T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bobin ile Mekanik Sayaçların Okunması ve Uzaktan Kontrolü

Elshad ISAZADE

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Rana ORTAÇ KABAOĞLU

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

Haziran, 2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Elshad Isazade tarafından, Dr. Öğr. Üyesi Rana Ortaç Kabaoğlu danışmanlığında hazırlanan Bobin Yardımı ile Mekanik Sayaçların Tüketimin Okunması başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 13/06/2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Teziolarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

		İmza	**Sonuç**
DANIŞMAN	Dr. Öğr. Üyesi Rana ORTAÇ KABAOĞLU Elektrik-Elektronik Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Doç. Dr. Aysel ERSOY İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Üniversitesi Elektrik-Elektronik Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Dr. Öğr. Üyesi Baran TANDER İstanbul Aydın Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve bilimsel etik kuralları içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve her türlü hukuki sorumluluğu aldığımı kabul ederim.

Elshad ISAZADE

Aileme ithaf ediyorum…

BÜTÇE DESTEKLERİ

Bobin ile Mekanik Sayaçların Okunması ve Uzaktan Kontrolü

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli ve danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren Dr.Öğr.Üyesi Rana ORTAÇ KABAOĞLU'na teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Çalışmamda desteğini benden esirgemeyen Gudrat HAYDARLI'ya ve beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkürler.

Haziran 2022 Elshad ISAZADE

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI ……...ii
BEYAN……iii
BÜTÇE DESTEKLERİ……v
TEŞEKKÜRLER ……vi
İÇİNDEKİLER ……. vii
ŞEKİL LİSTESİ ……..... viii
TABLO LİSTESİ ……... ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ……... x
ÖZET …….. xi
ABSTRACT ……... xii
1. GİRİŞ ……1
2. GENEL KISIMLAR ……2
2.1 Mekanik Sayaçlar…….……..……...…. 2
2.1.1 Manuel Sayaç Okuma …… 3
2.2 Otomatik Sayaçlar …… 4
2.2.1 AMR Tüketim Okuma Yöntemleri …….. 5
2.2.1.1 Görüntü İşleme Tekniği İle Okuma …….. 5
2.2.1.2 Hall Effect Sensör İle Tüketim Okuma ……. 8
2.2.1.3 Ultrasonik Sensör İle Tüketim Okuma ……. 9
2.2.1.4 LC Yardımı İle Tüketim Okuma.……. 10
2.2.2 AMR Haberleşme Birimleri …… 12
2.2.2.1 GPRS/NBIOT Haberleşme Birimi ...……... 13
2.2.2.2 RF Haberleşme Birimi …….. 14
2.2.2.3 LoRa Haberleşme Birimi …….. 15
3.1 Mekanik Su Sayaçları …… 16

3.2. MSP430FR6989 Genel Bakış 17
3.2.1 UART/USART Hakkında Genel Bilgi 18
3.2.1.1 UART 18
3.2.1.2 USART 18
3.2.2 ESI 20
3.2.3 AES Şifreleme 20
3.2.4 RAM/ROM 22
3.2.5 Düşük Güç Modu - LPM 23
3.3 Okuma Yöntemi 23
3.3.1 LC Sensörü 23
3.3.2 ESI DAC 25
3.3.3 ESI Durumları 26
3.3.4 ESI'nin Donanımsal Yapısı 26
3.3.5 İbrenin Metal Plakası ve Durum Mesafesi 27
3.3.6 Kanallar ve Durum Diyagramları 28
3.3.7 Tekrarlı Kalibrasyon 31
3.3.8 Güç Tüketimi 32
3.4 LoRaWAN Haberleşmesi 32
3.5 Manyetik Ceza 36
3.6 Kapak Ceza 38
3.7 Modül 38
3.7.1 Modülün Yazılımsal Yapısı 38
3.7.2 Modülün Donanımsal Yapısı 39
3.7.3 Modülün Mekaniksel Yapısı 40
3.7.4 Modülün Mekaniksel Yapısı ile Donanımsal Yapısının Uyumluluk Kontrolü 41
4 BULGULAR 42
4.1 Tüketim Okuma Sonuçları 43
4.1.1 Sürekli Akış Testi 43
4.1.2 Kesikli Su Testi 45
4.1.3 Okuma Zamanı Akım Tüketimi 47

4.2 Cezaların Test Sonuçları …… 47

4.3 Optik Haberleşme Test Sonuçları ……. 48

4.4 Modül LoraWan Haberleşmesi …….. 48

4.5 Akım Testleri ……... 49

5. TARTIŞMA VE SONUÇ……50

6. SONUÇ VE ÖNERİLER ……...53

KAYNAKLAR ……...54

EKLER ……57

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI ……58

ETİK KURUL İZİN YAZISI ……59

KURUM İZİN YAZISI ……60

ÖZGEÇMİŞ ……61

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Manüel sayaç okuma (MMR) yöntemi.

Şekil 2.2: Görüntü işleme tekniği ile AMR sistem yapısı (Dongmei S., Shuhua M., Chunguo J., 2007)

Şekil 2.3 Görüntü işleme için endeks resimleri (Shutao Z., Baoshu L., Jinsha Y., Guiyan C., 2005)

Şekil 2.4 AMR sistemi.

Şekil 2.5 Mıknatısın manyetik hale dik etki ederek voltaj oluşturması.

Şekil 2.6 Hall Sensörünün mıknatısı algılaması (electronics-tutorials.ws)

Şekil 2.7 Ultrasonic sensör yapısı.

Şekil 2.8 AMR camlı mekanik sayaç.

Şekil 2.9 LC sensör bordu

Şekil 2.10 İki sinyal arası farklar

Şekil 2.11 Sayaçların haberleşme sistemleri

Şekil 2.12 GPRS/NBIOT Sayaç genel çalışma prensibi.

Şekil 2.13 Kablosuz Haberleşme birimleri

Şekil 2.14 Radyo frekansı yayınım örüntüleri

Şekil 3.1: Su sayaçları mekanik yapısının şeması.

Şekil 3.2: MSP430FR6989 pin diyagramı.

Şekil 3.3: Baudrate paket yapısı.

Şekil 3.4: Uart alıcı ve verici tarafında veri aktarım zamanı oluşan mantıksal işlemler.

Şekil 3.5: MSP430FR6989 eUSCI_Ax Blok diyagram-UART Modu.

Şekil 3.6: ESI'nın Donanımsal yapısı [4].

Şekil 3.7: AES hızlandırıcı blok şeması.

Şekil 3.8: FRAM yapısı

Şekil 3.9: İbrenin metal ve ametal kısımlarının tespitinin salınım sinyali.

Şekil 3.10: Azalan LC sinyali boyunca maksimum fark.

Şekil 3.11: Azalan LC sinyali boyunca maksimum fark.

Şekil 3.12: İki sensör için ESI karşılaştırıcısının lojik sinyal çıkışı.

Şekil 3.13: ESI'nin blok şeması.

Şekil 3.14: İki sensörden gelen sinyal seviyeleri.

Şekil 3.15: İbre dönerken LC sensörlerinin farklı durumları.

Şekil 3.16: İki sensörün durum diyagramı.

Şekil 3.17: 0-1 Durumu.

Şekil 3.18: 1-1 Durumu.

Şekil 3.19: 0-1 Durumu.

Şekil 3.20: 0-0 Durumu.

Şekil 3.21: Örnekleme frekansı .
Şekil 3.22: LoRa teknolojisi.
Şekil 3.23: LoRa haberleşmesi çalışma prensibi.
Şekil 3.24: LoRa paket sayısı.
Şekil 3.25: Mekanik sayaçlara dışardan müdahile.
Şekil 3.26: DRV5032 bağlantı şeması.
Şekil 3.27: Modülün donanımsal PCB çizimi.
Şekil 3.28: Modülün sensor PCB çizimi.
Şekil 3.29: Modülün mekaniksel çizimi.
Şekil 3.30: Modülün sensor alan çizimi.
Şekil 3.31: Modülün donanımsal ve mekaniksel tasarımının birleştirilmesi.
Şekil 4.1: Tüketim zamanı tüketilen ortalama akım
Şekil 4.2: Optik haberleşme zamanı akım tüketim grafiği
Şekil 4.3: LoraWan haberleşmesi zamanı akım tüketim grafiği
Şekil 5.1: Türkiye Farklı amaçlı su Tüketim grafiği
Şekil 5.2: 2010 Yılı İçin Bazı Ülkelerdeki Gelir Getirmeyen Su Seviyeleri (Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A., 2017)

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1: Q değerlerine geçen su miktarı
Tablo 4.2: Sürekli akış testi zamanı 1 litre tüketim sonuçları
Tablo 4.3: Sürekli akış testi zamanı 10 litre tüketim sonuçları
Tablo 4.4: Sürekli akış testi zamanı 100 litre tüketim sonuçları
Tablo 4.5: Kesikli su testi zamanı 1 litre tüketim sonuçları
Tablo 4.6: Kesikli su testi zamanı 10 litre tüketim sonuçları
Tablo 4.7: Kesikli su testi zamanı 100 litre tüketim sonuçları

KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
GPRS	: General Packet Radio Service
IOT	: Nesnelerin İnterneti
MMR	: Mechanical Meter Reader
AMR	: Automatic Meter Reader
RF	: Radyo dalgaları
LoRa	: Uzak Mesafe
GSM	: Global System for Mobile Communications
M2M	: Machine to Machine
SMD	: Surface Mount Devices
GateWay	: AĞ Geçidi

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BOBİN İLE MEKANİK SAYAÇLARIN OKUNMASI VE UZAKTAN KONTROLÜ

Elshad ISAZADE

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Rana ORTAÇ KABAOĞLU

Suyun hayatımızda geniş bir kullanım alanı olmasına karşın, dünya üzerindeki toplam su kaynaklarının yalnızca %2,5 gibi küçük bir kısmı evsel, tarımsal ve sanayi amaçlı kullanılabilecek güvenli su kaynağı özelliği taşımaktadır. Dünya üzerindeki su kaynaklarının dağılım oranına bakıldığında en büyük miktarın 338 milyon km³ hacimle okyanuslar ve denizlerdeki sağlıklı kullanıma uygun olmayan tuzlu sular olduğu görülecektir, bu oran toplam su kaynaklarının %96.5' lik kısmına karşılık gelmektedir. Su kaynaklarının dünya üzerinde dengeli şekilde dağılmamış olması ülkelerin su kullanımı konusunda izlediği politikaların da farklı olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle hem ülkemiz hem de dünya ülkeleri için mevcut kaynakların korunması ve verimli şekilde kullanımı büyük önem taşımaktadır. Su dağıtım şirketleri kayıp-kaçak miktarının dünyada su tüketim kurumlarının belirlediği hedef seviyelere indirgemek için, otomatik sayaç okuma sistemlerine yatırım

yapmaktadır. Bu çalışmada mekanik su sayaçların uzaktan okuma yöntemi ele alınmış ve kayıp-kaçakların azaltılması incelenmiştir. Bu çalışma mekanik su sayaçların uzaktan okunmasına yönelik bir çalışmadır. Çalışma temel olarak iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar mekanik sayaçların tüketimi elektronik olarak okuması ve sayaçtan aldığı bilgileri karşıda bulunan elektronik bir sisteme göndermesidir. Çalışmanın haberleşmesi 2 türdür. İlk haberleşme optik gözler yardımı ile sayaç yanında optik gözle sayaçtaki bilgileri okuma bir diğer haberleşme ise LoraWan teknolojisi ile RF kablosuz haberleşmedir. Sayaçtan aldığı bilgileri LoraWan ağ geçitleri ile göndermektedir. Çalışmada yapılmış olan modül, tüketim ve haberleşme testlerinden başarılı şekilde geçmiştir. Ayrıca çalışmanın önemi, faydaları ve su kayıp-kaçakların etkisi vurgulanarak bu sistemin ülkemizde yaygınlaştırılması önerilmiştir.

Haziran 2022

Anahtar kelimeler: Otomatik Sayaç Okuma Sistemi, Mekanik su sayaçları, LoraWan, optik göz

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

Reading the Mechanical Meter with the Coil and its Remote Control

Elshad ISAZADE

İstanbul University-Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Department of Electrical and Electronics Engineering

Electrical and Electronics Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Rana ORTAÇ KABAOĞLU

Although water has a wide area of use in our lives, only 2.5% of the total water resources in the world are safe water sources that can be used for domestic, agricultural and industrial purposes. When we look at the distribution ratio of the water resources in the world, it will be seen that the largest amount is the salty waters in the oceans and seas with a volume of 338 million km^3, which is not suitable for healthy use, this rate corresponds to 96.5% of the total water resources. The fact that the water resources are not evenly distributed over the world causes the policies followed by the countries on the use of water to be different. For this reason, it is of great importance for both our country and the countries of the world to protect existing resources and use them efficiently.

This study is a study for remote reading of mechanical water meters. The study basically consists of two main parts. These are the electronic reading of the consumption of the mechanical meters and sending the information received from the meter to an electronic system opposite. There are 2 types in the communication of the work. The first communication is reading the information on the meter with the help of optical eyes, next to the meter, and another communication is RF wireless communication with LoraWan technology. LoraWan gateways send the information it receives from the meter. The module made in the study has passed the consumption and communication tests successfully. In

addition, the importance of the study, its benefits and the effect of water losses and leakages were emphasized and it was suggested to expand this system in our country.

June2022

Keywords: : AMR, Water Meter, LoraWan, Optical Eye, LC Calibration}

1. GİRİŞ

Su sayacı, su tüketiminin hacmini ölçmek için kullanılan bir cihazdır. Sayacın doğru şekilde ve zamanında okunması çok önemlidir. Sayaç üzerindeki tüketimin tespiti için kullanılan en yaygın yöntem, sayacın yanına gidilerek bir operatör tarafından okumanın yapılmasıdır. Alınan değerler el terminallerine kaydedilerek, manuel olarak gün içerisinde veya GPRS gibi kablosuz haberleşme yöntemleriyle anında veri depolama ve faturalandırma sistemlerine aktarılmaktadır. Bugün sayaçtan alınması gereken değerler gün içinde bile zamanlara bölünmekte, hafta sonu tüketimleri ve su ölçüm cinsinin de işin içine girmesiyle okuyucunun iş yükü ve hata yapma olasılığı artmaktadır. Bu ve buna benzer sebeplerden dolayı otomatik okuma tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu teknikler ile yapılacak bir otomatik sayaç okuma sistemi ile sayacın yanına gidilmesine gerek kalmadan, istenilen zamanda tüketim ve durum bilgileri alınabilmekte, faturalandırma daha doğru ve hızlı bir şekilde yapılabilmekte, enerji analizleri için bilgiler istenilen zamanda, daha doğru ve daha hızlı bir şekilde toplanabilmektedir.[1]

Son dönemlerde, Nesnelerin İnterneti (IOT) en çok araştırılan ve alıntı yapılan teknolojilerden biridir. IOT teknolojisi aralarındaki etkileşimi güvenli, ve gerçek zamanlı kullanarak gerçek dünya ve dijital muadili teknolojileri ile ilgili birçok soruna çözüm getirebilmektedir.[2]

2. GENEL KISIMLAR

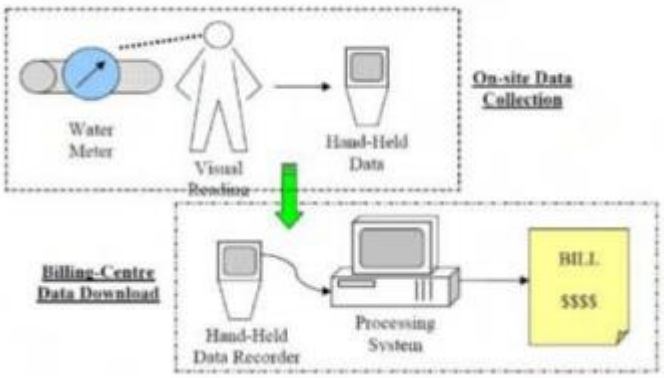
2.1 MEKANİK SAYAÇLAR

Mekanik sayaçlara dışarıdan müdahale elektronik sayaçlara göre daha kolay olmaktadır. Sayacın gövdesine sayaç tüketiminin doğru ölçülmemesi için metal parçası ile müdahale edilebilmektedir. Bunlara başka bir örnek ise sayacın ters bağlanması durumudur. Bu durumda sayaç geriye doğru sayım yapar ve tüketim miktarı artması gerekirken tam tersine düşer. Mekanik sayaçlarda herhangi bir elektronik entegre bulunmadığından hiçbir ceza elektronik ortamda kayıt edilmemektedir. Bu durum günümüzde fazla su tüketimi veya su hırsızlığına sebep olmaktadır. Su tüketim okuyucuları, sayacın yanında oldukları zaman dışarıdan müdahale edildiğini anlayabilir. Bu durum su satış firmalarının karşılaştığı bir durumdur. Bu durumun önüne geçebilmek için idareler elektronik sayaç kullanımını önemsemektedir.

Elektronik sayaçlar ile fiziksel müdahale önlenmektedir. Bu durumu göz önünde bulundurarak ülkemizde birçok firma sayaçların elektronik ve mekanik türlerinde çeşitli önlemler almaktadır. Elektronik sayaçlarda mıknatısla müdahalenin önüne geçmek için mıknatıs algılayıcı entegre bulunmaktadır. Bu entegre sayesinde mıknatıs algılanıp sayaç hafızasına kayıt edilir. Hafızadaki veriyi yalnızca su satış idaresinin yetkili kişisi silebilir. Elektronik sayaçlar malzeme parçası ve yazılım desteklerinden dolayı mekanik sayaçlardan 3-4 kat daha pahalıdır. Elektronik sayaçların pahalı olması birçok şirketin mekanik sayaçları tercih etmesine neden olmaktadır.

2.1.1 Manuel Sayaç Okuma (Manual Meter Reading)

Sayaç okuma verileri toplamanın en yaygın uygulaması, doğrudan sayaç okuma "Manuel Sayaç Okuma"(MMR) olarak adlandırılır. Manuel Sayaç Okuma, sayaç okuma personeli tarafından yapılır. Mekanik sayacın görsel olarak endeksini toplamak için her müşterinin tesisi ayrı ayrı ziyaret edilmelidir. Manuel sayaç okuma güvenilir bir şekilde çalışabilir ama coğrafi şartlar, sayacın hane içinde olması ve başka nedenler okuma işlemini zorlaştırabilir. Buna ek olarak fazla sayıda personel gerekliliği bulunmaktadır. Personel sayısı, maliyeti de aynı oranda yükseltmektedir. Bu yükseliş su tüketim fiyatlarını da etkilemektedir. Şekil 2.1'de MMR ile ilgili örnek verilmiştir [3]. Bazen manuel sayaç okuma işleminde arazi şartları veya başka nedenlerden dolayı sayacı okumak için görevlendiren kişi veya kişiler tarafından sayaç tüketim değeri, eski aylara bakılarak ortalama bir tüketim değeri ile girilmektedir. Bu durum her iki tarafın zarara uğrama ihtimalini yükseltmektedir.



Şekil 2.1: Manüel sayaç okuma (MMR) yöntemi.

2.2 OTOMATİK SAYAÇLAR

Otomatik sayaç okuma (Automatic Meter Reading - AMR) sistemleri, su, elektrik, gaz ölçüm sayaçlarından tüketim, ölçüm analiz ve durum bilgilerine faturalandırma, hizmet analizlerini yapma gibi amaçlarla kullanılmak üzere merkezi bir veri depolama merkezine otomatik olarak ulaşmasını sağlayan sistemlerdir [4].

Otomatik Sayaç Okuma (AMR) ile ilgili denemeler 1962 yılında AT & T ve Westinghouse şirketlerinden bir grup mühendis tarafından yapılmıştır. AT & T, telefon sistemi bazlı AMR servislerini ölçüm başına 2 dolar maliyetine indirmeyi sağlamak amacıyla başarılı deneyler yapmıştır. O tarihte bu fiyat, bir kişinin bir ayda dört kez okuyacağı sayaç başına maliyeti 50 cent'den daha fazla bir maliyete sahipti. Bu nedenle program ekonomik olarak imkansız kabul edildi [2].

AMR' nin modern çağı 1985 yılında başlamış ve bu yıllarda birkaç büyük ölçekli proje uygulanmıştır. İlk olarak Hackensack Su A.Ş. ve Equitable Gas şirketlerinde su ve gaz sayaçları üzerinde tam ölçekli uygulamalar gerçekleştirilmiştir. 1986 yılında, Minnegasco şirketi 450.000 noktada radyo tabanlı AMR sistemi başlatmıştır. 1987yılında, Philadelphia Electric Co., yüklü dağıtım hatları üzerinde ve birbirinden çok uzak mesafeler arasındaki binlerce sayacı okuma problemiyle karşılaşınca bu sorunu AMR kullanarak çözmüştür [6].

AMR her geçen gün daha uygun hale gelmektedir. Katı-hal elektronik, mikroişlemci bileşenleri ve yüzey teknolojisinin uygulanmasındaki gelişmeler düşük maliyetleri sağlamış, bu da AMR sistemlerinin faydalı ve düşük maliyetli ekonomik ürünlerinin genele yayılmasına yardımcı olmuştur [5].

