

GPS Alıcı Ön-Uç Devre Katmanları 1.575 Ghz LNA ve Anten Tasarımı

GPS Receiver Front-End Circuit Layers 1.575 GHz LNA and Antenna Design

Erkan Yıldızbaş¹, Sedat Kılınç¹, B. Siddık Binboğa Yarman¹

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği

İstanbul Üniversitesi

erkanyildizbasw@gmail.com , sedat.kilinc@istanbul.edu.tr , yarman@istanbul.edu.tr

Özet

GPS günümüzde birçok alanda kullanılmakta olup Küresel Konum Belirleme Sistemi'ndir. Askeri amaçla kurulan GPS sonradan sivil kullanımına da açılmıştır. Uydu-uzay, kontrol ve kullanıcı segmenti olarak 3 segmentten oluşmaktadır. GPS alıcılar ise bu sisteme gelen sinyallerin alınmasına yarayan elektronik devrelerdir. GPS alıcı ön-uç Devre 3 katmandan oluşur. Bu katmanlar; GPS alıcı anten, düşük gürültülü yükselteç(LNA) ve ikinci katman bir yükselteçtir. Bu çalışmada 1.575 GHz'de maksimum kazanç minimum yansımaya ile bir LNA tasarlanmıştır. Helis ve Mikroşerit iki GPS anteni üzerine simülasyon çalışmaları yapılmıştır.

Abstract

GPS is used in many areas nowadays is the Global Positioning System. Founded in GPS for military purposes was opened for civilian use later. Satellite-space, control and user segment consists of 3 segments. The GPS receivers are electronic circuits for the reception of signals from this system. GPS receiver front-end circuit is composed of three layers. These layers; GPS antenna, low noise amplifier (LNA) and the second stage amplifier. In this study, the maximum gain with minimum reflection is designed to 1.575 GHz LNA. helical and microstrip simulation studies on two GPS antenna is made.

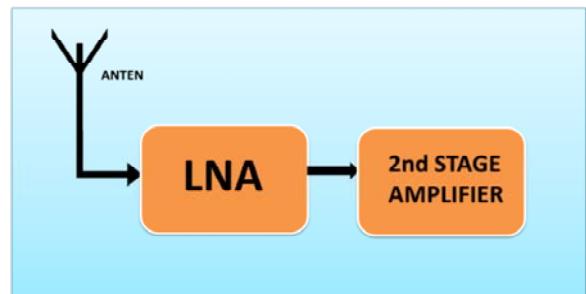
1. Giriş

GPS (Küresel Konumlama Sistemi) insanların yolunu yönünü bulma çabaları, ülkelerin savaş vb. durumlar için savunma sanayisini geliştirmesi, ticaret, ulaşım gibi etkenlerin sonucunda ve bu sonuçların geliştirilmesiyle ortaya çıkan bir sistemdir. Bu sistem engelsiz görüş hattında her türlü hava koşulunda insan, nesne, canlı herhangi bir şeyin konumu hakkında bize bilgi verir. İlk olarak askeri alanda kullanıldığı için gizli tutulan bu sistem sonrasında sivillerin de kullanımına açılmıştır GPS Dünya etrafında bulunan 24 uydudan gelen 2 boyut için en az 3, 3 boyut için en az 4 uydudan sinyal alınıp konum bulan bir sistemdir. Uydulardan L1: 1,57562 GHz ve L2: 1,22760 GHz iki sinyal alınır. Bu çalışmada GPS alıcılar için bir ön-uç tasarımları planlandı. Bu ön-uç için bir düşük gürültülü yükselteç tasarılanıp üretildi.

Ön-uç tasarımının katmanlarından olan anten kısmı içinse helis anten ve mikro şerit anten tasarımları yapıldı ve simüle edildi. Simülasyonlarda HFSS(High Frequency Structure Simulator) ve ADS(Advanced Design System) [1], [2] simülasyon programları kullanıldı.

