

İVMEÖLÇER İLE ALINAN YOLUN HESAPLANMASI VE ARACIN BAŞLANGIÇ KONUMUNA DÖNMESİ

**Yusuf TETİK¹, Erman KÖYBAŞI², Sabri BİCAKCI³, Can Candan⁴,
Davut AKDAŞ⁵**

¹yusuf_tetik@hotmail.com Balıkesir Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

²ekoybasi@balikesir.edu.tr Balıkesir Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

³sbicakci@balikesir.edu.tr Balıkesir Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

⁴ccandan@kkk.tsk.tr 6. Ana Bakım Merkez Komutanlığı, 10145 Balıkesir

⁵davut_akdas@yahoo.co.uk Balıkesir Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

ÖZET

Bu çalışmada, İvmeölçer ile herhangi bir nesnenin serbest hareketinden sonra ivmeölçer ile aldığı mesafenin hesaplanması ve nesnenin elektronik ve elektromekanik sistemler yardımıyla başlangıç noktasına getirilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada MMA7341LC ivme sensörü ve 18F4620 mikroişlemci ile tasarlanan elektronik devre ile Redüktörlü DC Motor ve Clutch Motor ile tasarlanan elektromekanik sistem kullanılmıştır. Çalışmanın, günümüzde kullanılmakta olan Küresel konumlama sistemi(GPS-Global Positioning System)'ne alternatif olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İvme sensörü, MMA7341LC, İvmeölçer

ABSTRACT

In this study, the accelerometer and the free movement of any object in the distance calculation with the accelerometer and is aimed to be the starting point of the object with the help of electronic and electromechanical systems. In this study, the acceleration sensor and the 18F4620 microcontroller designed with MMA7341LC Geared DC Motor and Clutch Motor with electronic circuit designed with the electromechanical system is used. Study, the currently used global positioning system (GPS-Global Positioning System), what is thought to be an alternative.

Key words: acceleration sensor, MMA7341LC, accelerometer

1.GİRİŞ

Günümüzde gelişmekte olan yarıiletken teknolojisi sayesinde MEMs (Micro-ElectroMechanical System) yapılar sayesinde ivme sensörleri devre üzerinde entegre kılıf içerisine girebilmektedir. Bu sayede ivme sensörleri çeşitli uygulama alanları bulabilmektedir. Medikal uygulamalarda; örneğin yaşlıların yere düşme algılamalarında, güvenlik uygulamalarda örneğin; korunacak cismin yer değişimlerinde, MMI (Man-Machine İnterface-İnsan Makine Arayüzü) uygulamalarında; örneğin simülasyon çalışmalarında ve daha birçok alanda ivme sensörleri kullanılmaktadır.

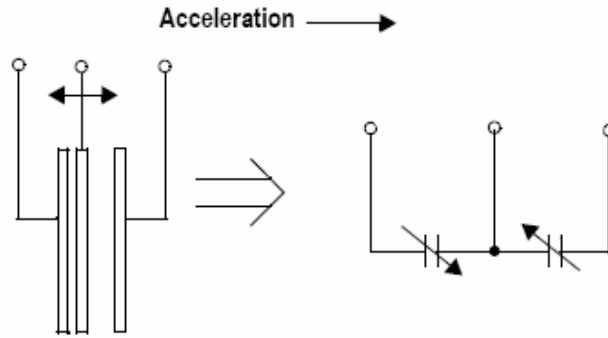
Alternatif olacağı düşünülen sistem olan GPS sisteminin kullanımı günümüzde göz ardı edilemez. Birçok alanda GPS sistemi kullanılmaktadır. Ancak GPS sisteminde de bazı dezavantajlar bulunmaktadır.

Kullanıcılar GPS sinyalini herhangi bir sebepten alamazlarsa yer konumlandırmaları hakkında bilgi sahibi olamazlar, bu durumda çeşitli sıkıntılara yol açar. Kaldı ki GPS sisteminde bile ivme ölçer sistemi kullanılmaktadır.

