

RF TABANLI BİLGİLENDİRME SİSTEMİ

Projeyi Yapan: Erhan Recep ÇAKIR

Proje Danışmanı: Prof. Dr. Tülay YILDIRIM

İstanbul, 2009

1. GİRİŞ

Bu çalışmada RF tabanlı bilgilendirme sistemi tasarlanarak, vericide bulunan ses kaydının alıcı konumdaki kullanıcıya aktarılması ve böylece kullanıcının bu ses kaydını dinlemesi amaçlanmıştır.

Hayatımızda sıkça kullanılan radyo haberleşmesi ile kablolardan bağımsız haberleşme yapılabilmektedir. Önceleri üretim maliyeti nedeniyle yalnızca sanayide kullanılan kablosuz veri iletimi günümüzde her alanda sıkça kullanılmaktadır. Radyo haberleşmesinin sayısal sisteme uyum sağlaması kullanım alanını oldukça arttırmıştır. Kablosuz sistemlerin otomasyon, güvenlik, uzaktan ölçüm gibi alanlarda kullanılmasıyla beraber veri aktarım hızının artmasıyla da internet uygulaması gibi yüksek veri aktarımı gerektiren uygulamalarda da kullanımı artmıştır.

Oluşturulan uygulamada önceden bir hafıza ünitesine kayıt altına alınmış ses verilerinin vericiden alıcıya radyo frekansıyla iletilmesi gerçekleştirilmektedir. Günümüzde kullanımda olan, müzelerde bulunan sesli bilgilendirme sistemlerinin birçoğu ziyaretçinin tuş ile kontrolüyle ses kaydını çalmaktadır. Bu çalışmada kullanıcının herhangi bir tuşlama işlemi yapmadan kaydın otomatik olarak dinletilmesi sağlanmaktadır. Böylece kullanıcılara daha pratik, kullanışlı bir alet tasarımı yapılmış olmaktadır.

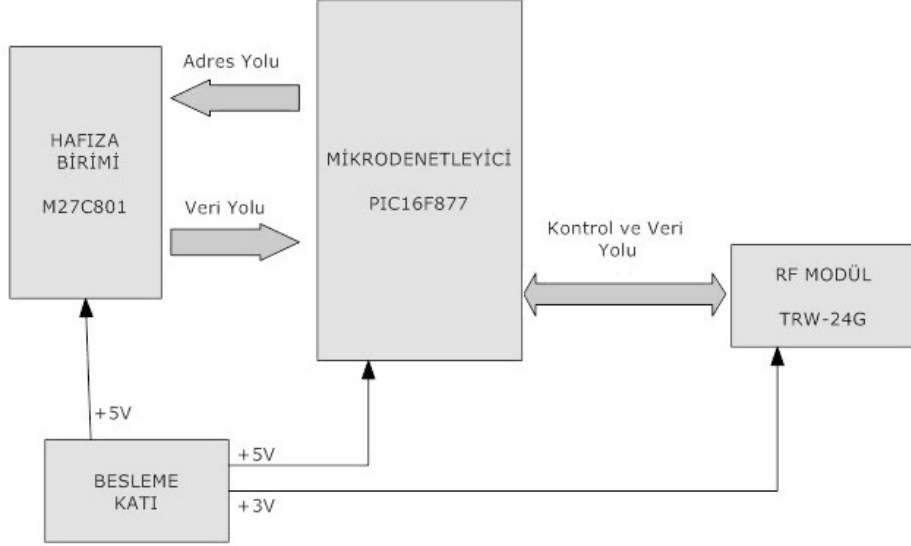
Verici ile alıcı arasında haberleşmeyi sağlayan RF modüllerin kontrolü mikrodenetleyicinin programlanmasıyla sağlanmaktadır. Kullanılan modülün yayın frekansı ve yayın gücü Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun belirlediği standartlardadır ve lisans gerektirmeyen frekans bantlarında yayın yapmaktadır.

Ses kaydı bilgisayarda yapılmıştır ve veri boyutunu küçük tutmak amacıyla düşük örnekleme hızında ses örneklenecek bir hafıza ünitesine kopyalanmıştır. Kullanılan hafıza ünitesi EPROM'dur. Ses kaydı yapılırken örnekleme frekansı sesin anlaşılabilir kalitede olması göz önüne alınarak seçilmiştir. Kaydedilen ses verisinin formatı incelenmiştir ve içeriğinde bulunan bilgi paketlerinin özellikleri hakkında bilgi edinilip, ROM'da bulunan bu paketlerin içerikleri mikrodenetleyici aracılığıyla okunmaktadır. Böylece verinin başlangıcı, türü, süresi gibi bilgiler elde edilmektedir. Sonuç olarak iletilmek istenen ses verisinin seçimi gerçekleştirilmektedir ve alıcıya doğru ses kaydının iletimi sağlanmaktadır.

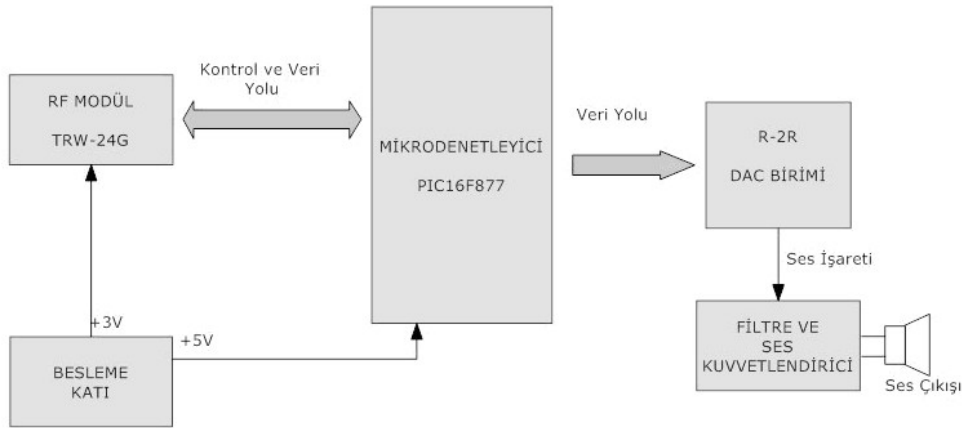
Sistemin alıcı kısmında vericiden yayımlanan sinyalleri algılayan başka bir RF modül kullanılmaktadır. Bu RF modülün de kontrolünü bir mikrodenetleyici sağlamaktadır. RF modülün yakaladığı sinyaller mikrodenetleyicide işleminden geçirilerek verinin bir sayısal/analog dönüştürücüye gönderilerek analog bir işarete dönüştürülmesiyle kullanıcının anlayacağı analog ses işaretine dönüşümü sağlanmış olmaktadır. Bu analog işaret de bir kulaklık aracılığı ile kullanıcıya taşınmaktadır.

2. SİSTEMİN BLOK DİYAGRAMLARI VE DEVRE ŞEMALARI

Sistem ses verisini ileten verici devre ve ses iletisini alan kullanıcıya ait alıcı devre olmak üzere iki ayrı devreden oluşmaktadır. Şekil 2.1’de verici devreye ait blok diyagram, Şekil 2.2’de de alıcı devreye ait blok diyagram gösterilmektedir.

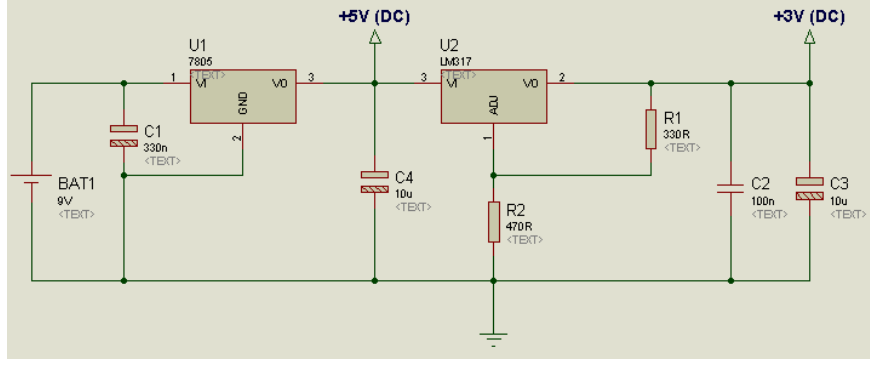


Şekil 2.1 Verici devreye ait blok diyagram.