Otomatik sayaç okuma sistemlerinin avantajları aşağıdaki maddeler halinde özetlenebilir :

- Manuel olarak personel tarafından yapılacak okumalardaki oluşabilecek operatör hatalarının önüne geçilmiş olur.
- Hatalı okuma oranının düşürülmesiyle hatalı olabilecek faturaların önüne geçilmesi sağlanmış olur.
- Ulaşım, hava koşulları, engelleyici çevresel faktörlerin sayaç okumasını etkilemesi engellenmiş olur.
- Bir operatör tarafından yapılacak okumaya göre daha fazla bilgi alınabilir.
- İstenilen zaman ve sıklıkta okuma yapılabilir.
- Sayaç üzerinden anlaşılabilecek sayaca müdahale bilgileri anında değerlendirilebilir.
- Kurulum maliyeti daha yüksek olsa da işletme maliyetleri daha düşüktür.
- Verimliliği oldukça yüksektir.

Otomatik Sayaç Okuma, su sayacı okumalarının genellikle ilk başta belirlenmiş zaman veya aralıkta otomatik olarak okunmasını sağlayan işlemi ifade eder. Kullanılan AMR'lerin iki çeşidi vardır.

1. **Tek Yönlü Haberleşme**

   İsminden anlaşılacağı gibi verici (cihaz) tarafından alıcıya (sunuculara vs) bilgilerin tek yönlü olarak gönderilmesidir. Alıcı tarafından herhangi bir bilgiyi almamaktadır. Dinleme ayarı bulunmamaktadır.

2. **Çift Yönlü Haberleşme**

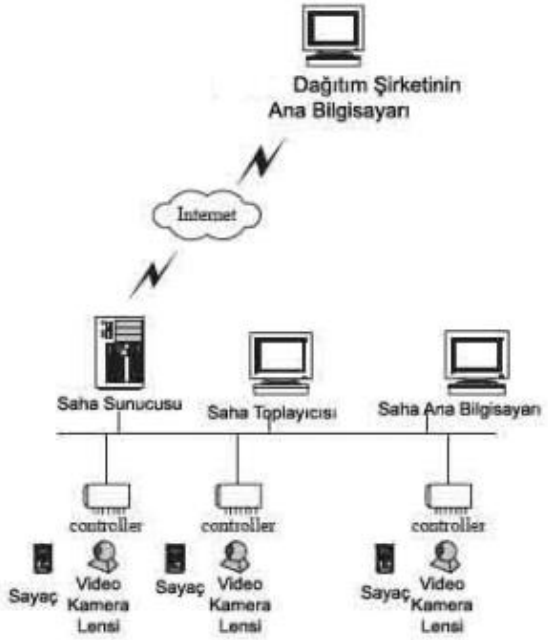
   Bu haberleşme yönteminde verici verileri alıcıya iletip dinleme moduna geçer. Dinleme modunda alıcı veri göndermişse veya iş emri varsa, verici alıp bu emirleri uygulamaktadır. AMR sistemlerinde tüketim okunması için farklı yöntemler kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan tüketim okuma yöntemi, sayaç ibresinin değiştirilip AMR ibresi koyularak ibrenin mıknatıs veya demir kısmını algılamaktır.

2.2.1 AMR Tüketim Okuma Yöntemleri

AMR modüllerin tercih edilmesindeki en önemli sebeplerden biri, mekanik sayaçların elektronik sayaç gibi çalışmasıdır. Bu modüller mekanik sayacın tüketimini farklı yöntemlerle okumaktadır. Bunlara örnek olarak şunları verebiliriz; kamera ile görüntü işleme ile, hall-effect, ultrasonik, LC sensör yardımı ile vb. Bunların her birinin farklı avantajları vardır. Ama aynı zamanda dezavantajları da bulunmaktadır. Mıknatıs etkisine karşı duyarlılıkları, tüketim okuma doğruluğu ve uzun süreli kalibrasyonlu çalışması sahip oldukları avantajlardan birkaç tanesidir.

2.2.1.1 Görüntü İşleme Tekniği İle Okuma

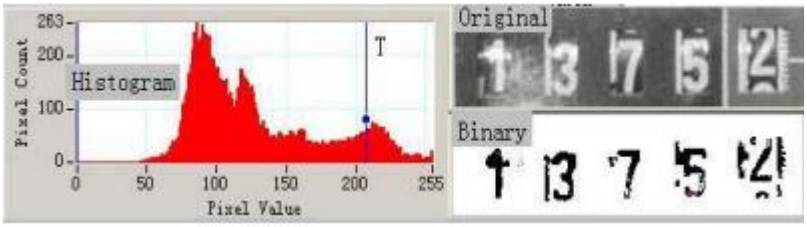
Görüntü işleme tabanlı otomatik sayaç okuma sistemleri üç kısımdan oluşur. En altta sayaç okuma terminalleri, orta kısımda bilgilerin toplandığı sunucu ve kontrol için ana bilgisayar, en tepede ise dağıtım şirketinin bilgileri topladığı ana bilgisayar vardır. (Şekil 2.2) Burada temel yapı, çekilen endeks görüntülerinin görüntü işleme makine öğrenimi ile sayısallaştırılması üzerine kurulmuştur [6].



Şekil 2.2: Görüntü işleme tekniği ile AMR sistem yapısı (Dongmei S., Shuhua M., Chunguo J., 2007).

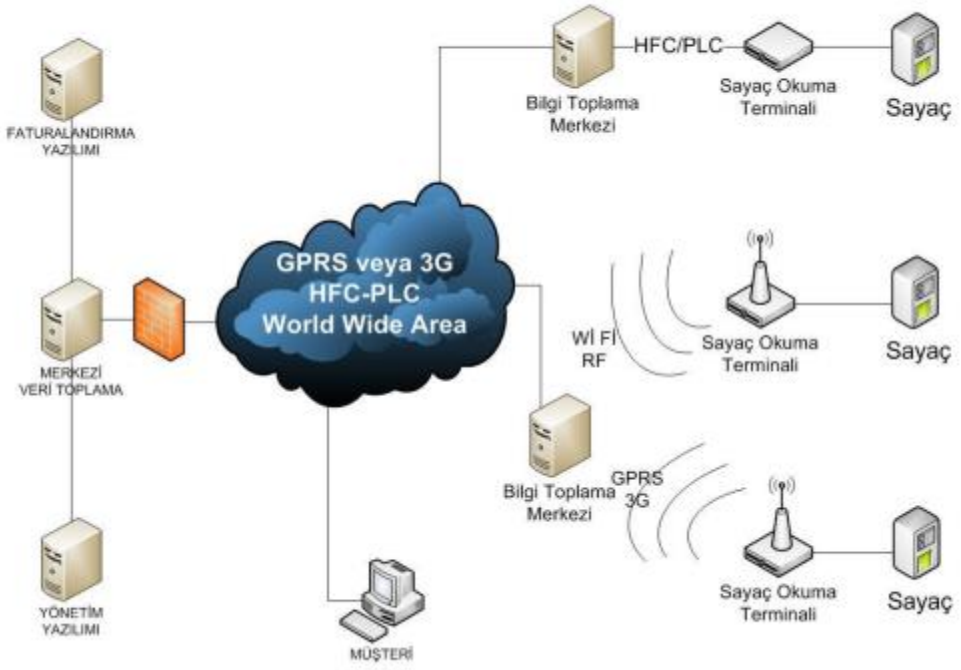
Okuma terminali müşteri sayacına bağlantılı olur ve esas olarak video kamera lensini destekler. Modül sayacın ön tarafında yer alır. Bu yapı gerçek zamanlı olarak sayacın dijital resmini otomatik olarak çekecek, çekilen resimleri geçici olarak depolayacak ve bunları iletecek şekilde dizayn edilir. Okuma terminali, sistemden herhangi bir zamanda gelen giriş ve çıkışları büyük bir esneklikle ve uyumla karşılayabilecek şekilde dinamik bir yapıda ayarlanmıştır [6].

Saha toplayıcısı ve kontrol için bulunan ana bilgisayar yerel ağ bağlantıları ile saha sunucusuna bağlanır. Birlikte çalışarak sahadaki tüketimin gözlenmesini ve yönetimini sağlar. Saha toplayıcısı, temel olarak sahadaki okuma terminallerinden sağlanan tüketim bilgilerini toplar ve depolar. Daha sonra sayaç resimleri olarak gelen bu bilgileri tanımlayarak sayısallaştırır ve tanımlanan numaraları iletir. Saha sunucusu ve şirket ana bilgisayarı arasındaki haberleşme internet üzerinden sağlanır. Müşteriler şirket ana bilgisayarı üzerinden tüketimleri hakkındaki bilgileri kontrol edebilirler. RS485 ve geleneksel hat haberleşmeleri haberleşme için kullanılabilir veya kablosuz sensör ağlarıyla haberleşme tesis edilebilir [6].



Şekil 2.3: Görüntü işleme için endeks resimleri (Shutao Z., Baoshu L., Jinsha Y., Guiyan C., 2005).

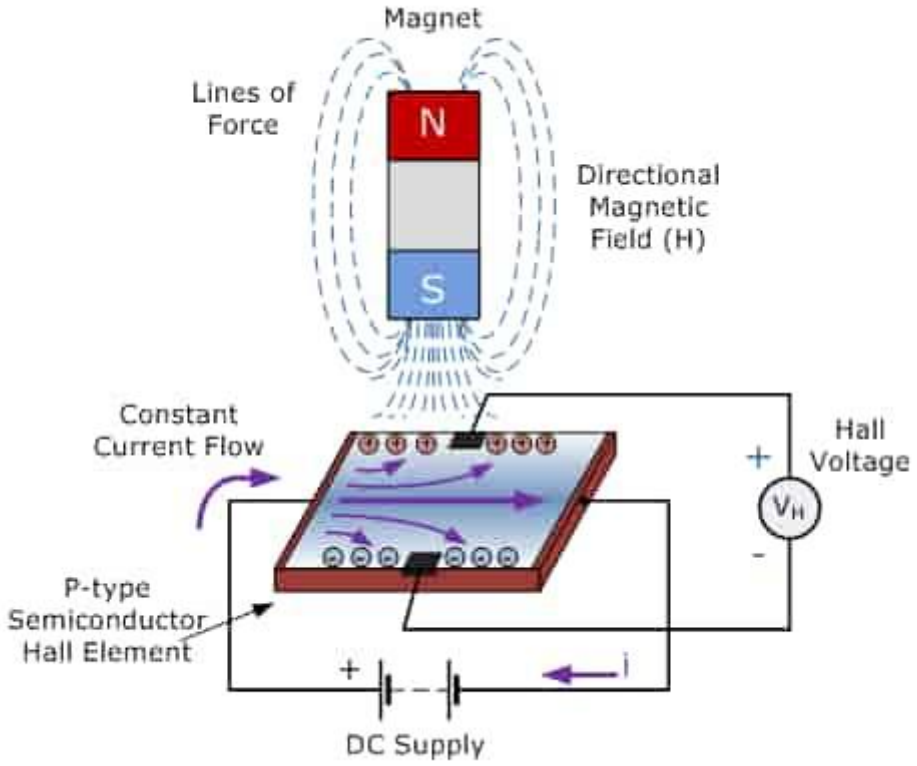
Genel olarak sayaçların hepsi farklı haberleşme çevre birimleri kullanmaksızın toplam verileri sunuculara gönderip hepsini bir yerden kontrol etmektedir. Bu yapı Şekil 2.4'de gösterilmiştir. Bunlar PLC'ye RF ile yayın yapıp elektrik sayacı üzerinden de eklenebilir. Bunlardan farklı olarak wireless haberleşme çevre birimi de sisteme eklenebilir.



Şekil 2.4: AMR sistemi.

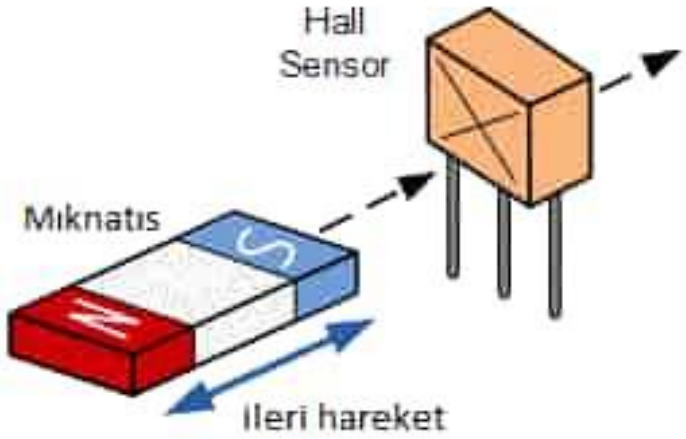
2.2.1.2 Hall Effect Sensör İle Tüketim Okuma

Manyetik sensörler, manyetik olarak kodlanmış bilgileri elektronik devreler tarafından işlenmek üzere elektrik sinyallerine dönüştürür. Hall Effect Sensör, Hall etkisini algılayarak çalışır. Sonuçlarını bir devreyi açıp kapatmak, değişen bir manyetik alanın ölçümünü sağlamak veya bir arayüzde görüntülenen gömülü bir bilgisayar tarafından işlenmek için elektronik verilere dönüştüren elektronik bir cihazdır [7].



Şekil 2.5: Mıknatısın manyetik hale dik etki ederek voltaj oluşturması.

Hall sensöründe, ince metal şeride bir akım uygulanır. Akımın yönüne dik bir manyetik alanın varlığında, yük taşıyıcıları Lorentz kuvveti tarafından saptırılır. Bu da şeridin iki tarafı arasında elektrik potansiyel farkı (voltaj) oluşturur. Bu voltaj farkı (Hall Voltajı) manyetik alanın gücü ile orantılıdır. Sensör manyetik alana yerleştirilir ve iletkendeki değişen voltajı ölçerek çalışır. Hall sensörleri bir sayacın ibresinde bulunan mıknatısı algıladığında ibrenin konumu algılayabilir [8].



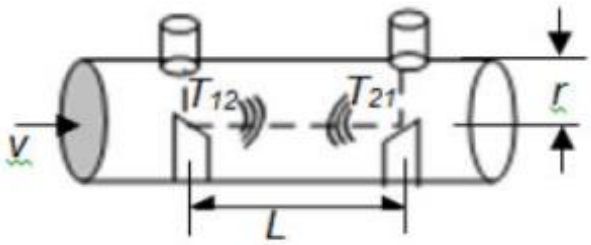
Şekil 2.6: Hall Sensörünün mıknatısı algılaması (electronics-tutorials.ws).

Hall Sensörleri kullanılan yarı iletkenin tipine göre N Tipi veya P Tipinde olabilirler. Manyetik alan sensöre yaklaştığında mıknatısın S Kutbu veya N Kutbu ile iletime geçerler. Mıknatıs sensörden uzaklaşınca iletimden çıkar, yalıtkan duruma geçer. Manyetik alan dik olmak koşulu ile mıknatıs yatay veya dikey hareket ettirilebilir [9].

Sayaçlarda pervane su akışıyla dönmeye başlar ve dönen pervaneyle birlikte üzerindeki mıknatıs da döner. Mıknatısın dönüşüyle N ve S kutupları yer değiştirerek manyetik alanda değişiklik meydana getirir. Manyetik değişiklikler su akış ölçümü için hall effect sensörü vasıtasıyla algılanır. Sensör yardımıyla tüketim hesaplanır.

2.2.1.3 Ultrasonik Sensör İle Tüketim Okuma

Ultrasonik sayaçlar ses dalgaları ile okuma yapmaktadır. Bu sensörler borunun iç kısmına yerleştirilmektedir. Bu iki sensörün iki yansıtıcısı bulunmaktadır. Sensörlerden birisi alıcı görevi yaptığı zaman diğer sensör verici görevi görmektedir. Akışkan su içinde sensorün biri ses dalgası yayar, yansıtıcı ile sinyal yansır diğer yansıtıcıya, diğer yansıtıcı ise diğer sensöre bu sinyali yansıtır. Bu geçen süre zarfı ile doğru orantılı olarak su tüketimi hesaplanmaktadır. Bu süre zarfının hızlı olması su hızının daha hızlı olması anlamına gelmektedir. Günümüzde ultrasonik sayaçların pahalı olmasının nedeni içinde bulunan ultrasonik sensörun ölçüm hassasiyetidir. Boruda su olmadığı zaman sinyal sensörler arasında geç ulaşır ya da sinyal vericiden alıcıya ulaşmaz. Aşağıdaki Şekil 2.7. ‘de tipik ultrasonik gösterilmektedir.



Şekil 2.7: Ultrasonic sensör yapısı.

2.2.1.4 LC Yardımı İle Tüketim Okuma

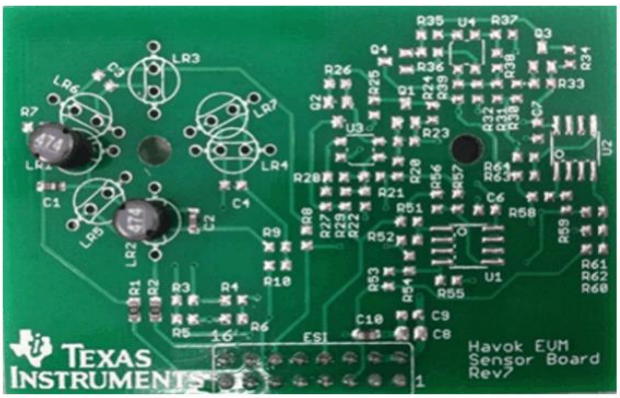
LC sensörleri bobin ve kapasitörden oluşmaktadır. LC sensörlerin okunması hall efekt sensörlerin okunması ile benzerlik göstermektedir. Her ikisinde de okuma yöntemi su akışı esnasında dönen pervanenin okunması ile gerçekleştirilir. Hall efektli tüketim okumada su pervaneyi döndürmektedir. Pervanenin üzerinde bulunan mıknatıs döner ve hall efekt sensörü N-S kutuplarını algılayıp tüketimi hesaplar. LC okuma yönetimi de aynı mantıkla çalışmaktadır. Farklarından bir tanesi, pervanenin üzerinde mıknatıs olmamasıdır. Bunun yerine pervanenin ibresinin yarısı metaldir. Şekil 2. 7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8: AMR camlı mekanik sayaç.

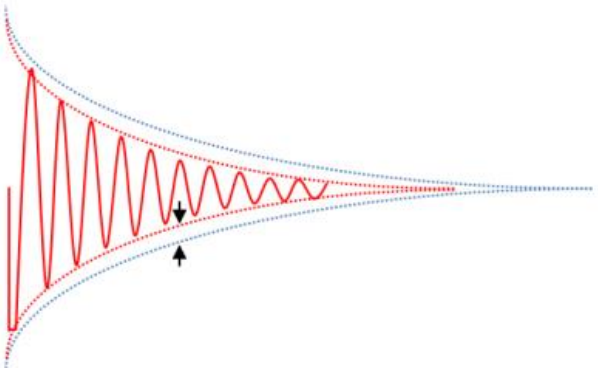
Şekil 1. 7' de gösterilen sayaçtaki ibre 1 litre üzerine konulmuştur. 1 litre su geçtiğinde ibre 1 tam turu tamamlamış olmaktadır. LC okuma yönetiminde sensör üzerinde sönümlü sinyal oluşturmak gerekir. Bu oluşan sinyal ile ibre üzerinde olan metal kısım Eddy akımlardan

dolayı sönümleme yapar ve sinyalde değişiklik gösterir. Bunun sayesinde sinyal mikro işlemciye girip farklı yöntemlerle karşılaştırılır.



Şekil 2.9: LC sensör bordu.

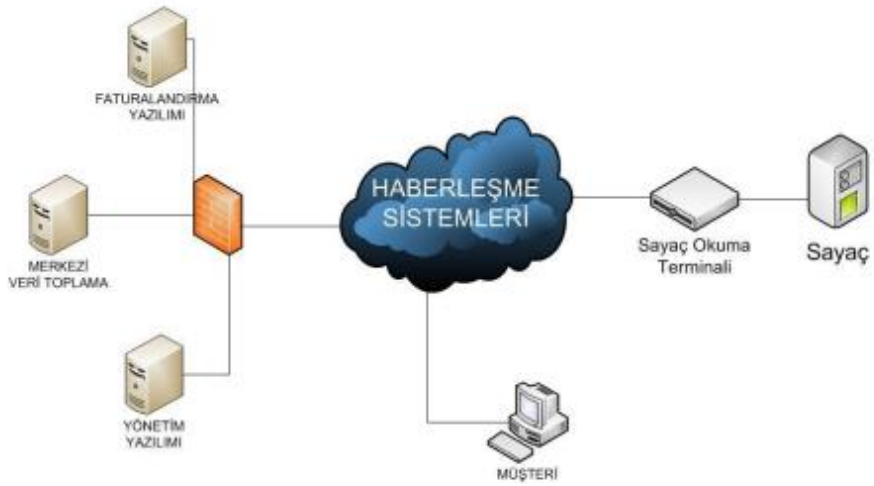
Mikroişlemciye giren sinyal metal altında olduğu zaman ve olmadığı zamanda farklı değerler girmektedir. Bu değerler farklı çevre birimleri ile tüketimi okur.



Şekil 2.10: İki sinyal arası farklar.

2.2.2 AMR Haberleşme Birimleri

AMR sistemi, sayaç verilerinin (elektrik, su, gaz vb.) uzaktan ve tamamen otomatik bir şekilde hatasız ve eksiksiz biçimde okunmasını sağlayan bir sistem olarak özetlenebilir [7]. Şekil 2.11'de en temel haliyle bir AMR sisteminin yapısı görülmektedir.



Şekil 2.11: Sayaçların haberleşme sistemleri.

