

Proje Ana Alanı : Teknolojik Tasarım
Proje Tematik Alanı : Akıllı Ulaşım Sistemleri
Projenin Adı : Titreşim Temelli Tren Çarpışma İkaz Sistemi

Özet

Bu çalışmada titreşim temelli, tren çarpışmalarını önleyici bir ikaz sistemi geliştirilmiştir. Trenlerin yakın mesafede, aynı rayda olması durumunda treni kullanan makiniste sesli ve ışıklı ikaz vererek trenin güvenli bir şekilde durdurması için zaman kazandırmak amaçlanmıştır. Tren ve rayların 3 boyutlu modeli oluşturulmuş, lokomotiflerin üzerine tasarlanan ikaz sistemi yerleştirilmiştir. İkaz sistemi üzerinde mikro denetleyici temelli bir titreşim motoru, titreşim sensörü, uyarı amaçlı lamba ve buzzer kullanılmıştır. Trenlerin üzerinde titreşim motorlarıyla aynı frekanslarda titreşim oluşturularak, hazırlanan mekanik parçalar yardımıyla bu titreşimin raya iletilmesi sağlanmıştır. Çarpışma uyarı cihazının aynı frekanstaki diğer trenin ürettiği titreşimi algılayabilmesi için titreşim sensöründen okunan değerler, geliştirilen yazılımla FFT (Fast Fourier Transform) yöntemi kullanılarak frekans domenine çevrilerek ayrıştırılmıştır. Hazırlanan modellemede her iki tren lokomotifi üzerine yerleştirilen cihazın, aynı ray üzerindeki diğer treni algıladığı görülmüş ve her ikisi de sesli ve ışıklı ikaz vermiştir. Yapılan denemelerde geliştirilen titreşim temelli ikaz yönteminin iki trenin aynı rayda olmasından kaynaklanan çarpışmaları engelleyecek güvenli bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tren çarpışma önleme, titreşim motoru, titreşim sensörü, FFT (Fast Fourier Transform), Arduino.

Amaç

Projemizin amacı mevcut emniyet sistemlerine ilave edilebilecek veya bağımsız çalışabilecek, tren üzerine monte edilebilen, titreşim temelli tren çarpışma ikaz sistemi geliştirerek insan ihmalı, sinyalizasyon hatası vb. durumlardan dolayı meydana gelen tren çarpışmalarını ve bu çarpışmalar sonucu hayatını kaybeden insan sayısını en aza indirmek hatta önlemektir. Bu kazalarda hayatını kaybeden kişi sayısı ciddi rakamlara ulaşmaktadır bu sebeple bu kazalar daha fazla önemsenmeli ve bu kazaları önlemek için daha çok çalışılmalıdır.

Bu kazaları önleyebilmek için birçok sistem üzerinde çalışılmış ancak henüz yeterince önleyici bir sistem geliştirilememiştir. Bu projede diğer sistemlerin eksik görülen yanları düzeltilmiştir.

Örneğin GPS temelli ikaz sistemi tek başına kullanıldığı zaman coğrafya veya hava koşullarından olumsuz etkilenip yanlış hesaplamalara yol açmaktadır bu durum GPS temelli

sistemin tek başına kullanılmaması gerektiğini göstermektedir. Projemiz mevcut sistemlerdeki emniyet açıklarını kapatabilecektir.

1. Giriş

Genel anlamda demiryolu sinyalizasyonu, trenlerin emniyetli bir şekilde seyretmelerini ve demiryolunun az masrafla maksimum kapasitede kullanılmasını, yani en verimli şekilde çalıştırılmasını sağlamak için yapılan çalışmaların bütünüdür, diye tanımlayabiliriz. Sinyalizasyonun esas problemi demiryolunda tren karşılaşmasını göz önüne alarak trafiği düzgün ve ekonomik bir tarzda yönetmektir. Sinyalizasyon sayesinde istasyonlarda trenlerin bekletilmesi, yol değiştirmeleri, hareket ettirilmeleri gibi işlemler otomatik olarak idare edildiğinden istasyonlarda bu işleri yapacak personele gerek kalmamaktadır (Gülbahar, Ürün, 1972). Böylece insan dikkatsizliğinden kaynaklanan hatalar da nispeten ortadan kaldırılmış olmaktadır.

Ancak ihmaller ve sistemde gerçekleşen hatalar sonucunda hala kazalar meydana gelmektedir. En son Ankara Yenimahalle’de gerçekleşen tren kazasında 9 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 84 vatandaşımız ise yaralanmıştır (Bayram, 2018).



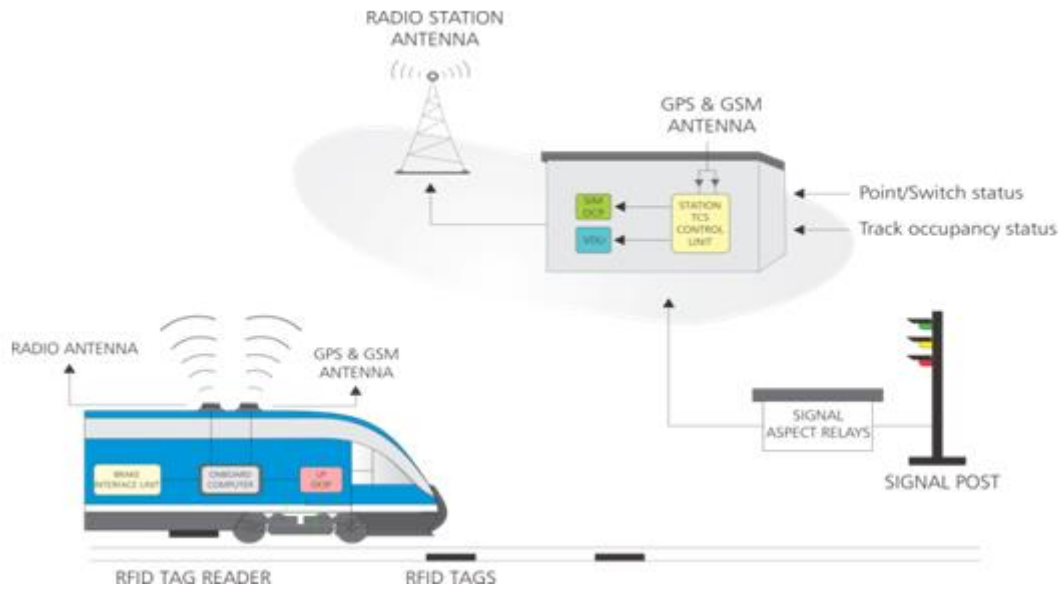
Şekil 1. Ankara Yenimahalle’de Gerçekleşen Tren Kazası