Şekil 2.2 Alıcı devreye ait blok diyagram.

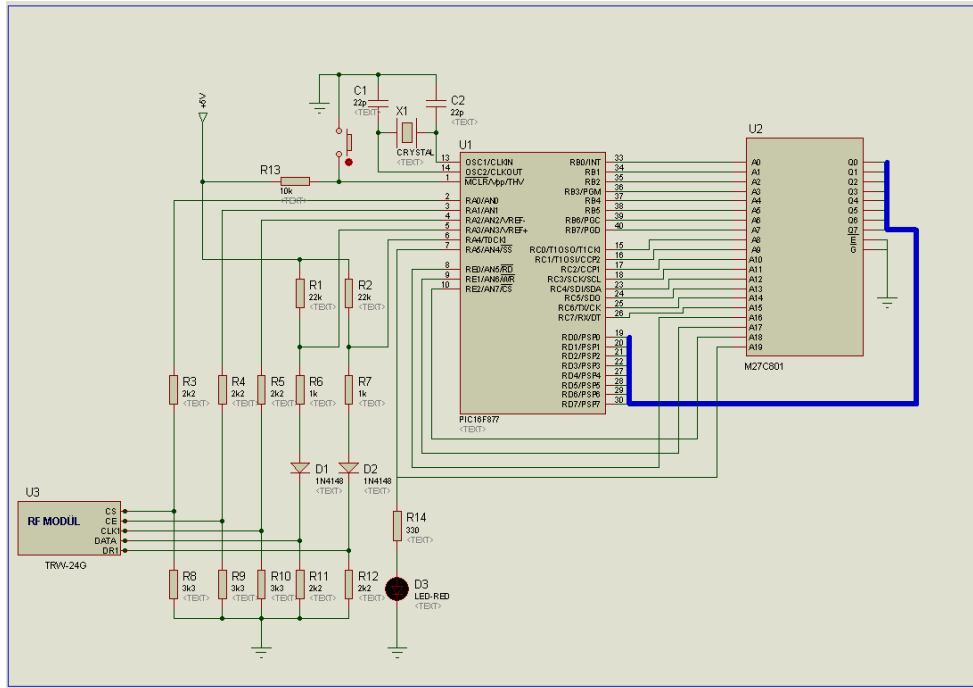
Sistemin gerekli enerji kaynağı için tasarlanmıştır. Verici kısımda mikrodenetleyici ve EPROM +5V’a ihtiyaç duyarken, RF modül ise +3V’a ihtiyaç duymaktadır. Alıcı kısımda da mikrodenetleyici ve kuvvetlendirici katındaki elemanlar +5V, RF modül de +3V kullanmaktadır. Sistemin +5V ihtiyacı için LM7805 gerilim regülatörü kullanılmıştır. +3V elde etmek için ise LM317 entegresi kullanılmıştır. Devredeki parazitleri engellemek için de devreye kondansatörler eklenmiştir. Besleme katına ait devre şeması Şekil 2.3’te gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Besleme katına ait devre şeması.

Verici devrede, ses verisi PIC16F877 aracılığı ile M27C801'den okunup RF modüle iletilmektedir. RF modül aracılığı ile kablosuz veri aktarımı sağlanmaktadır. Şekil 2.4'te kurulan verici devreye ait devre şeması gösterilmektedir. PIC16F877'nin B portu EPROM'un A0-A7 nolu bacaklarına, C portu A8-A15 nolu bacaklarına, E portu A16-A18 nolu bacaklarına ve A portunun 5 nolu ucu da A19 nolu bacağına bağlanmıştır. Adres kontrolleri bu uçlardan yapılmaktadır. D portu ise EPROM'un veri uçlarına bağlanmıştır ve verinin buradan okunması sağlanmaktadır. PIC16F877'ye ait A portunun RA0-RA4 nolu bacakları da RF modülün sırasıyla CS, CE, CLK1, DATA ve DR1 uçlarına bağlanmıştır. RF modülün kanal iki için bulunan diğer uçları sistemde kullanılmamıştır.

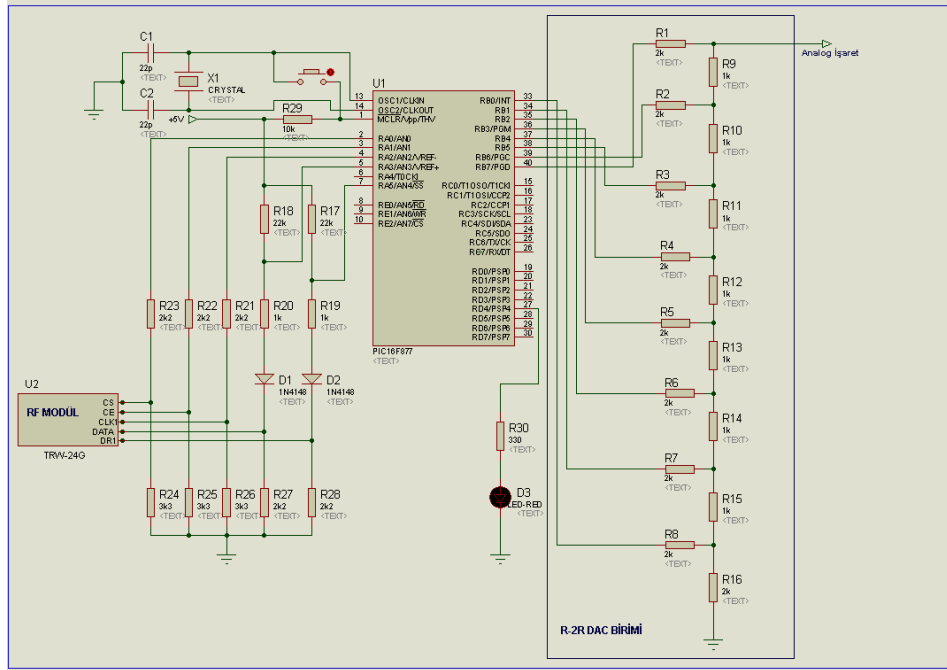
RF modülün ve mikrodenetleyicinin çalışma gerilimleri farklı olduğu için 5V-3V arasında lojik uyum sağlamak amacıyla arada dirençler ve diyot kullanılmıştır. Böylece RF modülün mikrodenetleyicinin uçlarında gelecek yüksek gerilimden korunması sağlanmaktadır. DATA ucu hem giriş hem çıkış olarak kullanılabilir şekilde, DR1 ucu da RF modülde çıkış olacak şekilde direnç ve diyot kullanılmıştır. CS, CE ve CLK1 uçları RF modülde yalnızca giriş olarak kullanılacakları için gerilim bölücü dirençler yeterli olmuştur.



Şekil 2.4 Verici devreye ait şema.

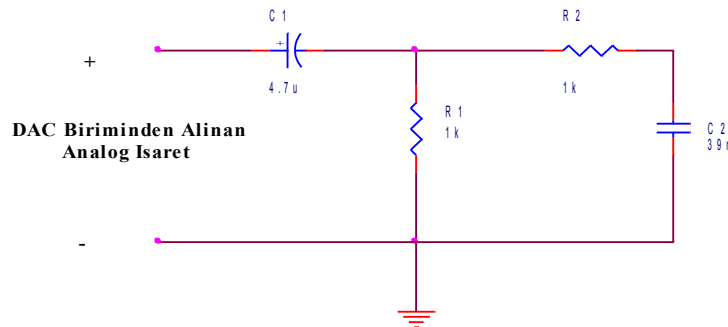
Alıcı kısımda RF modülden alınan veri mikrodenetleyici aracılığıyla okunarak R-2R merdiven tipi DAC birimine gönderilmektedir. Şekil 2.5'te alıcı devreye ait şema görülmektedir. PIC'in A portuna ait A0-A3 uçları RF modülün CS, CE, CLK1 ve DATA uçlarına A5 ucu ise DR1 ucuna bağlanmıştır. Verici devrede olduğu gibi alıcı devrede de modül ile mikrodenetleyici arasında lojik seviye uyumu sağlamak amacıyla direnç ve diyotlar kullanılmıştır.

RF modülden elde edilen sayısal bilgi mikrodenetleyicinin B portundan DAC birimine gönderilir. Burada kullanılan R-2R merdiven tipi DAC, piyasada kullanılan birçok DAC entegrelerine benzemektedir. Elde edilen işaret +2.5 Volt üzerine bindirilmiş analog ses işaretidir. Böylece sayısal işaret analog işarete dönüştürülmüş olmaktadır.



