

T. C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKRODENETLEYİCİ İLE
SAYISAL SİNYAL AKTARIMI
ARAŞTIRMA VE UYGULAMASI

136680

Ersan OKATAN

Yüksek Lisans Tezi

DENİZLİ – 2003

136680
T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
KÜTÜPHANE MERKEZİ

**MİKRODENETLEYİCİ İLE
SAYISAL SİNYAL AKTARIMI
ARAŞTIRMA VE UYGULAMASI**

Pamukkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarafından Kabul Edilen

Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilimdalı

Yüksek Lisans Tezi

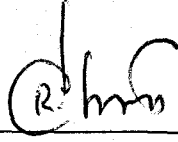
Ersan OKATAN

Tez Savunma Tarihi: 01.07.2003

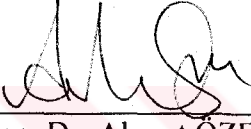
DENİZLİ – 2003

TEZ SINAV SONUÇ FORMU

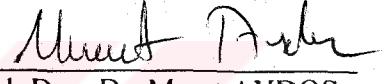
Bu tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Rafig SAMEDOV
(Yönetici)

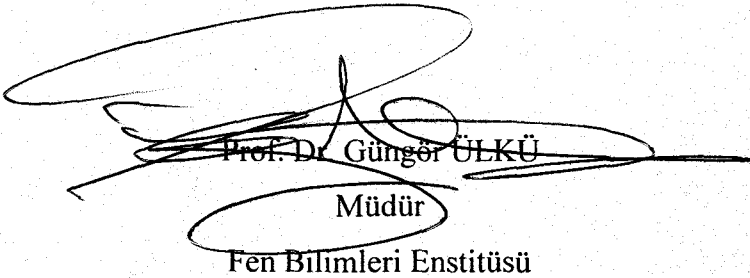


Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZEK
(Jüri Üyesi)



Yrd. Doç. Dr. Murat AYDOS
(Jüri Üyesi)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...5.07.2003... tarih ve 20/8. sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Güngör ÜLKÜ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında beni yönlendiren ve değerli fikirlerinden yararlandığım Tez Danışmanım Sayın Doç. Dr. Rafig Samedov'a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarımda beni her zaman destekleyen ve manevi desteklerini hep hissettiğim aileme, çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşım Öğr. Gör. Ramazan FİDAN'a, deneyimlerinden ve bilgisinden yararlandığım değerli arkadaşım Öğr. Gör. Levent ORAL'a teşekkürü borç bilirim.

Ersan OKATAN



ÖZET

Bu çalışmada mikrodnetleyici kontrollü, kızılötesi iletişim tekniklerini kullanan, sayısal sinyal aktarım sistemi tasarımı ele alınmış ve uygulanmıştır. Tasarımda maliyet, boyut, kullanım kolaylığı, en az sayıda eleman kullanımı konuları göz önünde bulundurulmuştur. Tasarlanan ve uygulanan mikrodnetleyici kontrollü sayısal sinyal aktarım sistemi herhangi bir fiziksel sinyalin bir noktadan diğer bir noktaya kablosuz olarak iletimi için kolayca kullanılabilir. Tasarlanan devrede sayısal sinyali iletmek için kızılötesi iletim yöntemi kullanılmıştır.

Birinci bölümde değişik iletişim teknikleri tanıtılmış, özellikle analog ve sayısal iletişim sistemlerine değinilmiştir. Konu ile ilgili literatür taraması yapılmış ve çalışmanın amacı belirlenmiştir.

İkinci bölümde sinyal aktarımı için kullanılan birçok değişik yöntem tartışılmış, bu yöntemlerin avantajları ve dezavantajları ortaya konmuştur. Tasarlanan sistemde kullanılacak sinyal iletim tekniği belirlenmiştir.

Üçüncü bölümde sistemi oluşturan kısımlar tanıtılmış, tasarım yöntemleri ve kuralları tartışılmıştır. Bu yöntemlerle devrede kullanılacak elemanlar belirlenmiştir.

Dördüncü bölümde sistemi oluşturan donanım ve yazılım yapısı tanıtılmıştır. Sistemin en önemli kısmını oluşturan PIC16F877 mikrodnetleyicisi detaylarıyla tanıtılmıştır. Mikrodnetleyicinin USART ve A/D dönüştürücü modüllerinin programlanması üzerinde durulmuş, sistemde kullanılan kızılötesi elemanlar ve D/A dönüştürücü elemanın kullanımı anlatılmıştır. Son olarak bu kısımlar birleştirilerek sistemin tamamı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz iletişim, kızılötesi iletişim, sayısal iletişim, boş kanal gürültüsü, analog – sayısal dönüştürme, asenkronize iletim.

Ersan OKATAN

ABSTRACT

In this work, a microcontroller controlled digital signal transmission system that use infrared transmission technics has been studied and the system has been implemented. In the design cost, dimension, ease of use, and the minimum number of components to be used have been considered. The designed and implemented Microcontroller Controlled Digital Signal Transmission System can easily be used to transmit any kind of physical signal from one point to another point without using cables. In the designed circuit infrared transmission technics have been used to transmit the digital signal.

In the first chapter, different communication techniques have been introduced, specifically analog and digital communication systems have been considered. The literature about this work has been studied and the aim of the work has been determined.

In the second chapter, several techniques used to transmit signals have been discussed, the advantages and disadvantages of this techniques have been put forward. The transmission technique for this system has been determined.

In the third chapter, the parts of the system have been introduced. The design methods and rules have been discussed. The components to be used have been determined by using this methods.

In the fourth chapter, the hardware and software of the system have been introduced. The PIC16F877 microcontroller, which is the most important part of the system, has been presented in details. Programming the USART and the ADC modules of the microcontroller have been studied. The infrared components of the system, DAC system and their use have been presented. Finally all of the parts have been connected and the system has been completed.

Key Words; Wireless communication, infrared communication, digital communication, empty channel noise, A/D conversion, asynchronous transmission.

Ersan OKATAN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İçindekiler.....	VIII
Şekiller Dizini.....	XII
Çizelgeler Dizini.....	XIV
Simgeler Dizini.....	XV

Birinci Bölüm

GİRİŞ

1.1 Giriş	1
1.2 Literatür Özeti.....	2
1.3 Çalışmanın Amacı	5

İkinci Bölüm

SİNYAL AKTARIM YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

2.1 Sinyal Aktarım Yöntemlerinin Sınıflandırılması	6
2.1.1 Kablolu İletişim Yöntemleri	6
2.1.1.1 Bakır Kablo.....	7
2.1.1.2 Optik Fiber Kablo	7
2.1.2 Kablosuz İletişim Yöntemleri.....	7
2.1.2.1 Radyo Frekansında İletişim	7
2.1.2.2 Kızılötesi İletişim	8
2.1.3 İletişimde Kullanılacak İşaret Biçimleri	9

2.2 Sinyal Sayısallaştırma Prensipleri	10
2.2.1 Nyquist Oranı	10
2.2.2 Bit Sayısı.....	10
2.2.3 Kanal Kapasitesi	11
2.2.3.1 Kontrol Elemanının Kapasitesi.....	11
2.2.3.2 Kullanılacak Elemanların Hızları	12
2.2.3.3 Alıcı Tarafında Sayısal - Analog Dönüştürme Kapasitesi ve Hızı	12
2.2.4 Boş Kanal Gürültüsü	12
2.3 Kızılötesi Sayısal İletişim Prensipleri	13
2.3.1 Kızılötesi İletişimde Kodlama Yöntemleri.....	13
2.3.1.1 Unipolar Kodlama (NRZ-Non Return To Zero).....	13
2.3.1.2 Polar Kodlama (RZ-Return To Zero)	14
2.3.1.3 Darbe Pozisyonu Kodlama (PPM-Puls Position Modulation).....	15
2.3.2 Kızılötesi İletişimde Kodlama Yöntemlerinin Karşılaştırılması	15
2.3.2.1 Güç Gereksinimine Göre Karşılaştırma	16
2.3.2.2 Bant Genişliğine Göre Karşılaştırma.....	17
2.3.3 Polar Kodlama Yöntemi ile Kızılötesi Sistem Tasarımı	18
2.4 Değerlendirme	21

Üçüncü Bölüm

KIZILÖTESİ SAYISAL SİNYAL AKTARIM SİSTEMİNİN TASARIMI

3.1 Sayısal Sinyal Aktarımı Sisteminin Yapı Şemasının Tasarımı	22
3.2 Sinyal Çevirici ve Yükselteç	24
3.2.1 Sinyal Çeviriciler.....	24
3.2.2 Yükselteç	25
3.3 Analog / Sayısal Dönüştürme	26
3.3.1 Çözünürlük	26
3.3.2 Dönüştürme Hızı.....	27
3.4 Kontrol Elemanı	28

3.4.1 Mikrodenetleyiciler	29
3.4.2 PIC Mikrodenetleyicilerin Tercih Sebepleri.....	30
3.4.2.1 PIC Mikrodenetleyicilerinin Özellikleri.....	30
3.4.3 PIC16F877.....	32
3.5 Kızılötesi Kodlayıcı – Kod Çözücü.....	33
3.6 Kızılötesi Verici – Alıcı Modül.....	34
3.7 Sayısal Analog Dönüştürücü (DAC0800)	35

Dördüncü Bölüm

MİKRODENETLEYİCİ İLE SAYISAL SİNYAL AKTARIMI SİSTEMİNİN KIZILÖTESİ İLETİŞİM YÖNTEMİ İLE UYGULANMASI

4.1 Sistemin Genel Yapısı	37
4.2 Mikrofon ve Yükselteç	39
4.3 Analog/ Sayısal Dönüştürücü ve Kontrol Elemanı (PIC16F877)	40
4.3.1 PIC' in Kullanımı İçin Gerekli Aşamalar.....	40
4.3.2 PIC16F877 A/D Dönüştürücü Modülü.....	41
4.3.2.1 Analog Sayısal Dönüştürmede Kullanılan Yazmaçlar	41
4.3.2.2 Analog / Sayısal Dönüştürme	44
4.3.2.3 Analog Giriş Modeli	44
4.3.2.4 Analog / Sayısal Dönüşüm Saat Hızının Belirlenmesi	45
4.3.3 PIC16F877 USART Modülü (Seri İletişim).....	46
4.3.3.1 USART Modülü Verici Birimi	47
4.3.3.2 USART Modülü Alıcı Birimi	47
4.3.4 USART Modülünün Kullanılması.....	49
4.4 Kızılötesi İletişim Sistemi	56
4.4.1 Kızılötesi Kodlayıcı-Kod Çözücü (MCP2120)	56
4.4.2 Verici-Alıcı Modül (TFDU4100)	59
4.5 D/A Dönüştürücü (DAC0800).....	60

4.6 Boş Kanal Gürültüsünün Etkisinin Azaltılması Yöntemi.....	65
4.7 Program Akış Algoritması.....	66

Beşinci Bölüm

SONUÇ VE ÖNERİLER

5. Sonuç ve Öneriler.....	70
Kaynaklar.....	72
Ekler.....	74



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1: Sayısal İletişim Sistemi Blok Diyagramı.....	4
Şekil 2.1: Kullanılacak Ortama Göre İletişim Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	6
Şekil 2.2: İletişim Tekniklerinin Hız Karşılaştırması.....	8
Şekil 2.3: Unipolar Kodlama Dalga Şekilleri.....	14
Şekil 2.4: Polar Kodlama-1/4 Dalga Şekilleri.....	14
Şekil 2.5: Polar Kodlama-3/16 Dalga Şekilleri.....	14
Şekil 2.6: Darbe Pozisyonu Kodlama (4' lü).....	15
Şekil 2.7: Kızılötesi Kodlama Yöntemlerinde Güç Gereksinimleri.....	16
Şekil 2.8: Kızılötesi Kodlama Yöntemlerinde Bant Genişliği Gereksinimleri.....	17
Şekil 2.9: Polar Kodlama-3/16 ile 010010 Verisinin Kodlanması.....	19
Şekil 2.10: Polar Kodlama-3/16 ile 010010 Verisinin Kod Çözümü.....	19
Şekil 2.11: Kızılötesi Sistemlerde İletim Mesafesi.....	20
Şekil 3.1: Kızılötesi Sayısal İletişim Sistemi Genel Blok Diyagramı.....	23
Şekil 4.1: Mikrodenetleyici ile Kızılötesi Sayısal İletişim Sisteminin Yapı Şeması.....	38
Şekil 4.2: Mikrodenetleyici İle Kızılötesi Sayısal İletişim Sisteminin Fonksiyonel Şeması.....	38
Şekil 4.3: Yükselteç Prensipli Şeması.....	39
Şekil 4.4: BC546 Bacak Bağlantıları.....	39
Şekil 4.5: ADCON0 Yazmaç Yapısı.....	42
Şekil 4.6: ADCON1 Yazmaç Yapısı.....	43
Şekil 4.7: A/D Dönüştürücü Modülü Blok Diyagramı.....	44
Şekil 4.8: Analog Giriş Modeli.....	45
Şekil 4.9: USART Modülü Basitleştirilmiş Verici Blok Diyagramı.....	47
Şekil 4.10: USART Modülü Basitleştirilmiş Alıcı Blok Diyagramı.....	48
Şekil 4.11: 8 bit Asenkronize Dalga Şekli	48
Şekil 4.12: 9 bit Asenkronize Dalga Şekli	49

Şekil 4.13: MCP2120'ye ait Bacak Bağlantıları ve Blok Diyagram	56
Şekil 4.14: Verici-Alıcı Gözün MCP2120 ile Kullanılması.....	57
Şekil 4.15: MCP2120'de Donanımsal Veri Transfer Oranı Seçimi.....	58
Şekil 4.16: MCP2120 Devre İçi Şematik Diyagramı.....	58
Şekil 4.17: TFDU4100 Blok Diyagramı.....	59
Şekil 4.18: TFDU 4100 İçin Tavsiye Edilen Devre Şekli.....	60
Şekil 4.19: DAC0800'e Ait Tipik Bir Uygulama.....	61
Şekil 4.20: D/A Dönüştürücü Devresi Prensip Şeması.....	61
Şekil 4.21: Kızılötesi Sayısal Sinyal Aktarım Sisteminin Prensip Şeması.....	63
Şekil 4.22: Uygulama Programı Akış Diyagramı (Veri Alımı).....	66
Şekil 4.23: Uygulama Programı Akış Diyagramı - 1.....	67
Şekil 4.24: Uygulama Programı Akış Diyagramı - 2.....	68
Şekil 4.25: Uygulama Programı Akış Diyagramı - 3.....	69



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Kodlama Tekniklerinin Güç ve Bant Genişliği Gereksinimleri..... 16

Çizelge 2.2: IrDA Veri Transfer Standartları..... 18

Çizelge 3.1: Bazı A/D Dönüştürücülerin Çözünürlükleri..... 28

Çizelge 3.2: PIC 16F877'nin PIC16F84 ile Karşılaştırılması..... 33

Çizelge 3.3: TFDU Serisi Verici-Alıcıların Veri Transfer Oranları ve İletim
Mesafeleri..... 35

Çizelge 3.4: Sık Kullanılan Bazı D/A Dönüştürücüler ve Özellikleri..... 36

Çizelge 4.1: Analog / Sayısal Dönüşümde Kanal Seçimi..... 42

Çizelge 4.2: Analog / Sayısal Dönüşümde Saat Hızı Seçimi..... 43

Çizelge 4.3: Analog / Sayısal Dönüşümde Port Konfigürasyonu..... 43

Çizelge 4.4: Aygıt Frekanslarına Göre T_{AD} Zamanları..... 45

SİMGELER DİZİNİ

A/D	Analog/Sayısal
D	Sistem İletim Mesafesi
d	Bir Alıcı Verici İletim Mesafesi
D/A	Sayısal/Analog
I/O	Giriş – Çıkış
n	Alıcı Verici Sayısı
PWM	Darbe Genişliği Modülasyonu
PPM	Darbe Pozisyonu Modülasyonu
T _{AD}	A/D Dönüşüm Periyodu
USART	Evrensel Senkronize Asenkronize Alıcı Verici
η	Darbe Pozisyonu Kodlama Modu
γ	Polar Kodlamada Darbe Genişliği

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Bu bölümde iletişim konusuna genel giriş yapılacak, literatür özetleri verilecek ve tezin amacı belirlenecektir.

1.1 Giriş

İletişim günümüzde hayatımıza o kadar farklı yollardan girmektedir ki iletişime birçok farklı yönden bakılabilir. En temel olarak iletişim, bilginin bir noktadan diğer noktaya başarıyla iletilmesidir (Haykin, 1994).

Nerdeyse hayatın tüm formları birbirinden farklı iletişim şekillerini kullanır. Bitkiler kimyasal sinyallerle, hayvanlar bağırışlar ve vücut hareketleriyle iletişim kurarlar. İnsanların iletişimi ise 1800'li yıllara kadar yakın mesafede konuşma ve hareketlerle uzak mesafelerde ise haberciler, davullar, işaret kuleleri ve dumanla sınırlıydı. İletişimde elektrik sinyallerinin kullanımı 1837'de Samuel Morse'un telgraf sinyallerini kablolar aracılığıyla göndermesiyle başladı. İletişim 1876'da Alexander Graham Bell'in telefonu bulmasıyla daha da kişiselleşti (Quinn, 1995).

1918'de ilk radyo alıcısını icat eden Edwin H. Armstrong, 1936'da frekans modülasyonu (Frequency Modulation-FM) adı verilen yeni bir modülasyon tekniğini buldu. 1937'de Alex Rover ses sinyalinin sayısal kodlanması için darbe kodu modülasyonu (Pals Code Modulation-PCM) kullandı. 1948'de transistörün bulunması ve 1958'de ilk entegre devresinin yapılmasından sonra yüksek yoğunluklu entegre devrelerin ve mikroişlemcilerin işletim sistemlerinde kullanılması mümkün oldu. 1945'li yıllarda ilk bilgisayarın icadından sonra, 1950-1970'li yıllarda bilgisayar

iletişimi ile ilgili çalışmalar yapıldı. 1960'lı yıllarda ise uydular ve lazer-optik sistemler iletişimde kullanılmaya başlandı (Haykin, 1994).

İletişim sözcüğü sadece insanların birbirleriyle iletişimi için değil, aynı zamanda makinelerin birbirleriyle iletişimi için de kullanılmaktadır. İnsanlar ve makineler herhangi bir aracı olmadan birbirleriyle iletişim kurabilirler ancak mesafe arttıkça bazı aracı sistemler kullanmak zorunlu hale gelir. Gerçekte insanların veya makinelerin iletişimi esnasında aracı sistemler kullanılır ve aracı sistemler iletişimi sağlar. Bu nedenle elektronik teknolojisinde kullanılan iletişime bu aracı sistemlerin iletişimi olarak bakmak daha doğru olacaktır. Bu aracı sistem kimi zaman bir bilgisayar, kimi zaman bir mikrodenetleyici, kimi zaman basit bir elektronik devre olabilir. Aracı sistemlerin seçiminde maliyet, güvenilirlik, bakım kolaylığı, iletişim kalitesi, kullanılacak iletişim yöntemi gibi kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kriterlerden en önemlisi kullanılacak iletişim yöntemidir, çünkü diğer tüm kriterler buna bağlı olarak değişir.

İletişim yöntemine karar verdikten sonra sistemin hangi amaçla tasarlanacağı, hangi hassasiyette olması gerektiği, maliyet, kalite, boyut, kolay kullanılabilirlik ,taşınabilirlik gibi kriterler göz önünde bulundurularak sistem tasarımına geçilmelidir.

Günümüzde kablosuz ve sayısal iletişim sistemleri gelişmekte ve büyük önem kazanmaktadır, bu konuda dünya çapında önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada son teknolojik gelişmelerden yararlanarak kablosuz ve sayısal iletişim yöntemi ile çalışan, daha ucuz, daha küçük, daha kolay kullanılabilen bir iletişim sisteminin araştırma, tasarım, ve uygulaması yapılacaktır.

1.2 Literatür Özeti

Elektronik iletişim bilginin bir noktadan diğer noktaya elektronik devreler aracılığıyla iletilmesidir. Bütün iletişim şekillerinde bir verici bir veya daha fazla

alıcıya bilgi gönderir. İletişimde kullanılacak bilgi kaynağı analog yada sayısal olabilir (Quinn, 1995).

Bir iletişim sisteminin amacı, bilgi kaynağının sahip olduğu sinyal şeklini kullanıcı ile kaynağın ayrı olduğu durumlarda tanınabilecek şekilde kullanıcıya ulaştırmaktır (Haykin, 1994).

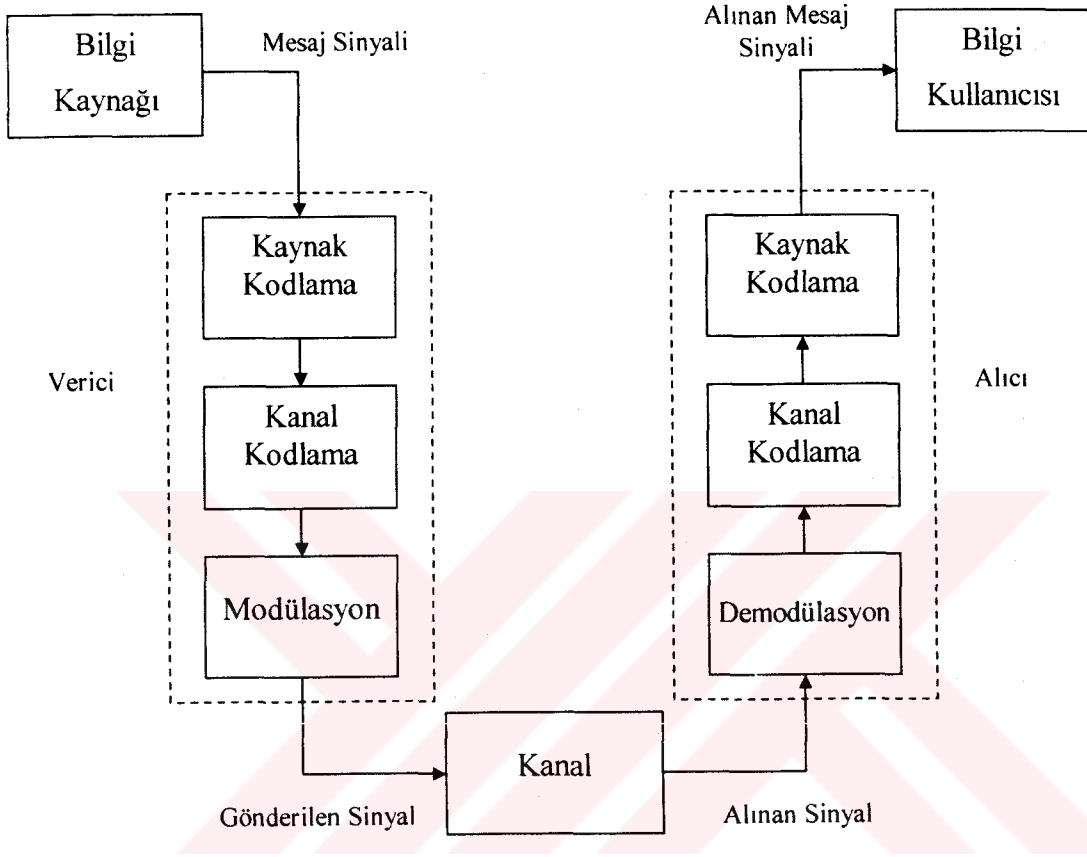
Bilgi taşırken analog yada sayısal iletişim kullanılabilir. Analog işaret sürekli, sayısal işaret ise ayrık durumları ifade eder. Sayısal iletişimi analog iletişimden üstün kılan üç önemli özellik vardır (Freeman, 1996);

1. Analog iletişim sistemlerinde görülen gürültü sayısal iletişim sistemlerinde görülmez.
2. Sayısal biçim katı-hal teknolojisine ve entegre devrelere uyumludur.
3. Sayısal iletişim sayısal verilerle, telefon sinyalleriyle ve bilgisayarlarla uyumludur.

Analog iletişim sistemi tasarımı oldukça basittir. Çünkü analog iletişim sistemleri geniş bir kullanım alanına (örnek olarak; radyo ve televizyon alanında) sahiptir. Ayrıca analog iletişim sistemlerinde sinyal iletişim kanalına alınırken sinyal şekli üzerine sadece yüzeysel değişiklikler yapılır. Bunun yanında sayısal iletişimde sonlu sayıda dalga şekli bulunduğu için iletişim kanalındaki bozulmalara karşı daha dayanıklı ve etkilidir. Sayısal iletişim daha fazla elektronik eleman gerektirmesine rağmen yarıiletken teknolojisindeki ilerlemeler ve büyük çaplı entegrelere kolayca ulaşılabilmesi sayısal iletişimi öne çıkarmaktadır. Geçmişte maliyet nedeniyle tercih sebebi olan analog iletişim artık aynı avantaja sahip değildir (Haykin, 1994).

Şekil 1.1'de sayısal iletişim sistemine ait blok diyagram gösterilmiştir. Sayısal iletişim sisteminde bilgi, kaynaktan alınarak kodlanır. Kaynak kodlama bilginin iletişim için kullanılmaya hazır hale getirilmesidir. Bilgi analog ise kaynak kodlama yapılırken bilgi örneklenerek gerekli olmayan kısımları atılmış olur, ardından her örnek için kodlama yapılarak analog sinyal sayısal kodlar haline dönüştürülmüş olur. Sayısal

kodlara dönüştürülen sinyale kanalda meydana gelebilecek veri kayıplarını önlemek için kanal kodlama yapılır. Kanal kodlama sayısal sinyalin alıcıya güvenli biçimde ulaştırılmasını sağlar.