1.1. Tren Çarpışma Kazalarını Önlemek için Geliştirilmiş Yöntemler

Tren çarpışmaları için geliştirilen sistemlerden birisi GPS temelli çarpışma ikaz sistemidir. Bu sistemde yerküre etrafındaki GPS uydularını kullanarak interpolasyon yardımıyla trenin yer tespiti yapılır. GPS verisi geriye dönük olarak takip edildiğinde aracın hareket yönünün de tespitini sağlamaktadır. Konum bilgisi interpolasyon yardımıyla elde edildiği için en az birkaç metre hata payı olması beklenmektedir; bu yüzden bu yöntem tek başına kullanıldığında,

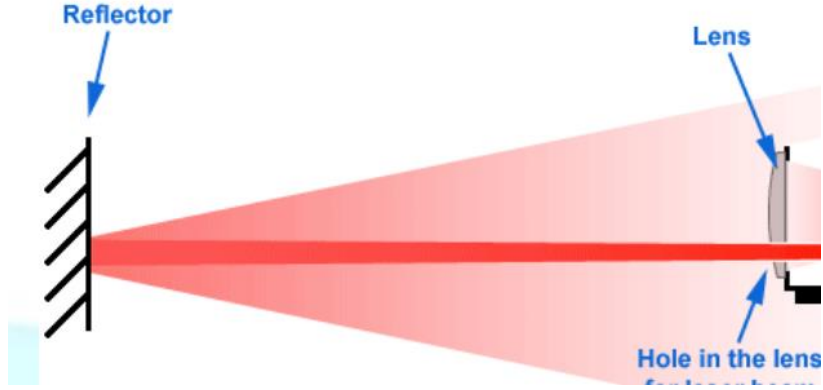
aralarında birkaç metre mesafe bulunan demiryolu hatlarında, tren hattının tespiti konusunda yetersiz kalmaktadır (Biçer, 2015). GPS'te karşılaşılan en büyük problem doğruluktur. GPS alıcısının konumunu, uydunun sinyal gönderdiği süre ve alıcının sinyali aldığı süre hesaplanarak yapıldığı için GPS biriminde zaman özelliği kapalı ise sistem doğruluğu zarar görür. Ayrıca süre hesaplamaları, sert atmosfer şartlarında olumsuz etkilenir. Bunun dışında sinyaller, dağ, gökdelen gibi engellerden geri yansıdığı zaman da yanlış hesaplanabilir.

GPS her 12 dakikada bir kendini güncellemektedir. Eğer bir sinyal güncelleme sürecine denk gelinirse alıcının konumu yanlış hesaplanır ve bu yanlış hesaplamalar çok büyük kazalara sebep olabileceğinden GPS sisteminin tek başına kullanılmaması yardımcı sistemlerle desteklenmesi gerekmektedir (Elektrik Port, 2015).



Şekil 2. Hindistan Tarafından Kullanılan GPS Tabanlı Tren Takip Sistemi

Geliştirilen diğer bir sistemde ise zigbee teknolojisi kullanılır. Bu sistem trenin konumunu yaklaşık 800-900m uzakta algılayabilir. Trenin ön ve arka yüzeylerine lazer mesafe sensörü koyulur, ön yüzeydeki bu sensör lazer sinyali üretir ve bunun bir birinci kısmını kaynak demeti olarak ön yüzeyden dışarı yönlendirir. Odaklama aracı, kaynak ışını bir hedefe odaklar ve hedeften yansıyan geri dönüş ışını ön yüzeyden lazer mesafe sensörüne odaklar. Lazer mesafe sensörü dönüş ışık huzmesini alır, pozitif bir kazanç sağlar, ana lazer sinyali ile karıştırır ve karışık bir ışın olarak arka yüzden dışarı yönlendirir.



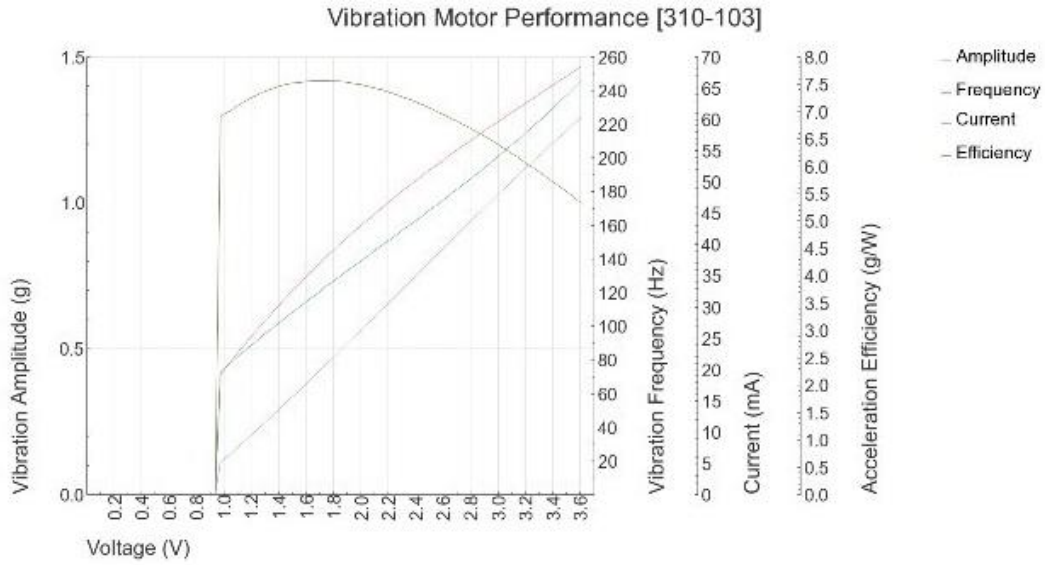
Şekil 3. IR Tabanlı Çarpışma Önleyici Sistemi Sensörü

Şekil 3’deki yöntemin kötü hava koşullarında tek başına kullanılması yeterli ve doğru değildir (Anjalibissa, Jayasudha, Narmatha, Rajmohan, 2013).

2. Yöntem

2.1. Projenin Temel Prensibi

Projemizin temelindeki prensip şudur. Her tren üzerinde bir titreşim motoru ve bir titreşim sensörü bulunur. Tren enerjili iken titreşim motorunu belirli bir hızda çalıştırarak sabit bir frekanstaki titreşimi raya iletir.



