

# Küresel Yerbulum Sistemi (GPS) Kullanan Mikrokontrolör Tabanlı Veri Toplama Sistemi Tasarımı

**Prof. Dr. Doğan İbrahim**  
Yakın Doğu Üniversite'si,  
Biyomedikal Mühendisliği  
Bölümü, Lefkoşa, KKTC  
E-mail: dogan@neu.edu.tr



## ÖZET

Küresel Yerbulum Sistemleri (GPS) hemen her türlü navigasyon işlerinde kullanılmaktadırlar. Halen GPS alıcı sistemleri cep telefonları büyüklüğünde olup büyük LCD ekranları bulunmaktadır. Bunun yanında, elektronik projelerde kullanmak üzere çok küçük boyutlarda GPS alıcı modülleri bulmak da mümkündür. Bu yazımızda, mikrokontrolör destekli bir GPS alıcısı sistemi tasarımı yapılmış ve kullanıcının koordinatlarının (enlem ve boylam) SD kart tipi bir flaş bellekte nasıl saklanabileceği açıklanmıştır. Saklanmış olan bu veriler daha sonra kullanıcının izlemiş olduğu yolun takibi ve bunun gibi birçok projelerde kullanılabilir.

## 1. GİRİŞ

Küresel Yerbulum Sistemleri günümüzde birçok ülkelerde kara, deniz, ve hava yerbulum ve navigasyon (yöngüdü) uygulamalarında çok yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Uydu tabanlı olan bu sistem sayesinde kullanıcı bulunmuş olduğu enlemi, boylamı ve yüksekliği çok hassas bir şekilde bulabilmektedir. Bir küresel yerbulum sistemi ile birkaç metre kadar hassas bir şekilde bulunduğumuz koordinatları bulmamız mümkündür. Halen küresel yerbulum için iki sistem geliştirilmiştir: A.B.D tarafından geliştirilen GPS sistemi [1], [2], ve Rusya tarafından geliştirilen GLONASS sistemi [3], [4]. Bu makalede sadece, Avrupa'da kolaylıkla ve oldukça ucuza alınabilecek olan GPS sisteminden bahsedilmektedir.

Uydu tabanlı yerbulum sistemi için çalışmalar 1960'lı yıllarda A.B.D tarafından askeri amaçla başlatılmıştır. Tam kapasite ile çalışan ilk GPS sistemi 1995 yılında gerçekleştirilmiştir. 24 uydudan meydana gelen GPS sisteminin Uzay Bölümü (Space Segment), Kontrol Bölümü (Control Segment), ve Kullanıcı Bölümü (User Segment)

olmak üzere üç bölümü bulunmaktadır.

24 tane uydudan meydana gelen uzay bölümünde uydular 6 yörünge üzerinde ve her yörüngede 4 tane uydu bulunmaktadır. Uyduların yeryüzünden uzaklıkları yaklaşık 20,000 km kadardır. Her uydu 24 saatte dünya etrafında 2 tur atmaktadır. Uydu tabanları ekvator tabanı ile 55 derecelik bir açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu durumda, dünyanın gökyüzüne açık olan herhangi bir yerinden en az 6 tane uydu görmek mümkün olmaktadır.

Kontrol bölümü, dünya üzerine yayılmış olan ve uyduların sağlıklarını ve durumlarını izleyen gözlem istasyonlarından meydana gelmektedir. Bu istasyonlar uyduları güncelleştirmeden de sorumludurlar.

Kullanıcı bölümü, GPS alıcılarından meydana gelmektedir ve bu makalede bizim esas konumuzu teşkil etmektedirler. Bir GPS alıcısı cep telefonu büyüklüğünde bir cihaz olup uydulardan almış olduğu bilgiler sayesinde kullanıcının enlemini, boylamını ve yüksekliğini hesaplamaktadır. Bu verilere ilaveten hareket halinde ise kullanıcının hızını ve yönünü de hesaplayabilmektedir. Yaklaşık fiyatı \$200 kadar olan GPS alıcıları birçok firmalar tarafından üretilmektedir. En tanınmış markalar arasında Garmin, Magellan, ve Trimble'ı sayabiliriz.