Şekil 2.5 Alıcı devrede sistemin kontrol, veri alımı ve DAC kısmına ait şema.

DAC biriminden elde edilen analog işaret Şekil 2.6'daki pasif filtreden geçirilerek gürültülerden arındırılmaktadır ve istenmeyen frekans değerlerindeki işaretlerden arındırılmış olmaktadır.



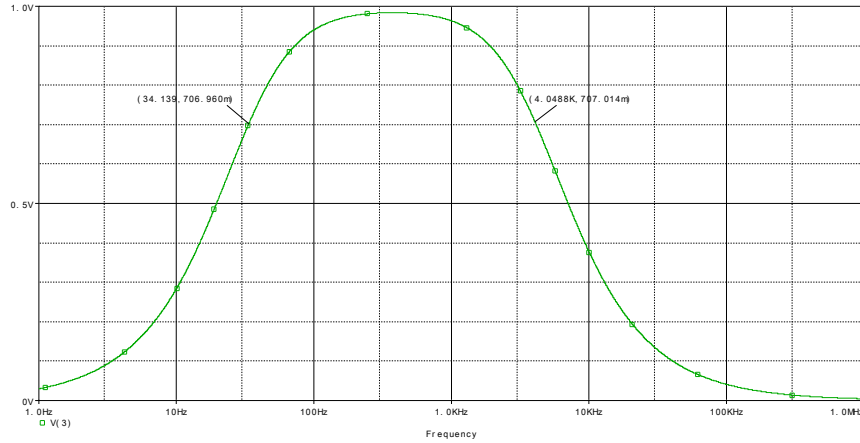
Şekil 2.6 İstenmeyen frekanslardaki işaretleri süzen pasif filtre devresi.

Oluşturulan filtrenin kesim frekansları aşağıdaki eşitliklerde belirtilmiştir. Belirtilen eşitlikler sonucunda alt kesim frekansı 33.8 Hz, üst kesim frekansı ise 4 KHz bulunmaktadır.

$$f_L = 1 / (2\pi \times C1 \times R1) = 33.8 \text{ Hz}$$

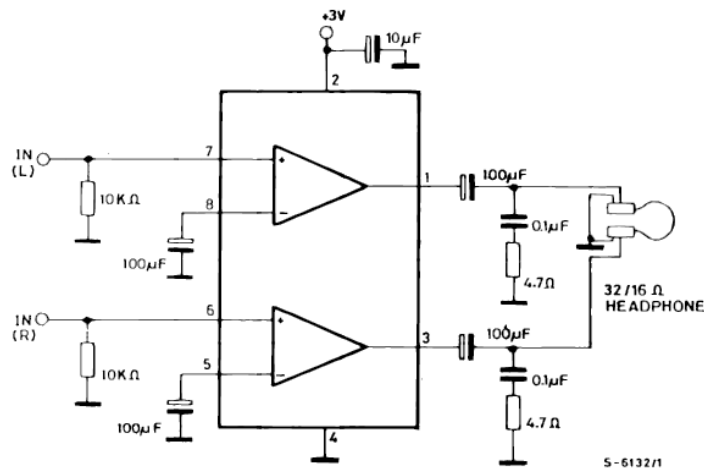
$$f_H = 1 / (2\pi \times C2 \times R2) = 4 \text{ KHz}$$

Filtre devresinin SPICE programı ile simülasyonu sonucunda elde edilen frekans karakteristiği Şekil 2.7’de belirtilmektedir.



Şekil 2.7 Ses çıkış filtresinin karakteristiği

Filtrenin çıkışında sesi kuvvetlendirmek amacıyla ses kuvvetlendirici entegre olan TDA2822M kullanılmaktadır. TDA2822M entegresi iki kanallı bir kuvvetlendiricidir. Bu sistemde entegrenin yalnızca tek kanalı kullanılmaktadır. Entegrenin 7 nolu ucundan ses girişi yapılarak 1 nolu ucundan kuvvetlendirilmiş ses alınmaktadır. Buradan da hoparlöre bağlanarak ve aktarılan ses kaydı dinlenebilmektedir. Şekil 2.8’de TDA2822M’e ait uç bağlantıları ve kullanılan direnç ve kapasite değerleri gösterilmektedir.



Şekil 2.8 TDA2822M’in uç bağlantıları ve kullanılan devre elemanları.

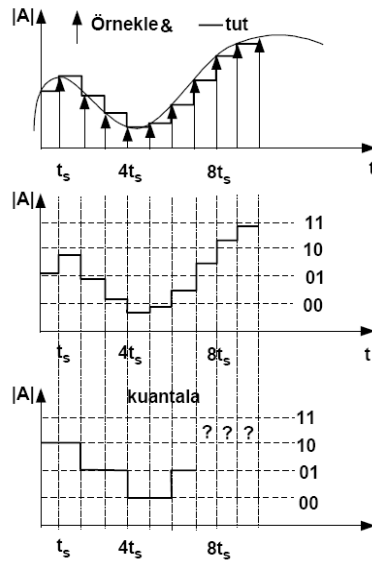
3. SİSTEMİN ÇALIŞMA ŞEKLİ

Sistemde iki ayrı devre oluşturulmuştur. Bunlardan ilki olan verici devresi mikrodenetleyici aracılığı ile EPROM M27C801 hafıza biriminde bulunan ses kaydını TRW-24G RF modüle göndermektedir. TRW-24G RF modül sayısal bilgiyi radyo frekansı ile ortama iletmektedir. İkinci devre olan alıcı sistemde bulunan TRW-24G RF modül bu bilgiyi alır ve mikrodenetleyiciye verir. Mikrodenetleyici bilgiyi DAC'a gönderir ve kullanıcının kaydı dinlemesi sağlanır. Ses iletimi başlamadan önce verici devre, her 5 saniyede ortama uyarı mesajları göndererek kendi varlığını etrafa bildirmektedir. Verici sistemin kapsama alanına giren alıcı konumundaki kullanıcı, verici sisteme onay göndererek ses verisini alma talebini iletmektedir. Verici, bu talebe karşılık verdikten sonra veriyi iletmeye başlamaktadır.

4. PCM KODLAMA VE MICROSOFT WAV DOSYA FORMATI

Analog işaretler sürekli zamanlı işaretlerdir. Yani işaretin aldığı değerler zamana göre sürekli. Ancak bilgisayar ortamında sürekli zaman işareti işlemek mümkün olmadığından işareti ayrıştırmak gerekmektedir. Çünkü bilgisayar, mikrodenetleyici gibi cihazlar ayrık zamanlı çalışmaktadırlar. Sesin sayısallaştırılmasında kullanılan yöntemlerden biri PCM kodlamadır.

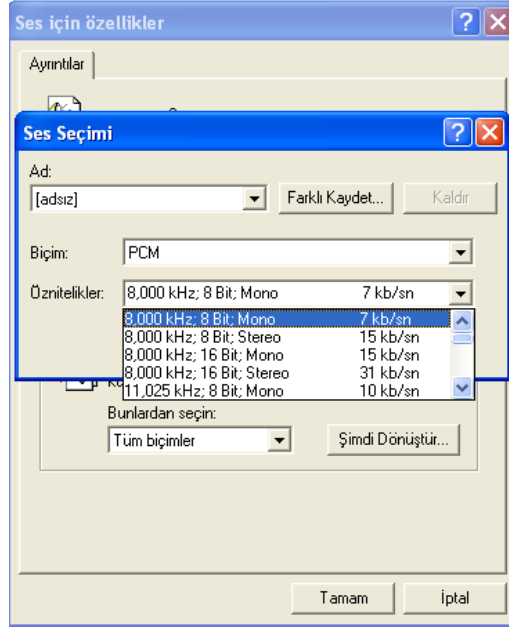
PCM kodlamada veri öncelikle örneklenir ve ayrık zamanlı sayısal bir işarete dönüşür. Elde edilen işaret ayrık zamanlı olmasına rağmen genliği de sürekli işaret olduğu için işaretin genliği de sayısallaştırılmaktadır. Bu işlem de kuantalama ile yapılmaktadır. Böylece istenilen sayısal veri elde edilmiş olmaktadır. Şekil 4.1’de PCM işaretin elde edilişi gösterilmektedir.



Şekil 4.1 PCM işaretin elde edilişi.