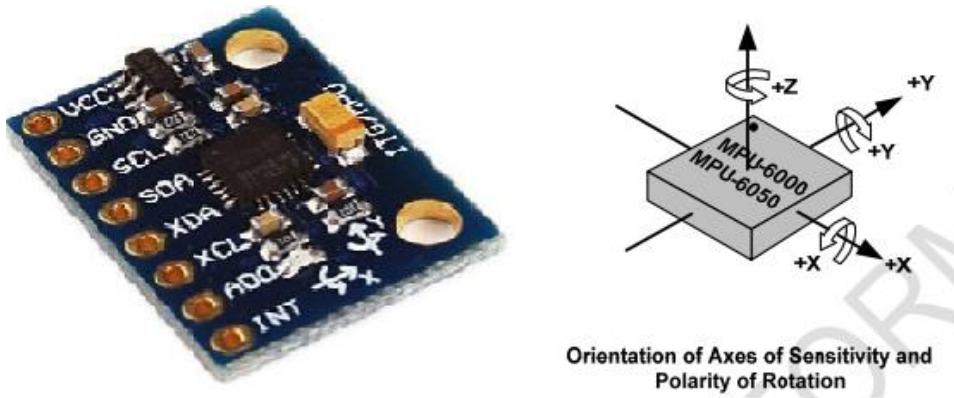
Şekil 4. Projede Kullanılan Titreşim Motoru Hız- Frekans-İvme Eğrisi



Şekil 5. Projede Kullanılan Titreşim Motoru

Her trenin ürettiği titreşim frekansı diğer trenle aynıdır. Böylelikle raya ilettikleri titreşimin frekansı da aynı olmaktadır.

Raya iletilen titreşimi ölçmek için Şekil 6'daki üç eksen ivme sensörü kullanılmıştır.



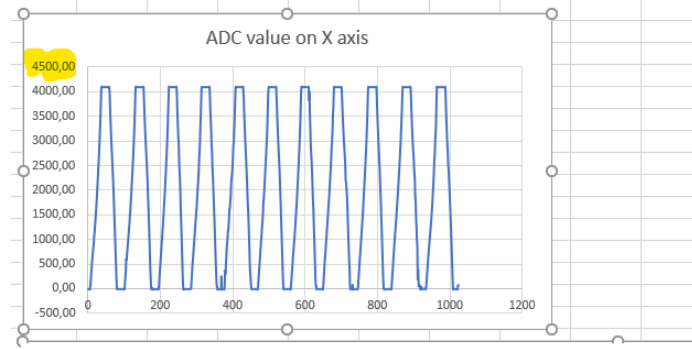
Şekil 6. MPU6050 Titreşim Sensörü

Trenin kendi üzerindeki titreşim sensörü hem kendi ürettiği frekansı hem de diğer tren tarafından raya aktarılan aynı frekanstaki ikinci titreşimleri ölçer.

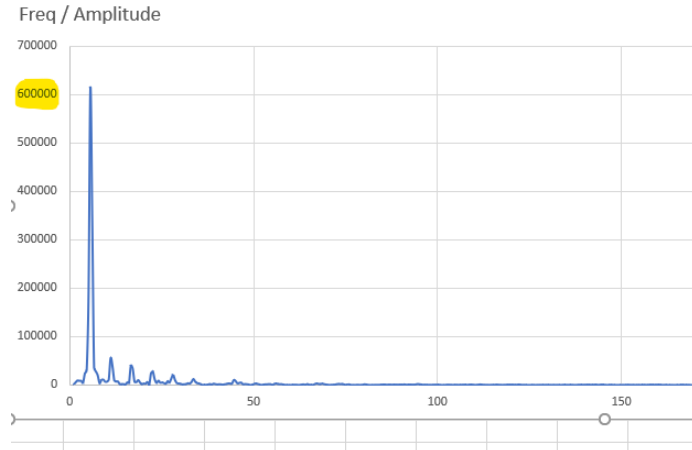
2.2. Hızlı Fourier Dönüşüm (Fast Fourier Transform, FFT)

Fourier transformasyonları (dönüştürücüleri) bir sinyalin frekans domenine dönüşümünü sağlayan matematiksel bir yöntemdir. Bu matematiksel yöntem mikroişlemciler ile yapıldığında hesaplama süresi uzun olmaktadır. Hesaplama süresini azaltmak için hızlı Fourier dönüşüm (Fast Fourier Transform, FFT) yöntemi geliştirilmiştir (Aydın, 2019).

FFT yönteminin ne işe yaradığını en iyi Şekil 7'ye bakarak anlayabiliriz.



