ de verilmiştir

Tablo 3.2: Sistemde kullanılan gerilimler

Besleme	Açıklama
± 48 V	Ses işareti kuvvetlendirme kartı için gerekli olan gerilim
± 15 V	Sistem alıcı, verici entegre ve pasif elemanları için gerekli gerilim
+5 V	Sistemin sayısal işlem tarafının ihtiyaç duyduğu gerilim
3.3 V	Sistemin sayısal işlem tarafının ihtiyaç duyduğu gerilim (Ana kart tarafından üretilir)
1.8 V	Sistemin sayısal işlem tarafının ihtiyaç duyduğu gerilim (DSP kartı tarafından üretilir)
1.6 V	Sistemin sayısal işlem tarafının ihtiyaç duyduğu gerilim (DSP kartı tarafından üretilir)

Tablo 3.2’ de verilen gerilimler Şekil 3.2’de yer alan Lambda firmasına ait çoklu, izole çıkışlara sahip güç kaynağından sağlanır. Sistem gönderme durumunda, 100–150 W güç çektiğinden bu güç kaynağı seçilmiştir.



Şekil 3.2: Çoklu izole çıkışlı güç kaynağı

3.1.2 Dsp kartı

Tasarımı yapılan sistemin, işlemcisini ve yazılımını taşıyan elektronik karttır. Bu kart ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmektedir;

- Çift yan bant modülasyonu,
- Mors kodu üretme ve çözme,
- CODEC entegresi aracılığı ile ses işaretinin analog ve sayısal işaretlere çevrilmesi,
- Kullanıcı giriş çıkış bilgilerini alma, işleme

DSP kartı Şekil 3.3’ de görülmektedir. DSP kartına ait her bir alt parça, “EK-A Dsp Kartı Devre Şemaları ve Açıklamaları Dokümanı”nda detaylandırılmıştır.



Şekil 3.3: DSP kartı

3.1.2.1 Codec entegresi

DSP kartı üzerinde bulunan CODEC entegresi alt yapısıdır. Texas firmasına ait TLV320AIC32 CODEC entegresi kullanılarak, alınan ses işaretinin sayısal işarete çevrilmesi, gönderilecek olan ses işaretinin analog işarete dönüşümü, alınan ses işaretine otomatik kazanç verilmesi ve ses işaretinin donanımsal olarak filtrelenmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. Tablo 3.3’ de TLV320AIC32 entegresine ait teknik özellikler yer almaktadır.

Tablo 3.3: TLV320AIC32 Entegresine ait teknik özellikler

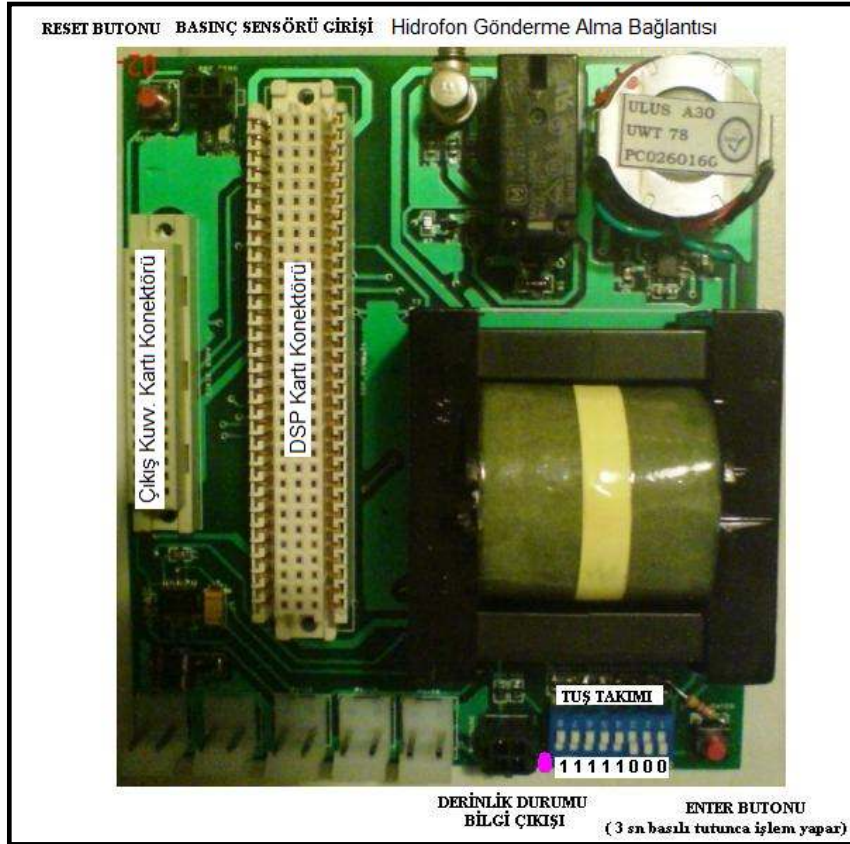
Özellik	Açıklama
Stereo DAC	100 DB SNR, 16–32 bit veri 8 KHz–96 Khz işaret örnekleme frekansı
Stereo ADC	90 DB SNR 16 bit veri 8 KHz–96 Khz işaret örnekleme frekansı
Ses Giriş Pini	6 adet Stereo
Ses Çıkış Sürücüleri	6 adet Stereo 8 ohm 500 mw Hoparlör sürme kapasitesi Stereo Kulaklık sürücüleri Stereo hat sürme çıkışları
Kazanç Yapısı	Programlanabilir Kazanç Yapısı Otomatik kazanç ayarı
Haberleşme türü	I2C
Besleme	Analog Gerilim: 2.7 V-3.6 V Sayısal Çekirdek Gerilimi: 1.525 V-1.95 V Sayısal I/O: 1.1 V-3.6 V

3.1.3 Ana kart

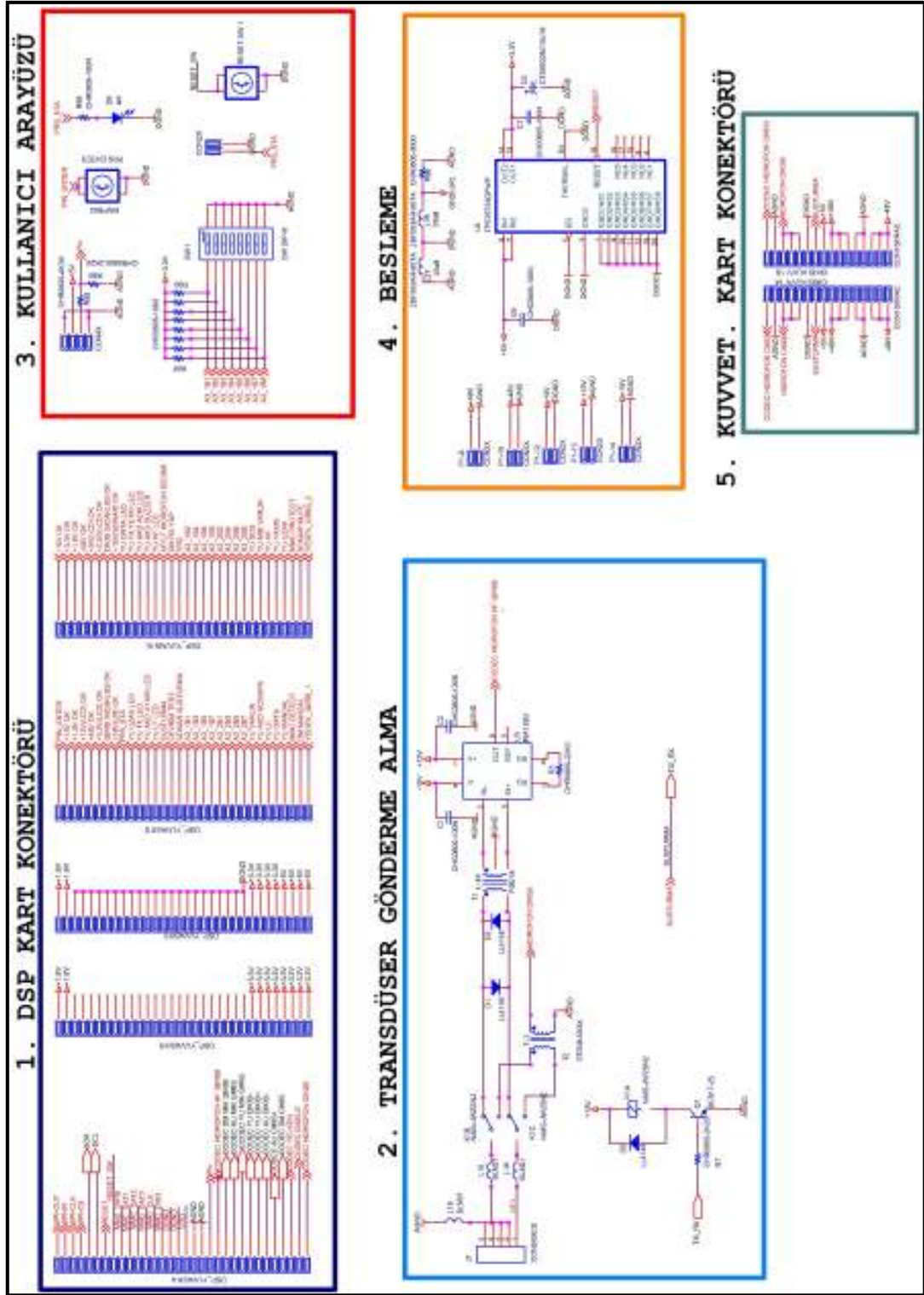
Tasarımı yapılan sistemin, alt parçalarını taşıyan elektronik karttır. Bu kart ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmektedir;

- DSP kartı ve çıkış kuvvetlendirici kartlarının sisteme bağlanması,
- DSP kartından üretilen çift yan bant modülasyonlu, mors kodlu bilgi işaretinin çıkış kuvvetlendirici kartına iletimi,
- Kullanıcının sistem ile etkileşimini sağlanması,
- Sisteme ait besleme girişlerini sisteme takılması,
- Gönderme alma kazanç devreleri ile ses işaretin yükseltilmesi,
- Hidrofonun sisteme bağlanması.

Ana kart Şekil 3.4’ de, ana karta ait elektronik devre şeması ise Şekil 3.5’ de yer almaktadır. Ana karta ait her bir alt parça aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 3.4: Ana kart



Şekil 3.5: Ana kart elektronik devre şeması

3.1.3.1 Dsp kartı bağlantı konektörü

DSP kartının sisteme bağlantısını sağlayan konektördür.

3.1.3.2 Hidrofon gönderme alma yapısı

Ses işareti burada yer alan röle yapısı ile hidrofona ses gönderme veya hidrofondan ses alma konumuna geçirilmektedir.

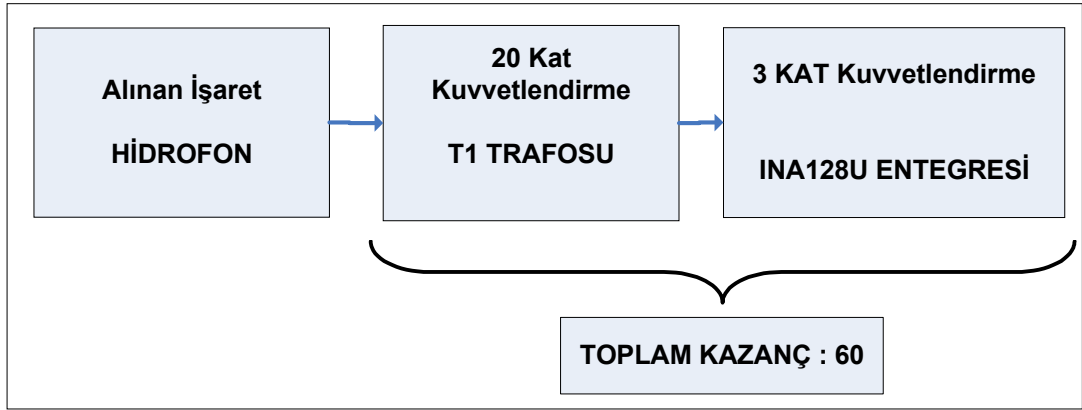
Röle yapısı gönderme konumundayken ses işareti T2 isimli 1x3 sarım sayısına sahip trafo üzerinden gönderilmektedir. Bu trafo ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir;

- Hidrofon ile elektronik sistem izole edilmesi,
- Ses işaretine 3 kat kuvvetlendirme verilmesi,
- Hidrofon ile ses kuvvetlendirme kartı arasında empedans uygunlaştırması.

Röle yapısı alma konumundayken ses işareti, T1 isimli 1x20 sarım sayısına sahip trafo üzerinden alınmaktadır.. Bu trafo ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir;

- Hidrofon ile elektronik sistem izole edilmesi,
- Ses işaretine 20 (yirmi) kat kuvvetlendirme verilmesi,
- Hidrofon ile ses kuvvetlendirme kartı arasında empedans uygunlaştırması.

T1 trafosu ile 20 kat kuvvetlendirilen ses işareti INA128 Entegresi ile 3 (üç) kat daha kuvvetlendirilir ve diferansiyel hat üzerinden gelen ses işareti, devre toprağına göre tek hata çevrilir. Şekil 3.6' da sistem alış konumundayken, ana kartın yukarıda anlatılmış işlevi blok şema olarak yer almaktadır.



Şekil 3.6: Ana kart alma yönü ses işareti kazanç blok şeması

3.1.3.3 Kullanıcı arayüzü

Kullanıcı, sualtı haberleşme sistemi ile 8 konumlu süviç, bir adet düğme ve bir adet ışıklı gösterge üzerinden etkileşime girmektedir. Bu birimler ile kullanıcı aşağıdaki işlemleri gerçekleştirir;

- 8 konumlu süviç ile gönderilecek olan bilgiyi onaltılık sayı sisteminde (hexadecimal) sisteme girme,
- 3 (üç) sn boyunca giriş düğmesine basılı tutarak sistemi gönderme veya alma konumlarına geçirebilme,
- Sistemi boştaki konumuna alma,
- Alma işlemi sırasında ışıklı gösterge üzerinden bilgi işaretinin gözleme,
- İlk açılma sırasında sistemin arızalı olup olmadığını ışıklı gösterge üzerinden gözleme.

3.1.3.4 Besleme yapısı (3.3 V)

DSP kartı, düşük gürültülü 3.3 V değerinde bir gerilime ihtiyaç duyar. Texas firmasına ait TSP62000 entegresi ile gerek duyulan 3.3 V gerilim oluşturulmuştur.

3.1.3.5 Kuvvetlendirici kartı bağlantı konektörü

Kuvvetlendirici kartının sisteme bağlantısını sağlayan konektördür.

3.1.4 Çıkış kuvvetlendirici kartı

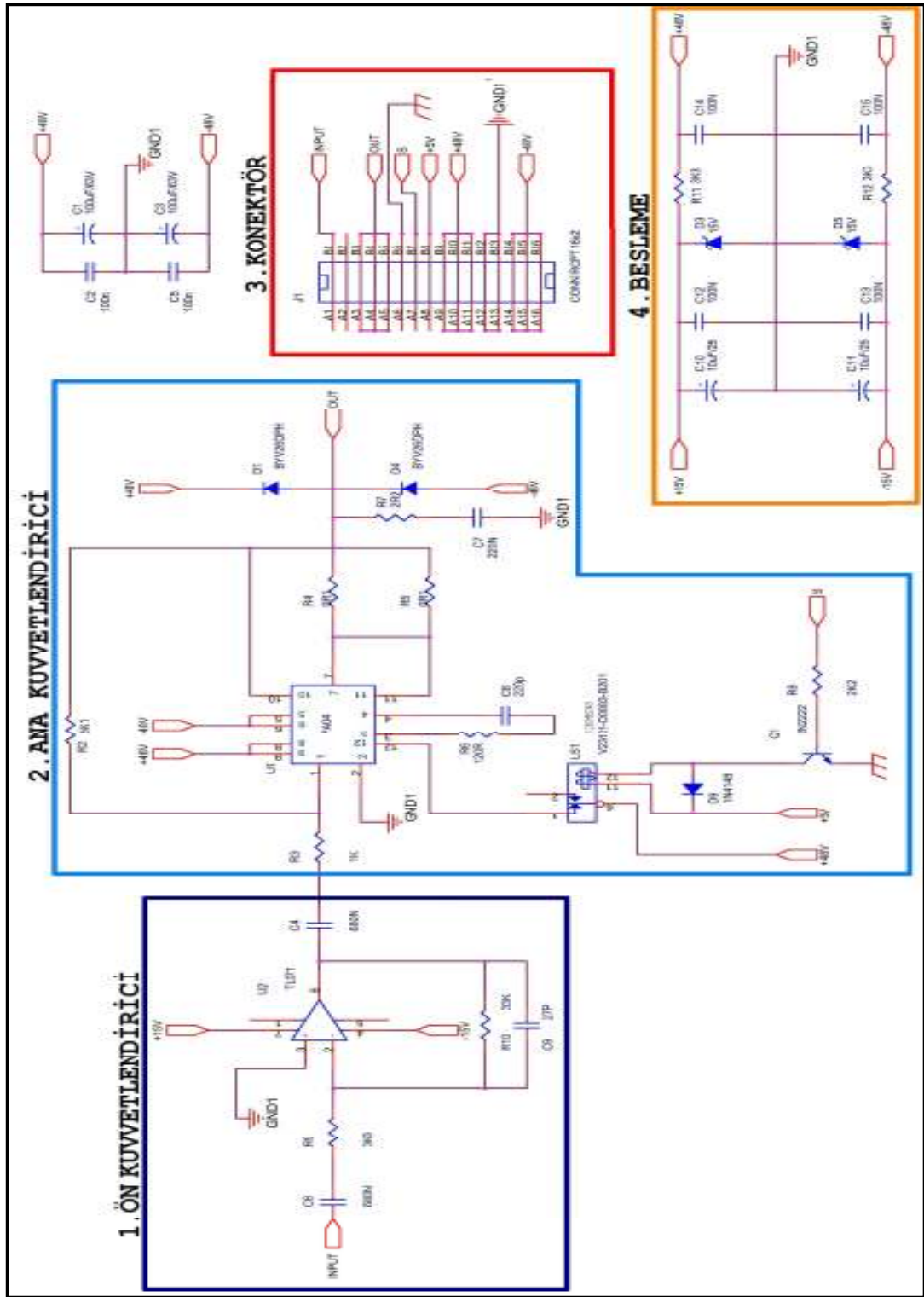
DSP kartı üzerinden alınan ses işaretinin, hidroфона gönderilmeden önce, 100 W güç seviyelerine çıkmasını sağlayan elektronik karttır. Bu kart ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir;

- DSP kartı CODEC entegresi çıkışlarından alınan gerilim işaretinin, 100 kat kuvvetlendirilmesi,
- Kuvvetlendirilen işaretin 100 W güç seviyelerine çekilmesi

Çıkış kuvvetlendirici kartı Şekil 3.7' de, çıkış kuvvetlendiricisi kartına ait elektronik devre şeması ise Şekil 3.8' de yer almaktadır. Çıkış kuvvetlendirici kartına ait her bir alt parça aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 3.7: Çıkış kuvvetlendirici kartı



Şekil 3.8: Çıkış kuvvetlendirici kartı elektronik devre şeması

3.1.4.1 Ön kuvvetlendirici yapısı

DSP kartı CODEC entegresi çıkışlarından alınan ses işareti ± 1 V tepe değerinde 500 mW güç seviyelerindedir. Bu işaretin, hidrofona iletiminden önce, 48 V 100 W seviyesine çekilmesi gerekir. Bunun nedeni, gönderim sırasında sualtı koşullarında sesin kaybolması ihtimalini azaltmak ve uzun mesafe gönderme yapabilmektir. Bu Codec entegresi çıkış işareti, önce TEXAS firmasına ait TL071 işlemsel kuvvetlendirici ile 10 kat kuvvetlendirme işlemine tabii tutulur. Bu işlem ile işaret ± 10 V seviyelerine çekilmiş olur.