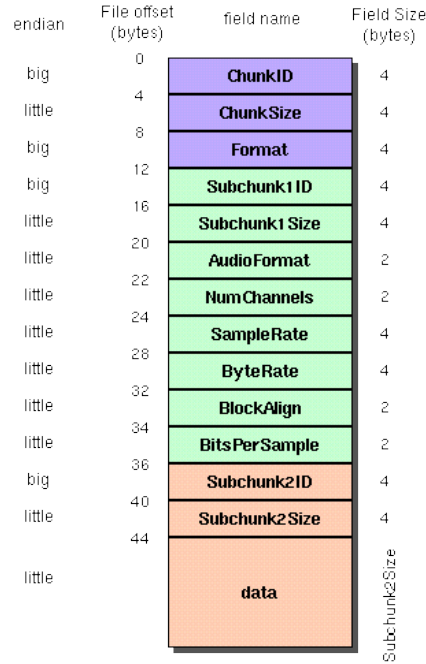
İnsan sesi bant genişliği yaklaşık olarak 300Hz ile 3400Hz arasında değişmektedir. Örnekleme teoremine göre, kayıt yapılırken örnekleme frekansının işaretin maksimum frekansının en az iki katı seçilerek yapılması gerekmektedir.

Projede ses kaydı Microsoft’a ait “Ses Kaydedici” programı ile yapılmaktadır. Bu programda ses kaydı için istenilen biçim, örnekleme hızı ve bit sayısı seçimi yapılabilmektedir. Oluşturulan projede PCM kodlama ile 8KHz’de 8 bitlik mono kayıt yapılmıştır. Şekil 4.2’de programa ait bu seçim penceresi gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Microsoft ses kaydedicisine ait kayıt için özellik seçim penceresi.

Yapılan kayıt bilgisayar ortamında “wav” dosya formatı şeklinde saklanmaktadır. Wav dosya formatı sayısal ses verilerini saklamak için kullanılan bir dosya formatıdır. Bu dosya formatına ait basit dosya düzeni Şekil 4.3’te belirtilmektedir.



Şekil 4.3 Wav dosya yapısı.

Wav dosya formatı standart RIFF yapısını kullanmaktadır. Bu yapı yığınlara ayrılmış dosya verilerinden oluşmuş olup, her yığının kendisine ait bir yığın başlığı (chunk header) ve yığına ait veriler (chunk data) bulunmaktadır.

Wav dosya formatında ilk 4 bayt “RIFF” kelimesini oluşturan ASCII kodlardan oluşmaktadır. Bu kelimeyi 4 bayttan oluşan dosya büyüklüğünü belirten blok takip etmektedir. Sonraki 4 bayt ise “WAVE” kelimesini temsil eden ASCII kodlardan oluşmuş olup, bu dosyamızın “wav” formatında olduğunun kanıtı olmaktadır.

RIFF yığınınımızın bir alt bölgesinde “fmt” yığını yer almaktadır. Bu kısımda ses dosyasının özelliklerine ait bilgiler bulunmaktadır. Bu özellikler ve özellikleri niteleyen bayt uzunlukları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- 2 bayt – Sıkıştırma kodu
- 2 bayt– Kanal sayısı
- 4 bayt– Örnekleme hızı
- 4 bayt – Saniye başına düşen ortalama bayt sayısı
- 2 bayt – Örnek başına düşen bayt sayısı
- 2 bayt – Örnek başına düşen bit sayısı
- 2 bayt – Ekstra format baytları

“fmt” yığınınından sonra “fact” yığını yer almaktadır ve bu yığında da veri bloğunda yer alan bilgiye bağımlı sıkıştırma kodunu içerir ve bu kod ile saniye başına düşen örnek sayısı hesabıyla kayıt uzunluğu bulunabilir. Bu yığından sonra da “veri yığını” (data chunk) bulunmaktadır ve ses verisi burada saklanmaktadır. Bu yığında ilk 4 bayt “data” kelimesini oluşturan ASCII kodlardan meydana gelmektedir ve ardından gelen 4 bayt ise ses verisinin uzunluğunu vermektedir. Böylece burada sesin ROM’da nereden başlayıp nerede sona erdiği belirlenebilmektedir. İlk 8 bayttan sonra ses kaydına ait bitler bulunmaktadır.

Kaydedilen ses verisinin içeriğinin bir kısmı Şekil 4.4’te açık bir şekilde görülmektedir. Burada dosyamızın “RIFF” başlığı ile başladığını rahatça görebilmekteyiz. Yazılım kısmında EPROM’da veri aranırken bu başlık aranarak dosyamızın başı bulunmaktadır.

Offset	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
00000000	52	49	46	46	32	53	07	00	57	41	56	45	66	6D	74	20	RIFF2S..WAVEfmt
00000010	12	00	00	00	01	00	01	00	40	1F	00	00	40	1F	00	00@...@...
00000020	01	00	08	00	00	00	66	61	63	74	04	00	00	00	00	53fact.....S
00000030	07	00	64	61	74	61	00	53	07	00	80	80	7F	80	7F	80	..data.S..€€€€€€
00000040	7F	80	7F	80	7F	7E	7F	7F	7F	7F	7F	7E	7E	7E	7E	7E	€€€€~€€€€~€€€€
00000050	7E	7D	7D	7E	7D	7D	7D	7D	7D	7D	7D	7D	7D	7D	7E	7E	~}}~}}}}}}}}}}~
00000060	7D	7E	7E	7F	7F	7F	7F	80	7F	80	80	80	81	81	81	82	}~€€€€€€€€€€€€€€€€,
00000070	81	82	82	82	82	83	82	83	82	82	82	82	81	81	80	80	€,,,,f,f,,,€€€€
00000080	80	7F	80	80	7F	80	7F	7F	7F	7F	7F	80	80	80	81	81	€€€€€€€€€€€€€€€€
00000090	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	82	82	82	82	82	82	€€€€€€€€€€€€€€€€,
000000A0	82	82	82	82	81	82	81	81	81	81	80	81	80	80	80	80	,,,,€,€€€€€€€€€€
000000B0	80	80	80	80	80	80	80	7F	7F	7F	7F	7F	7F	7F	7F	7F	€€€€€€€€€€€€€€€€
000000C0	7F	7F	7F	7F	80	7F	7F	80	7F	7F	80	7F	80	7F	7F	7F	€€€€€€€€€€€€€€€€
000000D0	7F	7F	7F	7E	7F	7E	7F	7E	7E	7E	7E	7E	7F	7F	7E	7E	€€€€~€€€€~€€€€€€€€
000000E0	7F	7E	7F	7E	7F	7E	7F	7E	7E	7E	7E	7E	7E	7E	7F	7E	€€€€~€€€€~€€€€€€€€
000000F0	7F	7E	7F	7F	7F	7E	7F	7E	7E	7E	7F	7F	7E	7F	7F	7F	€€€€€€€€~€€€€€€€€
00000100	7F	7F	80	7F	7F	80	80	80	80	81	80	81	80	80	81	81	€€€€€€€€€€€€€€€€
00000110	81	81	80	81	81	80	80	80	80	80	81	80	80	81	81	82	€€€€€€€€€€€€€€€€,

Şekil 4.4 Kaydedilen ses verisinin içeriği.

5. TRW-24G RF Modül

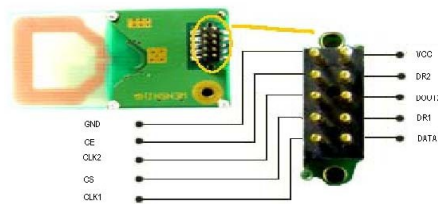
Oluşturulan sistemde kablosuz olarak veri aktarımını sağlayan cihaz TRW-24G RF modülüdür. Özellikle ses gibi yüksek veri aktarım hızına ihtiyaç duyulan sistemlerde kullanılabilir özelliklere sahip bir RF modüldür. TRW-24G modülüne ait bazı özellikler aşağıda sıralanmıştır:

- Frekans Aralığı: 2.4~2.524 GHz ISM bandı
- Modülasyon Modu: FSK
- Veri aktarım hızı: 1Mbps, 250Kbps
- Çoklu kanal işlemi: 125 kanal, Kanal anahtarlama süresi<200us
- Veri dilimleyici / clock ve veri kurtarımı
- Dekoder, kodlayıcı ve veri tamponlama, CRC hesaplama
- Düşük güç tüketimi ve sakin MCU performansı için ShockBurst modu
- Duyarlılık: -90dBm
- Yerleşik anten
- Besleme gerilimi: 1.9 - 3.6 Volt
- İşlem sıcaklığı: -40 ~ +85 Santigrat

Bu modülün kullanılabilir olduğu uygulama alanları aşağıda belirtilmiştir:

- Kablosuz fare, klavye, joystick
- Kablosuz veri iletişimi
- Alarm ve güvenlik sistemleri
- Ev otomasyonu
- Kablosuz kulaklık
- Uzaktan ölçüm
- Otomotiv

Şekil 5.1’de modülün alt kısımdan görünüşü verilmiştir ve modüle ait uçlar görülmektedir.



