

**T.C.  
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRONİK ve HABERLEŞME ANABİLİM DALI  
ELEKTRONİK ve HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**EŞ-DÜZLEMSEL İŞARET BİRLEŞTİRİCİ  
(CO-PLANAR DIPLEXER)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hazırlayan  
Kadir Sercan BAYRAM**

**Danışmanı  
Yrd.Doç.Dr.Taha İMECİ**

**İstanbul – 2011**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme anabilim dalı Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada artık neredeyse her evde kullanılan UHF-L Bandı işaret birleştiricisi tasarlanmıştır. Tasarım sırasında sonuçların çıkartılmasında çok fazla zorluk yaşasam da bu konuda bana sabırla destek veren ve bilgisini esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ş. Taha İMECİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Ölçüm sonuçlarını almamda bana yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Hamit Torpi'ye ve Erdoğan Akın'a teşekkür ederim.

Bütün eğitim dönemlerim boyunca büyük emek sarfeden aileme en iyi dileklerimi ve şükranlarımı sunuyorum. Lisans ve yüksek lisans döneminde beraber eğitim aldığım, aynı zamanda çalışma arkadaşım Merve Ayyüce Kızrak'a yaşadığım zorluklarda bana yardımcı olup destek olduğu için teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca birçok zorluğa beraber göğüs gerdiğim, her an desteği ve sabrı ile yanımda olan, sevgisini her daim hissettiğim Müge Çarıkçı'ya teşekkür ederim.

İstanbul, 2011

Kadir Sercan BAYRAM

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
KISALTMALAR LİSTESİ.....	II
TABLO LİSTESİ .....	III
ŞEKİL LİSTESİ.....	IV
GENEL BİLGİLER.....	VII
GENERAL KNOWLEDGE.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. FİLTRELER.....	3
2.1. Filtre Çeşitleri .....	3
2.1.1. Alçak Geçiren Filtreler .....	4
2.1.2. Yüksek Geçiren Filtreler.....	5
2.1.3. Band Geçiren Filtreler .....	5
2.1.4. Band Durduran Filtreler.....	6
2.2. Filtrelerin Kullanıldığı Yerler .....	7
2.3. Filtre Tasarım Metotları.....	7
2.3.1. Basamak Tipi Devreler .....	8
3. RADYO, TELEVİZYON ve UYDU YAYINLARI .....	13
3.1. Radyo, Televizyon ve Uydu Yayınlarının Tarihsel Gelişimi .....	13
3.1.1. Çubuklu Antenler .....	15
3.1.2. Doğrudan Uydudan Alış .....	15
3.1.3. Merkezi Dağıtım Sistemleri .....	16
3.2. İşaret Birleştirici (Diplexer).....	18
3.2.1. İşaret Birleştirici Kullanım Alanları .....	19
4. SİMÜLASYONLAR .....	20
4.1. Sonnet Simülasyon Programı.....	21
5. SONUÇLAR .....	72
KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ .....	76

## KISALTMALAR

<b>TV</b>	: Televizyon
<b>PCB</b>	: Printed Circuit Board (Baskı Devre Kartı)
<b>AM</b>	: Genlik Modülasyonu
<b>RF</b>	: Radio Frequency (Radyo Frekansı)
<b>GPS</b>	: Küresel Konumlama Sistemi
<b>AGF</b>	: Alçak Geçiren Filtreler
<b>YGF</b>	: Yüksek Geçiren Filtreler
<b>BGF</b>	: Band Geçiren Filtreler
<b>BSF</b>	: Band Söndüren Filtreler
<b>DVB-T</b>	: Dijital Video Broadcast – Terrestrial (Sayısal Karasal Yayıncılık)
<b>TRT</b>	: Türkiye Radyo ve Televizyon
<b>PTT</b>	: Posta Telefon Telgraf
<b>RTYK</b>	: Radyo ve Televizyon Yüksek Kurulu
<b>TGM</b>	: Telsiz Genel Müdürlüğü
<b>LNB</b>	: Low Noise Block (Düşük Gürültü Kütlesi)

## TABLO LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo 2.1. Basamak tipi devrelerin devre parametreleri (Erdem, 2010) .....	9
Tablo 4.2. Dielektrik malzemenin değiştirilmesinin $S_{12}$ geçiş bandına etkisi .....	43
Tablo 4.3. Dielektrik malzemenin değiştirilmesinin $S_{13}$ geçiş bandına etkisi .....	44
Tablo 4.4. Dielektrik malzemenin değiştirilmesinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisi .....	44
Tablo 4.5. C5 Kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisi .....	46
Tablo 4.6. C5 Kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{13}$ geçiş bandına etkisi .....	46
Tablo 4.7. C5 Kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{12}$ geçiş bandına etkisi .....	47
Tablo 4.8. C3 Kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisi .....	48
Tablo 4.9. C3 Kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{13}$ geçiş bandına etkisi .....	49
Tablo 4.10. C3 Kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{12}$ geçiş bandına etkisi .....	49
Tablo 4.11. C2 Kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisi .....	50
Tablo 4.12. C2 Kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{12}$ geçiş bandına etkisi .....	51
Tablo 4.13. C2 Kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{13}$ geçiş bandına etkisi .....	51
Tablo 4.14. C1 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisi .....	56
Tablo 4.15. C1 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{12}$ geçiş bandına etkisi .....	56
Tablo 4.16. C1 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{13}$ geçiş bandına etkisi .....	56
Tablo 4.17. C2 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisi .....	57
Tablo 4.18. C2 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{12}$ geçiş bandına etkisi .....	58
Tablo 4.19. C2 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{13}$ geçiş bandına etkisi .....	58
Tablo 4.20. C4 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisi .....	59
Tablo 4.21. C4 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{12}$ geçiş bandına etkisi .....	59
Tablo 4.22. C4 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{13}$ geçişbandına etkisi .....	60
Tablo 4.23. Frekanslara göre alınan değerler .....	64
Tablo 4.24. Simülasyon sonuçlarına göre devre parametrelerinin değerleri .....	70
Tablo 4.25. Ölçüm sonuçlarına göre aynı frekanslarda devre parametlerinin değerleri .....	70

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 2.1. Alt geçiren filtre kazanç-açısal frekans grafiği (Yılmaz, 2005) .....	4
Şekil 2.2. Üst geçiren filtre karakteristiği (Opamp Uygulamaları, 2011).....	5
Şekil 2.3. Bant geçiren filtre örnek frekans cevabı.....	6
Şekil 2.4. Bant durduran filtre örnek frekans cevabı .....	6
Şekil 2.5. İki kapılı devre modeli.....	7
Şekil 2.6. Basamak tipi alçak geçiren filtre örneği.....	8
Şekil 2.7. Basamak tipi yüksek geçiren filtre örneği .....	9
Şekil 2.8. T ve II tipi devre şemaları .....	9
Şekil 2.9. II tipi alçak geçiren filtre örneği .....	10
Şekil 2.10. T tipi yüksek geçiren filtre örneği.....	11
Şekil 2.11. Filtrelerin sıfır ve kutup noktaları .....	12
Şekil 3.1. Çanakdan gelen sinyalin alınması.....	16
Şekil 3.2. Bir uydudan iki TV'ye görüntü gönderilmesi .....	17
Şekil 3.3. İki adet farklı çanak ve çatı anteninden alınan sinyalin dağıtılması .....	18
Şekil 3.4. İşaret birleştirici blok diyagramı .....	19
Şekil 4.1. Sonnet simülasyon programı temel mantığı.....	21
Şekil 4.2. Eş-düzlemsel yapı ve portların yerleştirilmesi.....	22
Şekil 4.3. Eş-düzlemsel yapı ve portlar yerleştikten sonra alınan grafik.....	23
Şekil 4.4. Tasarım 2'nin Sonnet çizimi .....	24
Şekil 4.5. İki adet hairpin filtre eklendikten sonra alınan sonuç grafiği.....	24
Şekil 4.6. C2 ve C4 kondansatörleri arasına filtre eklenmesi sonucu devre şekli.....	25
Şekil 4.7. C2 ile C4 kondansatörleri arasına eklenen filtreden sonra alınan sonuç grafiği.....	25
Şekil 4.8. 1. ve 3. port arasına filtreler eklenmesi sonucu devre şekli.....	26
Şekil 4.9. 1. ve 3. portlar arasına filtreler eklendikten sonra alınan sonuç grafiği.....	26
Şekil 4.10. 2. ve 3. portlar arasına hairpin filtre eklenmesi sonucu devre şekli.....	27
Şekil 4.11. 2. ve 3. portlar arasına eklenen filtreden sonra alınan sonuç grafiği.....	27
Şekil 4.12. 2. portun giriş kısmına filtre eklenmesi sonucu devre şekli .....	28
Şekil 4.13. 2. porta eklenen filtreden sonra alınan sonuç grafiği .....	28
Şekil 4.14. 1. ve 2. portlar arasına filtrelerin eklenmesi sonucu devre şekli.....	29
Şekil 4.15. Filtreler birleştirme yapılmadan önce alınan sonuç grafiği .....	30
Şekil 4.16. Filtreler birleştirme yapıldıktan sonra alınan sonuç grafiği.....	30
Şekil 4.17. 1. ve 3. portlar arasındaki filtre kaldırılması sonucu devre şekli .....	31
Şekil 4.18. 1. ve 3. portlar arasındaki filtrenin etkisini gösteren sonuç grafiği.....	32
Şekil 4.19. Orta bloktaki filtrelerin kaldırılması sonucu devre şekli .....	32
Şekil 4.20. Orta bloktaki filtrelerin kaldırılması ile ortaya çıkan sonuç grafiği.....	33
Şekil 4.21. Devrede şekillerin köşelerinin direk hedef noktaya gitmesi.....	33
Şekil 4.22. Devrede şekillerin direk hedefe gitmesi ile alınan sonuç grafiği.....	34
Şekil 4.23. 3. portta yapılan değişiklik sonrası meydana gelen devre şekli.....	34
Şekil 4.24. 3. portta yapılan değişiklik sonrasında alınan sonuç grafiği.....	35
Şekil 4.25. 2. porttaki sadece mikroşerit hat bırakılmasından sonra devre şekli.....	35