3.1.4.2 Ana kuvvetlendirici yapısı

TL071 tarafından ön kuvvetlendirme işlemi ile 10 kat kuvvetlendirilen işaret, APEX firmasına ait PA04 güç işlemsel kuvvetlendiricisi ile 5 kat daha kuvvetlendirilerek 48 V, 100 W güç seviyesine çekilmiş olur. Şekil 3.9' da PA04 güç işlemsel kuvvetlendiricisi yer almaktadır. Tablo 3.4' de PA04 entegresi teknik özellikleri yer almaktadır.

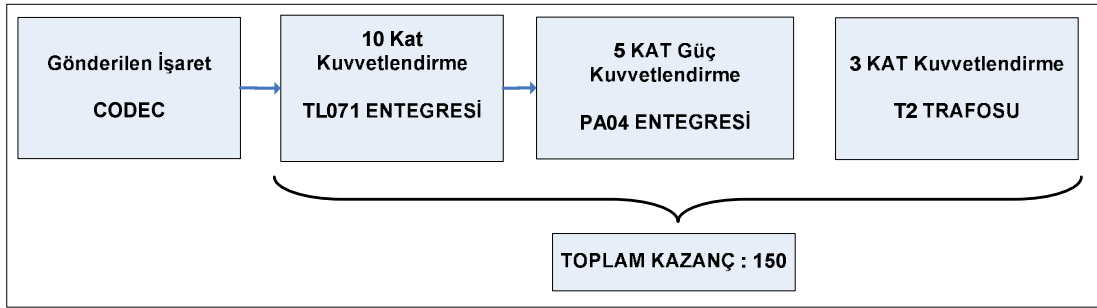


Şekil 3.9: PA04 Güç işlemsel kuvvetlendiricisi

Tablo 3.4: PA04 teknik özellikleri

Özellik	Açıklama
Yüksek Akım/Gerilim	200 V, 20 A
Gürültü	Düşük
Uygulama	Hidrofon Sürme Lineer Motor Sürme Programlanabilir Güç Devreleri
Uyku Modu Kontrolü	Var
Akım Limitleme	Var

Gönderme konumunda çıkış kuvvetlendiricisi kartının, yukarıda anlatılmış kuvvetlendirme işlemi, Şekil 3.10’da blok şema olarak yer almaktadır.



Şekil 3.10: Gönderme yönü ses işareti kazanç blok şeması

3.1.4.3 Bağlantı konektörü

Çıkış kuvvetlendiricisi kartının sisteme bağlantısını sağlayan konektördür.

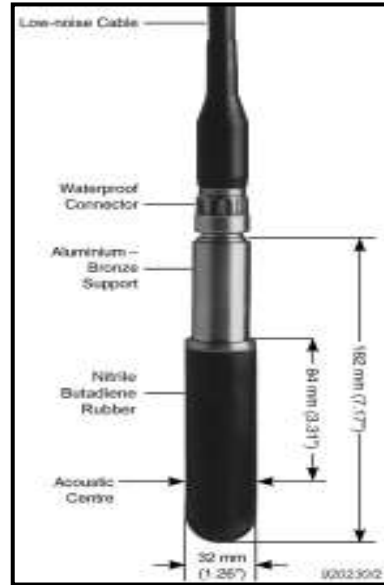
3.1.4.4 Besleme yapısı (±15 V)

Güç kaynağından alınan ± 48 V gerilim üzerinden, izole olarak ± 15 V gerilimi üretilmektedir. Bu gerilim ile çıkış kuvvetlendiricisi kartı üzerinde yer alan ön kuvvetlendirme yapısının beslemesi sağlanmaktadır.

3.1.5 Hidrofon

Ses işaretinin sualtından gönderilip alınmasını sağlayan, ses gönderme ve alma birimidir. Piezoelektrik malzemenin karakteristiğini kullanan bu hidrofon, ses işareti ile titreşime girerek, ses işaretini elektriksel işarete veya elektriksel işareti ses işaretine çevirmektedir.

Bu çalışmada tasarımı yapılan sualtı haberleşme sisteminde Brüel & Kjær firmasına ait 8103 model numarasına sahip hidrofon kullanılmıştır. 8103 hidrofonu Şekil 3.11’ de yer almaktadır. Tablo 3.5’ de 8103 hidrofonuna ait teknik özellikler yer almaktadır.



Şekil 3.11: 8103 hidrofon

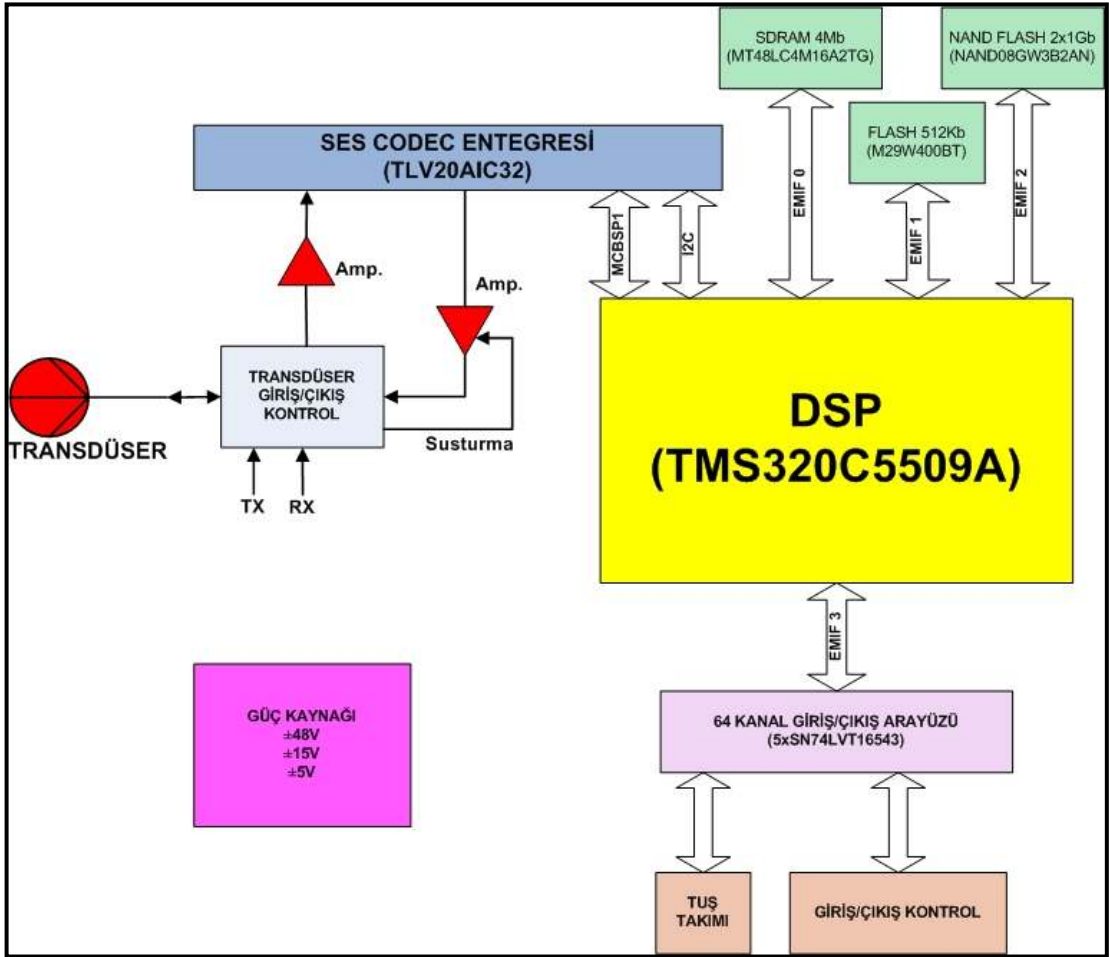
Tablo 3.5: 8103 hidrofonu teknik özellikleri

Özellik	Açıklama
Yüksek Doğruluk	
Frekans bandı	0.1 Hz - 80 kHz
Dâhili ön kuvvetlendirici	Var
Yönlülük	Çok Yönlü (360 derece)
Çalışma Basıncı	0–100 Atm (1000 metre)
Kalibre edilebilme özelliği	Var
Korozyona dayanıklı	Evet
Uzun süreli sualtında kalabilme özelliği	Var

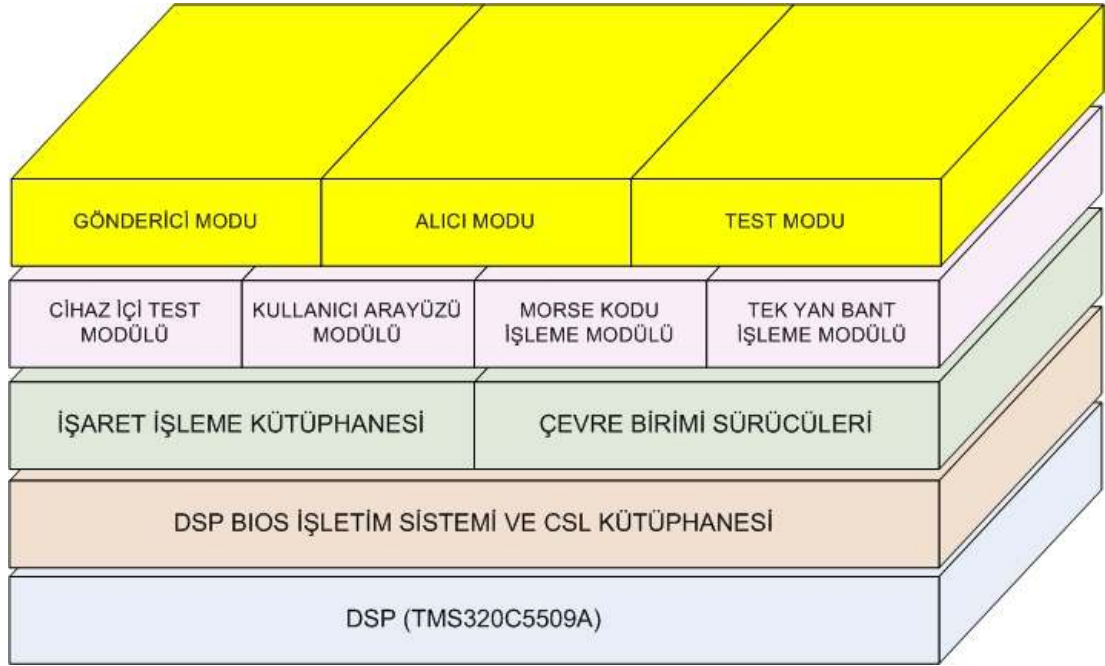
3.2 Sualtı Haberleşme Sistemi Yazılımı

Sualtı haberleşme sistemi yazılımı, DSP kartı üzerinde bulunan Texas Instruments TMS320VC5509A DSP işlemcisi üzerinde çalışan yazılımdır. Şekil 3.12’de bu yazılımın kontrol ettiği sistem, blok şema olarak verilmiştir. Şekil 3.13’ de yazılım mimari tasarımı verilmiş, ardından alt seviyeden üst seviyeye doğru blokların işlevleri açıklanmıştır.

Sualtı haberleşme sistemi yazılımı Code Composer Studio (CCS) Platinum Edition sürüm 3.1 editörü ile yazılmıştır.



Şekil 3.12: Sualtı haberleşme sisteminin genel blok şeması



Şekil 3.13: Sualtı haberleşme sistemi yazılım mimari tasarımı

3.2.1 Modüllerin kısa açıklamaları

3.2.1.1 İşletim sistemi ve csl kütüphanesi

DSP işlemcisinin çalışmasını ve hizmet vermesini sağlar. Texas firmasının DSP BIOS işletim sistemi kullanılmaktadır. TMS320VC5509A DSP işlemcisine ait CSL Kütüphanesi, çekirdek (kernel) fonksiyonları CCS ortamında hazır olarak bulunmaktadır.

3.2.1.2 Çevrebirimi sürücüler

Donanımları kullanabilme amaçlı sürücülerdir ve CSL kütüphanesini kullanarak TMS320VC5509A DSP işlemcisine ait çevreselleri çalıştırmaktadır. Bunlar, SDRAM (EMIF0), Flash program belleği (EMIF1), NAND Flash kayıt belleği (EMIF2), Giriş/Çıkış kontrol(I/O port) Arayüzü, ses için CODEC tümleşik devresi (McBSP1, I²C), GPIO ve zamanlayıcı (Timer)' dan oluşmaktadır.

3.2.1.3 İşaret işleme kütüphanesi

Sualtı haberleşme sisteminin çalışması sırasında ihtiyaç duyulacak fonksiyonlar kümesidir. Bunlar, FFT, sayısal filtreleme (FIR), sayısal ÇYB modülatörü/demodülatörü, Mors kodu üretme/tanımlama algoritmalarından oluşmaktadır.

3.2.1.4 Cihaz içi test modülü

Sualtı haberleşme sisteminde kullanılan entegreleri, gönderme/alma devrelerini test etmektedir. Hata durumunda kullanıcıyı ışıklı gösterge ile bilgilendirmektedir.

3.2.1.5 Kullanıcı arayüz modülü

Sualtı haberleşme sistemi ile kullanıcıların etkileşimini sağlar. Ana kart üzerinde bulunan tuş takımını okuma, ışıklı göstergeleri sürme işlemlerini yapar.

3.2.1.6 Mors kodu işleme modülü

Sualtı haberleşme sisteminin mors kodlu metin mesajları gönderme / alma işlemi için gereken kodlama / kod çözme işlemlerini yerine getirir.

3.2.1.7 Çift yan bant işleme modülü

Çift yan bant işaretlerinin modülasyonu / demodülasyonu işlemlerini gerçekleştirir.

3.2.2 Modüllerin detaylı açıklamaları

Madde 3.1’ de sualtı haberleşme sistemine ait tüm alt modüller sıralanmıştır. Bu alt modüllerin tümünün detaylı anlatımı “EK-B Dsp Yazılımı Modülleri Detaylı Açıklama Dokümanı”nda verilmiştir. Aşağıda bu alt modüllerden tez konusu kapsamında incelenmesi gereken modüller anlatılmıştır.

3.2.2.1 Çift yan bant işleme modülü

Sualtı Haberleşme cihazının, haberleşme için gerekli olan sayısal modülasyon / demodülasyon algoritmaları burada yer almaktadır.

Analitik filtre çifti (FIR) kullanılan Hilbert dönüşümü ile modülasyon / demodülasyon gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.14). Seyreltme filtresi 96 kHz örnekleme frekansını 12 kHz’ e indirmekte ve işaret bandını 6 kHz olarak sınırlamaktadır. Genişletme filtresi ise 12 kHz örnekleme frekansını 96 kHz değerine yükselterek tam bant genişliğine (48 kHz) çıkarmaktadır[5].

Modülatör algoritmasında, DSP yazılımı içerisine 1 Hz olarak gömülü olan sinüs işareti, seçilen mors gönderme tonunda örneklenir. Mors kodunun içeriğine bağlı olarak bu sinüs işareti, mors kodu tarafından tanımlı zaman dilimi kadar çıkışa gönderilir veya gönderilmez. Böylece mors kodunun çift yan bant modülasyonlu mors kodu işareti elde edilmiş olur.

Taşıyıcı frekansı ayarlanabilir ve varsayılan değerleri, 8087.5 Hz’ dir. Taşıyıcı frekansı Nyquist/Shannon teoremine göre 48 kHz’ e kadar değer alabilir,

CODEC çıkış seviyesi ayarlıdır. Bu sayede çıkış gücü ayarı yakın (10W), orta (50W), uzak (100W) olarak ayarlanabilmektedir. Varsayılan durum uzak (100W) durumudur.

3.2.2.2 Mors kodu işleme modülü

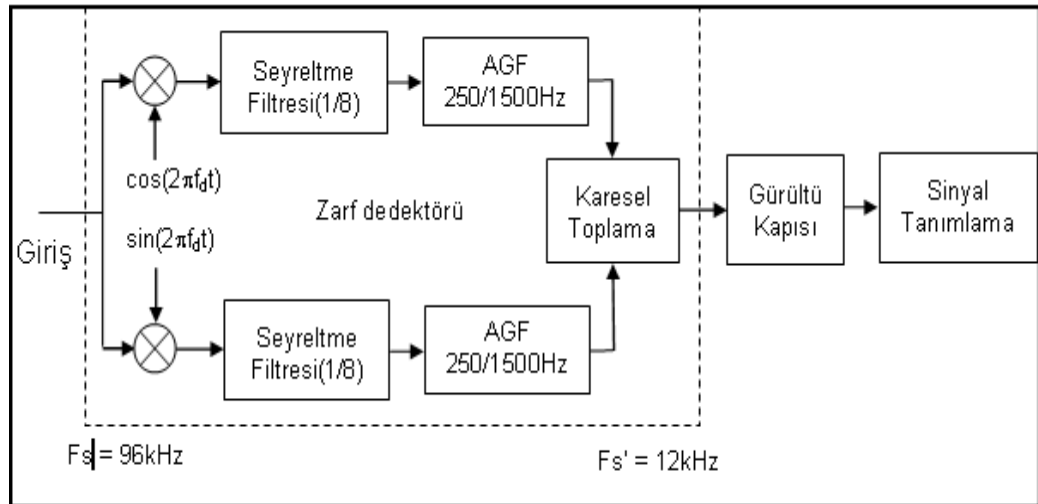
Tasarımı yapılan sualtı haberleşme cihazı, mesajlarını mors kodu ile kodlayarak gönderip almaktadır. Gönderilecek olan mesaj, ana kart üzerinde yer alan süviç ile girilir. Mesaj içeriği karakter karakter mors koduna dönüştürülerek gönderilir.