2. GPS Alıcı Ön-Uç Tasarımı

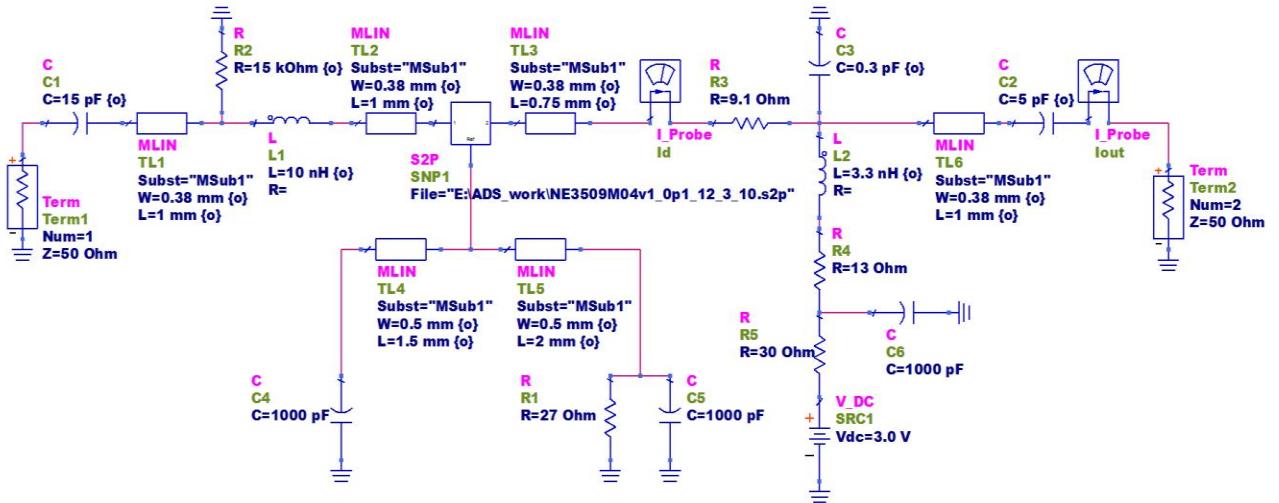
Devre tasarlanmadan önce bir ön-uç devre blok şeması oluşturuldu. Devre blok şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu adımdan sonra LNA tasarımı üzerine durulmuştur. ADS simülasyon programı yardımı ile tasarım süreci başlıdı.