Otomatik sayaç okuma, mobil ve ağ haberleşme teknolojileri kullanarak, kablolu veya kablosuz telefon haberleşme altyapısı veya radyo frekansı kullanılarak el terminali cihazları ile haberleşme gerçekleştirebilir [1]. AMR sistemleri 3 temel bölümden oluşacak şekilde gruplandırılabilir. Bunlar; ölçümün yapılacağı sayaçlar ve sayaç okuma terminalleri, sayaç bilgisini taşıyacak iletişim altyapısı ve bilgilerin değerlendirilip saklanacağı ana merkez olarak tanımlanabilir [5]. Bu gruplamaya bilgilerin servis edileceği uçlar da eklenebilir [8]. Haberleşmenin tamamlanması 3 veya 2 noktadan oluşmaktadır. 3 Noktadan oluşan haberleşme sistemlerinin en uç noktasında yani 1. noktada sayaç bulunmaktadır. Bu noktada sayaç içerisinde bulunan veriler el-terminaline veya modeme iletilir. Modemle arasındaki haberleşme RF, Modbus, LoRa veya başka çevre birimleri olabilir. Bu çevre birimleri sayacın üzerindeki bilgileri modemlere iletir. Modem, sayaçtan aynı haberleşme çevre biriminde aldığı verileri sunuculara aktarır.

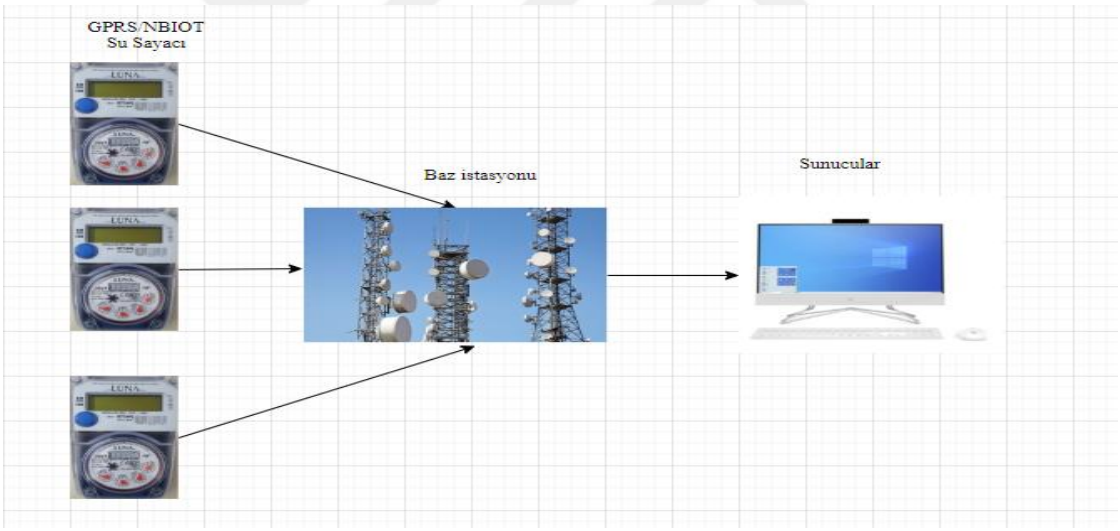
2 Noktadan oluşan haberleşme birimlerine GPRS örneği verebiliriz. Sayacın üzerinde bulunan GPRS haberleşme birimi sayesinde sayaç, bilgilerini modem veya el terminali olmaksızın sunuculara iletir.

Elektronik sayaçlar haberleşme birimi olarak GSM/NBIOT, RF ve LoraWan gibi teknolojiler kullanmaktadır. Bu birimlerin seçimi, farklı arazi şartlarına göre yapılmaktadır.

2.2.2.1 GPRS/NBIOT Haberleşme Birimi

GPRS, GSM hatlarını kullanarak sayaçtaki verileri sayaç veri yönetim sistemine aktarmaktadır. Sayaçlara herhangi bir farklı haberleşme çevre birimi bulunmaksızın, veri yönetim sisteminden direk erişebilmektedir. Her bir sayaç için bir sim karta ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sim kartlar m2m (machine to machine) olmalıdır.

Bu haberleşme biriminin arazide az sayıda sayaç olduğu zaman kullanılması maliyet açısından daha uygundur. Dezavantajları göz önünde bulundurulduğu zaman ise arazilere göre kullanım durumu değişmektedir. Baz istasyonu ile arasında bağlantı sorunu yaşanmaması gerekmektedir. Maliyet bakımından bu yöntem orta düzeydedir, yalnızca her ay abonelik hakkı ödenmesi gerekmektedir.



Şekil 2.12: GPRS/NBIOT Sayaç genel çalışma prensibi.

Sunuculara alınan veriler genellikle su idarelerinin farklı yöntemleri ile idare veya aboneleri bilgilendirmektedir.

GPRS sistemin avantajları:

- ❖ Düşük güç tüketimi
- ❖ Yüksek güvenlik
- ❖ Sayaca doğrudan erişim sağlaması

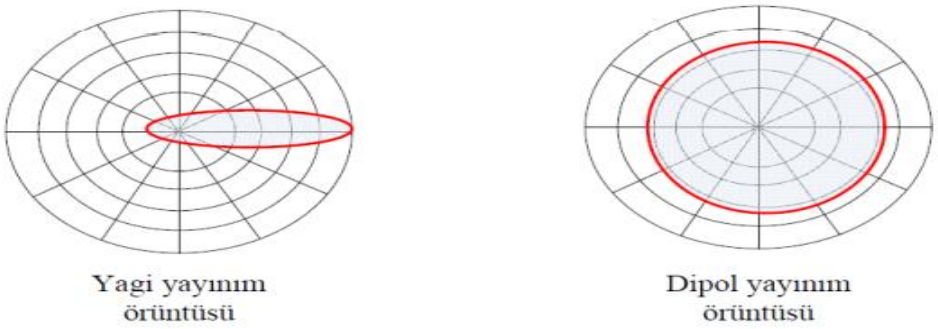
- Baz istasyonu bağlantısı olduğundan haberleşme sorununun düşük ihtimale sahip olması

	Zigbee	GPRS	Wi-fi	Blue tooth	RF
Odaklanma Alanı	İzleme ve Kontrol	Geniş Alan Ses ve Veri iletimi	Web, Post	Kablo yerine	Telsiz Servisleri
Sistem Kaynağı	4 - 32Kb	16 Mb+	1 Mb+	250 Kb+	32 Kb
Ağ Veri Genişliği(kb)	20-250	64 -128+	11000+	720	32
Kapsama Alanı (metre)	1-100	1000+	1-100	1-10+	1-100+

Şekil 2.13: Kablosuz Haberleşme Birimleri.

2.2.2.2 RF Haberleşme Birimi

Radyo frekanslı sistemler, sayaçta bulunan verileri kablosuz olarak radyo dalgalarıyla modemlere (RF alıcılara) veya el terminallerine iletirler. Bu haberleşme kablosuz olduğundan AMR sistemlerinde en çok tercih edilen haberleşme türüdür. RF haberleşme sistemi elektronik sayaçların PCB devresinin üzerinde bulunan SMD elemanı olup veriyi bir anten modülü yardımı ile RF kanalından dış ortamda bulunan modem veya el terminaline aktarmaktadır. Bu işlem sayaç üzerinde olan tüketim ve durum bitlerini modeme veya el terminaline iletmektedir. Modeme iletilmiş bilgiler GPRS veya başka haberleşme birimleri sayesinde sunuculara gönderilmektedir. Sunucular verileri alıp veri merkezlerinde işlemektedir. RF haberleşmesinde en çok dikkat edilmesi gereken nokta el terminali veya modem yani alıcı taraf anteninin doğru seçilmesidir. Alıcı antenin verimi yüksek olduğunda etrafında bulunan birçok sayaçla bağlantı yapabilir, alıcı ve verici görevini doğru şekilde yapar. Radyo frekansıyla haberleşme sisteminde en çok tercih edilen iki anten tipi olan yayınım örüntüsü Şekil 2.14.'de gösterildiği gibidir (Süzer, 2006).



Şekil 2.14: Radyo frekansı yayınım örüntüleri.

RF haberleşme biriminin kullanılması genellikle sayaçlar toplu alanda bulunduğunda daha uygundur. Yayım mesafesi olarak daha düşük alana temas etmektedir. Modül fiyatlandırma kısmında uygun fiyatlıdır. Bir ağ geçidine (gateway) birçok RF'li cihaz bağlanabilir.

RF sistemin Avantajları:

- ❖ Düşük güç tüketimi
- ❖ Kablosuz haberleşme
- ❖ Maliyet diğer haberleşmelere göre daha uygun

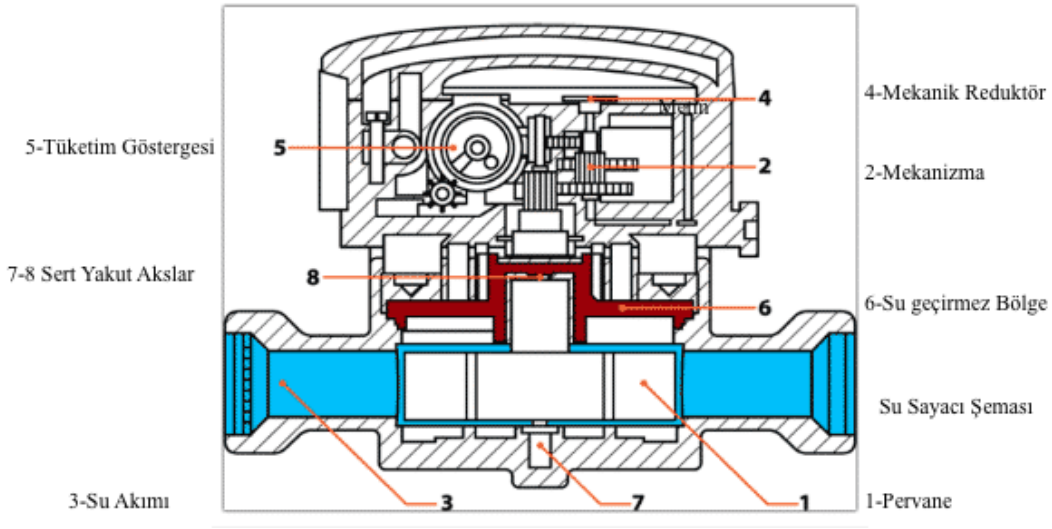
2.2.2.3 LoRa Haberleşme Birimi

Lora Haberleşme Birimi aynı RF gibi radyo frekansını kullanmaktadır. Bu haberleşme RF'den farklı olarak uzak mesafeye aktarımda daha verimli çalışmaktadır. Açık alan mesafesinde 15 kilometreye kadar yayın alanı bulunmaktadır. Şehir içi kapalı alanda ise yaklaşık 3-5 kilometre yayın yapabilmektedir. Sayaçların LoRa haberleşmesini başarılı bir şekilde yapması için LoRa ağ geçidine ihtiyaç duyulmaktadır. Ağ geçidi (gateway), çevresinde bulunan LoRa yayını yapan cihazların hepsini toplayıp ethernet, GPRS veya kablosuz ağ (wireless) teknolojisi ile sunuculara aktarmaktadır. Maliyet açısından RF haberleşmesinden daha pahalı olsa da dağınık arazilerde bulunan cihazlarda Lora haberleşme biriminin kullanımı tercih edilmektedir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 MEKANİK SU SAYAÇLARI

Su sayacı; su tesisatının girişine bağlanarak, evlerde, iş yerlerinde ve tarımsal sulamada kullanılan suyun miktarını belirleyen ve kullanılan suyun bedelinin Sular İdaresi tarafından tahsiline yardımcı olan bir ölçü aletidir [11]. Su sayaçları 15 mm çaptan 800 mm çapa kadar sıcak ve soğuk su ölçüm ihtiyacını karşılayacak yapıda üretilmektedir.



Şekil 3. 1: Su sayaçları mekanik yapısının şeması.

Şekil 3.1' de gösterilen su sayaç şeması kuru sistem ile çalışan sayaçtır. Bunun nedeni ise 1. kısımda pervaneyi döndürürken 3. kısmın su akışı olmasıdır. 2. kısımdaki mekanizmaya su temas etmez. Su sayacında mekanizmaya su akışı temas ettiği durumda yaş veya ıslak sayaç tipi olarak adlandırılmaktadır. Akışkan su (3) pervaneyi (1) döndürür, pervane ise çeşitli dişlerin yardımıyla 2. kısımdaki mekanizmayı döndürmektedir. Mekanizma (2) üzerinde bulunan dişler yardımıyla tüketim göstergesini (5), mekanik redaktör ile ileri veya geriye doğru hareket ettirmektedir. Şema yukarısında gösterilen kısmı ve aşağı kısmı ile su akışının temas etmemesi için 7. ve 8. kısımlarda sert yakut akslar sabitlenmiştir.

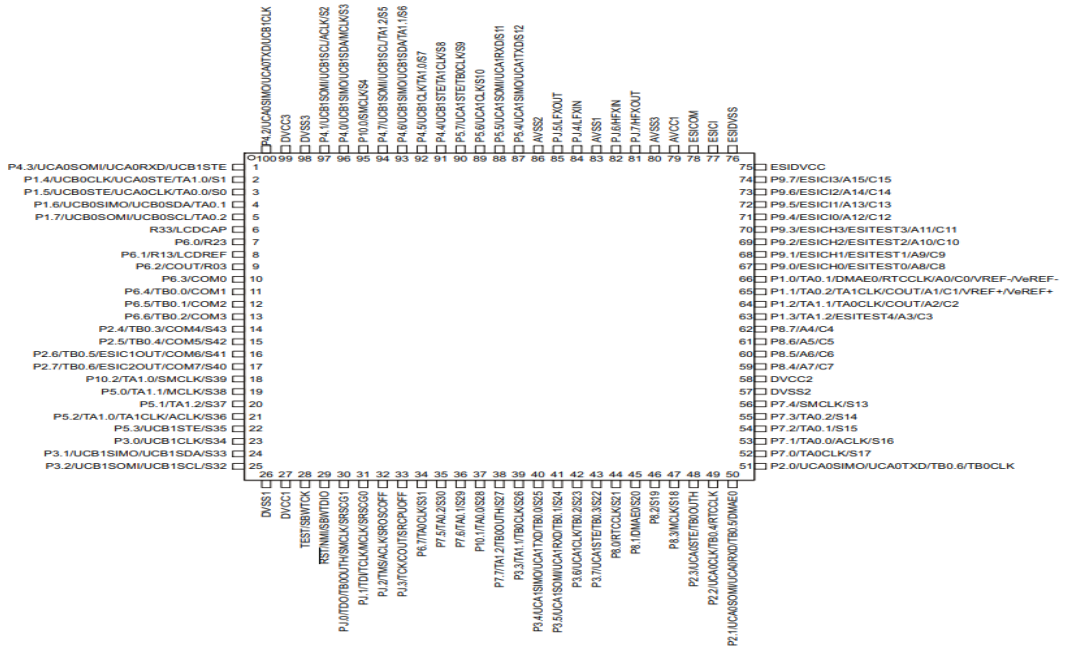
Islak veya yaş sayaçlarda ise kuru sayaçlara göre daha basit çalışma prensibi vardır. Bu sistemdeki mekanik dişler direk su ile temasta olup tüm mekanizma hareket etmektedir. Bu

durumda su eğer çok kirli ise çalıştırılması uygun olmamaktadır. Bunun nedeni ise suda bulunan pisliklerin sayacın mekanizmasını bozabilecek olmasıdır. Günümüzde yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı büyük çoğunlukla kuru tipli sayaçlar kullanılmaktadır.

Su sayacı 15 mm çaptan 800 mm çapa kadar her türlü su ölçüm ihtiyacını karşılayacak yapıda üretilmektedir. [12] Türkiye piyasasında genel olarak 15, 20 ve 25 mm anma ölçülerinde tek ve çok hüzmeli sayaçlar bulunmaktadır. Sayaçların uzunluğu ise 205 mm ile 375 mm arasında olmaktadır.

3.2. MSP430FR6989 GENEL BAKIŞ

MSP430 Texas Instrument firmasının ürettiği ve çok düşük güç tüketimiyle ön plana çıkan bir mikrodenetleyicidir. Von Neumann mimarisinde 16 Bit RISC mimarisine sahip bir mikrodenetleyicidir. İçerisinde I2C, SPI, USART, ADC gibi klasik haline gelmiş birçok çevre birimini barındırmaktadır. Bunlara ek olarak bu işlemcide ESI arayüzü de bulunmaktadır. İşlemcinin kendi içinde AES şifreleme için AES ACCELERATOR modül bulunmaktadır. Yukarıda belirtilen modüllerin aşağıda ne oldukları ve tezde nasıl kullandıkları hakkında bilgi verilmektedir. MSP430FR6989 işlemcisi 100 bacaklı olmaktadır. Aşağıdaki şekilde bu durum görülmektedir. İşlemci aynı zamanda düşük güç tüketim modlarında (LPM) çalışabilmektedir.



Şekil 3.2: MSP430FR6989 pin diyagramı.

3.2.1 UART/USART Hakkında Genel Bilgi

3.2.1.1 UART

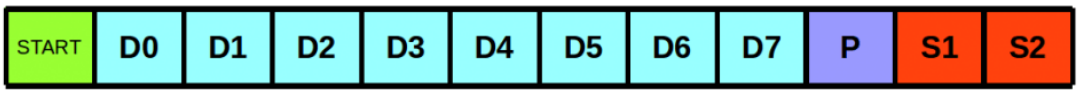
UART çevre birimi bilgisayarlarla mikrodenetleyici, mikrodenetleyici ile mikrodenetleyici ve çevre birimleri arasında haberleşme protokolüdür. UART çevre birimi "clock" ihtiyacı duymaz. Bunun sebebi ise asenkron çalışmasıdır.

3.2.1.2 USART

USART çevre birimi ise UART'dan farklı olarak hem senkron hem de asenkron olarak çalışabilir. Bundan kaynaklı olarak USART çevre birimi bulunan işlemcilerle UART haberleşme protokolü kullanılabilir. Haberleşme aynı şekilde çalışır. Yeni nesil mikro işlemcilerin datasheet'i kontrol edildiğinde birimleri genelde USART birimi olarak görülmektedir. Bunun nedeni ise USART çevre biriminin UART' ı da kapsayan birim olmasıdır.

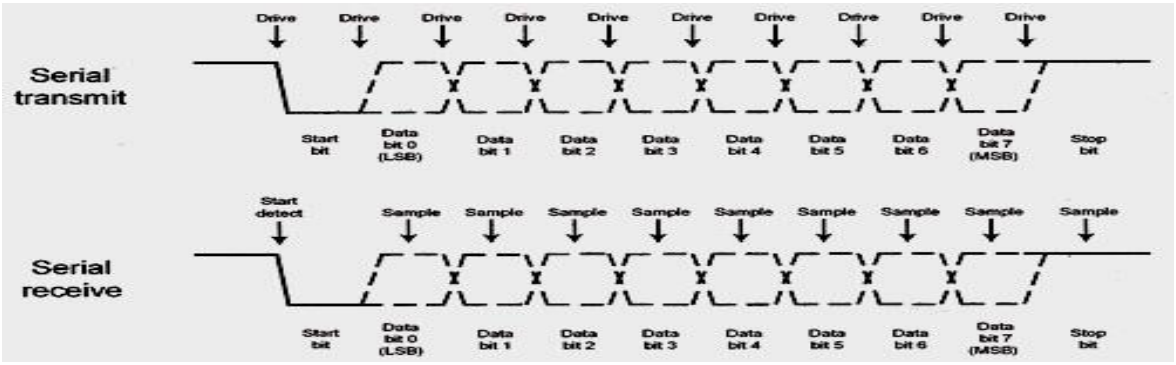
USART çevre birimi 5 ile 9 bit arası veri uzunluğuna sahip paketi taşıma kapasitesine sahiptir. Ama genel olarak 7 ile 9 arası bit kullanılması daha fazla tercih edilir.

UART/ USART haberleşme protokolü kullanılırken en çok dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi ise Baudrate'tir. Buadrate veri taşıma hızıdır. Baudrate hızı 1200/ 4800/9600/115200/921600 vs. olabilir. Bu hızların artması verinin daha hızlı şekilde aktarılması anlamına gelir. Baudrate hesaplanması için ise örnek olarak 9600 değerine göre 9600(Baudrate)=(9600/8)=1200 bit saniyede iletilmektedir. Haberleşme yapılırken alıcı ve verici tarafının Baudrate hızı aynı veya yakın bir değerde olması gerekmektedir. Hızları ne kadar birbirine yakın veya aynı olursa veri o kadar doğru bir şekilde iletilir.