Şekil 1 de Magellan firması tarafından üretilmiş olan bir GPS alıcısı gösterilmiştir. Genel olarak GPS alıcılarının büyükçe LCD ekranları ve birkaç tuştan oluşan ve bu tuşlar sayesinde değişik veriler gösteren bir yapısı bulunmaktadır. İlk zamanlar sadece gemiciler tarafından kullanılan GPS alıcıları günümüzde pilotlar tarafından ve aynı zamanda karada da çok yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Bazı GPS alıcıları üzerinde sokak seviyesine kadar inen çok hassas haritalar bulunmaktadır (örneğin, Garmin V5, Garmin Streetpilot [5], ve Magellan Meridian[6]). Ses olarak çıkış da verebilen bu tip GPS'ler sayesinde kullanıcı istediği bir yerden başka bir yere çok kolaylıkla gidebilmektedir (sokak tabanlı navigasyon).

Standard GPS alıcılarına ilaveten GPS üreten firmalar, sistem geliştiren firma ve şahıslar için GPS modülleri de üretmektedirler. Oldukça küçük olan bu modüller özellikle mikroişlemci ve mikrokontrolör tabanlı sistemlerde kolaylıkla kullanılmaktadırlar.



Şekil 1. Tipik bir GPS alıcısı (Magellan Inc.)

GPS alıcıları askeri amaçlı ve sivil amaçlı olmak üzere iki değişik standarda göre yapılmaktadırlar. Askeri amaçlı olan alıcılar PPS diye bilinen Hassas Yerbulum Servisi (Precise Positioning Service) sistemini kullanırlar ve bu sistemleri sadece A.B.D. askeri veya A.B.D.'nin uygun gördüğü kurumlar ve kuruluşlar kullanabilirler. SPS diye bilinen Standard Yerbulum Servisi (Standard Positioning Service) sistemini ise herkes alıp kullanabilmektedir. Bu makalede sadece, yaygın olarak kullanılan SPS alıcılarından bahsedeceğiz.

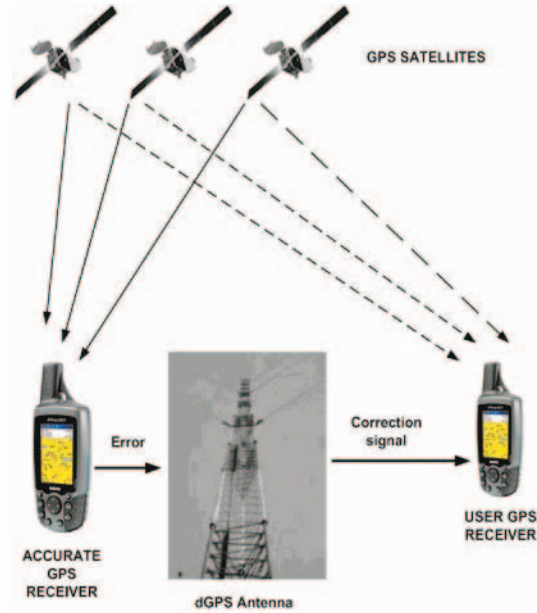
İlk zamanlarda GPS sistemlerinin hassasiyeti A.B.D. tarafından isteyerek bozulmaktaydı. SA diye adlandırılan bu bozulma sayesinde standard bir GPS alıcısının hassasiyeti 100 metre civarındaydı. Birçok uygulamalarda bu oldukça büyük bir hata teşkil etmekteydi. Bu hatayı azaltmak için birçok teknikler geliştirilmiştir. Örneğin, diferansiyel GPS (dGPS) diye adlandırılan uygulamada (Şekil 2 ye bakınız) yeri çok hassas olarak tesbit edilmiş olan bir verici GPS uydularından sinyal almakta, hatayı hesaplamakta, ve doğrultucu GPS sinyalleri yaymaktadır. Bu sinyali alabilen GPS alıcıları ise mevcut hatayı azaltmakta ve buldukları yeri birkaç metre kadar bir hassasiyetle verebilmekteydiler. 2000 yılında A.B.D. GPS sisteminin hassasiyetini bozan SA uygulamasını kaldırmıştır. Bu zamandan sonra standard bir GPS alıcısının hassasiyeti aniden 10 metreye düşmüştür. GPS dünyasında çok büyük bir patlamaya yol açan ve sevinçle karşılanan bu uygulama halen devam etmektedir.