Şekil 4.26. 2. portta mikroşerit hat ile alınan sonuç grafiği .....	36
Şekil 4.27. 2. portun üstündeki bloğun kaldırılması sonucu devre şekli .....	36
Şekil 4.28. 2 bloğun üstündeki bloğun kaldırılması sonucunda alınan sonuç grafiği .....	37
Şekil 4.29. C6 ve L1 devre elemanlarının yerlerinin değiştirilmesi sonucu devre şekli .....	37
Şekil 4.30. Devre elemanlarının yerlerinin değiştirilmesi sonucunda alınan sonuç grafiği .....	38
Şekil 4.31. L1 elemanının yerinin değiştirilmesi sonucu devre şekli .....	38
Şekil 4.32. L1 endüktansının yerinin değiştirilmesi sonucunda alınan sonuç grafiği .....	39
Şekil 4.33. 2. porta bağlantı kesilmiş halde devre şekli .....	39
Şekil 4.34. 2. porta bağlantı kesilmesi sonucunda alınan sonuç grafiği .....	40
Şekil 4.35. 2. port bloğunun küçültülmesi sonrası devre şekli .....	40
Şekil 4.36. 2. port bloğunun küçültülmesi sonucunda alınan sonuç grafiği .....	41
Şekil 4.37. Tasarım 17'deki devrede köşelerin yuvarlanması .....	41
Şekil 4.38. Köşelerin yuvarlanması sonucunda alınan sonuç grafiği .....	42
Şekil 4.39. Temel devre şekli .....	42
Şekil 4.40. Dielektrik malzeme değişim tablosu .....	43
Şekil 4.41. C5 değerinin $S_{13}$ geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği .....	45
Şekil 4.42. C5 değerinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisini gösteren sonuç grafiği .....	45
Şekil 4.43. C5 değerinin $S_{12}$ geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği .....	46
Şekil 4.44. C3 değerinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisini gösteren sonuç grafiği .....	47
Şekil 4.45. C3 değerinin $S_{12}$ geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği .....	48
Şekil 4.46. C3 değerinin $S_{13}$ geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği .....	48
Şekil 4.47. C2 değerinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisini gösteren sonuç grafiği .....	49
Şekil 4.48. C2 değerinin $S_{12}$ geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği .....	50
Şekil 4.49. C2 değerinin $S_{13}$ geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği .....	50
Şekil 4.50. Portları duvarlardan uzaklaştırarak çizilen devre şekli .....	51
Şekil 4.51. Portlar duvarlara değdirilerek çizilen devre şekli .....	52
Şekil 4.52. Portların duvarlara değdirilmesi sonucunda çıkan sonuç grafiği .....	53
Şekil 4.53. Dielektrik malzeme değiştirildikten sonra alınan sonuç grafiği .....	53
Şekil 4.54. Devreye viaların eklenmiş hali .....	54
Şekil 4.55. Viaların eklenmiş halinin üç boyutlu gösterimi .....	54
Şekil 4.56. Devreye vialar eklendikten sonra alınan sonuç grafiği .....	55
Şekil 4.57. C1 kondansatörünün değişmesinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisi .....	55
Şekil 4.58. C2 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisi .....	57
Şekil 4.59. C4 kondansatörünün değiştirilmesinin $S_{11}$ yansıma katsayısına etkisi .....	59
Şekil 4.60. Köşeler dik hale getirilmiş halde devrenin şekli .....	60
Şekil 4.61. Köşelerin dik durumdaki devrenin sonuç grafiği .....	61
Şekil 4.62. Eş-düzlemsel yapı üzerine vialar eklenmiş hali .....	61
Şekil 4.63. Devrenin üç boyutlu gösterimi .....	62
Şekil 4.64. Eş-düzlemsel yapı üzerine via eklenmiş devre şeklinin sonuç grafiği .....	62
Şekil 4.65. Devrenin vialarının üst seviyeye uzatılması sonucu devre şekli .....	63
Şekil 4.66. Devrenin üç boyutlu gösterimi .....	63
Şekil 4.67. Viaların çift taraflı uzatılmış halinin sonuç grafiği .....	64

Şekil 4.68. Vianın bir miktar sağa çekilmesi ile alınan sonuç grafiği .....	65
Şekil 4.69. Vianın bir miktar sola çekilmesi ile alınan sonuç grafiği.....	66
Şekil 4.70. Üretimi yapılmış ve kılıfa yerleştirilmiş işaret birleştirici.....	66
Şekil 4.71. Üretimi yapılmış işaret birleştiricinin önden görünümü .....	67
Şekil 4.72. Ölçüm sonuçlarına göre uydu yayınlarının alındığı portta $S_{11}$ ve $S_{22}$ değerleri.....	68
Şekil 4.73. Ölçüm sonuçlarına göre $S_{12}$ ve $S_{21}$ değerleri .....	68
Şekil 4.74. Ölçüm sonuçlarına göre UHF bandının olduğu porttaki $S_{11}$ ve $S_{22}$ değerleri.....	69
Şekil 4.75. Ölçüm sonuçlarına göre $S_{13}$ ve $S_{31}$ değerleri .....	69
Şekil 4.76. $S_{12}$ değerinin simülasyon ve ölçüm sonuçları birleşimi .....	71
Şekil 4.77. $S_{13}$ değerinin simülasyon ve ölçüm sonuçları birleşimi .....	71



## GENEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı : Kadir Sercan BAYRAM  
Anabilim Dalı : Elektronik ve Haberleşme  
Programı : Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Programı  
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Taha İMECİ  
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Haziran 2011

## EŞ-DÜZLEMSEL İŞARET BİRLEŞTİRİCİ

### ÖZET

Televizyon, radyo ve uydu yayınlarının izlenebilmesi için günümüzde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar tarihsel gelişim sırasına göre çubuklu antenler yardımıyla vericilerden alışı, doğrudan uydudan alışı ve merkezi dağıtım sistemi olarak sınıflandırılabilir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan sistemler merkezi dağıtım sistemleridir. İnşaat sektörünün gelişmesiyle beraber daha önceki yıllarda 50-100 arasında aboneye hizmet veren merkezi dağıtım sistemleri binalardaki daire sayısının artması ile beraber çok daha fazla aboneye hizmet etmektedir. Bu durum karşısında kullanılacak elektronik ekipmanlar da önem kazanmıştır. Kablolu TV yayını için gerekli işaret birleştirici (diplexer) prizler artık her odada bulunmaktadır. Binalarda kullanılan merkezi dağıtım sistemleri bu tezin hazırlanmasında ön kaynak olmuştur. Birleştiriciler yüksek ve alçak geçiren filtrelerin birleşimi olan bant geçiren filtrelere denir. Birleştiriciler radyo, tv ve uydu yayınlarını tek bir baskı devre kartı (PCB-printed circuit board) ile son kullanıcının dairesine iletimi sağlamaktadırlar.