Şekil 1: GPS Alıcı Ön-Uç Devre Blok Şeması

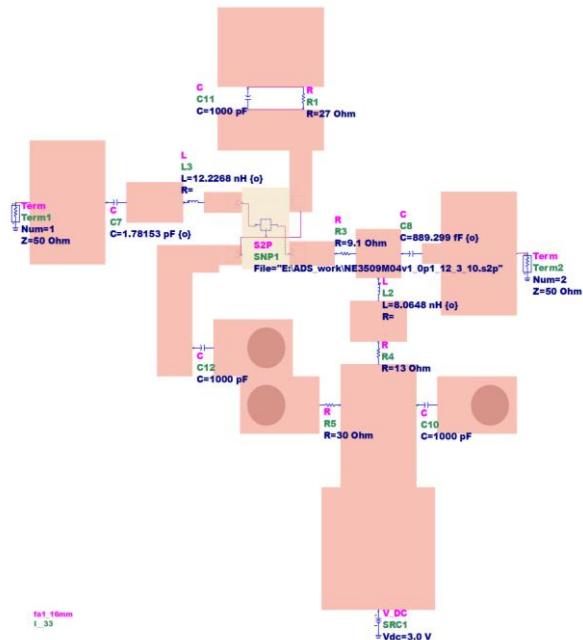
2.1. LNA Tasarımı ve Üretimi

Elektrikselle malzemelerin olağan çalışmalarından kaynaklanan dalgalanmalar gürültüyü oluşturur. Bu dalgalanmalar elemanlardaki elektron ve deliklerin hareketlerinden kaynaklı etkiler olabilir. Elektronik devrelerde elektron ve deliklerin hareketinden dolayı ıslı gürültü oluşmaktadır ve bu gürültü LNA'e etki edeceğinden gerilim kontrollü HJFET bir transistör olan, RENESAS şirketinin bu tür uygulamalar için ürettiği 1.575 GHz'de çalışan EC-NE3509M04 (Ver 2) transistör seçilmiştir. Transistör VDS gerilimi 25 0C'da max 3V, IDS akımı max 20mA'dır. VDS= 2V, IDS=10 mA, f=2 GHz'de; NF(Noise Figure)= max 0.4-0.7 dB ve Ga= min 16-17.5 dB'dir LNA tasarımı için kullanılacak devre kartı da FR-4 1.6 mm olarak seçilmiştir.

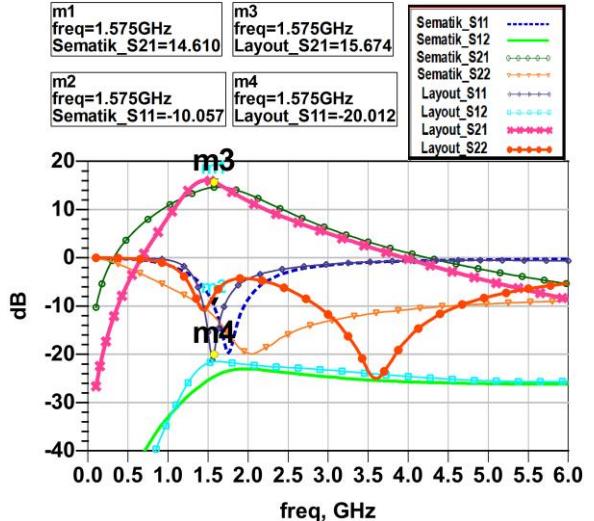


Şekil 3: Optimize edilmiş devrenin şematik gösterimi

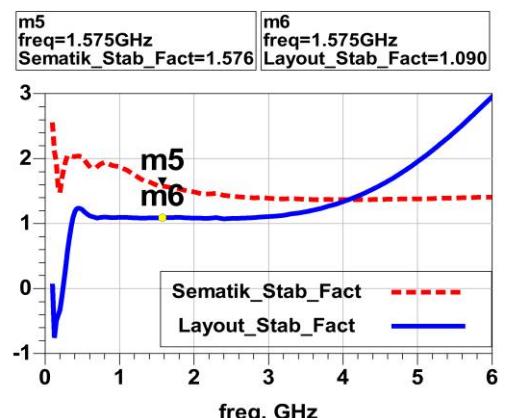
Devre ilk olarak ideal elemanlarla ADS simülasyon programında simüle edildi. Devrenin şematik gösterimi Şekil 3'de ve optimizasyon yapıldıktan sonra simülasyon sonuçları Şekil 5, 6, 7'de gösterilmiştir. Bu adımdan sonra devrenin layout tasarımına geçildi. Şematik devredeki değerler baz alınarak layout tasarım gerçekleştirildi. Layout tasarım Şekil 4'de gösterildiği gibi yapıldı. Layout tasarım sonrası devrenin EM-Model simülasyonu gerçekleştirildi. EM model simülasyonundan sonra optimizasyonlar yapıldı ve R2 direnci ile C3 kapasitesi kullanılmadı. C3 kapasitesi çok küçük olduğu için çıkarıldı. R2 de çıkarıldığında kazanç artışı gözlandı. Bu sebeple bu elemanlar kullanılmadı. Simülasyon sonuçları Şekil 5, 6, 7'de gösterilmiştir.