Son zamanlarda, GPS sisteminin önemi anlaşılmiş ve bu sistemin hassasiyetini daha da artırmak için birtakım uygulamalar yapılmıştır. Bunların başında, A.B.D. de kullanılan ve WAAS diye adlandırılan ve GPS alıcılarına doğrultucu sinyaller gönderen bir uydu sisteminin geliştirilmiş olmasıdır. WAAS sistemine benzer ve aynı zamanda bu sistemle uyumlu olan ve EGNOS diye adlandırılan bir sistem de Avrupa'da geliştirilmiştir. Halen test yayınları yapmakta olan EGNOS sistemi 2008 Mayıs ayında tam olarak

çalışır duruma girmiştir. WAAS ve EGNOS sistemleri sayesinde standard bir GPS alıcısının hassasiyetinin 1 veya 2 metreye kadar düşmesi beklenmektedir.

GPS alıcılarının, dış dünyaya bağlanmaları için RS232 seri iletişim portları bulunmaktadır. GPS alıcısı bulunmuş olduğu yerin koordinatlarını, kullanıcının hızını ve yönünü LCD ekranına ilave olarak her saniye seri porttan da göndermektedir. Böylece seri porta bağlanan bir bilgisayar veya seri portla uyumlu başka bir cihaz bulunduğu yer hakkında bilgi alabilmektedir. GPS sistemlerinin seri çıkışları NMEA[7] standardı diye bilinen ve bir sonraki bölümde bahsedilen bir standarda göre çalışmaktadırlar.

Bu makalede, Parallax[8] firmasının üretmiş olduğu bir GPS alıcı modülü kullanılmıştır. GPS in seri çıkışı PIC18 modeli bir mikrokontrolöre bağlanmıştır. Aynı zamanda mikrokontrolöre bir SD kart tipi flaş bellek bağlanmıştır. Kullanıcının koordinatları (enlem ve boylam) GPS yoluyla mikrokontrolör tarafından algılanmakta ve her saniye SD kart bellekte saklanmaktadır. Böylece, kullanıcının gitmiş olduğu yerler ve hareketi SD kartı üzerindeki veriler sayesinde kolaylıkla tesbit edilebilmektedir (örneğin, koordinat bilgilerini Google Earth[9] programına yükleyerek).



Şekil 2. Diferansiyel (dGPS) sistemi

## 2. NMEA STANDARDI

A.B.D. Milli Denizcilik Elektronik Kurumu (National Marine Electronics Association[7]) GPS seri portunun özelliklerini ve bu porttan çıkan bilgi formatını belirlemektedir. Bilgi formatı NMEA Cümleleri diye adlandırılan bir formatı takip etmektedirler ve genel olarak bir GPS alıcısından birden fazla NMEA cümlesi çıkmaktadır. Her cümle kullanıcının pozisyonu hakkında değişik bilgiler vermekte olup bu formata göre her cümle \$ karakteri ile başlayıp yeni satır karakteri ile

bitmektedir. Cümlelerde belirtilen veriler birbirlerinden virgül ile ayrılmaktadırlar. NMEA iletişimde genellikle 4800 Baud ve 8 bit kullanılır. Pariti biti kullanılmaz.