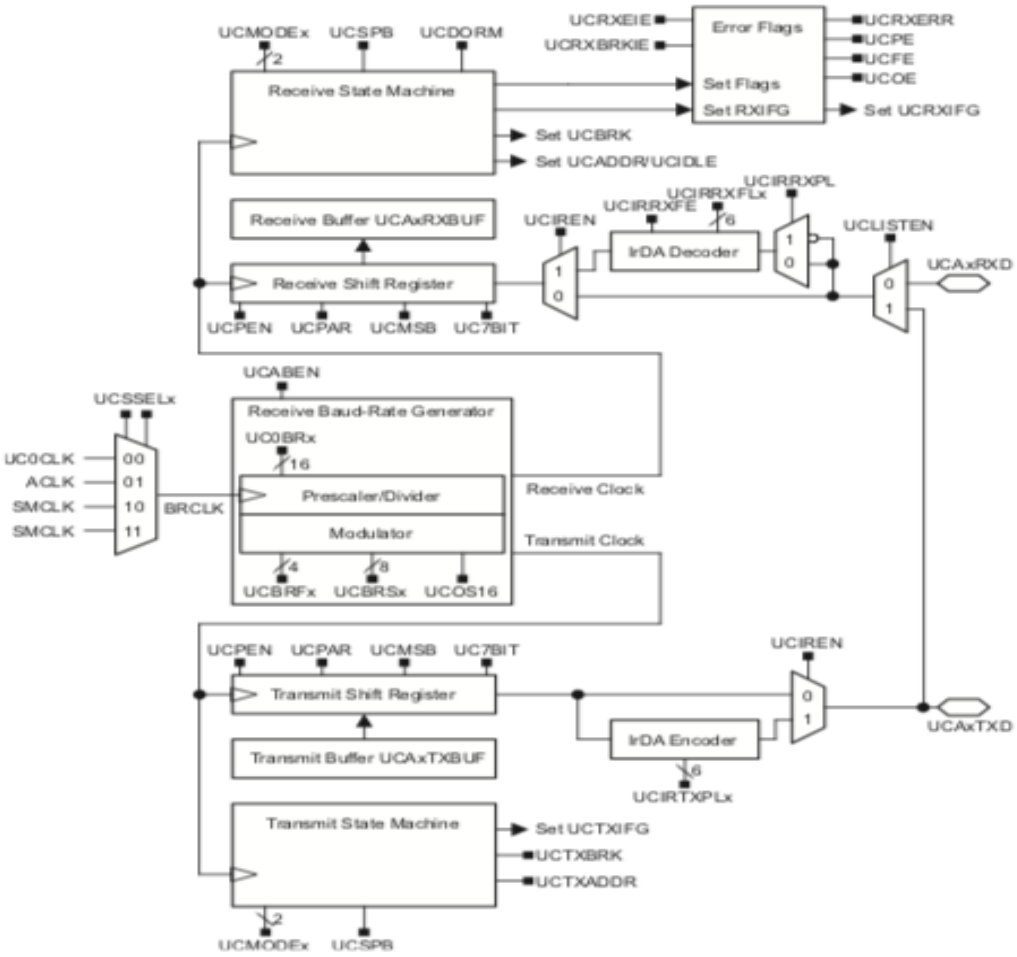


Şekil 3.3: Baudrate paket yapısı.

Veri iletimi Şekil 3.3 ' de gösterilen bir dizi şeklinde gerçekleşiyor. Başlangıç biti "START" sonra göndereceğimiz komut veya veri parçası, veri parçasından hemen sonra P"PARITY" biti son olarak "S1"ve "S2" stop bitleri gönderilmektedir. Veri iletimi donanımsal olarak Şekil 3.4' de gösterilmektedir [13].



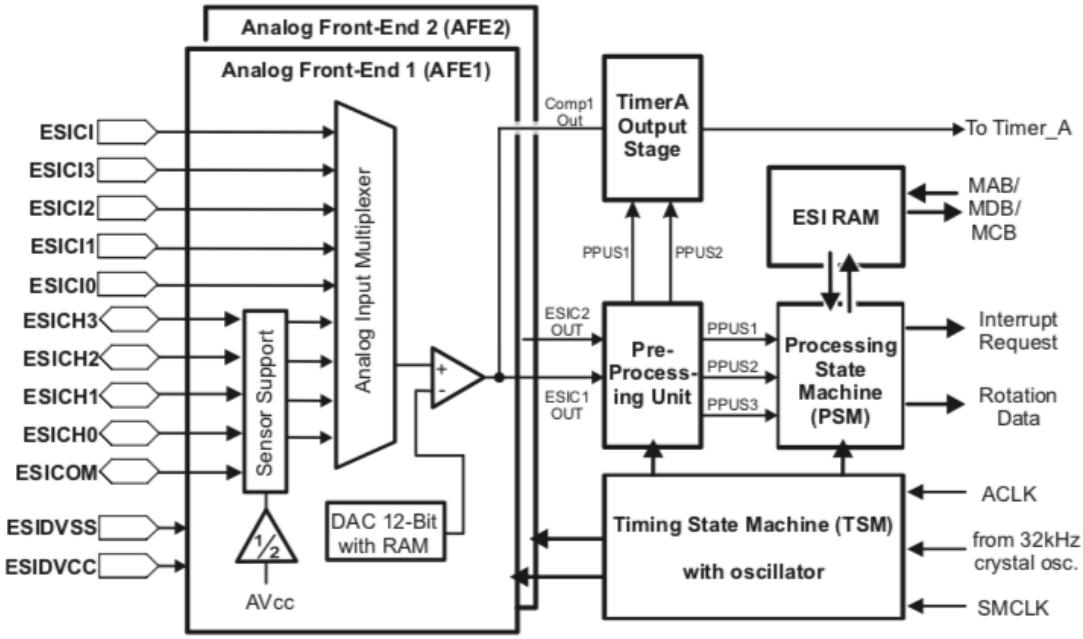
Şekil 3.4: Uart alıcı ve verici tarafında veri aktarım zamanı oluşan mantıksal işlemler.



Şekil 3.5: MSP430FR6989 eUSCI_Ax Blok diyagram-UART Modu.

3.2.2 ESI

ESI çevre birimi, sensörleri otomatik olarak tarar ve doğrusal veya dönme hareketini ölçer. Modülde ölçüm zamanı düşük güç tüketimi istenmektedir. Bundan dolayı birçok ölçümde ESI kullanılmaktadır.



Şekil 3.6: ESI'nın Donanımsal yapısı [14].

3.2.3 AES ŞİFRELEME

AES elektronik verilerin şifrelemesi için kullanılan bir standarttır. Uluslararası alanda şifreleme standardı olarak kullanılmaktadır. Bu şifreleme yöntemi veri şifreleme standardı (DES)'in yerini almıştır. AES şifreleme algoritmasının hem şifrelemede hem de şifre çözmede kullanılan anahtarları birbiriyle bağlıdır ve simetriktir. Bundan dolayı şifrelenme ve şifreleri çözme anahtarları aynıdır. AES şifreleme Rijndael algoritması değiştirilerek oluşturulmuştur.

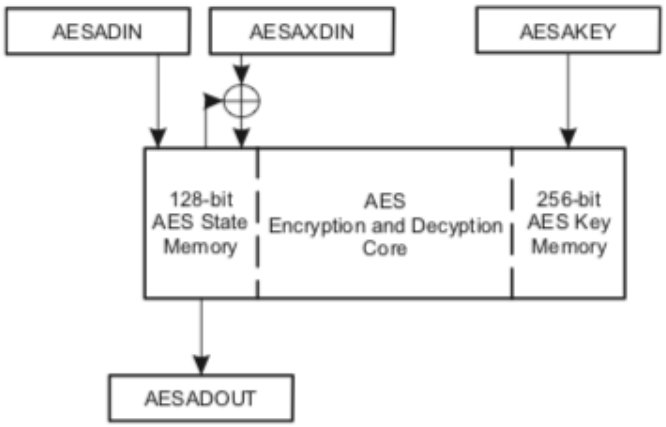
AES, Değiştirme-Karıştırma (Substitution-Permutation) olarak bilinen tasarım temeline dayanır. Öncülü DES ise Feistel yapısında tasarlanmış bir algoritmadır. AES' in hem yazılım hem de donanım performansı yüksektir. 128-bit girdi bloğu, 128, 192 ve 256 bit anahtar uzunluğuna sahiptir. AES' in temel alındığı Rijndael ise 128-256 bit arasında 32'nin katı olan girdi blok uzunluklarını ve 128 bitten uzun anahtar uzunluklarını desteklemektedir. Dolayısıyla, standartlaşma sürecinde anahtar ve girdi blok uzunluklarında kısıtlamaya

gidilmiştir. AES, durum (state) denilen 4x4 sütun-öncelikli bayt matrisi üzerinde çalışır. Matristeki işlemler de özel bir sonlu cisim (finite field) üzerinde yapılmaktadır. Algoritma belirli sayıda tekrar eden girdi açık metni, çıktı şifreli metne dönüştüren özdeş dönüşüm çevrimlerinden (round) oluşmaktadır. Her çevrim, son çevrim hariç, dört adımdan oluşmaktadır. Şifreli metni çözmek için bu çevrimler ters sıra ile uygulanır. Çevrimlerin tekrar sayıları 128-bit, 192-bit ve 256-bit anahtar uzunlukları için sırası ile 10, 12 ve 14'tür [15].

AES hızlandırıcı modülü, donanımda gelişmiş şifreleme standardına (AES) (FIPS PUB 197) göre 128-bit verilerin 128-, 192- veya 256-bit anahtarlarla şifrelemesini ve şifresinin çözülmesini gerçekleştirir.

AES hızlandırıcı özellikleri şunlardır:

1. AES şifrelemesi
   – 168 döngüde 128 bit
   – 204 döngüde 192 bit
   – 234 döngüde 256 bit
2. AES şifre çözme
   – 168 döngüde 128 bit
   – 206 döngüde 192 bit
   – 234 döngüde 256 bit
3. Şifre çözme için çevrimdışı anahtar oluşturma
4. Tüm anahtar uzunlukları için ilk anahtarı saklayan gölge kaydı
5. ECB, CBC, OFB ve CFB şifre modları için DMA desteği
6. Anahtar, giriş verileri ve çıkış verilerine bayt ve kelime erişimi
7. AES hazır kesme işareti



Şekil 3.7: AES hızlandırıcı blok şeması.

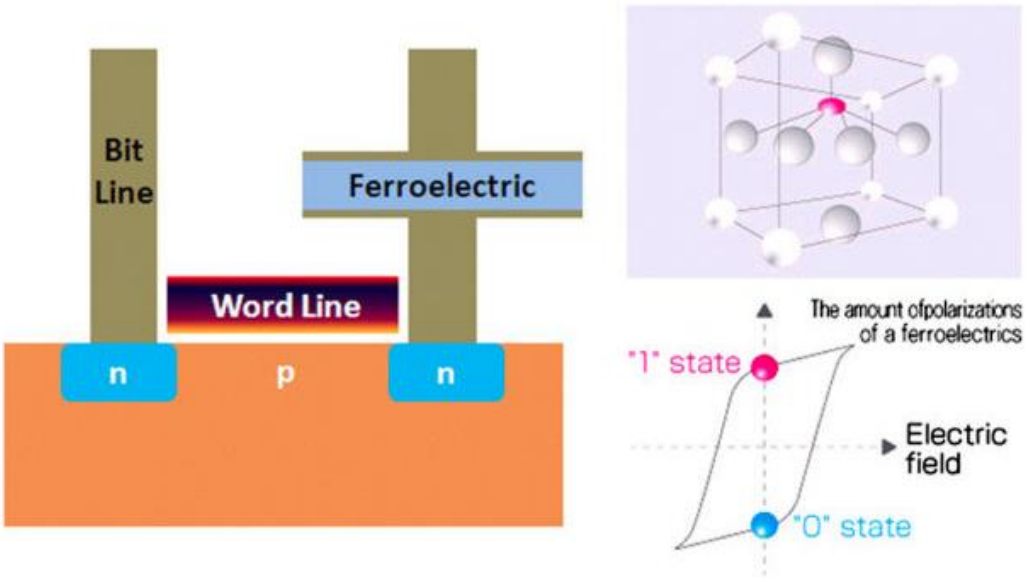
3.2.4 RAM/ROM

Elektronik sistemlerde, cihazların kullanım alanlarına göre elektronik bellek sistemleri seçilir. RAM ve ROM ana bellek tipleridir. Elektronik sistemlerinde, kalıcı (ROM) ve kalıcı olmayan (RAM) bellek olmak üzere iki tür bellek bulunur. RAM belleklerde, bellek üzerindeki bilgi enerji kesintisi meydana gelmesi durumunda kaybolur veya silinir. Bunlara SRAM ve DRAM örnek verilebilir. ROM belleklerinde ise, meydana gelen güç kesintisi bellek üzerindeki bilgilerin kaybına sebep olmaz.

Ferroelektrik RAM (FRAM) kalıcı bellek türüdür. Yapısındaki ferroelektrik kapasitör sayesinde güç kesintilerinde dahi bilgiyi saklar. Çoğunlukla kurşun-zirkonat-titanat (PZT) yapısına sahip olan ferroelektrik kapasitör veya tabaka, elektrik alana maruz kaldığında iyonların aşağı ve yukarı hareketi sonucunda kutuplaşma meydana gelir. Kutuplar “0” veya “1” olarak iki farklı kutbu tanımlar. Mevcut elektrik alan kaldırılsa dahi kutuplar sabit kalır. Bu da FRAM’ın neden kalıcı belleğe sahip olduğunu açıklar. FRAM’ın yapısında bulunan ferroelektrik tabaka, adının aksine manyetik yapıda (metal) değildir. Dolayısıyla herhangi bir manyetik alandan etkilenmez. Kutup durumu sadece elektrik alan ile değişir.

Yaklaşık 50 ns – 150 ns yazma hızına sahip olan FRAM, EEPROM belleğinden yaklaşık 30.000 kat hızlıdır. Ayrıca “üzerine yazma” (over-write) özelliği ile “tekrar yazma” (re-write) işlemine gerek duymaz. Bit başına 1012 okuma/yazma çevrimine sahiptir. FRAM aktif iken 80-130 mikroamper akım çekerken, bekleme modunda 5 mikroamper akım çeker. Yüksek yazma hızına sahip olduğu için aktif olma süresi azalır ve çok az enerji tüketimi yapar. Kalıcı olmayan (RAM) bellek türleri güç kesintilerinde bilgilerin kaybolmasını önlemek için ek güç

kaynağı kullanırken, FRAM kalıcı bellek yapısına sahip olduğu için ek güç kaynağına ihtiyacı yoktur [16].



Şekil 3.8: FRAM yapısı.

3.2.5 Düşük Güç Modu - LPM (Low Power Mode)

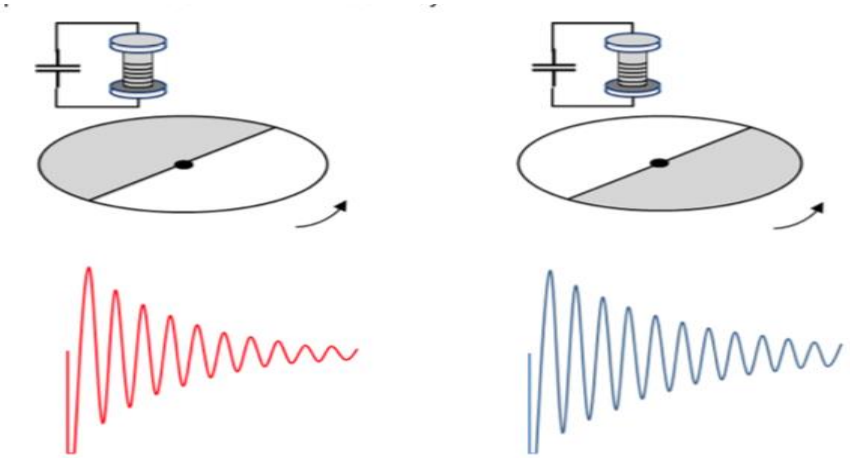
Su ve doğalgaz sayaçlarında elektronik tüketim okumadaki en önemli problem enerji tüketim konusudur. Bu sebeple, tüketim hesaplama zamanı işlemcinin az tüketim yapması gerekmektedir. Günümüzde enerji beslemesi olarak pil kullanılan modüllerde genellikle LPM modları olan işlemciler tercih edilmektedir. LPM (Düşük Güç Mod) olan işlemciler uyku moduna geçtiğinde bile bazı çevre birimleri açık bırakmaktadır. Buna örnek olarak, LPM3 modunda işlemciler yaklaşık 3 uA çekmektedir.

3.3 OKUMA YÖNTEMİ

3.3.1 LC Sensörü

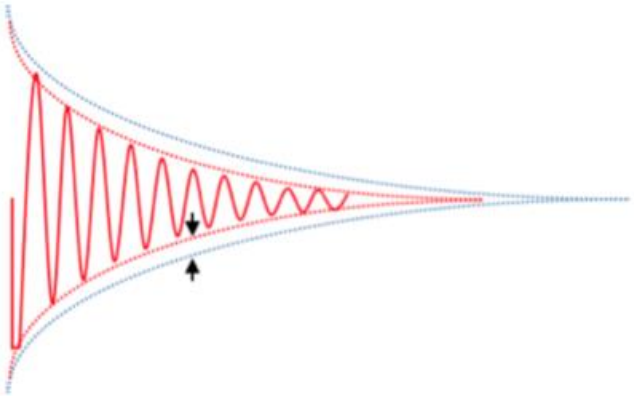
LC sensörü bir endüktör ve kondansatörden oluşmaktadır. Uygulanmış olan devrede kondansatör değeri 630 pF ve endüktör değeri 335 uH kullanılmıştır. Kondansatör 1 us'lik kısa bir periyot darbesi ile dolduktan sonra, LC sensörü 500kHz frekansında salınım yapmaya başlar ve sinyal voltaj seviyesi düşer. Salınım yapan LC sensörüne yaklaşan bir metal

olduğunda, metal parçanın eddy akımı tarafından enerji emilmesi nedeniyle sinyal daha hızlı bozulur. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, bu özelliği kullanarak, LC sensörü metal (kırmızı sinyal) veya ametal parçayı (mavi sinyal) tanımlamak için kullanılır. Yarı metal ve yarı metal olmayan bir ibre veya sayaç ibresi, akış hızını tespit etmek için hareketli bir bileşen olarak oluşturulabilir. İbrenin dönüş hızı daha sonra LC sensörü tarafından tespit edilebilir.



Şekil 3.9: İbrenin metal ve ametal kısımlarının tespitinin salınım sinyali.

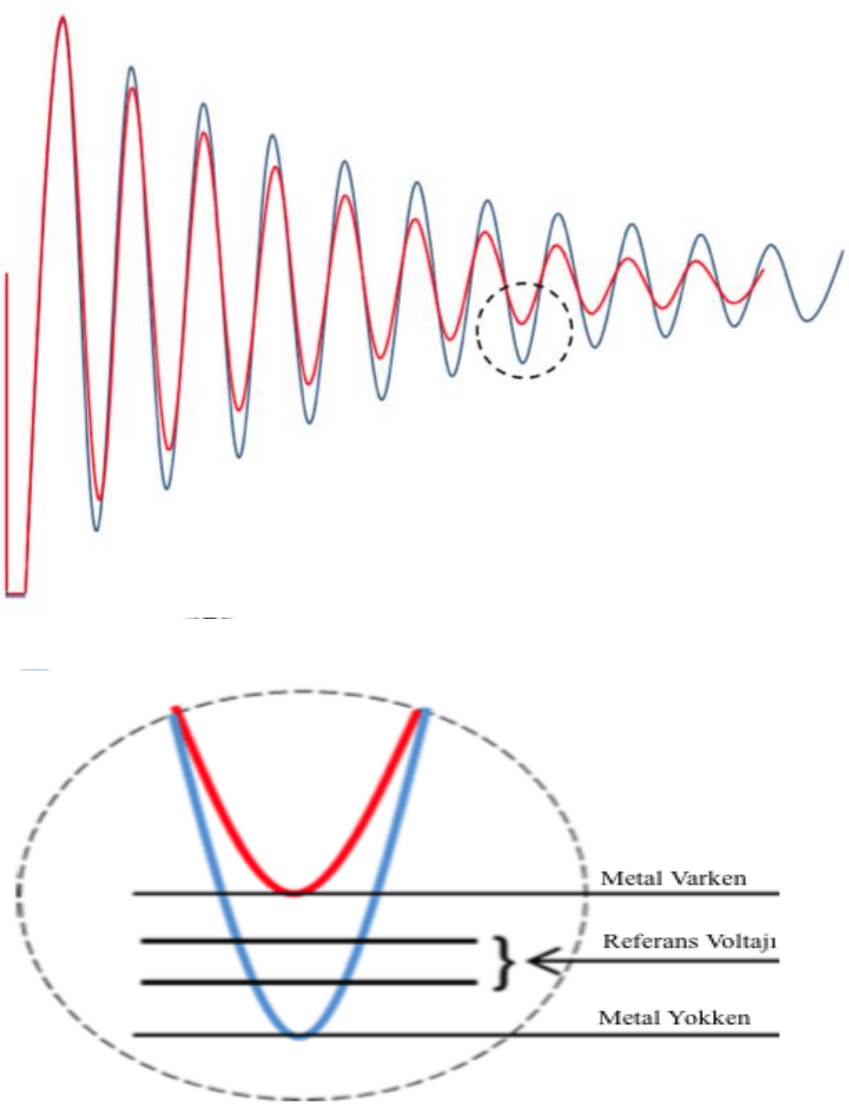
Şekil 3.9' da iki salınımlı sinyalini üst üste bindirildiğinde, bunların sinyal farkı aynı değildir. Sinyallerin orta kısmında küçük bir seviyeden en büyük farka doğru başlar ve ardından fark sıfıra düşer. Maksimum algılama mesafesi için, yalnızca sinyal seviyesinde maksimum fark olan sinyallerin kısmı ölçülür. Bu karşılaştırma Şekil 3.10'da görülebilir.



Şekil 3.10: Azalan LC sinyali boyunca maksimum fark.