Şekil 1.1: Sayısal İletişim Sistemi Blok Diyagramı

Pratikte iletişim için kullanılacak tüm kanallar analogtur, bu nedenle kanala gönderilecek her sinyalin uygun şekilde modüle edilmesi gerekir. Kanal kodunun her sembolüne karşılık gelen bir analog sembol vardır, modülasyonla bu çevrim sağlanmış olur. Kanala bırakılan sinyal alıcı tarafında alınır ve ters bir sırada aynı işlemlerden geçerek bilgi kullanıcısına ulaştırılır (Haykin, 1994).

Sayısal bir iletişim sisteminde sinyalin kodlanması için çeşitli kontrol elemanları kullanmak gerekir. Bu kontrol elemanlarının daha kişisel olması ve uygulamaya özel tasarlanabilmesi için en bilinen yol bir bilgisayar, bir mikroişlemci yada bir mikrodenetleyici gibi programlanabilen elemanlar kullanmaktır.

Literatür özetinden de görüldüğü gibi son yıllarda sayısal teknoloji hızla gelişmektedir ve önümüzdeki yıllarda sayısal teknolojinin analog teknolojinin yerinin alacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle sayısal teknolojinin geliştirilmesi güncel bir konudur ve çalışmamızda da sayısal teknoloji ile bir sistem tasarımı yapılacaktır.

1.3 Çalışmanın Amacı

Bilgi iletimi için kullanılan bir sistemde sayısal iletişimin kullanılması hem daha kolay hem de daha güvenilir olacaktır. Sayısal bir iletişim sisteminde önemli noktalardan biri kontrol elemanının doğru seçilmesidir. Yaygın olarak kullanılan ve kullanımı kolay olan kontrol elemanları kişiye ve uygulamaya özel çözümler üretilmesini sağlar.

Çalışmamızın amacı, fiziksel sinyallerin kablosuz ve sayısal olarak iletilebilmesi için araştırma, tasarım ve uygulama yapmaktır. Bu kapsamda sayısal sinyallerin kızıllötesi yöntem kullanarak mikrodnetleyici yardımıyla daha kolay, daha ucuz, daha küçük boyutlarda iletişim sistemi tasarlamaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için değişik iletişim yöntemleri araştırılacak, tasarım yöntemleri önerilecek, kullanım alanına uygun seçim yöntemleri verilecek ve somut bir uygulama yapılacaktır. Ayrıca sayısal bir iletişim sistemi tasarımında dikkat edilmesi gereken noktalara değinilecektir.

Bu tezde yukarıda anlatılan amacı gerçekleştirmek için 2. bölümde sinyal aktarım yöntemlerinin araştırılması, 3. bölümde kızıllötesi sayısal sinyal aktarım sisteminin tasarımı, 4. bölümde mikrodnetleyici ile sayısal sinyal aktarımı sisteminin kızıllötesi iletişim yöntemi ile uygulanması anlatılacak, 5. bölümde yapılan çalışmalar özetlenerek sonuçlar sıralanacak ve öneriler verilecektir.

İKİNCİ BÖLÜM

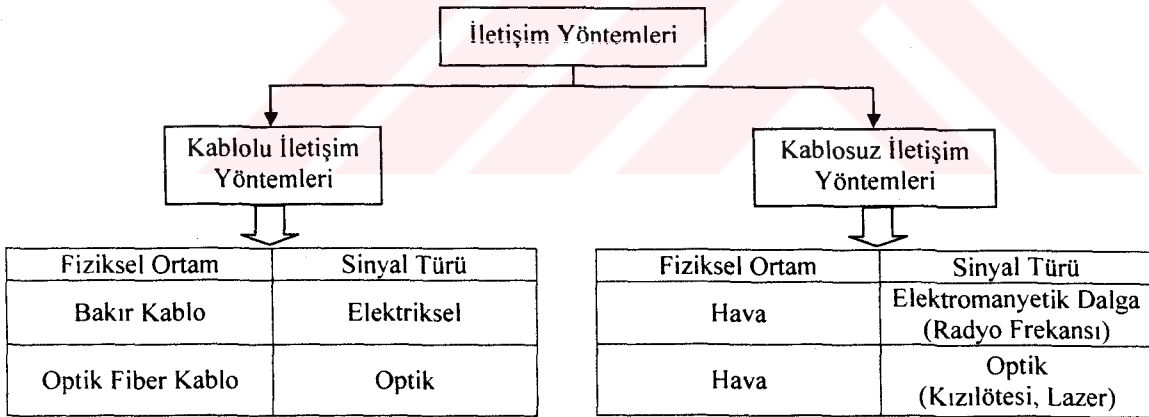
SİNYAL AKTARIM YÖNTEMLERİNİN

ARAŞTIRILMASI

Bu bölümde sinyal aktarım yöntemleri sınıflandırılarak ayrı ayrı incelenecek, karşılaştırılacak ve çalışmanın amacını gerçekleştirmek için seçim yapılacaktır.

2.1 Sinyal Aktarım Yöntemlerinin Sınıflandırılması

İletişim esnasında kullanılacak ortam sistemlerin tasarlanmasında oldukça büyük önem taşır. İletişim yöntemleri iletişimde kullanılacak ortama göre kablolu ve kablosuz iletişim yöntemleri olarak ikiye ayrılır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Kullanılacak Ortama Göre İletişim Yöntemlerinin Sınıflandırılması

2.1.1 Kablolu İletişim Yöntemleri

Kablolu iletişimde bilgi dış ortama yayılmadan bir kılavuz içinde (bakır tel, fiber optik kablo, vb.) alıcıya ulaştırılır. Bu nedenle başkaları tarafından kolayca alınıp kullanılamaz. Kablolu iletişimin bir başka önemli avantajı ortam koşullarından (yağmur, güneş, vb.) az etkilenmesidir.

2.1.1.1 Bakır Kablo

Kablolu iletişimde elektriksel yöntemler kullanılacaksa bakır kablo kullanmak gereklidir. Bakır kablo yakın mesafeler ve düşük veri oranları için uygun ve ucuz bir çözümdür.

2.1.1.2 Optik Fiber Kablo

Yüksek veri oranında ve uzak mesafede iletişim yapılacaksa kablolu iletişimde en uygun seçim fiber optik kablodur. Sinyal fiber optik kab'oda gürültüden az etkilenir. Ayrıca aynı mesafede konulacak tekrarlayıcı sayısı bakır kabloya göre çok daha azdır.

2.1.2 Kablosuz İletişim Yöntemleri

Kablosuz iletişimin en önemli avantajı kullanıcılara hareket imkanı vermesidir. Bunun yanında kablo yığınlarını ortadan kaldırması en önemli özelliğidir. Kablosuz iletişim kablolu iletişimle aynı hızlarda kullanılabilir. Kablosuz iletişim mesafe arttıkça kablolu iletişimden daha ucuz maliyetlere sahiptir. Kablosuz iletişim sistemleri kablolu iletişim sistemlerine göre daha kolay kuruluma sahiptir ve gerektiğinde kolayca yer değiştirilebilir, ayrıca kablosuz sistemlerin bakımı daha kolay ve daha ucuzdur. Kablosuz iletişimin en önemli dezavantajı bilgi güvenliğinin düşük olmasıdır (Bates, 1994). Çünkü kablosuz iletişimde boşluğa bırakılan bilgi başkaları tarafından kolayca alınıp kullanılabilir.

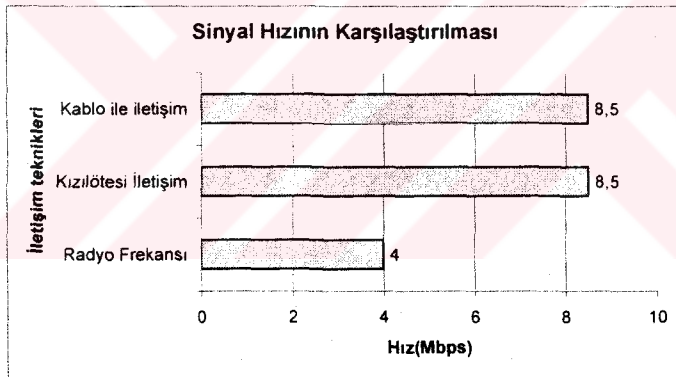
2.1.2.1 Radyo Frekansında İletişim

Elektromanyetik sinyaller aracılığıyla yapılan iletişime radyo frekansında iletişim denir. Radyo frekansında iletişimin diğer kablosuz yöntemlere göre en önemli avantajı yüksek hareket imkanıdır. Radyo frekansında alıcı ve vericinin birbirini doğrudan görme gereği olmadan iletişim yapmak mümkündür. Radyo frekansında oldukça uzak mesafelere kadar iletişim yapılabilir. Radyo frekansında iletişim diğer kablosuz iletişim yöntemlerine göre pahalıdır ve bilgi güvenliği daha azdır.

2.1.2.2 Kızılötesi İletişim

Kablosuz iletişim teknolojilerinin en önemlilerinden biri kızılötesi iletişimdir. Kızılötesi iletişim ucuz bir teknoloji ile üretilmiş bir alıcı-vericinin gönderdiği kızılötesi ışınlar ile yapılan iki yönlü veri iletişimidir (Microchip, 2001)

Kızılötesi iletişim diğer bir kablosuz yöntem olan radyo frekansında iletişime göre daha az hareket imkanı sağlar ve alıcı – verici arasında doğrudan görme gereksinimi daha fazladır. Kızılötesi alıcı ile vericinin genellikle birbirini doğrudan görmesi gereklidir, sadece kapalı mekanlarda dolaylı olarak görmesi yeterli olabilir. Kızılötesi iletişim radyo frekansına göre daha ucuz ve daha hızlıdır. Şekil 2.2’de kızılötesi iletişim hızının kablo ile iletişim ve radyo frekansında iletişimle karşılaştırılması verilmektedir (ICSA, 2001).



Şekil 2.2: İletişim Tekniklerinin Hız Karşılaştırması

Görüldüğü gibi kızılötesi iletişim hız açısından kablolu iletişimle aynı performansa sahipken radyo frekansında iletişimden daha iyidir. Kızılötesi iletişim dezavantajlarından biri yakın mesafelerde iletişim imkanı sağlıyor olmasıdır. Fakat kızılötesi iletişim yakın mesafede çalışması ve sinyali her yöne yaymaması nedeniyle radyo frekansına göre daha yüksek veri güvenliği sağlar. Bunun yanında kızılötesi sinyallerin her yöne yayılmaması nedeniyle interferans konusunda faz kaymalarına karşı hassas olan radyo frekansından daha iyidir. Kızılötesi iletişimin en önemli avantajı ise gün geçtikçe artan elektromanyetik kirliliğe neden olmamasıdır, kızılötesi sinyaller

elektronik sistemler üzerinde en az etkiye sahip olup insan sağlığı üzerinde etkisi radyo frekansına göre daha azdır (ICSA, 2001). Kızılötesi iletişimin bir diğer önemli avantajı ise farklı cihazların birbirine bağlanmasında kullanılabilecek evrensel bir standarda (irDA) sahip olmasıdır.

2.1.3 İletişimde Kullanılacak İşaret Biçimleri

İletişimde bilginin bir noktadan diğer noktaya taşınması için işaretler kullanılır. Bu işaretler bulunduğu ortama göre elektriksel, optik, elektromanyetik, vb. olabilir. Bundan başka işaretler sürekli olup olmamasına göre de birbirlerinden farklılaşır. Sürekli olan işaretlere analog işaret, sürekli olmayanlara ise sayısal işaret adı verilir.

Yukarıda anlatılan tüm kablolu ve kablosuz yöntemlerde sayısal ve analog işaretler kullanılabilir. Her iki işaret yöntemi de çeşitli avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Sayısal yöntemlerin kullanılmasında en önemli neden bilgi kaynaklarının sayısal olmasıdır (Örnek olarak; PC, internet, mikrodenetleyici vb.). Bunun yanında bilinen analog bilgi kaynaklarının da sayısal iletişime yöneldiği görülmektedir, çünkü sayısal iletişim özellikle kablosuz iletişim sistemlerinde - birçok yönden önemli avantajlara sahiptir;

- Bilginin her birimi için daha az bant genişliği,
- İletim esnasında sinyalin tekrarlanabilmesi,
- Analog sistemlerden daha kararlı ve ucuz olması,
- Sayısal sinyal işleme konusundaki hızlı gelişmeler,
- Bilginin kodlama yöntemleri sayesinde güvenli iletilebilmesi,
- Bilginin sıkıştırılabilmesi ve paketlenebilmesi.

Sayısal iletişimin sahip olduğu önemli avantajlar nedeniyle sayısal olarak tasarlanacak sistemimizde taşınabilirliği sağlamak amacıyla kablosuz yöntemlerin kullanılması daha doğru olacaktır. Ayrıca yaygın kullanım için tasarlanacak olan sistemimizde hem yakın mesafelerde hızlı hem de kolay uygulanabilen kızılötesi iletişim sistemi kullanılacaktır.

Sayısal sinyalin kaliteli şekilde iletilmesi için dikkat edilmesi gereken önemli hususlar vardır. Örnek olarak; sinyalin alıcı tarafında alındığında orijinale yakın olması için analog sinyalin sayısal sinyale doğru dönüştürülmesi, kanalın verimli kullanılması ve sinyalin bozulmaması için sinyalin iletiminde kullanılacak yöntemin doğru seçilmesi,vb. Bu amaçla sinyallerin sayısallaştırılması prensipleri ve kızılötesi sayısal iletişim prensipleri ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2.2 Sinyal Sayısallaştırma Prensipleri

Doğadaki fiziksel bir sinyalin (ses, ışık, basınç, vb.) elektriksel sinyale çevrilebilmesi için sinyal çevirici elemanlar kullanılır. Bu elektriksel sinyaller analog haldedir çünkü doğada tüm fiziksel sinyaller analog haldedir. Analog sinyalleri sayısal halde işleyip iletebilmek için sayısal hale dönüştürmek gerekir. Analog sinyallerin orijinaline yakın şekilde yeniden elde edilebilmesi için sayısal biçime doğru dönüştürülmesi gerekir. Doğru dönüşüm için dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır.

2.2.1 Nyquist Oranı

A/D dönüşüm yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli konu Nyquist Oranıdır. Nyquist Oranı bir sinyalin sayısal halinden yeniden analog haline dönüştürülebilmesi için maksimum frekans değerinin iki katı bir frekansta örneklenmesi gerektiğini ifade eder. Örnek olarak; pratikte bant genişliği 5 KHz kabul edilen ses sinyali en az 10 KHz'de örneklenir (Quinn, 1995).

2.2.2 Bit Sayısı

Bir diğer önemli konu ise yapılan dönüştürmenin kaç bit'te olacağıdır. n bit'lik bir dönüşüm sinyalden alınan her örnek olarak 2^n farklı seviyede ifade edilebileceğini gösterir. Burada n sayısı uygulamanın hassasiyetine ve sinyal yapısına göre değişecektir. Bilgi en küçük ayrıntılara kadar önem taşıyorsa daha yüksek bit sayıları seçilmelidir. Fakat yüksek bit sayıları daha fazla eleman ve daha fazla bağlantı

kullanımı nedeniyle maliyeti arttıracaktır. Daha düşük bit sayıları ise, seviyelendirme hatalarına neden olacak, ayrıca düşük sinyal seviyelerinde dönüştürme anlaşılır olmayacaktır (Kayran ve diğ., 1998).

2.2.3 Kanal Kapasitesi

Daha yüksek örnekleme frekansları ve bit sayıları sinyalin kalitesini arttırmaktadır. Ancak kanal kapasitesi, hem örnekleme frekansını, hem de bit sayısını sınırlayan en önemli etkidir. Kanal kapasitesini etkileyen üç önemli faktör vardır;

- A/D dönüştürücü (kontrol elemanı) kapasitesi ve hızı,
- Kızılötesi iletişimde kullanılacak kodlayıcı, kod çözücü ve alıcı-vericilerin hızları,
- Alıcı tarafında D/A dönüştürücü kapasitesi ve hızı.

2.2.3.1 Kontrol Elemanının Kapasitesi

Sayısal sinyallerin bir kontrol elemanı aracılığı ile iletilmesi esnasında dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Özellikle gerçek zamanlı uygulamalarda gönderilecek verilerin belirli bir zaman aralığında gönderilmesi gerekir. Bu ise sistem tasarımında maliyet ile gerçek zamanlı çalışma arasına sıkışmak demektir. Çünkü gerçek zamanlı uygulamalar sistemdeki aksamalara izin vermezken, sistemin hızını arttıracak her türlü çalışma maliyeti de arttıracaktır. Bu nedenle sistem tasarımında eleman seçimi, gerçek zamanlı çalışma ve maliyet göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Kullanılan kontrol elemanının kaç bitlik olduğu ve hızı kanal kapasitesini belirleyen önemli bir faktördür. Örnek olarak; A/D dönüştürücü içeren bir kontrol elemanında sinyalin ilk ulaştığı birim A/D dönüştürme birimidir, burada kontrol elemanının kaç bit'te dönüştürme yapabildiği göz önünde bulundurulması gereken ilk sınırlamadır. Örnek olarak; 10 bit dönüştürme yapabilen bir kontrol elemanı ile daha yüksek bit

sayılarında dönüştürme yapılamaz. Daha yüksek bit sayıları için gerekirse A/D dönüştürücü entegre kullanılmalıdır.

Kullanılan kontrol elemanında ikinci önemli sınırlama ise hız'dır. Yeterince hızlı olmayan bir mikrodenetleyici örnekleme için yeterli hızda yapamaz, yeterli hızda veri aktaramaz, bu da kullanılabilecek örnekleme hızının ve bit sayısının sınırlanması demektir.

2.2.3.2 Kullanılacak Elemanların Hızları

Mikrodenetleyiciden alınan verinin sayısal olarak iletilmesi için kullanılacak iletişim yöntemine göre çeşitli elemanların kullanılması gereklidir. Tüm elektronik elemanlar belirli frekanslara kadar kararlı çalışacak şekilde tasarlandığından kullanılacak elemanların frekansları doğru seçilmelidir. Günümüzde yüksek bit oranlarında elemanlar kolayca bulunabilmektedir fakat yüksek hızlı elemanların maliyeti daha fazladır. Maliyet açısından düşük hızlı elemanlar seçilirse kanal kapasitesi sınırlandırılmış olur.

2.2.3.3 Alıcı Tarafında Sayısal - Analog Dönüştürme Kapasitesi ve Hızı

Alıcı tarafında verici tarafındakine eş bir kontrol elemanı kullanılıyorsa kontrol elemanı açısından bir sınırlama olmayacaktır. Ancak harici bir eleman ile yapılacak D/A dönüştürmede elemanın bit sayısı ve hızı, örnekleme frekansı ve bit sayısını sınırlayabilir. Bu nedenle yeterli hız ve kapasitede D/A dönüştürücü eleman kullanılmalıdır.

2.2.4 Boş Kanal Gürültüsü

A/D dönüşümlerde sinyal gürültü oranı sinyal genliği küçüldükçe azalmaktadır. Eğer sinyal A/D dönüşümde kullanılan en küçük dilimden daha küçükse gürültü işaretten daha büyük olur. Bu durum özellikle kanal boş olduğu zaman çok rahatsız edicidir.

(Kayran ve diğ.,1998). Boş olan kanaldan gürültü nedeniyle sadece 1 birimlik pozitif ve negatif parazitler alınacaktır.

Boş kanal gürültüsünü engellemek için donanımsal bir takım çözümler uygulanabilir. Örnek olarak; A/D dönüştürücünün belirli bir seviyeden daha düşük sinyallerde sıfır çıkışı vermesi sağlanabilir. Fakat kontrol elemanı kullanarak yazılımsal çözümler üretmek hem daha ucuz hem de daha kolaydır. Kontrol elemanı A/D dönüştürme sonucu alınan sayısal değeri kontrol ederek belirli sayısal değerin altında kalan büyüklükleri alıcı tarafına sıfır seviyesindeymiş gibi gönderir veya kanalı kapatır. Böylece düşük değerli sinyaller, ya sıfır seviyesindeymiş gibi gönderilir, yada hiç gönderilmeyerek alıcı tarafından sinyal alınmaması sağlanmış olur.

2.3 Kızılötesi Sayısal İletişim Prensipleri

2.3.1 Kızılötesi İletişimde Kodlama Yöntemleri

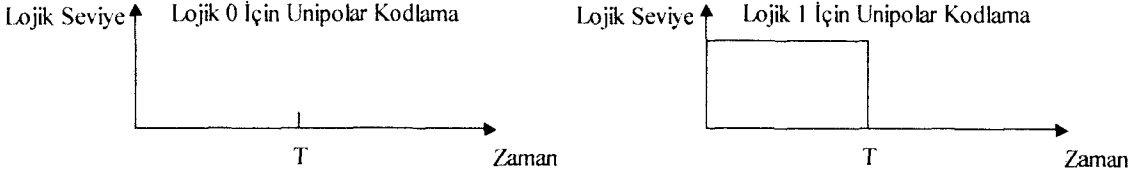
Kızılötesi iletişimde sayısal sinyaller alıcı tarafına gönderilirken çeşitli şekillerde kodlanarak gönderilebilir. Kodlamanın amacı alıcı tarafında sinyallerin doğru algılanmasıdır. Özellikle elemanlardaki gecikme ve gürültünün ardışık verileri etkilememesi için kodlama kullanmak gereklidir. Kızılötesi iletişimde üç farklı kodlama yöntemi kullanılır (Carruthers, 2002);

1. Unipolar Kodlama
2. Polar Kodlama
3. Darbe Pozisyonu Kodlama

Aşağıda bu kodlama yöntemleri açıklanmıştır.

2.3.1.1 Unipolar Kodlama (NRZ-Non Return To Zero)

Bu kodlamada 0 verisi sıfır seviyesindeki bir periyotluk darbe ile 1 verisi ise birim seviyede bir periyotluk darbe ile gönderilir (Şekil 2.3).

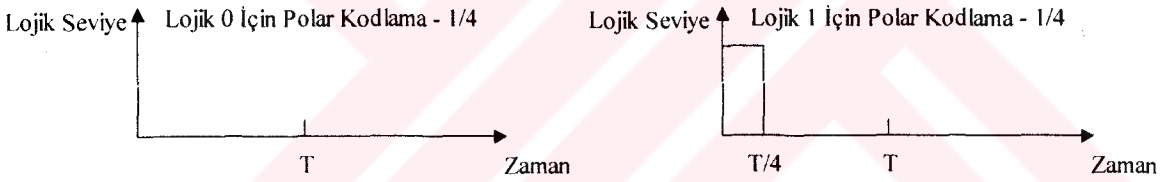


Şekil 2.3: Unipolar Kodlama Dalga Şekilleri

2.3.1.2 Polar Kodlama (RZ-Return To Zero)

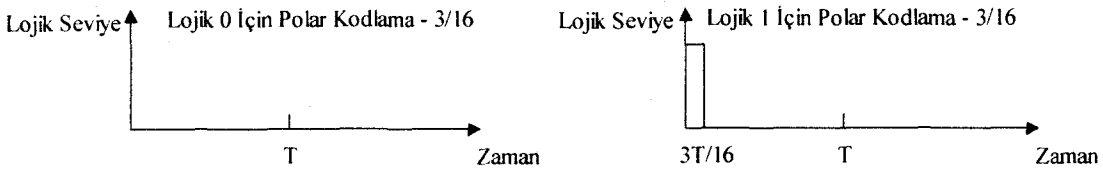
Polar kodlamada 0 verisi sıfır seviyesindeki bir periyotluk darbe ile ifade edilir. 1 verisi ise bir periyotta kısa süreli bir darbe ile ifade edilir, darbenin süresi seçilen elemanlara ve yapılan uygulamaya göre değişir.

Şekil 2.4'te $1/4$ 'lük bir polar kodlama gösterilmektedir. 1 verisi için periyodun 4 'te 1 'i süresince darbe gönderilmektedir.



Şekil 2.4: Polar Kodlama-1/4 Dalga Şekilleri

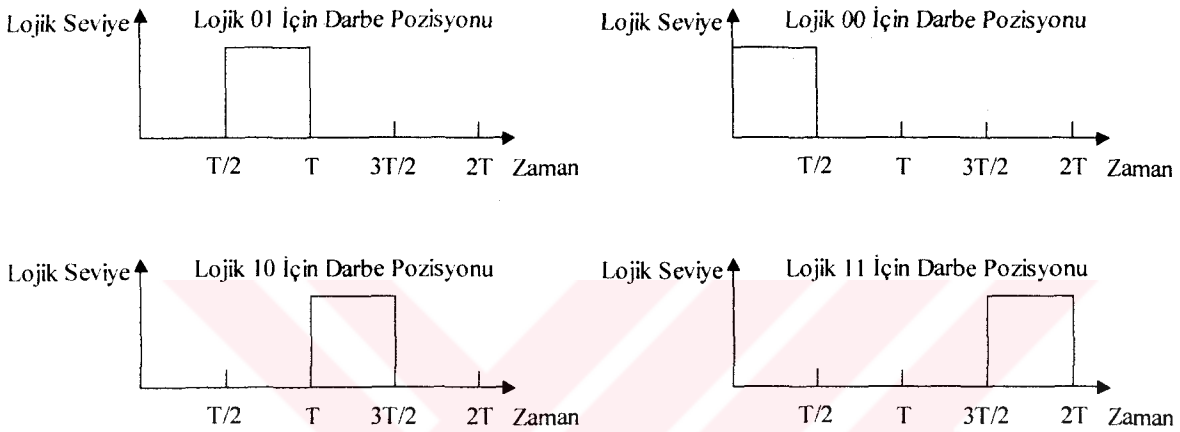
Şekil 2.5'te ise $3/16$ 'lık bir polar kodlama örneği gösterilmiştir. 1 verisi için periyodun 16 'da 3 'ü süresince darbe gönderilmektedir.