**Anahtar Kelimeler:** Eş-Düzlemsel, İşaret Birleştirici, Filtre, Sonnet Software.

## **GENERAL KNOWLEDGE**

Name and Surname : Kadir Sercan BAYRAM  
Field : Electronics and Communication  
Program : Electronics and Communication Engineering  
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Taha İMECİ  
Degree Awarded and Date : Master – June 2011

## **CO-PLANAR DIPLEXER**

### **ABSTRACT**

In order to receive radio, TV and satellite broadcasting, there has been various methods used so far. According to the historical background, these methods are Old-fashioned dipole antennas from terrestrial transmitters, Direct-to-home (DTH) from satellites and Central building distribution systems. The method here is, using an electromagnetic simulation program in order to validate the design. Since the designed circuit works in microwave frequencies, electromagnetic simulation is important. Furthermore, it is planned to use a simulation program; Sonnet software, which gives very accurate results especially in filter simulations. The goal is to design, simulate, build and test a diplexer in microwave frequencies, using an electromagnetic simulation program. It is important to emphasize that, this project will be a pioneer in the industry since most of the similar circuits are imported. The proposed diplexer will be a national product, in addition to that, it is aimed to have a cost-effective product than the imported ones.

**Keywords:** Co-Planar, Diplexer, Filter, Sonnet Software.

## 1. GİRİŞ

Haberleşme ara sistem tasarımlarının birçoğunun temelinde sinyal filtreleme uygulamaları vardır. İletilen bilginin daha önceden belirlenmiş frekans aralıklarında izolasyonu veya engellenmesi son derece önemlidir. Basit bir AM (genlik modülasyonu) radyo alıcısında kullanıcı bant geçiren filtreleme yöntemi ile tek bir radyo istasyonu seçerek o istasyonun sinyalini alır. Bu istasyona yakın olan radyo istasyonlarının bulunduğu frekanslar engellenir.

Filtreler elektronik devrelerde genel olarak aktif ve pasif filtreler olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Aktif filtrelerin avantajlarından biri yüksek kazançlar elde edilebilmesidir. Fakat sınırlı kazanç-bant genişliği oranından ötürü, kuvvetlendiricili aktif filtreler genellikle çalışma aralığı ses frekansından yüksek olan haberleşme sistemlerinde kullanılmazlar.

Haberleşme sistemlerinde genel olarak LC filtreler (alçak geçiren, yüksek geçiren ve bant geçiren filtreler) kullanılmaktadır. Çoğunlukla RF (Radio Frequency-Radyo Frekansı) devre tasarlanmasında merdiven tipi LC devreleri kullanılmaktadır. Kapasite ve endüktansların değerleri filtrenin tipine bağlı olarak değişmektedir.

RF teknolojisi elektronik ürünlerin birçoğunda yer almaktadır. Günümüzde cep telefonları, internete bağlanmak için kullanılan bilgisayar sistemlerinde, televizyon ve radyo sistemlerinde, ses sistemlerinde, uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen kontrol sistemlerinde kullanılmaktadır. RF teknolojisi yardımı ile uydu veri transferi, GPS (Global Positioning System-Küresel Konumlama Sistemi), araç takip sistemleri gibi uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir.

Filtreler RF sistemlerinde önemli rol oynamaktadır. GSM haberleşmesi, uydu haberleşmesi, mikrodalga iletişim sistemlerinde mikrodalga filtre yapıları boyutlarının küçük olması, üretim maliyetinin düşük olması ve yüksek performansa sahip olması istenmektedir. Bunun için de üretimi çok basit olan mikrodalga filtreleri kullanılabilir. Mikrodalga filtreler arasında en çok tercih edilen yapı düzlemsel yapıdır. Yüksek performansa sahip olan düzlemsel yapılar küçük boyutlarda imal

edilebilmesi ve düşük maliyetinden dolayı tercih edilmektedirler. Uygulamalarda geçirme bandı kenarlarındaki keskinliği değerlendirmede önemli rol oynamaktadır. Yüksek performansa sahip olabilmesi için araya girme kaybının düşük seviyede ve seçiciliğinin yüksek olması gerekmektedir (Kaptan, 2006: 441).

Çalışmanın ilk bölümünde filtre ve çeşitleri üzerine teorik bilgiler, filtre tasarımları ve simülasyon sonuçları verilmiştir.

## 2. FİLTRELER

Filtreler belirli frekanslarda çalışan veya tam tersi olarak belirli frekansları engelleyen yapılardır. Filtrelerin belirli bant genişlikleri vardır. Bir filtrede geçiş bandında ekleme kaybının olmaması, sönümlenme bandında sönümlenmenin sonsuz olması, geçiş bandında lineer faz cevabının olması ve çıkışının eşlenmiş olması beklenir. Fakat pratikte böyle bir filtre oluşturmak mümkün değildir.

Elektronik sistemlerin önemli devre bloklarından birisi filtrelerdir. Filtreler ihtiyaca göre elektriksel bir işaretin frekans spektrumunu sınırlandırmak, biçimlendirmek veya düzenlemekte kullanılırlar. Elektronik filtrelerin kullanım alanları çok geniş olup bunlardan bazıları;

- ✓ Bir sistemdeki gürültü gibi parazitleri süzmek,
- ✓ Belirli frekans bileşenlerini birbirinden ayırmak,
- ✓ Radyo ve televizyon işaretlerini kanallara göre bulmak,
- ✓ Örnekleme işleminden önce sinyalleri sınırlandırmak,
- ✓ Örneklenmiş işaretleri sürekli zamanlı işaretlere çevirmek,
- ✓ Hoparlör gibi ses sinyali işleyen araçların kalitesini yükseltmek,
- ✓ Konuşmayı veya ses işaretlerini sentez etmek vb.

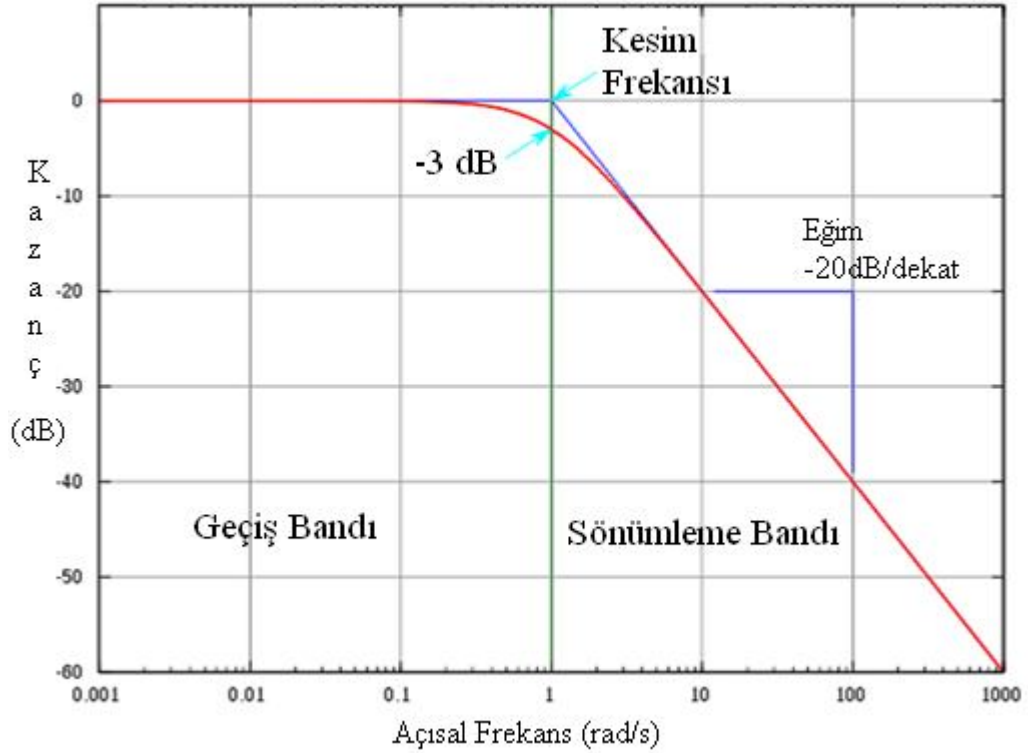
şeklinde sıralamak mümkündür (Yılmaz, 2005: 16).