a) Zaman domeninde örnek bir dalga

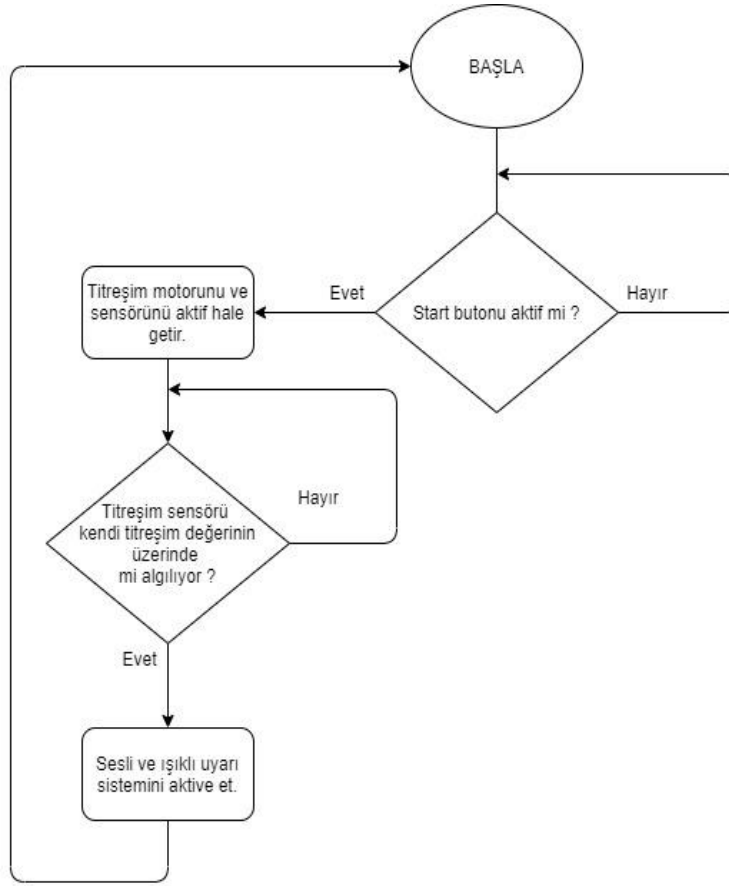


b) Frekans domeninde örnek bir dalga

Şekil 7. Zaman Domeninden Frekans Domenine Dönüştürülmüş Örnek Bir Sinyal

Şekil 7’de zamana bağlı olarak kendini tekrarlayan bir örnek dalga vardır. Bu örnek dalgaya FFT yöntemi uygulandığında sinyal, frekans bileşenlerine ayrılarak, b eğrisindeki haline gelir. Görüldüğü üzere b eğrisi zamandan bağımsız bir eğridir. b eğrisine bakarak bu sinyalin büyük oranda yaklaşık 600 Khz/Amp sinyal içerdiği ve azalan miktarlarda 500 Hz/Amp ve daha düşük sinyallerin bileşiminden oluştuğu görülmektedir.

Çalışmamıza ait olan işlem sırası Şekil.8’deki iş akış çizelgesin deki adımlar takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

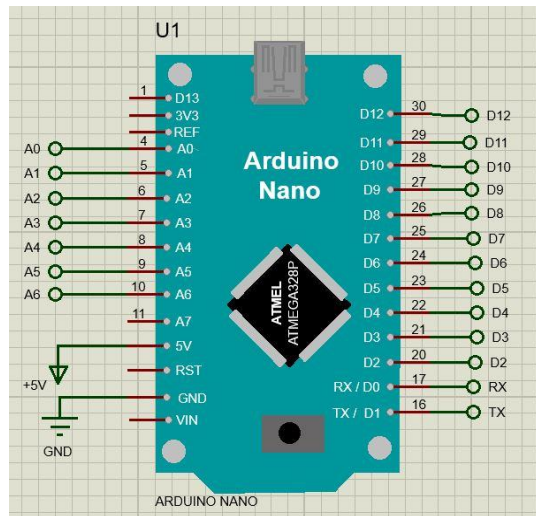


Şekil 8. Sistemin Akış Diyagramı

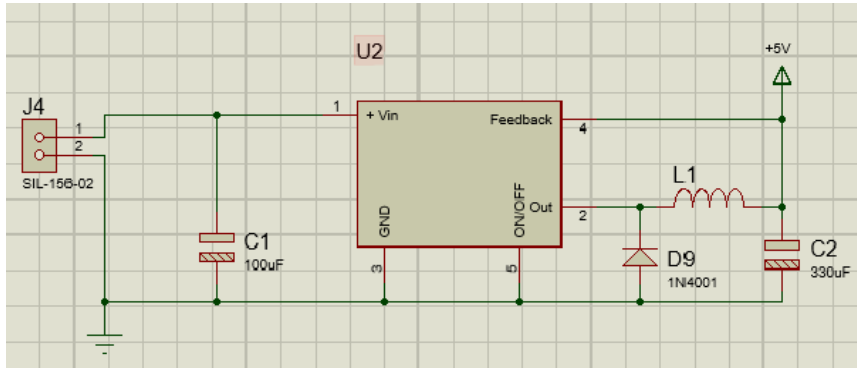
2.3. Uygulama Kısımları

2.3.1. Kontrol Devresi

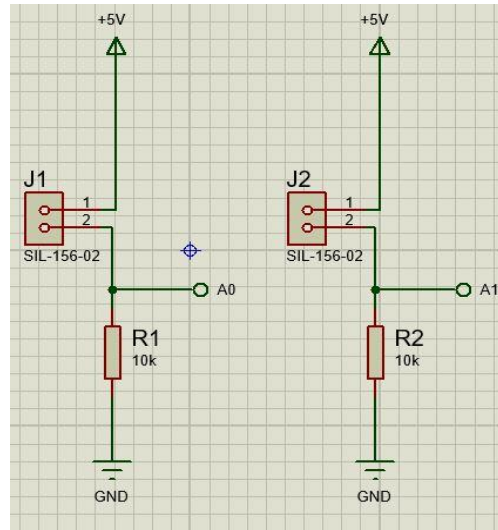
Projemizde mikrodenetleyici olarak Arduino Nano kullanılmıştır. Bu kartın yeterli giriş çıkış pin sayısının sahip olması ve az yer kaplaması gibi avantajları vardır.



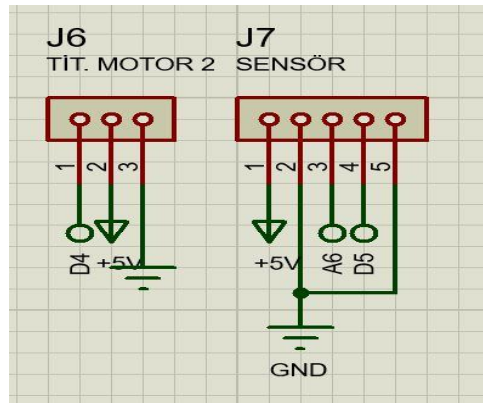
Şekil 9. Sistemin Kontrolünü Sağlayan Mikrodenetleyici Kartı



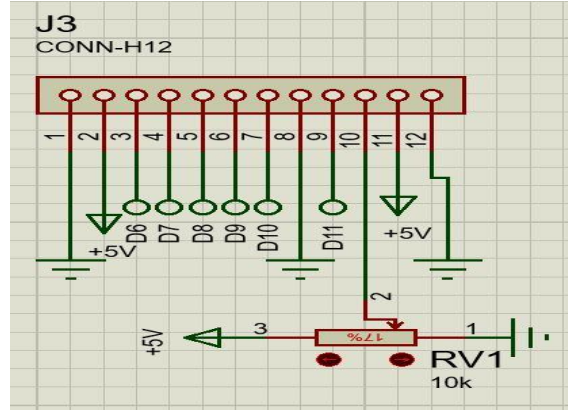
Şekil 10. Regülatör Devresi Şeması



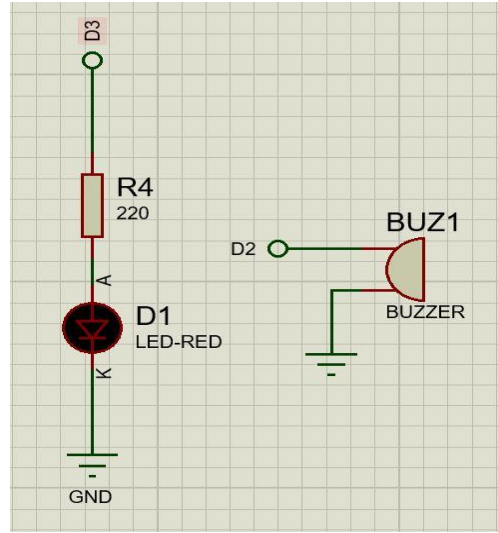
Şekil 11. Sisteminin Start-Stop Butonlarının Devre Şeması