3.3.2 ESI DAC

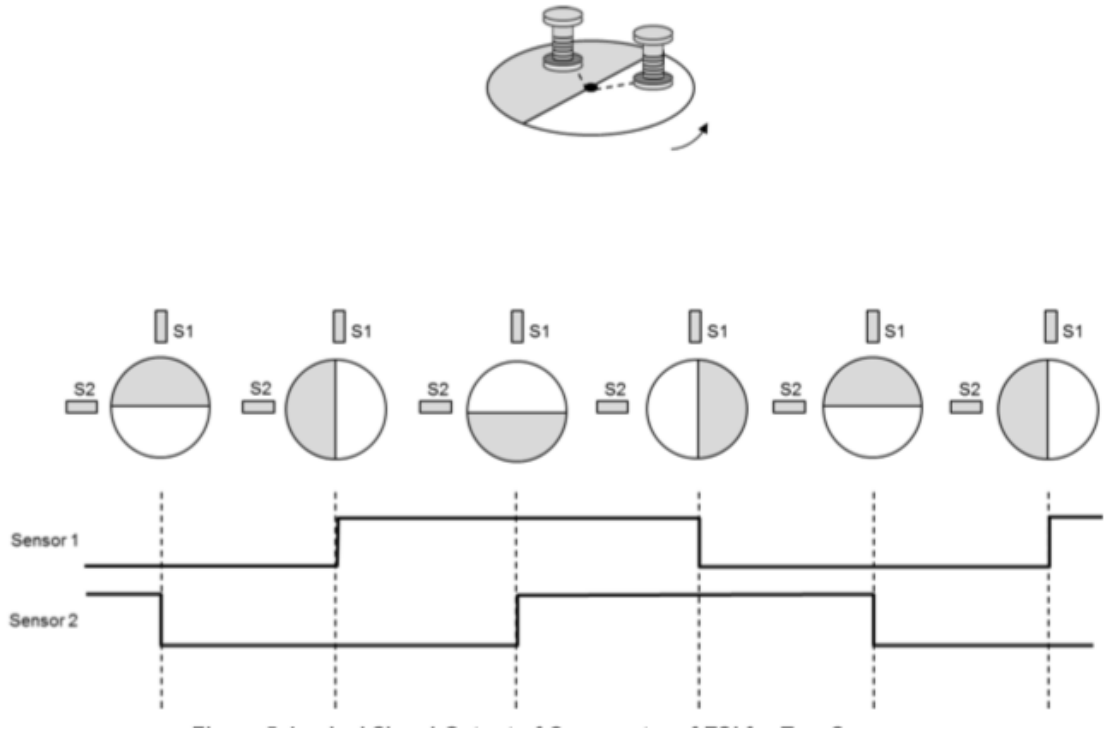
Metal ve metal olmayan sinyalleri algılamak için, işlemcinin “kırmızı” ve “mavi” sinyallerin arasında bir ayarlanmış voltaj seviyesini referans sinyaline ihtiyaç duyulmaktadır. ESI modülünde bu işlev için 12 bit çözünürlüğüne sahip bir DAC bulunmaktadır. Metal olan ve metal olmayan iki sinyalin en büyük farka sahip olduğu sinyalin arasında DAC ile referans sağlanır. Daha sonra metal ve metal olmayan kısımlarını belirlemek için karşılaştırıcı kullanılır.



Şekil 3.11: Azalan LC sinyali boyunca maksimum fark.

3.3.3 ESI Durumları

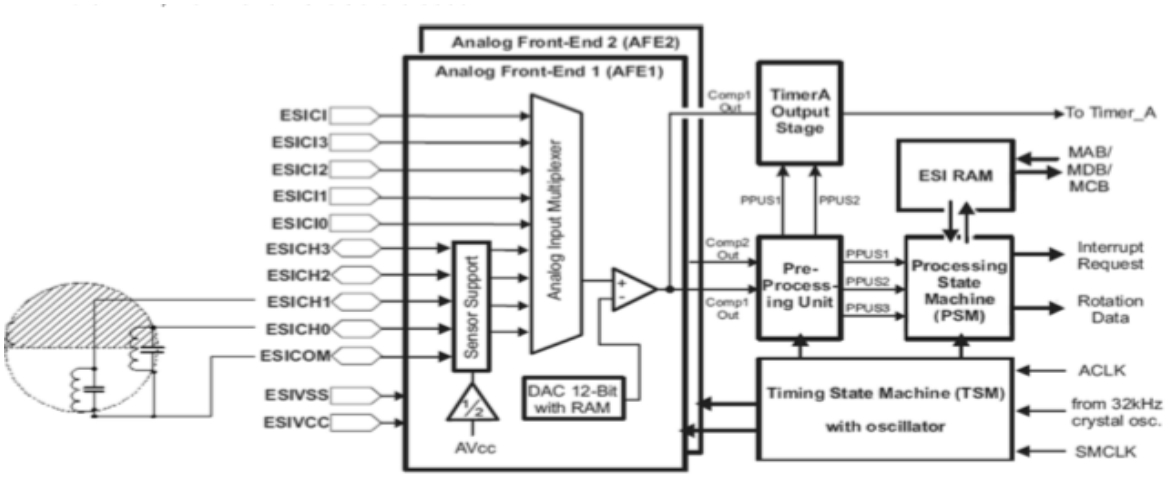
Hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine dönüşü algılamak için 2 tane LC sensörü kullanılır. Su sayacı gibi akış ölçümlerinde, vana veya musluk kapatıldığında su akışı geri döner. Bu, akış hızı sıfır olmadan önce sayaç üzerindeki ibrenin tekrarlı olarak ileri ve geri dönmesini sağlar. Tek bir sensör ile sayım hatasını ortadan kaldırmak için iki sensör her iki yöndeki dönüş sayısını sayabilir ve doğru sonuç verebilir. Şekil 3.12'deki, sensör metal parçayı algıladığında bir lojik 0 çıkışı ve sensör metal olmayan parçayı algıladığında lojik 1 çıkışı verilir. İki sensör 90° aralıkla yerleştirilmiştir. Bu nedenle, bir sensörün sinyali diğer sensöre göre her zaman 90° faz dışıdır. Bu konfigürasyon, iki sensörün dört durumunu verir: 00,01,11 ve 10. Bu dört durumun sırası ve dönüş yönünü sağlar.



Şekil 3.12: İki sensör için ESI karşılaştırıcısının lojik sinyal çıkışı.

3.3.4 ESI'nin Donanımsal Yapısı

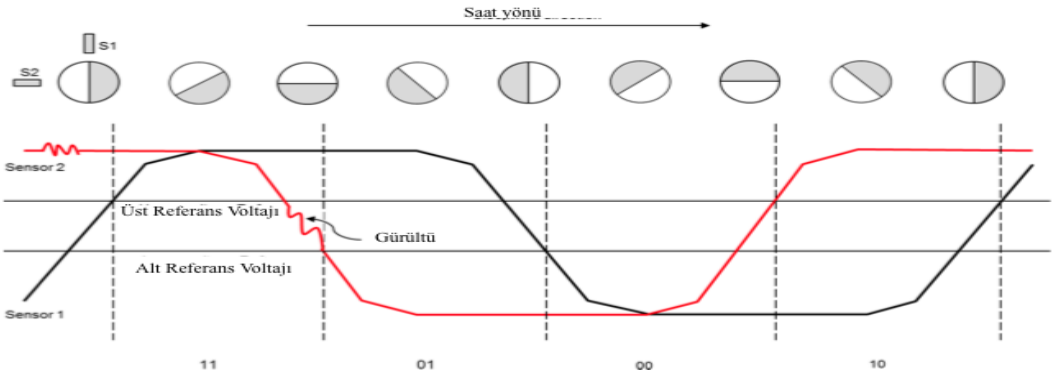
Şekil 3.13 ESI'nin blok şemasını gösterir. Üç saat kaynağı vardır, 32768 Hz'lik ACLK, yüksek frekanslı bir saat kaynağı için yerleşik bir ESI dahili osilatörü (ESIOSC) ve DCO'yu kullanan SMCLK.



Şekil 3.13: ESI'nin blok şeması.

3.3.5 İbrenin Metal Plakası ve Durum Mesafesi

Akış hızını tespit etmek için ibre kullanılır. Bu, yarısı metal yarısı metal olmayan kısımdır. Makul bir algılama mesafesi için ibrenin metal alanı çok küçük olmamalıdır çünkü metal alanı büyüdükçe LC sensörünün endüktöründen gelen manyetik enerji daha fazla emilme oranına sahip olur. İbre dönerken LC sensörü metal olmayan kısımda büyük, metal kısımda ise küçük bir sinyal verir. Sinyal seviyesi, yüksekten düşüğe ve düşükten yükseğe sürekli bir değişim halindedir. Sensör metal ve metal olmayan alan arasına yerleştirildiğinde, sinyal de maksimum ve minimum seviyeler arasındadır. Aşağıdaki şekilde bu durum görülebilir.



Şekil 3.14: İki sensörden gelen sinyal seviyeleri.

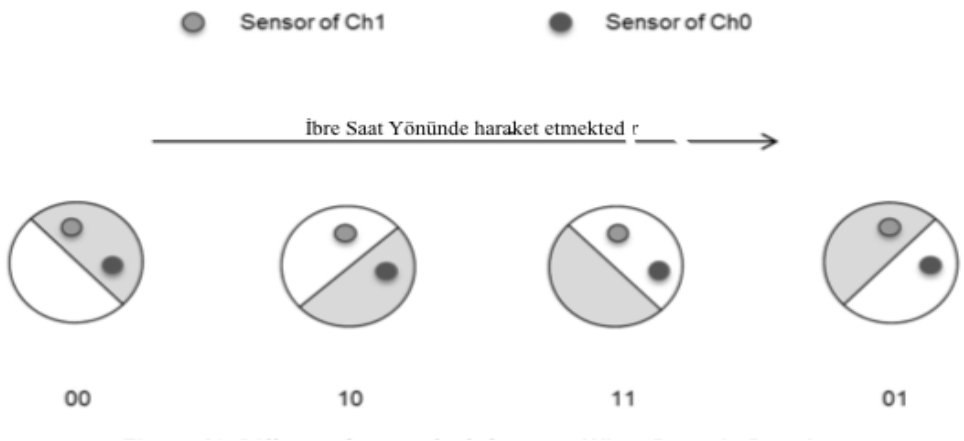
Her sensör sinyalinin diğerinden 90° faz farkı vardır. İbre saat yönünde döndüğünde, sensör 2, metal olmayan kısmın ortasındayken yüksek bir sinyal seviyesi algılar ve metal kısmın ortasını algılarken sinyal seviyesi kademeli olarak düşük bir seviyeye gelir.

DAC'da iki voltaj referansı vardır. Sinyal yüksek seviyede olduğunda, yüksek mantıkla yorumlanarak düşük voltaj referansı kullanılır. İbre dönerken, sinyal seviyesi yüksekten

düşüğe, sonra düşükten yükseğe değişir ve bu durum sürekli olarak tekrar eder. Sinyal alt referanstan daha düşük olduğunda bir lojik 0 oluşur. Aynı zamanda, analog oluşturmak için voltaj referansı üst voltaj referansına değiştirilir. Sadece sinyal seviyesi üst voltaj referansından daha yüksek olduğunda tekrar lojik 1'e sahiptir. Benzer şekilde bu sırada voltaj referansı daha düşük voltaj referansına çevrilir. Dört durum (11, 01, 00 ve 10) elde edilir ve her durum aynı zaman dilimini kaplar. Sensörler 90º aralıklarla yerleştirilmezse, bazı durumlar daha kısa bir süre alır. Bu durum onları algılamak için daha yüksek bir örnekleme hızının gerekli olduğu anlamına gelir, bu da güç tüketimini artırır. Maksimum algılama mesafesi, geniş bir metal kısım alanı ve manyetik alanı metal alana yoğunlaştırmak için tasarlanmış bir endüktör ile elde edilir. Sensörler 90° faz farkı oluşturmalıdır. Maksimum bir çözüm için ibrenin yarısı metal, yarısı ametal ile kaplanmalıdır.

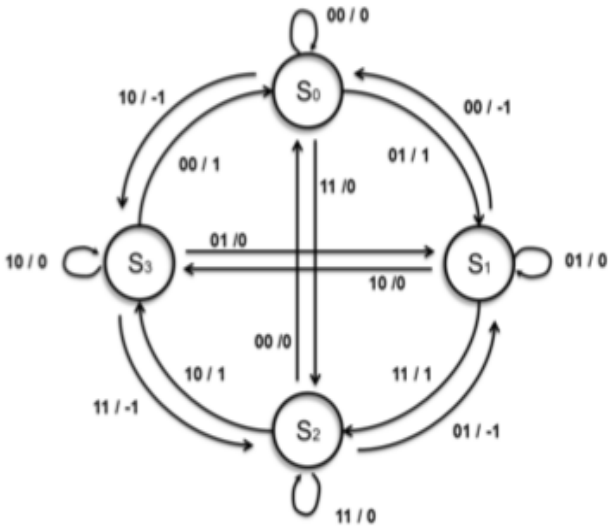
3.3.6 Kanallar ve Durum Diyagramları

Ch0 ve Ch1 olmak üzere iki kanal vardır. Bu kanallara ait sensörler, tespitlerini örnekleme hızına göre zamanında rapor eder. İbre dönerken, 00, 01, 11 ve 10 olmak üzere dört durum üretir (aşağıdaki şekilde görülebilir). Aynı zamanda ibre üzerindeki sensörlerin konumu da belirlenebilir. Sensörlerin konumunu temsil etmek için dört durum kullanılır, yani: S0, S1, S2 ve S3. S0, her iki sensörün de metal parça üzerinde olduğunu gösterir. Ametal üzerinde Ch0 ve metal üzerinde Ch1 için S1, metal olmayan kısımdaki her iki sensör için S2 ve metal üzerinde Ch0 için S3 ve metal olmayan kısımda Ch1 dönme yönü daha sonra durumların sırasını işleyerek bulunabilir.



Şekil 3.15: İbre dönerken LC sensörlerinin farklı durumları.

Daha sonra, farklı girdi ve çıktılara sahip durumların akışını açıkça göstermek için şekil 3.16'daki durum diyagramı kullanılabilir. ESI modülünün başlangıcında sensörler ibre üzerindeki dört konumdan birine yerleştirilir ve bir durum verilir. İbre dönmüyorsa, orada sensör girişi değişmez ve aynı durum korunur. Çıktı 0'dır. Bu açıklama için, başlangıç durumunun S0 olduğu varsayılır. Dönmeyen ibre, sensörlerin giriş olarak 00 olmasını sağlar. Durum S0'da tutulur ve çıkış 0'dır. İbre saat yönünde döndüğünde, durum diyagramı sırasıyla 01, 11, 10 ve 00 girişleriyle S0'dan S1, S1'den S2'ye, S2'den S3'e, S3'ten S0'a akar ve bu diziyi, devam ettikçe sürekli olarak tekrarlar. Aynı zamanda, bir durum değişikliği olduğunda durum diyagramı da 1 çıktısı verir. Bu, saat yönünde tam bir dönüş için ESICNT0 ve ESICNT1 sayaçlarını 4 artırır.

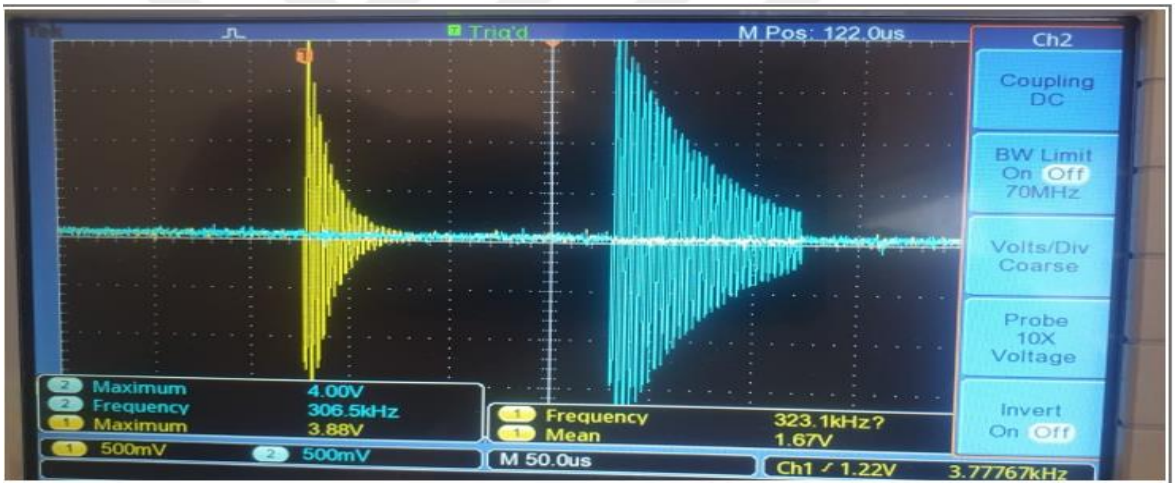


Şekil 3.16: İki sensörün durum diyagramı.

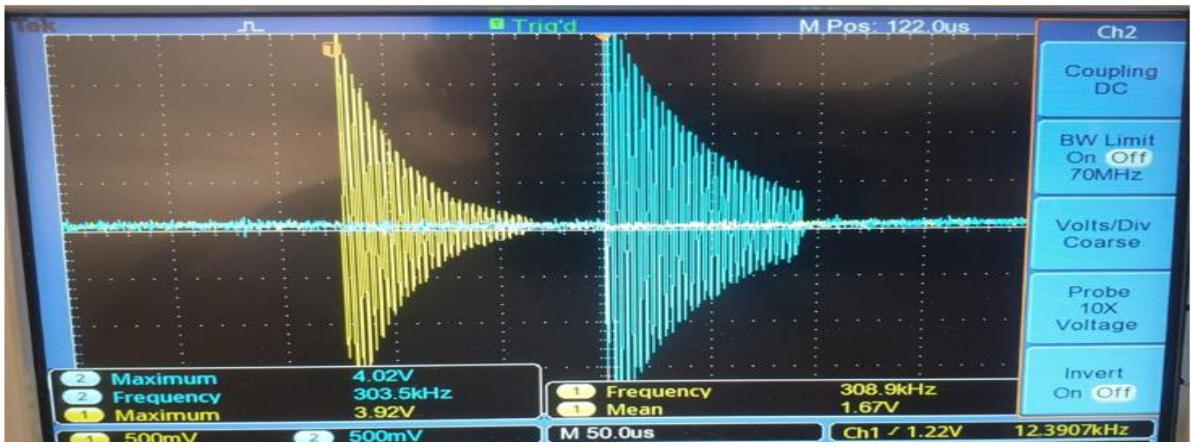
İbre saat yönünün tersine döndüğünde, durum diyagramı 00, 11, 01 ve 10 girişleriyle S0'dan S3'e, S3'ten S2'ye, S2'den S1, S1'den S0'a diğer yönde değişir, sırasıyla ve dönmeye devam ettiğinde bu seriyi tekrarlamaya devam eder. Çıkış, her durum değişikliği için -1' dir. Bu, saat yönünün tersine tam bir dönüş için ESICNT1 ve ESICNT2 sayılarını 4 azaltır. Bu durum şeması, ibre titreşimine göre ayarlama özelliğine sahiptir. Su akarken ibrenin saat yönünde döndüğü varsayılırsa sayaç bu yönde artar. Ancak, musluk veya vana kapatıldığında su geri döner. Geriye doğru bir akış, ibrenin ters yönde dönmesine neden olur ve durum diyagramını etkiler. Suyun hızla ileri geri aktığı kritik anda, modül tek bir sayımı kaçırmadan yukarı ve aşağı saymak zorundadır.

Durum diyagramı ayrıca, örneğin S0'dan S2'ye veya S1'den S3'e bir hata girişi olduğunda durum değişikliği sağlar. Bu, dönüş hızı örnekleme hızı için çok yüksek olduğunda veya sensör girişinde bir hata olduğunda meydana gelebilir. Hata girişini ortadan kaldırmak için, örnekleme hızı maksimum dönüş hızına göre yeterince yüksek ayarlanmalıdır. Ayrıca uygun gürültü seviyesi ve DAC seviyesi ayarları gereklidir. Bir sensörden hata girişi varsa, hata durumu basitçe 0 verir, bu da sayacı etkilemez ve hızla normal duruma döner. En kötü durum, önceki duruma geri dönmezse iki sayımı kaçırmasıdır.

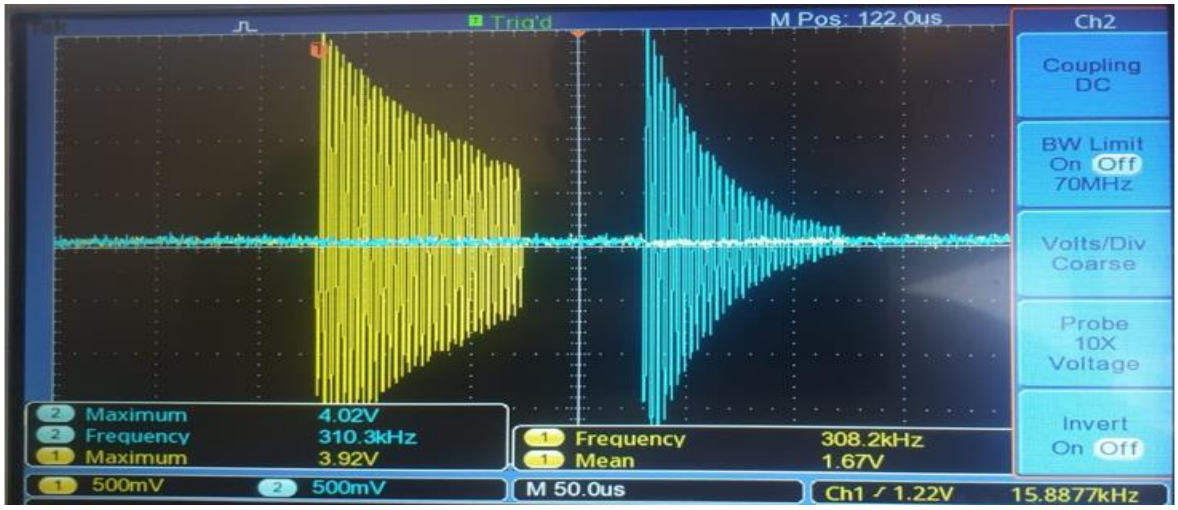
Sonümlü olan sinyalin durum analizi için, modül üzerinde bulunan LC sensörünün çıkış bacaklarına osiloskop bağlanarak çıkış sinyallerinin değişim fonksiyonları izlenmiştir. Osiloskobun Time/ div değeri 50 us olarak, Volt/div değeri ise 500mV'a göre ayarlanmıştır. Şekil 3.17'de "0-1" durumu, şekil 3.18'de "1-1" durumu, şekil 3.19'de "0-1"durumu ve son olarak şekil 3.20'de "0-0" durumu gösterilmektedir.