Şekil 2.5: Polar Kodlama-3/16 Dalga Şekilleri

2.3.1.3 Darbe Pozisyonu Kodlama (PPM-Pals Position Modulation)

Şekil 2.6’da dörtlü bir Darbe Pozisyonu Kodlama gösterilmektedir. Darbe pozisyonu kodlamada amaç gönderilecek verilere göre darbelerin yerlerinin değişmesidir. 4’lü darbe pozisyonu kodlamada aynı anda 2 bitlik veri 2 periyotluk zamanda iletilirken 8’li kodlamada 3 bitlik veri 3 periyotluk zamanda iletilir. Bu nedenle darbe pozisyonu kodlama bant genişliği açısından herhangi bir avantaja sahip değildir.



Şekil 2.6: Darbe Pozisyonu Kodlama (4’lü)

2.3.2 Kızılötesi İletişimde Kodlama Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Kızılötesi iletişimde kodlama tekniklerini karşılaştırmak için güç gereksinimlerine ve bant genişliklerine bakmak gereklidir (Carruthers, 2002). Çizelge 2.1’de kızılötesi kodlama tekniklerinin ayrı ayrı güç ve bant genişliği gereksinimleri gösterilmiştir.

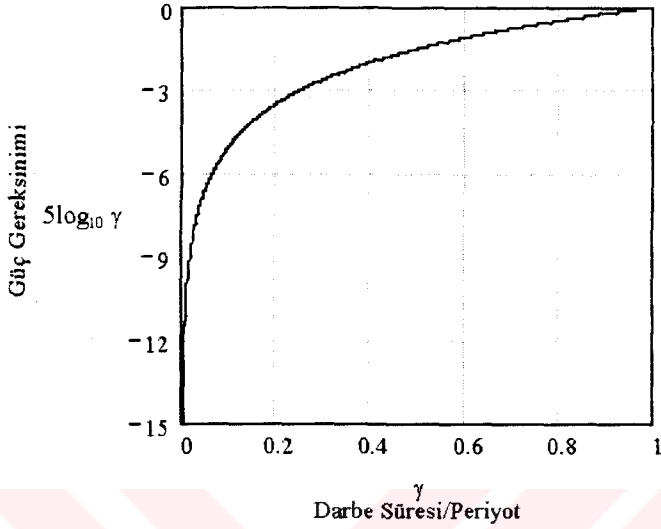
Çizelge 2.1: Kodlama Tekniklerinin Güç ve Bant Genişliği Gereksinimleri

Kodlama Tekniği	Normalize Edilmiş Ortalama Güç Gereksinimi	Normalize Edilmiş Bant Genişliği Gereksinimi
Unipolar Kodlama	0	1
Polar Kodlama- γ	$5\log_{10} \gamma$	$1/\gamma$
η -PPM	$-5\log_{10}(\eta\log_2 \eta/2)$	$\eta/(\log_2 \eta)$

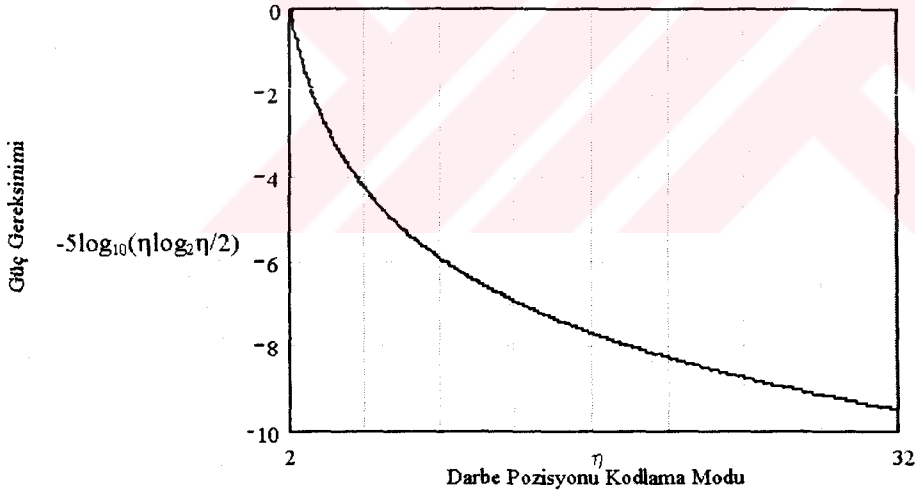
Tabloda γ polar kodlamada kullanılan darbe genişliğini, η ise darbe pozisyonu kodlamanın kaçlı olduğunu ifade etmektedir.

2.3.2.1 Güç Gereksinimine Göre Karşılaştırma

Şekil 2.7’de polar kodlama ve darbe pozisyonu kodlama için güç gereksinimi grafikleri gösterilmektedir.



(a) Polar Kodlamada Darbe Genişliğine Göre Güç Gereksinimi



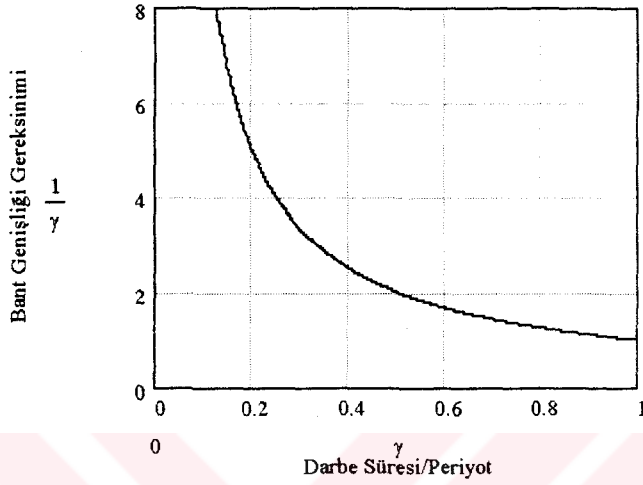
(b) Darbe Pozisyonu Kodlamada Güç Gereksinimi

Şekil 2.7: Kızılötesi Kodlama Yöntemlerinde Güç Gereksinimleri

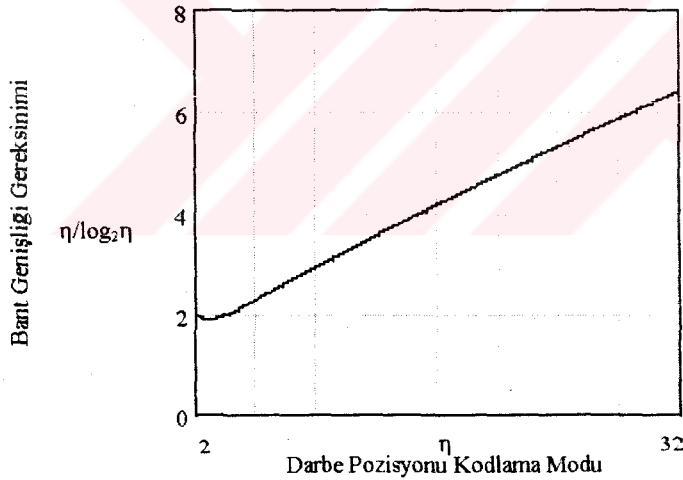
Şekil 2.7 (a)’da görüldüğü gibi polar kodlamada darbe genişliği düştükçe güç gereksinimi azalmaktadır. Ancak darbe genişliğinin belirli seviyelerden daha aşağı indirilemeyeceği unutulmamalıdır. Şekil 2.7 (b)’de darbe pozisyonu kodlamanın yüksek modlarda (8’li, 16’lı, 32’li ,vb..) daha az güç gerektirdiği görülmektedir. Unipolar kodlama ise her iki yöntemde daha fazla güç gerektirmektedir.

2.3.2.2 Bant Genişliğine Göre Karşılaştırma

Unipolar kodlama en düşük bant genişliği gereksinimine sahiptir. Ancak çok kullanılan bir yöntem olmadığı için diğer iki yöntemi karşılaştırmak doğru olur. Şekil 2.8 (a)'da polar kodlama için bant genişliği grafiği gösterilmiştir.



(a) Polar Kodlamada Darbe Genişliğine Göre Bant Genişliği Gereksinimi



(b) Darbe Pozisyonu Kodlamada Bant Genişliği Gereksinimi

Şekil 2.8: Kızılötesi Kodlama Yöntemlerinde Bant Genişliği Gereksinimleri

Görüldüğü gibi özellikle düşük darbe genişliklerinde bant genişliği gereksinimi çok fazla artmaktadır, bu ise önemli bir dezavantajdır. Şekil 2.8 (b)'de ise darbe pozisyonu kodlama için bant genişliği gereksinimi gösterilmektedir. Darbe pozisyonu kodlamada özellikle yüksek modlarda bant genişliği ihtiyacı artmaktadır, ancak bu artış polar kodlamadaki kadar yüksek değildir. Darbe pozisyonu kodlamada modda artış oldukça güç gereksiniminin de düştüğü göz önünde bulundurulmalıdır.

Çizelge 2.2’de irDA tarafından belirlenmiş olan kodlama tekniği standartları gösterilmektedir.

Çizelge 2.2: irDA Veri Transfer Standartları

Veri Transfer Oranı	Kodlama Tekniği
2,4-115,2 Kb/s	Polar Kodlama-3/16
115,2 Kb/s	Polar Kodlama-1/4
4 Mb/s	4-Darbe Pozisyonu Kodlama
16 Mb/s	Unipolar Kodlama

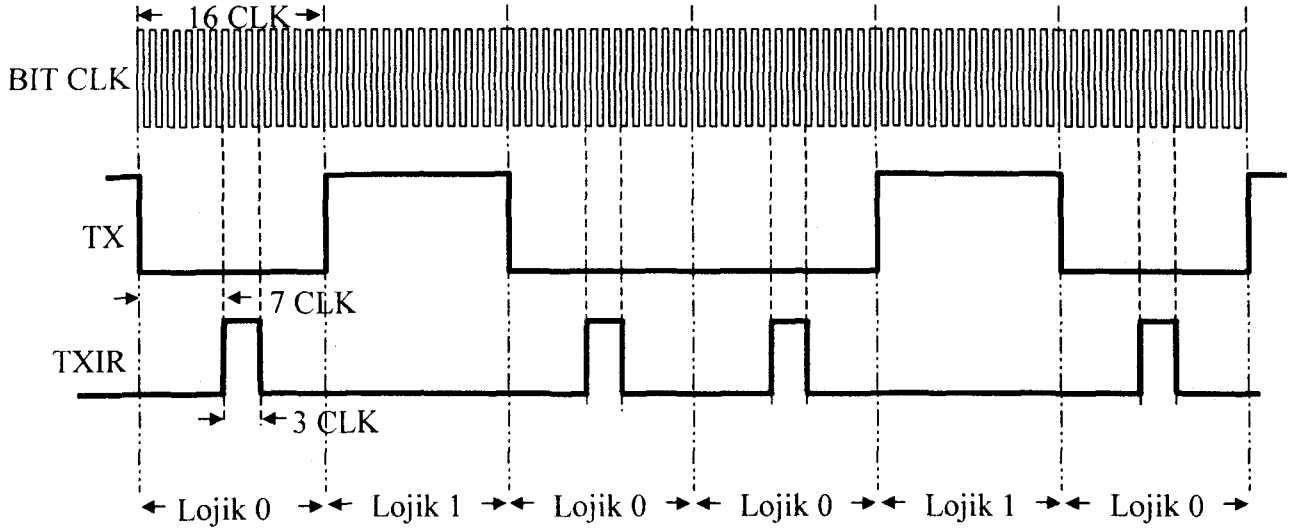
Özellikle fiziksel sinyallerin (ses, ışık, sıcaklık,vb..) eş zamanlı iletiminde göz önünde bulundurulması gereken en önemli konu bu sinyallerin frekans karakteristikleridir. Bu tür sinyaller genellikle yüksek frekanslara sahip değildir, ayrıca sıkıştırma yöntemleri kullanılarak bu tür sinyaller düşük veri transfer oranlarında iletilebilir. Bu nedenle bu tür sistemler için yukarıda anlatılan kodlama tekniklerinden en uygunu polar kodlamadır. Yapılan tasarımda polar kodlama tercih edilmiştir.

2.3.3 Polar Kodlama Yöntemi ile Kızılötesi Sistem Tasarımı

Polar kodlama yönteminde en çok kullanılan ve piyasadaki kızılötesi elemanların desteklediği iki darbe genişliği vardır;

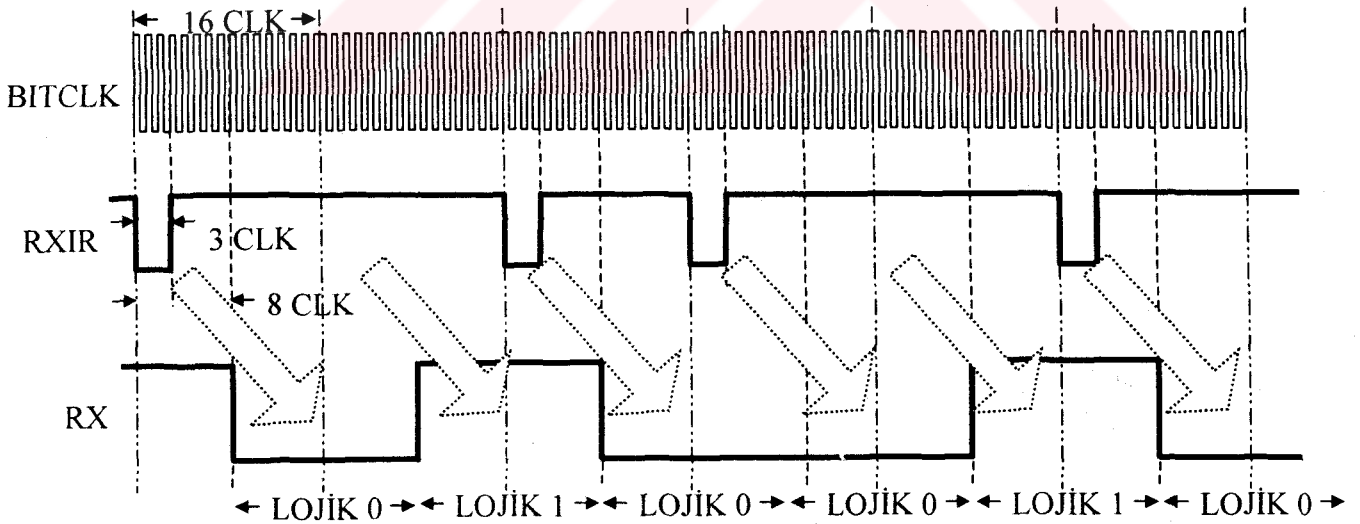
- 3/16, bir periyodun 16 da 3’ü.
- 1/4, bir periyodun 4’te 1’i.

Bu iki seçenektan 3/16’da darbe genişliğinin daha azdır, bu ise alıcı tarafına ulaşan sinyalin daha kolay çözümlenmesine ve bilginin doğru alınmasını sağlamaktadır. Bu nedenle veri transfer oranının düşük olduğu bu gibi durumlarda 3/16 kullanmak gereklidir (Kahn ve Barry,1997). Şekil 2.9’da ve Şekil 2.10’da 010010 verisinin polar kodlama-3/16 ile kodlanışını gösterilmektedir.



Şekil 2.9: Polar Kodlama-3/16 ile 010010 Verisinin Kodlanması

1 periyot 16 eşit parçaya ayrılmıştır. Eğer gönderilecek veri 0 ise ilk 7 vuruşta sıfır seviyede, sonraki 3 vuruşta birim seviyede darbe gönderilmektedir. Kalan 6 vuruşta yine sıfır seviyeli sinyal gönderilmektedir. Böylece 0 verisi için bu bir periyodun sadece 16'da 3'ü kadar kısmında darbe gönderilmiş olur. Eğer veri 1 ise gönderilecek darbelerin tamamı sıfır seviyesindedir.



Şekil 2.10: Polar Kodlama-3/16 ile 010010 Verisinin Kod Çözümü

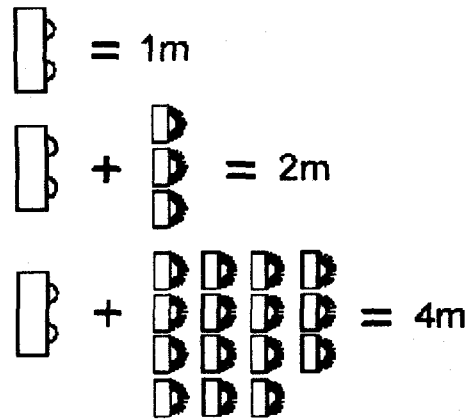
Polar kodlamanın çözümü oldukça basittir. Alıcı sisteminin bir periyodunun 16'da biri periyotta çalışan kod çözücü eleman eğer 3 periyotta 1 seviyesi algılsa 1

seviyesini algıladığı andan bir süre sonra (8 vuruş) alıcıya 0 verisinin geldiği bilgisini gönderir (Şekil 2.10).

1 seviyesinin ilk algılandığı andan 16 vuruş sonra tekrar gelen sinyali kontrol eder, 3 vuruş süresince herhangi bir sinyal yoksa, 1 seviyesinin geldiğini alıcıya bildirir ve yeni bir tarama için 13 vuruşluk bir beklemeye geçer. Bu şekilde bilgiler en az hata ile alıcıya ulaşmış olur.

Burada en önemli nokta 0 verisi için üretilen kısa zamanlı darbenin kızılötesi vericide, ortamda ve kızılötesi alıcıda meydana gelecek değişikliklere rağmen bir sonraki biti etkilemeyecek olmasıdır. Çünkü gönderilen 0 verisi için üretilen darbe bir periyoda göre çok kısa sürelidir, bu nedenle darbedeki bozulmalar periyodun tamamını etkilese bile bir sonraki veriye ait periyodu etkilemeyecektir. Kod çözücü sadece periyodun 3/16'sını değerlendirdiği için 0 verisinin kendi periyodu içindeki diğer gecikme ve bozulmalar sonucu değiştirmeyecektir.

Kızılötesi alıcı verici sisteminde bir diğer önemli konu mesafedir. Mesafe kullanılacak kızılötesi alıcı-verici gözlerin sayısı ile orantılı olarak artacaktır. Şekil 2.11'de gösterildiği gibi verici göz sayısının artırılmasıyla iletim mesafesi arttırılmış olur (Microchip, 2001).



Şekil 2.11: Kızılötesi Sistemlerde İletim Mesafesi

Alıcı – verici ile iletim mesafesi arasındaki bağıntıyı ifade eden matematiksel formül aşağıda verilmiştir;

$$D=d\sqrt{n} \quad (2.1)$$

- D :Sistemin iletim mesafesi,
d :Bir alıcı – vericinin iletim mesafesi,
n :Alıcı – verici sayısı.

Örnek olarak; Alıcı-verici gözün iletim mesafesi 1m ise. 4 alıcı-verici ile bu mesafe,

$$D=d\sqrt{n}=1\sqrt{4}=2\text{ m' ye çıkarılabilir.}$$

2.4 Değerlendirme

Yukarıda yapılan araştırmalar ışığında kablosuz iletişim yöntemlerinden kızılötesi iletişim yöntemi kullanılarak sayısal iletişim sistemi tasarlanacaktır. Sistemimizde düşük veri oranlarında iletişim yapılacağından kızılötesi kodlama yöntemlerinden en uygunu Polar Kodlama-3/16'dır ve bu yöntem kullanılacaktır (Çizelge 2.2).

3.bölümde sistem için en uygun donanımlar seçilecek 4. bölümde ise bu donanımlar kullanılarak uygulama yapılacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KIZILÖTESİ SAYISAL SİNYAL AKTARIM

SİSTEMİNİN TASARIMI

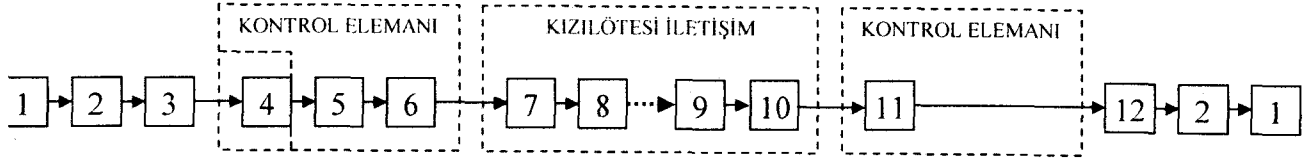
Bu bölümde kıızılötesi iletişim yöntemiyle sinyallerin sayısal olarak aktarılabilmesi için tasarlanacak sistemin özellikleri, tasarımda dikkat edilcek hususlar ve elemanların seçimi yapılacaktır. Sistem tasarlanırken öncelikle sistemin genel yapısı oluşturulacak daha sonra sistemi oluşturan bloklar incelenerek elemanların seçimi yapılacaktır.

3.1 Sayısal Sinyal Aktarımı Sisteminin Yapı Şemasının Tasarımı

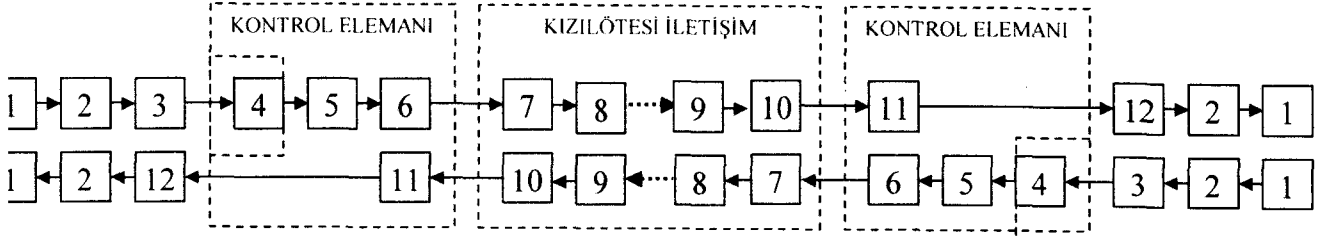
Sayısal bir iletişim sisteminde en önemli konu verilerin doğru ve gerektiği kadar iletilebilmesidir. Bunun için iletilmesi gereken bilgi analog ise öncelikle doğru şekilde A/D dönüştürme yapılmalıdır. Daha sonra bilginin alıcı tarafında doğru alınabilmesi için verilerin uygun biçimde sıkıştırılması, paketlenmesi gereklidir, bu işlemi kontrol elemanı gerçekleştirir. İletişimin kontrolü de kontrol elemanı (PC, mikroişlemci, mikrodnetleyici, vb.) tarafından yapılmalıdır.

Genel olarak kıızılötesi sayısal iletişim sistemi Şekil 3.1'de gösterildiği gibi bir yapıya sahiptir. Şekil 3.1 (a)'da tek yönlü Şekil 3.1 (b)'de ise çift yönlü iletişim sistemi blok diyagramı gösterilmiştir.

Bir sinyal çevirici ve yükselteç aracılığıyla işlenmeye hazır hale getirilen sinyal kontrol elemanında yada harici bir analog/sayısal dönüştürücü ile sayısal sinyale dönüştürülebilir. Alıcı tarafında sinyalin sayısal halden yeniden analog hale dönüştürülebilmesi için bir D/A dönüştürücü sistem kullanılmalıdır. Analog sinyalin fiziksel sinyale çevrilebilmesi için ise bir yükselteç ve uygun sinyal çevirici eleman gereklidir.



a) Tek Yönlü İletişim



b) Çift Yönlü İletişim

1. Fiziksel Sinyal (Ses, sıcaklık, basınç, vb.)
2. Sinyal Çevirici (Transduser - Mikrofon, fotoeleman, hoparlör,motor vb.)
3. Yükselteç
4. Analog-Sayısal Dönüşüm (Analog-Digital Conversion)
5. Sıkıştırma
6. Paketleme
7. Kızılötesi Kodlama
8. Kızılötesi Verici
9. Kızılötesi Alıcı
10. Kızılötesi Kod Çözücü
11. Paket ve Sıkıştırmanın Açılması
12. Sayısal-Analog Dönüşüm (Digital-Analog Conversion)

Şekil 3.1: Kızılötesi Sayısal İletişim Sistemi Genel Blok Diyagramı

Aşağıda kızılötesi sayısal iletişim sistemindeki tüm bloklar ayrı ayrı incelenerek, blokları oluşturan elemanlar için seçim kriterleri verilmiştir.

3.2 Sinyal Çevirici ve Yükselteç

Analog bir bilginin sayısal olarak iletilebilmesi için analogdan sayısala dönüştürülmesi gereklidir. Doğadaki her türlü bilgi (Işık, sıcaklık, ses, vb.) fiziksel sinyal olarak adlandırılabilir ve bu sinyallerin hepside analog yani sürekli bir yapıya sahiptir. Bu sinyaller bir sinyal çevirici aracılığıyla elektriksel sinyal haline çevrilir (Örnek olarak; sıcaklık için termistör, basınç için basınç sensörü, ses için mikrofon, ışık için fotodiyot, vb.). A/D dönüştürmenin doğru şekilde yapılabilmesi için elektriksel hale çevrilmiş olan bu sinyallerin uygun şekilde yükseltilmesi gerekir, sinyalin bozulmadan yükseltilmesi oldukça önemlidir, bunun için ise yükselteç tasarımı büyük önem taşır.

