



ENDÜKTİF KUPLAJLI RFID'İN TASARIM ESASLARI VE ARDUİNO'LU BİR UYGULAMASI

Yalçın EZGİNCİ 

*Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Konya, TÜRKİYE*

yezginci@ktun.edu.tr

(Geliş/Received: 05.09.2019; Kabul/Accepted in Revised Form: 28.02.2020)

ÖZ: RFID, radyo frekanslı haberleşme sinyalleri kullanılarak canlı veya nesnelere tanıyabilen temassız bir teknolojidir. Bu çalışmada, RFID'li endüktif kuplaj tekniğinin dayandığı temel esaslar özetlenmektedir. endüktif kuplaj tekniği, RFID okuyucu ve etiketini birbirine manyetik yol üzerinden bağlanan bobinlerin, bir frekansta rezonansa gelerek belirli sinyalleri karşılıklı olarak birbirine aktarmasına dayanır. RFID etiket ve okuyucusunda bu sinyalleri oluşturan, çeşitli bilgileri tutan ve kodlayan elektronik düzenler basitçe tanıtılmıştır. Son bölümde ise 125 kHz'de çalışan RFID etiketinin ID-3LA okuyucusu ile gerçekleştirilen bir uyarı ve bir anahtar kullanımı gösterilmiştir. Ayrıca RFID okuyucu ile Arduino Uno kullanarak bir RFID etiketinin tanım kodlarının bilgisayara aktarıldığı bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: RFID teknoloji, endüktif kuplaj, RFID okuyucu, etiket, Arduino

Working Principles of Inductive Coupled RFID and a RFID Design Application with Arduino

ABSTRACT: RFID is a contactless technology that can recognize living organisms or objects by using radio frequency communication signals. In this study, the basic principles on which RFID inductive coupling technique is based, are summarized. Inductive coupling technique is based on the coils that are attached to the RFID reader and tag via magnetic path to resonance at a frequency and transfer certain signals to each other. Electronic devices that generate these signals, hold and encode various information are simply introduced in the RFID tag and reader. In the last section, a warning and a key usage are shown with the ID-3LA reader of the RFID tag operating at 125 kHz. In addition, an application was carried out by using Arduino Uno with RFID reader, where the identification codes of an RFID tag are transferred to the computer.

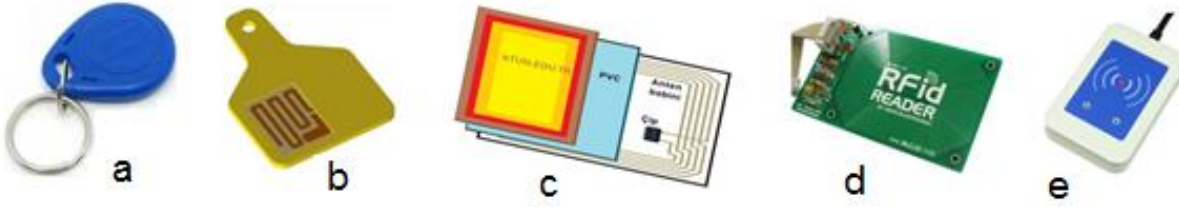
Key Words: RFID technology, inductive coupling, RFID reader, tag, Arduino

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Radyo frekanslı tanıma, RFID etiket taşıyan varlıklar hakkında bilgiler alınmasını sağlayan otomatik tanıma sistemidir. İlk olarak 1973'de aktif RFID etiketi için Mario Cardullo ve anahtarsız geçiş sağlayan pasif RFID etiketi için Charles Walton patent almışlardır. Pasif etiketli RFID sistemleri bu tarihten itibaren kısa sürede büyükbaş hayvan, taşıt ve ürün takibi ile güvenlik uygulamalarında kullanılarak yaygınlaşmıştır. Toplu taşıma biletleri ve üniversite kimlik kartları, pasif RFID kartının gündelik kullanımının en tipik örnekleridir. RFID sistemleri amaca, kullanılacak frekansa ve etiket yapısına göre geniş bir bölgede yayılım göstermektedir. Yakın mesafeler için 125 kHz. ve 13.56 MHz.'de birkaç cm. den 1 metreye kadar, uzak mesafeler için 900 MHz. ve 2.45 GHz.'de onlarca metreye kadar etki alanı olan bir teknolojidir. RFID etiketleri, içinde pil bulundurma durumlarına göre pasif, aktif ve yarı pasif olarak

okunabilir ve okunup yazılabilir şekilde hazırlanmış olabilir. Pasif RFID etiketleri pil içermez, bunun yerine okuyucudan aldığı enerji ile beslenirler. Pasif etiketler kısa mesafeli, küçük bellek kapasiteli olup maliyetleri bir kaç TL seviyesindedir. RFID okuyucular sabit veya elde taşınabilir. RFID okuyucunun okuma kapasitesi; mikroçipin frekansına, gücüne, RFID etiketin aktif veya pasif olmasına, antenin kalitesine, ortamda sıvı veya metal olup olmamasına gibi etkenlere bağlıdır (Ulaby ve diğ., 2013).

RFID sistemi esas itibarıyla verileri içeren etiket (Şekil 1.a-b-c) ve etiketteki bilgileri okuyabilen bir okuyucudan (Şekil 1.d-e) meydana gelir. Bobin üzerine parazitleri önlemek ve sağlamlık için PVC vb. katmanla kaplanmıştır (Şekil 1.c). Etiket ve okuyucu bobinleri arasında veri ve enerji transferi, belirli bir mesafeden, temas olmadan sağlanmaktadır. Bir okuyucunun bir etiket ile kuplaj yapabildiği mesafeye *Okuma Aralığı* denir (Paxar, 2015). RFID sinyalleri doğrudan görüş alanında olmadan, karton ve plastikten geçebilirken, metaller ve bazı sıvılardan geçebilmesi hemen hemen mümkün değildir. Kullanılan frekans, etiketin yapısı, okuyucunun gücü ve antenin tasarımı gibi çeşitli faktörler okuma aralığını belirler (Yüksel ve Zaim, 2009).