Gönderim için varsayılan değer olarak dakikadaki kelime sayısı 12 olarak alınmıştır. (DIT=100 msn)

Dakikadaki kelime sayısı mili saniye dönüşümü, “PARİS” kelimesi kullanılarak hesaplanmaktadır. Denklem 2.9’ da bu hesaplama formülü yer almaktadır.

$$DIT(msn)=1200/(kel/dk) \quad (2.9)$$

Mesaj alma durumunda ise gelen mesajdaki DIT ve DAH süreleri kendiışler olarak hesaplanarak kod çözme işlemi uygulanmaktadır. Mors kodlu sinyal Şekil 3.14’ de 250 Hz filtre seçimi ile dinleme yapılırken kullanılmaktadır. Son blok olan sinyal tanımlama kutusu, mors kodlarının tanınması işlemini gerçekleştirmektedir. Tablo 3.6’ da mors kodu yapısında tanımlanmış tüm bilgi işaretleri yer almaktadır.



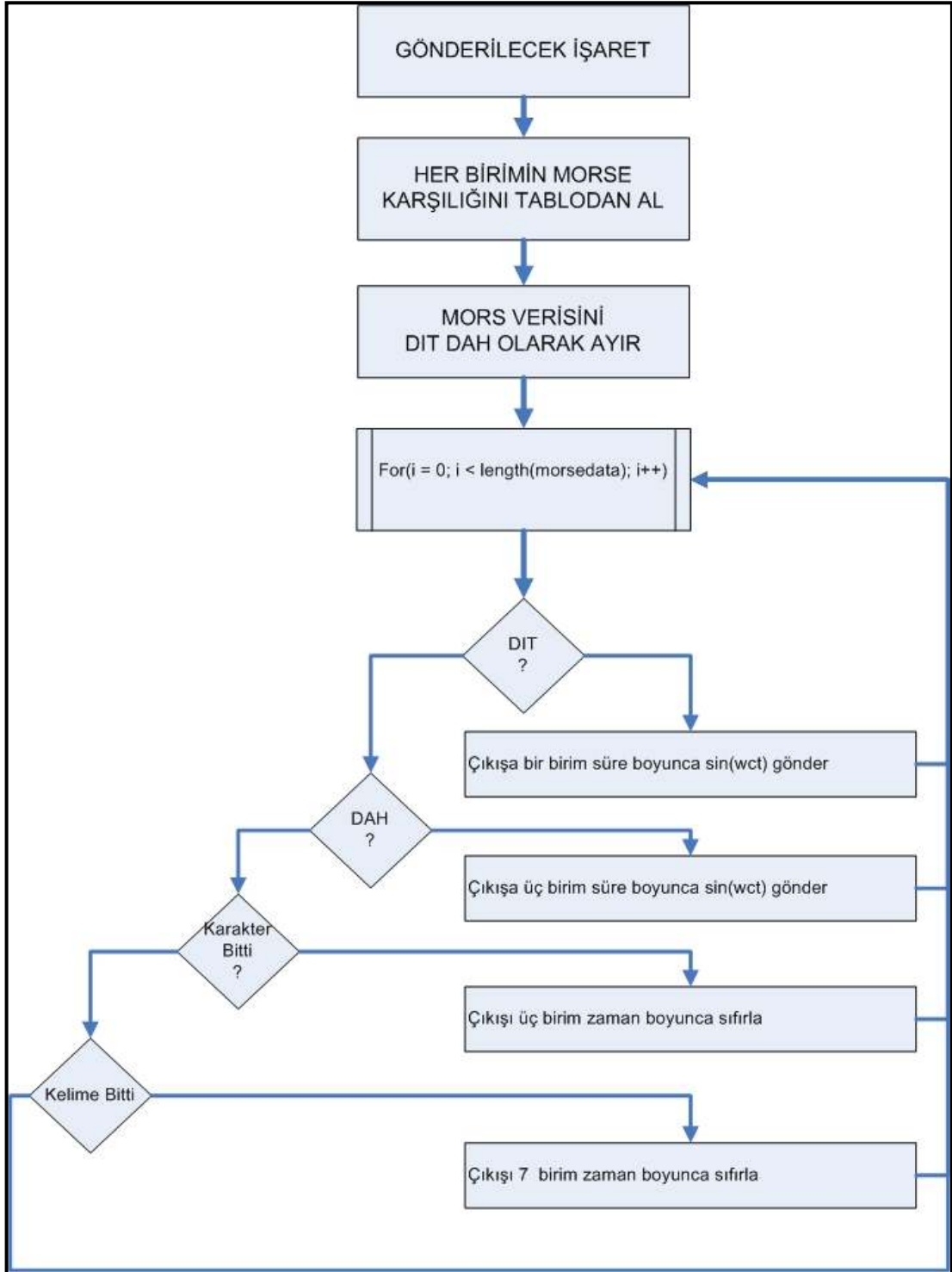
Şekil 3.14: Mors kodu çözme algoritması [3]

Tablo 3.6: Kullanılan karakter tablosu ve mors kodu eşdeğeri

Karakter	ASCII Kodu	Mors Kodu	Karakter	ASCII Kodu	Mors Kodu
!	33	--- --	C	67	--- -
"	34	--- --	Ç	199	--- --
\$	36	--- --	D	68	--- -
&	38	--- --	E	69	-
'	39	--- --	F	70	--- -
(	40	--- --	G	71	--- -
)	41	--- --	Ğ	208	--- --
+	43	--- --	H	72	--- -
-	45	--- --	I	73	--
_	95	--- --	İ	221	--- --
,	44	--- --	J	74	--- -
.	46	--- --	K	75	--- -
:	58	--- --	L	76	--- -
;	59	--- --	M	77	--
?	63	--- --	N	78	--
/	47	--- --	O	79	--- -
=	61	--- --	Ö	214	--- --
@	64	--- --	P	80	--- -
0	48	--- --	Q	81	--- -
1	49	--- --	R	82	--- -
2	50	--- --	S	83	---
3	51	--- --	Ş	222	--- --
4	52	--- --	T	84	-
5	53	--- --	U	85	---
6	54	--- --	Ü	220	--- -
7	55	--- --	V	86	--- -
8	56	--- --	W	87	--- -
9	57	--- --	X	88	--- -
A	65	--	Y	89	--- -
B	66	--- -	Z	90	--- -

3.2.2.3 Mors kodlu çift yan bant modölatör algoritması

Şekil 3.15’ de, mors kodlu çift yan bant modülasyonu işlemi için üretilmiş yazılım parçasının algoritması yer almaktadır.



Şekil 3.15: Çift yan bant modülasyonu algoritması

3.2.2.4 Zarf detektörlü genlik demodülasyonu yazılım parçası ve algoritması

Şekil 3.16’da faz detektörlü genlik demodülasyonu işlemi için üretilmiş yazılım parçası yer almaktadır.

```
//RECEIVE MODE
if(MKI_State == MKI_RX){ // Dinleme Konumu

for(i = 0; i < (BUFFSIZE2); i++){ // Sol kanal verisini kullanıyor
    tlg_tn += tlg_wT; // Açısıl değer
    I[i] = *(pCos+tlg_tn); // Kosinüs değerleri
    Q[i] = *(pSin+tlg_tn); // Sinüs değerleri
}

//1. Kos Bileşeni : Alınan işaret * Cos(wct)
mull6(I, pData, I, BUFFSIZE2); // Kosinüs bileşeni

//2. Sin Bileşeni : Alınan işaret * Sin(wct)
mull6(Q, pData, Q, BUFFSIZE2); // Sinüs bileşeni

//3. Kos bileşeni : 8 kat aşağı örnekleme
firdec(I, hDec8, xR, dbIDec8MKI,
        nDec, BUFFSIZE2, DecFactor); // Cos: 96/12kHz

//4. Kos bileşeni : Band geçiren filtre çifti (300-3000)
fir2(xR, hIemlk5, I,
      dbIMKI, BUFFSIZE2/DecFactor, nFIRlk5); // BGF (300-3000), cos

//5. Sin bileşeni : 8 kat aşağı örnekleme
firdec(Q, hDec8, xR,
        dbQDec8MKI, nDec, BUFFSIZE2, DecFactor); // Sin: 96/12kHz

//6. Sin bileşeni : Band geçiren filtre çifti (300-3000)
fir2(xR, hIemlk5, Q,
      dbQMKI, BUFFSIZE2/DecFactor, nFIRlk5); // BGF (300-3000), sin

//7. Kare Alma
mull6(I, I, I, (BUFFSIZE2/DecFactor)); // Kare alma
mull6(Q, Q, Q, (BUFFSIZE2/DecFactor)); // Kare alma

for(i = 0; i < (BUFFSIZE2/DecFactor); i++) // Her ses örneğine uygula
    I[i] = I[i] + Q[i]; // toplama yap
sqrt_16(I, xR, (BUFFSIZE2/DecFactor)); // Karekök alma

//8. Son gürültü azaltma için Alçak geçiren filtre
fir2(xR, hAGF150, I,
      dbAGF, BUFFSIZE2/DecFactor, 12); // AGF (150Hz-1500Hz, 30dB, 0.5)

//9. Alınan işaretin Morse Kodunu Çözme
*****
```

Şekil 3.16: Zarf detektörlü genlik demodülasyonu yazılım alt parçası

Şekil 3.17’de, çift yan bant demodülasyonu işlemi için üretilmiş yazılım parçasının algoritması yer almaktadır.



Şekil 3.17: Zarf detektörlü genlik demodülasyonu algoritması

3.2.2.5 Gönderici olarak MATLAB kodu uygulaması

Laboratuvar çalışmaları sırasında, alıcı ünitenin, gönderici ünite olmadan test edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle MATLAB yazılımı ile ÇYB modülasyonlu mors kodu bilgisi, bilgisayar ortamında hazırlanmış ve bilgisayarın ses kartı çıkışlarından bu işaret alıcı kısma gönderilerek alıcı ünitesinin testleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 3.18 ve Şekil 3.19’da bahsi geçen MATLAB yazılımı kodu yer almaktadır. Şekil 3.20, Şekil 3.21 ve Şekil 3.22’ de ise MATLAB uygulaması yazılımının algoritması verilmiştir. Şekil 3.23’ de matlab kodunun ses kartı çıkış işaretinin grafiksel gösterimi yer almaktadır.

```
clear;
MorseCharSetx = [
0, 32, % ASCII 32, Space
39328, 33, % ASCII 33, !
26000, 34, % ASCII 34, "
22104, 36, % ASCII 36, $
25920, 38, % ASCII 38, &
27280, 39, % ASCII 39, '
39488, 40, % ASCII 40, (
39520, 41, % ASCII 41, )
26176, 43, % ASCII 43, +
38240, 45, % ASCII 45, -
23136, 95, % ASCII 95, _
42400, 44, % ASCII 44, ,
26208, 46, % ASCII 46, .
43344, 58, % ASCII 58, :
39312, 59, % ASCII 59, ;
23120, 63, % ASCII 63, ?
38464, 47, % ASCII 47, /
38272, 61, % ASCII 61, =
27024, 64, % ASCII 64, @
43648, 48, % ASCII 48, 0
27264, 49, % ASCII 49, 1
23168, 50, % ASCII 50, 2
22144, 51, % ASCII 51, 3
21888, 52, % ASCII 52, 4
21824, 53, % ASCII 53, 5
38208, 54, % ASCII 54, 6
42304, 55, % ASCII 55, 7
43328, 56, % ASCII 56, 8
43584, 57, % ASCII 57, 9
24576, 65, % ASCII 65, A
38144, 66, % ASCII 66, B
39168, 67, % ASCII 67, C
39232, 199, % ASCII 199, D
37888, 68, % ASCII 68, D
16384, 69, % ASCII 69, E
22784, 70, % ASCII 70, F
41984, 71, % ASCII 71, G
42560, 208, % ASCII 208, H
21760, 72, % ASCII 72, H
20480, 73, % ASCII 73, I
26944, 221, % ASCII 221, J
27136, 74, % ASCII 74, J
38912, 75, % ASCII 75, K
25856, 76, % ASCII 76, L
40960, 77, % ASCII 77, M
36864, 78, % ASCII 78, N
43008, 79, % ASCII 79, O
43264, 214, % ASCII 214, P
26880, 80, % ASCII 80, P
42496, 81, % ASCII 81, Q
25600, 82, % ASCII 82, R
21504, 83, % ASCII 83, S
22080, 222, % ASCII 222, T
32768, 84, % ASCII 84, T
22528, 85, % ASCII 85, U
23040, 220, % ASCII 220, V
22016, 86, % ASCII 86, V
26624, 87, % ASCII 87, W
38400, 88, % ASCII 88, X
39424, 89, % ASCII 89, Y
42240, 90, % ASCII 90, Z
];
```

Şekil 3.18: Gönderici matlab yazılımı-1

```

MorseCharSet = uint16(MorseCharSetx); % Convert MorseCharSet to uint16
TX_Str = '&123'; % Characters being sent
TX_Ascii = unicode2native(TX_Str); % String to ASCII

k=1; % DIT DAH array pointer for pt
pt(k) = 0; % DIT DAH array

%1. Do the below processes for each of the letter in the String
for i=1:length(TX_Ascii);
    %Find the Morse Code of the current letter
    pv = uint16(23136); % If there is no morse code
    for j=1:length(MorseCharSet); % for the current letter
        if (MorseCharSet(j, 2) == TX_Ascii(i)) % put "UNDERSCORE" instead of it
            pv = MorseCharSet(j, 1);
        end
    end

    %Mark word ending for each word
    if (pv == 0)
        pt(k) = 7;
        k=k+1;
    else
        %Convert morsechar to DIT DAH units
        while (pv > 0),
            if (pv >= 32768)
                pt(k)=3; % DAH
            elseif (pv >= 16384)
                pt(k)=1; % DIT
            end
            k=k+1;
            pv = bitshift(pv, 2); % Throw the current unit and
                                % get the next unit to top
        end
        pt(k) = 0; % END OF LETTER
        k=k+1;
    end
end

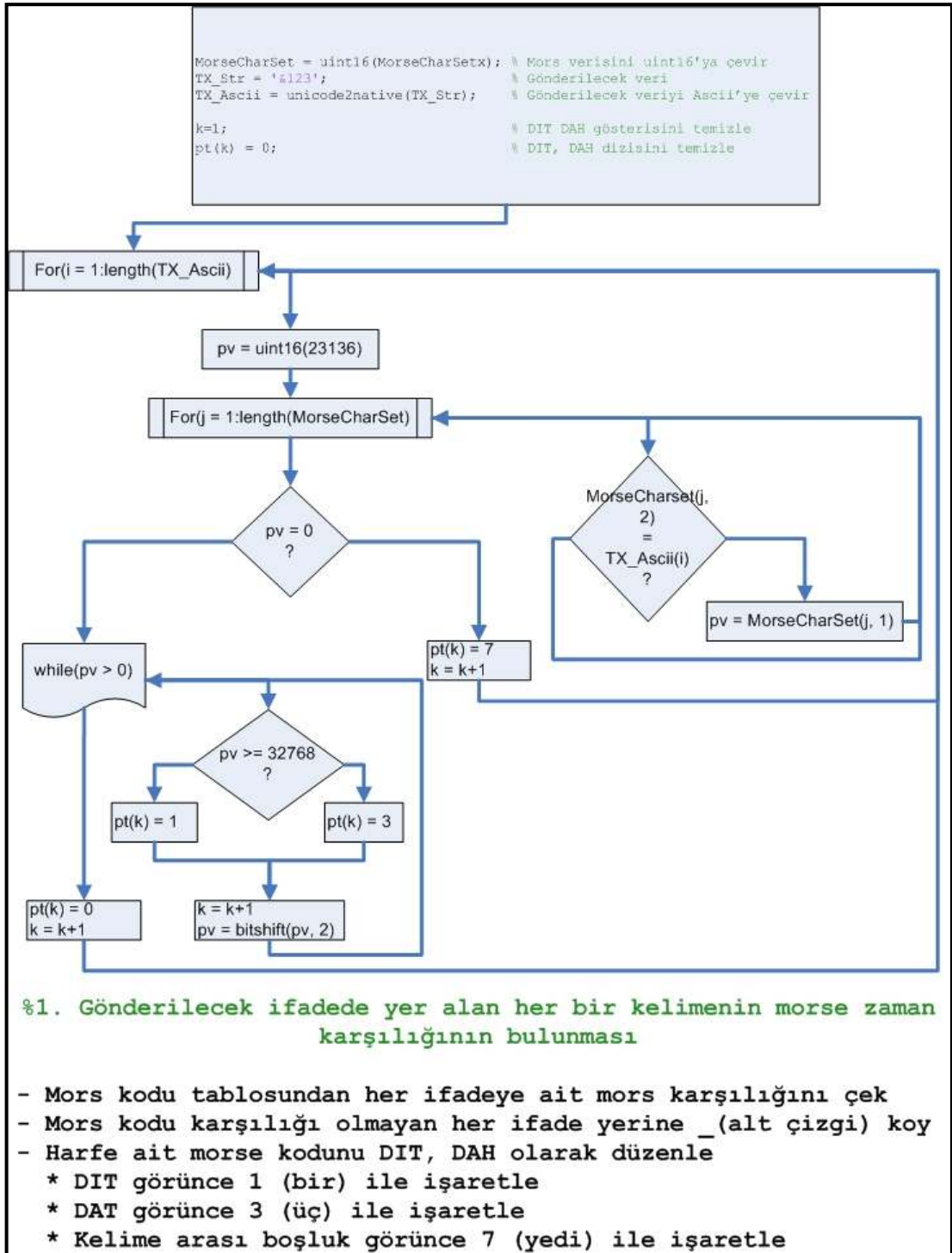
%2. pt is read.Prepare the MorseData
fmrs = 8799.5; % Tone frequency
WPM = 12; % "PARIS"(50DIT) word per minute
fs = 48000; % Sampling frequency
ts = 1/fs;
DIT = 1.2/WPM; % TIME : DIT
DAH = 3 * DIT; % TIME : DAH
SIL = DIT; % TIME : Between DIT-DAH
CSIL = 3 * DIT - SIL; % TIME : Between LETTERS
WSIL = 7 * DIT - 3*SIL; % TIME : Between WORDS
nDIT = ceil(DIT * fs);
nDAH = ceil(DAH * fs);
nSIL = ceil(SIL * fs);
nCSIL = ceil(CSIL * fs);
nWSIL = ceil(WSIL * fs);
morsedata = zeros; % Morse kodlu zarf

for i=1:length(pt)
    if (pt(i) == 1)
        morsedata = [morsedata ones(1,nDIT) zeros(1,nSIL)];
    elseif (pt(i) == 3)
        morsedata = [morsedata ones(1,nDAH) zeros(1,nSIL)];
    elseif (pt(i) == 0)
        morsedata = [morsedata zeros(1,nCSIL)];
    elseif (pt(i) == 7)
        morsedata = [morsedata zeros(1,nWSIL)];
    end
end

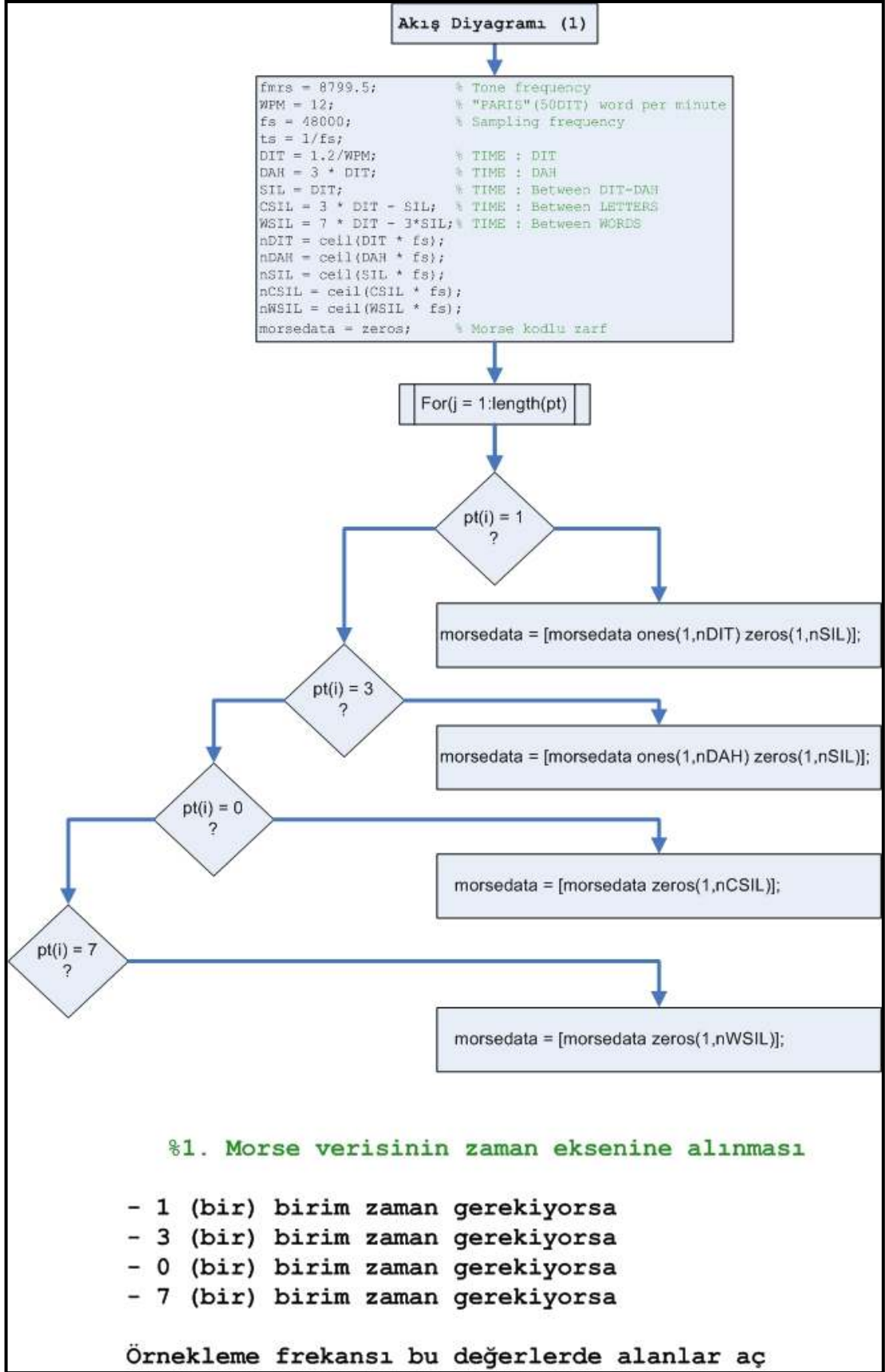
%3. MorseData is ready. Prepare the wavedata and send it to the soundcard
t=0:ts:(length(morsedata)-1)*ts; % Time
v=0.9*sin(2*pi*fmrs*t); % Carrier
wavedata=v.*morsedata; % Modulated morse code
sound(wavedata, fs); % Transmit the wavedata
wavwrite(wavedata, fs,'xxx.wav'); % with Fs sampling frequency