Geliştirilecek bir ivme ölçer sistemi ile kullanıcının başlangıç noktası belli olacağından, her durumda kullanıcı en azından başlangıç noktasına dönebilecektir. İleride yapılması öngörülen İnsansız taşıtların trafiği için de bağlantısız bir sistemin olası haberleşme sorunlarının önüne geçecek ve bu sistemin en önemli doğrulayıcısı olacak, gerektiğinde kontrolünü ele alarak taşıt güvenliğini sağlayacaktır.

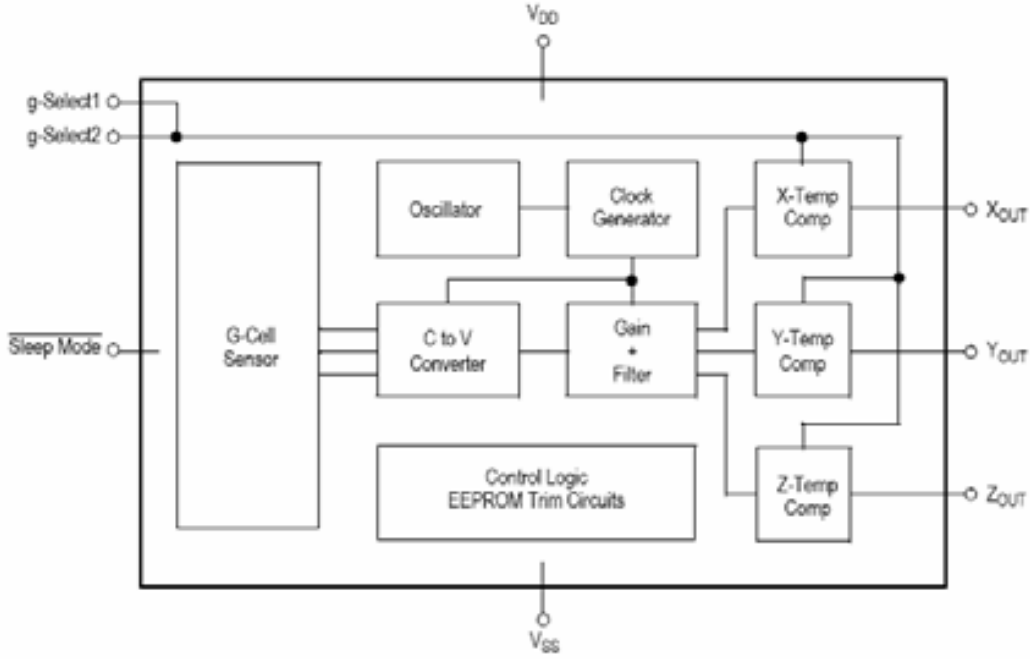
2.İVME SENSÖRLERİ

İvme sensörleri, ivme, titreşim ve mekanik şok değerlerini ölçmede kullanılan elektromekanik elemanlardır. İvme sensörlerinin farklı çalışma yöntemleri vardır. Bazı ivme sensörleri piezoelektrik etkiyi kullanır. İçerdikleri mikroskobik kristal yapılar ivmesel kuvvetle gerilir; bu da voltaj üretilmesini sağlar. Bir başka yol da kapasitedeki değişimi algılamaktır. Birbirine yakın iki mikro yapı arasında kapasitif etki oluşur ve kapasitans değeri açığa çıkar. Kapasitif İvmeölçer; kapasitif iletim prensibi kullanılır. Sismik kütle olarak bir diyafram kullanılır. Bir ivme etkidiği zaman sabit elektrot ile sismik elektrot arasındaki mesafe değişir. Mesafenin değişmesiyle kapasitans değişir ve ivme ile orantılı bir çıkış elde edilir (Şekil 1)[1].