Şekil 1. RFID Etiket ve Okuyucular a.Anahtar Etiket, b.Küpe Etiket, c.Kredikart Etiket, d.RFID Okuyucu, e.RFID Okuyucu

Figure 1. RFID Tags and Readers a.Key Tag, b.Earring Tag, c.Card Card Tag, d.RFID Reader, e.RFID Reader

RFID etiketi, benzersiz bir tanım kodu yerleştirilmiş olan elektronik bir mikroçip ve radyo frekanslı haberleşmeyi sağlayan bir bobin içerir. RFID etiketindeki veriler, EPC (Elektronik Ürün Kodu) adı verilen ve her bir nesneyi tek tek tanımlayabilen uluslararası bir nesne tanımlama standardına göre yapılandırılmıştır. RFID verileri temelde nesneye ait kimlik, yer ve zaman bilgilerini tutarken ilave olarak ürün, imalatçı, konum, güzergah gibi detay bilgileri içerebilir (Maraşlı ve Çıbuk, 2015).

RFID sistemlerin güvenliğini etkileyen en önemli faktörler etiket ile okuyucu ara yüz bölümünde gerçekleştirilen hattın dinlenmesi, hattaki bilginin değiştirilmesi, bilgilerin yetkisiz okunması, etiketin kopyalanması, bilgilerin yetkisiz tekrar edilmesi gibi etkenlerdir (Çiftçi, 2009). Güvenlik açısından bu faktörlerin oluşturabileceği açıkların kapatılabilmesi, yok edilmesi veya en aza indirilmesi amacıyla teknolojik çalışmalar devam etmelidir.

RFID'nin Avantajları ve Kullanım Alanları (Advantages and Uses of RFID)

RFID'li sistemler, lojistik ve endüstriyel ortamlarda sabit ve hareketli unsurlardan verileri temassız, yakın etkileşim ile toplayıp bilgisayar veya ağdaki veri tabanlarına aktarabilirler. RFID sistemleri güvenlik, erişim kontrolü, navigasyon, stok takibi, ödeme sistemleri, araç immobilizasyonu, nakliye ve tedarik zinciri takibi gibi birçok uygulamanın değişik aşamalarında insan müdahalesi olmadan başarıyla kullanılmaktadır (Maraşlı ve Çıbuk, 2015). RFID teknolojisi, diğer otomatik tanıma teknolojilerine göre değişken okuma mesafesi, etiket dayanıklılığı, etiket çeşitliliği, bilgi depolama kapasitesi, veri/bilgi esnekliği, veri güvenliği, maliyet gibi yönleriyle üstün özelliklere sahiptir. Bu sayede süreçler daha kolay, hızlı, kullanışlı, hata oranı daha az ve daha düşük maliyetle işletilebilmektedir. Ürünlerin sınıflandırılması ve iş akışının basitleştirilmesi ile verimlilik, güvenilirlik ve maliyete katkı sağlamaktadır (Üstündağ ve Tanyaş, 2009). RFID teknolojisi, kamu binaları ve AVM gibi iç mekânlarda konum belirleme ve yine AVM'ler de raflarda azalan ürünlerin takibi gibi uygulamalar da kullanılmaktadır (Demiral ve diğ. 2013).

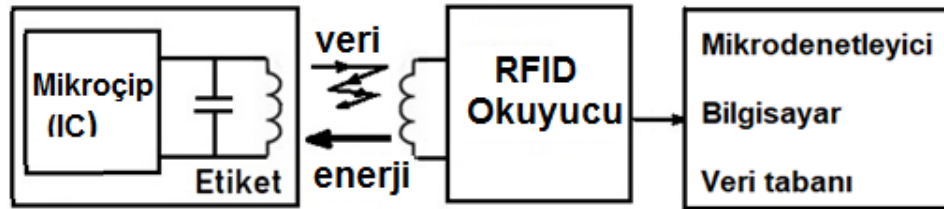
Tengilimoğlu ve Yiğit (2016) sağlık harcamalarının etkili, verimli bir şekilde yönetmek, maliyet etkili sağlık hizmeti sunmak, hasta güvenliği ve hizmet kalitesinde artış sağlamak için RFID teknolojisi

kullanımının gerekliliğini ortaya koymuştur. Emç (2016), yaptığı Yüksek lisans çalışmasında, Dokuz Eylül Üniversitesi genelinde kullanılan akıllı kart sistemine, RFID teknolojisini ekleyerek kantin ve kafeteryalarda kullanımını sağlamışlardır. Tan ve diğ. (2009), RFID etiketli bileklikle hasta takibini yapan bir sistem gerçekleştirmişlerdir. Adak ve diğ. (2017) yaptıkları çalışmada 125kHz'de çalışan, Arduino ve RFID içeren bir güvenlik sisteminin prototipini gerçekleştirmişlerdir.

Endüktif (manyetik) kuplajlı RFID, okuyucu ile etiket birbirinin okuma menzili içinde olduğunda okuyucunun oluşturduğu manyetik alan üzerinden etikete elektriksel güç ve karşılıklı verilerin aktarılması anlamına gelir (Miller 2019).