```

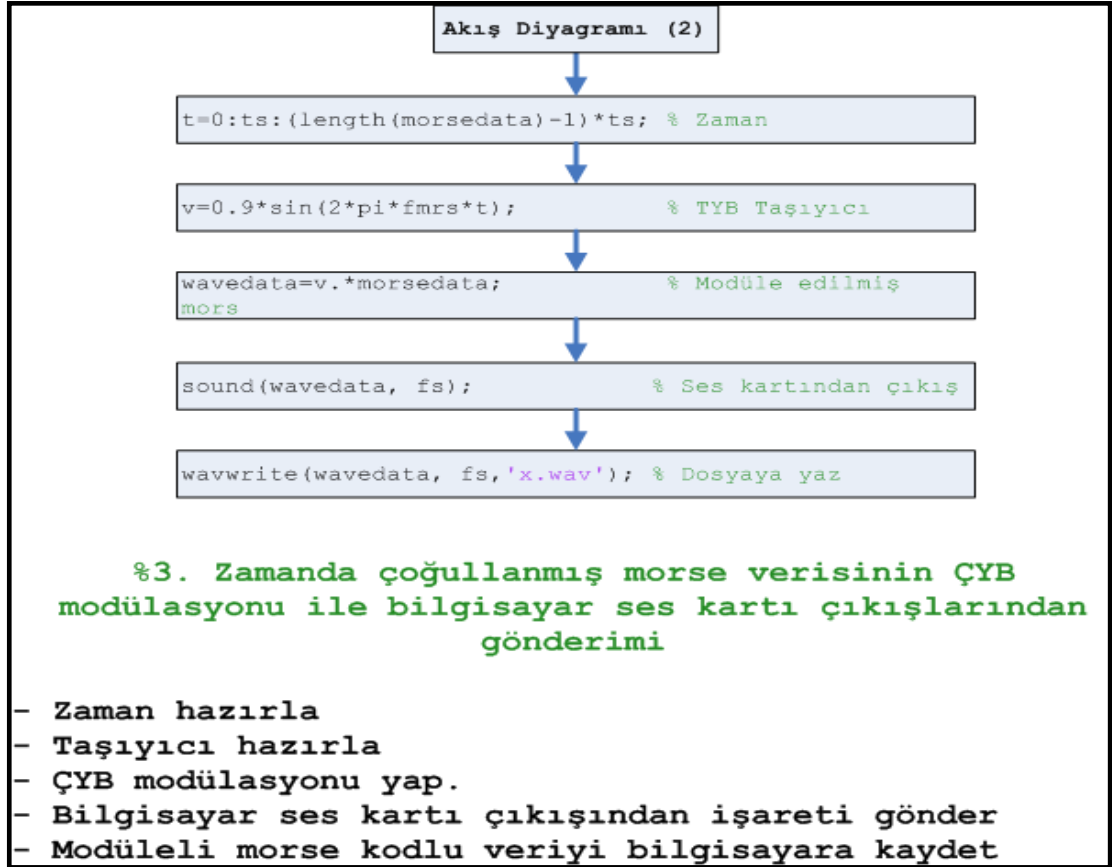
Şekil 3.19: Gönderici matlab yazılımı-2



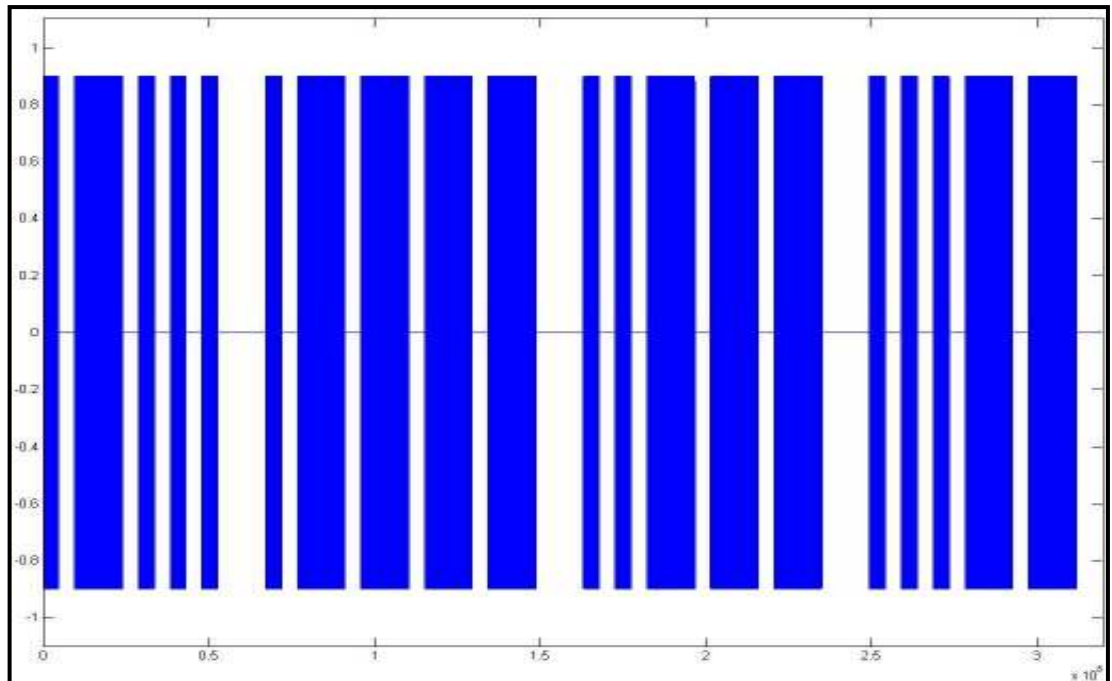
Şekil 3.20: Gönderici matlab algoritması-1



Şekil 3.21: Gönderici matlab algoritması-2



Şekil 3.22: Gönderici matlab algoritması-3



Şekil 3.23: Gönderici matlab kodu ses kartı çıkış işareti

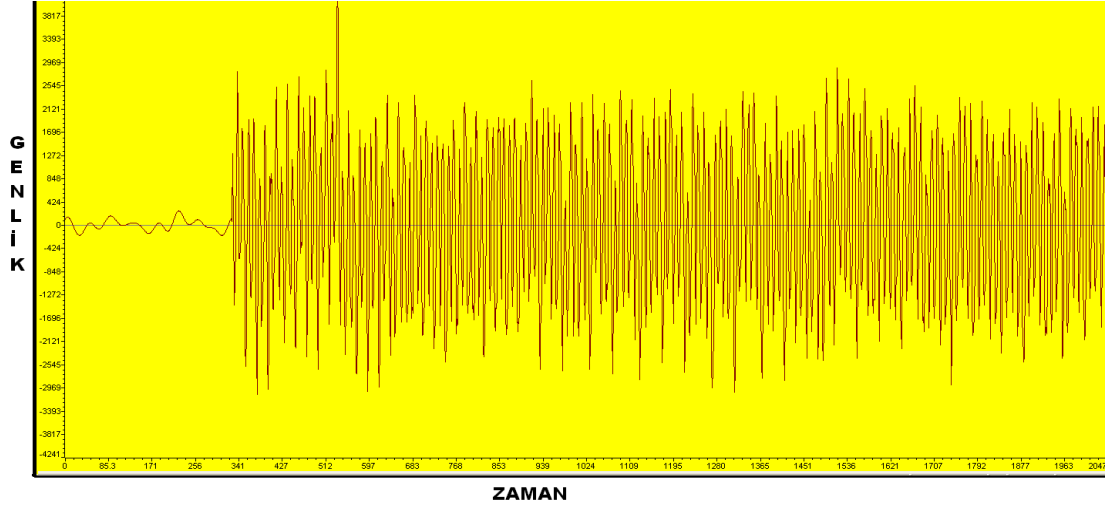
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Madde 2.3' de çift yan bant modülasyon/demodülasyon işlemleri teorik olarak anlatılmış, Madde 3.2.2.7'de ise bu çalışmada uygulanma yöntemi detaylandırılmıştır. Aynı şekilde Madde 2.2' de mors kodlama tekniği, teorik olarak anlatılmış, Madde 3.2.2.6'da ise bu çalışmada uygulanma yöntemi detaylandırılmıştır. Gerek mors kodlama gerekse çift yan bant işlemlerinin bu çalışma ile başarımı, bu bölümde incelenecektir.

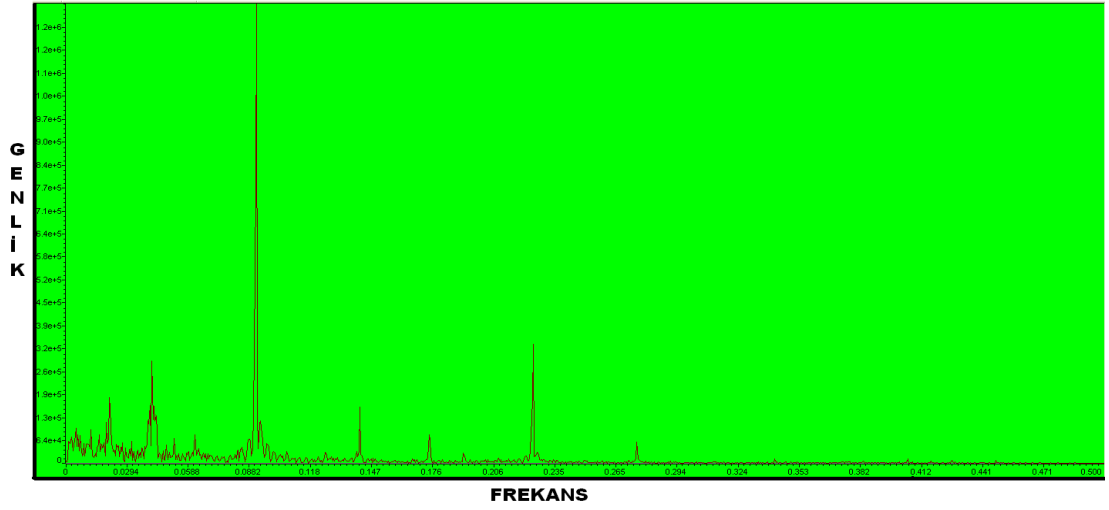
Sistemin çalışması esnasında çift yan bant ve mors kodlama modüllerinin önemli tüm çıktılarına ait osiloskop görüntüleri alınmıştır. Şekil 4.1 ile Şekil 4.15 arasında bahsi geçen osiloskop görüntüleri yer almaktadır.

Bu osiloskop görüntülerinden anlaşılacağı üzere, tasarımı yapılan sistemin gönderme ve alma yapıları tam olarak çalışmaktadır.

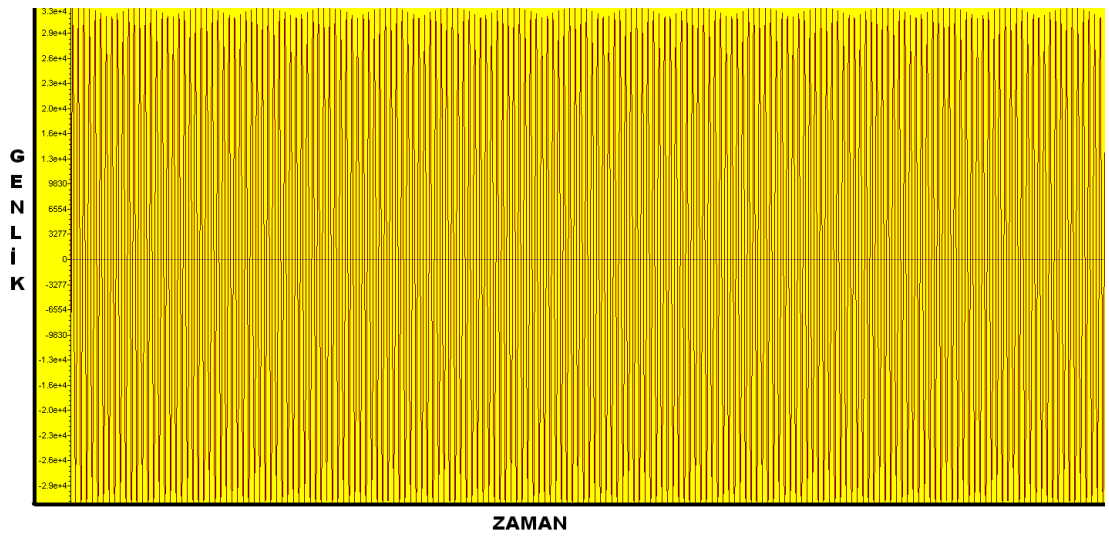




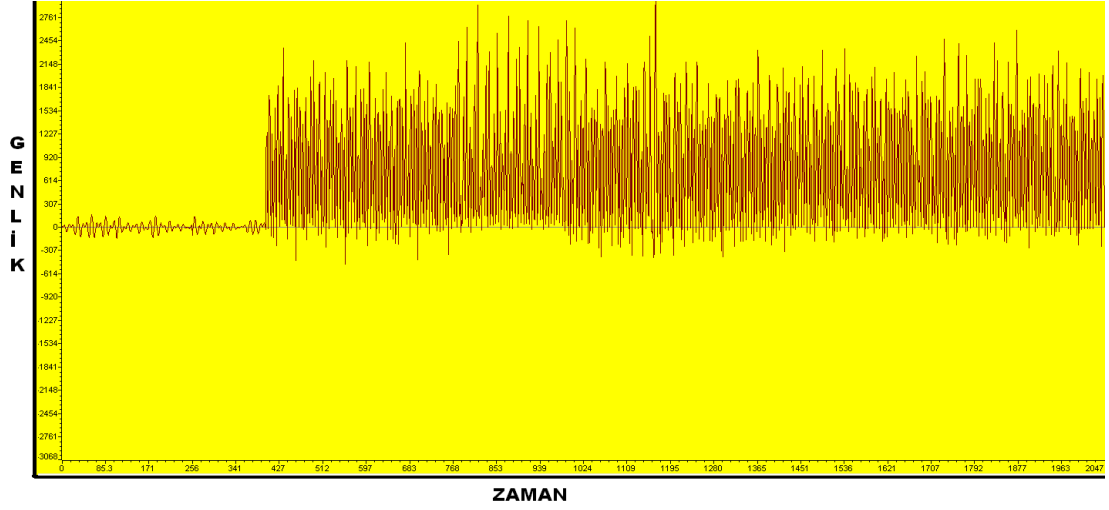
Şekil 4.3: Alınan işaretin CCS içerisinde gösterimi