3.2.1 Sinyal Çeviriciler

Bu elemanlar özellikle ölçüm sistemlerinin can damarıdır. Herhangi bir fiziksel biçimde aldıkları bilgiyi başka bir fiziksel bilgi haline çevirirler. Örnek olarak; termometre sıcaklık bilgisini cıva sütununun yüksekliği biçimine dönüştürür. Elektriksel sistemlerde kullanılmaya uygun sinyal çeviricilerin elektriksel çıkışları vardır. Elektriksel sistemlerde kullanılabilecek bir çok sinyal çevirici bulunmaktadır. Aşağıda elektriksel sinyal haline çevrilebilen bazı fiziksel sinyaller verilmiştir;

- Sıcaklık
- Ağırlık
- Hız
- Konum
- Ses
- Renk

Elektriksel sinyali fiziksel sinyale çeviren sinyal çeviricilerde bulunmaktadır. Bu tür sinyal çeviriciler fiziksel sinyali elektriksel sinyale çeviren sinyal çeviricilerden daha farklı yapıya sahiptir. Örnek olarak; ışığı elektriksel sinyale çevirmek için ışığa duyarlı direnç kullanırken, elektriği ışık sinyaline çevirmek için lamba kullanırız. Bazı sinyal çeviriciler şunlardır; ısıya duyarlı direnç, dokunmatik anahtar, takometre, mikrofon, lamba, hoparlör, katot ışınli tüp, motor, yazıcı, vb.

Bir fiziksel sinyali elektriksel sinyale çevirmek için kullanılacak sinyal çevirici seçimi oldukça önemlidir. Çünkü aynı tür sinyal çeviriciler bile birkaç farklı biçimde yapılabilmektedir. Örnek olarak; ses sinyalinin elektrik sinyaline çevrilmesi için kullanılan mikrofonlar yaprak mikrofon, kapasitif mikrofon, dinamik mikrofon gibi çeşitli şekillerde bulunmaktadır. Yapılacak seçim uygulamanın hassasiyetine göre değişir. Hassas uygulamalarda sinyal yapısını bozmadan çevirebilen sinyal çeviriciler kullanılmalıdır.

3.2.2 Yükselteç

Seçilen sinyal çeviriciye ve istenilen hassasiyete göre yükselteç devre seçimi değişir. En kolay yapılabilecek yükselteçler transistörlü yükselteçlerdir. Özellikle basit oluşları transistörlü yükselteçlerde önemli bir avantajdır. Yükselteç tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli konu yükseltecin sinyali bozmadan yükseltmesidir. İşlemsel yükselteç veya entegre yükselteçler bu konuda iyi bir çözüm oluşturur.

Sinyal eğer yükseltme işleminden sonra A/D dönüştürmeye girecekse sinyalin çözünürlüğünün yüksek olması gereklidir. Yani sinyal A/D dönüştürme yapılacak bölgeye oturmalı, en yüksek sinyal seviyesi A/D dönüştürücünün pozitif referansı (V_{REF+}) seviyesine en düşük sinyal seviyesi ise A/D dönüştürücünün negatif referansı (V_{REF-}) seviyesine eşit olacak şekilde yükseltme yapılmalıdır.

Yükselteç devre seçiminde bir diğer önemli nokta yükselteç çıkışında A/D dönüşüme girecek olan sinyalin mümkün olduğunca az gürültülü olmasıdır. Bu noktada Özellikle yükseltecin ve devreyi besleyen kaynakların kararlılığı gürültüyü azaltacaktır. Bunun için LM78XX serisi veya LM317 gibi voltaj ayarlayıcıların kullanılması uygun olacaktır.

3.3 Analog / Sayısal Dönüştürme

Doğru ve gürültüsüz şekilde yükseltilmiş sinyalin sayısal olarak iletilebilmesi için sinyalin analogdan sayısal dönüşürmesi gereklidir. Bunun için bir A/D dönüşürücü entegresi kullanılabileceği gibi A/D dönüşürücülü bir kontrol elemanı da kullanılabilir.

A/D dönüşürücülerin en basit olanı 1 bit'lik dönüşürücü olarak tanımlanır. Bu basit anlamda voltaj karşılaştırıcı olarak kurulmuş bir işlemsel yükselteçtir. Burada kuvvetlendirici referans bacağındaki voltajı giriş voltajı ile karşılaştırıp bu kıyas sonucunda çıkışından lojik1 veya lojik 0 gibi bir sinyal vererek bir işlemciye giriş voltajının istenen değere ulaşp ulaşmadığını haber verir. Daha ayrıntılı analog sinyal işlemek için R-2R tipi A/D dönüşürücüler kullanmak gerekir. Bu tip bir A/D dönüşümde istenilen performansı göstermez.

İyi bir performans için bir A/D dönüşürücü kullanmak gereklidir. A/D dönüşürücü seçilirken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır;

3.3.1 Çözünürlük

A/D dönüşürücüde ilk değerlendirilmesi gereken konu çözünürlüğüdür. Bir A/D dönüşürücünün hassasiyeti çözünürlük için kullandığı bit sayısı ile orantılıdır. Örnek olarak; 8 bitlik ADC0800 gibi bir A/D dönüşürücü ile elde edeceğimiz maksimum voltaj kombinasyonu 256 adettir. Bu V_{ref} referans voltajının $1/256$ sı kadar küçük parçalarının toplamı ile o anda girişte bulunan voltajı ifade edebileceğimiz anlamına gelir. V_{ref} voltajımız 5 volt ise en küçük voltaj birimimiz yaklaşık olarak 20 mV olacaktır. Bu $5 \text{ volt} = 5000 \text{ mV}$, $5000/256 = 20 \text{ mV}$ olarak kolayca hesaplanabilir. Eğer 12 Bit bir A/D dönüşürücü kullansak hassasiyet $1/4096$ birim olur. Örnek olarak $V_{ref} = 5 \text{ Volt} = 5000 \text{ Volt}$ ise $5000/4096 = 1.22 \text{ mV}$ 'luk bir çözünürlük elde ederiz. Çözünürlük 8 bit A/D ye göre 12 bite 10 misli artar.

3.3.2 Dönüştürme Hızı

A/D dönüştürücülerin çözünürlük dışında performans karakteristiklerini belirleyen en önemlisi işlem yani analog voltajı sayısal voltaja dönüştürme hızlarıdır. Günümüzde saniyede 100 milyon örnekleme yapabilecek A/D dönüştürücüler üretilmektedir. Dönüşüm hızını belirlemek için iki önemli noktaya dikkat etmek gereklidir; birincisi dönüştürülecek sinyalin bant genişliği, ikincisi ise gerekli sinyal transfer hızıdır.

Sinyalin bant genişliği Nyquist Oranı uyulması açısından önemlidir. Bu orana uymak için yüksek bant genişliğine sahip sinyallerin daha yüksek frekanslarda dönüştürülmesi gereklidir.

Sinyal transfer hızı alınan verilerin dönüşümden sonra işlenmesi için gerekli zamanı sağlayabilmek için önemlidir. Özellikle gerçek zamanlı uygulamalarda dönüştürülen sinyali bazı işlemlerden geçirmek için gerekli zaman hızlı bir A/D dönüşümle sağlanır. A/D dönüşümün uzaması diğer işlemler için kullanılabilecek zamanın azalması anlamına gelir.

A/D dönüştürücü seçiminde yukarıdaki iki önemli konudan başka A/D dönüştürücünün çalışacağı sıcaklık, bit hata oranı, maliyet gibi özelliklerde göz önünde bulundurulmalıdır.

Sistemimizde bir kontrol elemanı bulunduğundan A/D dönüştürücü olarak kontrol elemanının dahili A/D dönüştürücü kullanmak hem sistemin karmaşıklığını azaltacak hem de maliyeti düşürecektir. Bu noktada değerlendirilmesi gereken en önemli konu kontrol elemanının sahip olduğu A/D dönüştürücünün çözünürlüğünün yeterli olup olmayacağıdır. Eğer bu çözünürlük yeterli değilse harici A/D dönüştürücüler kullanılmalıdır.

Çizelge 3.1’de dahili ve harici bazı A/D dönüştürücülerin çözünürlükleri verilmiştir.

Çizelge 3.1: Bazı A/D Dönüştürücülerin Çözünürlükleri

A/D Dönüştürücü	Çözünürlük(Bit)
PIC16F877(ADC Modülü)	10
ADC080X	8
ADC083X	8

3.4 Kontrol Elemanı

Bir sayısal iletişim sisteminde kontrol elemanı seçiminde karar verilmesi gereken ilk konu kontrol elemanının en az hangi özelliklerde olması gerektiğidir. Sistemimizde kontrol elemanının görevi A/D dönüşüm yapmak, dönüşüm sonucu ortaya çıkan veriyi sıkıştırmak-paketlemek ve seri biçimde kızılötesi iletişim sistemine göndermektir. Bu nedenle kontrol elemanı A/D dönüştürücü içermeli, seri iletişim yapabilmeli ve aldığı verileri işlemek için gerekli yeteneğe ve belleğe sahip olmalıdır.

Özellikle kişisel ve uygulamaya özel çözümler üretebilmek için mikroişlemci, mikrodnetleyici veya PC gibi yaygın kullanımı olan kontrol elemanları arasında seçim yapmak doğru olacaktır.

Bir mikroşlemcili sistemde en temel özellik, sistemdeki hafıza birimleri ile giriş/çıkış birimlerinin tüm devrenin dışında yerelmasıdır.

Mikrodnetleyici için, aynı tüm devre üzerinde üretilen mikrobilgisayar yapısıdır diyebiliriz. Bir mikrodnetleyici tüm devresinde bulunan hafıza, giriş/çıkış ve diğer donanım alt sistemleri, bu işlemcinin bir çok uygulama içinde, mevcut olarak doğrudan ve tek başına, bir mikroşlemciye göre çok daha basit ve ucuz arabirim teknikleriyle, çok amaçlı olarak kullanılmasını sağlar.

Yukarıda saydığımız özellikleriyle mikrodnetleyiciler bu tür bir sistemde yeterli olacaktır. Sistemimizde PC yada mikroşlemci kullanmak sistemin taşınabilirliğini

azaltacak, maliyeti arttıracak, diğer elemanlarla olan bağlantıların zorlaşmasına neden olacaktır.

Kontrol elemanı olarak mikrodenetleyici kullanılacak olan sistemimizde hangi mikrodenetleyicinin kullanılması gerektiği ise bir diğer önemli konudur.

3.4.1 Mikrodenetleyiciler

Neredeyse her mikroişlemci üreticisinin ürettiği birkaç mikrodenetleyicisi bulunmaktadır. Bu denetleyicilerin mimarileri arasında çok küçük farklar olmasına rağmen aşağı yukarı aynı işlemleri yapabilmektedirler. Her firma ürettiği çipe bir isim ve özelliklerini birbirinden ayırmak içinde parça numarası vermektedir. Örnek olarak; Microchip ürettiği mikrodenetleyiciye PIC adını, parça numarası olarak ta 12C508, 16C84, 16F84, 16C711, 16F877 gibi kodlamalar verir. Intel ise ürettiği mikrodenetleyicilere MCS-51 ailesi adını vermektedir.

Mikrodenetleyici seçerken aşağıdaki konulara dikkat etmek gerekir;

- Geliştirirken bir mikrodenetleyici maliyeti ve daha sonra çok sayıda üretim için maliyet.
- Programlama için kullanılan ortam, kullanılacak dilin özellikleri (hızlı ve ucuz bir üretim için oldukça önemlidir).
- Programlama aşamasında uygulama hızı, denemelerde kolay kullanım.
- Sayısal giriş/çıkış sayısı.
- Analog/sayısal dönüşüm için kullanılabilecek analog giriş sayısı.
- Analog çıkışı destekleyip desteklemediği.
- Bellek miktarı.
- Diğer bilinen cihazlarla ve ortamlarla fiziksel ve elektriksel uyumluluk.
- Boyut.
- Güç gereksimi, örnek olarak pille çalışıp çalışamayacağı.
- EPROM, güç kesintilerinde belleğindeki verileri saklayıp saklayamaması.

Yukarıdaki özellikler göz önünde bulundurularak PIC mikrodnetleyicilerin sistemimizde kullanılması daha uygun olduğu görölmüştür. PIC (PERIPHERAL INTERFACE CONTROLLER)'in kelime anlamı çevrele! arayüz denetleyicisidir. İlk olarak 1994 yılında 16 bitlik ve 32 bitlik büyük işlemcilerin, giriş ve çıkışlarındaki yükü azaltmak ve denetlemek amacıyla çok hızlı ve ucuz bir çözüme ihtiyaç duyulduğu için geliştirilmiştir.

3.4.2 PIC Mikrodnetleyicilerin Tercih Sebepleri

Aşağıda PIC mikrodnetleyicileri diğerk mikrodnetleyicilerden üstün kılan bazı özellikler verilmiştir;

- a) Lojik uygulamalarının hızlı olması
- b) Fiyatının oldukça ucuz olması
- c) 8 bitlik mikrodnetleyici olması ve bellek ve veri için ayrı yerleşik veri yollarının kullanılması
- d) Veri ve belleğe hızlı olarak erişimin sağlanması
- e) PIC' e göre diğerk mikrodnetleyicilerde veri ve programı taşıyan bir tek veri yolu bulunması, dolayısıyla PIC' in bu özelliğı ile diğerk mikrodnetleyicilerden iki kat daha hızlı olması.
- f) Herhangi bir ek bellek veya giriş/çıkış elemanı gerektirmeden sadece 2 kondansatör ve bir direnç ile çalışabilmeleri.
- g) Yüksek frekanslarda çalışabilme özelliğı
- h) Bekleme durumunda çok düşük akım çekmesi.
- i) Kesme kapasitesi ve 14 bit komut işleme hafızası.
- j) Kod sıkıştırma özelliğı ile aynı anda birçok işlem gerçekleştirebilmesi.

3.4.2.1 PIC Mikrodnetleyicilerinin Özellikleri

- **Güvenilirlik:** PIC komutları bellekte çok az yer kaplarlar. Dolayısıyla bu komutlar 12 veya 14 bitlik bir program bellek sözcüğüne sığarlar. Harvard mimarisi teknolojisi kullanılmayan mikrodnetleyicilerde yazılım

programının veri kısmına atlama yaparak bu verilerin komut gibi çalıştırılmasını sağlamaktadır. Bu da büyük hatalara yol açmaktadır. PIC' ler de bu durum engellenmiştir.

- **Hız:** PIC oldukça hızlı bir mikrodeneleyici'dir. 4 MHz'lik kristal kullanıldığında her bir komut döngüsü 1µsn' dir. Örnek olarak, 5 milyon komutluk bir programın 20 Mhz' lik bir kristalle işletilmesi yalnız 1 saniye sürer. Bu süre 386SX33 hızının yaklaşık 2 katıdır. Ayrıca RISC mimarisi işlemcisi olmasının hıza etkisi oldukça büyüktür.
- **Komut Seti:** PIC' in 16C5X ailesinde bir yazılım yapmak için 33 komuta ihtiyaç duyarken 16CXX araçları için bu sayı 35' tir. PIC tarafından kullanılan komutların hepsi yazmaç (register) temellidir. Komutlar 16C5X ailesinde 12 bit, 16CXX ailesindeyse 14 bit uzunluğundadır. PIC'te CALL, GOTO ve bit test eden BTFSS ve INCFSSZ gibi komutlar dışında diğer komutlar 1 komut döngüsü sürer. Belirtilen komutlar ise 2 komut döngüsü sürer.
- **Statik İşlem:** PIC tamamıyla statik bir işlemcidir. Yani saat durdurulduğunda da tüm yazmaç içeriği korunur. Pratikte bunu tam olarak gerçekleştirebilmek mümkün değildir. PIC mikrodeneleyicisi programı işletilmediği zaman uyuma (Sleep) moduna geçirilerek mikrodeneleyicinin çok düşük akım çekmesi sağlanır.
- **Sürme Özelliği (Sürücü Kapasitesi):** PIC yüksek bir çıktı kapasitesine sahiptir. Tek bacadan 25 mA akım çekebilmekte ve 25 mA akım verebilmektedir. Entegrenin 4 MHz osilatör frekansında çektiği akım çalışırken 2 mA'dir.
- **Seçenekler:** PIC ailesinde her türlü ihtiyaçların karşılanacağı çeşitli hız, sıcaklık, kılıf, I/O hatları, zamanlama (Timer) fonksiyonları, seri iletişim portları, A/D ve bellek kapasite seçenekleri bulunur.

- **Güvenlik:** PIC endüstride en üstünler arasında yer alan bir kod koruma özelliğine sahiptir. Koruma bitinin programlanmasından itibaren, program belleğinin içeriği, program kodunun yeniden yapılandırılmasına olanak verecek şekilde okunmaz.
- **Geliştirme:** PIC program geliştirme amacıyla programlanabilip tekrar silinebilme özelliğine sahiptir (EPROM, EEPROM). Aynı zamanda seri üretim amacıyla bir kere programlanabilir (OTP) özelliğine sahiptir.
- **Liste Dosyası:** Assembler tarafından yaratılan ve kaynak dosyadaki tüm komutları Hexadecimal sistemdeki değerleri ve tasarımcının yazmış olduğu yorumlarıyla birlikte içeren bir dosyadır. Bir programı hatalardan arındırırken araştırılacak en yararlı dosya budur. Çünkü bu dosyayı izleyerek yazılımlarda neler olup bittiğini anlama şansı kaynak dosyasından daha fazladır. Dosya uzantısı .LST dir.
- **Diğer Dosyalar:** Hata dosyası (Error File: uzantısı .ERR) hataların bir listesini içerir ancak bunların kaynağı hakkında hiç bir bilgi vermez. Uzantısı .COD olan dosyalar emülatör tarafından kullanılırlar.
- **Hatalar (Bug):** Tasarımcının farkında olmadan yaptığı hatalardır. Bu hatalar, basit yazılım hatalarından, yazılım dilinin yanlış kullanımına kadar uzanır. Hataların çoğu derleyici tarafından bulunur ve bir .LST dosyasında görüntülenir. Kalan hataları bulmak ve düzeltmekte geliştiriciye düşer.

3.4.3 PIC16F877

PIC16F877, dünyada kullanıma sunulmasıyla eş zamanlı olarak Türkiye'de de kullanımına sunuldu. PIC16F877, belki de en popüler PIC işlemci olan PIC16F84'ten sonra kullanıcılara yeni ve gelişmiş olanaklar sunmasıyla hemen göze çarpmaktadır.

Program belleği FLASH ROM olan F877'de yüklenen program F84'de olduğu gibi elektriksel olarak silinip yeniden yüklenebilmektedir. Çizelge 3.2'de F877 ve F84 denetleyicileri arasında özellik karşılaştırması yer almaktadır (Microchip,2001).

Çizelge 3.2: PIC 16F877'nin PIC16F84 ile Karşılaştırılması.

Özellikler	PIC16F877	PIC16F84
Çalışma Hızı	DC-20MHZ	DC-10MHZ
Program Belleği	8Kx14 Word Flash ROM	1Kx14 Word Flash ROM
EEPROM Veri Belleği	256 Byte	64 Byte
Kullanıcı RAM	368x8 Byte	68x8 Byte
Giriş Çıkış Port Sayısı	33	13
Timer	Timer0,Timer1,Timer2	Timer0
A/D Dönüştürücü	8 Kanal 10 bit	YOK
Capture/Comp./PWM	16 bit 16 bit Compare Capture 10 bit PWM Çözünürlük	YOK
Seri Çevresel Arayüz	SPI(Master) ve I2C(Master/Slave)Modunda SPI Portu(Senkron Seri Port)	YOK
Paralel slave port	8 bit harici RD,WR ve CS kontrolü	YOK
USART/SCI	9 bit adresli	YOK

Özellikle 16C6x ve 16C7x ailesinin tüm özelliklerini barındırması, 16F877'yi kod geliştirmede de ideal bir çözüm olarak gündeme getirmektedir. Konfigürasyon bitlerine dikkat etmek şartıyla C6x veya C7x ailesinden herhangi bir işlemci için geliştirdiğiniz kodu hemen hiç bir değişikliğe tabi tutmadan F877'e yüklenebilir ve çalışma devam ettirilebilir. Bunun yanı sıra F877, 16C74 ve 16C77 işlemcileriyle de bire bir bacak uyumludur.

3.5 Kızılötesi Kodlayıcı – Kod Çözücü

Mikrodenetleyici çıkışında sinyal doğrudan kızılötesi vericiye gönderilebilir, fakat verici-alıcı tarafında kullanılacak bir kızılötesi kodlayıcı - kod çözücü sayesinde sinyal göndermedeki hatalar en aza indirilmiş olacaktır. Kodlamada amaç kızılötesi sinyalin ortamdaki bozulmalardan daha az etkilenmesini sağlamaktır.

Kodlayıcı tarafından kodlanarak kızılötesi vericiyle ortama bırakılan sinyal kızılötesi alıcı tarafından alındıktan sonra kod çözücüye gönderilir. Kod çözücü ise sayısal haldeki sinyali kontrol elemanına gönderir. Böylece sinyal kızılötesi iletişim sistemi aracılığıyla alıcı tarafına ulaştırılmış olur.

Sistemimizde kızılötesi kodlama tekniği olarak polar kodlama 3/16 kullanılacaktır. Bu kodlama yöntemine uygun bir kızılötesi kodlayıcı-kod çözücü kullanmak gerekir. Polar kodlama-3/16 kodlama tekniğini kullanan elemanlardan biri Microchip firması tarafından üretilen MCP2120'dir ve bu devremizde kodlayıcı- kod çözücü olarak bu eleman kullanılacaktır.

3.6 Kızılötesi Verici – Alıcı Modül

Kızılötesi kodlayıcıdan alınan sinyalin ortama gönderilebilmesi için kızılötesi vericiler kullanmak gerekir. Bu noktada seri veri iletiminin en az elemanla ve verimli yapılabilmesi için verici ve alıcının bir araya getirilmesiyle üretilen verici – alıcı modül kullanımı en doğru seçimdir.

Sistemimizde verici-alıcı modül olarak MCP2120 ile uyumlu Vishay firması tarafından üretilen TFDU serisi alıcı-vericiler kullanılacaktır. Verici-alıcı seçiminde dikkat edilmesi gereken yeterli veri oranında ve yeterli mesafede iletim yapabilen verici-alıcı modülü seçmektir. Ayrıca henüz yaygın olmayan bu verici-alıcı modüllerin maliyeti de seçimde önemli bir kriterdir. Çizelge 3.3'te TFDU serisi verici-alıcıların veri transfer oranları ve iletim mesafeleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.3: TFDU Serisi Verici-Alıcıların Veri Transfer Oranları ve İletim Mesafeleri

Verici-Alıcı Modül	İletim Mesafesi (m)	Veri Transfer Oranı (Kbps)
TFDU4100	0-3,0	9,6-115
TFDU4201	0-0,4	9,6-115
TFDU4202	0-1,0	9,6-115
TFDU4203	0-1,0	9,6-115
TFDU5107	0-1,0	9,6-1000
TFDU6102	0-1,0	9,6-4000

TFDU4100 seri veri iletimiyle ilgili IrDA standartlarına uygun, 115,2 Kbit/saniye veri transfer oranlarına kadar kararlı çalışabilen bir kızılötesi verici-alıcı modülüdür. Modülde bir fotodiyot, bir kızılötesi led ve bir düşük güçlü analog kontrol entegresi bulunur. Modül tüm genel amaçlı giriş/çıkış çipleriyle uyumludur. Akım sınırlayıcı direnç ve bir bypass kapasitörü kullanılan harici elemanlardır. Devremizde mesafede göz önünde bulundurularak TFDU4100 verici-alıcı modül kullanılacaktır.

3.7 Sayısal Analog Dönüştürücü (DAC0800)

Sayısal hale getirilip iletilen analog sinyalin yeniden analog haline dönüştürülmesi gerekir. Bir mikrodenetleyici ile sayısal bilgiye karşılık gelen voltajı üretmenin birkaç alternatif metodu vardır. Bunlardan ilki 16 adet direnç kullanarak R-2R tipinde bir direnç merdiveni ile sorunu çözmektir ki bu metod yazılım olarak büyük kolaylıklar getirmesi yanında çok sayıda direnç kullanımını gerektirir. En ucuz metod ise Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM, Pulse Width Modulation) tekniği ile sayısal bilgiyi voltaja dönüştürmektir. Bu teknik temelde bir adet direnç ve kondansatör ile işi halletmesine rağmen bazı dezavantajlara sahiptir. En önemli dezavantajı kondansatör sürekli deşarj eğiliminde olacağından mikrodenetleyicinin yaptığı işe ara verip, dinamik RAM belleklerdeki tazeleme olayına benzer bir mantıkla kondansatörü PWM dalgasıyla sık sık şarj etmesi gerekir. Tabii voltaja karşılık gelecek PWM dalgasını yazılım içinde üretmekte, R-2R tekniğindeki port'a veriyi yazmaktan çok daha fazlasını gerektirir, bu nedenle kullanımı kolay değildir.

Diğer ve en pratik yöntem ise DAC0800 gibi bu iş için yapılmış bir entegreden yardım almaktır. Gelen veri paralel olarak D/A dönüştürücüye aktarılır ve D/A dönüştürücü çıkışında bir yükselteç yardımıyla analog sinyal alınır. D/A dönüştürücü seçiminde çözünürlük seçimi yapmaya gerek yoktur çünkü sinyalin A/D dönüşümde kaç bit kullanılmışsa D/A dönüşümünde de aynı miktarda bit kullanılmalıdır. Çözünürlük düşürülüp daha az bit sayısında dönüşüm yapılabilir fakat daha fazla bit sayısı mümkün değildir. Çizelge 3.4'te sık kullanılan bazı D/A dönüştürücüler ve özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.4: Sık Kullanılan Bazı D/A Dönüştürücüler ve Özellikleri

D/A Dönüştürücü	Çözünürlük (bit)	Özellik
DAC080X	8	Hızlı
DAC083X	8	µP Uyumlu
DAC12xx	12	µP Uyumlu
DAC14135	14	Küçük Boyut
DAC7631	16	Seri Giriş, Küçük Boyut

Devremizde D/A dönüştürme için DAC0800 entegresi kullanılmıştır. Çünkü kullanımı oldukça kolay ve piyasada kolaylıkla bulunabilen bir entegredir.