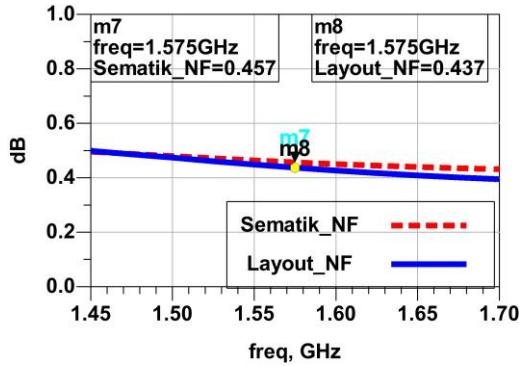
Şekil 4: LAYOUT gösterimi



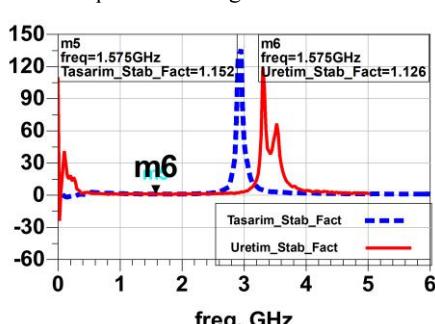
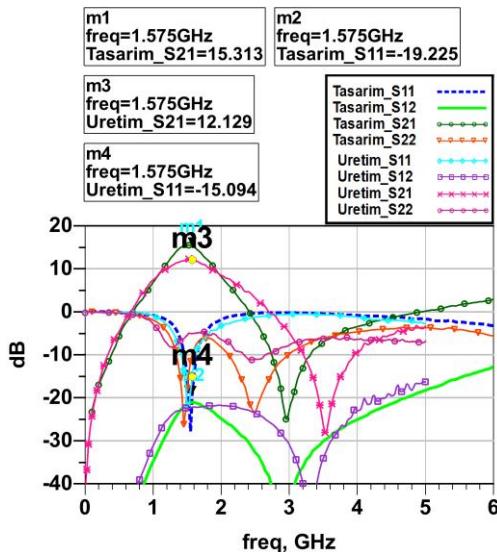
Şekil 5: Şematik ve optimize edilmiş layout devre S11, S12, S21, S22 parametreleri grafikleri



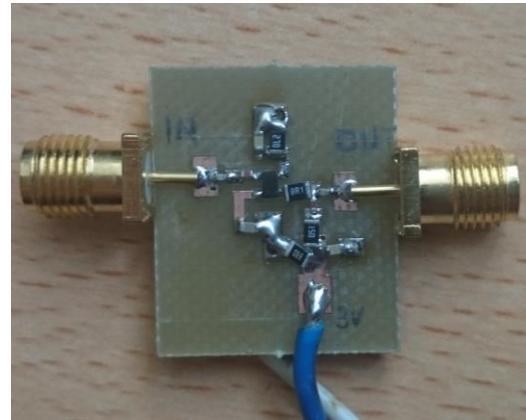
Şekil 6: Şematik ve optimize edilmiş layout devre kararlılık faktörü grafikleri



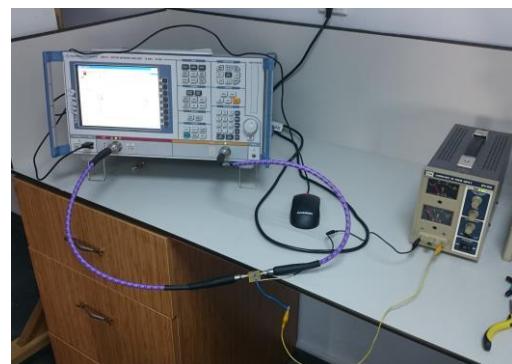
Bu aşamadan sonra devre gerçek elemanlarla simülle edildi. İletim hattındaki kapasiteler için Murata markalı kapasiteler, induktörler için de Johanson induktörler kullanıldı. Devre simülle edildi. Sonuçlara göre devre üretilmeye karar verildi. Üretimden sonra devre analizöründe test edildi. Tasarım ve üretim sonuçları Şekil 8, 9'da gösterilmiştir. Ayrıca üretilen LNA Şekil 10'da ve devre ölçüm şeması da Şekil 11'de gösterilmiştir.