### 2.1. Filtre Çeşitleri

Filtreler frekans seçici devreler anlamına gelmektedirler. Dört çeşit filtre bulunmaktadır. Bunlar; alçak geçiren filtreler (AGF), yüksek geçiren filtreler (YGF), bant geçiren filtreler (BGF) ve band söndüren filtreler (BSF)'dir. Bunun içinde bant geçiren filtreler ve bant söndüren filtreler kendi aralarında dar bantlı ve geniş bantlı filtreler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Filtreleri genel olarak gruplandırmak gerekirse pasif filtreler ve aktif filtreler olarak ayrılabilirler. Pasif filtrelerde opamp, transistör gibi aktif devre elemanları bulunmaz.

### 2.1.1. Alçak Geçiren Filtreler

Belirtilen kesim frekanslarından düşük olan frekansları geçiren, kesim frekansından yüksek olan frekansları da sönümlendirerek iletimine engel olan filtrelerdir. Alt geçiren filtre yapıları seri endüktanslar ve paralel kapasitelerin kaskat dizilimi ile gerçekleştirilirler (Erdem, 2010). İdeal bir alt geçiren filtre kesim frekansından yüksek olan tüm frekansları yok etmelidir. Yani frekans cevabı dikdörtgen şeklinde olmalıdır. Fakat ideal filtreyi gerçeklemek mümkün değildir. Alt geçiren filtrelerde frekans cevabı kesim frekansından sonra belirli bir eğimle azalan şekildedir. Filtre gerçekleştirildiğinde genelde -3 dB düşümdeki frekans değeri kesim frekansı olarak alınır. Şekil 1’de bir alt geçiren filtre için kazancın açısal frekansa oranını gösteren grafik verilmiştir. Grafiğin altında kalan kesim frekansına kadar olan kısmı geçiş bandı, kesim frekansından sonraki kısım ise sönümlenme bandı olarak belirtilmiştir. Grafiğin sönümlenme bandındaki eğimi ise -20 dB/dekat olarak belirtilmiştir.

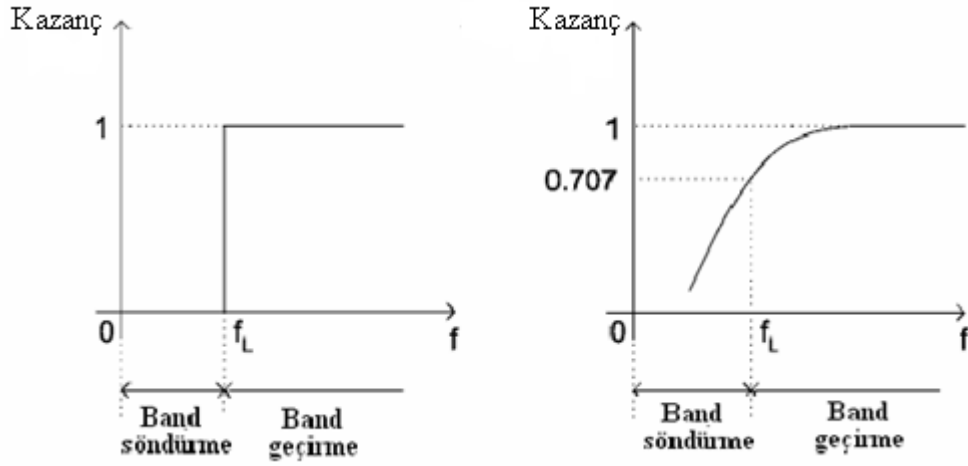


Şekil 2.1. Alt geçiren filtre kazanç-açısal frekans grafiği (Yılmaz, 2005)

Bant genişliğini için -3 dB değerindeki kesim frekansına bakılabilir.

### 2.1.2. Yüksek Geçiren Filtreler

Üst geçiren filtre yapıları seri kapasiteler ve paralel endüktansların kaskat dizilimi ile gerçekleştirilir (Erdem, 2010). Üst geçiren filtreler alt geçiren filtrelerin çalışma prensibinin tersi şeklinde çalışırlar. Yani kesim frekansının üstündeki frekansları geçirip altındaki frekansları söndürülendirerek iletimine engel olan filtrelerdir. Şekil 2.2’de üst geçiren filtre karakteristiği gösterilmiştir. Grafiklerden soldaki ideal filtre cevabı, sağdaki gerçekte üst geçiren filtre cevabıdır.

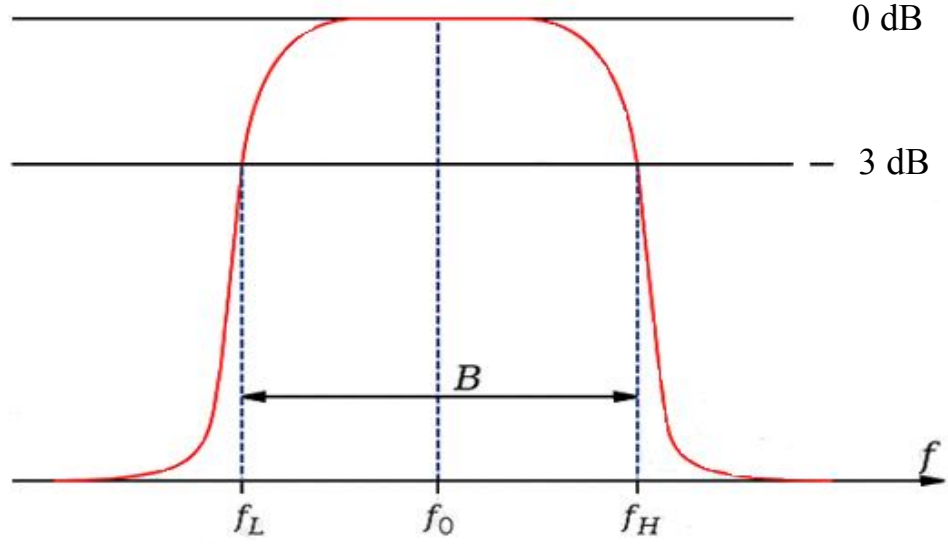


Şekil 2.2. Üst geçiren filtre karakteristiği (Opamp Uygulamaları, 2011)

### 2.1.3. Bant Geçiren Filtreler

Bant geçiren filtreler istenilen bant aralığındaki frekansları geçirip diğer frekansları engelleyen filtre türüdür. Bant geçiren filtreler alt ve üst geçiren filtrelerin birleşimi gibi de düşünülebilir. Şekil 2.3’de  $f_L$  alt kesim frekansını,  $f_H$  üst kesim frekansını,  $f_0$  merkez frekansını ve B bant genişliğini ifade etmektedir (Azeri, 2009: 24).