ENDÜKTİF KUPLAJLI RFID SİSTEMİNİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ (WORKING PRINCIPLES OF THE INDUCTIVE COUPLED RFID SYSTEM)

Endüktif kuplajlı RFID teknolojisi, manyetik alan teorisi, analog ve dijital elektronik devreler ve yazılım içeren bileşenlere dayanır. Genel olarak RFID sistemi okuyucu, kimlik verilerini barındıran etiketler ve okuyucuya bağlı bilgisayarlı bir donanımdan oluşur (Şekil 2). Okuyucu ve etiket arasındaki sinyal alış verişi, bu iki bileşenin uç kısımlarındaki bobinlerin manyetik bağlaşımı ile yapılır (Paxar, 2015). Etiket, okuyucunun oluşturduğu manyetik alanına yaklaştığında, elektromanyetik dönüşümle etikete bir elektriksel enerji aktarılır. Bu işlem etiketin mikroçipini uyarır ve kendisinde bulunan verileri yine elektromanyetik dönüşümle okuyucuya gönderir. Kullanılan haberleşme protokollerine bağlı olarak karşılıklı enerji ve veri aktarımı birkaç kez devam edebilir. Protokollerde yetki ve onay karşılıklı doğrulama yapıldıktan sonra kimlik (ID) verileri etiketten okuyucuya aktarılır. Okuyucuda sinyaller çözümlenerek anlamlı veriler haline gelir. Bu veri bir kimlik kodu, kişisel tıbbi bilgi, görev tahsis kodu, müşteri bilgisi, kurum ve personel bilgisi, sıra numarası veya nesnenin üretim sevk tarihi, sipariş numarası vb. olabilir. Okuyucu, elde ettiği veriyi ara katman yazılımına (middleware), oradan veri tabanına veya uygulama programına gönderir (Yüksel ve Zaim, 2009, Maraşlı ve Çıbuk, 2015).



Şekil 2. Genel RFID Sistemi blok diyagramı

Figure 2. Block diagram of General RFID System

RFID etiket ile okuyucu arasındaki ilişkide yüksek güç gerektiren bölüm kablosuz alış verişi gerçekleştiren bobinlerdir. Aktarılan elektriksel gücü maksimum yaparken harcanan gücü en az yapacak şekilde devreler optimize edilmelidir. Endüktif kulajlı RFID sistemlerinde sinyal alış-verişi etiket ve okuyucu bobinlerinin transformatördeki gibi manyetik bağlaşımı ile ortak bir rezonans frekansında gerçekleştirilir. Şekil 3 bu alıcı-verici işleminin analog uçlarını (front end) göstermektedir (EM microelektronik, 2002) RFID'nin rezonans özelliğine bağlı kullanımına, yakın alan kuplajı ve kullanılan devreye döngü (loop) anten denilir. RFID okuyucu için döngü anteni Şekil 4'te trafonun primer kısmında gösterildiği gibi seri bir RLC devresi bileşenidir (ID-Innovations, 2013 ve Priority1design, 2007). Her iki devrede, 125 kHz'lik rezonans frekansına ayarlanmalıdır. Okuyucunun rezonans frekansı (f_0), antenin endüktansı (L) ve eklenen bir konsansatör (C) ile değeri belirlenir (denklem 1).

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

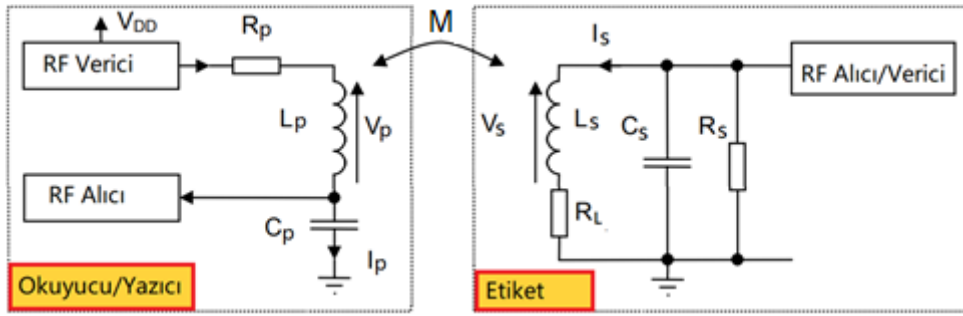
Denklem 2 ile verilen Q, bobinin kalite faktörü olup, yüksek değerde olması enerji aktarımı açısından önemlidir. Burada rezonans devresinin eşdeğer R direncinin küçük tutulması gerekir. Çünkü kuplaj etkinliğinin sağlanabilmesi için, Q değeri 15'den olabildiğince yukarıda olmalıdır.

$$Q = \frac{2\pi fL}{R} \quad (2)$$

Şekil 4'te gösterilen transformatörde bağlaşım, ortak endüktans katsayısı (M) ile belirlenir (denklem 3). Burada k, transformatörü oluşturan yapının bağlantı katsayısı ve L_p ve L_s , primer ve sekonderin endüktanslarıdır.

$$M = k \sqrt{L_p L_s} \quad (3)$$

Seri rezonans devresi, rezonans frekansında minimum bir empedansa sahip olduğundan devrede maksimum akım akıtmak mümkün olur. Trafonun primerindeki akımın maksimum yapılması, yüksek manyetik alan oluşturacağı aşağıdaki bölümde gösterilecektir. Yüksek manyetik alan ise sekonderde yani etiket bobininde olabildiğince yüksek voltaj elde etme amacına yardımcıdır. Okuyucunun ürettiği manyetik alan, etiket bobini içinden geçerken bobinin uçlarında, ortak endüktans değeriyle orantılı bir voltaj indükler. Etiket bobininde voltajının maksimum olması için etiket rezonans devresinin paralel rezonans devresi olması gerekir. Çünkü paralel rezonans devresinde, rezonans frekansında maksimum empedans ile birlikte minimum akım ve maksimum voltaj mümkün olur.