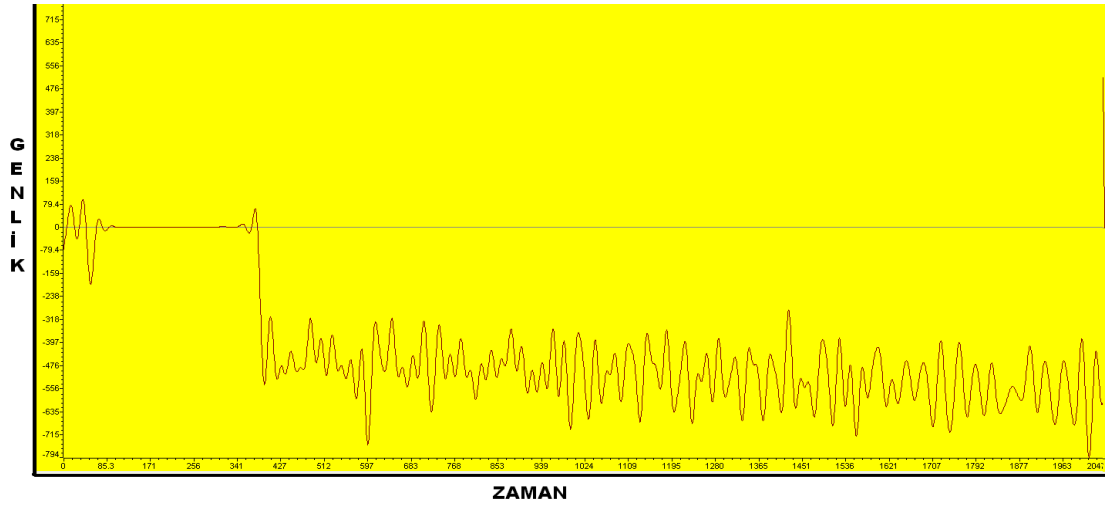
Şekil 4.4: Alınan işaretin FFT grafiği



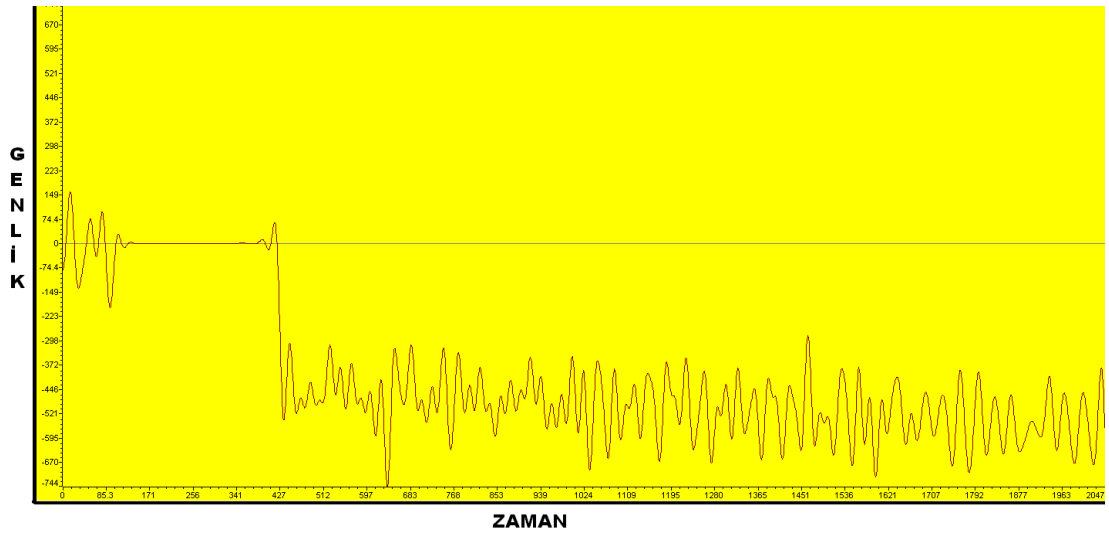
Şekil 4.5: Kosinüs İşareti



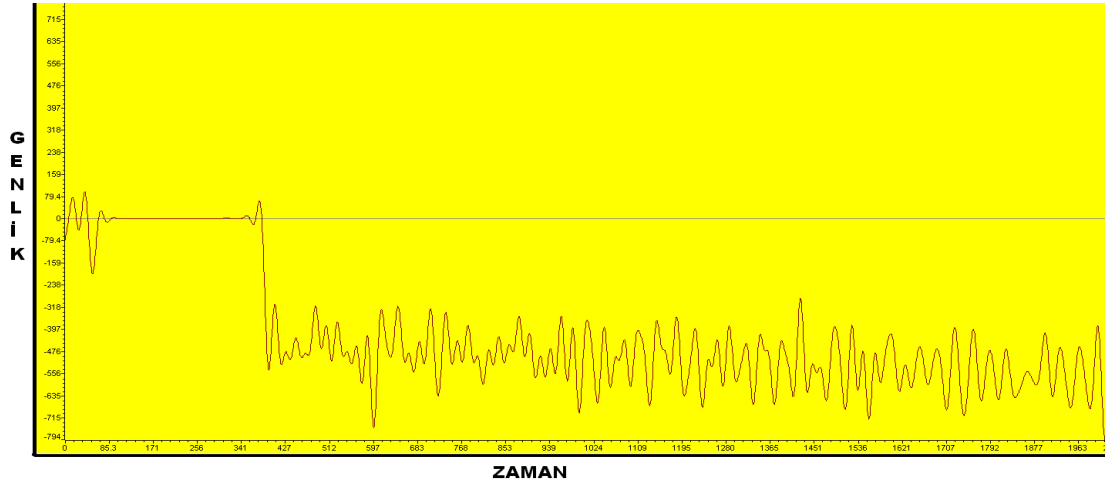
Şekil 4.6: Kosinüs bileşeni ile alınan işaretin çarpılması



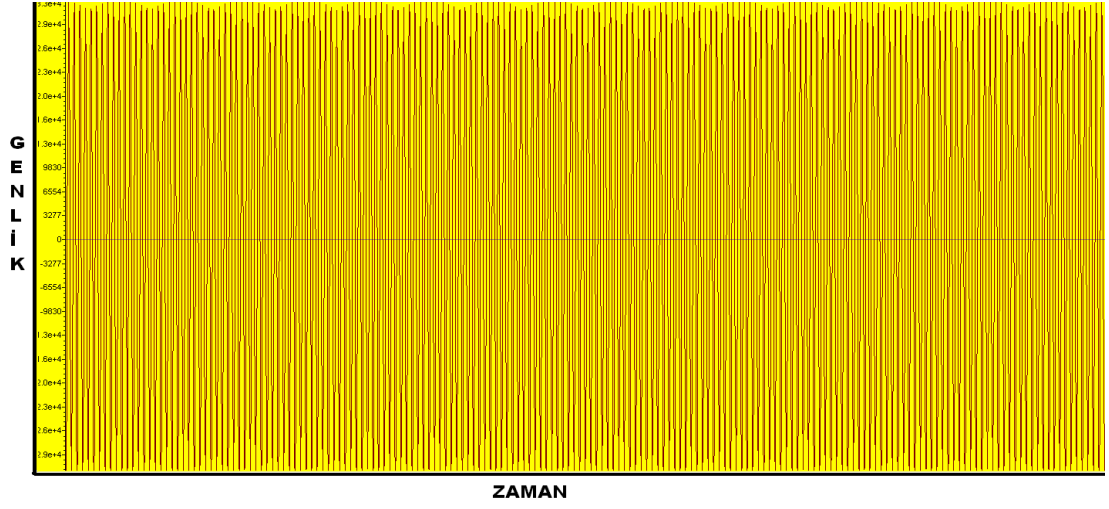
Şekil 4.7: Kosinüs bileşeninin 8 kat aşağı örneklenmiş hali (96/12KHz)



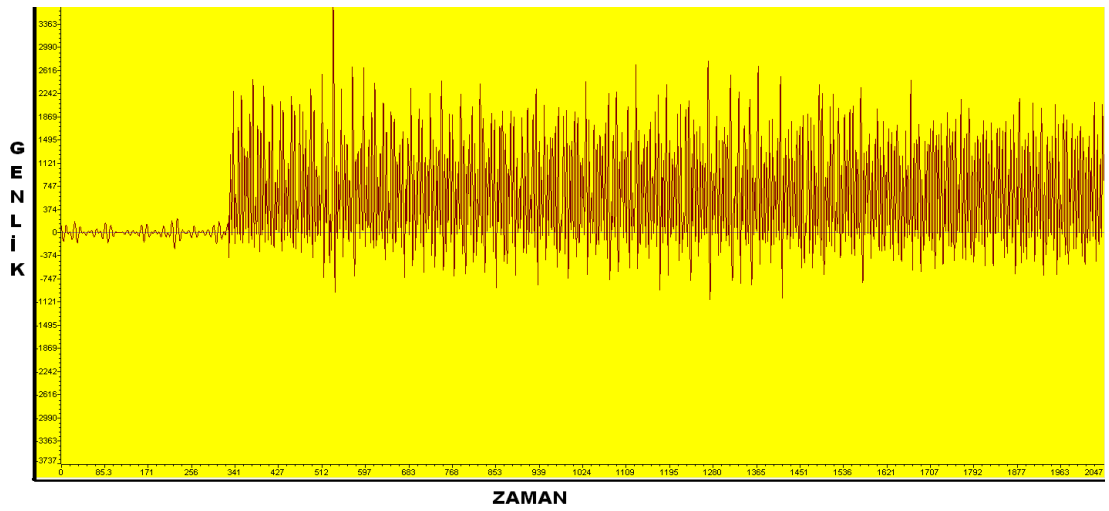
Şekil 4.8: Kosinüs bileşeninin BGF'den geçirilmesi (300-3000Hz)



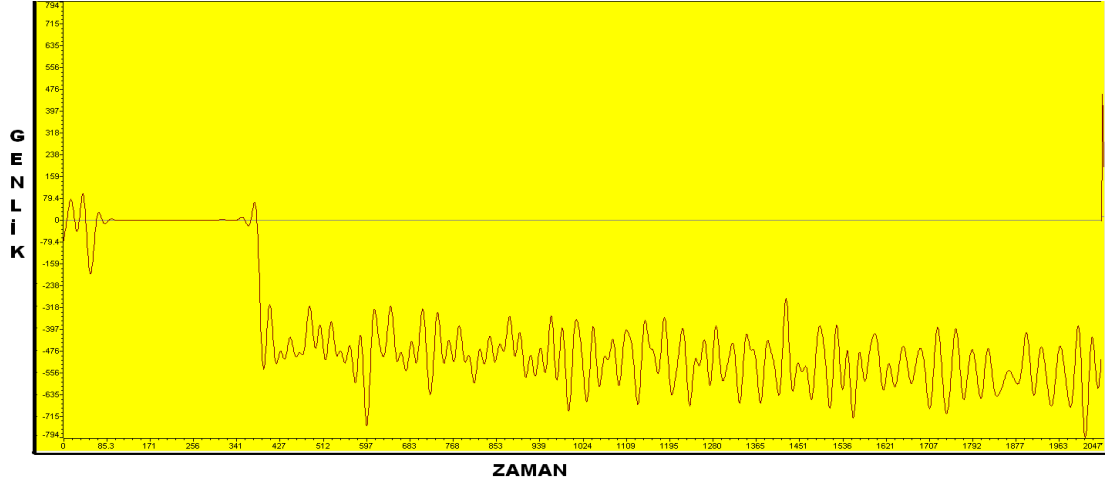
Şekil 4.9: Kosinüs bileşeninin karesi



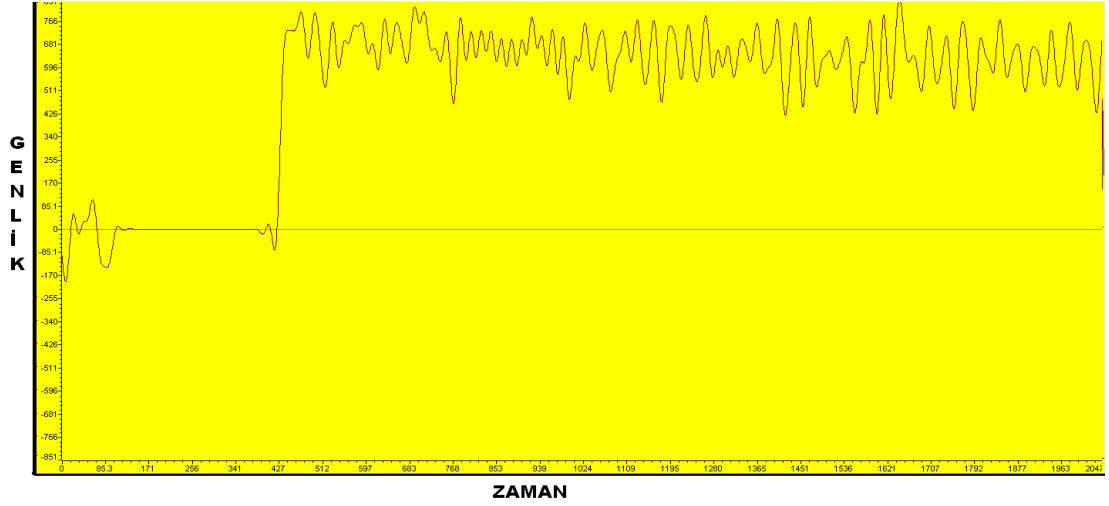
Şekil 4.10: Sinüs bileşeni



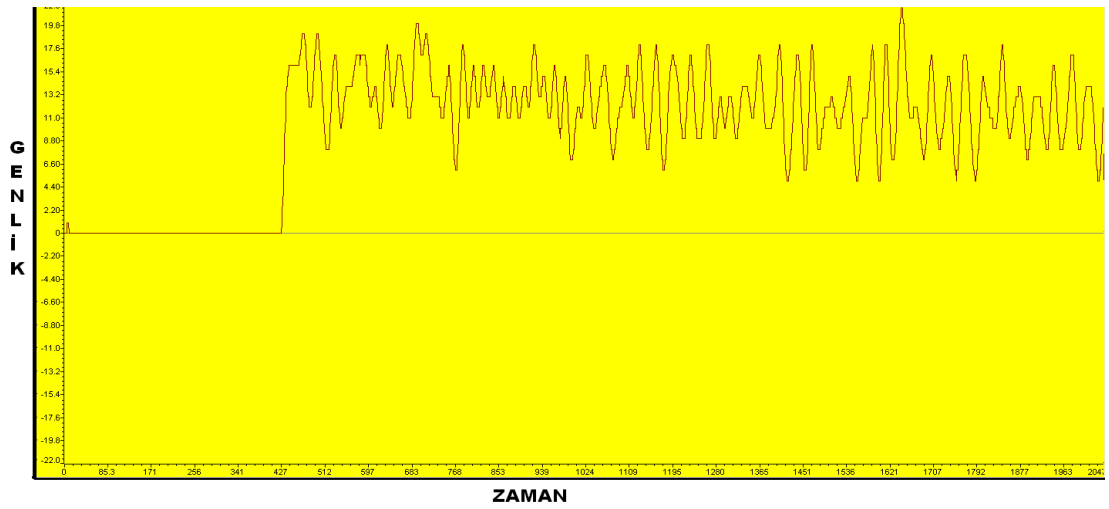
Şekil 4.11: Sinüs bileşeni ile alınan işaretin çarpılması



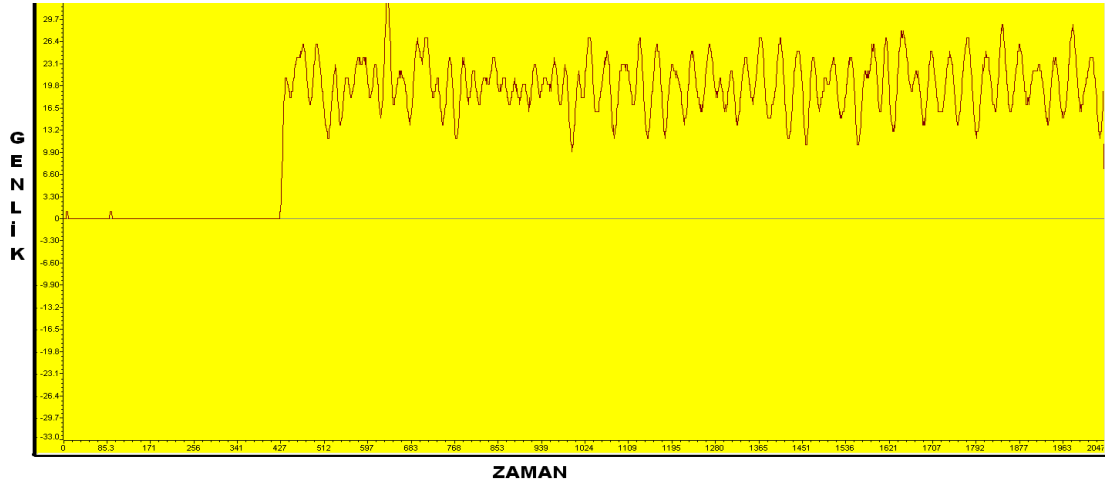
Şekil 4.12: Sinüs bileşeninin 8 kat aşağı örneklenmiş hali (96/12KHz)



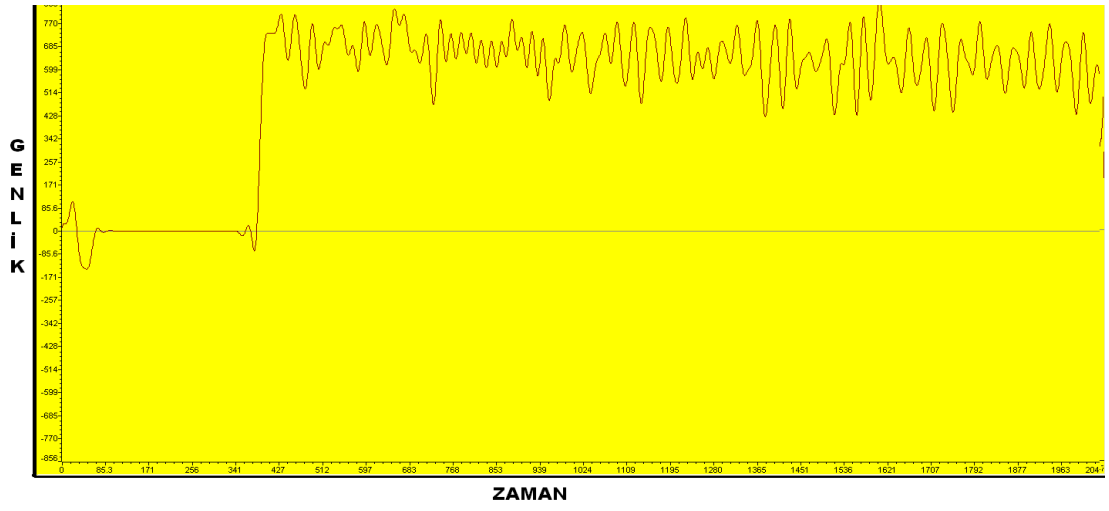
Şekil 4.13: Sinüs bileşeninin BGF'den geçirilmesi (300-3000Hz)



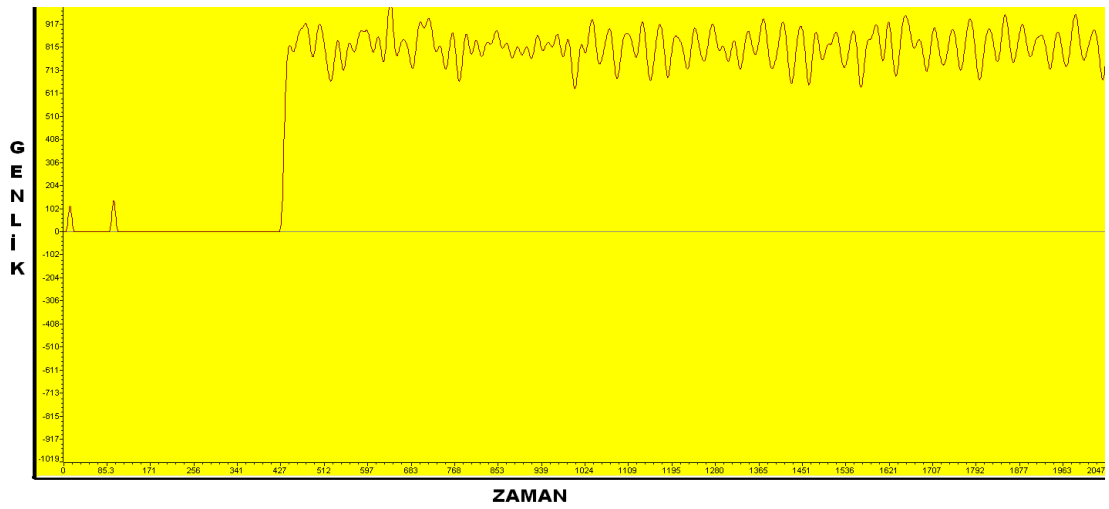
Şekil 4.14: Sinüs bileşeninin karesi



Şekil 4.15: Sinüs bileşeni ile kosinüs bileşeninin toplanması



Şekil 4.16: Sinüs işareti ile kosinüs işaretinin karelerinin toplamının karekökü



Şekil 4.17: Sonuç işaretinin AGF'den geçirilmiş hali (150Hz-1500Hz, 30dB, 0.5)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile akustik yöntemler kullanılarak sualtında ses işaretleri mors kodu ile kodlanarak gönderilmiş ve dinleme tarafından, gönderilen ses işaretleri yine sualtı ortamında alınmıştır. Gönderme ve alma modülasyon yapısı olarak, çift yan bant modülasyonu ve zarf detektörlü genlik demodülasyonu yöntemi seçilmiş ve başarı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar sırasında kullanılan hidrofonun yüksek güç basılmasına rağmen kapasitif etkisi nedeni ile gönderme işleminde 50 cm' den uzak mesafelerde yetersiz kaldığı gözlenmiştir. Bu nedenle gönderme sisteminde elde edilen sonuçlar; 8 Khz–40 KHz bandında uzun mesafe yüksek güçlerde ses işaretinin gönderimi için düşük giriş empedansına sahip, tınlaşım frekansı belirli, tınlaşım frekansında kapasitif ve indüktif etkileri sıfır veya sıfıra yakın olan bir hidrofonun kullanılması gerektiğini göstermiştir.