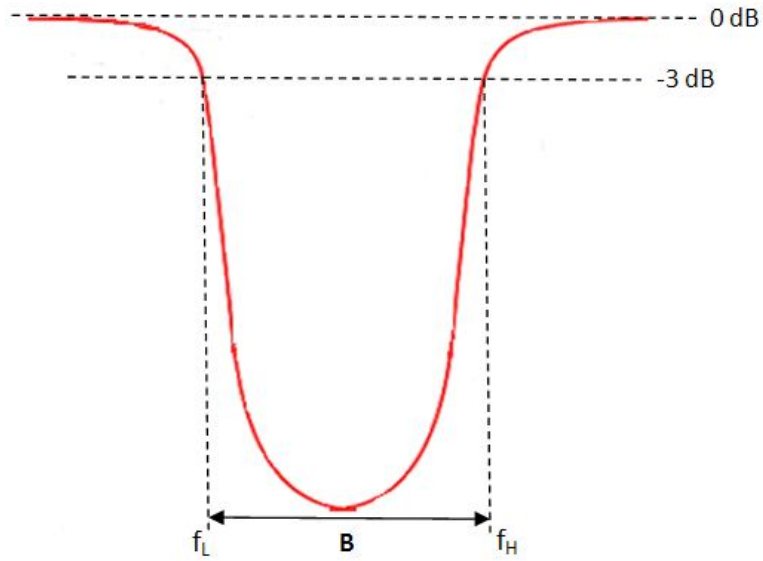
$$f_0 = \frac{f_H - f_L}{2} \quad B = f_H - f_L$$



Şekil 2.3. Bant geçiren filtre örnek frekans cevabı

#### 2.1.4. Bant Durduran Filtreler

Sinyal üzerinde parazit etkisi yapan veya hiç istenmeyen işaretlerin devre üzerindeki etkisini azaltmak veya yok etmek için bant durduran filtreler kullanılmaktadır. Şehir şebekesinden dolayı oluşan parazitlerin elektronik cihazlarda bozucu etkisini kaldırmak için bant durduran filtreler kullanılmaktadır. Filtrenin özellikleri bant geçiren filtrenin tam tersidir. Bant genişliği içerisindeki frekanslar hariç diğer frekansların geçişine izin verilir (Kaplan, 2007: 81).



Şekil 2.4. Bant durduran filtre örnek frekans cevabı

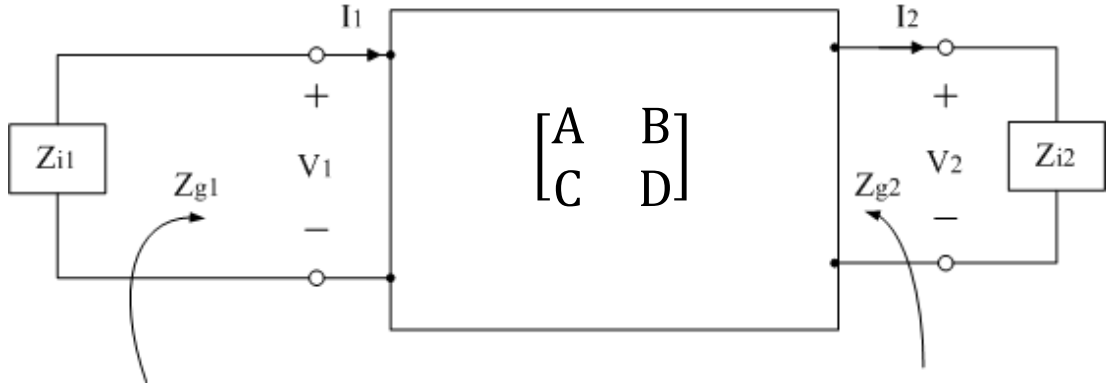


## 2.2. Filtrelerin Kullanıldığı Yerler

Radyolarda frekansların elde edilmesinde, antenlerde, telsizlerde, besleme devrelerinde, ses sistemlerindeki filtrelemelerde, işaret birleştirici uygulamaları gibi daha birçok uygulama alanında kullanılırlar.

## 2.3. Filtre Tasarım Metotları

Filtre tasarlamak için çeşitli yöntemler vardır. İki kapılı devreleri kullanarak filtre tasarımı ve basamak tipi devreler kullanarak filtre tasarımı bunlara örnek verilebilir.



Şekil 2.5. İki kapılı devre modeli

Şekildeki devrenin ABCD parametrelerinin bulunması gereklidir. Devrenin girişlerindeki empedanslar  $Z_{i1}$  ve  $Z_{i2}$  olarak alınırsa;

$Z_{i1}$  : 2. portun  $Z_{i2}$  ile sonlanması durumundaki 1. portun giriş empedansı

$Z_{i2}$  : 1. portun  $Z_{i1}$  ile sonlanması durumundaki 2. porttaki giriş empedansı

Devre için empedansları ABCD parametreleri ile tanımlarsak portlardaki gerilim ve akımlar:

$$V_1 = A \cdot V_2 + B \cdot I_2$$

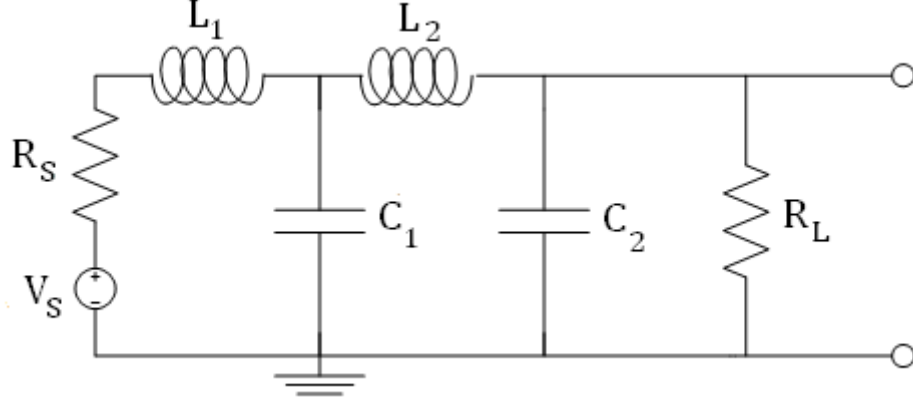
$$I_1 = C \cdot V_2 + D \cdot I_2$$

$$Z_{i1} = \sqrt{\frac{A \cdot B}{C \cdot D}} \quad , \quad Z_{i2} = \sqrt{\frac{B \cdot D}{A \cdot C}}$$

denklemleri elde edilir.

### 2.3.1. Basamak Tipi Devreler

Filtre tasarlarken en çok kullanılan devre tipleri LC devreleridir. LC devreleri ile filtre tasarımı yaparken de en çok basamak tipi devreler kullanılır.



Şekil 2.6. Basamak tipi alçak geçiren filtre örneği

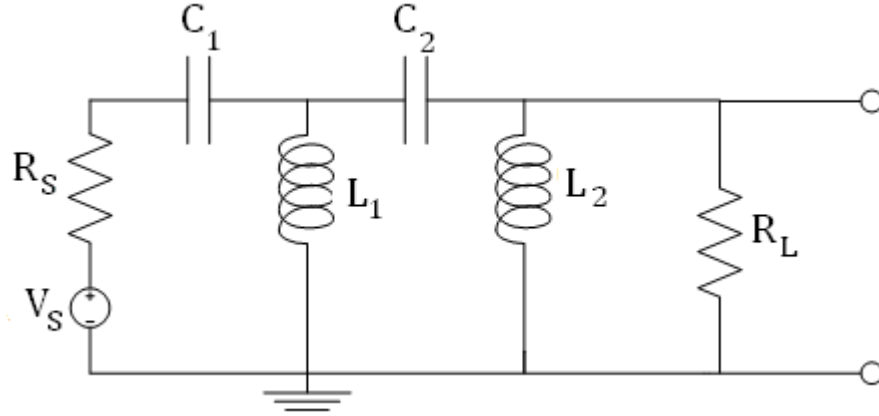
$R_S$ 'den görülen giriş empedansı  $Z_{in}$  ise yansıma katsayısı;

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - R}{Z_{in} + R}$$

denkleminde hesaplanır (Wu, 2007). Buradan güç kaybı oranı;

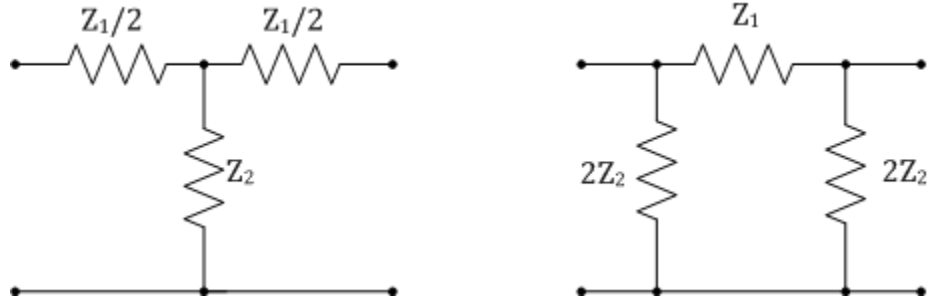
$$P_{LR} = 1 + \frac{(Z_{in} - R)^2}{2R(Z_{in} + Z_{in}')}$$

elde edilir (Garro, 2003: 52).