Benzer bir devre olan RENESAS şirketinin EC-NE3509M04 (Ver 2) transistörü ile ürettiği 1.575 GHz LNA GPS Application Evaluation Board devresi vardır. Bu devrenin Vdd=3V, Id=9.3 mA iken ölçülen S21 kazanç değeri 16.4 dB ve S11 yansımaları -9.2 dB'dır.



Şekil 10: Üretilen LNA



Şekil 11: LNA Ölçüm şeması

2.2. GPS Alıcı Anten Tasarımı

Alıcı ön-uç tasarımında iki çeşit anten tasarımı üzerine duruldu. GPS sinyalleri zayıf sinyaller olduklarından bu sinyalleri alan alıcı sistemin kazancı büyük olmalıdır. Bu nedenle kazanç, kolay üretilebilirlik açısından helis ve mikroserit yama anten tasarımı yapıldı. Tasarımlar ve simülasyonlar HFSS simülasyon ve tasarım programı ile gerçekleştirildi.

2.2.1. Helis Anten Tasarımı

Düz bir telin düzgün bir tel üzerine sarılarak helis tel haline getirilmesiyle oluşturulan antene denir.[3][4][5] Helis anten için kullanılan şekil ve büyüklükler Şekil 12'de gösterilmiştir. Devre tasarımları ve sonuçları Şekil 13, 14'de gösterilmiştir.

D: Helisin çapı

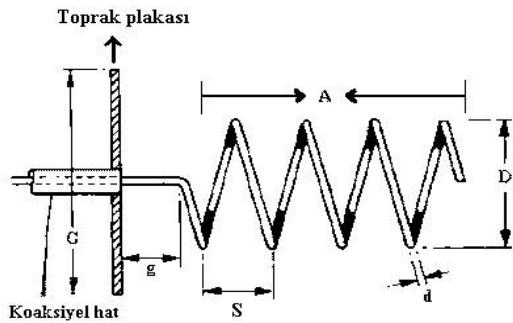
S: Dönmezler arası uzaklık

A: Eksenel uzunluk (n.S)

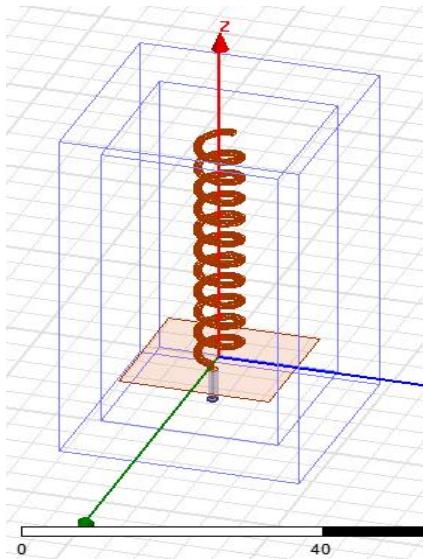
d: Helis iletkeninin çapı

g: Toprak plakası ile helis arasındaki mesafe

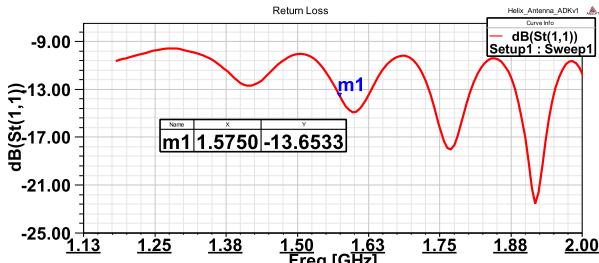
G: Toprak plakasının çapı [3]