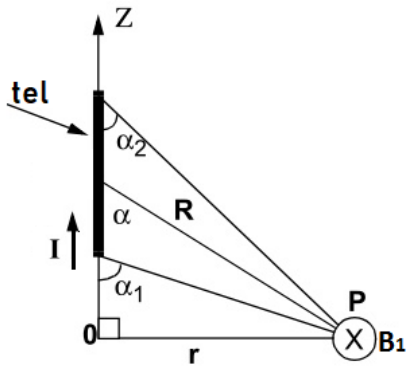


Şekil 3. RFID sisteminin Okuyucu ile etiket bölümlerinin elektromanyetik bağlaşımını

Figure 3. Electromagnetic coupling of RFID system with reader and tag sections

Elektromanyetik dönüşümler (Electromagnetic transformations)

RFID'nin elektromanyetik dönüşümünde bobin üzerinden elektrik akımı geçirilmesi ile manyetik alanın oluşumu Amper Yasası ile açıklanır. Amper Yasası, Şekil 4'te gösterilen sonsuz uzun bir telden r kadar uzaklıkta oluşan manyetik akı yoğunluğunun (B), manyetik geçirgenlik ve telden geçen akımla doğru orantılı, aradaki mesafe ile ters orantılı olduğunu ifade eder (denklem 4 ve denklem 5). Eğer tel, Şekil 5'te gösterildiği gibi, dairesel bir çevre oluştursa, bu durumda merkez düzlemi üzerindeki manyetik akı yoğunluğu miktarı, bobin yarı çapı karesel olarak etkili olurken, dairesel yapı çok turlu (bobin) olursa sarım sayısı oranında doğrusal olarak artış gösterecektir. Buna karşın bobinin merkezinden uzaklaşma nispetinde manyetik alan yoğunluğu, denklem 6 ve denklem 7'da ifade edildiği gibi, $1/r^3$ oranında zayıflayacaktır (Ulaby ve diğ., 2013). Bu oran, RFID cihazının okuma aralığını sınırlayan başlıca faktördür (Lehpamer, 2012 ve Önal, 2015).



Şekil 4. Sonsuz uzun bir tel etrafında oluşan manyetik alan

Figure 4. Magnetic field formed around an infinitely long

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1) \quad (\text{wb/m}^2) \quad (4)$$

Sonsuz uzun tel için:

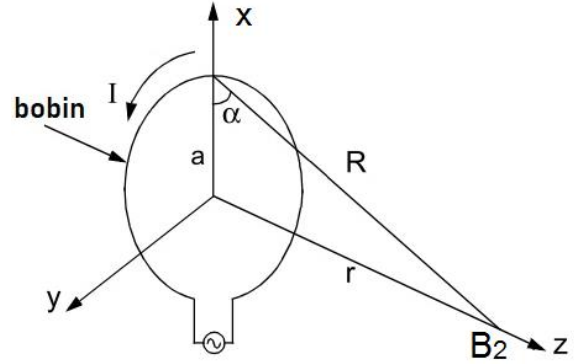
$$\alpha_1 = -180^\circ \text{ ve } \alpha_2 = 0^\circ \text{ için}$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (\text{wb/m}^2) \quad (5)$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I N a^2}{2(a^2 + r^2)^{3/2}} \quad (\text{wb/m}^2) \quad (6)$$

$r^2 \gg a^2$ için;

$$B_2 = \frac{\mu_0 I N a^2}{2} \frac{1}{r^3} \quad (\text{wb/m}^2) \quad (7)$$



Şekil 5. N sarımlı bir bobinin merkezinden r kadar uzaklıkta oluşan manyetik akı yoğunluğu

Figure 5. Magnetic flux density at a distance r from the center of a coil

Burada,

$B_{1,2}$ manyetik akı yoğunluğu (wb/m^2)

μ_0 , manyetik geçirgenlik (H/m)

a, r, R mesafe (m)

I, akım (A)

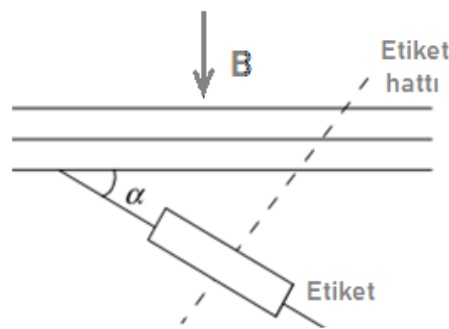
N, sarım sayısı

V, etikette indüklenen gerilim

f_0 , rezonans frekansı

S, bobinin yüzey alanı

Q, kalite faktörü



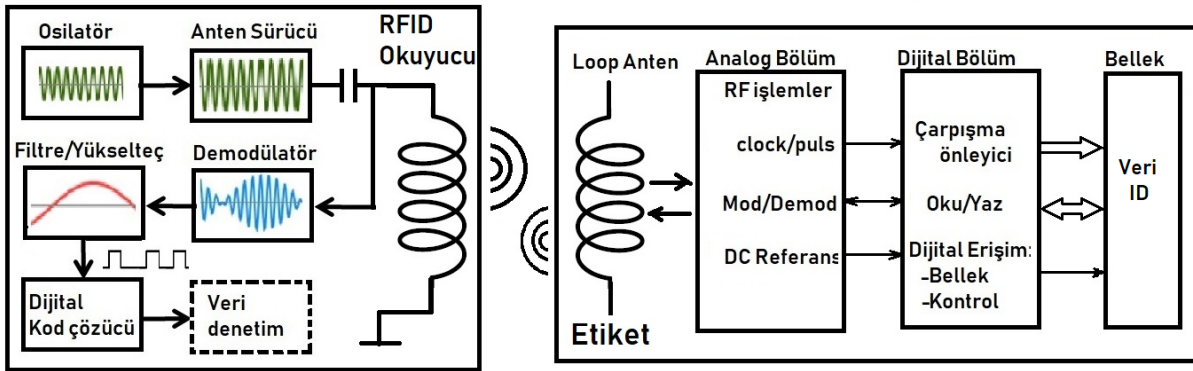
Şekil 6. Değişken bir manyetik alan içindeki etikette (bobinde) gerilim indüklenmesi