Tasarladığımız sistem için transistörlü bir yükselteç, A/D dönüştürücü ve kontrol elemanı olarak PIC16F877 mikrodenetleyicisi seçilmiştir. Sistemimizde D/A dönüştürücü olarak DAC0800 entegresi kullanılacaktır. Kızılötesi iletişim sisteminde kodlayıcı-kod çözücü olarak MCP2120 entegresi kullanılırken kızılötesi verici-alıcı modül olarak TFDU4100 kullanılacaktır. Sistemimizi LM78XX serisi gerilim regülatörleri besleyecektir. 4. bölümde bu elemanların nasıl bir araya getirileceği ve mikrodenetleyicinin programlanması anlatılacaktır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

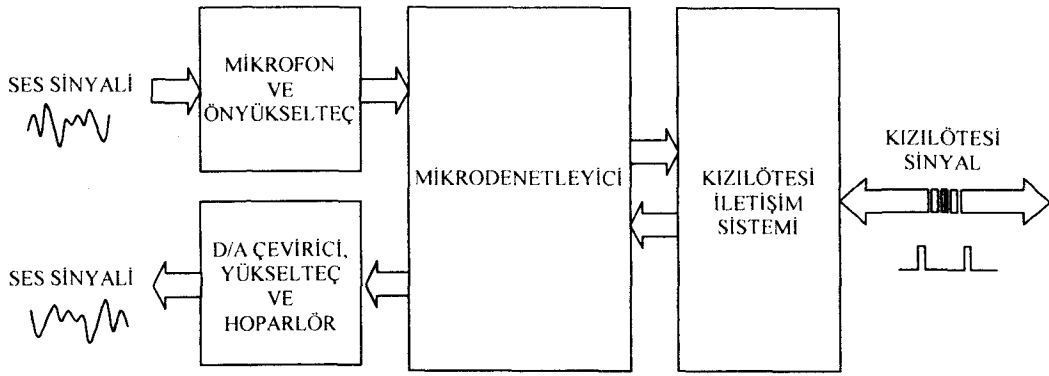
MİKRODENETLEYİCİ İLE SAYISAL SİNYAL AKTARIMI SİSTEMİNİN KIZILÖTESİ İLETİŞİM YÖNTEMİ İLE UYGULANMASI

Bu bölümde tasarladığımız sistem uygulanacak ve sistemin çalışması anlatılacaktır. Sistem tasarlandıktan sonra yapılması gereken ilk iş sistemi ayrı bloklar halinde oluşturup, daha sonra bu blokları bir araya getirmektir.

4.1 Sistemin Genel Yapısı

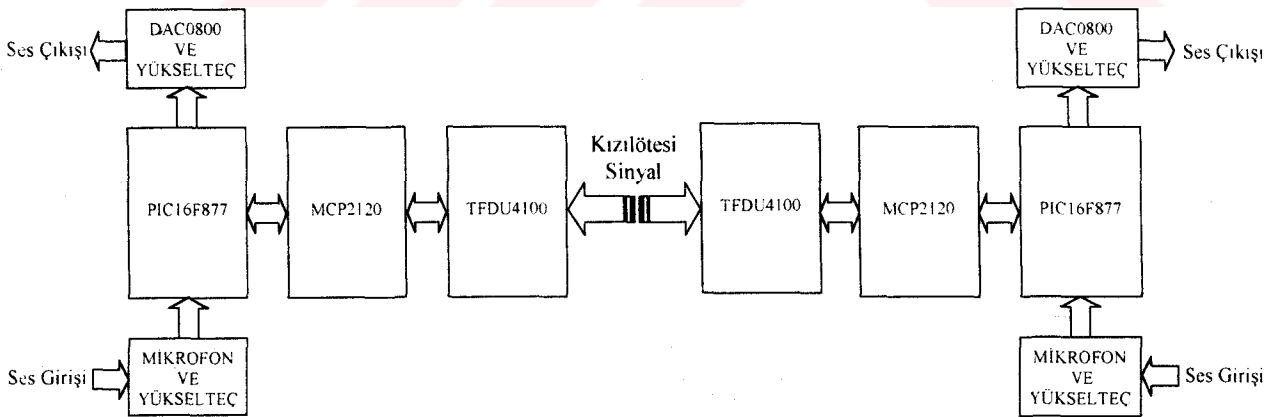
Sayısal iletişim sistemimizde iletim için ses sinyali kullanılacaktır. Çünkü ses sinyali fiziksel sinyaller arasında yüksek frekanslı sinyallerden biridir ve gerçek zamanlı iletişim gerektirir. Ayrıca ses sinyali kullanmak sistem verimliliğini denetlemek kullanılabilecek pratik bir yoldur.

Sistemimiz gerçek zamanlı ve çift yönlü iletişim gerektiren ses sinyalinin iletimi için tasarlanmıştır. Bu sistem gerçek zamanlı ve çift yönlü iletim gerektiren/gerektirmeyen her türlü uygulamada kolaylıkla kullanılabilir. Sistemde kontrol elemanı hem alıcı hem de verici görevini yapmaktadır. Sistem eşlenik bir sistemle karşılıklı iletişim yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. Şekil 4.1’de sistemin yapı şeması verilmiştir.



Şekil 4.1: Mikrodenetleyici ile Kızılötesi Sayısal İletişim Sisteminin Yapı Şeması

Ses sinyali bir mikrofon aracılığıyla sisteme alınmakta ve bir yükselteç ile yükseltilerek mikrodenetleyiciye gönderilmektedir. Mikrodenetleyicide örneklendirilerek sayısal sinyale dönüştürülen sinyal gerekli düzenlemelerden sonra kızılötesi iletişim sistemi aracılığıyla ortama gönderilmektedir. Bunun tersi olarak kızılötesi iletişim sistemi tarafından ortamdaki kızılötesi sinyallerde gönderilir. Mikrodenetleyici tarafından alınan sayısal sinyal gerekli düzenlemelerden sonra bir D/A dönüştürücüye gönderilmekte, daha sonra bir yükselteç ve hoparlör kullanılarak ses sinyaline çevrilmektedir. Şekil 4.2’de Mikrodenetleyici ile kızılötesi sayısal iletişim sisteminin fonksiyonel şeması verilmiştir.

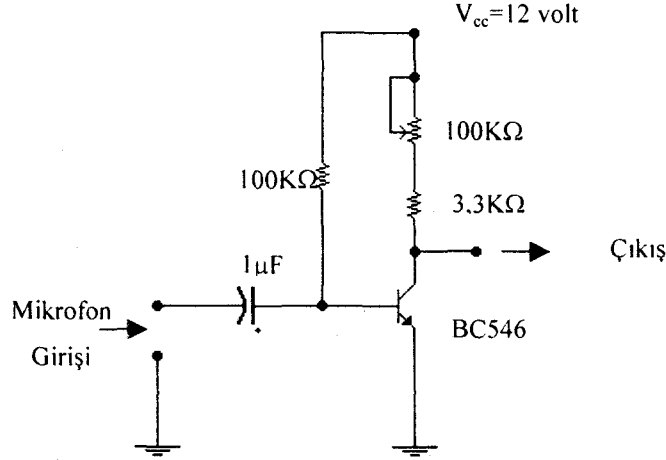


Şekil 4.2: Mikrodenetleyici ile Kızılötesi Sayısal İletişim Sisteminin Fonksiyonel Şeması

Fonksiyonel şemada birbirinin eşleniği iki ayrı sistemin iletişimi gösterilmektedir. Aşağıda şemayı oluşturan bloklar ayrı ayrı incelenmiştir.

4.2 Mikrofon ve Yükselteç

Devremizde ses sinyalinin algılanması için bir dinamik mikrofon ve düzgün bir yükseltme için BC546 transistör kullanılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Yükselteç Prensip Şeması

BC546 yüksek akım kazançlı düşük gürültülü, NPN, silikon transistördür. A/D dönüşümde sinyalin doğru şekilde sayısal verilere dönüştürülebilmesi için sinyalin dönüştürme yapılan bölgeye (referans gerilimleri arasına) yayılması yani çözünürlüğünün artırılması gereklidir. BC546 özellikle yüksek akım kazancı sayesinde sinyallerin yüksek çözünürlükte yükseltilmesini sağlar. Şekil 4.4'te BC546'ya ait bacak bağlantıları gösterilmektedir.



TO-92
1. Collector 2. Base 3. Emitter

Şekil 4.4: BC546 Bacak Bağlantıları

Devremizde A/D dönüştürücü modüle sahip olan PIC16F877 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Aşağıda PIC mikrodenetleyicilere ve özellikle PIC16F877 mikrodenetleyicisine ait özellikler verilmiştir.

4.3 Analog/ Sayısal Dönüştürücü ve Kontrol Elemanı (PIC16F877)

4.3.1 PIC' in Kullanımı İçin Gerekli Aşamalar

- **I/O (Giriş / Çıkış):** Mikrodenetleyici dış dünya ile ilişkisini sağlayan, girdi ve çıktı şeklinde ayarlanabilen bir bağlantı pinidir. I/O çoğunlukla mikrodenetleyicinin iletişim kurmasına, kontrol etmesine veya bilgi okumasına izin verir.
- **Yazılım:** Mikrodenetleyicinin çalışmasını ve işletilmesini sağlayan bilgidir. Başarılı bir uygulama için yazılım hatasız olmalıdır. Yazılım C, Pascal veya Assembler gibi çeşitli dillerde veya ikilik (binary) olarak yazılabilir.
- **Donanım:** Mikrodenetleyici, bellek, arabirim bileşenleri, güç kaynakları, sinyal düzenleyici devreler ve bunları çalıştırmak ve arabirim görevini üstlenmek için bu cihazlara bağlanan tüm bileşenlerdir.
- **Simülatör:** PC üzerinde çalışan ve mikrodenetleyicinin içindeki işlemleri simüle eden MPSIM gibi bir yazılım paketidir. Hangi olayların ne zaman meydana geldiği biliniyorsa bir simülatör kullanmak tasarımları test etmek için kolay bir yol olacaktır. Öte yandan simülatör, programları tümüyle veya adım adım izleyerek hatalardan arındırma fırsatı sunar. Şu anda en gelişmiş simülatör programı Microchip firmasının geliştirdiği MPLAB programıdır.
- **Programcı:** Yazılımın mikrodenetleyici belleğinde programlamasını ve böylece ICE' nin yardımı olmadan çalışmasını sağlayan bir birimdir. Çoğunlukla seri port'a (örnek olarak PICSTART, PROMASTER) bağlanan bu birimler çok çeşitli biçim, ebat ve fiyatlara sahiptir.

- **Kaynak Dosyası:** Hem assembler' in hem de tasarımcının anlayabileceği dilde yazılmış bir programdır. Kaynak dosya Mikrodenetleyici' ün anlayabilmesi için önceden assemble edilmiş olmalıdır.
- **Assembler:** Kaynak dosyayı bir nesne dosyaya dönüştüren yazılım paketidir. Hata araştırma bu paketin yerleşik bir özelliğidir. Bu özellik assemble edilme sürecinde hatalar çıktıkça programı hatalardan arındırırken kullanılır. MPASM, tüm PIC ailesini elinde tutan Microchip' in son assemble edicisidir.
- **Nesne dosyası (Object File):** Assembler tarafından üretilen bu dosya; programcı, simülatör veya ICE'nin anlayabilecekleri ve böylelikle dosyanın işlevlerinin çalışmasını sağlayabilecekleri bir dosyadır. Dosya uzantısı assemble edicinin emirlerine bağlı olarak , .OBJ veya .HEX olur.

4.3.2 PIC16F877 A/D Dönüştürücü Modülü

PIC16F877 8 adet A/D kanalına sahiptir, yani 8 farklı kanalda A/D dönüşüm yapılabilir. Analog giriş bir örnekle ve tut kondansatörünü doldurur. Bu kondansatörün çıkışı ise dönüştürücünün girişine bağlıdır. A/D dönüştürücü gelen analog sinyali en yakın değere atayarak sayısalı dönüştürür. Böylece analog sinyal 10 bitlik sayısal bir sinyale dönüştürülmüş olur.

Dönüştürücü tarafından kullanılan referans voltajları denetleyiciyi besleyen voltajlar olabileceği gibi harici olarak AN3/VREF+ ve AN2/VREF- pinlerine bağlanacak voltajlarda olabilir (Denetleyicinin 5. ve 4. pinleri).

4.3.2.1 Analog Sayısal Dönüştürmede Kullanılan Yazmaçlar

ADC modülü 4 adet yazmaca sahiptir,

- ADRESH - A/D dönüşüm sonucu yüksek yazmaç,
- ADRESL - A/D dönüşüm sonucu düşük yazmaç,

- ADCON0 - A/D dönüşüm kontrol yazmacı 1,
- ADCON1 - A/D dönüşüm kontrol yazmacı 0.

ADCON0 yazmacının 0. biti (ADON) dönüştürücüyü etkinleştirmek için kullanılır (Şekil 4.5).

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

Şekil 4.5: ADCON0 Yazmaç Yapısı

ADCON0 yazmacının 1.biti kullanılmazken 2.bit A/D dönüşümün bitip bitmediğini gösterir. 1 ise dönüştürme devam etmekte 0 ise bitmiştir. 3-5. bitler dönüşüm için kullanılacak kanalı belirler (Çizelge 4.1). Devremizde koyu olarak gösterilen değerler kullanılmıştır.

Çizelge 4.1: Analog / Sayısal Dönüşümde Kanal Seçimi

CHS2 CHS1 CHS0	Kanal No
000	Kanal 0, (AN0)
001	Kanal 1, (AN1)
010	Kanal 2, (AN2)
011	Kanal 3, (AN3)
100	Kanal 4, (AN4)
101	Kanal 5, (AN5)
110	Kanal 6, (AN6)
111	Kanal 7, (AN7)

ADCS1 ve ADCS0 bitleri ise yapılacak dönüşümde kullanılacak saatin hızını belirler (Çizelge 4.2). Çizelgede FOSC mikrodenetleyicinin çalışma frekansıdır. Devremizde koyu olarak gösterilen değerler kullanılmıştır.

Çizelge 4.2: Analog / Sayısal Dönüşümde Saat Hızı Seçimi

ADCS1 ADCS0	Dönüşüm Frekansı
00	FOSC/2
01	FOSC/8
10	FOSC/32
11	FRC (A/D Dahili Saat)

ADCON1 yazmacının 0-3. bitleri A/D portunu konfigüre etmek için kullanılır (Şekil 4.6).

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	ADFM	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

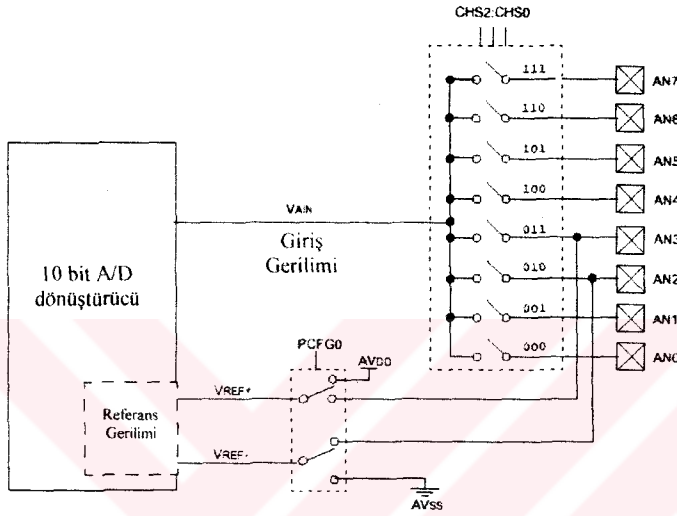
Şekil 4.6: ADCON1 Yazmaç Yapısı

Çizelge 4.3'te bu bitlerin ifade ettiği konfigürasyonlar verilmiştir. Devremizde PCFG değeri olarak 1110 kullanılmıştır. Bu değer V_{DD} ve V_{SS} gerilimlerinin referans gerilimleri olarak alındığını ve sadece AN0 bacağına analog giriş olarak kullanılacağını gösterir.

Çizelge 4.3: Analog / Sayısal Dönüşümde Port Konfigürasyonu

PCFG	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C / R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	AVDD	AVSS	8 / 0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	AVSS	7 / 1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	AVDD	AVSS	5 / 0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	AVSS	4 / 1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	AVDD	AVSS	3 / 0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	AVSS	2 / 1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0 / 0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6 / 2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	AVDD	AVSS	6 / 0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	AVSS	5 / 1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4 / 2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3 / 2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2 / 2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	AVDD	AVSS	1 / 0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1 / 2

Burada A; analog girişi, D; sayısal girişi, C / R; analog giriş sayısı / voltaj referansı sayısını göstermektedir. ADCON1 yazmacında etkin olan diğeri bit ise ADFM bitidir. ADFM biti alınan 10 bitlik çerim sonucunun sağı veya sola yaslı oluşunu belirler, ADFM biti 1 ise sonuç sağı yaslanır yani 10 bitlik sonuç verisinin 8 biti ADRESL yazmacına, 2 biti ADRESH yazmacına yazılır. ADFM biti 0 ise 10 bitlik sonuç verisinin 8 biti ADRESH yazmacına 2 biti ADRESL yazmacına yazılır. Şekil 4.7’da A/D dönüştürücü modülüne ait blok diyagram gösterilmektedir.



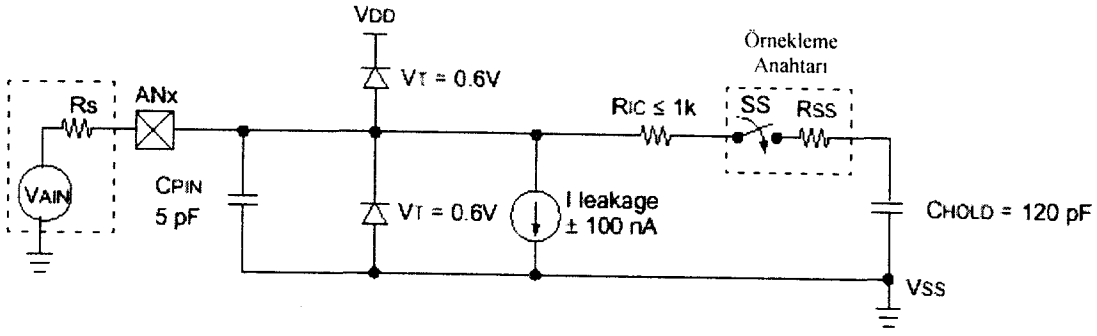
Şekil 4.7: A/D Dönüştürücü Modülü Blok Diyagramı

4.3.2.2 Analog / Sayısal Dönüştürme

ADRESH ve ADRESL yazmaçları A/D dönüşüm sonucu elde edilen 10 bitlik sonucu saklar. Dönüşüm tamamlandığında sonuç bu iki bite yazılır ve ADCON0 yazmacının 2 nolu biti 0 olur , PIR1 yazmacındaki ADIF biti 1 olur.

4.3.2.3 Analog Giriş Modeli

Tutma kapasitörünün (C_{HOLD}) giriş voltajı seviyesine dolması sağlanmalıdır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Analog Giriş Modeli

Kapasitörün dolma süresini kaynak direnci (R_S) ve örneklem anahtarının direnci (R_{SS}) belirler. Analog kaynak için tavsiye edilen en büyük direnç $10K\Omega$ 'dur, direnç düştükçe dolma zamanı düşer.

4.3.2.4 Analog / Sayısal Dönüşüm Saat Hızının Belirlenmesi

Her bir bit için gerekli A/D dönüşüm süresi T_{AD} olarak tanımlanır. 10 bitlik bir Dönüşüm $11,5 T_{AD}$ kadar zaman gerektirir. T_{AD} 'nin seçimi aşağıdaki dört şekilde olabilir;

- $2 T_{OSC}$
- $8 T_{OSC}$
- $32 T_{OSC}$
- Dahili RC Osilatör

Doğru dönüşüm için dönüşüm saatinin hızı en az $1,6 \mu s$ olacak şekilde ayarlanmalıdır. Çizelge 4.4'te seçilen T_{AD} ve aygıt frekansına göre ortaya çıkacak süreler gösterilmiştir. Koyu renkli bölgeler tavsiye edilen sürenin altında kalan süreleri ifade etmektedir.

Çizelge 4.4: Aygıt Frekanslarına Göre T_{AD} Zamanları

AD Clock Source (T_{AD})		Device Frequency			
Operation	ADCS1:ADCS0	20 MHz	5 MHz	1.25 MHz	333.33 kHz
$2T_{OSC}$	00	100 ns ⁽²⁾	400 ns ⁽²⁾	1.6 μs	6 μs
$8T_{OSC}$	01	400 ns ⁽²⁾	1.6 μs	6.4 μs	24 μs ⁽³⁾
$32T_{OSC}$	10	1.6 μs	6.4 μs	25.6 μs ⁽³⁾	96 μs ⁽³⁾
RC	11	2 - 6 μs ^(1,4)	2 - 6 μs ^(1,4)	2 - 6 μs ^(1,4)	2 - 6 μs ⁽¹⁾

Aşağıda A/D dönüşüm için bir kod örneği verilmiştir;

```
bsf      STATUS, RP0      ; 1. bellek bankasını seç
clrf     ADCON1           ; A/D girişlerini konfigüre et, sonuç sola yaslı
bsf      PIE1, ADIE       ; Kesmeleri etkinleştir
bcf      STATUS, RP0      ; 0. bellek bankasını seç
movlw    0xC1             ; RC saati, A/D dönüşüm etkin, kanal 0 seçildi
movwf    ADCON0           ;
bcf      PIR1, ADIF       ; A/D durum bitini sıfırla
bsf      INTCON, PEIE     ; Çevresel birimlerden kesmeyi etkinleştir
bsf      INTCON, GIE      ; Tüm kesmeleri etkinleştir
bsf      ADCON0, GO       ; A/D dönüşüme başla
                        ; Dönüşüm bitiminde ADIF biti 1,
                        ;GO/DONE biti ise 0 olacaktır.
```

Devremizde yükselteç ile alınıp yükseltile sinyal PIC16F877'nin 2 nolu bacağına yani 0 nolu analog kanala (AN0) girilmektedir.

4.3.3 PIC16F877 USART Modülü (Seri İletişim)

Mikrodenetleyicide iletme hazırlanan paketin iletişim hattından seri olarak iletebilmesi için seri iletişim tekniklerinin kullanılması gerekir. Mikrodenetleyicide seri iletişimi gerçekleştiren modüle USART modülü adı verilir. Kelime anlamı Evrensel Senkronize/Asenkronize Alıcı ve Verici olan USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiving and Transmitting) Modülü, Seri İletişim Arayüzü (SCI) olarak ta adlandırılır.

Senkronize iletişimde veri hattına bir saat hattı eşlik ederken asenkronize iletişimde sadece bir veri hattı yeterlidir. Asenkronize iletişimde ikinci pin saat hattı olarak kullanılmadığından aynı anda gönderme ve alma yapılabilir, bu tür iletişime çift yönlü (full duplex) iletişim adı verilir.

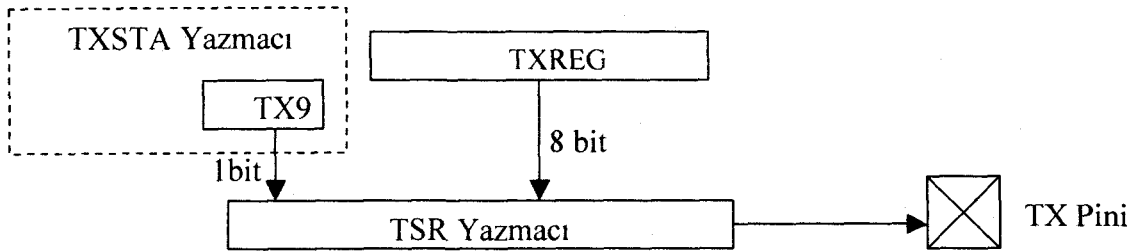
USART modülü etkinleştirilmişse bu modüle ait TX ve RX bacakları başka bir amaç için kullanılamaz. USART modülü genellikle asenkronize modda kullanılır, yaptığımız bu çalışmada asenkronize mod kullanılacak ve bu nedenle asenkronize mod üzerinde durulacaktır.

USART modülünün en çok kullanıldığı uygulama mikrodenetleyici ile PC'nin RS232 üzerinden haberleşmesidir.

4.3.3.1 USART Modülü Verici Birimi

Şekil 4.9'de gösterildiği gibi USART modülü TXSTA yazmacının içindeki TX9 biti sayesinde 8 yada 9 biti gönderecek şekilde ayarlanabilir.