Şekil 1. Basitleştirilmiş Fiziksel Algılayıcı Model [1]

"G-Cell Sensör"ü olarak adlandırılan blok, Şekil 2'de verilen fiziksel modeli içeren 3 adet (x,y,z eksenleri için) birer yarıiletken kapasitif algılayıcıdan oluşmaktadır. "C to V Converter" olarak adlandırılan blok kapasite ölçümü köprü devresinden oluşmaktadır. Bunu takip eden "Gain+Filter" bloğu integral alıcı ve rms işaretin ortalamasını alarak buna kazanç ekler. İçerisinde bulunan "oscillator" ve "Clock generation" bloğu kapasite ölçümü için gerekli olan osilatör işaretini oluşturur. "X-Temp Comp", "Y-Temp Comp", "Z-Temp Comp" blokları sıcaklığa bağlı olarak yarıiletken yapıda meydana gelen değişikliklerden dolayı ölçüm hatalarını gidermek için kompanzasyon devrelerini ve hassasiyeti ayarlamak için gerekli devreleri içerir[1].



Şekil 2 Kapasitif İvme Sensörü [1]

Bir ivme sensörünün çıkış işareti offset, yükseltme ve filtreleme gibi işlemlere ihtiyaç duyar. Analog çıkış gerilimli ivme sensörleri için çıkış işareti, ivmelenmenin yönüne bağlı olarak pozitif veya negatif gerilim olabilir. Diğer sensörlerde olduğu gibi analog-dijital çevirici için değer ölçeklendirilmeli ve/veya maksimum kazanç elde edilebilecek oranda yükseltilmelidir[2]. İvme sensörleri bir, iki ve üç eksenle ayrı ayrı ya da birlikte ölçüm yapabilecek yeteneğe sahiptir. En çok kullanılan türü iki eksenli olanlardır. Ancak üç eksenli ivme sensörleri giderek yaygınlaşmakta ve ucuzlamaktadır. İvme sensörünün, yerçekimi ivmesini ölçme amaçlı eğim sensörü olarak kullanılması halinde çıkış aralığının $\pm 1.5g$ civarında olması yeterlidir. Çarpma sensörü olarak kullanılması halinde (en yaygın olanı müzikal uygulamalardır) $\pm 5g$ yeterlidir.

İvme ölçümü işlemi çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Hız, konum, çarpma, titreşim ya da yerçekimi ivmesinin ölçülmesinde kullanılabilir[3]. İki eksenli ivme sensörlerinin kullanıldığı uygulamalarda pitch (uçanın kanattan dönme hareketi) ve roll (uçanın burundan dönme hareketi) ölçülebilir[4]. Bu ölçüm kafa hareketlerinin elde edilmesinde oldukça etkilidir. Üçüncü eksen üç boyutlu uzayda oryantasyonu gözlemlemek için eklenebilir. Ayrıca model uçaklarda oldukça fazla kullanılmaktadır. Çarpma detektörü olarak kullanımında ivme sensörü, ivmedeki ani değişimleri tespit eder. Bu ani hareket aşırı sönümlü bir titreşim olarak algılanır. Bilgisayarın düşmesi halinde yere çarpmayı algılayarak hard disk korumaya alan sistemler bulunmaktadır[5].

2.1 İvme Sensörü Seçimi

İvme sensörlerinin analog ve sayısal çıkış veren tipleri bulunmaktadır. Analog çıkışlı ivme sensörleri ivme değerine bağlı olarak sürekli bir gerilim verirler. Sayısal ivme sensörleri çıkış için çeşitli arayüzleri destekleyen (I2C, SPI, UART, vs...) modelleri olduğu gibi modüle edilmiş şekilde çıkış veren (örn PWM) modelleri de mevcuttur.