Şekil 5.1 RF modüle ait uçlar.

TRW-24G gömülü olarak üzerinde anten bulundurduğu için ayrıca başka bir anten uygulamasına da ihtiyaç duymamaktadır.

Tablo 5.1’de TRW-24G ‘ye ait uçların isimleri ve yerine getirdikleri fonksiyonları gösterilmektedir.

Tablo 5.1 TRW-24G’ye ait uçların fonksiyonları

Uç	İsim	Uç Fonksiyonu	Açıklama
1	GND	Besleme	Toprak (0Volt)
2	CE	Giriş	“Chip Enable” alıcı veya verici modu aktif eder.
3	CLK2	Giriş / Çıkış	2 kanallı veri alımı için saat sinyali
4	CS	Giriş	“Chip Select” yapılandırma (konfigürasyon) modunu aktif eder.
5	CLK1	Giriş / Çıkış	TX(verici) modda saat sinyali girişi veya RX(alıcı) modda saat sinyali giriş/çıkışı
6	DATA	Giriş / Çıkış	RX Veri yolu (tek kanal iletişim) / TX veri girişi.
7	DR1	Çıkış	RX modda kanal 1’de veri hazır (Sadece “ShockBurst” modda).
8	DOU2	Çıkış	RX modda veri yolu (kanal 2 için).
9	DR2	Çıkış	RX modda kanal 2’de veri hazır (Sadece “ShockBurst” modda).
10	VCC	Besleme	Güç kaynağı (+3Volt DC).

TRW-24G, CE ve CS uçlarına uygulanan sinyallere göre 3 farklı durumda çalışmaktadır. Tablo 5.2’de uç durumlarına göre modülün işlem durumu gösterilmiştir.

Tablo 5.2 TRW-24G’nin çalışma modları

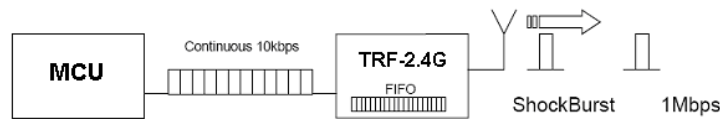
Mod	CE	CS
Aktif (RX / TX)	1	0
Yapılandırma (Konfigürasyon)	0	1
Hazırda bekleme	0	0

RF modül aktif modda (RX / TX) iken iki farklı iletim modunda çalışmaktadır. Bunlar, şu şekilde sıralanmaktadır:

- ShockBurst Mod
- Direkt Mod

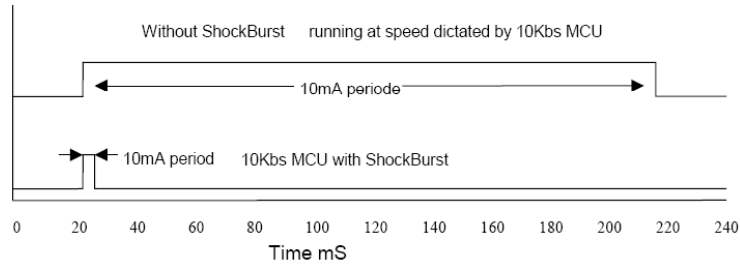
5.1 ShockBurst Mod

ShockBurst modu çip üzerinde FIFO (first in - first out) prensibiyle çalışmayı sağlayarak modüle düşük hızda veri iletilmesiyle kablosuz iletim kısmında bu düşük hızın yerine yüksek hızda veri aktarımı yapılarak daha düşük güç tüketimi sağlamaktadır. Bu yöntemle düşük akım sarfiyatı sağlanmış olur. Şekil 5.2’de ShockBurst Modun çalışma prensibi gösterilmiştir. Bu örnekte MCU, modüle 10kbps hızında veri gönderirken modül bu verileri içerisinde depolayıp veri hızını 1Mbps’a yükseltip göndermektedir. Böylece RF iletimde güç tüketimi düşürülmüş olup, MCU’nun daha düşük hızda çalışması sağlanarak yüksek hızda işlemciye gereksinim duyulmamasını sağlamaktadır.



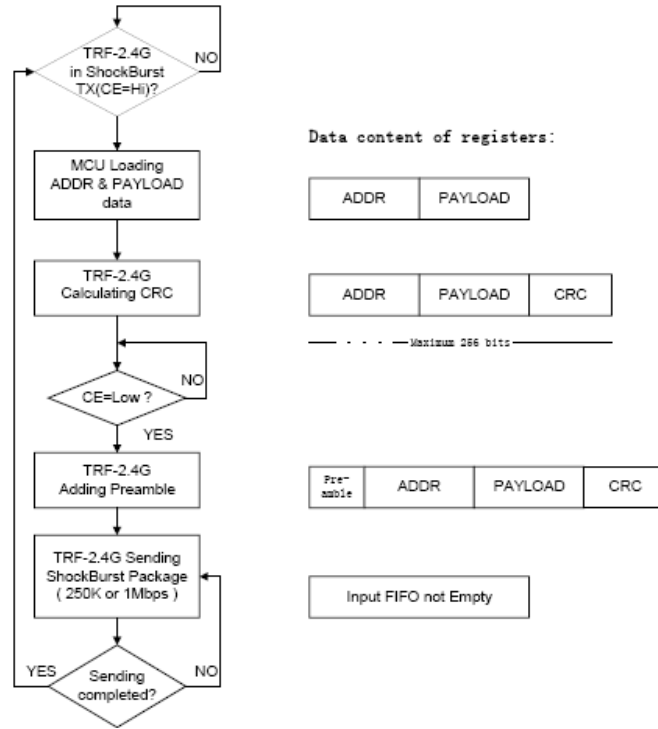
Şekil 5.2 ShockBurst modu çalışma prensibi.

Şekil 5.3'te de ShockBurst mod ile direkt modda çalışma durumuna göre modülün akım tüketimi zamana bağlı olarak gösterilmiştir.



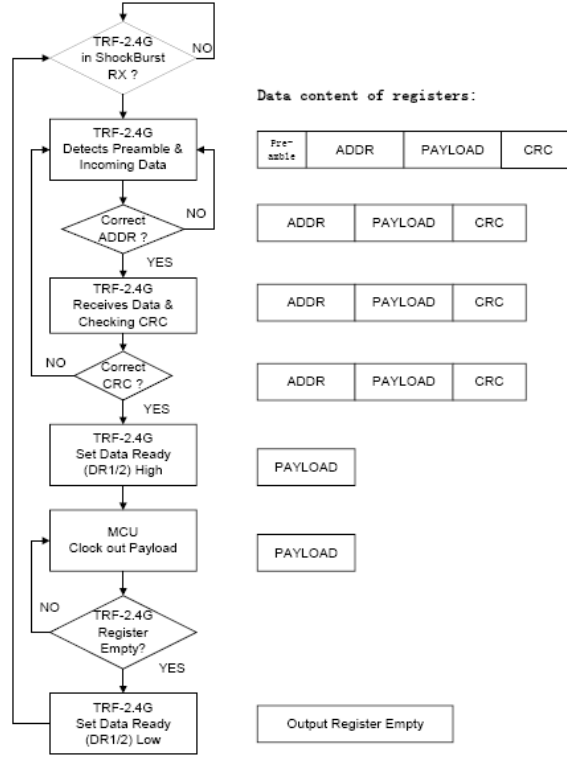
Şekil 5.3 ShockBurst mod ve Direkt moda ait akım sarfiyatı.

ShockBurst modda veri iletimine ait akış şeması Şekil 5.4'te gösterilmektedir. Bu modda MCU modüle yalnızca iletilecek verinin adresini ve veriyi göndermektedir. Modül kendi içerisinde çevrimsel artıklık değerini (CRC) hesaplayarak bunu da adres ve veri bloğunu sonuna eklemektedir. MCU'dan ilet komutu (CE=0) geldiğinde preamble verisini de bu bloğun başına ekleyerek iletimi başlatır. Preamble alıcı taraftaki modülün uyarılmasını sağlamaktadır.