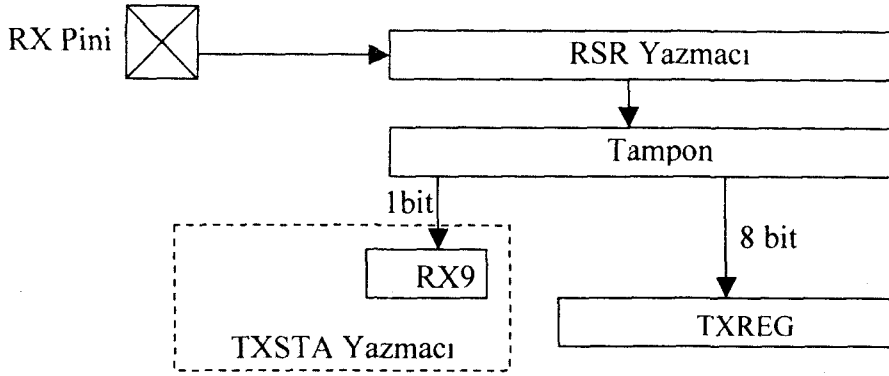
Eğer 9 bit iletim yapılacaksa 9. bit TXSTA yazmacının içindeki TX9D bitine kalan 8 bit TXREG yazmacına aktarılmadan önce yazılmalıdır. Veri TXREG yazmacına yazıldığı anda mikrodenetleyici tarafından 8 veya 9 bit TSR yazmacına aktarılır. Bu andan itibaren veri başın bir başlangıç biti (start bit) ve sonuna bir bitiş biti (stop bit) eklenerek denetleyicinin TX pinine gönderilir. TXREG yazmacı gönderme devam ederken gönderilecek başka verilerin yazılmasını sağlar



Şekil 4.9: USART Modülü Basitleştirilmiş Verici Blok Diyagramı

4.3.3.2 USART Modülü Alıcı Birimi

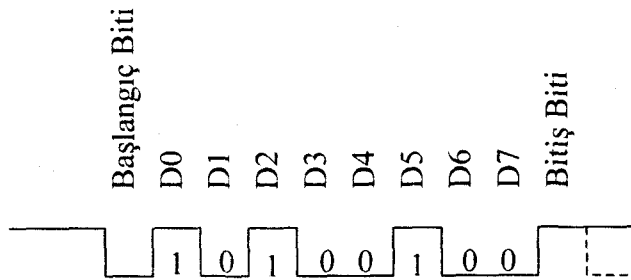
USART Modülü 8 bit veya RCSTA yazmacı içindeki RX9D biti kullanılarak 9 bit alabilecek şekilde ayarlanabilir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: USART Modülü Basitleştirilmiş Alıcı Blok Diyagramı

RX pininde başlangıç bitinin algılanmasından sonra 8 veya 9 bit RSR yazmacına aktarılır. Bitiş bitinin algılanmasından sonra ise veri önce bir tampona daha sonra ise RCREG yazmacına aktarılır. Eğer 9 bit iletim yapılıyorsa 9. bit RCSTA yazmacındaki RX9D bitine aktarılır.

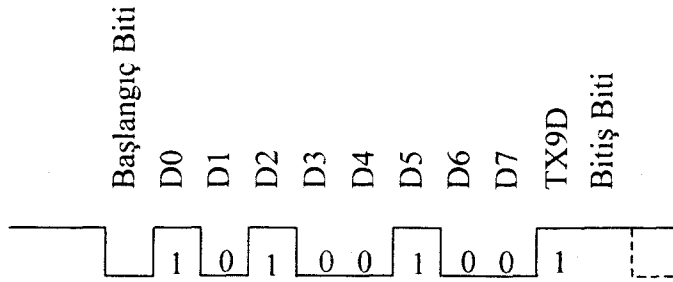
USART modülü lojik1 ve lojik 0 işaretlerini mikrodenetleyicinin TX pininden alır ve RX pininden gönderir. Herhangi bir veri alış – verişi yoksa işaret lojik 1 seviyesindedir, işlem başladığında işaret lojik 0 seviyesine gider. Alıcı bu işareti senkronizasyon için kullanır ve başlangıç biti süresince işaret lojik 0'da kalır. Daha sonra en küçük değerli bitten başlayarak tüm veri gönderilir, en sonda ise verinin bittiğini gösteren bitiş biti vardır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: 8 bit Asenkronize Dalga Şekli (10100100 verisi için)

Bitiş bitinin hemen ardından şekilde kesik çizgilerle gösterildiği gibi yeni veriler için başlangıç biti gönderilebilir.

Eğer 9 bit iletim yapılacaksa 8. bitten sonra 9. bit ve ardından bitiş biti gönderilir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: 9 bit Asenkronize Dalga Şekli (101001001 verisi için)

9. bit denklik (parity) biti veya 2. bitiş biti olarak ta kullanılabilir. Denklik biti olarak kullanmak için tüm verideki 1'lerin sayısına bakılır, birlerin sayısı tek rakamlı ise 9. bit 1'dir, çift rakamlı ise 9. bit 0 dır. Böylece tüm veride 1'lerin sayısı çift sayı olmuş olur. Alınacak her veri kontrol edilerek çift sayıda 1 elde edilmemesi durumunda verinin yeniden istenmesi böylelikle oluşabilecek 1 bitlik hataların önüne geçilmesi mümkün olur.

9. bitin bir diğer kullanım amacı ise adreslemedir. Örnek olarak 9. bite bakılarak 1 ise gelen bilgi bir adres değil ise gelen bilgi bir veri olarak algılanır. 9. bit bu ve benzeri daha bir çok amaç için kullanılabilir. USART pinleri (TX/RX) lojik 1 için 5 volt ve lojik 0 için 0 volt kullanırlar.

4.3.4 USART Modülünün Kullanılması

USART modülünü kontrol etmek için kullanılan yazmaçlar aşağıda verilmiştir;

- SPBRG - Veri Oranı Üretim Yazmacı
- TXSTA – Gönderme Durumu ve Kontrolü

- RCSTA – Alma Durumu ve Kontrolü
- TXREG – Gönderilen Veri Yazmacı
- RCREG – Alınan Veri Yazmacı
- PIR1 – Çevre Birimler Kesme Yazmacı
- PIE1 – Çevre birimler Kesme Etkinleştirme Yazmacı

USART modülünde veri oranları mutlaka belirlenmeli ve ayarlanmalıdır. Veri oranı SPBRG yazmacına yazılarak belirlenir. TXSTA yazmacında bulunan SYNC biti ise transferin asenkronize veya senkronize oluşunu belirler. Eğer SYNC biti 0 ise iletim asenkronize moddadır.

TXSTA yazmacında bulunan bir diğer bit ise BRGH bitidir, bu bit iletimin hızlı ve yavaş modlarda oluşunu belirler.

Aşağıda veri oranını belirlemek için kullanılan formüller verilmiştir;

$$\text{Veri Transfer Oranı} = F_{osc}/(16(SPBRG+1)), BRGH=1 \quad (2.1)$$

$$\text{Veri Transfer Oranı} = F_{osc}/(64(SPBRG+1)), BRGH=0 \quad (2.2)$$

Veri oranını kullanarak SPBRG yazmacına yazılacak veriyi bulmak için ise şu formüller kullanılır;

$$SPBRG = (F_{osc}/(16 \times \text{Baud Rate})) - 1, BRGH=1 \quad (2.3)$$

$$SPBRG = (F_{osc}/(64 \times \text{Baud Rate})) - 1, BRGH=0 \quad (2.4)$$

SPBRG yazmacının değeri 0 ile 255 arasında değişebilir ve her zaman tam sayı olmalıdır. Hesaplama sonucu tamsayı çıkmayan durumlarda en yakın tamsayı SPBRG değeri olarak kullanılabilir. Bu durumda istenilen veri oranında değişiklik olacaktır ancak bu değişiklik bir çoğu uygulamada sorun çıkarmayacaktır.

Örnek ;

Devremizde 20 MHz'de çalışan bir mikrodenetleyici vardır ve 104.167 bit/saniye'de asenkronize iletim yapılacaktır

BRGH=1 için

$$SPBRG = 20000000 / (16 \times 104167) - 1 = SPBRG = 12 - 1 = 11$$

BRGH=0 için

$$SPBRG = 20000000 / (64 \times 104167) - 1 = SPBRG = 3 - 1 = 2$$

olarak hesaplanır. Buna göre en uygun seçim BRGH=1 için SPBRG'yi 11 olarak kullanmaktır. BRGH=0 için SPBRG'nin 2 olarak seçilmesi gerekir.

Veri transferinde ve veri oranında yapılacak hatayı en aza indirmek için osilatörlerin kararlı olması gereklidir. Bu nedenle seramik ve kristal osilatör kullanmak daha doğrudur, RC osilatörler genellikle asenkronize iletim yapmak için uygun değildir.

Verilen örnekte veri transfer oranını ayarlamak için gerekli kod ise şu şekildedir;

```
BANKSEL    SPBRG
movlw      B'00001011'
movwf      SPBRG
BANKSEL    TXSTA
bsf        TXSTA, BRGH
```

BANKSEL kodu SPBRG yazmacının bulunduğu bankasına geçmek için kullanılmıştır. SPBRG yazmacına 11 değeri yazılmış, TXSTA yazmacındaki BRGH biti ise 1 olarak değiştirilmiştir. Aşağıda TXSTA yazmacında bulunan bazı bitler ve görevleri sıralanmıştır;

- CSRC - Saat kaynağı seçme
- TX9 - 9 bit iletimi etkinleştirme

- TXEN - İletimi etkinleştirme
- SYNC - Senkronize/Asenkronize mod seçimi
- BRGH - Yüksek/Düşük veri transfer hızı seçimi
- TRMT - TSR yazmacının durumu
- TX9D - İletilecek verinin 9. biti

TXSTA yazmacının ana görevi iletimi kontrol etmektir. Örnek olarak; SYNC biti iletim modunu seçmek için kullanılır. Senkronize mod için 1, asenkronize mod için 0 olarak değiştirilmelidir. TX9 bitinin set edilmesi 9 bitte iletimi etkinleştirirken, TX9D biti iletilen 9. bittir. CSRC bitinin asenkronize modda herhangi bir etkisi yoktur. TXEN bitinin set edilmesi ile birlikte sistem iletime hazır hale geçmiş olur ve TXREG yazmacı yazılınca iletim başlar. TRMT bitinin 0 olması ise TSR yazmacında veri bulunduğunu ve halen iletim yapılıyor olduğunu gösterir. 1 olduğunda iletimin tamamlandığını yeni bir iletime geçilebileceğini ifade eder.

Aşağıda RCSTA yazmacında bulunan bazı bitler ve görevleri sıralanmıştır;

- SPEN - Seri portun etki
- RX9 - 9.bit kullanımını etkinleştirme
- SREN - Senkronize modda kullanılır
- CREN - Sürekli alımı etkinleştirme
- ADDEN- Adres denetlemeyi etkinleştirme
- FERR -İletim hatası biti
- OERR -Veri alımında gecikme
- RX9D -Kullanılıyorsa alınan 9. bit

RCSTA yazmacı alıcı tarafında veri alımını kontrol eder. SPEN bitinin set edilmesi USART için kullanılacak TX ve RX pinlerinin etkinleştirilmesini sağlar. Asenkronize modda SREN bitinin herhangi bir etkisi yoktur. RX9 bitinin set edilmesi 9.biti etkinleştirirken RX9D alınan 9. biti ifade eder. CREN bitinin set edilmesi sürekli alımı sağlar, 0 olursa alım durdurulmuş olacaktır. ADDEN biti adresleme yapılabilen sistemlerde adreslemenin etkinleştirilmesini sağlar. FERR biti sadece okunabilir bir

bittir, set olması halinde bitiş bitinin alınamadığı ve iletimde bir hata olduğu anlaşılır. Bu tür hatalar genellikle veri transfer oranındaki hatalardan kaynaklanır. OERR bitinin set olması iletilen verinin alımında bir gecikme olduğunu ifade eder, bu durumda gönderilen verinin alınamaması ve kaybedilmesi ihtimali vardır.

Örnek olarak bir USART modülünü asenkronize modda, 8 bitte ve yüksek veri transfer oranında kullanmak için aşağıdaki kod kullanılmalıdır;

```
BANKSEL    TXSTA
movlw      B'00100100'
movwf      TXSTA
BANKSEL    RCSTA
movlw      B'10010000'
movwf      RCSTA
```

Bu kodlamada adres denetimi ve kesmeler etkinleştirilmemiştir. Aynı modülle 9 bitte asenkronize iletişim yapılacaksa aşağıdaki kod kullanılmalıdır;

```
BANKSEL    TXSTA
movlw      B'01100100'
movwf      TXSTA
BANKSEL    RCSTA
movlw      B'11010000'
movwf      RCSTA
```

Dikkat edilmesi gereken TX9 ve RX9 bitlerinin set edilmiş olmasıdır.

USART modülü ile iletim yaparken dikkat edilmesi gereken diğer bir önemli konu TXREG yazmacına yazılan bir önceki veri üzerine başka bir verinin yazılmamasıdır. TXREG yazmacındaki veri TSR yazmacı boşalana kadar iletme alınmayacaktır, TSR yazmacı ise bir önceki iletim bitmedikçe silinmeyecektir. TXREG yazmacındaki verinin TSR yazmacına aktarılıp aktarılmadığını PIR yazmacındaki TXIF biti ile anlaşılabilir.

TXIF biti set oldu ise TXREG yazmacındaki veri TSR yazmacına aktarılmıştır ve yeni veri TXREG yazmacına aktarılabilir. TXIF bitini kontrol etmek ve uygun zamanda yazım yapmak için aşağıdaki kod kullanılabilir;

```

        BANKSEL    PIR1
WaitTX   btfss      PIR1,TXIF
        goto       WaitTX

```

Eğer 9.bit kullanılıyorsa 9.bitin gönderilmesi için aşağıdaki kod kullanılabilir. Bu örnekte 9. bit DataBits yazmacının en küçük değerli bitidir.

```

BANKSEL    DataBits
rrf        DataBits,W
BANKSEL    TXSTA
bcf        TXSTA,TX9D
btfsc     STATUS,C
bsf        TXSTA,TX9D

```

TXIF bitinin set olmasından sonra eğer 9.bit gönderilecekse öncelikle 9.bit yazılmalı ardından TXREG yazmacı yazılmalıdır. Çünkü TXREG yazmacına yazım yapılması iletme başlanılması anlamına gelmektedir. Databits yazmacını son bitini kullanabilmek için sağa kaydırma yapılmış ve bu bit STATUS yazmacında bulunan C (elde) biti ile belirlenmiştir. Elde biti 1 ise TX9D set edilir, aksi halde 0'dır.

Aşağıdaki kod örneği 8 bitin TXREG yazmacına yazılması içindir. Bu örnekte veri DataByte yazmacında saklıdır.

```

BANKSEL    DataByte
movf       DataByte,W
BANKSEL    TXREG
movwf     TXREG

```

Gönderilen verinin alıcı tarafında doğru olarak alınması oldukça önemlidir. Alınan verilerin yanlış zamanlarda okunması verinin hatalı alınmasına yol açacaktır. Aşağıdaki kod örneği verinin doğru zamanda alınabilmesi için verilmiştir;

```
BANKSEL    PIR1
WaitRX:    btfss    PIR1,RCIF
           goto     WaitRX
```

Alıcı tarafında gelen veri RCREG yazmacına ulaşmaktadır. Bu yazmaca yeni bir verinin tamamıyla ulaştığını ifade eden bit ise PIR1 yazmacındaki RCIF bitidir. Eğer RCIF biti 1 ise yeni bir veri alınmıştır, değilse henüz yeni veri ulaşmamıştır anlamına gelir.

Yeni bir veri geldiğinde eğer kullanılıyorsa 9. biti okumak için aşağıdaki kod örneği kullanılabilir;

```
BANKSEL    RCSTA
rrf         RCSTA,W
BANKSEL    DataBits
bcf         DataBits,0
btfsc      STATUS,C
bsf         DataBits,0
```

9. bit RCSTA yazmacına yazıldığından RCSTA yazmacının en küçük değerli olan biti RX9D sağa kaydırılarak elde bitine alınır ve elde biti test edilerek okunur. Alınan verinin kalan 8 bitini okumak için ise aşağıdaki kod kullanılabilir, alınan veri DataByte isimli bir yazmaca aktarılmaktadır.

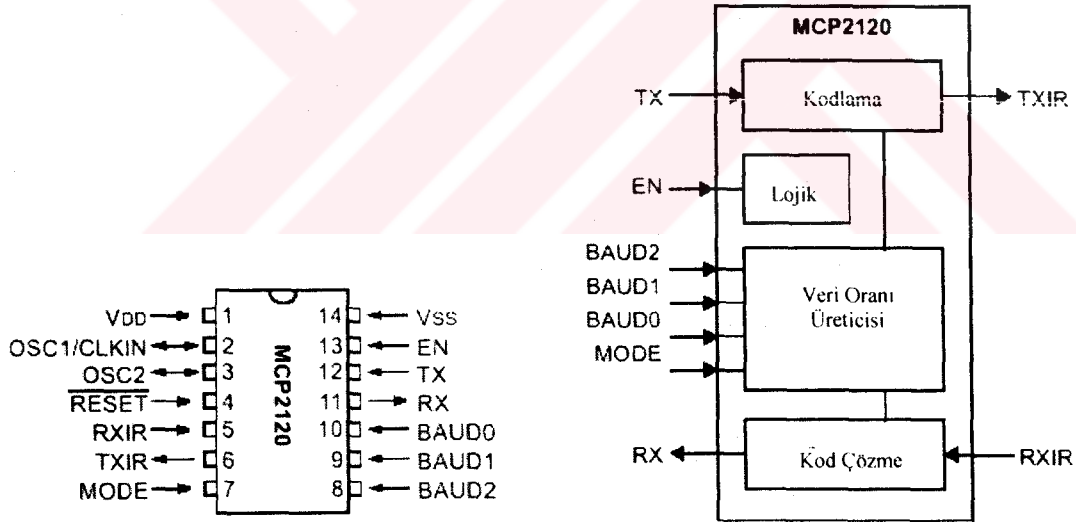
4.4 Kızılötesi İletişim Sistemi

Kızılötesi iletişimin sağlandığı bu sistem kodlayıcı-kod çözücü ve verici alıcı modül olarak ikiye ayrılır.

4.4.1 Kızılötesi Kodlayıcı-Kod Çözücü (MCP2120)

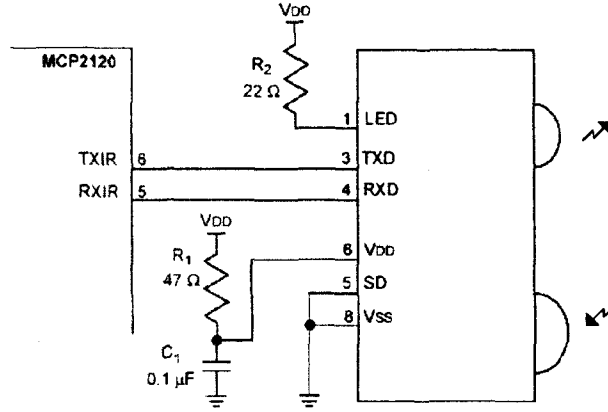
MCP2120 seri kızılötesi verileri kolayca gönderip almayı sağlayan oldukça ucuz bir elemandır. MCP2120 her veri bitini uygun kızılötesi darbeye çevirerek asenkronize seri verileri kodlar. Alıcı tarafında ise bu darbeler alınarak kod çözülerek yeniden asenkronize seri veriler haline çevrilir. MCP2120 seri verinin bulunduğu herhangi bir yerde kızılötesi iletişim imkanı sağlamak için kullanılabilir. MCP2120’de kodlama ve kod çözme irDA standartlarına göre yapılır.

Şekil 4.13’te MCP2120’ye ait bacak bağlantıları verilmiştir.



Şekil 4.13: MCP2120’ye ait Bacak Bağlantıları ve Blok Diyagram

Oldukça az sayıda eleman kullanılarak uygulanabilecek devrede bir kızılötesi verici - alıcı göz elektriksel sinyallerin kızılötesi sinyallere veya kızılötesi sinyallerin elektrik sinyallerine dönüşmesini sağlar (Şekil 4.14).



Şekil 4.14: Verici-Alıcı Gözün MCP2120 ile Kullanılması

MCP2120 direkt olarak göze bağlanmıştır. R_1 direnci ve C_1 kondansatörü gözü besleyen güç kaynağının sistemden ayrılmasını sağlar, çünkü bazı gözleri güç kaynağındaki gürültüye karşı oldukça hassastır. R_2 direnci LED'in akımını sınırlar. Birçok göz TXD pini lojik 1 olunca darbe gönderir ve gelen bir darbe varsa RXD pini lojik 0'a gider.

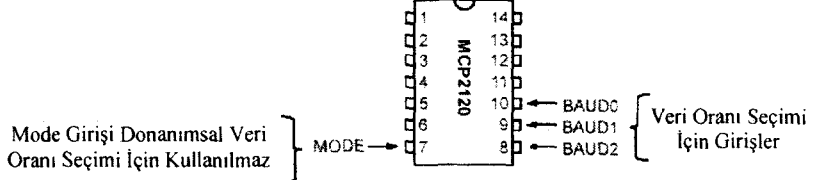
Pille beslenen devrelerde MCP2120'nin kapatılması önemli bir avantajdır. Ancak kapatma esnasında bacaklara lojik 0'dan daha yüksek seviyede sinyal gelmemesi gerekmektedir. Bazı sistemlerde sadece MCP2120'nin kapatılması diğer elemanların açık bırakılması tercih edilebilir. Bu durumda EN pini kullanılmalıdır. EN pini lojik 0 ise eleman aktif değildir. Bu durumda harcanan akım $1 \mu A$ 'den azdır ve aktif bacakların sistemden ayrılmasına gerek yoktur.

MCP2120 polar kodlama-3/16 ile çalışır. Sadece 0 verisi için bir periyodun 16'da 3'ü süresince darbe gönderilir. 1 verisi için ise herhangi bir darbe gönderilmez. MCP2120'nin doğru şekilde çalışabilmesi için seri verinin alındığı veri kaynağı ile senkronize çalışıyor olması gereklidir. Bunun için harici bir saat vuruşu ile kullanılması daha doğrudur, bu saat vuruşu kullanılan veri kaynağına ait olmalıdır.

MCP2120 kullanılan saat vuruşuna bağlı olarak belirli veri transfer hızlarında çalışır. Veri transfer hızlarının seçimi donanım yada yazılım tabanlı olabilir. Donanım tabanlı çözümler için MCP2120'nin veri transfer hızını belirleyen üç ayağına lojik 1 ve

lojik 0 seviyeli sinyaller uygulanır, yazılım tabanlı çözümler için ise bu bacaklar direkt olarak mikrodenetleyici veya başka bir kontrol elemanına bağlanır.

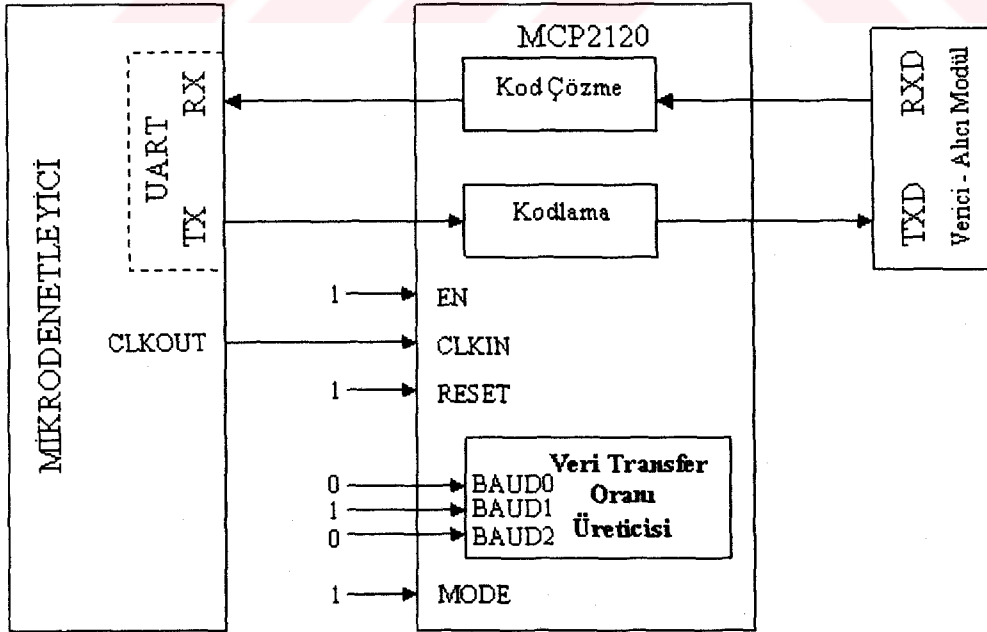
Veri transfer oranını belirleyen bacaklar BAUD0, BAUD1 ve BAUD2 bacaklarıdır (Şekil 4.15).



BAUD2:BAUD0	Fosc Frequency (MHz)							Bit Rate
	0.6144 ⁽¹⁾	2.000	3.6864	4.9152	7.3728	14.7456 ⁽²⁾	20.000 ⁽²⁾	
000	800	2604	4800	6400	9600	19200	26042	Fosc / 768
001	1600	5208	9600	12800	19200	38400	52083	Fosc / 384
010	3200	10417	19200	25600	38400	76800	104167	Fosc / 192
011	4800	15625	28800	38400	57600	115200	156250	Fosc / 128
100	9600	31250	57600	76800	115200	230400	312500	Fosc / 64

Şekil 4.15: MCP2120'de Donanımsal Veri Transfer Oranı Seçimi

Devremizde kızıltötesi kodlayıcı- kod çözücü ile mikrodenetleyici arasında veri iletimi için TX hattı, veri alımı için RX hattı kullanılmıştır. Devremizde MCP2120 için Şekil 4.16'de gösterilen bağlantılar yapılmıştır.