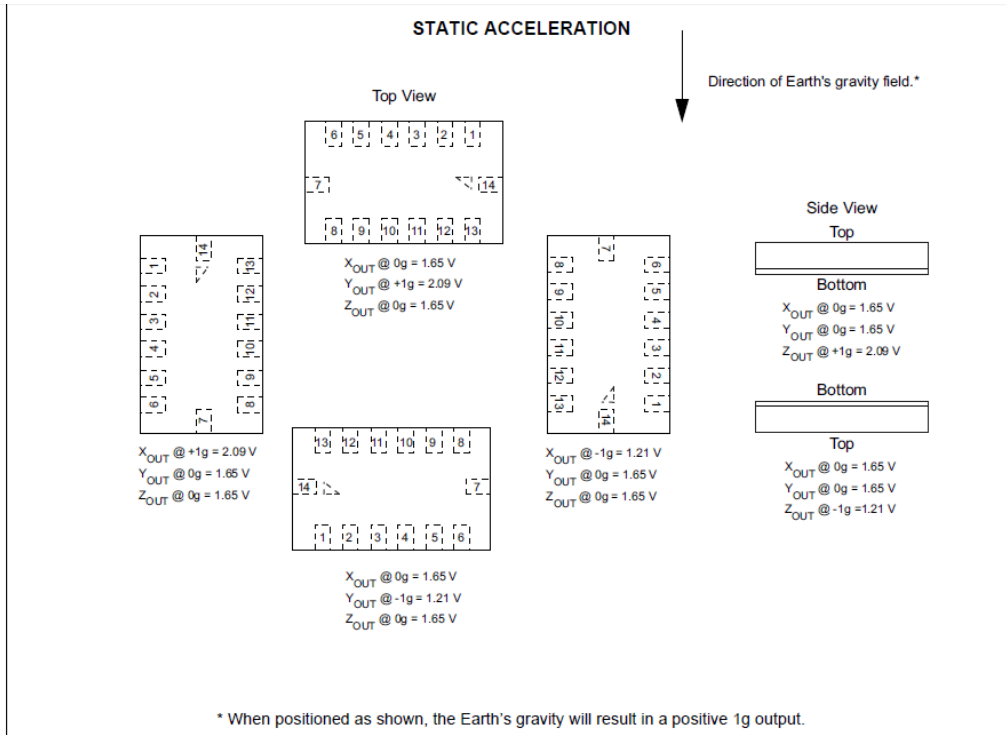
İvme sensörü seçerken aşağıdaki özellikler göz önünde bulundurulmalıdır:

- **Eksen sayısı:** Birçok proje için 2 eksenli ivme sensörü yeterli olmaktadır. Fakat 3 boyutlu pozisyon isteniyorsa 3 eksenli ya da doğru açılarda yerleştirilmiş 2 eksenli ivme sensörleri kullanılabilir.
- **Maximum salınma:** Yerçekimi ivmesini kullanarak yalnızca eğim ölçülmek isteniyorsa +1,5g 'lik ivme sensörü yeterli olur. Eğer araba, uçak ya da robotun hareketi saptanmak isteniyorsa +10g 'lik bir sensör yeterli olacaktır. Ani başlangıçlar ya da durmaların olduğu projelerde +300g'ye kadarlık sensörlere ihtiyaç duyulabilir.
- **Hassaslık:** İvmenin hassas ölçümü işaretle daha büyük değişimlerin olmasını sağlar. Daha büyük sinyal değişimleri ölçümü kolaylaştırarak doğru sonuçlar meydana getirir.
- **Bant genişliği:** Yavaş eğimli hareketleri algılama uygulamalarında 50 Hz yeterli olmaktadır. Titreşim ölçümü yapılıyorsa ya da hızlı hareket eden bir makine kontrol ediliyorsa bant genişliğinin yüksek olması gerekir. MEMS yapıdaki ivme sensörleri genelde 100-500Hz band genişliğine sahiptir.
- **Empedans/Bufferlama:** Bir çok ADC'nin düzgün çalışabilmesi için bağlanan elemanın çıkış empedansının 10 k Ω un altında olması gerektiği belirtilmektedir. Bazı üreticilerin analog ivme sensörleri 32 k Ω luk bir çıkış empedansına sahiptir. Bunun çözümü çıkış empedansını düşürmek için bir 'düşük giriş ofseti bulunan rail to rail op amp' ını buffer olarak kullanmaktır[6].