Yaygın olarak kullanılan bazı NMEA Cümleleri aşağıda verilmiştir:

#### **\$GPGLL,eee.ddd,Y,bbbb.bbb,Y,ssddd,G**

Bulduğumuz enlemi, boylamı ve saati veren bu cümlede:

|          |  |
|----------|--|
| eee.ddd  | enlem                                      |
| Y        | enlemin yönü (N veya S)                    |
| bbbb.bbb | boylam                                     |
| Y        | boylamın yönü (E veya W)                   |
| ssddd    | saat:dakika:saniye olarak<br>şimdiki zaman |
| G        | verinin geçerliliği                        |

#### **Örnek:**

#### **\$GPGLL,4916.451,N,12311.1213,W,225444,A**

cümlesinde:

|             |                         |
|-------------|-------------------------|
| enlem       | = 49° 16.451 dakika     |
| enlem yönü  | = kuzey yarım küresi(N) |
| boylam      | = 123° 11.1213 dakika   |
| boylam yönü | = batı boylamı (W)      |
| saat        | = 22:54:44              |
| veri        | = geçerli.              |

#### **\$GPRMC,ssddd,G,eeee.ee,Y,bbbb.bb,Y,sss.s,yy y.y,ggaass,mmm.m,Y,cc**

En yaygın olarak kullanılan yukarıdaki cümlede hemen her istediğimizi bulabiliriz. Bu cümle bulunduğumuz yerin enlem ve boylamını, tarihi ve saati, hızımızı, ve yönümüzü vermektedir. Burada,

|         |  |
|---------|--|
| ssddd   | saat:dakika:saniye olarak<br>şimdiki zaman                       |
| G       | verinin geçerliliği (A=tamam,<br>V=hata)                         |
| eeee.ee | enlem  |
| Y       | enlemin yönü (N veya S)  |
| bbbb.bb | boylam   |
| Y       | boylamın yönü (E veya W)   |
| Sss.s   | hız (deniz mili olarak)  |
| yyy.y   | yönümüz (gerçek)   |
| ggaass  | gün:ay:sene olarak şimdiki<br>tarih                              |
| mmm.m   | magnetik alan değişikliği<br>(varyasyon)                         |
| Y       | manyetik alan değişikliği<br>yönü                                |
| cc      | verinin doğruluğunu kontrol<br>etmek için kullanılan<br>checksum |

Örneğin, aşağıdaki NMEA cümlesini göz önünde bulundurursak:

#### **\$GPRMC,225446,A,4916.45,N,12311.12,W,0 00.5,054.7,191194,020.3,E\*68**

burada:

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| saat          | = 22:54:46                 |
| veri          | = geçerli                  |
| enlem         | = 49° 16.45 dakika         |
| enlem yönü    | = kuzey yarım küresi (N)   |
| boylam        | = 123° 11.12 dakika        |
| boylam yönü   | = batı boylamı (W)         |
| hız           | = 000.5 deniz mili (Knots) |
| hareket yönü  | = 054.7° gerçek            |
| tarih         | = 19 Kasım 1994            |
| manyetik alan | = 020.3° doğu yönünde      |
| checksum      | = 68                       |

Yaygın olarak kullanılan diğer NMEA cümleleri ise şunlardır: \$GPBWC, \$GPGCA, \$GPGSA, \$GPGSV, \$GPRMB. Bunlara ilaveten, her GPS üreten firmanın kendisine has ve standart olmayan NMEA cümleleri de bulunmaktadır.

Şekil 3 de tipik bir GPS alıcısının NMEA çıktısı gösterilmiştir.