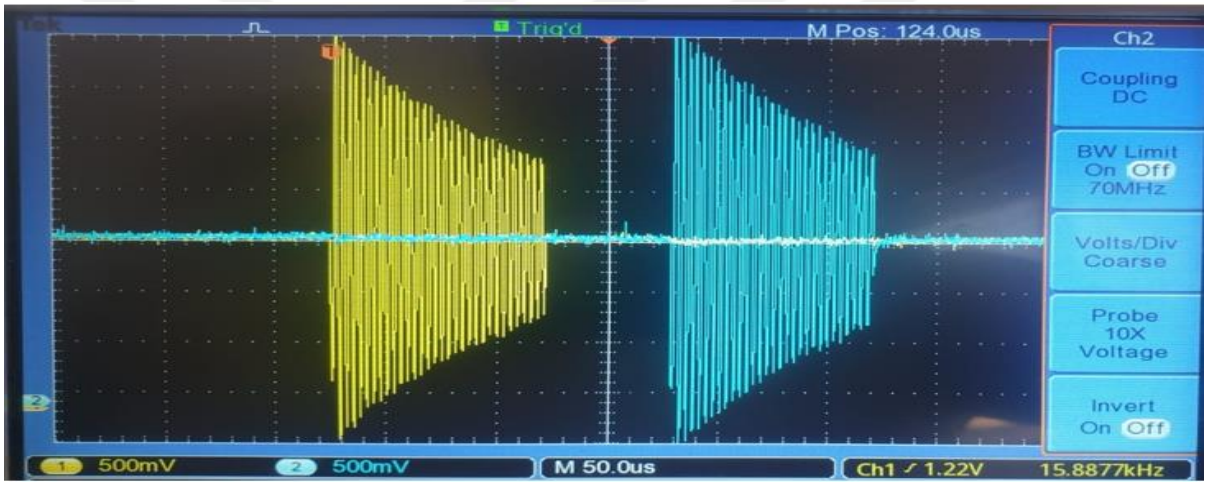
Şekil 3.17: 0-1 Durumu.



Şekil 3.18: 1-1 Durumu.



Şekil 3.19: 0-1 Durumu.



Şekil 3.20: 0-0 Durumu.

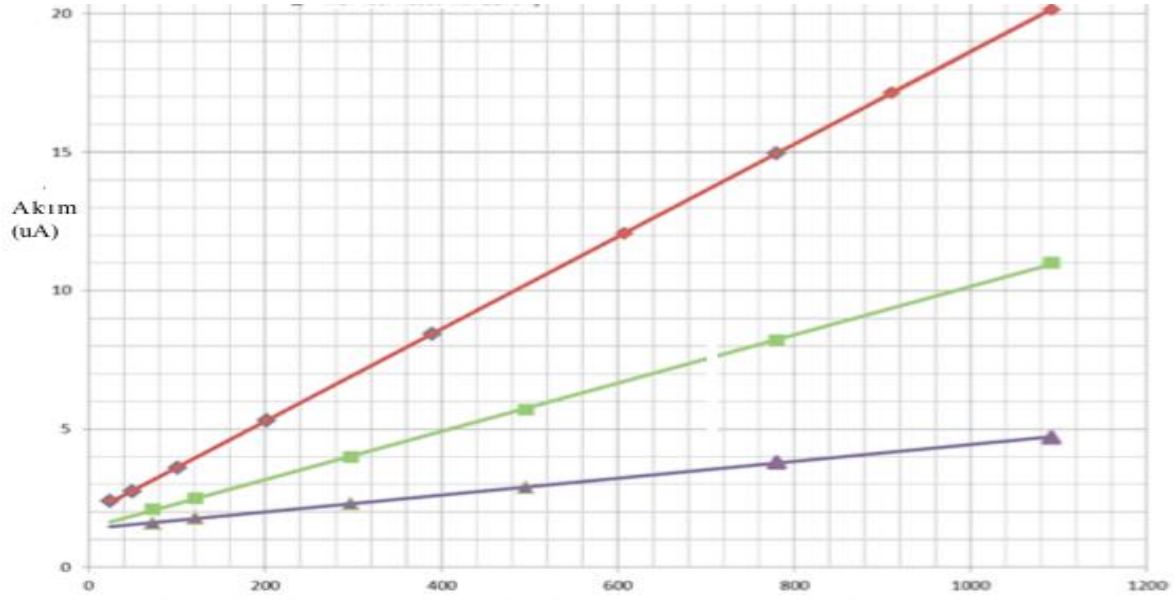
3.3.7 Tekrarlı Kalibrasyon

Modül takıldığında, uzun yıllar çalışması beklenir. Çevresel değişiklik ve bileşen bozulması nedeniyle sensör sinyallerinde kaymalar olacaktır. Bu sinyal kaymasını takip etmek için DAC'dan gelen referans voltajları takip edilmelidir. Bu işlem, sistemin çalışması sırasında yeniden kalibrasyonu gerektirir. Her yeni kalibrasyonda, sistem hala iyi çalışmakta ve küçük bir sapmayı takip etmek için yalnızca küçük bir kalibrasyona ihtiyaç duymaktadır. Bu işlemle, uzun bir süre boyunca büyük oranda yukarı veya aşağı kayma olsa bile, DAC referans voltajı optimum seviyede tutulur. Sistem pille çalıştığından, güç tüketimi bir endişe kaynağıdır. ESI modülünde, AFE1'in ortak sensörlerine bağlanan, çoğaltılmış DAC ve karşılaştırıcılı ekstra

bir analog ön uç (AFE2) vardır. Kalibrasyon işlenirken, AFE1'in tespit ettiği aynı sinyalleri ölçmek için AFE2 açılır.

3.3.8 Güç Tüketimi

Aşağıdaki grafik sadece iki LC sensörü aktif haldeyken, ibrenin farklı hızlarında işlemcinin çektiği akım değerlerini göstermektedir.



Şekil 3.21: Örnekleme frekansı.

3.4 LoRaWAN HABERLEŞMESİ

IOT(Internet Of Things) ile çalışan uygulamaların son yıllarda uluslararası alanda büyük hızla artmasıyla birlikte, verilerin uzak mesafeye güvenilir ve düşük güç tüketim kullanımı ile gönderilmesi önemli hale gelmiştir. Günümüzde bu ihtiyaçlara cevap verebilecek haberleşme teknolojilerinde çığır açacak gelişmeler görünmektedir. Bu teknolojilerin başında NB-IOT, Sigfox ve LoRa gelmektedir. Bu haberleşme teknolojilerinden en fazla kullanılan LoRa'dır. Lora kelimesi Long Range yani uzun mesafe kelimesinin başlangıç hecelerinden oluşmaktadır. Mesafe olarak WIFI gibi haberleşmelerden daha uzun mesafeyle iletişim sağlayabilmektedir. Bu, Radyo Frekansları (RF) kullanılarak gerçekleştirilmiş modülasyon tekniğidir. LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) ise bölgesel, ulusal veya küresel ölçekte bir ağ üzerinde kablosuz olarak çalışan ürünlere yönelik tasarlanmış, düşük güçlü geniş alan ağı olan haberleşme tekniğidir [17].

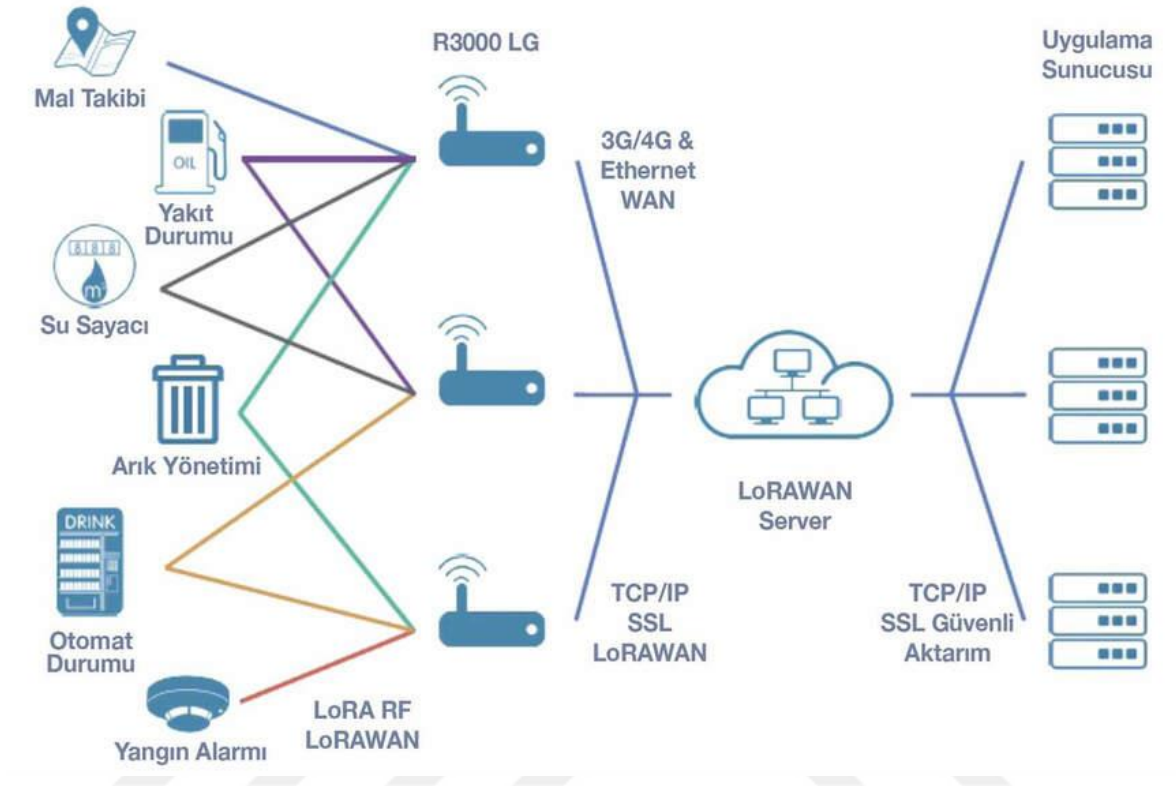


Şekil 3.22: LoRa teknolojisi.

Günümüzde IOT çalışan bazı cihazlar hücresel haberleşme (2G, 3G, 4G+) ve Wi-Fi gibi yöntemlerin uzun mesafede veri iletimi veya bu iletimin sürekliliği gibi ihtiyaçlarını karşılayamadıkları, karşılansa bile maliyetlerin yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu haberleşme teknolojileri arazi şartlarına göre değişkenlik gösterebilmektedir. Hücresel haberleşmelerde arazi şartlarına göre değişkenlik göstermesi, Wi-Fi ise mesafeden dolayı bağlantı sorunu yaşanması söz konusudur. Bu haberleşme teknolojileri de aynı LoRa teknolojisi gibi düşük güç modunda çalışabilmektedir. Ama bu, sistemlerin maliyetini yükseltmektedir. Bu sebepten dolayı artık yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmuştur. LoRa teknolojisinde bu teknolojilerin hepsinin birleştirilip uzun menzilli ve düşük güç tüketimli haberleşme sağlanmaktadır. LoRa teknolojisi bölgesel olarak farklı radyo frekans aralıklarını kullanmaktadır. Açık alanda 15km'ye kadar bir mesafede karşı tarafla bağlantı kurulabilmektedir.

LoRa haberleşmesi dört kısımdan oluşan bir haberleşme teknolojisidir. Birinci kısım LoRa'nın düğüm noktasıdır. Bu nokta verilerin alındığı kısımdır. Kullanılan cihazda LoRa modülü içeren veya LoRa haberleşmesine uyumlu modüller kullanılmalıdır. İkinci nokta LoRa Gateway (ağ geçidi) kısmıdır. Bu kısımda tüm veri toplayan cihazla RF ile Lora Gateway'e yayın yapılmaktadır. Bu yayın sırasında, cihazlar kendi için topladıkları verileri Lora Gateway'e iletmektedir. İletilen verileri LoRa Gatewayleri, hücresel haberleşme (3G/4G/4G +), ethernet veya WAN haberleşmesi ile üçüncü düğüme göndermektedir. Üçüncü düğümde LoRa Gatewaylerden gelen veriler, dördüncü düğümde olan sunuculara istenen

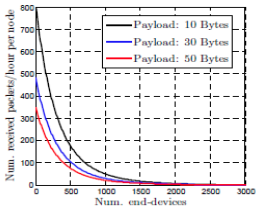
protokolde hazırlanarak gönderilmektedir. Son düğüm kısmında ise sunucular gelen verilerin kontrol ve takibini yapabilmektedir.



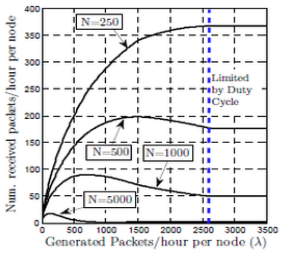
Şekil 3.23: LoRa haberleşmesi çalışma prensibi.

Son dönemde bir LoRa Gateway cihazına bağlanmış olan binlerce LoRa Node cihazının kesintisiz veri aktarımı yapabileceği şeklinde yayılan bilgiler, doğruluk payı oldukça sınırlı bilgilerdir. Binler mertebesinde adetlerde cihazın aynı anda LoRa ağı üzerinden veri aktarımında sıkıntıya neden olabilecek faktörlerin başında Duty-Cycle (görev döngüsü) gelir. Her bir LoRa Node cihazı için veri aktarımı sırasında kanalı meşgul etmesi sebebiyle tanımlanan bir maksimum Duty-Cycle değeri mevcuttur.

Duty-Cycle değeri, haberleşmenin kesintisiz olarak sağlanabilmesi için dikkat edilmesi gereken önemli faktörlerden birisidir. 868 MHz frekans bandını kullanan Avrupa bölgesinde her bir LoRa Node için Duty-Cycle %1, yani saat başına 36 saniyedir. Bu 36 saniye her bir LoRa Node cihazının bir frekans kanalını bir saat içerisinde meşgul edebileceği en yüksek süredir. LoRa Gateway'e bağlanan LoRa Node sayısı arttıkça, iletimi sağlanan paket miktarı, çakışmalardan dolayı azalmaktadır [17].



Uç cihazlar aktarım denediğinde alınan paket sayısı
(n = 3 kanal @ 125 kHz, kodlama oranı = 4/5)



Saat başına alınan 10 Byte'lık paket sayısı
(250, 500, 1000 ve 5000 nod ve n = 3 kanal için)

Şekil 3.24: LoRa paket sayısı.

LoraWan teknolojisi modülde haberleşmede kullanılmaktadır. Sayaç üzerinde okunan verileri LoRa Gatewaylerine iletmektedir. Bu haberleşme sayesinde sayaçları gözle okunmasını gözardı edilip sayaç tüketim değerleri uzaktan okunabilmektedir.

LSD4WN-2L817M90, Lierda Technology Group Co., Ltd. tarafından geliştirilen bir LoRaWAN Uç Düğüm modülüdür. Bu modül, LoRaWANTM protokol yığınını entegre eder ve LoRa Alliance tarafından yayınlanan LoRaWANTM Spesifikasyonu 1.0.1 standardıyla uyumludur. Modül, veri ve talimat alışverişi için kullanıcının ekipmanı ile etkileşim kurmak için seri arabirimi kullanır ve kullanıcılara hızlı LoRaWAN ağ erişimi ve kablosuz veri hizmetleri sağlayabilir.

LSD4WN-2L817M90 modülü, düşük enerji tüketimi, uzun iletim mesafesi ve güçlü parazit önleme özelliklerine sahiptir ve çeşitli uygulamalar için uygundur: IoT düşük güç uygulamaları, otomatik sayaç okuma, akıllı şehir, endüstriyel otomasyon, akıllı ev ve benzeri uygulamalar için yaygın olarak kullanılır [18].

Fonksiyonel Karakteristiği

- Çalışma voltajı: 2,5~3,6 V;
- Fiziksel katman: EU868;
- Verici gücü: 19±1 dBm(maks);
- Ultra yüksek alım hassasiyeti: -136±1dBm (@SF=12);
- Süper uzun etkili iletişim mesafesi: 5 kilometre (şehir içi otoyol ortamı, açık ortamı değil);
- LoRaWANTM Spesifikasyonu 1.0.1 standardıyla uyumludur ve EU433 protokolünü destekler;
- LoRaWANTM protokol yığınını dahili olarak entegre eder, A Sınıfı/C Sınıfı cihaz türlerini destekler;

- Düşük enerji tüketimi: uyku modunda akımı tipik değeri 1.8 uA;

3.5 MANYETİK CEZA

Mekanik sayaçlara dışardan müdahale edilebilmektedir. Mekanik sayaçlara dışarıdan mıknatıs koyarak sayacın iç yapısını bozmak bunun bir örneğidir.

Bu entegrede iki tane mıknatıs algılayıcı kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi optik haberleşmede kullanılır. Diğeri ise dışarıdan yapılacak müdahalelerin tespitini yapar.



Şekil 3.25: Mekanik sayaçlara dışarıdan müdahale.

Şekil 3.25'de sayaca dışarıdan müdahale edilmiştir. Böyle durumlarda su tüketimi daha düşük gösterilmektedir. Bu durumları engellemek için modülde manyetik alan algılayıcı bulunmaktadır. Bu entegre DRV5032 entegresidir. Bu entegre sayesinde sayaca mıknatıs yaklaştırıldığı zaman modül mıknatısı algılar ve bu durumu kendi hafızasına kaydeder. Ceza durumları algıladığı zaman modül tarih bilgilerini de kayıt altına almaktadır. Bu durumda modül su idaresiyle bağlantı sağladığında bilgileri idareye gönderecektir [19].

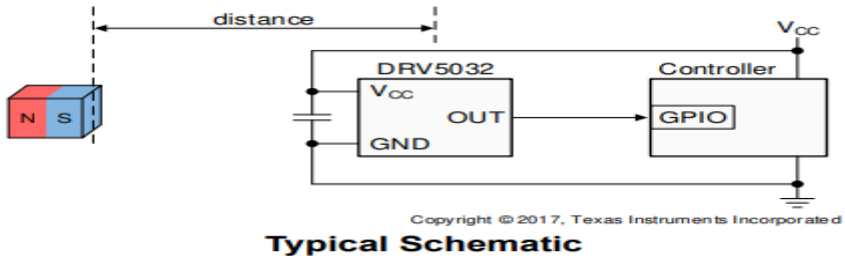
DRV5032 Özellikler:

- Endüstri lideri ultra düşük güç tüketimi
- 5 Hz versiyonu: 1,8 V ile 0,54 µA
- 20 Hz versiyonları: 3 V ile 1,6 µA
- 1,65-V - 5,5-V çalışma VCC aralığı
- Manyetik eşik seçenekleri (maksimum BOP):
- 3.9 mT, en yüksek hassasiyet
- 4.8 mT, yüksek hassasiyet
- 9.5 mT, orta hassasiyet
- –63 mT, en düşük hassasiyet
- Omnipolar ve unipolar seçenekler
- 20 Hz ve 5 Hz örnekleme hızı seçenekleri
- SOT-23, X2SON ve TO-92 paket seçenekleri
- –40°C ila +85°C çalışma sıcaklığı aralığı

Uygulamaları

- Pil açısından kritik konum algılama
- Elektrik ve su sayacı kurcalama algılama
- Cep Telefonu, dizüstü bilgisayar veya tablet kılıfı algılama
- E-kilitler, duman dedektörleri, cihazlar
- Tıbbi cihazlar, IoT sistemleri
- Vana veya solenoid konum tespiti
- Temassız teşhis veya aktivasyon

DRV5032 cihazı, çoğu kullanım için tasarlanmış ultra düşük güçlü bir dijital anahtarlı Hall efekt sensörüdür. Kompakt ve batarya ile çalışabilmektedir.



Şekil 3.26: DRV5032 bağlantı şeması.

3.6 KAPAK CEZA

Modülün okuma yöntemini engelleyebilecek diğer etken ise modülün kapaklarının açılması ve modül donanıma verilebilecek zarardır. Bunun önlemini almak için ilk önce modülün kapak ceza kontrolü yapılmalıdır. Modülün dış etkenlerden herhangi bir etkileşime uğramaması için modülün içinde kapak ceza algılayıcı bir donanım bulunmaktadır. Bu donanım parçası sayesinde kapak açılma durumlarında veya modül kırıldığı anda sistem algılar ve bunu ceza olarak kaydeder. Modülün cezaya geçtiği tarih de aynı zamanda kaydedilir. Zaman verilerini de haberleşme yaptığı zaman LoRa gatewaylerine aktarır. Bu cezanın aktif olması için modülün üst kapağı kapatılmalıdır. Ancak o zaman mikroişlemci algılar ve ceza aktif olur.