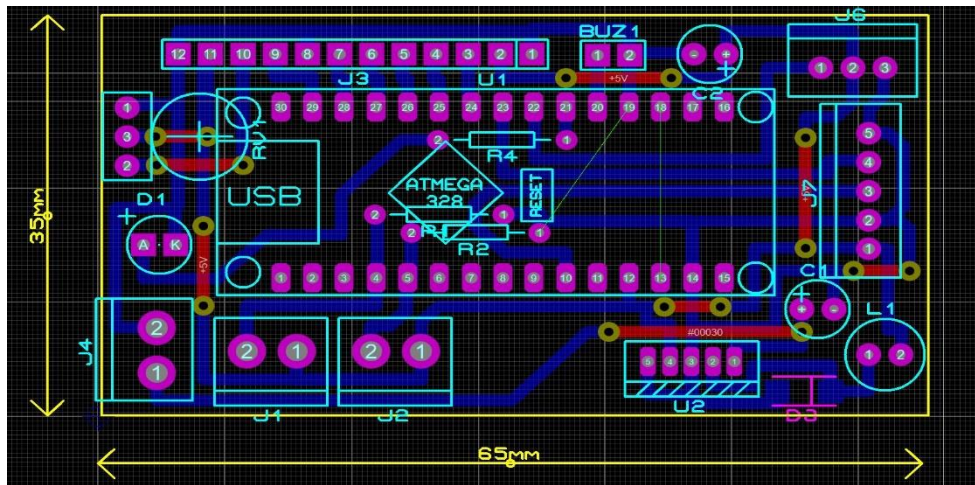
Şekil 12. Titreşim Motoru ve Titreşim Sensörünün Devre Şeması



Şekil 13. LCD Ekran Devre Şeması



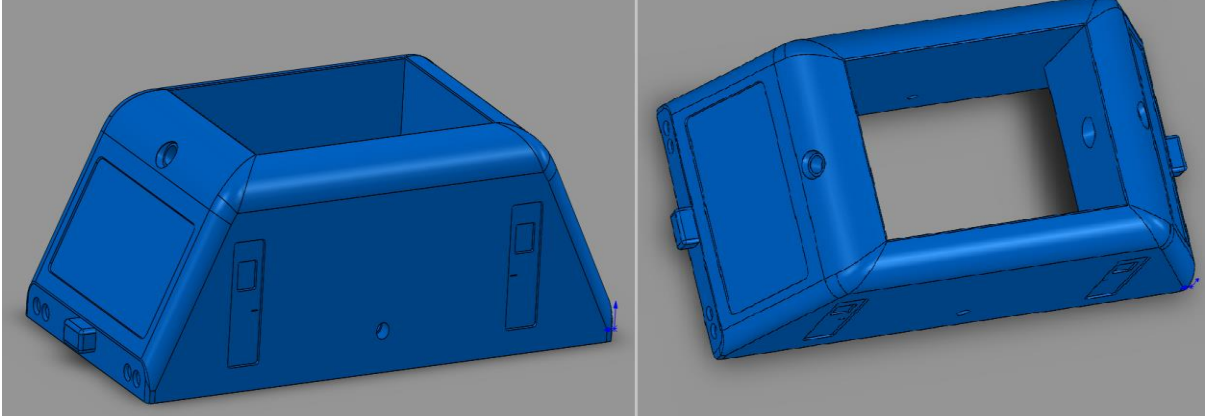
Şekil 14. Sesli ve Işıklı Uyarı Verici Buzzer ve LED Devre Şeması



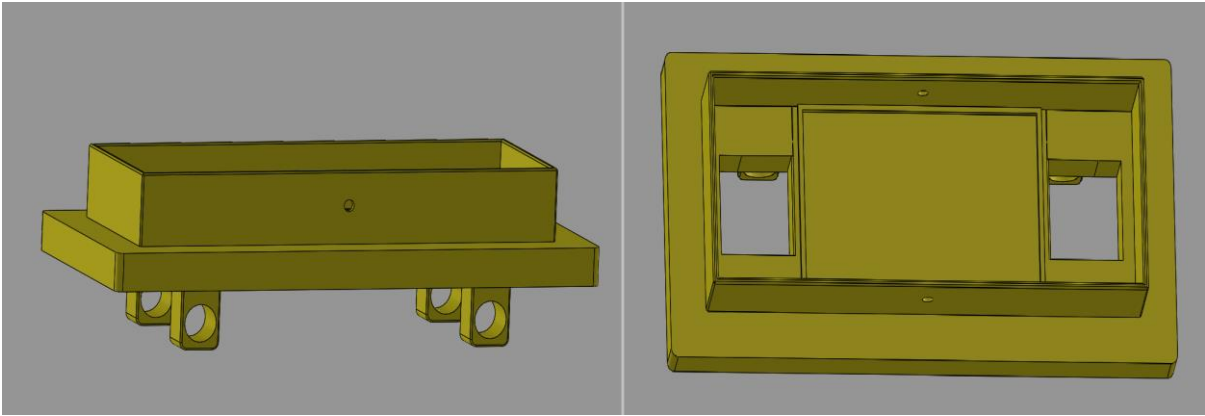
Şekil 20. Trenin PCB Çizimi

2.3.2 Mekanik Tasarım

Projemizin, aslına elden geldiğince benzemesi için öncelikle Solidworks programında CAD tasarımı yapılmıştır.