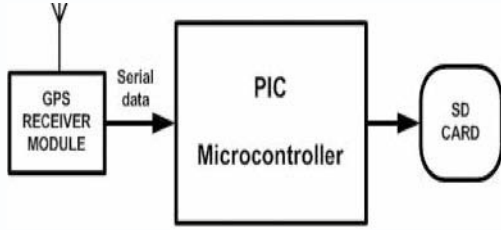
```
$GPGLL,5127.3513,N,00003.2305,E,220702,A,A*40
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPVTG,74.7,T,77.1,M,0.0,N,0.0,K,A*26
$PGRME,14.6,M,18.5,M,23.6,M*16
$PGRMZ,72,f,*1D
$PGRMM,Ord Srvy GB*1B
$HCHDG,245.6,,2.5,W*39
$GPRTE,1,1,c,*37
$GPRMC,220704,A,5127.3506,N,00003.2307,E,0.0,
74.7,051108,2.5,W,A*30
$GPRMB,A,,,,,,,,,V,A*1C
$GPGGA,220704,5127.3506,N,00003.2307,E,1,03,2.
2,67.7,M,47.0,M,,*73
$GPGSA,A,2,,,04,,,,,23,,31,,0.0,2.2,2.2*34
$GPGSV,3,1,12,01,27,049,00,02,09,310,18,04,51,29
3,39,07,18,317,00*78
$GPGSV,3,2,12,11,22,155,00,13,50,202,00,17,30,23
7,00,20,49,085,25*7B
$GPGSV,3,3,12,23,76,125,20,25,16,157,15,31,16,03
4,37,32,26,082,18*79
$GPGLL,5127.3506,N,00003.2307,E,220704,A,A*40
```

Şekil 3. Tipik bir GPS alıcısının NMEA çıktısı

### **3. GPS VERİ TOPLAMA SİSTEMİ**

PIC mikrokontrolör ve Parallax GPS alıcısı RS232 seri iletişim ile bağlanabilirler. Şekil 4 de bu projenin blok şeması verilmiştir. GPS alıcısının seri çıkışı (RS232 seviye dönüştürücüsü gerekmeden)

direk olarak PIC mikrokontrolöre bağlanmıştır. PIC mikrokontrolör GPS alıcısından gelen NMEA cümlelerini kullanarak bulunduğumuz enlemi ve boylamı her saniye hesaplar ve SD bellek kartında saklar.



Şekil 4. Projenin blok şeması

Bu makalede, 8MHz bir kristal ile çalışan PIC18F4520 modeli bir mikrokontrolör kullanılmış ve mikrokontrolörün seri giriş bacağı (RX) GPS in çıkış bacağına (SIO) bağlanmıştır. Mikrokontrolörün PORT C bacakları ise (RC2, RC3, RC4 ve RC5) SD bellek kartına bir adaptör yoluyla bağlanmıştır. SD kartın giriş bacaklarındaki gerilimi sınırlamak için 2.2K ve 3.3K dirençler kullanılmıştır. Devrenin tam şeması Şekil 5 de gösterilmiştir.

Devrede iki tane buton kullanılmıştır: Reset ve Start/Stop. Reset butonu (MCLR bacağında) mikrokontrolörü resetler. START/STOP butonu (RB0 bacağında) basılınca ise veri toplama işlemi başlar. START/STOP butonunun beş saniye kadar basılı tutulması ile veri toplama işlemi sona ermiş olur ve ancak bu durumda SD kart yuvasından çıkarılmalıdır. Devrenin çalışam durumunu göstermek için küçük bir LED kullanılmıştır (RB1 bacağında). LED devrenin durumunu şu şekilde göstermektedir:

**Hızlı flaş yapan LED:** SD bellek kartı devrede değildir.

**Yavaş flaş yapan LED:** Veri toplama işlemi devam etmektedir.

**LED OFF:** Veri toplama işlemi bitmiştir ve SD bellek kartı yuvasından çıkarılabilir.

Mikrokontrolörün RC3 bacağı SD kartın CLK bacağına, RC4 bacağı DO bacağına, RC5 bacağı DI bacağına ve RC2 bacağı ise SD kartın CS bacağına bağlanmıştır. SD kartın çalışması için gerekli olan 3.3V gerilim MC33269DT-3.3 tipi 3.3V entegre regülatör kullanılarak elde edilmiştir.