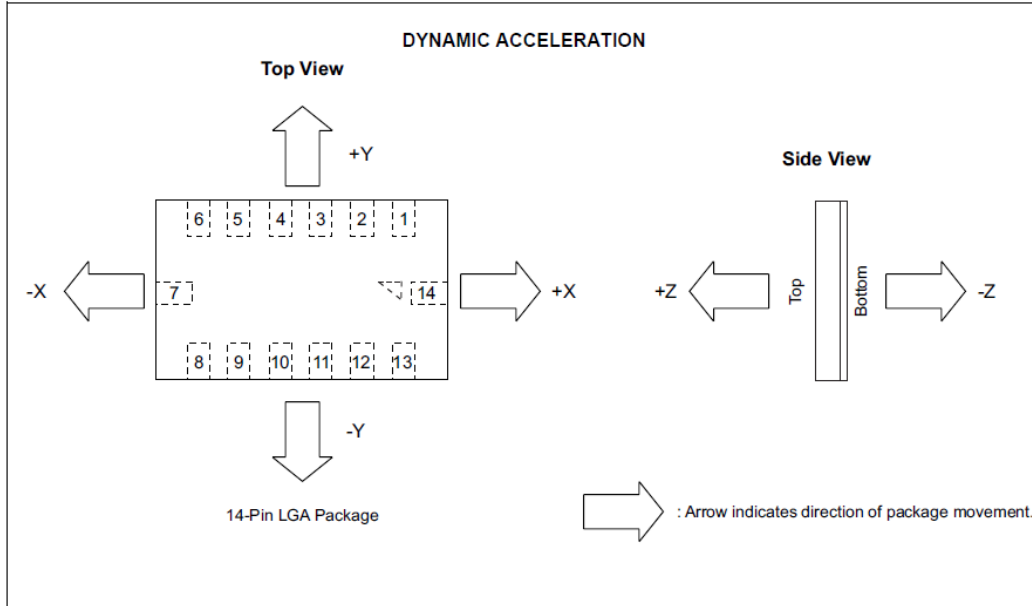
Bu uygulamada Freescale MMA7241LC 3-eksenli ivme sensörü kullanılmıştır. İvme sensörüne ait statik ivme gerilimleri Şekil 3'de görülmektedir. Dinamik ivme pozisyonları Şekil 4'de görülmektedir.

MEMS Yapıdaki MMA7341LC Sensörü Özellikleri

- +3g/+11g ayarlanabilir 3 eksenli ivme sensörü
- Düşük güç tüketimi (500uA@3V)
- Uyku modunda 3uA akım tüketimi
- Düşük besleme gerilimi 2.2V-3.6V
- Hızlı açma zamanı
- XY ekseninde 400Hz, Z 300Hz frekans yanıtı
- Çıkış gerilim aralığı Vss+0.25V ve Vdd-0.25V
- Çalışma aralığı içinde %1 doğrusallıktan sapma
- Çapraz eksen hassasiyeti (Vxy, Vzx, Vyz) %5 (çapraz eksenlerden 90 derece ile uygulanan ivmeyi çıkarma hassasiyeti) sayılabilir[1].



Şekil 3 Statik İvme (Ok yerçekimi yönünü göstermektedir)[1]



Şekil 4 Dinamik İvme (Oklar hareket yönünü göstermektedir)[1]

2.2. Fiziksel Büyüklükleri Ölçme

Uygulama da kullanılan ivme sensörü sayesinde X-Y ve Z eksenlerinde oluşan ivme büyüklükleri ölçülerek matematiksel bağlantılardan yararlanarak yol hız ve ivmeye dair fiziksel büyüklükler ölçülebilir.