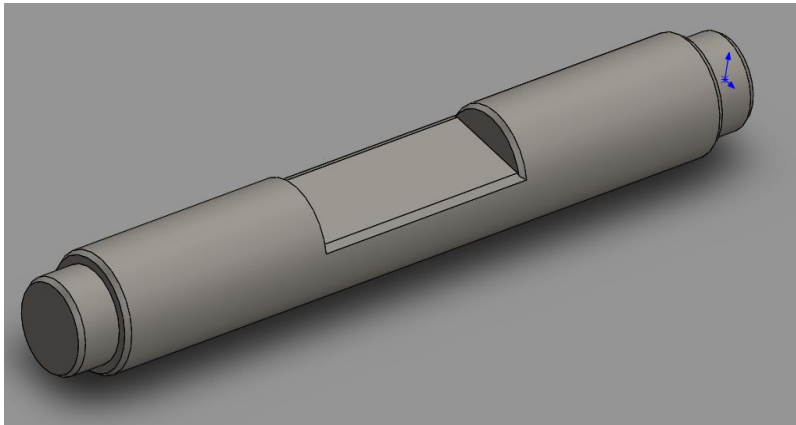


Şekil 15. Tren Gövde Mekanik Çizim

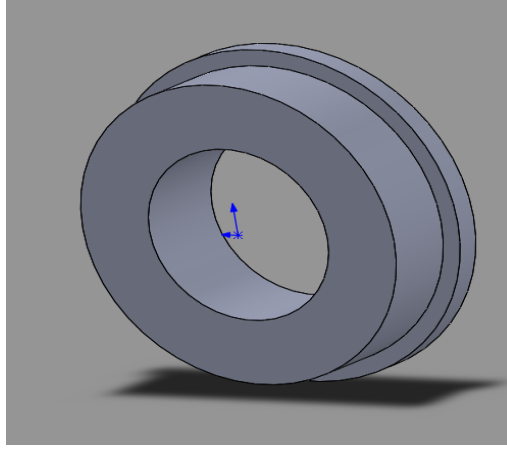


Şekil 16. Tren Şasi Mekanik Çizimi

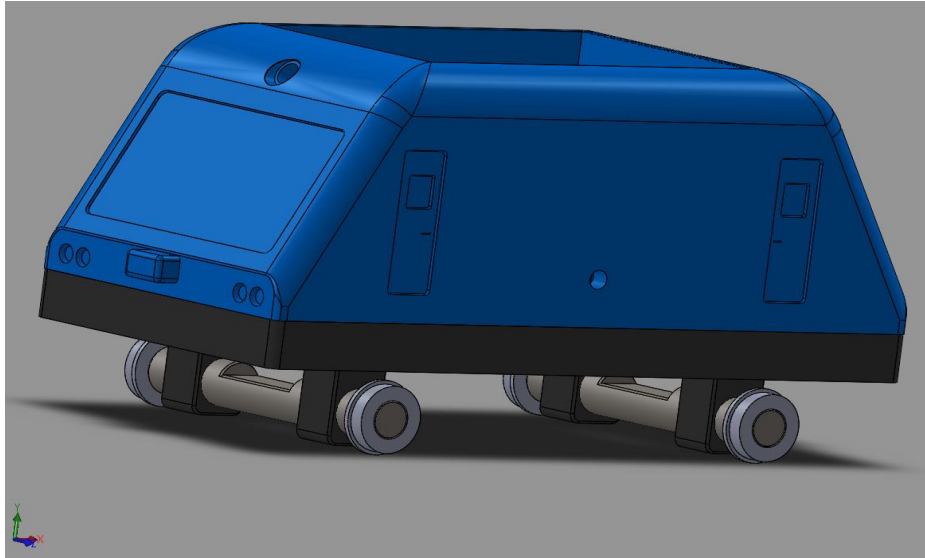
Vibrasyon motorunun titreşimi raya verebilmesi için tekerlek mili sert çelik malzemeden imal edilmiştir.



Şekil 17. Tekerlek Mili Mekanik Çizimi



Şekil 18. Tekerle Olarak Kullanılan Flanşlı Rulman



Şekil 19. Trenin Montajlanmış Hali Mekanik Çizimi

Sıra No	Malzeme Adı	Malzeme Özelliği	Adet
1	On-Off Anahtar	NO Anahtar	2
2	Titreşim Motoru	Arduino Titreşimli Motor Modülü	1
3	Titreşim Sensörü	Eksen İvme ve Gyro Sensörü	1

4	Arduino	Arduino Nano	1
5	LCD Ekran	5V 2X16 LCD Ekran	1
6	Potansiyometre	10k Potansiyometre	1
7	Kondansatör	Kutuplu (100uF-330uF) Kondansatör	2
8	Diyot	Diode stand single 1A 1000V THT DO41	1
9	Bobin(İndüktör)	330μH Ekransız Tel Sarımlı İndüktör 40mA 34Ohm Maks 2-SMD, J-Lead	1
10	Regülatör	5V çıkış gerilimine sahip anahtarlama voltaj regülatör	1
11	Direnç	2 adet 10k, 1 adet 220R direnç	3
12	Lamba	5V LED	1
13	Buzzer	12mm 9V-15V-7.5mm 83dB Devreli Buzzer	1
14	Batarya	9V Pil	1