Bu çalışmada kullanılan hidrofonun, uzun mesafe çalışmalarında değiştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın ileriki aşamalarında uzun mesafe haberleşme için gerekli altyapı yaratılacaktır.

Bu sistem, sürekli dalga modülasyonu üzerine oturmuş bir yapıya sahiptir. Bu haberleşme tipi yerine, ileriki çalışmalarda sayısal modülasyon yöntemini kullanan sistemler tasarlanabilir.

Bu sistem, sualtı araçlarının derinlik, anlık durum v.b. bilgilerinin kablosuz olarak iletimi, sualtı araçların kablosuz olarak yönlendirme bilgileri gönderimi amaçlı olarak kullanılabilir.

6. KAYNAKLAR

[1] Penn, S., “Underwater Acoustics and Signal Processing”, **Underwater Acoustics and Signal Processing Short Course**, Penn State University, Pennsylvania 3-56, Ekim (2006).

[2] Spinnings, P., 2009, *Morse Code*, [online], Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Morse_code (**Ziyaret tarihi: 10 Eylül 2009**).

[3] YILMAZ, M., “Modülasyon Teori”, Cilt 2, Trabzon, **Karadeniz Üniversitesi Basımevi**, 55-58, 74-78 (1986).

[4] Hwei, P., “Theory and Problems of Signals and Systems”, Fourth Edition, United States of America, **The McGraw-Hill Companies**, 271-272, (1995).

[5] Ifeachor, E., “Digital Signal Processing”, First printed, Great Britain, **The Riverside printing Co. Ltd.**, 278-326, (1983).

7. EKLER

EK-A DSP Kartı Devre Şemaları ve Açıklamaları Dokümanı

EK-B DSP Yazılımı Modülleri Detaylı Açıklama Dokümanı

EK-C Sualtı Haberleşme Sistemi Yazılımı (Compact Disk içerisinde)

EK-D MATLAB kodu yazılımı (Compact Disk içerisinde)

EK-A DSP KARTI DEVRE ŞEMALARI VE AÇIKLAMALARI DOKÜMANI

Bu dokümanda sualı haberleşme sistemi cihazı için tasarlanmış DSP kartına ait elektronik devre Şemaları yer almaktadır. Ayrıca elektronik devre Őemlarında yer alan her bir alt modül sıra ile detaylı olarak tanıtılmıştır.

A. DSP KARTI

Tasarımı yapılan sistemin, işlemcisini ve yazılımını taşıyan elektronik karttır. Bu kart ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmektedir;

- Çift yan bant modülasyonu,
- Mors kodu üretme ve çözme,
- CODEC entegresi aracılığı ile ses işaretinin analog ve sayısal işaretlere çevrilmesi,
- Kullanıcı giriş çıkış bilgilerini alma, işleme

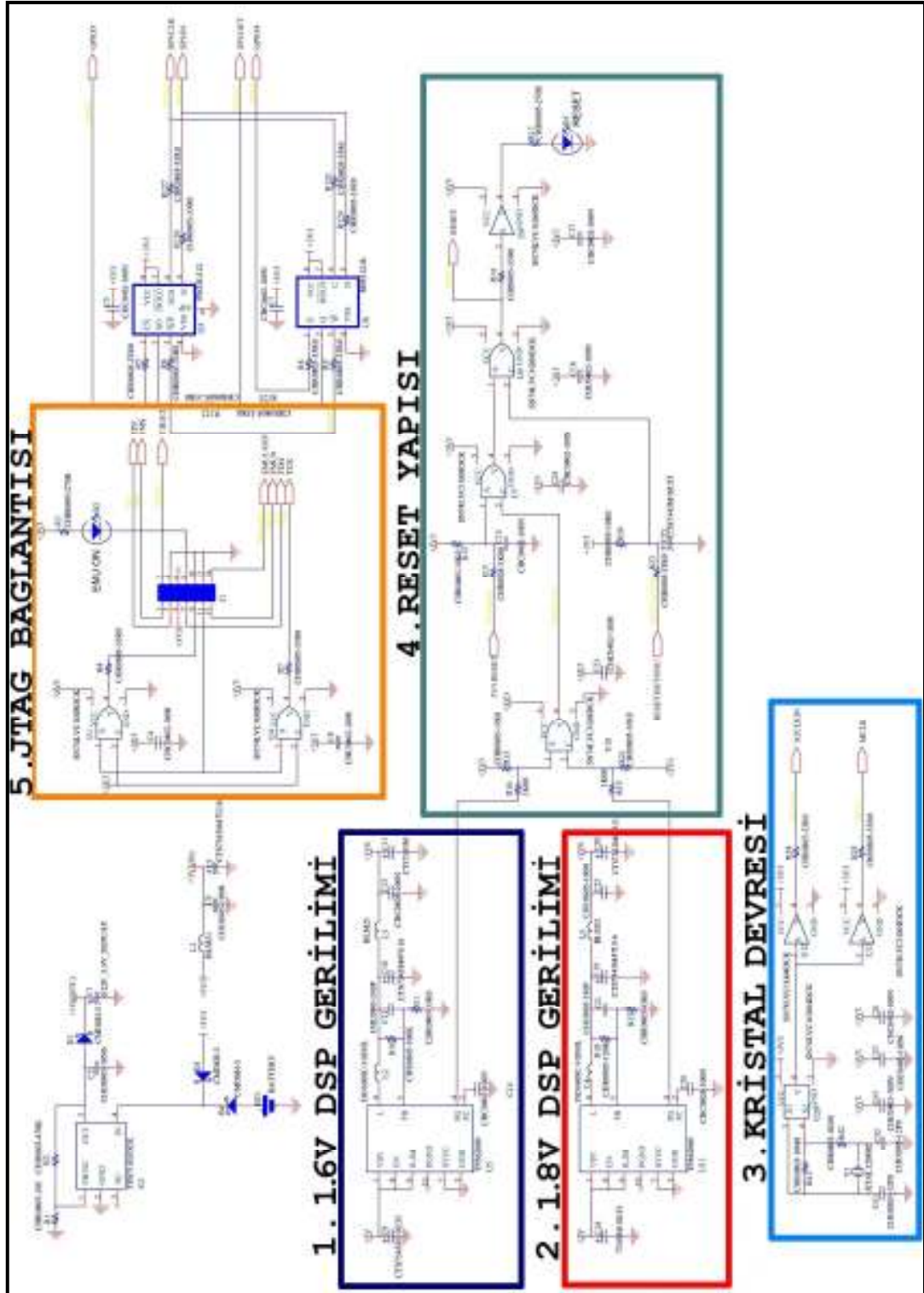
DSP kartı Şekil A.1’de görülmektedir. DSP kartına ait her bir alt parça aşağıda açıklanmıştır.



Şekil A.1 DSP kartı

A.1 Dsp kartı devre şeması-1

Şekil 1.2’de DSP kartına ait birinci devre şeması yer almaktadır. Aşağıda şema üzerinde işaretli olan tüm alt birimler detaylandırılmıştır.



Şekil A.2 DSP kartı devre şeması-1

A.1.1 Dsp entegresi giriş-çıkış gerilimi (1.6v)

DSP entegresi giriş çıkış yapısı düşük gürültülü 1.6V değerinde bir gerilime ihtiyaç duyar. Texas firmasına ait TSP62000 entegresi ile gerek duyulan 1.6V gerilim oluşturulmuştur.

A.1.2 Dsp entegresi çekirdek gerilimi (1.8v)

DSP entegresi çekirdek gerilimi düşük gürültülü 1.8V değerinde bir gerilime ihtiyaç duyar. Texas firmasına ait TSP62000 entegresi ile gerek duyulan 1.8V gerilim oluşturulmuştur.

A.1.3 Dsp entegresi saat frekansı (12MHz)

DSP entegresi saat frekansı devresi, diğer işlemcilerden farklı olarak entegre içerisinde yer almamaktadır. Texas firmasına ait SN74LVC1GX04DCK saat frekansı üretme entegresi ile DSP entegresinin çalışması için gereken 12MHz harici saat frekansı oluşturulmuştur.

A.1.4 Dsp devresi ilk duruma getirme yapısı

DSP devresini korumak amacı ile üretilmiş bir yapıdır. Bu yapı ile DSP devresi dört farklı neden ile ilk duruma döner bunlar;

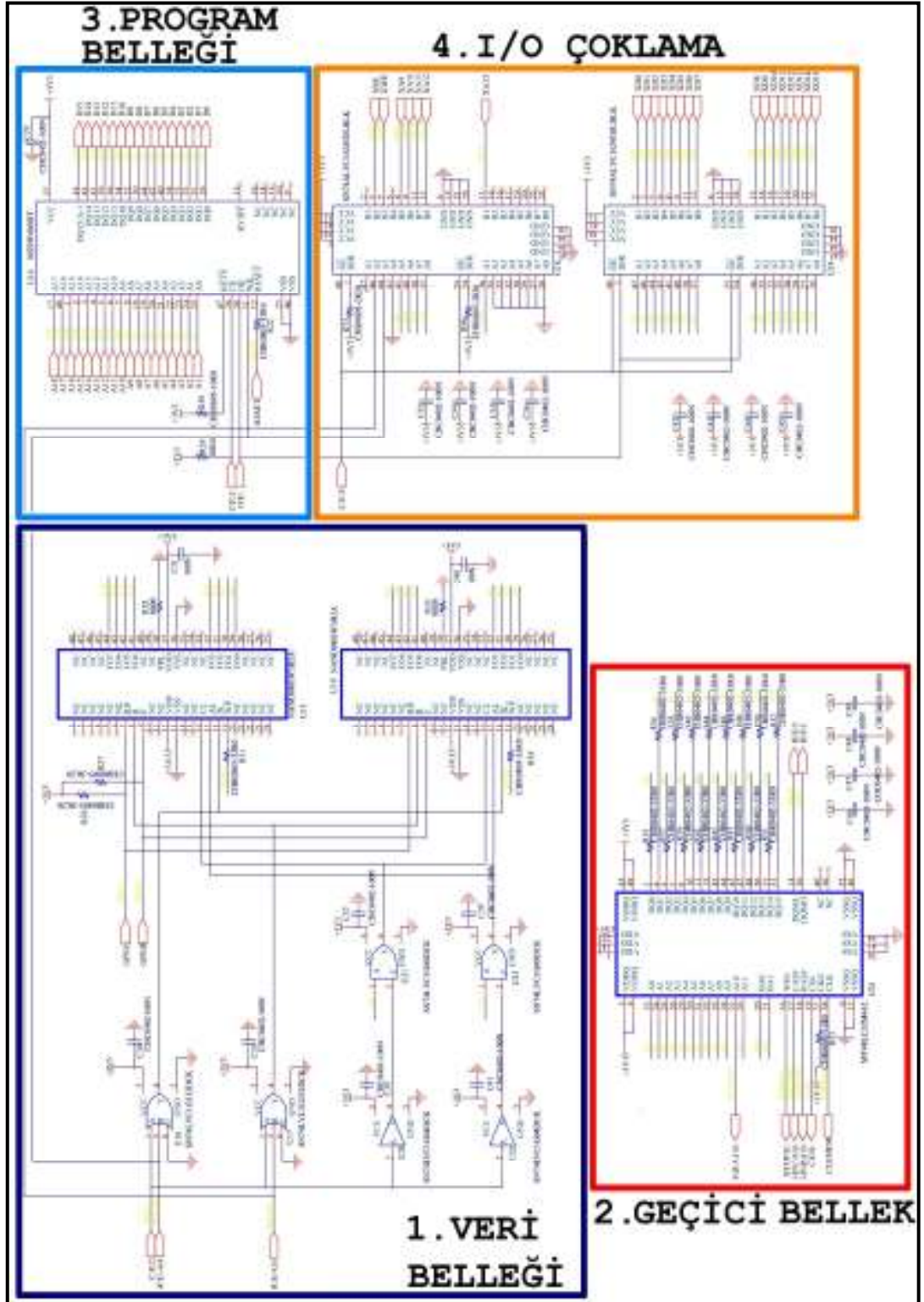
- 1.6V gerilimin düşük olması,
- 1.8V gerilimin düşük olması,
- 3.3V gerilimin düşük olması,
- İlk duruma getirme düğmesine basılması,

A.1.5 Dsp entegresi program yükleme arayüzü

Bu yapı ile DSP entegresi kendisine ait programlama editörüne bağlanır. Program yükleme, program kontrolü, v.b bilgisayar üzerinden yapılan işlemler bu yapı ile DSP entegresine aktarılmaktadır.

A.2 Dsp kartı devre şeması–2

Şekil 1.3’de DSP kartına ait ikinci devre şeması yer almaktadır. Aşağıda şema üzerinde işaretli olan tüm alt birimler detaylandırılmıştır.



Şekil A.3 DSP kartı devre şeması–2

A.2.1 Dsp kartı veri belleği

DSP yazılımının büyük boyutlu verilerinin saklanması sağlayan alt yapıdır. STMicroelectronics firmasına ait NAND08GW3B2A entegresi ile kurulan bu yapı ile 2GB değerinde bir veri bellek alanı oluşturulmuştur.

A.2.2 Dsp kartı geçici belleği

DSP yazılımının aktif çalışması sırasında kullandığı, büyük boyutlu geçici değişkenlerin saklanması sağlayan alt yapıdır. MICRON firmasına ait MT48LC32M4A2 entegresi ile kurulan bu yapı ile gerek duyulan 128MB değerinde bir veri bellek alanı oluşturulmuştur. Çift yan bant modülasyonu sırasında kullanılan sinüs, kosinüs, filtre katsayıları v.b. büyük boyutlu değişkenler bu bölgede saklanmaktadır.

A.2.3 Dsp kartı program belleği

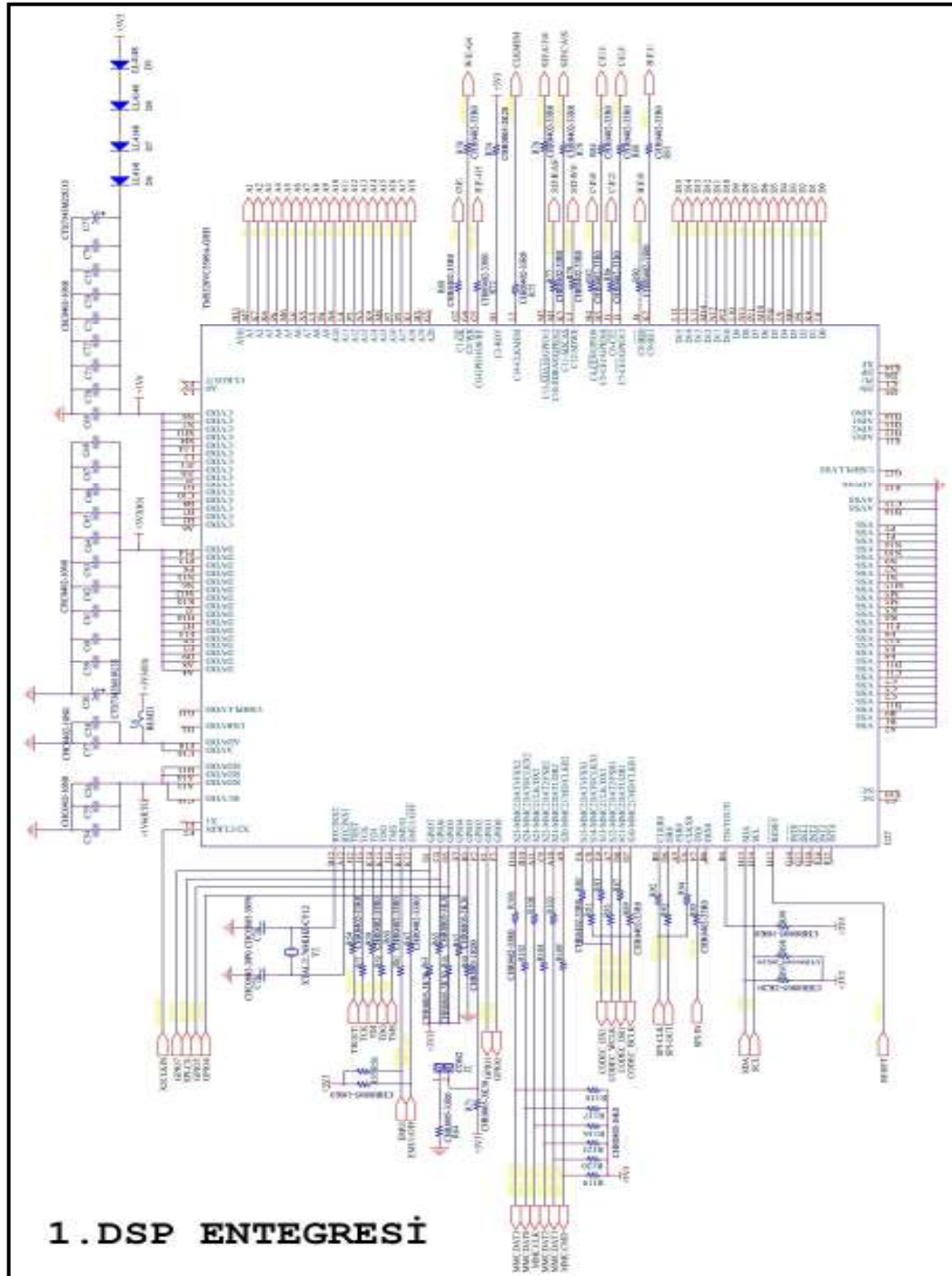
DSP yazılımının koyulduğu bellek bölgesidir. STMicroelectronics firmasına ait M29W400DT entegresi ile kurulan bu yapı ile 4MBit değerinde bir program bellek alanı oluşturulmuştur.