Figure 6. Voltage induction in the tag (coil) within a variable magnetic field

Şekil 6'da gösterildiği gibi kapalı bir yol ile sınırlanan yüzey boyunca zamanla değişen bir manyetik alanın, bobin telleri üzerinde voltaj oluşturması, Faraday Yasası olarak ifade edilir. RFID uygulamasında okuyucunun bobini tarafından üretilen manyetik alan nedeniyle etiket bobininde bir voltaj oluşacaktır (Denklem 8). Bu voltaj okuyucu bobin ile etiket bobininin birbirlerine paralel olarak yerleştirildiğinde maksimum olarak elde edilir ve etiket üzerindeki devrelere aktarılır (Lehpamer, 2012 ve Önal, 2015).

$$V = 2\pi f_0 N Q S B \cos\alpha \quad (8)$$

Şekil 7’de pasif etiketli bir RFID sistemini ifade etmek için literatürden uyarlanmış elektronik yapılarının blok diyagramı gösterilmiştir (Kartha, 2015 ve NXP Semiconductors, 2014). Okuyucu bölümü analog ve dijital sinyal üretme ve işleme bileşenlerinden oluşmaktadır. Etiket bölümünün elektronik donanımı ise RF analog sinyal işleme devreleri, lojik devreler ve EEPROM bellekten meydana gelir. RFID okuyucu, gönderici modunda taşıyıcı ve modülasyon sinyallerini üreterek anten sürücüsü ve bir kondansatör üzerinden bobine uygular. Bobinlerin rezonansa gelmesiyle okuyucu bobinde 100-200 v. ve karşısındaki etiket bobininde ise 5-10 v. mertebesinde anlık voltaj değerleri oluşacaktır. Okuyucu bobinde tepe anten akımı anlık 100 mA mertebelerine kadar çıkabilir (Kartha, 2015). Etikete gelen sinyal önce analog bölümde RF devreleri ile gelen enerjinin bir kısmı ile referans gerilimi üretir ve etiketin diğer bölümlerini besler, bir bölümü analog demodülasyona uğratarak yetkilendirme protokolleri ve dijital bölümlerin aktive edilerek saat darbeleri vb. işlemler için kullanılır. Dijital bölümde anti-çarpışma ile geçerli işaretlerin seçimi yapılır, doğrulanır daha sonra kodların çözümü ve verilerin okunması işlemleri yapılır. İşlemler başarılı ise ilgili veriler bellekten okunarak veri hattı üzerinden dijital bölümde kodlanır. Bunlara ilaveten etiket çipinde geri saçılma, sıfırlama sinyali, bellek ve hata denetimi, şifreleme, kodlama ve çarpışma önleyici algoritma işlemleri yürütülür. Bazı özel RFID çipleri, güvenlik ve hat karıştırmaya dayanıklı daha karmaşık donanımları içerebilir (Lehpamer, 2012). Sonrasında etiketin dijital bölümden gelen veriler, etiketin analog bölümde analog ve dijital modülasyon yöntemleri ile 125 kHz frekanslı RF sinyalleri etiket bobini üzerinden elektromanyetik dönüşümle okuyucu bobinine gönderilir.

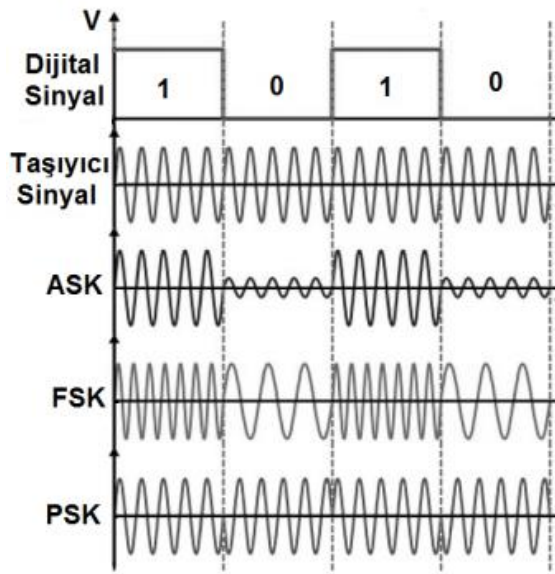


Şekil 7. RFID sisteminde etiket ve okuyucu bölümlerine ait ayrıntılı blok şema

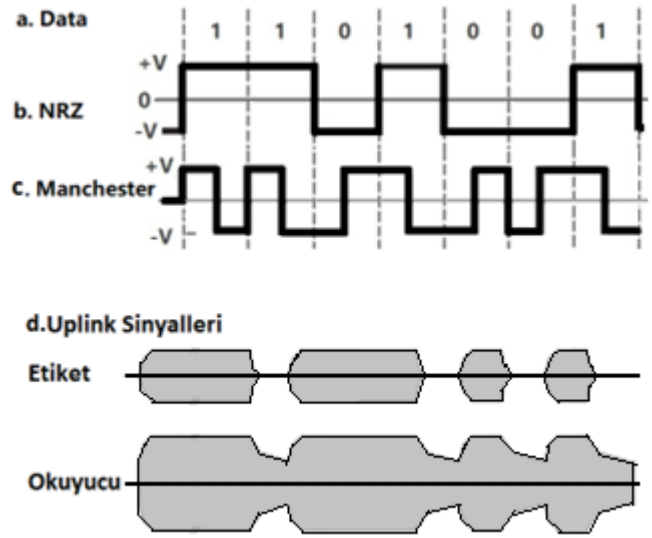
Figure 7. Detailed block diagram of tag and reader sections in RFID system