3.7 MODÜL

3.7.1 Modülün Yazılımsal Yapısı

AMR modülü ile endüktif ölçüm yöntemi kullanılarak uzaktan okuma yapabilmek için su sayacında metal bir plaka bulunmaktadır. Böylelikle pals bilgileri alınarak LoRa ile Gateway'e iletilir. Su akışıyla dönen dişliler, metal plakanın bağlı olduğu dişliyi döndürür. Dönen metal plaka, AMR modülündeki bobinlere bağlı olarak gerilim frekansının değişimine neden olur ve bir pals üretilir. Bu pals mikroişlemci tarafından okunur ve sunuculara ileterek su kullanım endeksi hesaplanır.

Suyun donması ve sayaç içerisinde oluşan basınçtan dolayı sayaçlarda oluşabilecek patlama gibi durumlarda mekanik sayaçların geriye dönük tüketim değerleri bilinmemektedir. Bu yüzden okunmuş olan 10 senelik tüm tüketim endeksi modülde kayıt altına alınır. Buna bağlı

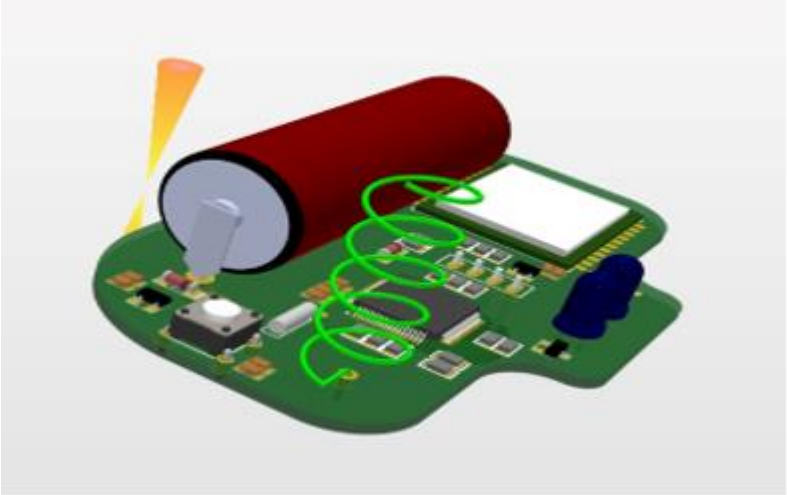
olarak modül veya sayacın bir dış etken nedeniyle bozulma durumunda 10 senelik geri tüketim değeri okunabilir.

Mekanik sayaçların dış etkenlerden dolayı daha düşük tüketim okunması için mekanik sayaçların dişli kısmına mıknatıs yakınlaştırılmaktadır. Modül üzerinde bulunan mıknatıs algılayıcı sensör sayesinde mıknatıs yaklaştırıldığı zaman modül manyetik alan etkisini tespit eder ve cezayı zaman bilgisi ile birlikte kayıt altına alır. Aynı zamanda modül üzerinde bulunan kapak ceza önlemi sayesinde modülün kapağı açıldığı zaman mikroişlemci bunu algılar zaman bilgisi ile birlikte kayıt altına alır.

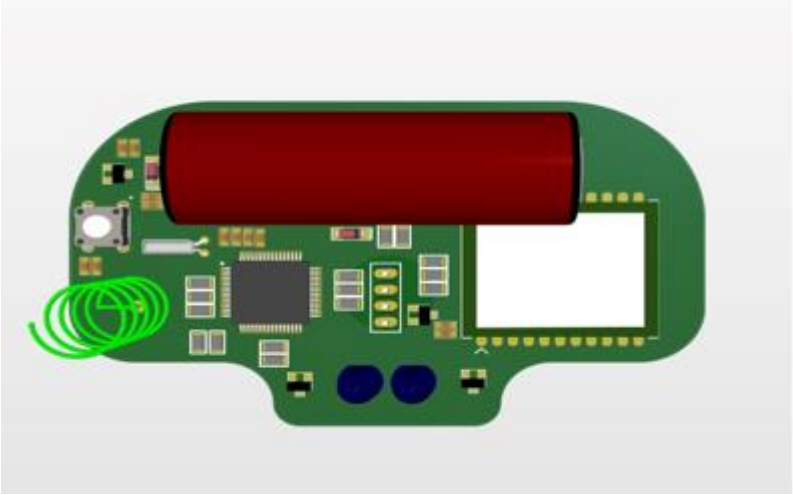
Modülün yakın mesafede haberleşme yapabilmesi için alıcı ve verici bacakları bulunmaktadır. Bu bacaklar kullanılarak sayaç tüketimi ve ceza işlemleri düzenlenebilir.
Mekanik sayacın sayaç tüketimi ve oluşmuş tüm ceza listeleri mikroişlemci tarafından LoRa modülüne aktarılır. LoRa modülü, LoRa gateway ile ilk haberleşmesi sırasında verileri paket haline getirip, GateWaylere ve sonra da sunuculara aktarır.

3.7.1 Modülün Donanımsal Yapısı

Modülün donanımsal çizimi Altium Designer programı ile gerçekleştirilmiştir. Projede kullanılan tüm malzemeler pilin maksimum sürede kullanımı hedeflenerek seçilmiştir. Devre elemanlarının mikroişlemcinin giriş bacaklarına uygun olacak şekilde aralık voltajlarına dikkat edilmiştir. Modülün donanımsal devre çizimi yapılmıştır. Devre iki katmanlı olup örnek prototipi çizilmiştir. Modülün çizimi Şekil 3.27' de gösterilmiştir.

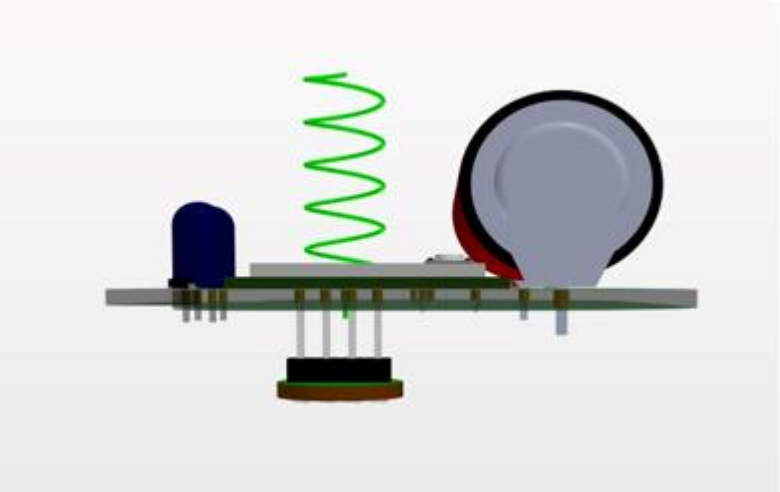


Şekil 3.27: Modülün PCB çizimi.



Şekil 3.28: Modülün PCB çizimi.

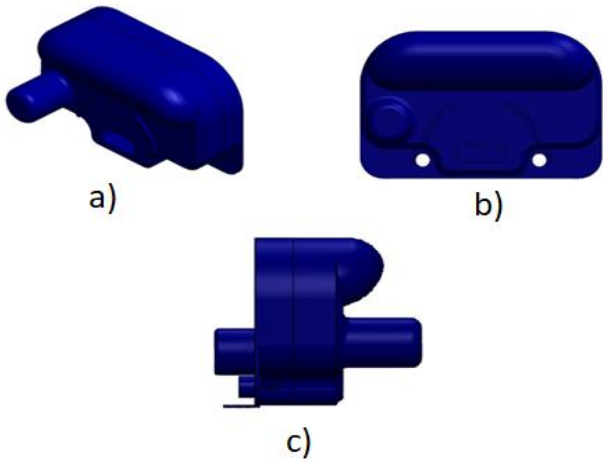
Modülün tüketim okuma kısmı donanımsal olarak farklı bir PCB ile tasarlanarak sayacın üzerine lehimlenir. Bunun en büyük avantajlarından biri LC sensörünün ibrenin konumuna göre ayarlanabilmesidir. Bu yapı şekil 3.29'da gösterilmiştir.



Şekil 3.28: Modülün PCB çizimi.

3.7.1 Modülün Mekaniksel Yapısı

Modülün mekaniksel tasarımı SolidWorks programı ile çizilmiştir. Modül örnek alınmış bir mekanik sayacını boyutlarına uygun şekilde tasarlanmıştır. Yapılan tasarım PCB, anten ve pil yapısına uyumlu bir şekilde çizilmiştir. Şekil 3.29 'da gösterilen tasarım örnek olarak çizilmiştir. Şekil 3.30'da gösterilen tasarım modülün mekaniksel yapısı ile büyük oranda benzerdir.

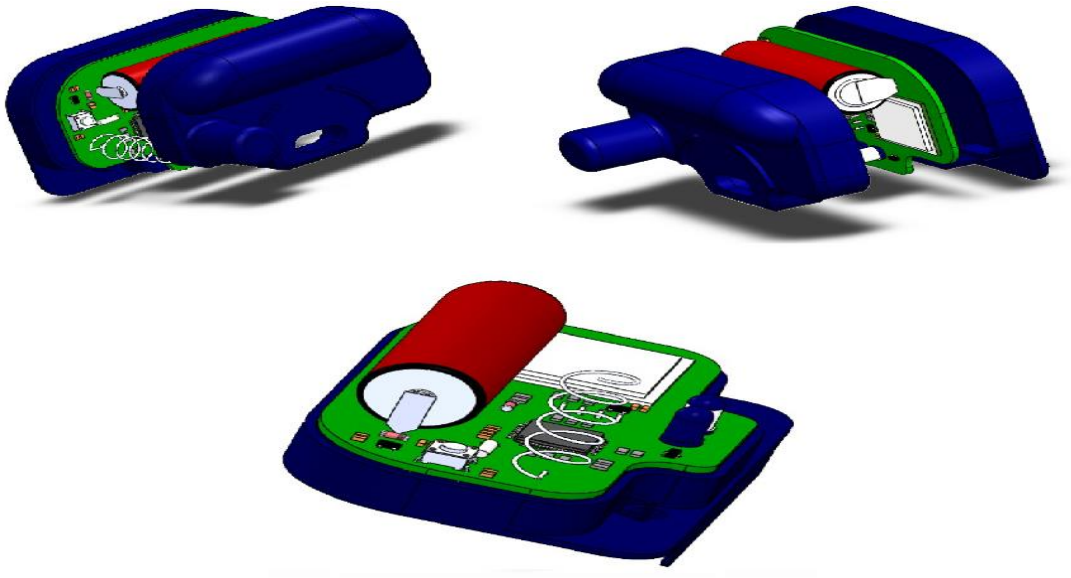


Şekil 3.30: Modülün mekaniksel tasarımı.

Modülün mekaniksel tasarımı LC sensörünün maksimum performansta çalışması göz önünde bulundurularak çizilmiştir. Bu yapı Şekil 3.30.c'de gösterildiği gibidir.

3.7.4 Modülün Mekaniksel Yapısı ile Donanımsal Yapısının Uyumluluk Kontrolü

Modülün tasarlanmış donanımsal ve mekaniksel yapıları birleştirilmiştir. Birleştirilen mekaniksel yapının modülün donanımsal yapısına uygunluğu kontrol edilmiştir. Yapılmış olan çalışmanın uygunluğu aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir.



Şekil 3.31: Modülün donanımsal ve mekaniksel tasarımının birleştirilmesi.

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında, mekanik sayaçların uzaktan tüketim, durum ve ceza durumlarının okunması için modül hazırlanmıştır. Modül, mekanik sayacın üzerine montaj edilerek sayaçtan geçen su akışının tüketim hesabını yapmaktadır. Kullanılan tüketim okuma yöntemi LC sensörlü okuma yöntemidir. Bu yöntem sayesinde LC sensörden alan sinyal verileri işlemciye aktarıp işlemcide yapılmış olan algoritma sayesinde sayaç tüketim doğru bir şekilde okunmuştur. Sensör ile sayaç üzerinde bulunan ibre arasında oluşabilecek mesafe ve/veya sensör değerinin değişmesi durumunu önlemek için kalibrasyon algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritma sayesinde sayaç, tüketimi okuduğu zaman farklı bir kanaldan kalibrasyon yapıp en iyi okuma değerini seçmektedir. Hava şartlarından veya fiziksel müdahaleden dolayı oluşabilecek sayaç patlama veya kırılma durumunda veri kaybının önlenmesi için, modül belli periyotlarla tüketimi kayıt altına almaktadır. Bu sayede sayaçta oluşabilecek her hangi patlama veya kırılma durumdan sayaçtan okunan en son tüketim değer bilgilerini modülden almak mümkündür olacaktır. Modül üzerinde ceza durumları bulunmaktadır. Bu ceza durumları; modülün sayacın üzerinden dışarıdan müdahale ile çıkarılması, modül üzerine mıknatıs konulması ve modül kapaklarının açılması gibi durumlardır. Bu durumlarda modül tüm ceza bilgilerini gerçek zamanlı tarih bilgisi ile kayıt altına almaktadır. Sayaç üzerinde 2 tip haberleşme protokolü vardır. Bunlardan biri UART/USART haberleşmesi yapabileceğimiz infrared ledler bir diğeri ise LoRaWan haberleşme modülüdür. İnfrared ledler ile haberleşme yapabilmek için sayacın yanında olunmasına ve optik göze ihtiyaç duyulmaktadır. Bu haberleşme ile sayaç içinde olan tüm bilgiler güvenli/şifreli haberleşme ile okunabilmektedir. Bu haberleşmede yetkili kişi dışından farklı birisinin modüle müdahale edip bilgi yazma ve okuma yapmasını önlemek için özel şifreleme teknikleri kullanılmıştır. Bu şifreleme teknikleri yalnızca yetkili kişi tarafında çözülebilmektedir ve çözülen şifre güvenli haberleşme için tüm haberleşme zamanı devam etmektedir. Yetkili sayaçla haberleşmek için optik göz kullanmalıdır. Bu optik göz sayesinde yetkili, sayaçta bulunan verileri, parametreleri okuma ve yazma yetkisine sahip olur. Sayaçların uzaktan okunması için haberleşme olarak LoRaWan modülü kullanılmıştır. LoRaWan, modülünde bulunan sayaç numarasını (veya modül numarası), sayaç tüketim değerini ve durumlar bilgisini GateWaylere aktarmaktadır. GateWay ise bilgileri kendi haberleşme protokolü ile sunuculara aktarmaktadır. Modülün uzun süreli çalışması için donanımsal ve yazılımsal tüm gerekli

önlemler alınmıştır. Modül düşük güç tüketimde çalışmaktadır ve üzerinde bulunan pil sayesinde optimum haberleşme yapacak şekilde 10 sene hizmet verebilecektir.

4.1 Tüketim Okuma Sonuçları

4.1.1 Sürekli Akış Testi

Su sayaçları üzerine konumlandırılmış modüllerden beklenen özelliklerin en başlıca ve en önemlisi sayaç üzerinde konumlandığı zaman sayaç tüketimini doğru bir şekilde okumasıdır. İlk testimiz olan tüketim okuma testleri farklı-farklı su miktarlarının okunmasıdır. Bu miktarlar 1,10 ve 100 litre üzerinde olabilir. Sayaç üzerinde 3 tane ibre bulunmaktadır. Bunlar 1 litre ibresi, 10 litre ibresi ve 100 litre ibresidir. Bu ibreler isimlerinde bulunan su miktarı kadar akış olduğu zaman 1 tam tur dönerler. Aşağıda verilmiş test sonuçları 1,10 ve 100 litre ibre üzerine konularak denenmiştir. Her bir ibrede farklı farklı hata değerleri çıkmasının nedeni, sayaçtan geçen su akışında ibrenin kaç saniyede 1 tam tur attığını göstermesidir. En hızlı okumanın 1 litrede gerçekleştiği görülür. Bunun nedeni ise yukarıda belirtildiği üzere sayacın 1 litrede hızlı dönüşüm yapmasıdır. Kullanılan Sayaç D-20 olup maksimum Q3'de çalıştırılmıştır. Q değerleri su sayaçlarının maksimum ve minimum su debisinde okuma bilgilerini vermektedir. Su sayaçları çok düşük ve çok yüksek debide doğru okumama gibi durumları vardır. DN20 mm ve R100 için Q1 değeri genellikle su sayaçlarında en küçük debi olarak bilinir. Bu debinin altında su sayaçlarının doğru su akışını algılaması çok düşük ihtimaldir. Aşırı yükleme debisi ise Q4'dir. Bu debi DN20mm ve R100 olan sayaçların büyük oranla en yüksek tüketim okuma yeteneğidir. Aşağıdaki tabloda Q değerlerine göre geçen su miktarı ve hata oranları verilmiştir.

Tablo 4.1: Q değerlerine geçen su miktarı**[**20**].**

Aşırı Yükleme Debisi (Q4)	3.125 m^3/h	Hata payı ±%2
Sürekli Debi (Q3)	2,500 m^3/h	Hata payı ±%2
Geçiş Debisi (Q2)	0,040 m^3/h	Hata payı ±%2
En Küçük Debi (Q1)	0,025 m^3/h	Hata payı ±%5

Yukarıdaki tabloda Q değerlerini göz önünden bulundurarak 1 turu kaç saniyede geçtiğini bulabiliriz. Eğer sayacın üzerindeki ibre 1 litrelik ibreye yerleştirilmişse,

3600 saniye *2500 litre=1.44 saniye/litre.*

Bu tez çalışmasında, modül DN20 mm R160 maksimum debisi Q3 olan sayaç üzerine koyulup sayaç debisi Q3 olarak ayarlanarak test edilmiştir. Tüketim sonuçlarını kontrol etmek amacıyla modül mekanik AMR sayacın üzerine koyularak sürekli akış testi farklı farklı basınç değerlerinde test edilmiştir. Aynı zamanda yarı metal ibre mekanik sayacın 1 litresine konulmuştur. Elde edilen tüketim sonuçları aşağıdaki gibidir:

Tablo 4.2: Sürekli akış testi zamanı 1 litre tüketim sonuçları.

Q	Su Miktarı	Tüketim Değeri	Pals Değeri	Hata Oranı(%)	Çarpım Değeri
Q1	1000	1000	999	-0.1 %	1 litre
Q2	1000	996	995	-0.10%	1 litre
Q3	1000	990	988	-0.20%	1 litre

İlk testten farklı olarak ibrenin yeri değiştirilip 10 litresinde 1 pals alacak şekilde konulmuştur. Yazılımda tüketim çarpanı 10 olarak seçilmiştir. İbrenin 1 tam turunda 10 litre su geçmiş olacaktır.

Tablo 4.3: Sürekli akış testi zamanı 10 litre tüketim sonuçları.

Q	Su Miktarı	Tüketim Değeri	Pals Değeri	Hata Oranı(%)	Çarpım Değeri
Q1	1000	100	100	0 %	10 litre
Q2	1000	99	99	0%	10 litre
Q3	1000	99	99	0%	10 litre

Yapılan 2. testten farklı olarak ibrenin yeri değiştirilip 100 litresinde 1 pals alacak şekilde konulmuştur. Yazılımda tüketim çarpanı 10 olarak seçilmiştir. İbrenin 1 tam turunda 100 litre su geçmiş olacaktır.

Tablo 4.4: Sürekli akış testi zamanı 100 litre tüketim sonuçları.

Q	Su Miktarı	Tüketim Değeri	Pals Değeri	Hata Oranı(%)	Çarpım Değeri
Q1	1000	10	10	0 %	100 litre
Q2	1000	10	10	0%	100 litre
Q3	1000	10	10	0%	100 litre

4.1.2 Kesikli Su Testi

Kesikli su testi vanalar veya musluklar kapandığı zaman su akışının geriye dönmesi durumunu ve modülün tüketim değerlerini hatasız okuyup okumadığını test etmek için yapılmıştır. .Bu testler sürekli akış zamanı yaptığımız testler gibi farklı-farklı Q değerleri ile yapılmaktadır. Test masalarında vana 2 saniye içerisinde kapatılmalıdır. Aynı zamanda15 saniye su geçirip 15 saniye su akışını durdurmalıdır. Test edilecek mekanik su sayacında pals bacağı 1 litrededir. Yazılımsal olarak tüketim çarpanı 1 olarak seçilmiştir.

Tablo 4.5: Kesikli su testi zamanı 1 litre tüketim sonuçları..

Q	Su Miktarı	Tüketim	Pals Değeri	Hata Oranı(%)	Çarpım değeri	T açık	T kapalı
Q1	1000	1000	998	-0.2%	1	15	15
Q2	1000	996	993	-0.3%	1	15	15
Q3	1000	990	987	-0.3%	1	15	15

İkinci testte mekanik su sayacında pals bacağı 10 litreye bağlanmıştır. Tüketim çarpanı 10 olarak seçilmiştir. Su akış süresi 15 saniye, suyun geçmediği süre 15 saniye seçilmiştir.

Tablo 4.6: Kesikli su testi zamanı 10 litre tüketim sonuçları.

Q	Su Miktarı	Tüketim	Pals Değeri	Hata Oranı(%)	Çarpım değeri	T açık	T kapalı
Q1	1000	100	100	0%	10	15	15
Q2	1000	99	99	0%	10	15	15
Q3	1000	99	98	-1%	10	15	15

Üçüncü testte mekanik su sayacında pals bacağı 100 litrede. Tüketim çarpanı 100 olarak seçilmiştir. Su akış süresi 15 saniye, suyun geçmediği süre 15 saniye seçilmiştir.