İvme hız ilişkisi;

$$V(t) = \int a(t).dt + V_0 \quad (1)$$

Hız yol ilişkisi;

$$x(t) = \int V(t).dt + x_0 \quad (2)$$

V(t) : Hız
a(t) : İvme
V₀ : İlk Hız
x(t) : Son konum
x₀ : Başlangıç konumu

İvme hız ve alınan yolun sürekli ifadeleri olmasına karşın sensörden alınan veriler ayrıklaştırıldığı için bu işlemleri ayrık olarak gerçekleştirmek gerekmektedir. Bu durumda sayısal integralden kaynaklanan hatalar karşımıza çıkmaktadır. Eğer ivme sensöründen alınan veriye göre yolu bulmaya çalışıyorsak iki kere integral alacağımız için (1) nolu denklemdeki hata toplanarak (2) nolu denklemde karşımıza çıkmaktadır. Örnekleme periyodunu ne kadar sıklaştırabilirsek o kadar az hatalı integral sonucu alabiliriz. Ancak bu durumda daha fazla hafıza, daha hızlı ADC, daha güçlü işlemci ve daha fazla güç gerekmektedir. Bu çalışmada hem işlem kolaylığı olması açısından hem de çalışmanın yalınlığı için örnekleme aralığı 1 sn ile yapılmıştır.

3. TASARLANAN İVME ÖLÇER SİSTEMİ

Yukarıda açıklanan PİC ve İvmeölçer tabanlı yapılan sistemde öncelikle İvmeölçerin "x" yönünü kullanılmıştır. "x" yönüne eşlik eden "y" ve "z" yönlerinin her birisi ivmeölçerin sabit durması veya eksenini ilgilendirmeyecek biçimde yapılan hareketlerde sabit analog voltaj üretmektedir. Yeryüzünde daima yerçekimi olduğundan "yerçekimi ivmesi" sebebiyle gerilim altındaki ivmeölçerin eksen uçlarında her zaman gerilim mevcuttur. İvmeölçer bilgi sayfasından alınan bilgilerde her üç eksenin değişik açılarda maruz kaldığı yerçekimi karşısında verdikleri gerilimleri test edilerek doğrulanmıştır. Şekil 3'te görülen pozisyonlarda test edilen değerlerde yakın değerlerdir.

Yukarıda görülen Statik ivme tablosunda ivmeölçer z yönü yerçekimine bakacak şekilde durduğunda dikkat edilirse x ve y eksen çıkışları eşit voltaj üretmektedir. Bu durumda y ekseninde hareket olmadığı durumlarda çıkışın x çıkışının eşiti olmaktadır. Bu sebepten dolayı y eksen ucunu referans kabul ederek, x eksen ucuyla fark op-amp devresi oluşturulmuştur. Statik durumda veya sadece x yönünde hareket edecek sensörün, y eksen ucunun çıkış gerilimi değişmeyeceğinden, x eksenini boyunca alınacak yol boyunca ivme çıkışları eşit olana kadar fark devresi PIC girişindeki Evirmeyen yükselteç devresine gerilim iletecektir. Gerilim Evirmeyen yükselteç tarafından 10 kat artırıldıktan sonra PİC'in analog giriş portu olan A portundaki 0 nolu uca girilmiştir. Buradan sonra gelen gerilim PİC tarafından dijital olarak yorumlanacak ve sisteme bu şekilde yazılacaktır. PIC yazılımda öncelikle analog giriş okunacaktır, daha sonra okunan dijital bilgi $1g = 9,8 \text{ m/sn}^2$ olduğundan ve 1g için 4,4V gerilim girişi beklendiğinden, beklenen gerilim bilgisi $9,8/4,4 = 2.2272 * 0.0048828125$ saniye başına dijital gerilim bilgisi olur. Bu değer gelen sinyalin okunma esnasında alacağı değeri bulacaktır. Programda yapılan hesap döngüsü için verilen değerler içindeki değerlere ulaşırsa program "hesap" dallanması yapar. Bu arada 1sn'lik periyotlar TIMERO kesmesi ile yapılmıştır. Yapılan hesap ile TIMERO taşma biti her 1 sn'de taşma