Okuyucuda RF sinyalleri alınır ve demodülasyon, genlik yükseltme, filtreleme işlemlerini takiben elektronik bir komparatör kullanılarak sinyaller dijitale dönüştürülür. Ardından dijital kod çözümü yapılarak, okuma ile amaçlanan işlem reddedilir veya onaylanır. Onaylanması halinde etiket bilgileri elde edilmiş olur ve kaydedilir veya bağlı olan bilgisayar sistemlerine aktarılır.

RFID sisteminde RF’li analog haberleşme sinyali olarak genlik kaydırmalı anahtarlama (ASK), frekans kaydırmalı anahtarlama (FSK) veya faz kaydırmalı anahtarlama (PSK) yöntemlerinden biri kullanılabilir (Şekil 8). Bunların yanında sayısal verinin analog modülasyonu ile NRZ ve manchester kodlama gibi dijital modülasyon sinyalleri (Şekil 9 a-c) de kullanılmaktadır. Şekil 9.d’de ise söz konusu modülasyon ve kodlamalar sonucu üretilen ve bobinlerde oluşan Uplink ve Downlink sinyallerinin (zarfının) bir örneği görülmektedir. Kart etiket ve anahtar etiket tipleri için yalnızca okunabilen ile okunup yazılabilen etiketler söz konusudur. Örnek olarak etiket çip tipi EM4100 standardı, 64 bit yalnızca okunabilir bellek ve Manchester kodlama kullanılmaktadır. Diğer bir çip tipi, T5567 ise okunup yazılabilen özellikte ve Manchester, Biphase, NRZ kodlamalar kullanılmaktadır (Priority1design, 2007).



Şekil 8. Analog Sinyal ve modülasyonlar
Figure 8. Analog Signals and Modulations



Şekil 9. Dijital Sinyal ve modülasyonlar, a-c RFID Dijital kodlamalar, d. Bobinlerde oluşan modülasyonlu sinyallerin zarfı


Figure 9. Digital Signals and Modulations, a-c. RFID Digital Coding, d. The envelope of the modulated signals formed in the coils

BOBİN TASARIMI (COIL DESIGN)

125 kHz. için hazır olarak kullanılacak bobinler ve onlara ait parametreler Çizelge 1'de listelenmiştir. Okuyucudan aktarılan voltaj için denklem 8 kullanılarak örnek bir hesaplama yapılırsa; $B=1,5 \mu\text{Wb}/\text{m}^2$, Bobin boyutu $S= 38,71 \text{ cm}^2$ (kredi kat büyüklüğü), frekans $f_0=125 \text{ kHz}$, $Q=15$, $N=100$, $\cos\alpha=1$ ($\alpha=0$) olduğunda sonuç yaklaşık olarak $V=7 \text{ V}$. bulunur. Okuma mesafesinin daha uzun olmasını için kullanabileceğimiz tek değişken bobinin yarıçapının, dolayısıyla bobinin yüzey alanının artırılmasıdır. RFID etiketi ile okuyucu arasındaki bağlaşım her iki bileşenin birbirine bakan kısımlarındaki bobinler anahtar rolü oynamaktadır. RFID uygulamalarında, anten bobini rezonans devresinin bir elemanıdır ve cihazın okuma aralığı rezonans devresinin performansından büyük ölçüde etkilenir. Etiket RFID okuyucuya tam karşısına ve paralel tutulmalıdır, diğer durumlarda etkileşim zayıflayacak veya erişim olmayacaktır.

Çizelge 1. 125 kHz.de seçilen bobin endüktansı ve boyutları

Table 1. Bilateral Selected coil inductance and dimensions at 125 kHz

	125 kHz'teki endüktansı (mH)	2.8	2.8	2.7
	Bobin direnci (Ω)	53.8	63	19
	Tel Çapı (mm)	0.09	0.09	0.2
	Bobin iç çapı (mm)	19	46	160
	Bobin dış çapı (mm)	21.8	49.0	163.3
	Bobin genişliği (mm)	2.5	1.5	2.3

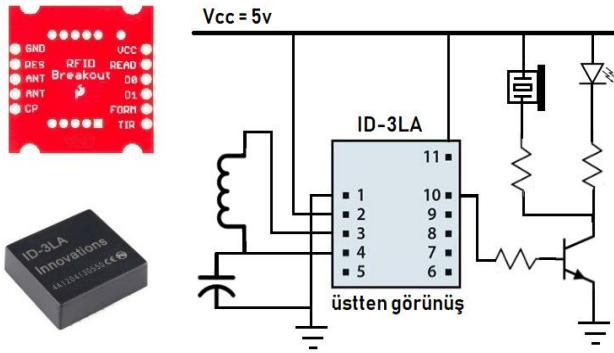
Tasarım için düşük güçlü ve düşük maliyetli ID-3 LA, RFID okuyucu ve 125 kHz. RFID etiketleri kullanılmıştır. ID-3 LA RFID okuyucunda üretici firma bobin endüktansı için 1.337 mH kullanılmasını tavsiye etmektedir. Pratik olarak 12 milimetre çap ile 75 veya 71 tur yaklaşık 1.33 mH endüktans değerini verebilmektedir (ID Innovations, 2013). Antenin yeterli alan şiddeti üretmesi, onun etiket anteni ile uyumlandırılması, kullanılacak mesafe ve açı gibi parametreler uzmanlık gerektirir ve ancak deneme yanılma yoluyla tekrarlı ölçümlerden sonra açıklığa kavuşturulabilir. Parazitlerin varlığı antenlerin bobin

boyutu bu seçimde etkilidir. Parazit etkilerden kurtulmak için bobin çapı daha küçük seçilir. Buna karşın alan şiddeti ve kuplaj artırılmalıdır. İstenen değerden daha küçük bir bobin kullanılıyorsa, harici bir kondansatörü bobin ve toprak arasına bağlayarak dengeleme yapılabilir. Örnek olarak 1,5 ila 3 pF arası polipropilen bir kondansatör kullanmak uygun olacaktır.