Devrede Parallax firmasının ürünü olan bir GPS alıcı modülü kullanılmıştır. +5V gerilimle çalışan bu modülün şu özellikleri vardır:

Devre üzerinde entegre anten  
4800 Baud hızla çalışan seri iletişim  
NMEA çıkış portu.

+5V çalışma gerilimi

Parallax GPS modülün 4 bacağı bulunmaktadır:

1 ve 2 nolu bacak toprak ve gerilim bağlantılarıdır.

3 nolu bacak TTL uyumlu olan ve 4800 Baud hızda çalışan giriş-çıkış bacağıdır

4 nolu bacağı çıkış formatını belirler. Bu bacak lojik 0 olduğunda GPS modülü her saniye otomatik olarak NMEA cümlelerini seri porttan gönderir. Bacak lojik 1 olduğunda ise cihaza komut gönderip cihazdan bulunduğumuz yerin koordinatları hakkında veri istemeliyiz. Cihaz ise istenilen verileri seri porttan gönderir. Yeni veri almak için yeniden cihaza komut göndermemiz gerekmektedir.

Bu projede Parallax GPS modülü otomatik modda çalışıp her saniye şu NMEA cümlelerini vermektedir: \$GPGGA, \$GPGSA, \$GPGSV, ve \$GPRMC. Projede sadece \$GPRMC cümlesi kullanılmıştır.

Proje Şekil 6 da görüleceği gibi PICReady sistem geliştirme kartı üzerinde kurulmuştur.

#### Veri Formatı

Her veri alımı başladığında SD bellek kartı üzerinde yeni bir dosya yaratılmaktadır. Bu dosyaya şu isim verilmiştir:

GPSLOGnn.TXT

Burada, nn "01" ve "99" arasında bir sayı olup her veri alımı başlatıldığında bir artırılmakta ve böylece kart üzerinde yeni dosya yaratılmaktadır.

SD bellek kartı üzerinde veriler ASCII olarak saklanmakta ve her veri arasına virgül konmaktadır. Dosyalarda şu veriler saklanmaktadır:

Tarih ve saat  
Enlem  
Boylam

Her satır verinin okunmuş olduğu tarih ve saatle başlar, daha sonra kullanıcının bulunmuş olduğu enlem ve boylam bilgileri saklanır. Her satırın sonuna ise yeni satır karakteri ilave edilmektedir. Dosyada saklanmış olan tipik birkaç satır aşağıda gösterilmiştir:

T,22:05:16, 5133.3627, 00042.1240<cr><lf>  
T,22:05:16, 5133.3627, 00042.1240<cr><lf>  
T,22:05:16, 5133.3627, 00042.1240<cr><lf>

.....  
.....  
.....

Burada, "T" karakteri satırın başladığını

belirtmektedir. Aynı zamanda, GPS Visualizer gibi dönüşüm programları her satırın yukarıda belirtilmiş gibi olmasını beklemektedir. GPS Visualizer programını kullanarak toplamış olduğumuz verileri Google Earth programı formatına dönüştürebiliriz. Google Earth programıyla da kullanıcının gitmiş olduğu yerleri dünya haritası üzerinde detaylı bir şekilde görebiliriz. "T" karakterinden sonra ise verinin alınmış olduğu tarih ve saat, ve enlem ve boylam NMEA cümlelerinden alınıp dosyaya yazılır.