Şekil 2.7. Basamak tipi yüksek geçiren filtre örneği

Basamak tipi iki kapılı devrelerin iki önemli çeşidi vardır. Bunlar T ve II tipi devrelerdir. T tipi filtrede aynı tür iki eleman seri kolda, II tipi filtrede ise paralel kolda yer alırlar. Paralel kolda kondansatör alçak geçiren filtre, paralel kolda bobin ise yüksek geçiren filtredir (Bulut, 2009: 51, Matthaei ve diğ. 1980).



Şekil 2.8. T ve II tipi devre şemaları

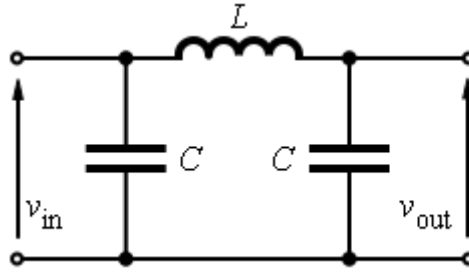
Devrelerin parametreleri için tablo oluşturulursa:

Tablo 2.1. Basamak tipi devrelerin devre parametreleri (Erdem, 2010)

II tipi Devreler	T tipi Devreler
ABCD Parametreleri	ABCD Parametreleri
$A = 1 + Z_1/2Z_2$	$A = 1 + Z_1/2Z_2$
$B = Z_1 + Z_1^2/4Z_2$	$B = Z_1$
$C = 1/Z_2$	$C = 1/Z_2 + Z_1/4Z_2^2$
$D = 1 + Z_1/2Z_2$	$D = 1 + Z_1/2Z_2$

Z Parametreleri	Z Parametreleri
$Z_{11} = Z_{22} = Z_2 + Z_1/2$	$Y_{11} = Y_{22} = 1/Z_1 + 1/2Z_2$
$Z_{12} = Z_{21} = Z_2$	$Y_{12} = Y_{21} = 1/Z_1$
İletim Parametreleri	İletim Parametreleri
$Z_{iT} = \sqrt{Z_1 Z_2} \sqrt{1 + Z_1/4Z_2}$	$Z_{iT} = \sqrt{Z_1 Z_2} \sqrt{1 + Z_1/4Z_2}$

Alçak geçiren bir filtre tasarlanmak istenirse T tipi ya da II tipi şeklinde seçilmesi gerekir.



Şekil 2.9. II tipi alçak geçiren filtre örneği

Devredeki seri endüktans ve paralel kollardaki kapasiteler düşük frekanstaki sinyalleri geçirirken yüksek frekanstaki sinyalleri geçirmemektedir. Yukarıdaki şekil 2.9'da endüktansın yerini kapasiteler ile kapasitelerin yerini de endüktans ile değiştirilirse II tipi yüksek geçiren filtre elde edilmiş olur (Savun, 2007). Tablodan yararlanarak iletim empedansı:

$$Z_{iT} = \sqrt{\frac{L}{C}} \sqrt{1 - \frac{\omega^2 LC}{4}}$$

şeklinde bulunur. Kesim frekansına  $\omega_c$  denilirse;

$$\omega_c = \frac{2}{\sqrt{LC}}$$

elde edilir. Nominal karakteristik empedans;

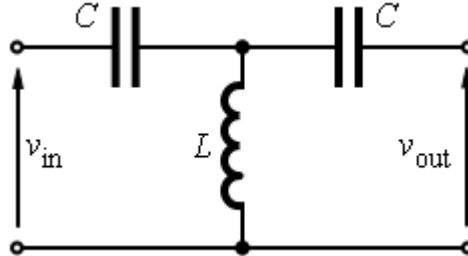
$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = k$$

olarak alınır ve  $k$ 'nın sabit olduğu dikkate alınarak iletim empedansı denklemini tekrar düzenlenirse;

$$Z_{iT} = R_0 \sqrt{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$$

olur.  $\omega=0$  için  $Z_{iT} = R_0$  olur.

Devrelerde endüktans ve kapasite değerlerini bulmada sıfır frekansındaki iletim empedansı ( $R_0$ ) ve kesim frekansı kullanılır (Gündüz, 2005). Alçak geçiren filtre için T tipi devreler ile II tipi devrelerin kesim frekans formülü ve iletim empedansı formülü aynı olur.  $\omega=0$  olmadığı sürece T tipi devrenin iletim empedansı II tipi devrenin iletim empedansına eşit olmaz.



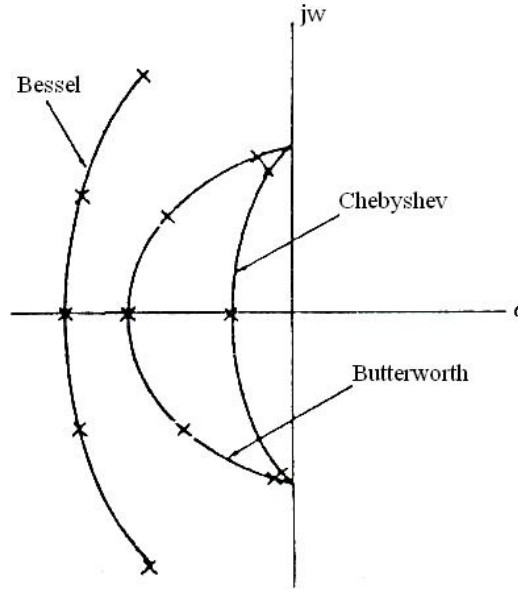
Şekil 2.10. T tipi yüksek geçiren filtre örneği

Devredeki seri kapasiteler ile paralel koldaki endüktans yüksek frekanstaki sinyalleri geçirirken düşük frekanstaki sinyalleri geçirmemektedir. Yukarıdaki şekil 2.10'da kapasitelerin yerini endüktanslar, endüktansların yerini de kapasiteler ile değiştirirsek T tipi alçak geçiren filtre elde etmiş oluruz. Alçak geçiren filtre ile yüksek geçiren filtre devrelerinde kesim frekansının formülü değişmektedir. Bu denklem:

$$\omega_c = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$$

şeklindedir.

Aktif filtre yapılarında ise Chebyshev, Butterworth ve Bessel isimleri öne çıkmaktadır. Bu filtrelerde frekans bandındaki rezonans frekanslarını belirleyen kutuplar sıfır noktaları ile tanımlanır. Sıfır noktası alçak empedans frekansını, kutup da yüksek empedans frekansını gösterir.



Şekil 2.11. Filtrelerin sıfır ve kutup noktaları

Bu üç filtrenin temel özellikleri; Chebyshev filtrenin maksimum zayıflayarak azalma oranının iyi olması, Butterworth filtrenin geçen bant genliğinin düzgünlüğünün iyi olması, Bessel filtrenin ise zaman gecikme düzgünlüğüdür.

### **3. RADYO, TELEVİZYON ve UYDU YAYINLARI**

Evlerimizde basit antenlerle seyrettiğimiz yayınlar, “analog yayın” olarak adlandırılır. Çanak anten ve bir televizyon yanında tutulan uydu alıcısı vasıtasıyla izlenen yayınlar ise “dijital”, yani “sayısal yayın”dır. TV yayın teknolojilerinin en son yaygınlaşanı olan karasal yayıncılık ise çanak anten kullanılmadan dijital yayın yapılabilmesini/izlenebilmesini sağlar (Cankaya, 1997: 27). Karasal yayıncılıkta TV kuruluşları, görüntüleri uydu yayınında olduğu gibi dijital olarak yayınlarlar, bu yayını izleyebilmek için ise bir çanak antene ihtiyaç yoktur. Basit bir anten ve “set top box” adı verilen bir set üstü cihazla bu dijital yayını izlemek mümkündür. Yani karasal yayıncılık sistemi, bugün çanak antenlerle izleyebildiğimiz kalitede yayını çok daha basitçe ve ucuza izlememizi sağlayacaktır. Karasal yayıncılık konusunda değişik ülkelerin geliştirdiği farklı yayın sistemleri mevcuttur. Ülkemiz, bunlar arasında Avrupa ülkelerinin kullandığı DVB-T formatını tercih etmiştir. Türkiye’de karasal yayıncılık denemeleri 2005 yılında başlatılmıştır. 2015 yılına kadar diğer Avrupa ülkeleriyle beraber ülkemizde de analog yayın kademeli olarak sona erdirilecek ve karasal yayına geçilecektir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011).