Şekil 5.4 ShockBurst verici moda ait akış şeması.

ShockBurst alıcı modunda çalışan modüle ait akış diyagramı Şekil 5.5'te gösterilmektedir. Alıcı konumundaki modül vericiden yayılan preamble verisiyle uyarılarak ortamda bulunan veriyi almaya başlar. Gelen verinin adres kontrolünü yaparak kendisine gönderildiğinden emin olduktan sonra çevrimsel artıklık değeri (CRC) doğrulaması ile de verinin doğruluğunu yaptıktan sonra DR ucunu lojik "1" konuma getirerek MCU'ya veri hazır komutunu göndermektedir. MCU bu uyarı ile veriyi modülden almaya başlamaktadır.



Şekil 5.5 ShockBurst alıcı moda ait akış şeması.

5.2 Direkt Mod

Direkt modda, RF modül piyasada bulunan diğer modüller gibi çalışmaktadır. MCU'nun modüle gönderdiği iletim hızı aynen RF linkte de kullanılmaktadır. Güç sarfiyatının ShockBurst moda göre daha fazla olduğu söylenebilmektedir. Bu modda çalışan RF modül kendi içerisinde CRC hesabı ve preamble eklemesi yapmamaktadır. Tüm bu işlemleri MCU kendisi yapmak zorundadır.

5.3 Yapılandırma (Konfigürasyon) Modu

RF modül veri iletimine başlanmadan önce yapılandırılmaktadır. Bu modda modül 15 baytlık bir veri bloğu ile yapılandırılmaktadır ve bu blokta bulunan her bitin bir karşılığı bulunmaktadır. Yapılandırma modunda bitlere ait fonksiyonlar Tablo 5.3'de gösterilmektedir.

Tablo 5.3 Yapılandırma bitleri ve fonksiyonları

Bit Konumu	Bit Sayısı	İsim	Fonksiyon
143:120	24	TEST	Test için ayrılmış bölge.
119:112	8	DATA2 W	Alıcı modda – Kanal 2’de veri uzunluğu.
111:104	8	DATA1 W	Alıcı modda – Kanal 1’de veri uzunluğu.
103:64	40	ADDR2	Kanal 2 için 5 bayta kadar adres.
63:24	40	ADDR1	Kanal 1 için 5 bayta kadar adres.
23:18	6	ADDR_W	Adres uzunluğunun bit sayısı (her iki alıcı kanalı için de).
17	1	CRC L	8 veya 16 bitlik CRC
16	1	CRC_EN	Çip içerisinde CRC hesabı etkinleştirme.
15	1	RX2_EN	2 Kanallı çalışma modunu etkinleştirme.
14	1	CM	İletişim modu.(Direkt veya ShockBurst)
13	1	RFDR_SB	RF veri hızı (1Mbps 16MHz kristal gerektirir).
12:10	3	XO_F	Kristal frekansı.(Üretimde 16MHz lik kristal konulmuştur).
9:8	2	RF_PWR	RF çıkış gücü.
7:1	7	RF_CH#	Frekans kanalı.
0	1	RXEN	Alıcı veya verici işlem.

Yapılandırma komutları RF modülün ne şekilde işlem yapacağını belirlemektedir. Bu komutlar ile aktarılacak veri paketinin uzunluğu, alıcı kısımda bulunan RF modülde kendisine ait adres uzunluğu ve adres bilgisi ve CRC uzunluğu belirlenmektedir. Verici ve alıcı olarak çalışan her iki modülde de CRC (çevrimsel artıklık değeri) uzunluğu aynı olmak zorundadır.

Modüle enerji verildikten sonra yapılandırma moduna girilerek gerekli yapılandırmalar yapılmaktadır. 119:8 bitleri temel yapılandırma ayarlarını içerir. Bu kısım veri gönderme işlemi öncesinde yapılmalıdır. 7:0 bitleri ise frekans kanalı ve alıcı/verici mod bilgilerini içerir. Bu kısım işlem sırasında istenilen duruma göre değiştirilebilir.

5.4 RF Veri Paketi İçeriği

Cihazdan dış ortama aktarılan paketin içeriği Şekil 5.6’da belirtilmiştir. Bu veri paketi 4 ayrı bölümden meydana gelmektedir.

PRE-AMBLE	ADDRESS	PAYLOAD	CRC
-----------	---------	---------	-----

Şekil 5.6 Veri paketi içeriği.

Preamble kısmı karşı taraftaki alıcı cihazı uyarmak için gönderilmektedir. Böylece alıcı-verici arasında senkronizasyon sağlanmaktadır. ShockBurst modda preamble cihaz tarafından otomatik olarak veri paketine eklenmektedir. Direkt modda ise kullanıcı bu eklemeyi yazılım vasıtasıyla eklemek zorundadır. Preamble, 8 bitten meydana gelmektedir ve artarda sıralanmış ‘0’ ve ‘1’lerden oluşmaktadır. Alıcı kısım ShockBurst modunda çalışıyorsa preamble kısmı RF modül içinde silinir ve MCU’ya aktarımına gerek duymamaktadır.

Adres kısmı ise gönderilecek verinin kime gönderileceği bilgisini taşır. Alıcı cihaz yapılandırmada hangi adres bilgisiyle tanımlandıysa o adres bilgisini içeren paketi almaktadır.

Böylece bilginin istenilen kimlikli kullanıcıya gönderilmesi sağlanmaktadır. Cihazda adres kısmı 8 ile 40 bit arasında değişebilmektedir. ShockBurst modundaki alıcı kendisine gelen paketin içeriğinden adres bilgisini otomatik olarak siler. Direkt modda MCU bu işlemi yazılım ile yapmak zorundadır.

Payload aktarılmak istenen gerçek veridir. ShockBurst modda payload uzunluğu aşağıdaki eşitlikte belirtildiği gibidir.

$$\text{DATA}_x_W \text{ (bit)} = 256 - \text{ADDR}_x - \text{CRC}$$

5.5 Zamanlama Diyagramları

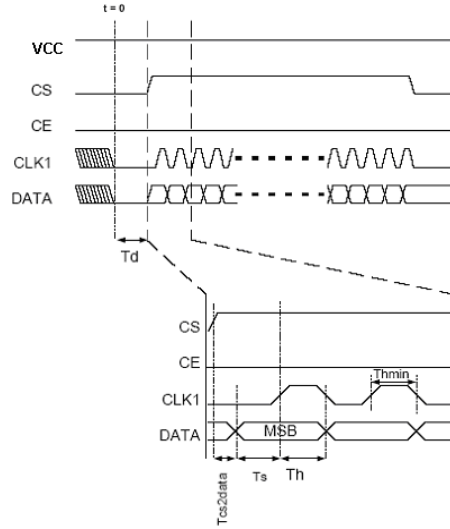
TRW-24G çalışma anında önemli anahtarlama sürelerine sahiptir. Bu süreler yazılım esnasına dikkate alınmaktadır. TRW-24G'ye ait anahtarlama ve bekleme süreleri Tablo 5.4'te gösterilmektedir.

Tablo 5.4 Anahtarlama ve bekleme süreleri

TRF-2.4G timing	Max.	Min.	Name
PWR_DWN => ST_BY mode	3ms		Tpd2sby
PWR_DWN => Active mode (RX/TX)	3ms		Tpd2a
ST_BY => TX ShockBurst	195µs		Tsby2txSB
ST_BY => TX Direct Mode	202µs		Tsby2txDM
ST_BY => RX mode	202µs		Tsby2rx
Minimum delay from CS to data		5µs	Tcs2data
Minimum delay from CE to data		5µs	Tce2data
Minimum delay from DR1/2 to clk		50ns	Tdr2clk
Maximum delay from clk to data	50ns		Tclk2data
Delay between edges		50ns	Td
Setup time		500ns	Ts
Hold time		500ns	Th
Delay to finish internal GFSK data		1/data rate	Tfd
Minimum input clock high		500ns	Thmin
Set-up of data in Direct Mode	50ns		Tsdm
Minimum clock high in Direct Mode		300ns	Thdm
Minimum clock low in Direct Mode		230ns	Tldm

“Tpd2sby”, cihaza ilk enerji verildiğinde beklenmesi gereken süredir. Maksimum 3ms sürmektedir. Aynı şekilde “Tpd2a” süresi de enerjinin ilk verilmesinden itibaren aktif moda geçiş süresini belirtmektedir. Yapılandırma modunda zamanlama büyük önem taşımaktadır.