Örnek bir hesaplama: Elimizdeki endüktans $L=2.8$ mH ise 125 kHz'de endüktif reaktans $X_L=2\pi fL=2199$ Ω dur. Tavsiye edilen endüktans değeri $L=1.337$ mH olduğuna göre, bunun 125 kHz'deki direnci ($2\pi fL'$ den) 1050 Ω dur. Bu nedenle endüktif reaktans $(2199-1050) =1149$ Ω kadar azaltılmalıdır. 125kHz'de, 1.1nF'lik bir kondansatörün reaktansı, $1/2\pi fC'$ den, 1157 Ω dur. Bu ek kondansatörü devreye seri olarak bağlamakla çözüm sağlanır.

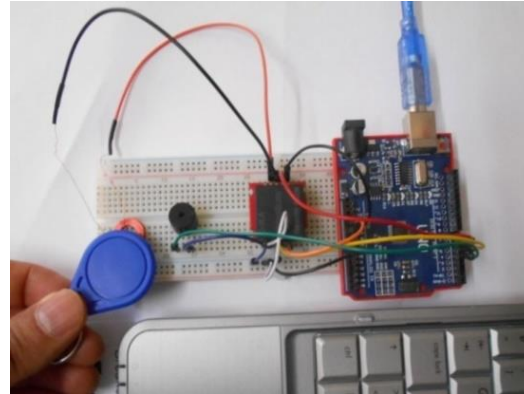
RFID DEVRE TASARIMI (RFID CIRCUIT DESIGN)

Tasarımda 125 kHz'lik RFID okuyucu ve etiketleri kullanılmıştır. Etiket kod okuma ve uyarı işlemleri için Arduino Uno temelli devreler kullanılmış, bilgisayara bağlı olarak Arduino IDE arayüzü ile programlanmış ve sonuçlar elde edilmiştir. RFID okuyucu olarak seçilen ID-3LA entegresinin kullanımı ve 0.1 inch SparkFun mini dönüştürücü Şekil 10.a'da gösterilmiştir. Şekil 10.a'da yapılan bağlantı ile mikrodenetleyici olmadan doğrudan RFID etiketinin geçerli olup olmadığını ses uyarısı ile doğrulanmaktadır. Bu haliyle bir geçiş sisteminde geçme ve durdurma amaçlı olarak kullanılabilir.



Şekil 10.a RFID uyarı devresi

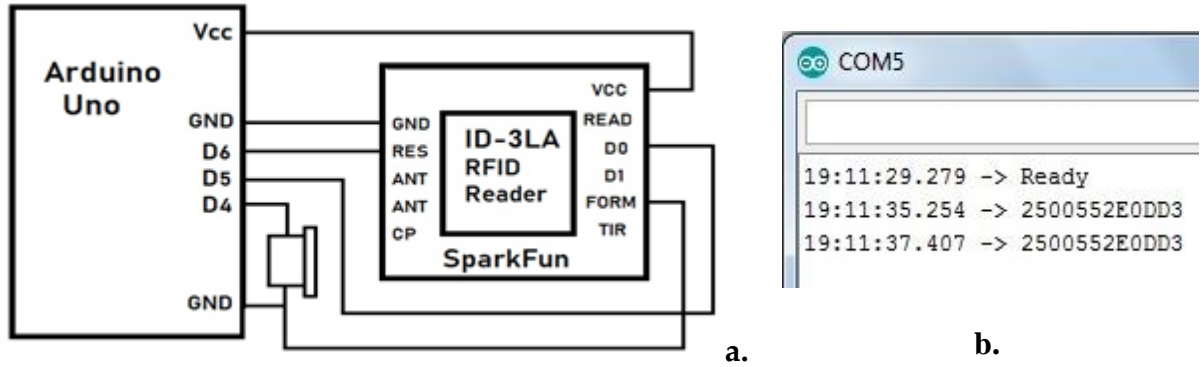
Figure 10 a. RFID warning circuit



Şekil 10.b RFID Devre Fotoğrafı

Figure 10 a. RFID Circuit Photo

Şekil 10.b'de RFID verilerini okumak ve bilgisayara aktarmak için kullanılan Arduino Uno mikrodenetleyicisi ve devreleri gösterilmektedir. Arduino Uno, 16 MHz de çalışan bir ATmega328 mikrodenetleyicisi, 6 analog ve 14 dijital giriş / çıkış, programlama ve 5 volt besleme için USB bağlantısı kullanan bir karttır. Şekil 11.a'da RFID okuyucu entegresinin (ID-3LA) Arduino mikrodenetleyicisine bağlantısı gösterilmiştir. RFID okuyucunun 3 ve 4 nolu ANT pinlerine okuyucu bobin Şekil 10.b'de gösterildiği gibi bağlanır. Arduino kartı, Arduino geliştirme ortamı (IDE) üzerinden bilgisayar arayüzünde programlanmıştır. Arduino Uno mikrodenetleyici devresi (Şekil 11.a) ile 125 kHz. RFID etiketlerinin ASCII formatında bilgisayar arayüzünde okutularak Arduino IDE Seri monitöründe elde edilen sonuçlar Şekil 11.b'de gösterilmiştir.