#### **3.1. Radyo, Televizyon ve Uydu Yayınlarının Tarihsel Gelişimi**

Türkiye’de Radyo yayınlarının deneme olarak başlatıldığı 1927’den 1937 yılına kadar yayınların kontrolü “Türk Telsiz ve Telefon A.Ş” ’de idi. Bu şirket 1937 yılında kamulaştırılmıştır (PTT’nin eline geçmiştir). Ondan sonra kontrol 1940 yılında Matbuat Umum Müdürlüğü’ne devredilmiştir. Bu müdürlük yeniden yapılandırma ve isim değişikliği ile 1943 yılında Basın Yayın ve Turizm Genel Müdürlüğü adını almıştır. 1958 yılında Basın Yayın ve Turizm Bakanlığı olmuştur. Daha sonra yetki 1964 yılında yeni kurulan Türkiye Radyo ve Televizyon (TRT) kurumuna devredilmiştir (Aziz, 1976: 31).

RT 1968 yılında ilk olarak Ankara'da VHF bandından günde bir saatlik TV deneme yayınlarına başlamıştır. Birkaç sene içinde de bu yayınlar gündüz boyu sürdürülür hale gelmiştir. Ankara merkezli siyah-beyaz yayın gece en geç 12.00'de İstiklal Marşı ve bayrağın göndere çekilmesiyle kapanmaktaydı. 1982'de ilk renkli TV ve 1990'da teletext yayınlarına geçilmiştir. 1986 yılında ise TRT-2 İstanbul çıkışlı olarak UHF bandından renkli yayın başlamıştır. 11 Kasım 1983 tarihinde yapılan kanun değişikliğiyle Radyo-TV yayınları için milli siyasete uygun ilkelerin benimsenmesi, uygulamanın gözetim, denetim ve değerlendirilmesi bu iş için yeni kurulan "Radyo ve Televizyon Yüksek Kurulu'na"(RTYK) bırakılmıştır.

Uydu haberleşme sistemleri konusunda dünyadaki gelişmeler daha en başından itibaren Türkiye tarafından da dikkatle izlenmiştir. İlk gerçek zamanlı aktif telekom uydusu Telstar 1'in faaliyete geçmesinden sonra tüm haberleşmeden sorumlu kamu kurumumuz olan PTT'ye bu konuda çalışma yapması görevi verilmiştir. Bunun üzerine 1968 yılında PTT bünyesi içinde bir "Peyk (uydu) Telekomünikasyon Grup Başmühendisliği" kurulmuştur. Bu kurumumuzla Intelsat'a resmen katılmaya karar verilmiştir.

İlk başlarda Türkiye'de hiç bir yer istasyonu yoktu. Ama o yıllarda Yugoslavya ve İran'ın yer istasyonlarından yararlanarak ABD ile telefon bağlantısı kurulabiliyordu. İlk olarak 1970'lerde Türkiye'de bir yer istasyonu kurulma çalışmalarına başlanmıştır. 1976'da ihale açılmış, 1977'de sonuçlanmış ve kurulması 1979 yılında bitirilmiştir. İngiltere ile 11 telefon kanalı bağlantısı olan AKA-1 (Ankara 1) 23 Nisan 1979'da kurularak servise verilmiştir. 1977'de 17 ülkenin katılımıyla kurulan Eutelsat'a ülkemizde 1985 yılında katılmıştır. Eutelsat 2 ile çalışan AKA-2 yer istasyonu 3 Kasım 1985 tarihinde hizmete girmiştir.

Türkiye'de 1986 yılından itibaren yabancı uydu TV yayınlarının izlenmesini sağlayan çanak antenler hızla yaygınlaşmaya başlamıştı (Ceylan, 1983: 98). Ancak o sıralar bireysel çanaklı alıcı sistemini kurabilmek için Telsiz Genel Müdürlüğüne (TGM) başvurup bir ruhsat almak gerekmekteydi.

Fırlatılan ilk uydumuz olan Türksat-1A, Ariane-4 fırlatıcı roketinin üçüncü katındaki arıza nedeniyle kaybedilmiştir. Bunun üzerine zaten o sırada üretilmekte olan ikinci uydunun bitirilmesi hızlandırılmış ve ilk olarak Türksat-1B uydusu 11 Ağustos 1994 tarihinde yerleştirilmiştir. 10 Ekim 1994 tarihinde hizmete girmiştir. Ağustos 1996'da Türksat-1C uydusu ile yer değiştirmiştir. Eurasiasat uydumuz fırlatılmış ve 1 Şubat 2001 tarihinde de faaliyete geçmiştir (Uydu Tv Haber, 2011).



### 3.1.1. Çubuklu Antenler

Bir yönlü anten olup, üzerinde bulunan pasif parçalar ile bir yöndeki anten kazancını yüksek tutmayı amaçlamaktadır. Antenin yöne bağlı ışımalarının bir ölçüsü olarak ışıma deseni adı verilen bir grafik kullanılmaktadır.

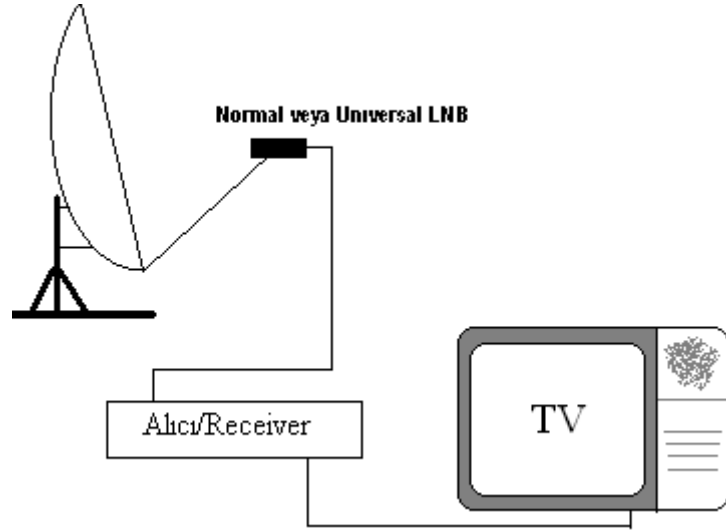
Dipol antenin yönlendiriciliğini artırmak için dipol anten; yansıtıcı ve yönlendirici olarak isimlendirilen anten dizileri ile birlikte kullanılır. Yansıtıcı ve yönlendirici kullanan dipol antene çubuklu anten denir.

Antendeki aktif olan tek kısım, dipol adı verilen bir iletken ile kuvvetlendirici ya da sürücü devreye bağlanmış olan kısımdır. Bunun dışındaki parçalar işareti yansıtmaya ya da yönlendirmeye yaramaktadır. Ayrıca Yagi anteni her antende olduğu gibi bir band genişliğine sahiptir, antenden en iyi verimin alınabilmesi için bağlanacağı devrenin çalıştığı frekans bölgesi ile band genişliği uyusmalıdır. Devre ile anten arasında işaret kaybına yol açan kablo ve konnektörlerin tasarım sırasında band genişliğine uygun ve önceden belirlenmiş kazanç kaybı ölçülerinde göre seçilmesi önemlidir. Bu amaçla geliştirilmiş, kablo modeli, frekans gibi parametreleri seçebildiğiniz koaksiyel kablo hesaplayıcılarını bulmak mümkündür (genellikle anten-devre arasında koaksiyel kablo kullanılmaktadır) (Mert Turanlı, 2011).