yaparak gereken zaman sinyalini üretmektir. Hesap döngüsü altında ise alınan yol hesabı yapılmaktadır. Buradaki amaç ise kayıt altına alınan ivmelerin öncelikle $\frac{1}{2}$ *birim zamanın(1 sn) karesine bölünmesi ile alınan yolun bulunmasıdır. Her alınan bilgi için bu hesaplama yorumlanır ve "dönüş" dallanmasına geçilir. Elimizde alınan toplam yol bilgisi bulunmaktadır. İvme ölçer üzerinde -x yönünde hareket algılama özelliğinden faydalanarak sistem motorları enerjilendirildikten sonra geriye doğru başlayan hareket A portunun 1 nolu ucuna gelen analog sinyalin karşılaştırıcı ve yükseltici vasıtasıyla alınan değeri programla yorumlanarak geriye alınan yol hesaplanıp, döngü içinde elde edilen yol ile karşılaştırılacaktır. Değerler eşitlendiğinde motorların enerjisi kesilecektir. Bu arada sistemde görülen motorlardan biri Clutch Motor(Fren motor)'dur. Bu motorun amacı serbest ivme hareketi boyunca DC motorun atalet momentini sistemden uzak tutmaktır. Redüktörlü motor sistemin çalışması için gerekli mekanik enerjiyi sağlamaktadır.

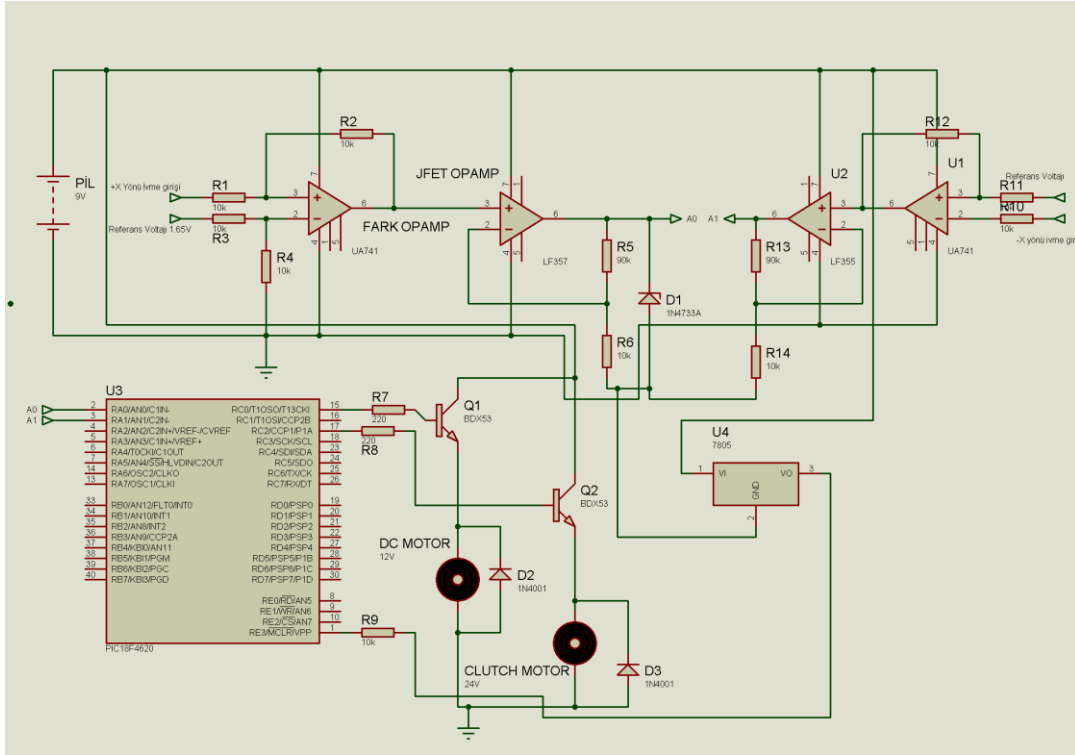
4. SONUÇ

Bu çalışmada Microchip firmasının ürettiği 18F4620 işlemci ve Freescale'a ait MMA7241 ivme sensörü kullanılarak geliştirilen donanım üzerinde denemeler yapılmıştır ve uygulamayı geliştirmeye yönelik yapılan çalışmalara değinilmiştir. İvme sensörü kullanılarak; hız, yol ve sensörün tepkiselliğine bağlı olarak mesafe ölçme yöntemlerine değinilmiş ve uygulama olarak ivme simülasyonunun nasıl yapılacağına dair bir çalışma örneği verilmiştir.