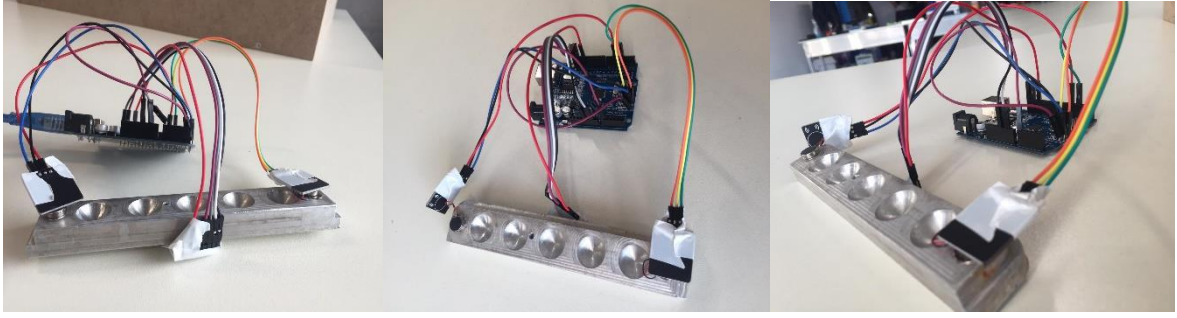
Tablo 2. Proje Malzeme Listesi

3. Proje İş-Zaman Çizelgesi

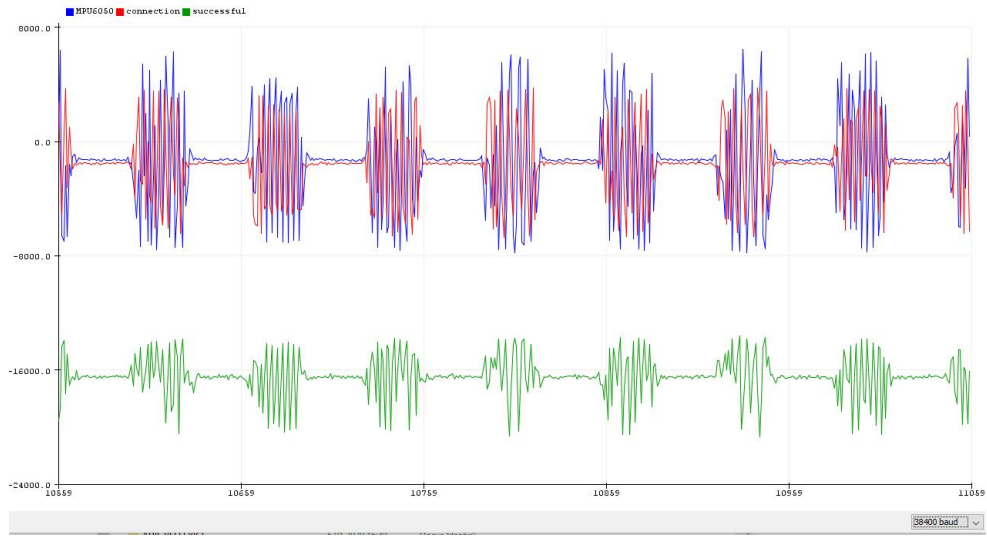
AYLAR					
İşin Tanımı	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK
Literatür Taraması	X	X	X	X	X
İş Planı & Paylaşımı	X	X			
Verilerin Toplanması& Analizi (Şekil 21,22,23.)	X	X	X	X	X
Proje Raporu Yazımı	X	X	X	X	X
Projenin Elektronik Çizimi (Şekil 9,10,11,12,13,14,20.)	X	X			
Projenin Yazılımı	X	X	X	X	X
Projenin Mekanik Tasarımı (Şekil 15,16,17,18,19.)		X	X	X	
Uygulamalar (Şekil 24,25.)			X	X	X

Tablo 1. Proje İş-Zaman Çizelgesi

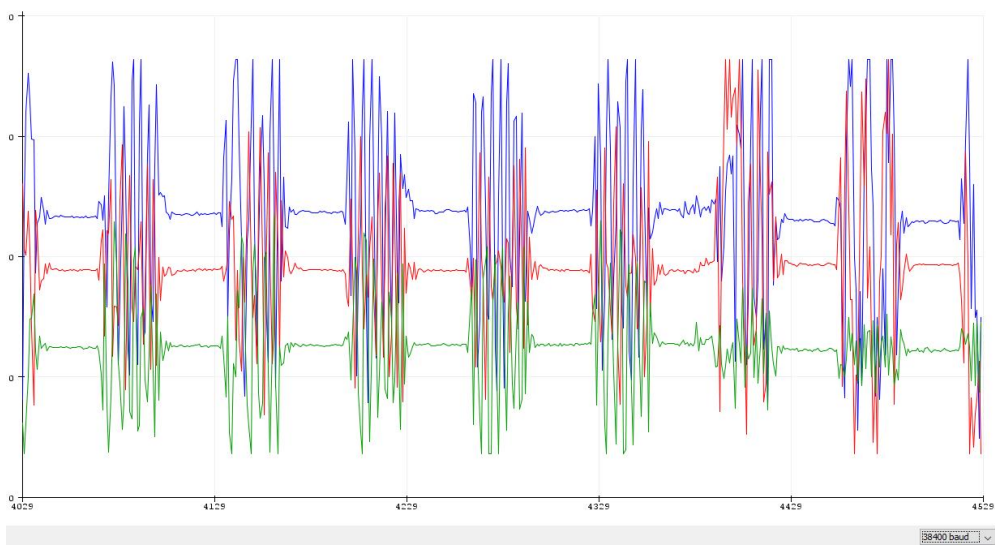
4. Bulgular



Şekil 21. Titreşim Motoru ve Sensörünün Test Edildiği Fotoğraflar

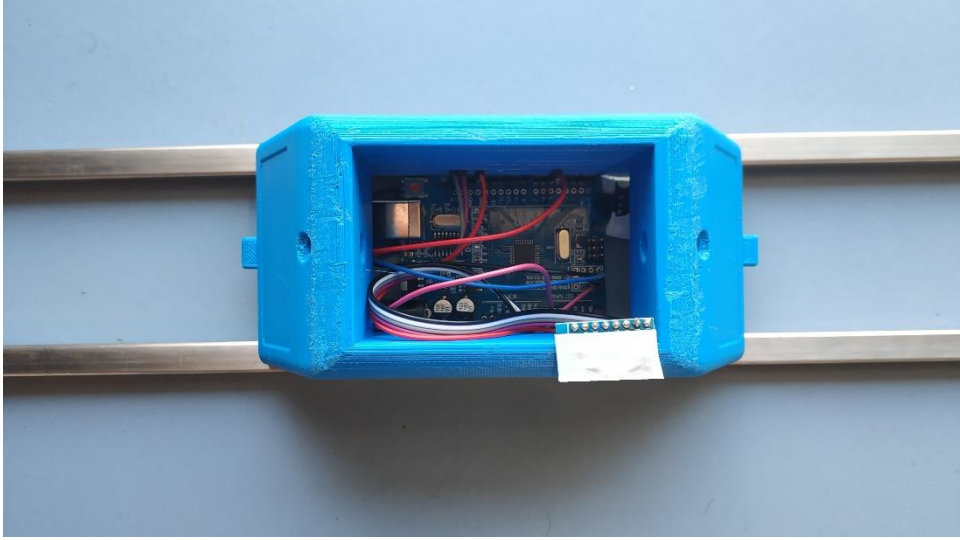


Şekil 22. Hatta Tek Tren Olduğunda Sensörden Elde Edilen Grafik



Şekil 23. Aynı Hatta İki Tren Olduğunda Sensörden Elde Edilen Grafik

Şekil 21’de gözlemlenen çalışmada hat üzerindeki trenin titreşim motoru aktif edilmiştir ve titreşim sensörünün algıladığı değerler yani trenin bulunduğu ray üzerindeki titreşim şiddeti Şekil 22’de verilmiştir. Daha sonra diğer bir tren aynı hat üzerine getirilmiştir. Bu sırada, aynı hat üzerindeki iki tren bulunurken (Şekil 25), trenin titreşim sensörünün okuduğu değerler ise Şekil 23’de verilmiştir. Projede bu okunan değerler arası farklardan yola çıkarak aynı ray üzerinde kaç tren olduğu görülebilmekte ve sonuca göre ikaz sistemi devreye girmektedir.