A.2.4 Dsp kartı giriş/çıkış oklama yapısı

DSP kartı giriş çıkış pinleri ihtiyaç dâhilinde az sayıdadır. Bu nedenle bir giriş çıkış oklama alt yapısına ihtiyaç duyulmuştur. STMicroelectronics firmasına ait SN74ALVC16245DLBLK entegresi ile kurulan bu yapı ile 64 kanal oklama işlemi gerçekleştirilmektedir.

A.3 Dsp kartı devre şeması-3

Şekil 1.4’de DSP kartına ait üçüncü devre şeması yer almaktadır. Aşağıda şema üzerinde işaretli olan tüm alt birimler detaylandırılmıştır.



Şekil A.4 DSP kartı devre şeması–3

A.3.1 Dsp entegresi

Sualtı haberleşme sisteminin ana işlemlerini üstlenen işlemcidir. Texas firmasına ait TMS320C5509A entegresi kullanılmıştır. Şekil 1.5’de temsili entegre resmi bulunmaktadır. Bu entegre; yüksek işaret işleme hızına sahip oluşu, 200MHz saat frekansında çalışabilmesi, dijital işaret işleme kütüphanesi ile uyumlu oluşu nedenleri ile sualtı haberleşme sisteminde kullanılmıştır. Tablo 1.1.’de DSP entegresine ait teknik özellikler yer almaktadır.



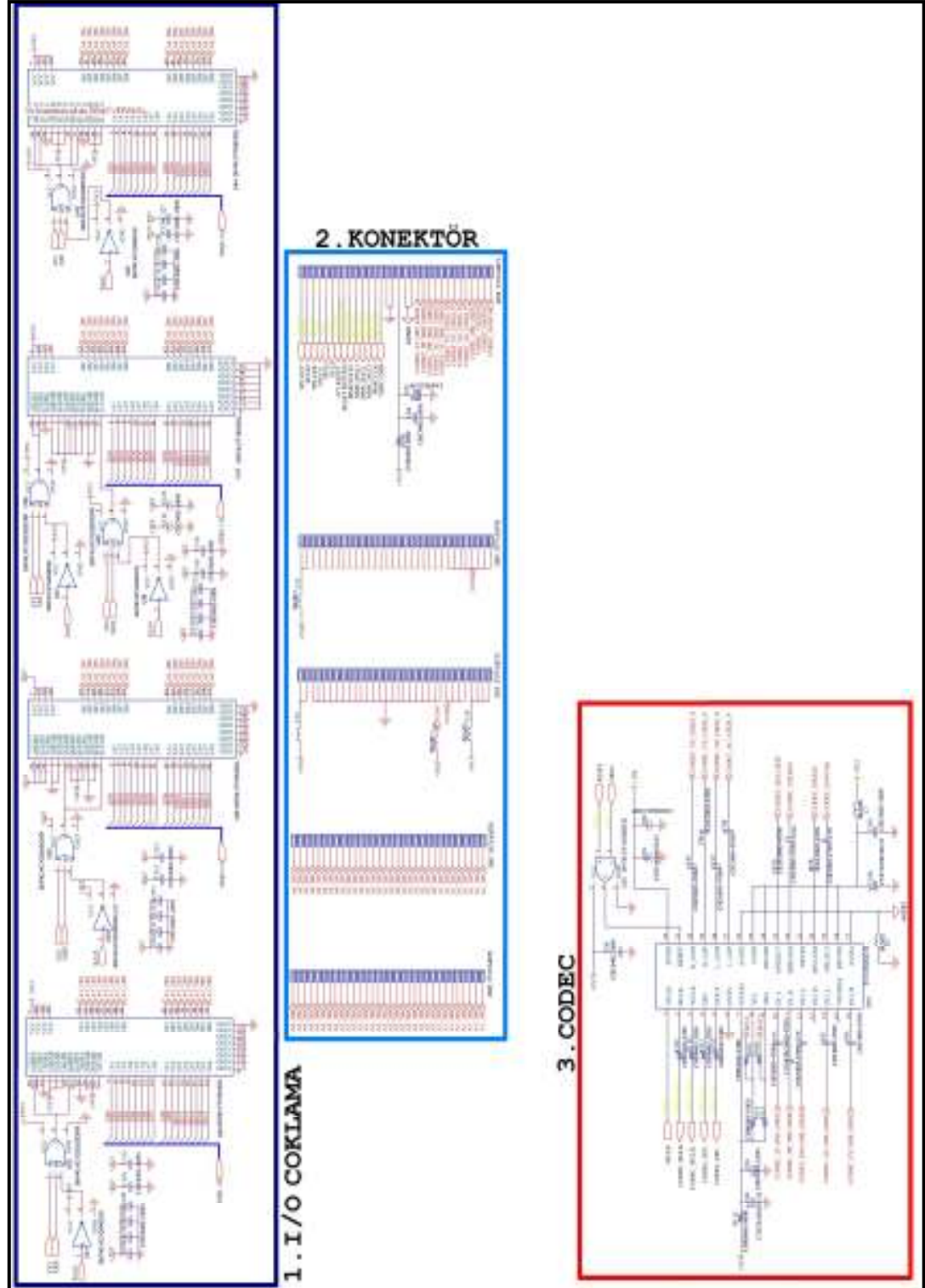
Şekil A.5 Dsp entegresi

Tablo A.1 TMS320C5509A teknik özellikleri

İşlemci	1 C55x
Tepe MMACS	400
Frekans (MHz)	200,144,108
RAM	256 KB
ROM	64 KB
EMIF	1 16-Bit
Desteklediği Harici bellek Tipleri	Async SRAM,SDRAM
DMA	6-Kanal
USB	1
MMC/SD	2
ADC	1
HPI	1 16-Bit EHPI
McBSP	3
I2C	1
Zamanlayıcılar	2 16-Bit GP,1 WD,1 RTC
Boot Loader Özelliği	Evet
Donanımsal Hızlandırıcı	Resim/Video
Çekirdek Besleme (V)	1.6 V,1.35 V,1,2 V
I/O Besleme (V)	2.7 V - 3.6 V
Çalışma Sıcaklığı (°C)	-40 – 85

A.4 Dsp kartı devre şeması-4

Şekil 1.6’da DSP kartına ait dördüncü devre şeması yer almaktadır. Aşağıda şema üzerinde işaretli olan tüm alt birimler detaylandırılmıştır.



A.4.1 Dsp kartı i/o çoklama

DSP kartı giriş çıkış pinleri ihtiyaç dâhilinde az sayıdadır. Bu nedenle bir giriş çıkış çoklama alt yapısına ihtiyaç duyulmuştur. STMicroelectronics firmasına ait SN74ALVC16245DLBLK entegresi ile kurulan bu yapı ile 64 kanal çoklama işlemi gerçekleştirilmektedir.

A.4.2 Dsp kartı konektörü

DSP kartını ana karta bağlayan konektör yapısıdır. 32x5 bacak sayısına sahiptir.

A.4.3 Codec entegresi

DSP kartı üzerinde bulunan CODEC entegresi alt yapısıdır. Texas firmasına ait TLV320AIC32 CODEC entegresi kullanılarak, alınan ses işaretinin sayısal işarete çevrilmesi, gönderilecek olan ses işaretinin analog işarete dönüşümü, alınan ses işaretine otomatik kazanç verilmesi ve ses işaretinin donanımsal olarak filtrelenmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. Tablo 1.2’de TLV320AIC32 entegresine ait teknik özellikler yer almaktadır.

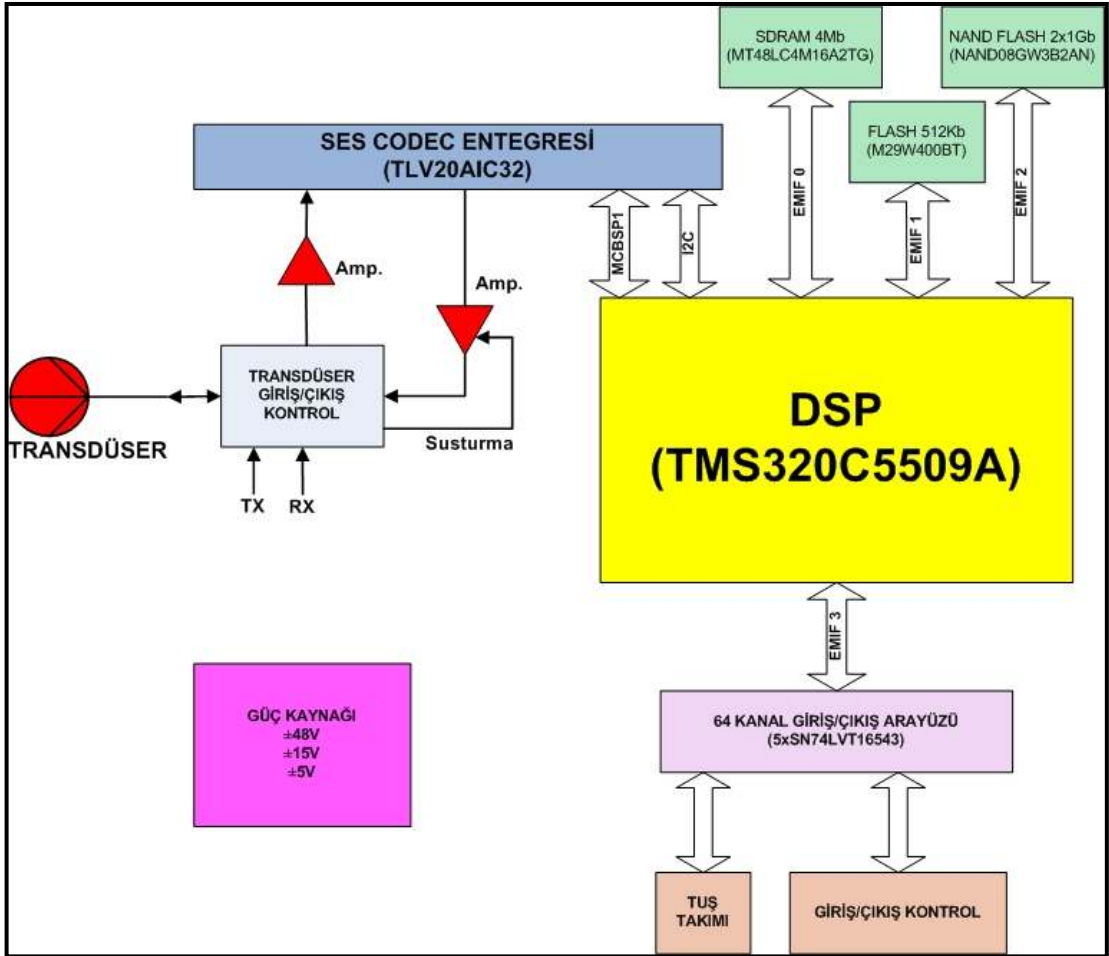
Tablo A.2 TLV320AIC32 Entegresine Ait Teknik Özellikler

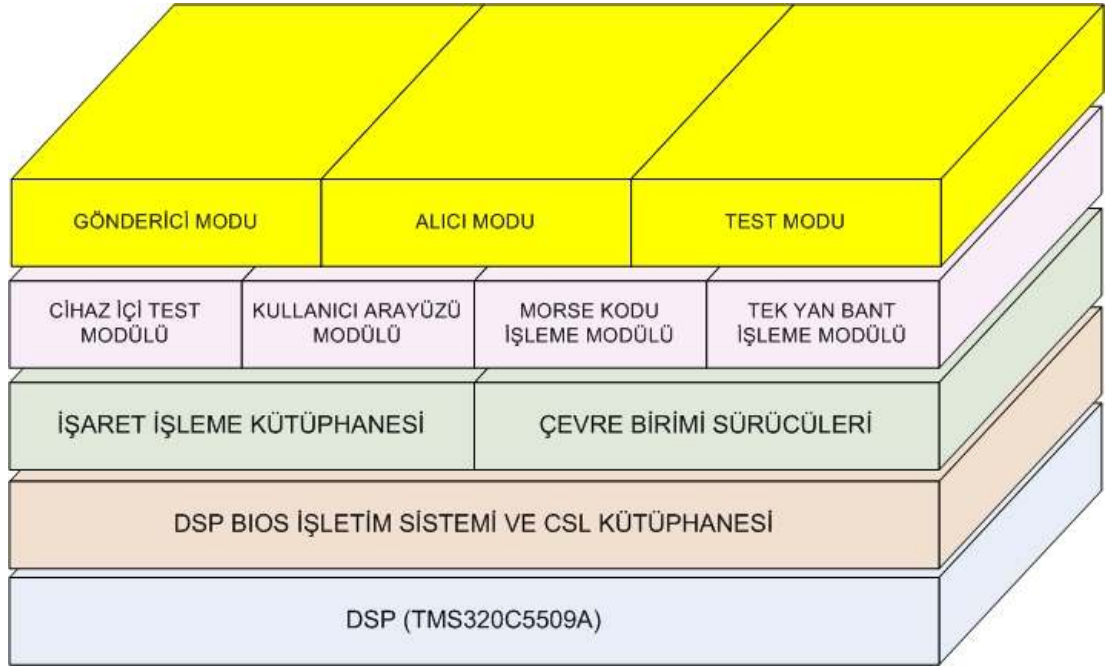
Özellik	Açıklama
Stereo DAC	100DB SNR, 16-32 bit Veri 8KHz-96Khz işaret örnekleme frekansı
Stereo ADC	90DB SNR 8KHz-96Khz işaret örnekleme frekansı
Ses Giriş Bacağı	6 adet Stereo
Ses Çıkış Sürücüleri	6 adet Stereo 8 ohm 500mw Hoparlör sürme kapasitesi Stereo Kulaklık sürücüleri Stereo hat sürme çıkışları
Kazanç Yapısı	Programlanabilir Kazanç Yapısı Otomatik kazanç ayarı
Haberleşme türü	I2C
Besleme	Analog Gerilim: 2.7V-3.6V Sayısal Çekirdek Gerilimi: 1.525V-1.95V Sayısal I/O: 1.1V-3.6V

EK-B DSP YAZILIMI MODÜLLERİ DETAYLI AÇIKLAMA DOKÜMANI

Sualtı haberleşme sistemi yazılımı, DSP kartı üzerinde bulunan Texas Instruments TMS320VC5509A DSP işlemcisi üzerinde çalışan yazılımdır. Şekil 1.1’de bu yazılımın kontrol ettiği sistem, blok şema olarak verilmiştir. Şekil 1.2’de yazılım mimari tasarımı verilmiş ardından alt seviyeden üst seviyeye doğru blokların işlevleri açıklanmıştır.

Sualtı haberleşme sistemi yazılımı Code Composer Studio (CCS) Platinum Edition sürüm 3.1 editörü ile yazılmıştır.





Şekil B.2 Sualtı haberleşme sistemi yazılım mimari tasarımı

B.1 Modüllerin kısa açıklamaları

B.1.1 İşletim sistemi ve csl kütüphanesi

DSP işlemcisinin çalışmasını ve hizmet vermesini sağlar. Texas firmasının DSP BIOS işletim sistemi kullanılmaktadır. TMS320VC5509A DSP işlemcisine ait CSL Kütüphanesi, çekirdek (kernel) fonksiyonları CCS ortamında hazır olarak bulunmaktadır.

B.1.2 Çevrebirimi sürücüler

Donanımları kullanabilme amaçlı sürücülerdir ve CSL kütüphanesini kullanarak TMS320VC5509A DSP işlemcisine ait çevreselleri çalıştırmaktadır. Bunlar, SDRAM (EMIF0), Flash program belleği (EMIF1), NAND Flash kayıt belleği (EMIF2), Giriş/Çıkış kontrol(I/O port) Arayüzü, ses için CODEC tümleşik devresi (McBSP1, I²C), GPIO ve zamanlayıcı (Timer)'dan oluşmaktadır.

B.1.3 İşaret işleme kütüphanesi

Sualtı haberleşme sisteminin çalışması sırasında ihtiyaç duyulacak fonksiyonlar kümesidir. Bunlar, FFT, sayısal filtreleme (FIR), sayısal ÇYB modülatörü/demodülatörü, Mors kodu üretme/tanımlama algoritmalarından oluşmaktadır.

B.1.4 Cihaz içi test modülü

Sualtı haberleşme sisteminde kullanılan entegreleri, gönderme/alma devrelerini test etmektedir. Hata durumunda kullanıcıyı ışıklı gösterge ile bilgilendirmektedir.

B.1.5 Kullanıcı arayüz modülü

Sualtı haberleşme sistemi ile kullanıcıların etkileşimini sağlar. Ana kart üzerinde bulunan tuş takımını okuma, ışıklı göstergeleri sürme işlemlerini yapar.

B.1.6 Mors kodu işleme modülü

Sualtı haberleşme sisteminin mors kodlu metin mesajları gönderme / alma işlemi için gereken kodlama / kod çözme işlemlerini yerine getirir.

B.1.7 Çift yan bant işleme modülü

Çift yan bant işaretlerinin modülasyonu / demodülasyonu işlemlerini gerçekleştirir.

B.2 Modüllerin detaylı açıklamaları

B.2.1 İşletim sistemi ve csl modülü

DSP işlemcisinin çalışmasını ve hizmet vermesini sağlamaktadır. Texas Instrument firmasının TMS320VC5509A işlemcisi için DSP/BIOS işletim sistemi bulunmaktadır. DSP/BIOS kullanılarak zaman paylaşımli çoklu görev çalışması (preemptive multitasking) gerçekleştirilmektedir. Ayrıca ISR'ler ve periyodik fonksiyonlar da DSP/BIOS tarafından desteklenmektedirler. DSP/BIOS işletim sisteminin 4.90 sürümü kullanılmıştır. DSP 12MHz kristal ile dahili PLL üzerinden $12 \times 17 = 204\text{MHz}$ frekansında çalışmaktadır.