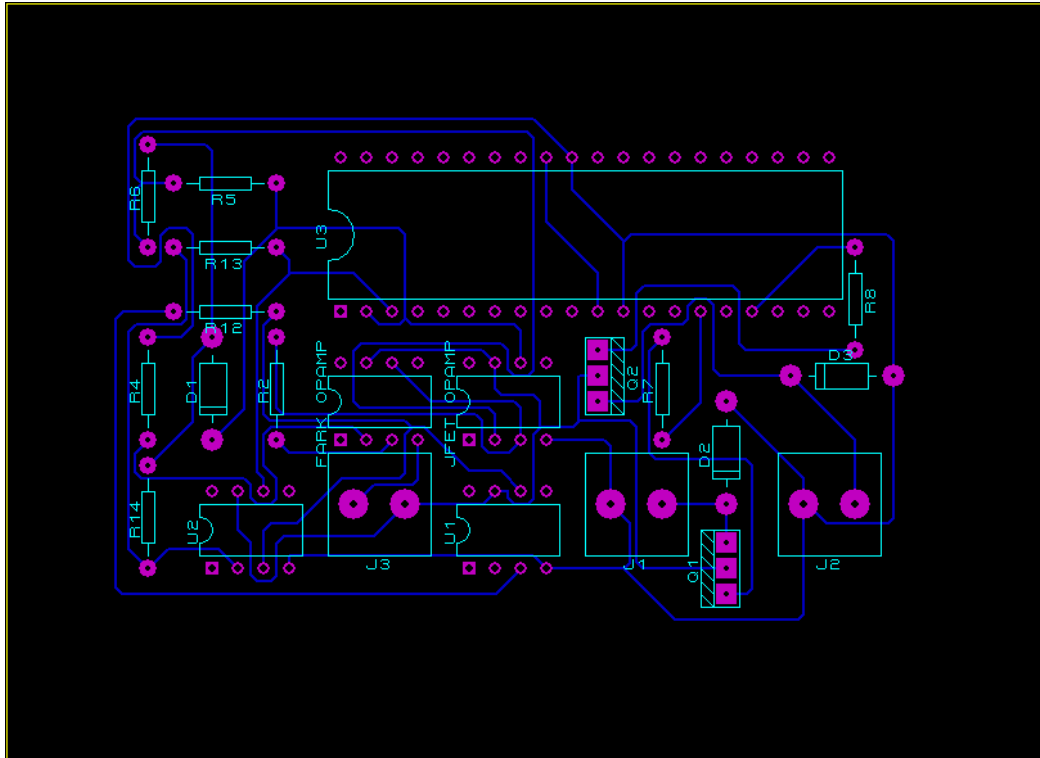
5. KAYNAKLAR

- [1] http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7341LC.pdf
- [2] VERPLAETSE, C., Inertial Proprioceptive Devices: Self-Motion-Sensing Toys and Tools, IBM Systems Journal, 35:639-650, 1996.
- [3] WALTER, P.L., Trends in Accelerometer Design for Military and Aerospace Applications, **Sensors Magazine**, 1999.
- [4] SEBASTIAN T., S. AND D'ANDREA, R., Accelerometerbased Tilt Estimation of a Rigid Body with only Rotational Degrees of Freedom, **IEEE International Conference on Robotics and Automation**, 2630-2636, 2010.
- [5] ROB, O., KHENKIN, A., HARNEY, K., Managing Acoustic Feedback: Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) Contact Microphones for Musical Instruments, **Acoustics Today**, 28-32, 2008.
- [6] KADIOĞLU T., DİNÇER H., İvme Sensörü Uygulaması, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, 2010

5. EKLER



Proje Proteus çizimi



Proje Ares Çizimi