Şekil 12: Helis Anten Yapısı[3]



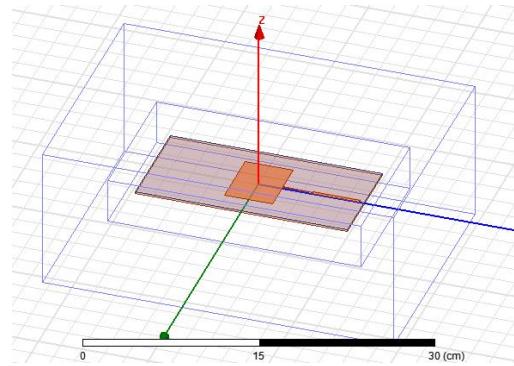
Şekil 13: Helis anten tasarımı



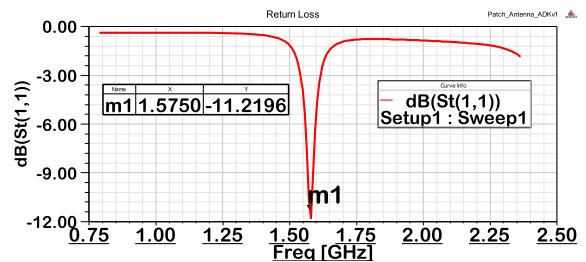
Şekil 14: Helis Anten S11 kayıpları

2.2.2. Mikroşerit Yama Anten Tasarımı

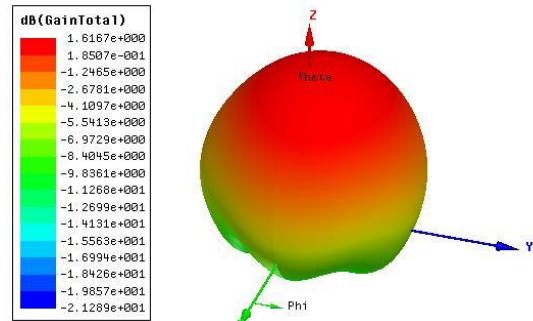
Mikroşerit antenler, üst tarafında işbu amaçlı çok ince iletken bir levha(yama) bulunan, dielektrik katman(substrate) ile bu katmanın alt tarafında da toprak olarak görev yapan bir diğer iletken levhadan oluşmuştur. Mikroşerit antenler, yama(patch) anten olarak da isimlendirilirler[6][7]. Bu çalışmada FR4 1.6 mm çift taraflı epoxy kart kullanıldı. Devre simülasyon programında tasarlandı. Tasarım ve sonuçlar Şekil 15, 16, 17'de gösterilmiştir.



Şekil 15: Yama antenin simülasyon görünümü



Şekil 16: Yama anten S11 kayıp grafiği



Şekil 17: Yama anten işbu diyagramı

3. Sonuçlar

GPS alıcı ön-uç devre için bir LNA tasarlandı ve üretildi. Bu alıcı devrenin sinyalleri alması için de farklı anten tasarımları üzerinde duruldu. İki tür anten olan helis ve mikroşerit anten tasarlandı.

4. Kaynaklar

- [1] Ansoft Company, HFSS Simülasyon Programı
- [2] Agilent Company, ADS Simülasyon Programı
- [3] Paker, S., Konakyeri, E. ve Palamutçuoglu, O., "GPS Helis Anten Tasarımı", "ELECO 2008", 81, 2008.
- [4] Kraus, J.D., *Antennas*, McGraw-Hill, New York, 1988
- [5] Yarman, S., *Design of Ultra Wideband Power Transfer Networks*, Wiley, Nisan 2010
- [6] Balanis, C.A. 2005. *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, New York, 2005.
- [7] Erdemir, S. ve Yılmaz, A.E., "Üç Bantlı Modern GPS Anteni Analizi ve Tasarımı", Ankara Üniversitesi, 2013, Ankara.