Şekil 11.a. RFID anahtar etiket okuma devresi
Figure 11a. RFID key tag reading circuit

Şekil 11.b. Arduino IDE ile okunan etiket numaraları
Figure 11b. Tag numbers read with Arduino IDE

SONUÇ ve ÖNERİLER (RESULTS and RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada RFID sistemlerinin daha çok kullanımı ve güvenilirliği araştırmak amacıyla, literatüre dağılmış bilginin özetlenmesi ve yakın alan kullanımın dayandığı manyetik kuplaj tekniğine ve onlara ait bileşenlere kapı aralamaya çalışılmıştır. Bu amaçla pasif etiketli düşük frekanslı RFID teknolojisinin dayandığı temel esaslar ve elektronik devre yapıları özet olarak açıklandı. Bunun yanında 125 kHz.'de çalışan pasif etiketli RFID sisteminin tasarımı için bobin seçimi ve örnek bir hesaplama yapılmıştır. Yapılan yeniliklerle RFID uygulamalarının yaygınlaştığını ve kullanımının kolaylaştığını göstermek amacıyla son bölümde, yeni bir RFID okuyucu olan ID-3LA entegresini kullanarak, Arduino Uno kontrollü bir RFID uyarı ve okuma sistemi gerçekleştirilmiştir.

RFID teknolojilerinin, çeşitli alanlardaki çözümleri, prosedürleri ve standartları gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. RFID'in dinamik ve güvenilir bir sistem olarak teknolojik gelişimini sürdürebilmesi için olası saldırı, manipülasyon ve güvenlik açıklarını giderecek çalışmaların devam etmesi gereklidir. Ayrıca gelişen elektronik teknolojilerine bağlı olarak performans ve güvenlik için optimum çözümlere ihtiyaç duyulacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Adak D., Pain M.K., Dey U.K., 2017, RFID Based Security System Using Arduino Module, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 8, Issue 3, pp.143-145.
- Çiftçi E., 2009, RFID Sistemlerde Güvenlik Açıkları ve Çözüm Yolları, *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 437. sayı, 91-92, http://www.emo.org.tr/ekler/148ec96d4e6054d_ek.pdf?dergi=593, ziyaret tarihi: 24.05.2017.
- Demiral E., Karış İ.R., Turan M.K., RFID Sistemleri ile Konum Belirleme Uygulamaları, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, 14-17 Mayıs 2013.
- EM microelektronik, 2002, *RFID Made Easy*, <https://www.emmicroelectronic.com/sites/default/files/products/datasheets/an411.pdf>, ziyaret tarihi: 24.05.2016.
- Emç M., 2016, *RFID Teknolojisi Kullanarak Kampüs Harcama Sistemlerinin Tasarlanması ve Uygulanması: Üniversite Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Ana Bilim Dalı, İzmir.
- ID Innovations, 2013, *ID-3LA Reader Module Data Sheets*, <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ID/ID-3LA.pdf>, ziyaret tarihi: 01.08.2019..

- Kartha V., 2015, *Interfacing EM-18 RFID reader*, <https://electrosome.com/em-18-rfid-reader-arduino-uno/>, ziyaret tarihi: 28.05.2019.
- Lehpamer H., 2012, *RFID Design Principles*, Artech House, Boston.
- Maraşlı F., Çıbuk M., RFID Teknolojisi ve Kullanım Alanları, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 249-275, 2015.
- Miller J., 2019, RFID Glossary: 40 Terms to Know About RFID, <https://www.computype.com/blog/rfid-glossary>, ziyaret tarihi: 25.04.2019.
- NXP Semiconductors, 2014, *HITAG S transponder IC*, https://www.nxp.com/docs/en/datasheet/HTSICH56_48_SDS.pdf, ziyaret tarihi: 24.05.2018.
- Önal M., 2015, *Gömülü Sistemler ile RFID Mimarisi ve programlama*, Kodlab Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Paxar, RFID Basics, *RFID_Basics.pdf*, www.paxar.com, ziyaret tarihi: 21.10.2015.
- Priority1design, 2007, *RFID Transponders*, <http://www.priority1design.com.au/rfid-transponders.html>, ziyaret tarihi: 01.08.2019.
- Tan O., Korkmaz İ., Gidiş O., Uygun S., Hasta Takip Sistemlerinde RFID Uygulaması, *Akademik Bilişim'09 - XI. Akademik Bilişim Konferansı*, Şanlıurfa, 11-13 Şubat 2009.
- Tengilimoğlu D. ve Yiğit V., 2016, Tıbbi Malzeme Yönetiminde Verimliliği Artırıcı Bir Teknoloji : Radyo Frekanslı Tanıma Sistemi (RFID), *Verimlilik Dergisi*, Sayı 4, Sayfa: 51-73.
- Ulaby F.T., E. Michielssen, U. Ravaioli, 2013, *Fundamentals of Applied Electromagnetics*, Çeviri Editörü: Yazgan E. ve Turgut G., Nobel Kitap, 2013.
- Üstündağ A., Tanyaş M., 2009, Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) teknolojisinin tedarik zinciri üzerindeki etkileri, *itüdergisi/d mühendislik*, Cilt:8, Sayı:4, 83-94.
- Yüksel ME ve Zaim AH, Otomatik Nesne Tanımlama, Takibi ve Yönetiminde RFID'nin Yeni Nesil Kablosuz İletişim Teknolojileri İle Birlikte Kullanımı, *XI. Akademik Bilişim Konferansı*, sayfa 111-120, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 2009.