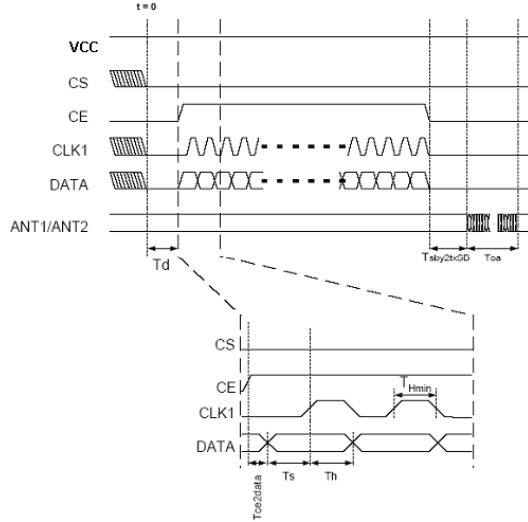
Yapılacak yapılandırmanın doğruluğu zamanlama ile uyumlu olmasına bağlıdır. Şekil 5.7'de yapılandırma moduna ait zamanlama gösterilmektedir.



Şekil 5.7 Yapılandırma modunda zamanlama diyagramı.

Cihaz kapalı konumdan yapılandırma konumuna geçmek için CS ucunun lojik '1' yapılmasının ardından "Tcs2data" süresi kadar beklemek zorundadır. Bu süre yaklaşık 5µs'dir.

ShockBurst verici modunda iken Şekil 5.8'deki zamanlama diyagramı dikkate alınmalıdır.

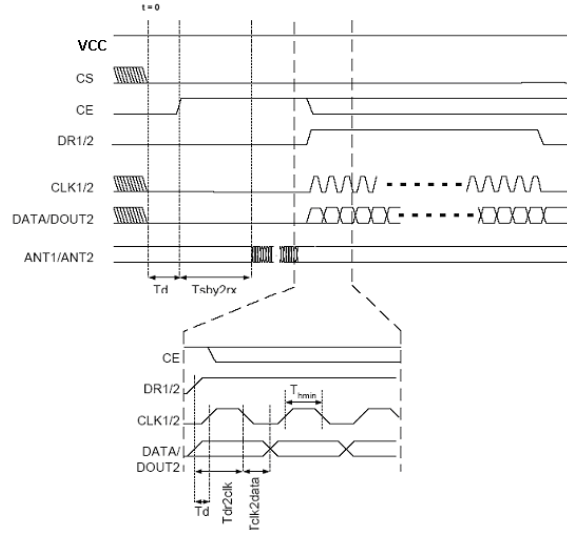


Şekil 5.8 ShockBurst verici moduna ait zamanlama diyagramı.

RF modüle gönderilen veri paketinin radyo frekansına dönüştürülüp ortama verilme süresi aşağıdaki eşitlik ile açıklanabilmektedir. Bu değer "Toa" (Time on air) ile isimlendirilmektedir.

$$T_{OA} = 1 / \text{veri aktarım hızı} \times (\text{veri bit sayısı} + 1)$$

ShockBurst RX modu için zamanlama diyagramı da Şekil 5.9'da belirtilmektedir.



Şekil 5.9 ShockBurst alıcı moduna ait zamanlama diyagramı.

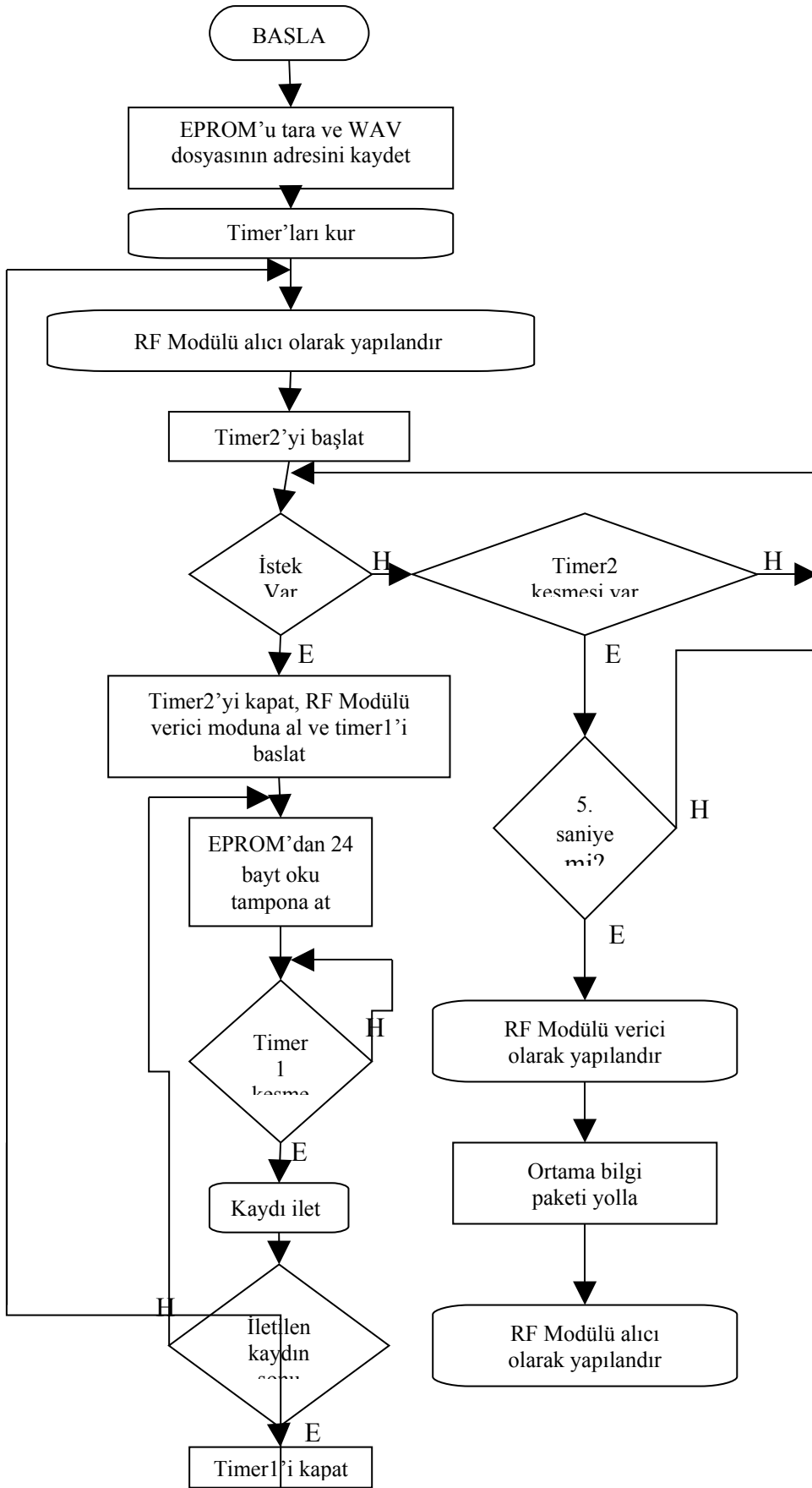
Verinin alınması sırasında CE ucu lojik '1' konumunda tutulmaktadır. Verinin alınmasından sonra CE ucu istenirse '0' a çekilerek güç tasarrufu sağlanabilir. Yeni bir paketin alınması için CE tekrar '1' konumuna getirilmektedir.

6. YAZILIM

Mikrodenetleyici içinde işleyen program C dilinde CCS C derleyicisi ile yazılmıştır. CCS C derleyicisi C dilini kullanarak esnek bir yapıda program oluşturulmasını sağlamıştır.