#### 4. MİKROKONTROLÖR PROGRAMI

Projede mikrokontrolör programı mikroC programlama dili kullanılarak yazılmıştır. mikroElektronika firması tarafından üretilen mikroC dili standard C dilinin bütün özelliklerini ihtiva etmektedir. Buna ilave olarak da mikrokontrolör devrelerinde kullanmak için birçok kütüphane fonksiyonları bulunmaktadır. Örneğin, mikroC dili şu konularda çok zengin kütüphane fonksiyonlarına sahiptir: RS232, SD/MMC kart, CompactFlash kart, SPI, PWM, I2C ve bunun gibi daha birçok fonksiyonlar.

Programın çalışması Şekil 7 de özetle açıklanmıştır.

##### BAŞLA

Giriş-çıkış portlarını konfigür yap  
 START basılana kadar bekle  
 USART ı başlat  
 SD kart ı başlat  
 IF SD card yoksa  
     LED i hızlı flaş yap  
     Bekle

##### ENDIF

SD kart üzerinde yeni dosya yarat

##### DO FOREVER

LED yak  
 500ms bekle  
 GPS verisini oku  
 \$GPRMC cümlesini oku  
 Tarihi,enlem,boylamı sakla  
 IF STOP basılmışsa  
     LED i söndür  
     Bekle