Şekil 24. Titreşim Sensörü ve Trenin Üstten Görünümü



Şekil 25. Aynı Ray Üzerindeki İki Tren

5. Sonuç, Tartışma

Aynı rayda iki trenin olmasından kaynaklanan tren kazaları ciddi can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Bunu engellemek için var olan GSM ve IR temelli tren çarpışma ikaz yöntemleri incelenmiş GSM yönteminin hava şartlarında ve sinyal bozuculardan etkilendiği, IR temelli sistemin ise olumsuz hava şartlarından etkilendiği ve menzilin kısa olduğu görülmüştür. Bu eksikleri gidermek için titreşim temelli tren çarpışma ikaz sistemini geliştirilmiştir. Yaptığımız deneylerde aynı rayda, aynı frekans ile titreşim üreten iki adet tren maketi kullanılmıştır. Her tren üzerinde bulunan titreşim sensörü hatta başka bir tren yoksa sadece kendi titreşimi algılamaktadır. Titreşim algılama zaman domeninde olursa sensörden elde edilen veriler, sürekli değişmekte ve parazit almaktadır. Okunan titreşim değerleri Arduinoya yazılan program ile FFT yöntemi kullanılarak frekans domenine çevrilmiştir. Deneyde kullanılan her bir trenin yaklaşık 300 Hz de titreşim sağladığı görülmüştür. Okunan bu titreşimin büyüklüğü ikinci trenin aynı raya yerleştirilmesi ile arttığından dolayı yapılan yazılım ile ayırt edilerek sesli ve ışıklı ikaz sistemi devreye alınmıştır. Gerçek uygulamalarda trenin hareket halindeyken ürettiği doğal titreşimler olsa da FFT yöntemi ile bu titreşimler frekans bileşenlerine ayrılabilirdiği için hangi frekans aralığının diğer trenden, hangi frekans aralığının trenin doğal hareketinden kaynaklandığının kolaylıkla ayır edilebileceği öngörülmektedir. Geliştirilen bu sistem hava ve çevresel şartlardan etkilenmediği için tren, merkezi otomasyon sisteminden tamamen çıksa dahi üzerindeki titreşim temelli ikaz sistemi sayesinde diğer treni algılayabilecek ve treni kullanan makiniste durması için zaman kazandıracaktır. Sistem bu haliyle de var olan sinyalizasyon ve otomasyon elemanlarına tamamlayıcı bir emniyet elemanı olarak adapte edilebileceği gibi sinyalizasyondan bağımsız da çalışabilir.

Bu projeyi yapmadaki yegâne arzumuz, ülkemizde tren çarpışmalarından kaynaklanan kazaları engelleyerek insanımızın daha güvenli yaşaması için katkıda bulunmaktır.

6. Öneriler

Titreşim sensöründen aldığımız değerler sayesinde aradaki mesafe hakkında yorum yapılabilir ve buna dayanarak aradaki mesafe azaldıkça sesli uyarı şiddeti artırılabilir.

Her trenin kendisine özgü bir titreşim frekansı oluşturulup hangi iki trenin aynı raya girdiğini ayırt edecek çalışmalar yapılabilir.

Kaynaklar

Ürün A. Y., Gülbahar V. (1972). Demiryolu Sinyalizasyonu ve Yeni Teknikler. Elektrik Mühendisliği Dergisi, Mart 1972, Sayı:183. Erişim Adresi:

http://www.emo.org.tr/ekler/0e888e0e8706954_ek.pdf?dergi=369

Bayram, M., (2018, Aralık 13). Son dakika... Ankara'da Yüksek Hızlı Tren kazası. Hürriyet. Erişim Adresi:

<http://www.hurriyet.com.tr/gundem/son-dakika-ankarada-yht-kazasi-41050307>

Biçer, İ. (Haziran, 2015). Raylı Sistemlerde Araç-Araç Haberleşmesi ile Çarpışma Uyarı Sistemi Geliştirilmesi, (Yayımlanmış yüksek lisans tezi), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi/ Raylı Sistemler Anabilim Dalı, Eskişehir. Erişim Adresi:

<http://openaccess.ogu.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11684/500/10075531.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Elektrik Port (2015, Temmuz 12). GPS Nedir? Mevcut Çalışmalar ve Problemler, Erişim Adresi:

<https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gps-nedir-mevcut-calsmalar-ve-problemler/4278#ad-image-0>

Anjali bissa, Jayasudha, Narmatha, Rajmohan, 2013, March, IJREAT International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology, Volume 1, Issue 1. Erişim Aresi:

https://www.academia.edu/7766766/Train_Collision_Avoidance_System_Using_Vibration_Sensors_And_Zigbee_Technology

AYDIN, İ. (2019). Fırat Üniversitesi BMÜ Ders Notları. Erişim Adresi:

http://web.firat.edu.tr/iaaydin/bmu357/bmu_357_bolum4.pdf

Şekil 1, Erişim Adresi:

<http://www.hurriyet.com.tr/gundem/son-dakika-ankarada-yht-kazasi-41050307>

Şekil 2, Erişim Adresi:

https://rdso.indianrailways.gov.in/view_section.jsp?lang=0&id=0,2,461,558

Şekil 3, Erişim Adresi:

https://www.academia.edu/7766766/Train_Collision_Avoidance_System_Using_Vibration_Sensors_And_Zigbee_Technology

Şekil 4, Erişim Adresi:

<https://www.robotistan.com/saftsiz-titresim-motoru-10x3mm-50mm-kablo-boyu>

Şekil 5, Erişim Adresi:

<https://www.ebay.com/itm/Vibration-Motor-Module-Motor-Mobile-Phone-Vibrator-for-Arduino-UNO-R3-Mega2560-/372746247329>

Şekil 6, Erişim Adresi:

<https://www.hobidevre.com/MPU-6050-6-eksen-gyro>

https://seeeddoc.github.io/Xadow-IMU_6DOF/

Şekil 7, Erişim Adresi:

<https://ibb.co/KmFMwVT>