CSL kütüphanesi HAL olarak çalışmaktadır. CSL modülü ile EMIF, DMA, McBSP, GPIO, I²C ve Timer donanım yapılarına erişim sağlanmaktadır. Kullanılan CSL fonksiyonları aşağıda verilmiştir:

- CSL_init: CSL kütüphanesine erişimi başlatır.
- EMIF_config: EMIF'i ayarlayarak başlatır.
- IRQ_globalDisable: Tüm kesme isteklerini yetkisiz kılar.
- IRQ_globalEnable: Tüm kesme isteklerini yetkilendirir.
- IRQ_globalRestore: Kesme durumlarını önceki haline geri getirir.
- IRQ_clear: Verilen kesme numarasına ilişkin bayrağı sıfırlar.
- IRQ_enable: Verilen kesme numarasına ait kesmeyi yetkilendirir.
- IRQ_map: Kesme numarası atar.
- SWI_or: Yazılım kesmesi oluşturur.
- SWI_getmbx: Yazılım kesmesi mesajına erişimi sağlar.
- DMA_open: DMA kanalı açar.
- DMA_config: DMA kanalının ayarlanmasını sağlar.
- DMA_RGETH: DMA yazmaçlarından okuma yapmayı sağlar.
- DMA_RSETH: DMA yazmaçlarına yazma yapmayı sağlar.
- DMA_FSET: DMA yazmaçlarına yazma yapmayı sağlar.
- DMA_start: DMA işlemini başlatır.

- DMA_getEventId: Kesme tanımlama numarasına erişimi sağlar.
- MCBSP_open: Seri portu açar.
- MCBSP_config: Seri portu ayarlar.
- MCBSP_start: Seri port haberleşmesini başlatır.
- MCBSP_close: Seri port haberleşmesini bitirir.
- MCBSP_rrdy: Seri porta gelmiş verinin kontrolünü yapar.
- MCBSP_read16: Seri porta gelmiş veriyi okur.
- MCBSP_xrdy: Seri porttan gönderilmiş verinin kontrolünü yapar.
- MCBSP_write16: Seri porta veri yazar.
- GPIO_pinDirection: GPIO ucunun yönünü atar.
- GPIO_pinWrite: GPIO çıkış lojik değerini yazar.
- GPIO_pinRead: GPIO giriş lojik değerini okur.
- GPIO_pinEnable: GPIO ucunu yetkilendirir.
- GPIO_pinDisable: GPIO ucunu yetkisiz kılar.
- I2C_config: I2C yazmaçlarını ayarlar.
- I2C_start: I2C haberleşmesini başlatır.
- I2C_sendStop: I2C haberleşmesini bitirir.
- I2C_writeByte: I2C üzerinden 1 bayt veri gönderir.
- I2C_readByte: I2C üzerinden 1 bayt veri okur.
- I2C_rrdy: I2C üzerinden gelen verinin kontrolünü yapar.
- I2C_xrdy: I2C üzerinden gönderilmiş verinin kontrolünü yapar.
- TIMER_open: Sayıcıya erişimi başlatır.
- TIMER_config: Sayıcı yazmaçlarını ayarlar.
- TIMER_getEventId: Kesme tanımlama numarasına erişimi sağlar.
- TIMER_start: Sayıcıyı başlatır.
- TIMER_stop: Sayıcıyı durdurur.
- TIMER_reset: Sayıcıyı sıfırlar.
- TIMER_close: Sayıcıya erişimi sonlandırır.
- TSK_sleep: Aktif olan taskı belirtilen süre kadar beklemeye uğratar.
- SEM_pend: İşaret gelinceye kadar taskı beklemeye alır.
- SEM_post: Beklemedeki taskı işletmeye alır.

DSP/BIOS işletim sisteminde tanımlanmış kesme/periyojik fonksiyonlar aşağıdadır:

- prdTimer: 40ms aralıklarla periyodik olarak çalıştırılır. Tuşların okunması ve ışıklı sesli göstergelerin çalıştırılması.
- dmaCdcHwiXmt: Kesme No: 9. CODEC'e veri göndermek için kullanılır. 2x256 adet veriyi paket olarak işlemci zamanını harcamadan CODEC'e gönderir.
- dmaCdcHwiRcv: Kesme No:18. CODEC'ten veri almak için kullanılır. 2x256 adet veriyi paket olarak işlemci zamanını harcamadan CODEC'ten okur.
- processBuffer: Yazılım ile tetiklenen kesme hizmet programı olup ses işleme işlemlerinin yürütüldüğü ana fonksiyondur.

B.2.2 Çevre birimi sürücüler modülü

Donanımları kullanabilme amaçlı sürücülerdir ve CSL kütüphanesini kullanarak TMS320VC5509A DSP işlemcisine ait çevre birimlerini çalıştırmaktadır. Kullanılan çevre birimleri ve dış bağlantı yapıları şunlardır:

(a) SDRAM: Micron firmasına ait MT48LC4M16A2TG belleğidir ve EMIF0 (CE0) harici adres uzayında yer alır. TMS320VC5509A işlemcisinde adres uzayı doğrusal olduğu için dahili RAM bölgesi olan 256kb SDRAM bölgesi ile çakışır ve kullanılmaz. Dahili RAM bölgesi DARAM (64kb) ve SARAM (192kb)'dan oluşmaktadır. Ayrıca EMIF1 adres uzayında Flash bellek olması nedeniyle belleğin üst yarısı da kullanılamamaktadır. Toplam kullanılır alan 3840kb'dir. EMIF0 yazmaç ayarları SDRAM bellek tipi çalışma için yapılmıştır. Q15 sayısal formatındaki trigonometrik değerler (cos, sin), bazı global değişkenler ve geçici önbellekler bu bellekte tutulmaktadır. SDRAM belleği ile ilgili okuma/yazma işlemleri derleyici tarafından otomatik olarak üretilen işaretçiler ile gerçekleştirilmekte olup ayrıca bir sürücü programı gerekmemektedir.

(b) Flash Program Belleği: TMS320VC5509A işlemcisinde dahili flash program belleği bulunmamaktadır. İşlemci, Flash Program belleğinden başlayacak şekilde pin

lojik seviyeleri (GPIO0-2:Lojik 1, GPIO3:Lojik 0) ayarlanmıştır. Sisteme enerji verildiğinde dahili ROM'da bulunan yükleme programı, burada bulunan kodları SARAM belleğe yükler ve çalıştırır. Flash Program belleği olarak ST firmasına ait M29W400BT(256kx16) belleği seçilmiştir ve EMIF1 (CE1) adres uzayında yer almaktadır. EMIF1 yazmaç ayarları Flash bellek tipi çalışma (asynchronous, eşzamanlı olmayan) için yapılmıştır. Sistem ayar/parametreleri, hata/bilgi kayıtları Flash bellekte yedeklenmektedir. Flash belleğinin sürülmesi aşağıdaki fonksiyonlar ile gerçekleştirilir:

- FLASH_Reset: Okuma erişimini başlatır.
- FLASH_Read: Okuma işlemini gerçekleştirir.
- FLASH_Write: Yazma işlemini gerçekleştirir.
- FLASH_Backup_FRAM: Yedekleme işlemini gerçekleştirir.
- FLASH_Restore_FRAM: Yedeklenmiş değerlerden geri yükler.
- FLASH_Restore_SDRAM: Yedeklenmiş değerleri belleğe aktarır.
- FLASH_TestID: Üretici firma ve ürün kodu okunur ve karşılaştırılır.
- FLASH_Sector_Erase: Flash bellekten sektör siler.
- FLASH_Initialize: Bellek erişimini başlatır.

(c) NAND Flash Kayıt Belleği: Tutulacak ses kayıtları bu bellekte yer almaktadır. ST firmasına ait NAND08GW3B2AN belleği seçilmiş ve DSP veri yolunun 16bit olması nedeniyle 2 adet paralel olarak bağlanmıştır (1Gbx16). EMIF2 (CE2) adres uzayında yer almaktadır. EMIF2 yazmaç ayarları EMIF1'de olduğu şekilde Flash bellek tipi çalışma için yapılmıştır. NAND Flash belleğinin sürülmesi aşağıdaki fonksiyonlar ile gerçekleştirilir:

- NAND_AssertCE: Bellek erişimlerini yetkilendirir.
- NAND_DeassertCE: Bellek erişimlerini sonlandırır.
- NAND_Busy: Belleklerin yeni bir işleme hazır olup olmadıklarını denetler.
- NAND_CmdWrite: Belleklere komut aktarma işlevini yerine getirir.
- NAND_SelectPage: Erişim yapılacak sayfa seçimini gerçekleştirir.
- NAND_SelectBlock: İşlem yapılacak bloğu seçer.
- NAND_TestID: Firma ve ürün kodu okunur ve karşılaştırılır.

- NAND_Reset: Bellekleri başlangıç durumuna getirir.
- NAND_ReadPage: Sayfa okuma işlemini gerçekleştirir.
- NAND_WritePage: Sayfa yazma işlemini gerçekleştirir.
- NAND_ReadInfo: Ekstra alandan kayıt bilgisini okur.
- NAND_WriteInfo: Ekstra alana kayıt bilgisini yazar.
- NAND_CheckBad: Verilen bloğun bozuk olup olmadığını kontrol eder.
- NAND_EraseBlock: Belleklerden blok siler, bozuk blokları belirtir.
- NAND_EraseAll: Bozuk bloklar dışında tüm belleği siler.
- NAND_BlockTest: Belleklerdeki bozuk blokların işaretlenmesini sağlar.
- NAND_MarkFactoryBadBlocks: Fabrika çıkışı bozuk blokları işaretler.
- NAND_Format: Kayıt belleğini biçimlendirir.
- NAND_Avail: Kullanılabilir bellek miktarını hesaplar.
- NAND_Initialize: Sistem açılışında gerçekleştirilecek işlemleri yerine getirir.

(d) Giriş/Çıkış Kontrol Arayüzü: Bütün giriş / çıkış kontrol uçlarına bu arayüz üzerinden erişim yapılmaktadır. Bunlar; tuş takımı, uyarı/bilgi LED'leri, gönderme tuşu, Gönderme/Alma devresi röleleri, sinyal çevrim rölesi, çıkış katı susturma rölesidir. EMIF3 adres uzayına yerleştirilmiştir ve yazmaç ayarları EMIF1'de olduğu şekilde Flash bellek tipi çalışma için yapılmıştır. Giriş/Çıkış Kontrol Arayüzünün sürülmesi aşağıdaki fonksiyonlar ile gerçekleştirilir:

- IOCTRL_Read: Giriş yönündeki kontrol/bilgi sinyallerini okur.
- IOCTRL_Write: Çıkış yönündeki kontrol/bilgi sinyallerini oluşturur.

(e) McBSP1: CODEC (TLV320AIC32) için ayrılmıştır. Byte ve word zamandaslama işaretlerini de CODEC'ten almaktadır. McBSP1 portuna bağlı CODEC'in sürülmesi aşağıdaki fonksiyon ile gerçekleştirilir:

- McBSP1_Initialize: McBSP1'i CODEC için DSP modunda çalıştırır.

(f) DMA: CODEC ile haberleşmeyi işlemcinin enaz etkileşimi ile gerçekleştirir. Ses giriş/çıkış değerlerini paketler halinde DARAM belleğe aktarır ve bir kesme

sinyali ile işlemciye bildirir. DMA'nın sürülmesi aşağıdaki fonksiyonlar ile gerçekleştirilir:

- DMA_RxInt: Alma kesme servis programıdır.
- DMA_TxInt: Gönderme kesme servis programıdır.
- DMA_Initialize: DMA yazmaçlarını CODEC ile haberleşme için ilklendirir.

(g) I²C: I²C haberleşme kanalı üzerinde bulunan ve cihaz içi testlerde kullanılan gerilim izleme tümleşik devresi ve ses CODEC tümleşik devresi ile haberleşmeyi sağlar. I²C'nin sürülmesi aşağıdaki fonksiyonlar ile gerçekleştirilir:

- I2C_Read8: I²C üzerinden bayt okur.
- I2C_Write8: I²C üzerinden bayt yazar.
- I2C_Write8Multi: I²C üzerinden ard arda bayt yazma işlemini gerçekleştirir.
- I2C_Initialize: Sistem açılışında gereken ilklendirmeleri yapar.

(h) GPIO: DSP işlemcisinde bulunan genel amaçlı giriş/çıkış pinlerini çalıştırır. NAND Flash bellek kullanımında gereken CE(çıkış) ve R/B(giriş) sinyallerini sürmekte, işlemcinin başlangıç (boot) yüklemesinin nereden yapılacağını belirlemektedir. Ses CODEC tümleşik devresi için donanım reset sinyalini de üretmektedir. GPIO'nun sürülmesi aşağıdaki fonksiyon ile gerçekleştirilir:

- GPIO_Initialize: Sistem açılışında gereken ilklendirmeleri yapar.

(i) Timer: Tuşların taranması, ışıklı göstergelerin yenilenmesini sağlayan periyodik fonksiyonu çalıştırır. Ayrıca yazılımda ihtiyaç duyulan sabit zaman gecikmelerini de sağlamaktadır. Ayarları DSP/BIOS üzerinden yapılmaktadır. TIMER'ın sürülmesi aşağıdaki fonksiyon ile gerçekleştirilir:

- tmrProc40: 40ms süre ile çalıştırılan kesme servis programıdır.

B.2.3 İşaret işleme kütüphanesi

FFT ve FIR filtreleme işlemleri, trigonometrik hesaplamalar ve logaritma için Texas firmasına ait DSPLIB sürüm 2.31 kütüphanesini kullanmaktadır.

Doğrusal fazlı olmaları nedeniyle filtreleme işlemlerinde FIR filtreleri seçilmiştir. Filtreler MATLAB ortamında tasarlanmış ve katsayıları yazılıma aktarılmıştır. FIR filtreleri alçak geçiren ve bant geçiren türündedir.

CODEC içinde bulunan örtüşme önleyici(anti-aliasing) filtre ile örnekleme frekansının 0.45 katına kadar bölgede örtüşme engellenmiştir.

İşaret işleme kütüphanesinde sabit noktalı aritmetik (q15/q31 ondalıklı sayı formatı) kullanılmaktadır. DSP işlemcisinde bulunan Dual (çift) MAC özelliği ile çalışma frekansının (204MHz) iki katında (408MMAC) işlem gücü elde edilebilmektedir. Kullanılan DSPLIB fonksiyonları aşağıda verilmiştir:

- rfft: Gerçek değerli FFT hesaplar.
- firdec: Seyreltme filtresini gerçekler.
- fir2: FIR filtreyi gerçekler.
- firinterp: Genişletme filtresini gerçekler.
- mul16: q15 formatındaki ondalık sayıları çarpar.
- sqrt_16: q15 formatındaki ondalık sayıların karekökünü hesaplar.
- sine: q15 formatındaki ondalık sayıların sinüs değerini hesaplar.
- cos: Ondalık sayıların kosinüs değerini hesaplar.
- log10: Ondalık sayıların logaritmik değerini hesaplar.

B.2.4 Cihaz içi test modülü

Cihaz İçi Test Modülü ile Sualtı Haberleşme sistemi, kendi kendini test edebilmekte, oluşan arızaları anında ışıklı gösterge ile gösterilmektedir. Çevrim içi testlerde hata olması durumunda ışıklı gösterge Hatayı göstermek için iki çift kere yanma sönme yapar

- Harici bellek (SDRAM) testi: Belirli bir patern yazılır (5555h, AAAAh) ve geri okunup karşılaştırılır.
- Program (Flash) belleği testi: Belleğin üretici ve ürün kodu okunarak karşılaştırılır.
- Ses Kayıt Belleği (NAND Flash) testi: Bellek resetlenir, üretici ve ürün kodu okunarak karşılaştırılır.
- Ses CODEC: Reset sinyali gönderilir ve yazmaç erişimi yapılır. Ayrıca test (açılış) tonu üretilir ve hoparlörden duyulur.
- Zamanlayıcı: Sayı saydırma yapılarak çalışması test edilir.
- Sinyal Çevrim Testi: Çıkış katından girişe sinyal çevrim rölesi üzerinden bağlantı yapılarak gönderilen bir test tonu dinlenir.

B.2.5 Kullanıcı arayüz modülü

Kullanıcı Sualtı haberleşme sistemi ile 8 konumlu süviç, bir adet düğme ve bir adet ışıklı gösterge üzerinden etkileşime girmektedir. Bu birimler ile kullanıcı aşağıdaki işlemleri gerçekleştirir;

- 8 konumlu süviç ile gönderilecek olan bilgiyi hexadecimal olarak sisteme girme,
- 3sn boyunca giriş düğmesine basılı tutarak sistemi gönderme veya alma konumlarına geçirebilme,
- Sistemi boшта konumuna alma,
- Alma işlemi sırasında ışıklı gösterge üzerinden bilgi işaretinin alınıp alınmadığını gözleme,
- İlk açılma sırasında sistemin arızalı olup olmadığını ışıklı gösterge üzerinden gözleme.

B.2.6 Çift yan bant işleme modülü

Sualtı Haberleşme cihazının, haberleşme için gerekli olan sayısal modülasyon / demodülasyon algoritmaları burada yer almaktadır.

Analitik filtre çifti (FIR) kullanılan Hilbert dönüşümü ile modülasyon / demodülasyon gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.23). Seyreltme filtresi 96kHz örnekleme frekansını 12kHz' e indirmekte ve işaret bandını 6kHz olarak sınırlamaktadır. Genişletme filtresi ise 12kHz örnekleme frekansını 96kHz değerine yükselterek tam bant genişliğine (48kHz) çıkarmaktadır.

Modülatör algorimasında, DSP yazılımı içerisine 1Hz olarak gömülü olan sinüs işareti, seçilen morse gönderme tonunda örneklenir. Morse kodunun içeriğine bağlı olarak bu sinüs işareti, morse kodu tarafından tanımlı zaman dilimi kadar çıkışa gönderilir veya gönderilmez. Böylece morse kodunun çift yan bant modülasyonlu morse kodu işareti elde edilmiş olur.

Taşıyıcı frekansı ayarlanabilir ve varsayılan değerleri, 8087.5Hz' dir. Taşıyıcı frekansı (f_c) Nyquist/Shannon teoremine göre 48kHz'e kadar değer alabilir,

CODEC çıkış seviyesi ayarlıdır. Bu sayede çıkış gücü ayarı Yakın (10W), Orta (50W), Uzak (100W) olarak ayarlanabilmektedir. Varsayılan durum Uzak (100W) durumudur.

Morse kodlu gönderme/çözme, modülasyon demodülasyon işlemleri içiçe olduğundan yazılım alt parçaları ve algoritmaları içiçe verilmiştir.

B.2.7 Mors kodu işleme modülü

Tasarımı yapılan sualtı haberleşme cihazı, mesajlarını mors kodu ile kodlayarak gönderip almaktadır. Gönderilecek olan mesaj, ana kart üzerinde yer alan klavye ile girilir. Mesaj içeriği karakter karakter mors koduna dönüştürülerek gönderilir.

8. ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında İskenderun’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İskenderun’da tamamladı. 1999 yılında girdiği İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden 2003 yılında Elektrik-Elektronik Mühendisi olarak mezun oldu. 2007–2009 yılları arasında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 2005 yılından beri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde araştırmacı-elektronik mühendisi olarak görev yapmakta olup, evlidir.