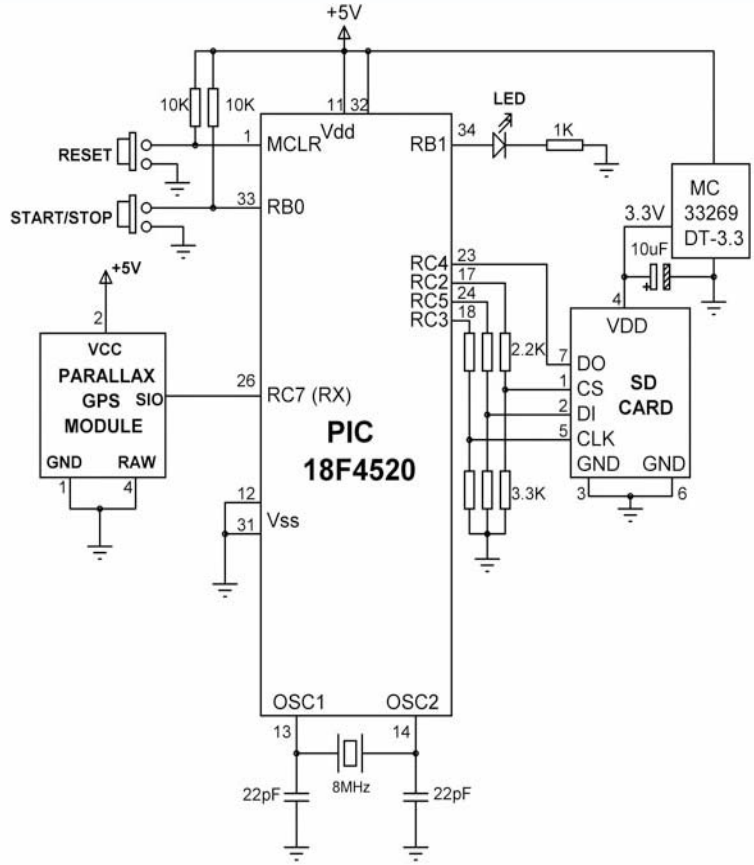
##### ENDIF

LED i söndür  
 500ms bekle

##### ENDDO

##### END

Şekil 7. Programın çalışması



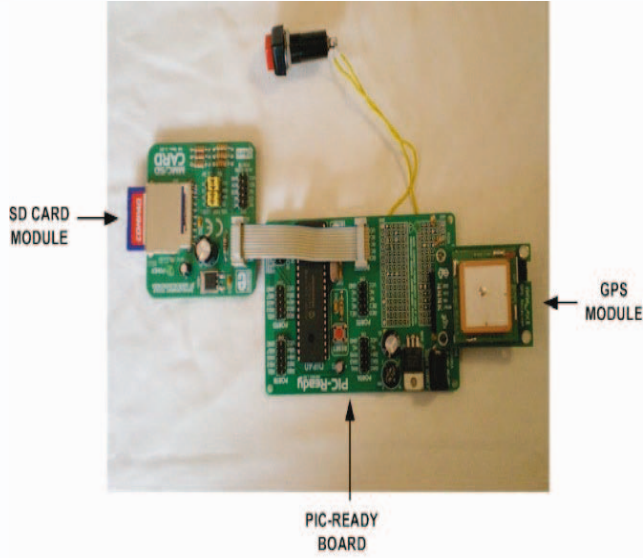
Şekil 5. Devrenin şeması

#### 5. ÖRNEK VERİ TOPLAMA

Projenin çalışmasını kontrol etmek amacıyla kurulmuş olan sistem bir arabaya konup kısa bir gezi yapılmış ve koordinat verileri SD bellek kartında saklanmıştır. Daha sonra ise GPS Visualizer programı kullanılarak veriler Google Earth programı formatına dönüştürülmüştür. Google Earth programı çalıştırılıp elde edilmiş olan dosya program yüklenmiştir. Böylece, Google Earth programı gitmiş olduğumuz yerleri dünya haritasında göstermiştir. Şekil 8 de Google Earth programında gitmiş olduğumuz yerler gösterilmiştir.

#### 6. SONUÇ

Bu makalede GPS sistemlerinin ve bilhassasa bir GPS alıcısının özelliklerinden bahsedilmiş ve bir PIC mikrokontrolör, GPS alıcı modülü, ve SD bellek kartı kullanarak GPS koordinatlarının (enlem ve boylam) SD bellek kartında nasıl saklanabileceği açıklanmıştır. Daha sonra bu koordinatların Google Earth formatına dönüştürülüp kullanıcının gitmiş olduğu yerler haritaya işlenmiştir.



Şekil 6 Proje PICReady kartı üzerinde kurulmuştur

4. Johnson, N.L. GLONASS Spacecraft, GPS World, November 1994.

5. Garmin web site: [www.garmin.com](http://www.garmin.com)

6. Magellan web site: [www.magellangps.com](http://www.magellangps.com)

7. National Marine Electronics Association (NMEA). PO Box 3435, New Bern, USA.

8. Parallax web sitesi: <http://www.parallax.com>

9. Google earth web site: <http://www.google-earth.com>

10. GPS Visualizer web site: <http://www.gpsvisualizer.com>



Şekil 8. Google Earth çıktısı

11. mikroC User Guide, mikroElektronika web site: <http://mikroe.com>

12. İbrahim, D 'PIC Microcontroller Based GPS Data Logging Techniques', VDM-Verlag Publishing, 2009.

Prof. Dr. Doğan İbrahim Lefkoşa doğumlu olup ilk Üniversite eğitimini İngiltere'nin Salford Üniversitesinde Elektronik Mühendisliği üzerine (BSc) tamamlamıştır. Daha sonra sırasıyla Manchester Üniversitesinde ve Londra City

Üniversitesinde Master ve Doktora çalışmalarını tamamlayan Prof. Dr. Doğan İbrahim'in bilgisayar ve elektronik konularında çok sayıda teknik makalesi ve kitabı bulunmaktadır. Prof. İbrahim'in ilgi alanları, mikrokontrolör destekli sistem tasarımı, kontrol sistemleri, ve uzaktan eğitimidir.

## TEŞEKKÜR

Yazar, VDM-Verlag yayınevine bu konuda kapsamlı bir kitabını yayınladığı için teşekkür eder[12].

## 7. KAYNAKÇA

1. Kaplan, Elliot (1996). Understanding GPS Principles and Applications, Artech House Publishers.

2. Kaminski, P.G. (1995). Global Positioning System Standard Positioning Service Signal Specification, DoD, USA.

3. Gouzhva, Y, et al. GLONASS Receivers: An Outline, GPS World, January 1994.