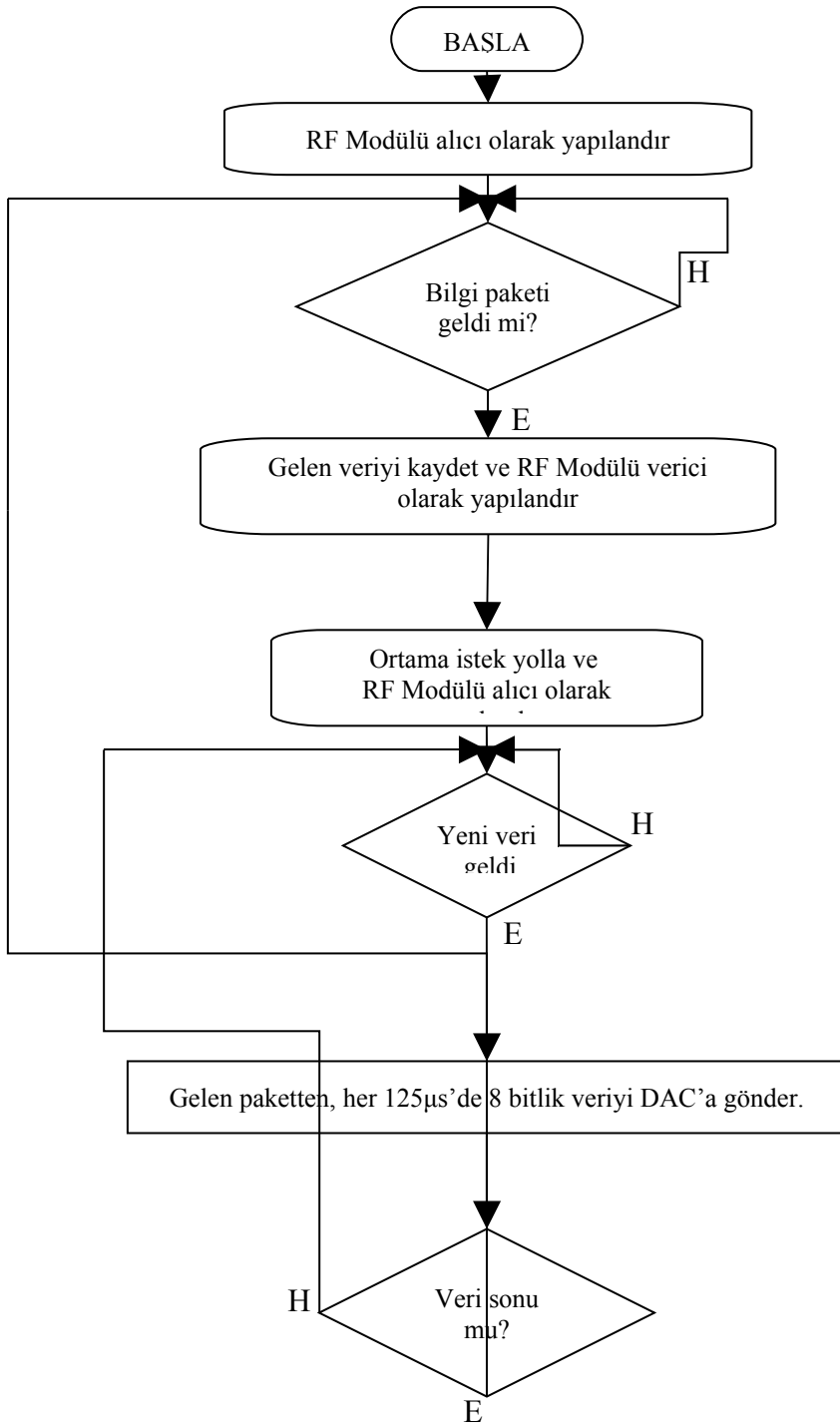
Program oluşturulurken amaca yönelik bir akış şeması oluşturulmuştur. Alıcı ve verici devrelerin birbirleriyle eşzamanlı çalışmaları veri aktarımı için çok önemlidir. Akış şeması oluşturulurken buna çok dikkat edilmiştir. Sistem iki ayrı devreden oluştuğu için iki devre için de farklı akış şemaları oluşturulmuştur ve birbirleriyle uyumlu olacak şekilde düzenlenmiştir.

Ses verisini iletecek olan devreye ilişkin program akış şeması Şekil 6.1’de görülmektedir. Sistemin çalışması şu şekilde açıklanabilir. Sistem hafıza birimini tarayarak “wav” dosyasının adresini hafızasına almaktadır. Ardından sistem alıcı devre olarak davranmaktadır ve dışarıdan kayıt dinleme isteği olup olmadığını kontrol etmektedir. Programda “timer1” ve “timer2” kesmeleri kullanılmaktadır. “Timer2” kesmesi ile sayılan kesme sayacı 5. saniyeye geldiğinde ortama kendi varlığını belirten kod göndermektedir. Bu kod paketi aslında iletilecek ses verisinin büyüklüğüdür. Böylece ses kaydını dinleyecek alıcı taraftaki devre, ortamda bir verici varlığından haberdar olmaktadır. Ses verisini iletecek olan verici devre “timer2” kesmesinden sonra tekrar alıcı konumuna dönerek ortamdan bir istek beklemektedir. Ortamdan istek geldiğinde, “timer2” kesmesi kapatılmaktadır. Ardından da “timer1” kesmesi kullanılarak ses verisini göndermeye başlamaktadır. Veri paketleri “timer1” kesmesi ile 24 baytlık olarak gönderilmektedir. EPROM’dan okunan 24 baytlık veri tampona alınmaktadır. Ardından, “timer1” kesmesi beklenip, kesme meydana geldiğinde mikrodenetleyici tampondaki veriyi RF modüle aktarır. Kesme sonunda tampona yeni 24 baytlık veri alınır. Aynı işlemler ses veri bloğu sonuna kadar devam etmektedir. Ses veri bloğu sonuna gelindiğinde sistem yeniden alıcı konuma dönmektedir ve “timer1” kesmesi kapatılarak “timer2” kesmesi aktif edilmektedir. Böylece sistem sonsuz döngü içinde bu işlemleri tekrarlamaktadır.



Şekil 6.1 Ses verisini ileticek olan devreye ilişkin program akış şeması.

Ses verisini alıp dinleyecek olan devreye ait program akış diyagramı Şekil 6.2'de gösterilmektedir. Sistem ilk çalıştığında RF modül alıcı olarak yapılandırılmaktadır. Ardından ortamdan bilgi paketi beklemektedir. Bu bilgi paketi aslında ortamda vericinin bulunup bulunmadığının kanıtıdır ve alınacak ses kaydının uzunluğunu belirtir. Ortamdan bir uyarı paketi alındığında, sistem verici olarak koşullanarak karşı taraftaki devreye yanıt vermektedir. Ardından RF modül yeniden alıcı moda getirilerek ses verilerini beklemeye başlamaktadır. Alınan veri paketleri 24 bayt olduğu için her 125µs'de 8 bit veri DAC'a gönderilmektedir. Kayıt uzunluğu bilgisi alıcı tarafta dinlemenin ne zaman biteceğini belirtmek için kullanılmaktadır.



Şekil 6.2 Ses verisini alıp dinleyecek olan devreye ait program akış diyagramı.

7. SONUÇ

Bu çalışmada kablosuz veri aktarımı yapan bir RF modül ile ses verisi aktarımı yapılmıştır. Ortamda bulunan bir verici etrafa uyarı mesajı göndererek kendi varlığını ortama bildirmektedir. Bu verici sistemin kapsama alanına giren alıcı konumundaki kullanıcı karşı tarafa istek bilgisi göndererek, ses verisini alma talebini iletmektedir. Verici bu talebe karşılık vermektedir ve veriyi iletmeye başlamaktadır. Böylece kullanıcı ses verisini alabilmektedir.

Oluşturulan sistem, lisans gerektirmeyen ISM frekans bandını kullandığı için ortamda yüksek oranda aynı frekans bandında çalışan cihazlar ile kablosuz veri aktarımı yapılmakta ise, sistem bu gürültülerden etkilenmektedir ve zaman zaman veri kaybına uğrayabilmektedir. Ayrıca sistemde kullanılan ses kaydı kalitesi düşük olduğu için alıcı konumundaki kullanıcı tarafında kaliteli bir ses alınmamaktadır.

Oluşturulan sistem farklı şekilde tasarlanarak değişik amaçlar için de kullanılabilir. Bilgisayar ile ara yüz oluşturularak kültürel veya tarihi mekanlarda sesli rehberlik sistemi olarak kullanılabilir. Aynı sistem şehir içinde kurulacak vericiler vasıtası ile görme özürlüler için rehberlik edebilir. Farklı bir amaç olarak da uzaktan ses kontrollü robot uygulaması da böyle bir sistemle gerçekleştirilebilir.