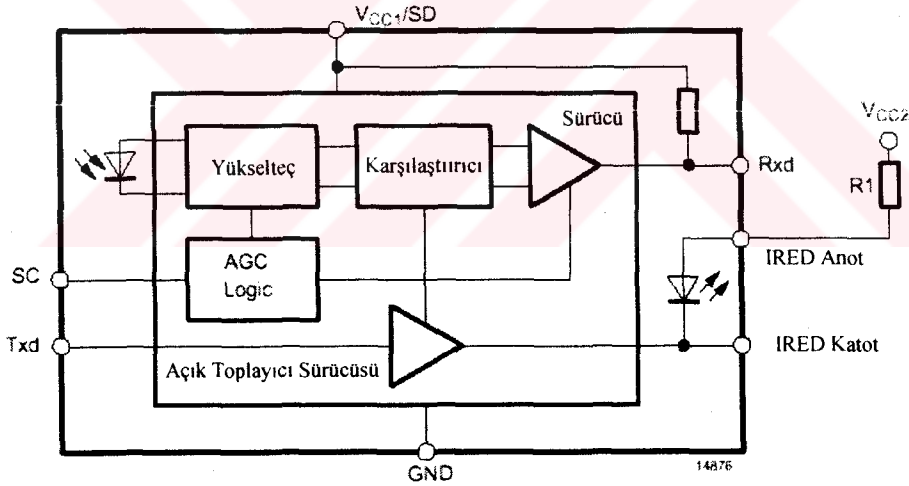


Şekil 4.16: MCP2120 Devre İçi Şematik Diyagramı

Görüldüğü gibi devrede veri transfer oranı donanımsal olarak seçilmiştir. 010 baud değerlerine karşılık gelen veri transfer oranı 20MHz'lik saat frekansında 104.167 baudtur. EN bacağına lojik 1 verilerek cihazın sürekli çalışması sağlanmıştır. MODE bacağı ise donanımsal veri transfer oranı seçiminde kullanılmaz ve lojik 1 sinyali verilir. MCP2120 gelen sayısal veriyi kodlayarak verici – alıcı modüle gönderir.

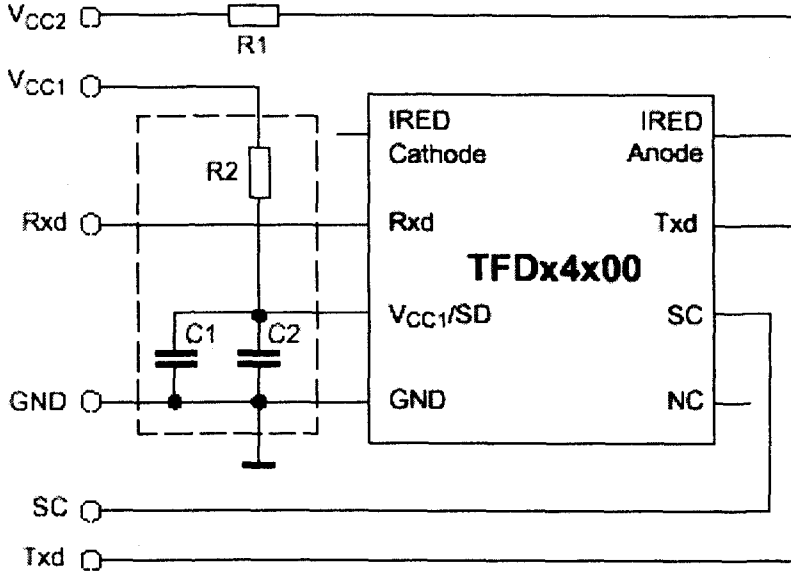
4.4.2 Verici-Alıcı Modül (TFDU4100)

TFDU4100 2,7 volttan 5,5 volta kadar geniş bir voltaj aralığında kullanılabilir ve oldukça az (1,3 mA) akım çeker. Dizüstü, masaüstü bilgisayarlarda, kameralarda, yazıcı-fakslarda, iletişim aygıtlarında, medikal ve endüstriyel bilgi toplama elemanlarında kullanılır. Şekil 4.17'da TFDU4100'e ait blok diyagram gösterilmiştir.



Şekil 4.17: TFDU4100 Blok Diyagramı

TFDU4100 için tavsiye edilen devre şekli şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18: TFDU 4100 İçin Tavsiye Edilen Devre Şekli.

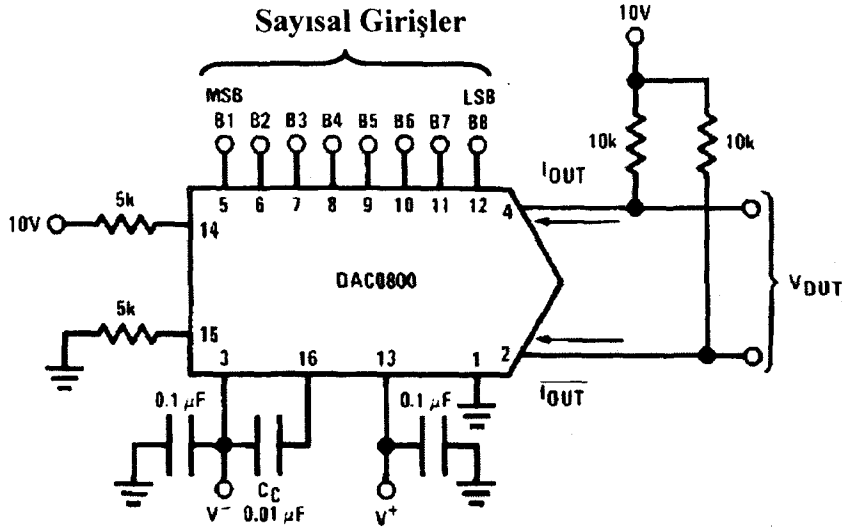
C1 ve C2 kapasitörleri mümkün olduğu kadar modülün voltaj kaynağı bacaklarına yakın olmalıdır. C1 kapasitörü tantalum olmalı ve RF gürültülerini bastırmak için C2 için seramik kapasitör kullanılmalıdır. Devre güç kaynağına bağlarken düşük dirençli hatlar kullanılmalıdır. R1 direnci kızılötesi yayıcının akımını sınırlamak için kullanılmıştır, daha fazla çıkış gücü için R1 direncinin değeri düşürülmelidir.

SC ayağı hassasiyeti kontrol etmek için kullanılır, SC ayağına lojik 1 verilmesi durumunda alıcının hassasiyeti artar ve alım mesafesi 3 m'ye kadar yükselir. Eğer uzak mesafe gerekmiyorsa bu ayağı lojik 0 sinyali verilmeli veya açık bırakılmalıdır.

4.5 D/A Dönüştürücü (DAC0800)

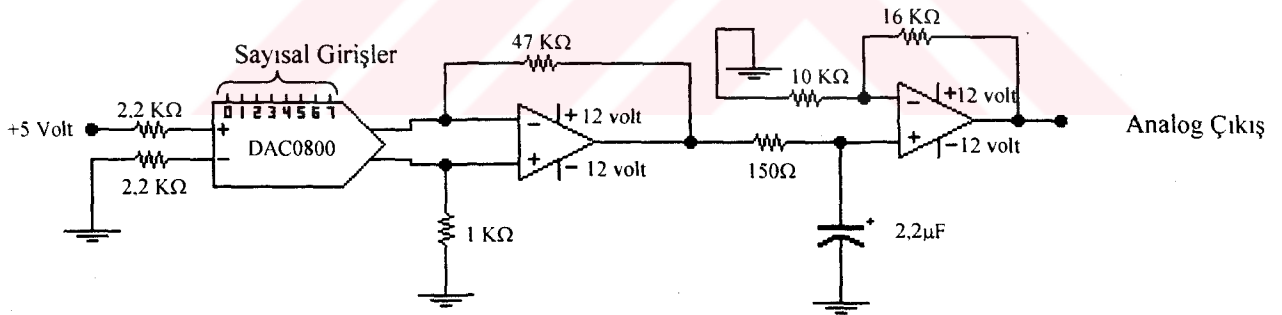
DAC0800 8 bit, yüksek hızlı, monolitik ve akım çıkışlı bir D/A dönüştürücüdür. Tepeden tepeye 20 Volta kadar gerilim ve güçlü akım çıkışlarına sahiptir.

Şekil 4.19'da DAC0800 entegresine ait tipik bir uygulama görülmektedir.



Şekil 4.19: DAC0800'e Ait Tipik Bir Uygulama

Devremizde DAC0800 entegresinin görevi sayısal girişleri mikrodenetleyicinin B portundan alarak analog bilgiye dönüştürmektir. DAC0800 entegresinin çıkışında yükleme etkilerini ortadan kaldırmak ve çıkışta oluşan analog sinyali yükseltmek amacıyla LM741 entegresi kullanılır. LM741, DAC0800 entegresinin çıkış bacaklarına bağlanır (Şekil 4.20).



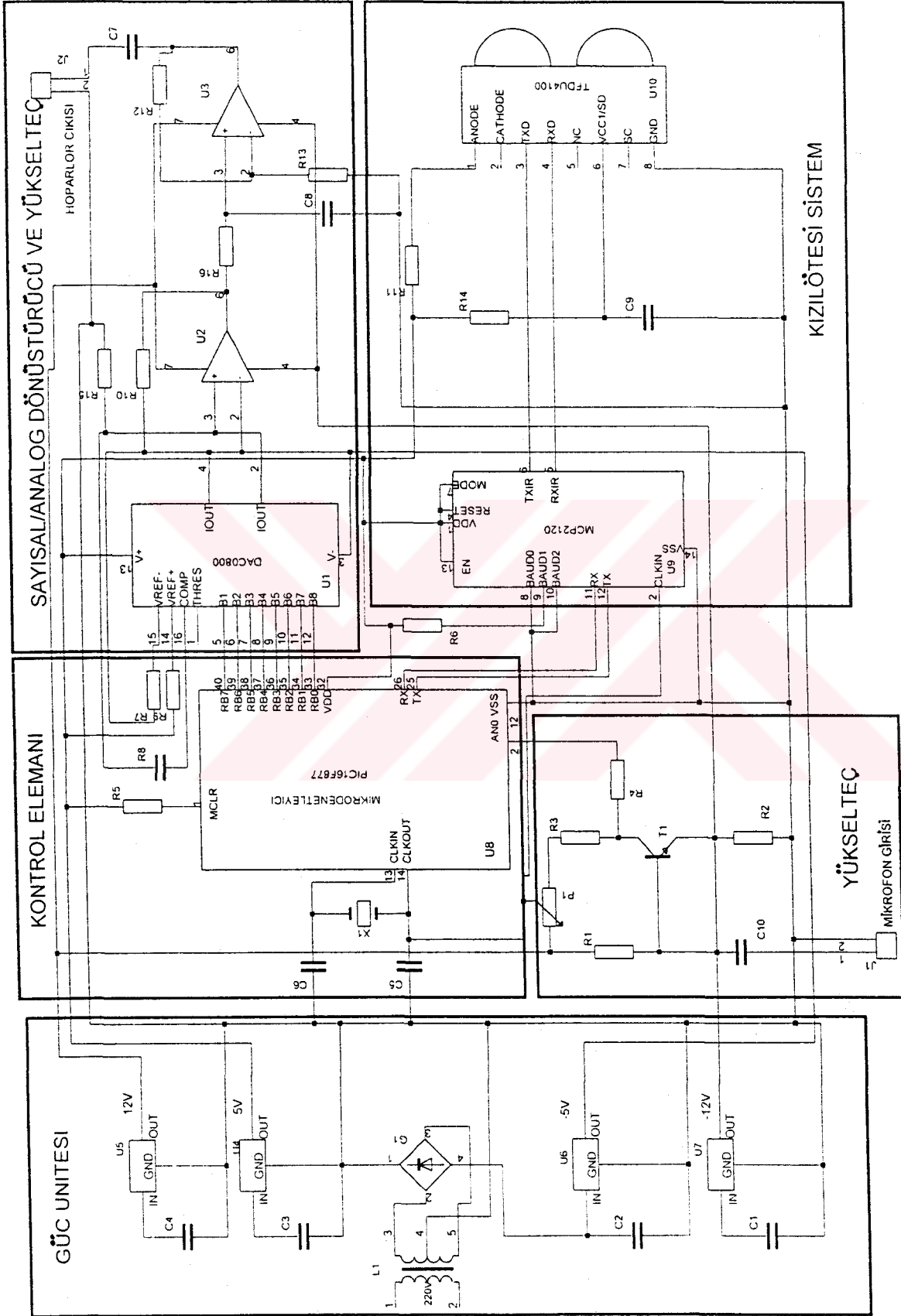
Şekil 4.20: D/A Dönüştürücü Devresi Prensip Şeması

Devremizde DAC0800 entegresinden sonra kullanılan işlemsel yükselteç ile elde edilen analog sinyal daha sonra yine bir işlemsel yükselteç kullanılarak yapılan 1.dereceden düşük geçirgenlikli bir filtreden geçirilir.

Analog çıkış bir ses sinyalıdır ve düşük güçlü bir ses amplifikatörü ve hoparlör ile birlikte kullanılırsa iletişim için yeterli seviyede bir ses alınmış olur.

Tüm blokların birleştirilmesiyle oluşan kızılötesi sayısal sinyal aktarım sisteminin prensip şeması Şekil 4.21’te verilmektedir. Gerçeklenen devre 2,5 m mesafede 8 bit’te ve 104 Kbit/saniye hızında iletim yapabilmektedir. Devre gürültüyü azaltmak için yazılımsal geliştirmelere açıktır. Devrede boş kanal gürültüsünün azaltılması için yazılımsal yöntemler kullanılmıştır.





Şekil 4.21: Kızılötesi Sayısal Sinyal Aktarım Sisteminin Prensip Şeması

Şekil 4.21'te verilen prensip şemada bulunan elemanların isimleri ve değerleri aşağıda verilmiştir;

C1, C2, C3, C4	: 470 μ F
C5, C6	: 22 pF
C7, C10	: 1 μ F
C8	: 2,2 μ F
C9	: 4,7 μ F
R1	: 100 K Ω
R2	: 120 Ω
R3	: 3,3 K Ω
R4	: 10 K Ω
R5	: 33K Ω
R6, R7, R8, R9	: 2,2 K Ω
R10	: 47 K Ω
R11	: 47 Ω
R12	: 12 K Ω
R13	: 10 K Ω
R14	: 150 Ω
R15	: 1 K Ω
T1	: BC546
U1	: DAC0800
U2,U3	: LM741
U4	: LM7805
U5	: LM7812
U6	: LM7905
U7	: LM7812
U8	: PIC16F877
U9	: MCP2120
U10	: TFDU4100
G1	: 3A Köprü Diyot
P1	: 10 K Ω Potansiyometre
J1	: Mikrofon Girişi
J2	: Hoparlör Çıkışı

4.6 Boş Kanal Gürültüsünün Etkisinin Azaltılması Yöntemi

Kanal boş kaldığında yani kanaldaki sinyal seviyesinin düştüğü zamanlarda sinyal gürültü seviyesi oldukça düşer, bu ise rahatsız edici bir gürültü demek olur. Boş kanal gürültüsünün engellenmesi için kanalda veri iletiminin belirli seviyenin altında kaldığı zamanlarda kanalı kapatmak gereklidir. Bunun için A/D dönüştürme sonucu ortaya çıkan sayısal değerler incelenir ve sinyal bir süre belirli seviyenin altında kalıyorsa kanal kapatılır veya 0 seviyeli sinyal gönderilir. Böylece örnek olarak konuşma olmadığında kanalda veri akışı durur.

Sistemimizde boş kanal gürültüsünü yok etmek için aşağıdaki kod kullanılmıştır. Burada ORTA yazmacı ses sinyalinin DC seviyesi için kullanılmıştır. 256 farklı seviyenin ortası ses sinyalinin dc seviyesi olarak düşünülmüştür (ORTA = 01111111'dir).

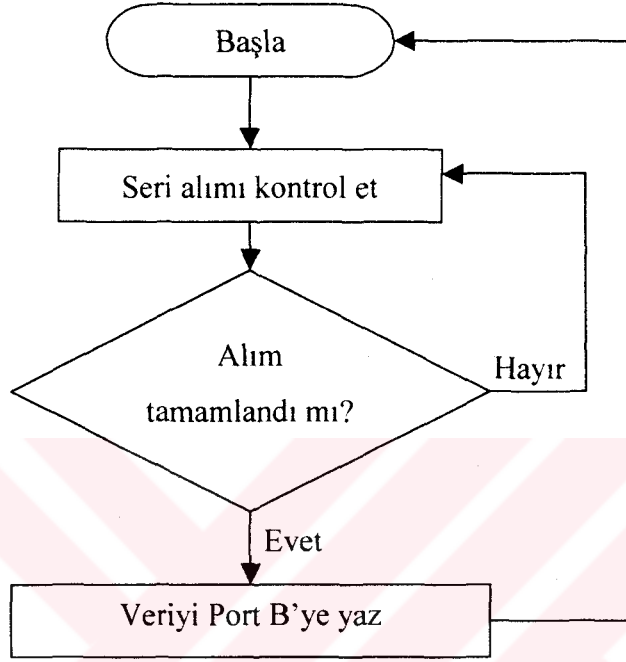
subwf	ORTA,W
andlw	B'11110000'
banksel	OPTION_REG
btfss	STATUS,Z
clrf	SAYAC
btfsc	STATUS,Z
incf	SAYAC,F

Komutlarıyla değerin orta seviyeden çıkartılarak, orta noktaya ne kadar yakın olduğu bulunmuştur. Çıkarma sonucunda eğer fark en küçük iki bitten daha büyük ise sayaç değeri arttırılmayacaktır, kanalda belirli seviyede bir sinyal vardır. Eğer fark en küçük iki bit kadar ise kanalda düşük seviyede bir sinyal vardır ve sayaç bir arttırılır. Bu seviye devam eder ve SAYAC yazmacının 2.biti 1 olacak kadar artarsa (yani SAYAC yazmacının değeri 4 olursa) kanaldan 0 seviyeli sinyal gönderilmeye başlanacaktır.

Daha sonra ise bu işlemin tersi yapılır, eğer kanalda belirli bir süre ve belirli seviyede sinyal olursa kanal açılır ve iletim devam eder.

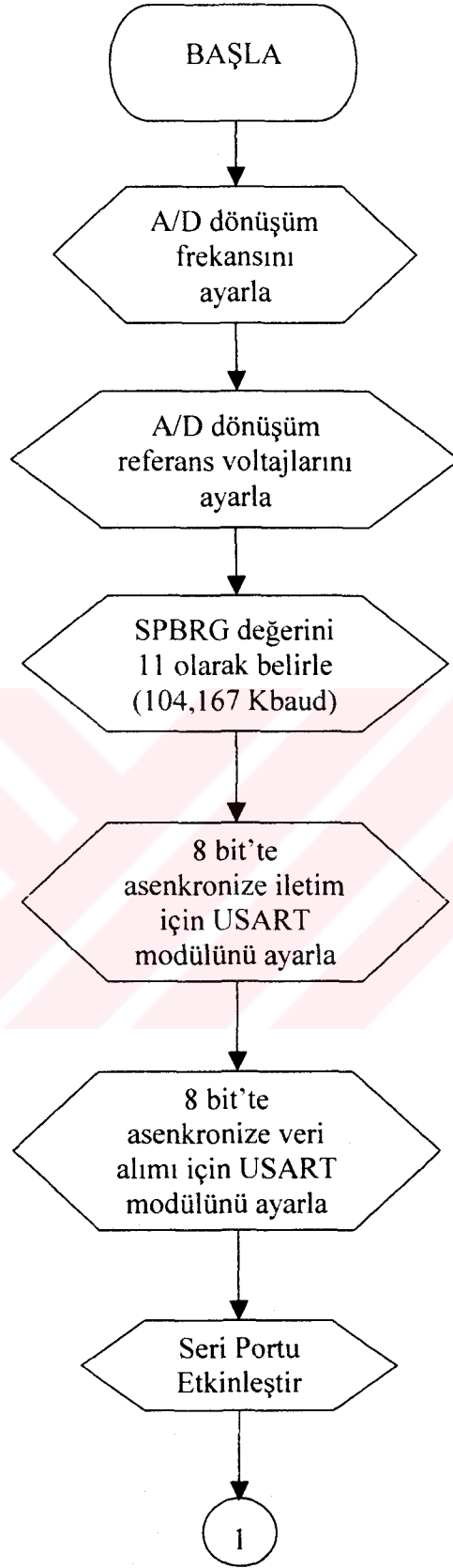
4.7 Program Akış Algoritması

Gerçekleştirdiğimiz sistem kızılötesi ve sayısal tekniklerle fiziksel sinyalleri iletebilen bir sistemdir. Sistemde veri almak için kullanılan algoritma ise oldukça basittir. Şekil 4.22’da alma programı akış algoritması gösterilmektedir.

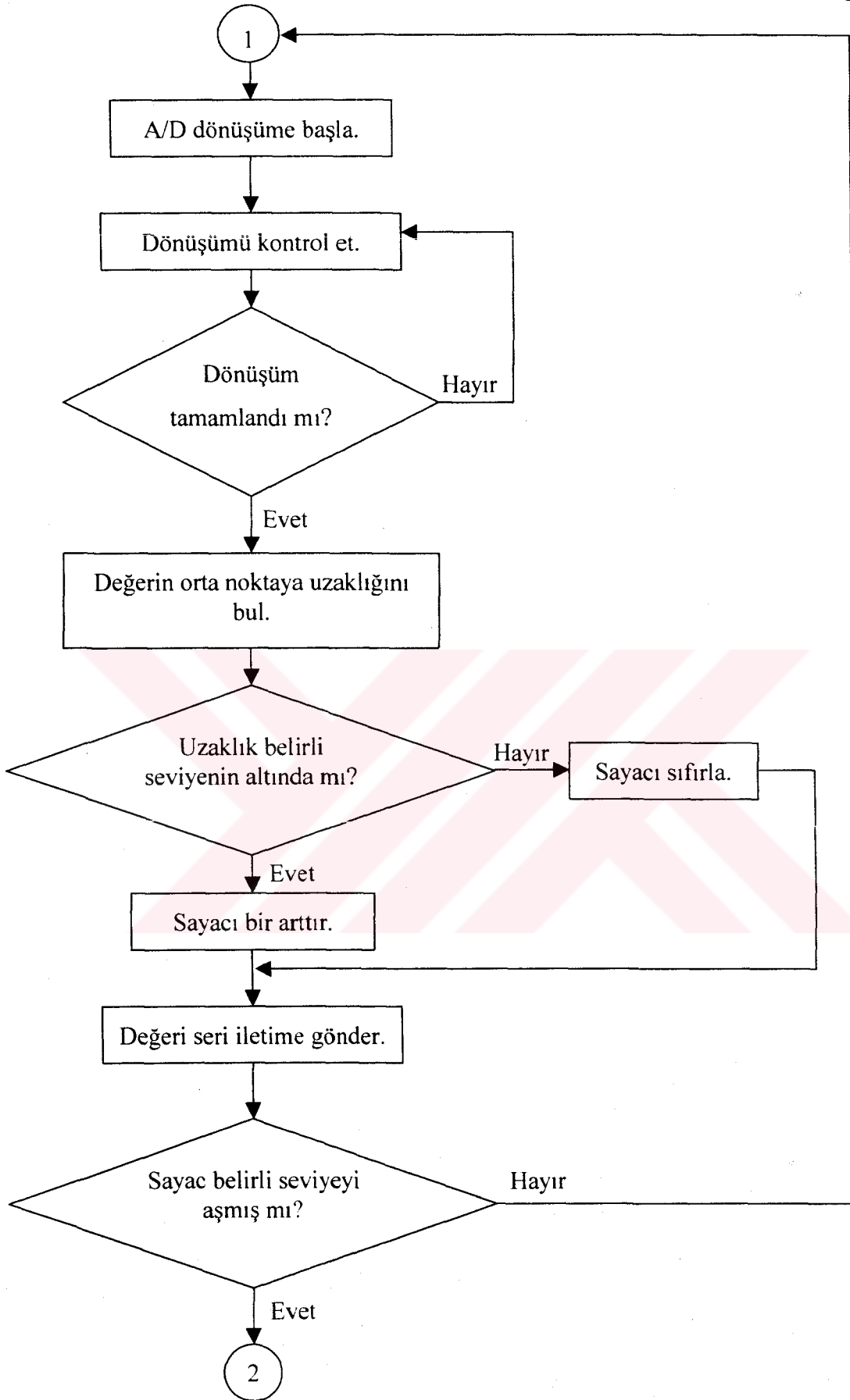


Şekil 4.22: Uygulama Programı Akış Diyagramı (Veri Alımı)

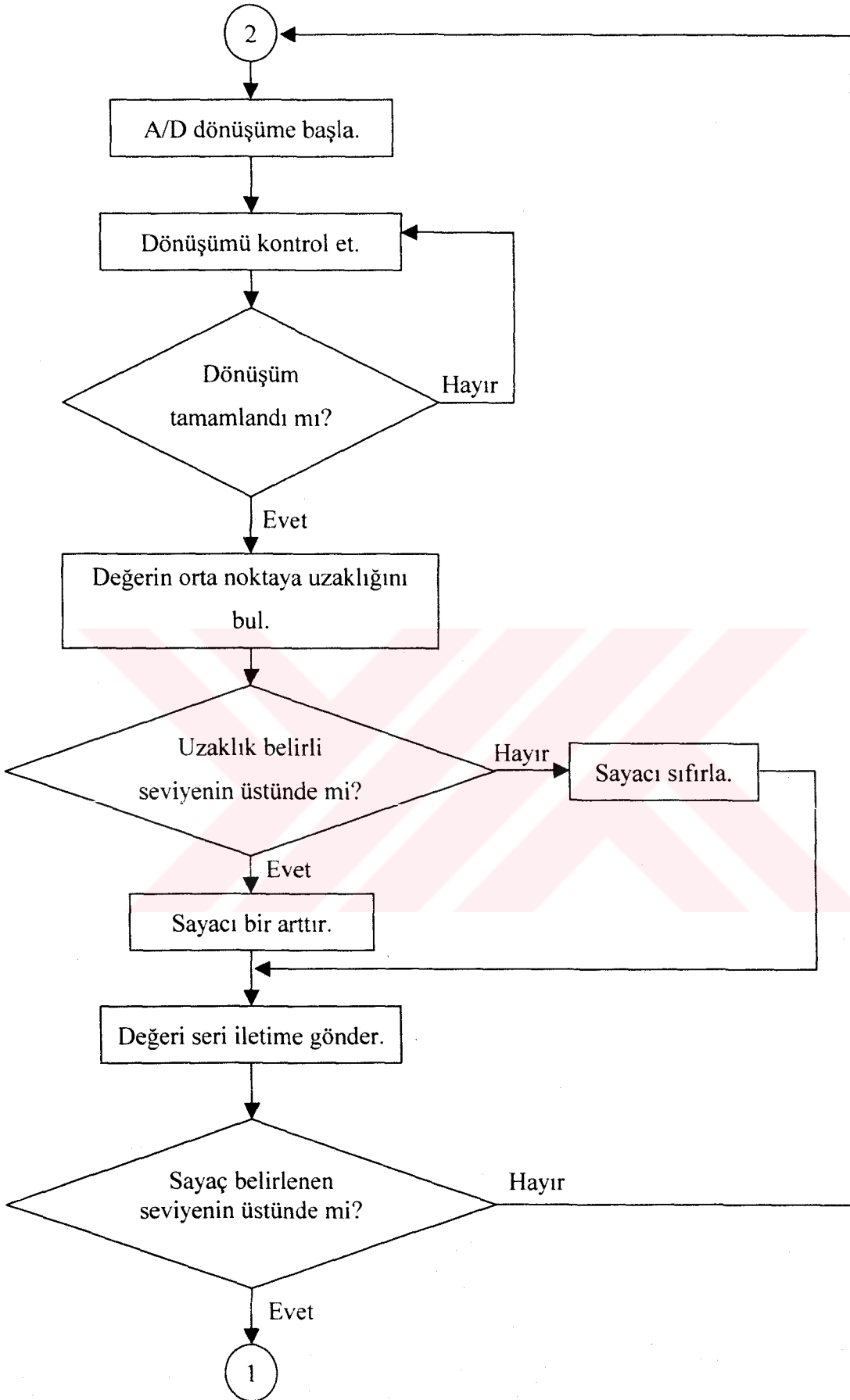
Sistemin sinyal göndermede kullandığı program akış algoritması Şekil 4.23’te gösterilmektedir. Program iki ana döngüden oluşmaktadır. İlk döngü ses var ise çalışan 1 nolu döngüdür (Şekil 4.24). Sistem belirli seviyede ses algılıyorsa bu döngü çalışır. Algılanan ses seviyesi düşük ise 2 nolu döngü çalışır ve kanaldan veri iletimi yapılmaz, kanal kapatılır (Şekil 4.25).