Tablo 4.7: Kesikli su testi zamanı 100 litre tüketim sonuçları.

Q	Su Miktarı	Tüketim	Pals Değeri	Hata Oranı(%)	Çarpım değeri	T açık	T kapalı
Q1	1000	10	10	0%	100	15	15
Q2	1000	10	10	0%	100	15	15
Q3	1000	9	9	0%	100	15	15

4.1.3 Okuma Zamanı Akım Tüketimi

Tüketim okuma zamanı işlemcinin bataryadan harcadığı akım değeri ortalama 4.41 uA'dir. İşlemci tüketimi okuma zamanı düşük güç modunda çalışmaktadır. Bunun sayesinde okuma hiçbir zaman kapanmamakta ve tüketim okuma sürekli düşük modda devam etmektedir.



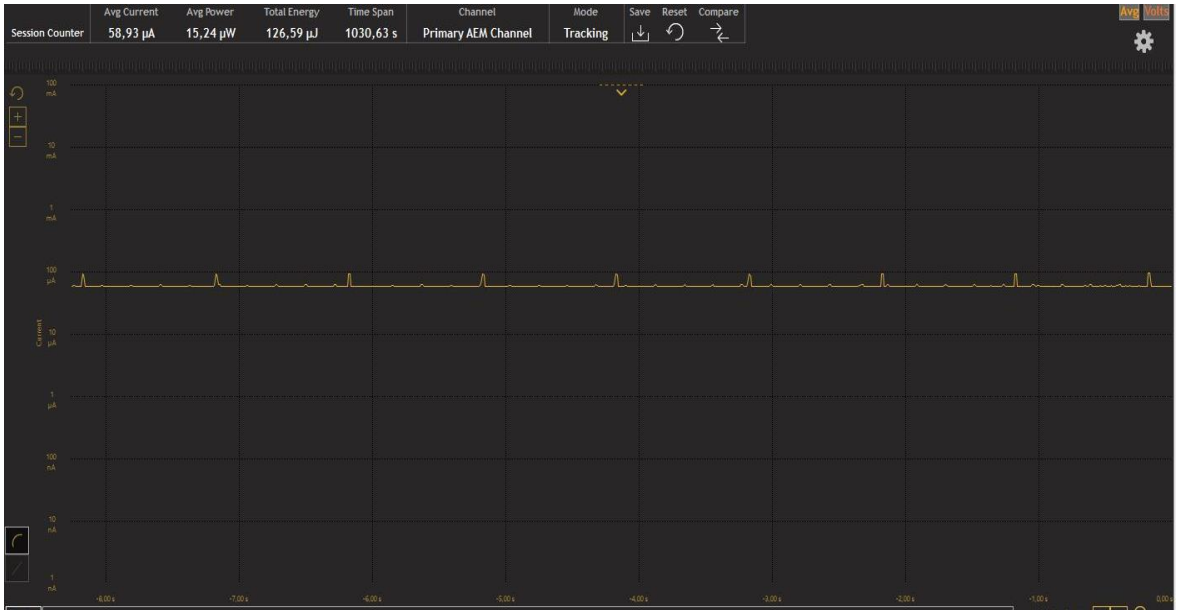
Şekil 4.1: Tüketim zamanı tüketilen ortalama akım.

4.2 Cezaların Test Sonuçları

Modülü herhangi bir fiziksel veya manyetik müdahillerden korumak amacıyla farklı farklı ceza önlemleri alınmıştır. Bunlardan ilki modülün sayacın üzerinden çıkarılmasıdır. Bu ceza önlemi modül sayaca ilk monte edildiğinde 5 saniye sonra aktif olur. Bu ceza önlemi modülün çıkarıldığını algılandığında cezayı kayıt altına almaktadır. Ceza test edilmiş olup çalıştığı gözlenmiştir. Ceza önlemlerinden bir diğeri ise modüle mıknatıs ile müdahalenin önüne geçmektedir. Bu ceza önlemi modül üzerinde mıknatıs etkisini bir süre algılandığı zaman cezayı aktif eder ve modül cezayı kayıt altına alır. Mıknatıs ceza önlemi de kontrol edilip çalıştığı gözlemlenmiştir. Diğer bir ceza, optik gözünün fazla süreli sayacın üzerinde bırakılmasıdır. Bu ceza olmasının nedeni modül haberleşme yaptığı zaman uyku modunda çalışmamasıdır. Optik cezası da kontrol edilip çalıştığı gözlenmiştir.

4.3 Optik Haberleşme Test Sonuçları

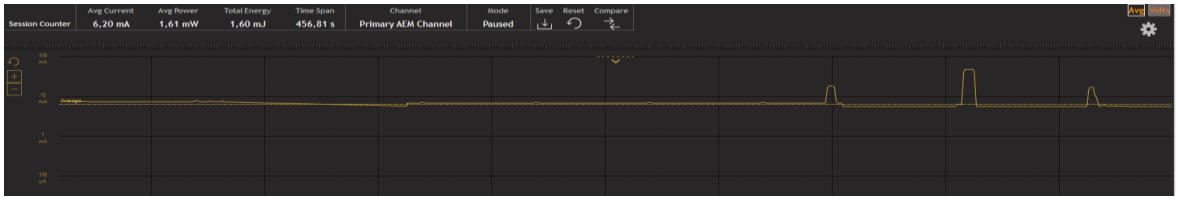
Modül üzerine yerleştirilmiş yetkili kişilerin müdahale edebilmesi için olan optik gözlerin kontrolü yapılmıştır. Optik gözler sayesinde modül üzerinde parametre ayarlama sayaç veya modül numarası değiştirme, ceza silme, cezaları okuma ve tüketim okuma testleri yapılmıştır. Tüm testlerden modül başarılı şekilde geçmiştir. Optik haberleşmede sayaçtan veri alıp veri gönderme zamanı işlemcinin bataryadan tükettiği akım miktarı 60 uA'dir. Belli süre modülün üzerinde tutulduğu için bu akım düşük bir akımdır.



Şekil 4.2: Optik haberleşme zamanı akım tüketim grafiği.

4.4 Modül LoraWan Haberleşmesi

Modül şehir içinde test edilmiş olup LoraWan GateWay-i ile 1.5-2 kilometre mesafelerde haberleşmeyi başarılı şekilde tamamlanmıştır. Sayaçta bulunan veriler LoraWan Gateway'e iletilmiş olup, Gatewaylere ulaşan veriler sunuculara iletilmiştir. Modül ilk LoRaWan Gateway'e bağlanmak için önce yüksek akım çekmektedir. Bu akım değeri modeme bağlanıp veri göndermek için ortalama 6.70 mA akımdır. Bu işlem yaklaşık 7 saniye sürmektedir.



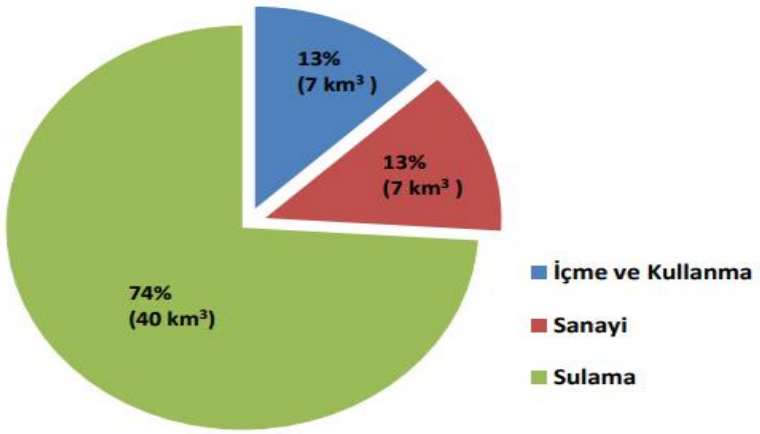
Şekil 4.3: LoraWan haberleşmesi zamanı akım tüketim grafiği.

4.5 Akım Testleri

Modül, pil ile beslenmektedir. Pille çalışan modüllerde en önemli durum, pili en yüksek verimle kullanmaktır. Bunun için devrede en düşük akım çeken elemanlar seçilmiştir. Modül tüketim okuduğu düşük güç modunda çalışmakta ve 4 uA akım çekmektedir. Yazılımda bulunan algoritmada tüm entegrelerin hepsi düşük güç modunda çalıştırılmıştır. Eğer modül yüksek akım çekerse bu veriler kayıt altına alınmaktadır. LoRaWan haberleşmesi sırasında modül yüksek akım çektiği için, bu haberleşmenin gün içerisinde 2 kez yapılması planlanmıştır. Haberleşme 2 kez yapıldığı zaman pil üzerinde fazla akım çekilmez ve batarya ömrü daha uzun olur. Optik haberleşme için de aynı şekilde gün limiti belirlenmiştir. Belirtilen özellikler sağlandığı zaman modül pil ömrü yaklaşık 10 seneyi bulmaktadır.

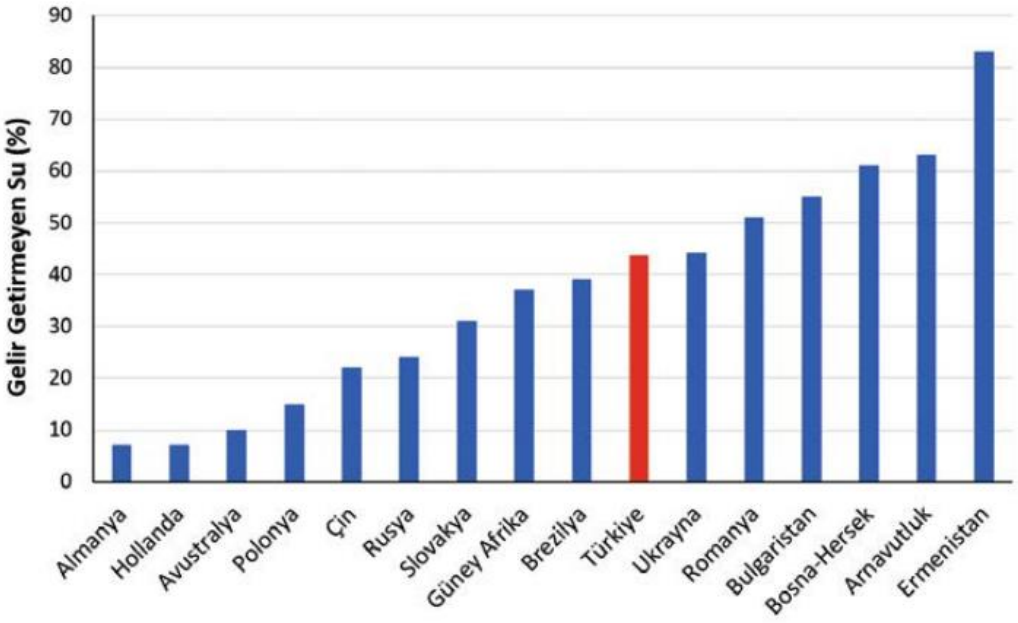
5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Dünya üzerinde bulunan toplam su miktarının yaklaşık 1.4 milyar km^3 olduğu belirtiliyor. Bu suların %97,5'i tuzlu su halinde okyanuslarda ve denizlerde, %2,5'i tatlı su halinde nehir ve göllerde bulunmaktadır. Tatlı su kaynaklarının %90' ı kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurulduğu zaman insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği tatlı su miktarının ne kadar az olduğu görülmektedir. Türkiye'de toplam kullanılabilir su miktarı 112 milyar m^3dür. Bu miktarın %48,3 yani 54 milyar m^3'ü kullanılmıştır. Toplam kullanılan suyun %74'i yani 40 m^3ü sulama , %13 yani 7 km^3ü sanayi ve kalan kısmı ise insani ihtiyaçlar için kullanılmıştır. Su tüketim oranları şekil 5.1'de gösterilmiştir.[21]



Şekil 5.1: Su tüketim grafiği.

Su tüketim konusunda ülkelerin gelişmişlik seviyelerini belirleyen diğer bir etken ise gelir getirmeyen sulardır. Gelir getirmeyen sular faturalandırılmamış, ölçülmüş veya ölçülmemiş, idari kayıplar ve fiziki kayıpları kapsamaktadır. Ülkeler arasında gelir getirmeyen su seviyeleri aşağıdaki şekilde verilmiştir. Türkiye'de gelir getirmeyen su miktarının 2010 değeri baz alınmıştır.



Şekil 5.2: 2010 Yılı İçin Bazı Ülkelerdeki Gelir Getirmeyen Su Seviyeleri (Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A., 2017).

Ülkemiz de su tüketimi konusunda çok hassas konumdadır. Bu yüzden her türlü su kaybının önüne geçilmelidir. Bu konuda en büyük sorumluluk ise su idarelerinin üzerine düşmektedir. İdari kayıpları oluşturan en önemli üç unsur aşağıda verilmiştir:

- Hatalı ve eksik ölçüm yapan veya hiç ölçüm yapmayan abone sayaçlar
- Yasadışı bağlantılar ve su hırsızlığı
- Ölçümde, veri toplamada ve faturalandırmadaki problemler.

Yukarıda belirtilmiş olan nedenleri aradan kısmen kaldırmak için alınması gereken önlemler aşağıda verilmiştir:

- Sayaçların tüketim okumada hata oranı en düşük sayaç seçilmesi
- Dışarıdan fiziksel veya manyetik alan etkisine karşı korunaklı veya ceza bildirimli sayaçların kullanılması
- İnsan gücü ile değil de otomatik okuma ve faturalandırma yapan sayaçların kullanılması.

Bu tez çalışması, yukarıda belirtilen özellikler hedeflenerek geliştirilmiştir. Modülün sürekli ve kesikli akış tüketim okuma testleri yapılmış ve bu test sonuçları göz önünde bulundurularak modülün tüketim okuma sırasında oluşabilecek hata oranının çok düşük olduğu gözlenmiştir. Sayaçlara yasadışı müdahaleleri önlemek için dışarıdan manyetik

algılayıcı entegre kullanılmıştır. Bu entegre sayesinde sayaç her hangi bir manyetik alan etkisinde kaldığında sensör cezayı fark edip kayıt altına alacaktır. Bu sayede modül dış müdahalelere karşı güvenli hale getirilmiştir. Sayaçların uzaktan otomatik okuma ve faturalandırma yöntemi ile tüketimin daha doğru bir şekilde okunması hedeflenmektedir.

Bu modül ülkemizde kullanılırsa bir çok mekanik sayacın elektronik sayaçlar gibi uzaktan okuma ve algılama özelliği olur.

Bu çalışma mekanik sayaçların otomatik okunması üzerine yapılmıştır. Bu çalışma ülkemizdeki mekanik sayaçların tüketiminin uzaktan okunmasına ve faturalandırılmasına yardımcı olacaktır. Çalışmada gösterildiği gibi mekanik sayaçlara dışarıdan müdahaleye karşı koruma, uzaktan okuma ve faturalandırma gibi işlevsel görevler eklenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında mekanik su sayaçlarının elektronik olarak ölçümü ve uzaktan okunmasını sağlamak için modül tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan modülde LC sensörü sayesinde mekanik sayaç üzerinden geçen suyun tüketim değeri elektronik olarak okunmuş, LORAWAN haberleşmesi kullanılarak okunan tüketim değeri sunuculara aktarlmıştır. Bu çalışma sayesinde iderelerin iş gücü hafifletilmiş ve faturalandırma işlemleri otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda bu çalışma sayesinde sayaçlara didardan müdahile önlenmiştir. Çalışmada modül yazılımsal, donanımsal ve mekaniksel olarak tasarlanmış ve tüm komponentlerin entegrasyonu gerçekleştirilmiştir.

Bu proje aynı zamanda farklı alanlarda da kullanıla bilinir. Doğal gaz sayaçlarının da uzaktan okunması bu proje sayesinde gerçekleştirile bilinir. Modülde kullanılan LC sensörünün sayısı arttırılarak doğal gaz sayacından geçen gazın hızı da ölçüle bilinir. Projede tasarlanan ve üretilen modülün sürekli su akış testleri, kesikli su akış testleri ve habeleşme testleri tamamlanmıştır. Modül bu testlerden başarılı bir şekilde geçmiştir.

KAYNAKLAR

[1]https://acikerisim.sakarya.edu.tr/bitstream/handle/20.500.12619/80379/T04702.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[2]M. Rizzi, P. Ferrari, A.Flammrni, E. Sisinni and M.Gidlund, “Usimg Lora for Industrial Wireless Network,” IEEE ,2017

[3]https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/42389341/Wireless_Sensors_for_Leak_Detection_and_20160208-12646-1dd96zr-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1646911578&Signature=VeL1xSiLVl0Mcjx-s71RODYmFPwSY9yXLouaphSM-H0yJKCGJQ~48soLaGjm1YeLdzgRUv5aiFveodOgpG~MkgOssAliQ0Dt6VIC7L5XJUnsSEWgIud6MfoAGLf85iUrzhIDmXw6mijpK6M0Jchui3ATSTG5p~lya91R8LAcUcW2zSG8zGL5MHqxDmmNKJsxu7Z6EBkfPSDIut8LcHcYELYRqOS-KqCBbOxUsV58Mf-UsAjJP1wmTtY~osRqfpGWOZ8VbAGAOEQTZuU2jgzwwl1L1Pe~tnUPXvqWg2iN2IvBdbSfe2K9KEn6bUourUN2bceJgOMP0F4R4h9cmjgPAg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA Erişim Tarihi: 05.05.2022

[4]Automatic Meter Reading, http://en.wikipedia.org/wiki/ Automatic_meter_reading, [Alıntı Tarihi]:15.12.2009.

[5]TAMARKİN, T. D. Automatic Meter Reading. Public Power Magazine, Cilt 20, 5.10.1992.

[9]DONGMEİ, S., SHUHUA, M., CHUNGUO, J., Study of the Automatic reading of Watt Meter Based on Image Processing Technology, Northeastern University at Qinhuangdao, China. 2007.

[7]ERKAL, B. Dağıtım Sistemlerinde Otomatik Sayaç Okuma (OSO) Sistemleri ve Uygulamaları. Karabük : 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 2009.

[8]ERKAL, B. Automatic Meter Reading (AMR) in Distribution Systems. ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,. Yüksek lisans tezi. 2001.

[9]https://maker.robotistan.com/hall-effect-sensor-hall-etkisi-olayi-sensoru/#:~:text=Hall%20sens%C3%B6r%C3%BCnde%2C%20ince%20metal%20%C5%9Feride,manyetik%20alan%C4%B1n%20g%C3%BCc%C3%BC%20ile%20orant%C4%B1l%C4%B1d%C4%B1r.

[10]N. Varsier and schwoerer,"Capacity Limits Of LoRaWAN Technology for smart metering applications," in IEEE ICC SAC Symposium Internet of Things Track,2017

[11]https://sayachizmet.com/blog/su-sayaci-nedir/

[12]https://www.tesisat.org/su-sayaci-calisma-prensibi-ve-montaji.html

[13]https://herenkeskin.com/uart-nedir-ve-nasil-calisir/ Erişim Tarihi: 26.02.2022

[14]https://www.ti.com/lit/ug/slau367p/slau367p.pdf?ts=1645867683135&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FMSP430FR5989.%20Texsas Erişim Tarihi: 26.02.2022

[15]https://tr.wikipedia.org/wiki/AES Erişim Tarihi: 02.02.2022

[16]https://www.elektrikport.com/makale-detay/fram-nedir-fram-ozellikleri/22131#ad-image-0

Erişim Tarihi: 12.12.2021

[17]https://www.gsl.com.tr/lora-kablosuz-haberlesmenin-yukselen-yildizi.html

[18]https://enweb.lierda.com/prodinfo.php?id=378 Erişim Tarihi: 12.12.2021

[19]https://www.ti.com/lit/ds/symlink/drv5032.pdf?ts=1650431860897&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FDRV5032

[20]https://www.izsu.gov.tr/CKYuklenen/IZSU-SuSayacDuzenlemeEsaslari-2013.pdf Erişim Tarihi: 15.01.2022

[21]http://suyonetimi.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/88/2018/10/Anahtar-Dergisi-%C4%B0%C3%87ME-SUYU-%C5%9EEBEKELER%C4%B0.pdf Erişim Tarihi: 04.12.2022

EKLER

Uyarı: Tez çalışmasında kullanılan hesaplamalar, tablolar, şekiller, veriler, kaynak kodları, formlar vb. materyal metin içinde akışı bölecek kadar çoksa bu bölümde ayrı başlıklar halinde ekleyebilirsiniz (Örn: Kaynak Kodlar, Anket Formları, Onam Formu Örneği başlıkları gibi). Ekler kısmına eklenmeyecek ve materyali olmayan tez çalışmaları için **EKLER** bölümü kaldırılabilir. Ekler bölümüne ait yazım kuralları ile ilgili tez yazım kılavuzu incelenmelidir. Bu uyarıyı okuduktan sonra siliniz!

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

ETİK KURUL İZİN YAZISI

Uyarı: Canlı denekler üzerinde yapılan tüm araştırmalar için Etik Kurul Belgesi alınması zorunludur.

☐**Etik Kurul izni gerekmektedir.**

☐**Etik Kurul izni gerekmemektedir.**

Öğrenci Adı SOYADI
(İmza)

KURUM İZNİ YAZILARI

Uyarı: Canlı ve cansız deneklerle yapılan tüm çalışmalar için kurum izin belgelerinin eklenmesi zorunludur. Gizlilik ve mahremiyet içeren durumlarda kurum adı kapatılmalıdır.

☐**Kurum izni gerekmektedir.**

☐**Kurum izni gerekmemektedir.**

Öğrenci Adı SOYADI
(İmza)