Şekil 4.23: Uygulama Programı Akış Diyagramı - 1



Şekil 4.24: Uygulama Programı Akış Diyagramı - 2



Şekil 4.25: Uygulama Programı Akış Diyagramı - 3

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada fiziksel sinyallerin özellikle yakın mesafelerde hatasız ve ucuz yöntemlerle algılanabilmesi için sayısal sinyal aktarımı sistemi tasarlanmış ve uygulanmıştır. Fiziksel sinyallerin iletilmesi için tasarlanmış sistem, doğru kontrol elemanı kullanımıyla iletişim kanalını en uygun şekilde kullanmakta ve gürültüyü en aza indirmektedir.

Sistemde kontrol elemanı olarak mikrodnetleyici kullanılmış, hem mikrodnetleyicinin seri iletişim, hem A/D dönüştürücü birimlerinden faydalanılmıştır. Bu nedenle sistem hem daha az elemanla çalışmaktadır hemde daha küçük boyutlardadır. Ayrıca sistem PIC16F877 gibi yaygın kullanılan ve bilinen bir mikrodnetleyici ile tasarlandığından kolay kullanılabilir ve geliştirilmeye açıktır. Verici ve alıcı görevini yapabilen devre yazılımsal çözümlerle çoklu iletişim için de kullanılabilir. Örnek olarak; birçok değişik noktadan ölçüm yaparak bir sistemin çalışmasını kontrol eden bir kontrol devresinde ölçüm sonuçları aynı kanaldan, kablosuz iletişimle alınabilir, yapılması gereken sadece ölçüm noktalarındaki sistemleri adreslemektir.

Sistem tasarlanırken iletişim ortamı olarak kablosuz yöntemler tercih edilmiş böylece mikrodnetleyici kullanılarak küçültülen sistemin aynı zamanda taşınabilir ve gizlenebilir olması sağlanmaya çalışılmıştır. Kızılötesi iletişim yöntemiyle çalışan sistemde kızılötesi elemanlar hem birbirleriyle hemde mikrodnetleyiciyle uyumludur. Sistemdeki kızılötesi elemanlar gerektiğinde veri transfer oranı yüksek aynı tür elemanlarla değiştirilerek sistemin bant genişliği artırılabilir. Günümüzde yüksek veri transfer oranında kızılötesi elemanlar kolaylıkla bulunabilmektedir.

Fiziksel sinyallerin aktarımında sinyalin yapısına uygun olarak örnekleme frekansının değiştirilmesi gerekir. Sistemde mikrodnetleyici kontrollü bir analog

sayısal dönüştürücü kullanılması nedeniyle programlamada yapılacak değişikliklerle sistem sinyal yapısına uygun olarak ayarlanabilir. Sistemde daha fazla çözünürlük isteniyorsa daha yüksek bit sayılarında harici A/D dönüştürücüler kullanılabilir.

Sistemin sağladığı bir başka kolaylık çok kanallı A/D dönüştürücüye sahip mikrodenetleyici kullanılmasıdır, bu kanalların herbirine farklı sinyaller alınarak sırasıyla iletilebilir. Örnek olarak; kullanılacak tek bir sistemle aynı noktada hem ısı, hem ışık, hem ses, hemde basınç ölçümü yapılabilir. Bant genişliği yeterli olan bir sistemle aynı anda ses ve görüntü iletimi yapılabilir.

Sistemde kullanılan kızılötesi verici – alıcı modül iletim mesafesi daha yüksek modüllerle değiştirilerek veya sisteme yeni modüller eklenerek daha uzak mesafelerde iletişim sağlanabilir.



KAYNAKLAR

Carruthers, J. B., Wireless Infrared Communications, Wiley Encyclopedia of Telecommunications, 2002.

Bates R. J., Wireless Networked Communications, McGraw-Hill: New York, 1994.

Freeman, R. L., Telecommunication System Engineering, John Wiley&Sons Inc., 339-397 s., 1996

Haykin, S., Communication Systems, John Wiley&Sons Inc., 1 s., 1-25 s., 1994.

Infrared Communication Systems Association (ICSA), 2001

http://www.icsa.gr.jp/english/e_article_007.htm

Infrared Encoder/Decoder, Microchip Technology Inc., 2001

<http://www.microchip.com/download/lit/pline/analog/interface/infrared/21618a.pdf> ,3 s.

Kahn, M. J. ve Barry, J. R., Wireless Infrared Communications, Proceedings of IEEE, vol. 85, NO. 2, 265-289 s., Feb. 1997.

Kayran A. H., Panayırıcı E. ve Aygözü Ü., Sayısal Haberleşme, Birsen Yayınevi, 52-60 s., 1998.

Microchip Technology Inc, Using The MCP2120 For Infrared Communications, 2001

<http://www.microchip.com/download/appnote/infrared/00756a.pdf> p.3

Quinn, J., Digital Data Communication , Prentice-Hall., 4-5 s., 1995.

Kahn M. J., High Speed Wireless Infrared Communication, Final Report 1996-97 For Micro Project, Department of Electrical Engineering and Computer Sciences University of California, Berkeley, 1997

Shiu D.S. ve Kahn M.J., Differential Pulse-Position Modulation for Power-Efficient Optical Communication, subm. to IEEE Trans. on Commun., Ağustos, 1997.

Lee D.C., Kahn M.J. and Audeh D.M., Trellis-Coded Pulse-Position Modulation for Indoor Wireless Infrared Communications, IEEE Trans. on Commun., vol. 45, 1080-1087 s., Eylül, 1997.

Barry J.R., Wireless Infrared Communications, Boston, Kluwer Academic, 1994.

Infrared Data Association, Serial Infrared (SIR) Physical Layer Link Specification, Nisan, 1994.

Clark G.C. ve, Cain J.B., Error-Correction Coding for Digital Communications, Plenum Press, New York, 1981.

Chen, J.-H., High-Quality 16 Kb/s Speech Coding With a One-Way Delay Less Than 2 ms. In: IEEE International Conference on Acoustic Speech Signal Processing, 453-456 s., 1990.

Furui, S., Research on Individuality Features in Speech Waves and Automatic Speaker Recognition Techniques. Speech Communication, 183-197 s., 1986.

Gersho, A., Advances in Speech and Audio Compression. Proc. IEEE 82, 900-918 s., 1994.

Campbell, J.P., Tremain, T.E., Welch, V.C., The Federal Standard 1016 4800 bps CELP Voice Coder Digital Signal Process, 145-155, 1991.

EKLER

Ek-1 Özgeçmiş

Ek-2 Kızılötesi Sayısal Sinyal Aktarım Sisteminin PIC16F877 Program Yazılımı

Ek-3 Kızılötesi Sayısal Sinyal Aktarım Sisteminde Kullanılan Bazı Tümdevrelerin
Katalog Verileri



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ersan OKATAN
Ana Adı : Yıldız
Baba Adı : Sait
Doğum Yeri ve Tarihi : Gölhisar,1978
Lisans Eğitimi ve Mezuniyet Tarihi: Hacettepe Üniversitesi,1999
Yabancı Dil : İngilizce



```

*****
;* IRSES.ASM-VERİ ALMA YAZILIMI
*****
;* PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
;* ELEKTRİK-ELEKTRONİK ANABİLİMDALİ YÜKSEKLİSANS TEZİ
;* Assembled with MPASM V2.20
*****
;* Bu program kızılötesi sayısal ses iletişimini
;* kontrol eden PIC16F877 mikrodenetleyicisi için yazılmıştır.
;* Programda ADC ve USART modülleri kullanılmıştır.
;* AN1 analog giriş olup TX/RX bacakları USART modülü tarafından kullanılmaktadır.
;* B portu sayısal verilerin DAC entegregresine gönderilmesi için kullanılmıştır.
*****

```

```

list p=16f877
include "p16f877.inc"

```

```

; Reset vektöründen başla
org 0x000
nop

```

Start

```

banksel    PORTB    ; 0 nolu yazmac bankasına geç
clrf       PORTB    ; PortB yazmacının içeriğini temizle
banksel    TRISB    ; 1 nolu yazmac bankasına geç
clrf       TRISB    ; PortB'yi çıkış olarak belirle
banksel    OPTION_REG ; 1 nolu yazmaç bankasına geç
movlw      B'00001110' ;
movwf      ADCON1    ; VDD and VSS references
movlw      B'00001011'
movwf      SPBRG     ; SPBRG 11 seçerek USART modülü veri
                      ; transfer oranının 104.167 baud olmasını sağla

movlw      B'00100100'
movwf      TXSTA     ; 8 bitte, yüksek hızda, asenkronize iletişim
                      ; için iletişimi etkinleştir

movlw      B'10010000'
banksel    RCSTA     ; 0 nolu yazmaç bankasına geç
movwf      RCSTA     ; Seri portu etkinleştir, 8 bitte veri alımı yap,
                      ; alım etkin değil

```

Main

```

Main
BekleRX    BANKSEL   PIR1
           btfss     PIR1,5
           goto      BekleRX    ; Alımın tamamlanmasını bekle
           banksel   RCREG
           movf      RCREG,W    ; Veriyi al
           movwf     PORTB      ; Alınan veriyi portB'ye yaz

           goto      Main      ; İşlemi yeniden yap
END

```

```

*****
;* IRSES.ASM- GÖNDERME ALGORİTASI
*****
;* PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
;* ELEKTRİK-ELEKTRONİK ANABİLİMDALİ YÜKSEKLİSANS TEZİ
;* Assembled with MPASM V2.20
*****
;* Bu program kızılötesi sayısal ses iletişimini
;* kontrol eden PIC16F877 mikrodenetleyicisi için yazılmıştır.
;* Programda ADC ve USART modülleri kullanılmıştır.
;* AN1 analog giriş olup TX/RX bacakları USART modülü tarafından kullanılmaktadır.
;* B portu sayısal verilerin DAC entegregresine gönderilmesi için kullanılmıştır.
*****

```

```

list p=16f877
include "p16f877.inc"

```

```

SAYAC      EQU  h'A0'
ORTA EQU  h'22'
ONCEKI     EQU  h'21'

```

```

; Reset vektöründen başla
org 0x000
nop

```

Start

```

banksel    PORTC          ; 0 nolu yazmac bankasına geç
clrf       TXREG          ; başlangıç iletimi için yazmacı sıfırla
banksel    OPTION_REG     ; 1 nolu yazmac bankasına geç
clrf       SAYAC          ;
banksel    PORTC          ; 0 nolu yazmac bankasına geç
movlw      B'01000001'    ;
movwf      ADCON0         ; A/D çevrim saati frekansını Fosc/8 seç.
                                ; Çevrim için analog kanallardan AN0'ı
                                ; kullan. ADC modülü etkinleştir, çevrimi
                                ; henüz başlatma
banksel    OPTION_REG     ; 1 nolu yazmac bankasına geç
clrf       TRISB          ; Port B nin tüm ayaklarını çıkış olarak ata
movlw      B'00001110'    ;
movwf      ADCON1         ; A/D çevrim sonucunu sola yasla, AN0'ı
                                ; analog kanal olarak, üst referans gerilimini
                                ; VDD alt referans gerilimini VSS olarak ata
movlw      B'00001011'
movwf      SPBRG          ; SPBRG 11 seçerek USART modülü veri
                                ; transfer oranının 104.167 baud olmasını sağla
movlw      B'00100100'

```

```

movwf    TXSTA                ; 8 bitte, yüksek hızda, asenkronize iletişim
                                ; için iletimi etkinleştir

movlw    B'10010000'
banksel  RCSTA                ; 0 nolu yazmaç bankasına geç
movwf    RCSTA                ; Seri portu etkinleştir, 8 bitte veri alımı yap,
                                ; alım etkin değil

movlw    B'01111111'
movwf    ORTA                 ;
                                ; Dönüşümün orta noktası 01111111 değeridir

Main

sesvar
banksel  ADCON0                ; 0 nolu yazmac bankasına geç
bsf      ADCON0,GO            ; A/D dönüşüme başla

Bekle1
banksel  OPTION_REG            ; 1 nolu yazmac bankasına geç
banksel  PIR1                  ;
btfss    PIR1,ADIF             ;
goto     Bekle1                ; Dönüşümün bitmesi için bekle
movf     ADRESH,W              ; Dönüşüm değerini W yazmacına kaydet
subwf    ORTA,W                ; Değerin orta noktaya uzaklığını bul
andlw    B'11110000'           ;
banksel  OPTION_REG            ;
btfss    STATUS,Z              ; Değerin orta seviyeye uzaklığı belirli
                                ; seviyenin altında mı kontrol et
clrf     SAYAC                 ; Değer belirlenen seviyenin üstünde ise
                                ; sayacı sıfırla
btfsc    STATUS,Z              ; Değerin orta seviyeye uzaklığı belirli
                                ; seviyenin altında mı kontrol et
incf     SAYAC,F               ; Değer belirlenen seviyenin üstünde ise
                                ; sayacı 1 arttır

banksel  TXSTA
bekle2
btfss    TXSTA,1
goto     bekle2                ; Seri iletim için TXREG yazmacı boş mu
                                ; kontrol et değilse bekle

banksel  ADRESH
movf     ADRESH,W
movwf    TXREG                ; Değeri seri iletim için TXREG yazmacına
                                ; yaz
banksel  OPTION_REG
btfss    SAYAC,2               ; Sayacın değeri belirlenen seviyeyi aşmış mı
                                ; kontrol et
goto     sesvar                ; Sayac değeri belirli seviyeyi aşmamışsa
                                ; konuşma vardır sesvar döngüsüne devam et
clrf     SAYAC                 ; Sayac değeri belirli seviyeyi aşmışsa sayacı
                                ; sıfırla ve sesyok döngüsüne geç

sesyok
banksel  ADCON0

```

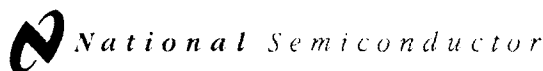
```

    bsf          ADCON0,GO      ; A/D dönüşüme başla
bekle3
    banksel      PIR1
    btfss        PIR1,ADIF      ;
    goto         bekle3         ; Dönüşümün bitmesi için bekle
    movf         ADRESH,W       ; Dönüşüm değerini W yazmacına kaydet
    subwf        ORTA,W         ; Değerin orta noktaya uzaklığını bul
    andlw        B'11110000'    ;
    banksel      OPTION_REG     ;
    btfsc        STATUS,Z       ; Değerin orta seviyeye uzaklığı belirli
                                ; seviyenin altında mı kontrol et
    clrf         SAYAC          ; Değer belirlenen seviyenin altında ise sayacı
                                ; sıfırla
    btfss        STATUS,Z       ; Değerin orta seviyeye uzaklığı belirli
                                ; seviyenin altında mı kontrol et
    incf         SAYAC,F        ; Değer belirlenen seviyenin altında ise sayacı
                                ; 1 arttır

    banksel      OPTION_REG
    btfss        SAYAC,2        ; Herhangi bir iletim yapma ( kanalı kapat)
    goto         sesyok         ; Sayac değeri belirli seviyeyi aşmamışsa
                                ; sesyok döngüsüne devam et
    clrf         SAYAC          ; Sayac değeri belirli seviyeyi aşmışsa sayacı
                                ; sıfırla
    goto         sesvar         ; ve sesvar döngüsüne geç

    goto         Main          ;
END

```



February 1995

LM78XX Series Voltage Regulators

General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number

of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

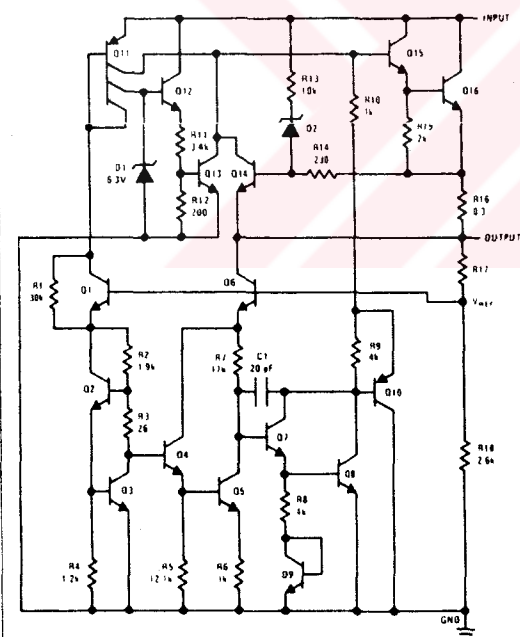
Features

- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

Voltage Range

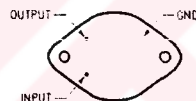
LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

Schematic and Connection Diagrams



TL/H/7746-1

Metal Can Package
TO-3 (K)
Aluminum

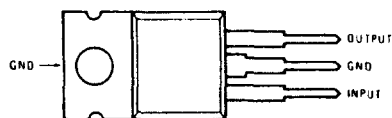


TL/H/7746-2

Bottom View

Order Number LM7805CK,
LM7812CK or LM7815CK
See NS Package Number KC02A

Plastic Package
TO-220 (T)



TL/H/7746-3

Top View

Order Number LM7805CT,
LM7812CT or LM7815CT
See NS Package Number T03B

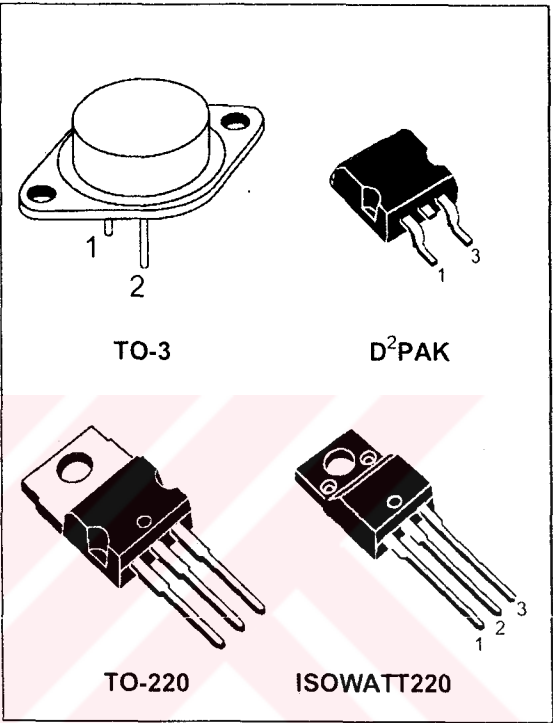
LM78XX Series Voltage Regulators

NEGATIVE VOLTAGE REGULATORS

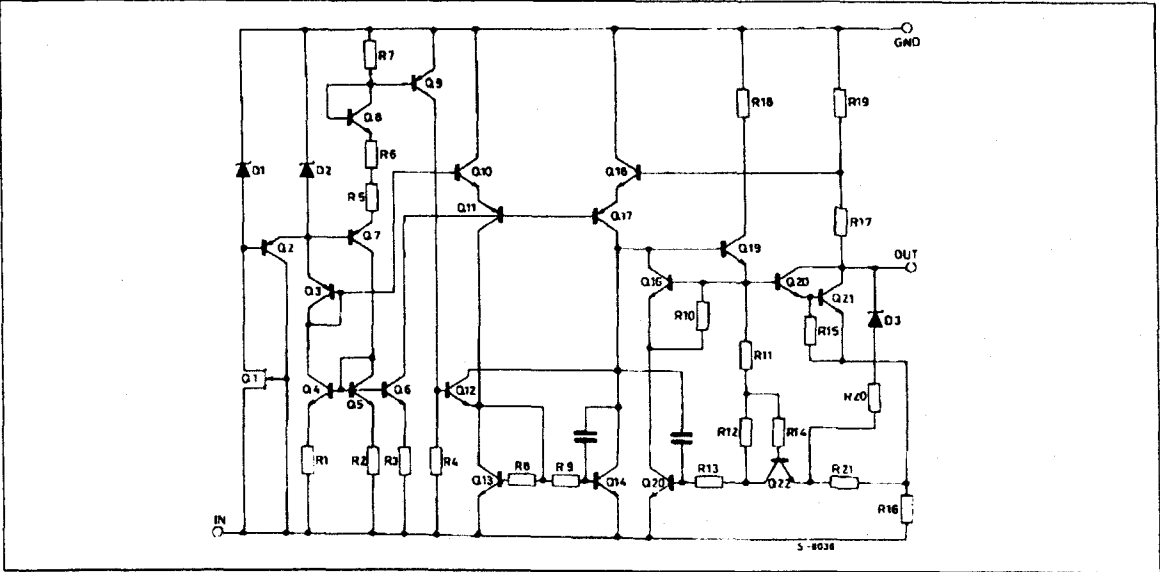
- OUTPUT CURRENT UP TO 1.5 A
- OUTPUT VOLTAGES OF -5; -5.2; -6; -8; -9; -12; -15; -18; -20; -22; -24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

DESCRIPTION

The L7900 series of three-terminal negative regulators is available in TO-220, ISOWATT220 TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation; furthermore, having the same voltage option as the L7800 positive standard series, they are particularly suited for split power supplies. In addition, the -5.2V is also available for ECL system. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1.5A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



SCHEMATIC DIAGRAM



Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)

Note 2: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_j max. (listed under "Absolute Maximum Ratings") $T_j = T_A + (\theta_{JA} P_{D1})$.

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{JA} (Junction to Ambient)	100 °C/W	100 °C/W	170 °C/W	195 °C/W
θ_{JC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25 °C/W	N/A

- Note 3:** For supply voltages less than $\pm 15V$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
- Note 4:** Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$.
- Note 5:** Calculated value from BW (MHz) = $0.35/\text{Rise Time}(\mu s)$.
- Note 6:** For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.
- Note 7:** Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

Connection Diagram

Metal Can Package

DS009341-2

Note 8: LM741H is available per JM38510/10101

Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 8), LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

Ceramic Dual-In-Line Package

DS009341-5

Note 9: also available per JM38510/10101

Note 10: also available per JM38510/10102

Order Number LM741J-14/883 (Note 9), LM741AJ-14/883 (Note 10)
See NS Package Number J14A

Dual-In-Line or S.O. Package

DS009341-3

Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CM, LM741CN or LM741EN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak

DS009341-6

Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A


MICROCHIP

PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

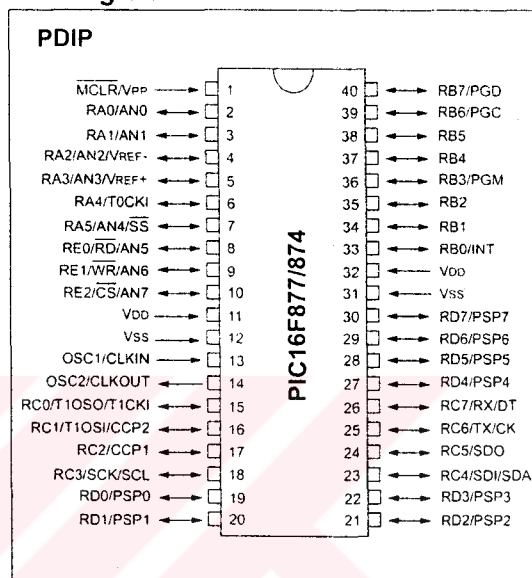
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)