Yansıtıcı (reflektör) belli bir yönlendirme yapar. Anten kazancını artırır, daha uzaklara ulaşmayı sağlar. Yansıtıcı eleman dipolden  $\lambda/10$  kadar uzağa yerleştirilir. Yansıtıcının boyu dipol boyundan %5 daha büyüktür. Yönlendirici (direktör) eleman dipolden  $\lambda/10$  kadar uzağa yerleştirilir. Yönlendiricinin boyu da dipol boyundan %5 daha küçüktür.

### 3.1.2. Doğrudan Uydudan Alış

Çubuklu antenlerden sonra yayın kalitesinin arttığı doğrudan uydudan alış sistemi gelmiştir. Bu sistemde yayınlar bir çanak anten yardımı ile alınmakta ve set üstü kutusu ile evlere alınmaktadır. Bu sistemde yayın çubuklu antenlerdeki gibi görüntü kesilmesine uğramaz. Sayısal yayın olduğu için yayın üzerinde donmalar meydana gelebilir.



Şekil 3.12. Çanakdan gelen sinyalin alınması

### 3.1.3. Merkezi Dağıtım Sistemleri

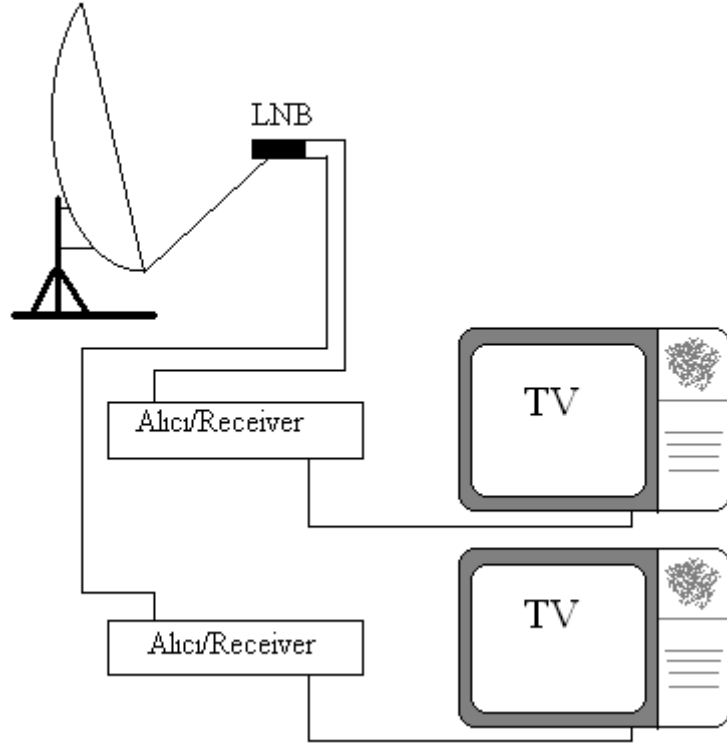
İki çeşit merkezi dağıtım sistemi bulunmaktadır. Bunlar: Headent Sistemi ve Alıcılı Sistemdir.

Headent merkezi sistem sitelerde, otellerde çok kullanıcıların olduğu yerlerde kullanılır. Çünkü Headent sistemi bir merkeze kurulur bu merkezde kanalların alınacağı uyduya yönlendirilmiş çanaklar bulunmaktadır. Bu sistem kanallar ile sınırlıdır. Kanal sayısı 45 civarındadır. İstenilen 45 kanal kullanıcıları tarafından seçilir sistem kurulur ve bu merkezden tek kablo üzerinden kullanıcılarına bölünerek verilir kullanıcılar evlerinde bağımsız olarak birden fazla TV izleyebilirler. Burada merkezde 45 kanal varsa her kanal için bir alıcı var anlamına gelir. Evlerde kabloyu direk TV ye takarak seyretme imkânı verir. Bu sistemin merkezde kurulması 20.000\$ civarında tutar. Bu sistemi kurduktan sonra buradan alınacak kablo ile istediğiniz kadar aboneye yayın verebilirsiniz. Bu merkezden sonra yayının zayıfladığı yerlerde yükseltici ile güçlendirerek yayın alınabilir (Megasat Forum, 2011).

Genelde villa bulunan siteler birleşerek bu sistemi kurmaktadır çünkü villalarda çok oda olması ve birden fazla TV bulunduğu için bu sistemler tercih edilir. Headent sisteminde abone sayısı ne kadar çok olursa maliyet o kadar çok düşer.

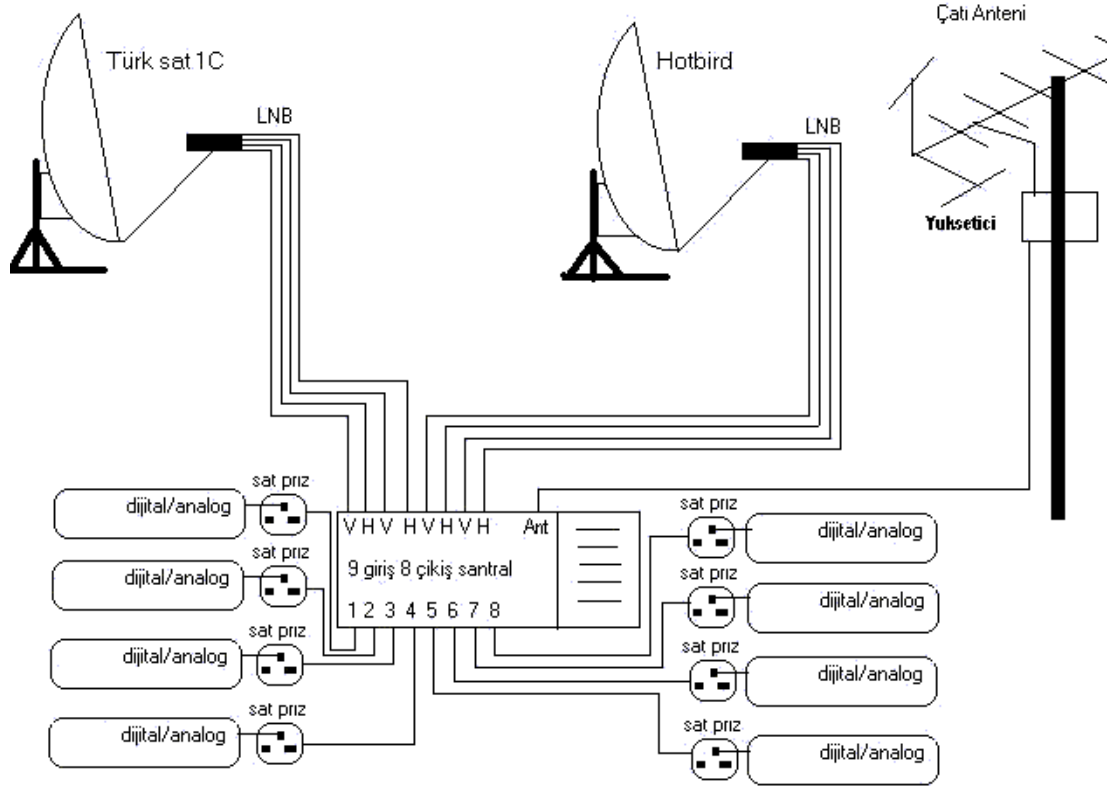
Alıcılı merkezi sistem apartmanlarda veya birden fazla kişinin ikamet ettiği yerlerde kullanılmaktadır. Çatılarda veya balkonlarda çanak kirliliği olmaması için bir uydunun bir çanakla paylaşılmasının istendiği yerler için uygundur. Evlerde bağımsız TV seyredilmesi için birden fazla alıcı (receiver) kullanılması gerekir. Kaç

tane alıcı kullanılacak ise ona göre çanağa LNB takılır. LNB'ler 1 çıkışlı, 2 çıkışlı, 4 çıkışlı ve 8 çıkışlı olarak üretilmiştir. 8 sayıdan sonra santral kullanılır ve LNB'den veya santralden her alıcı için bağımsız kablo çekilir.



Şekil 3.13. Bir uydudan iki TV'ye görüntü gönderilmesi

Şekil 3.2'de görüldüğü gibi bir uydudan bağımsız bir şekilde iki farklı TV izlenmek isteniyorsa iki çıkışlı bir LNB ve iki adet alıcı gerekiyor.



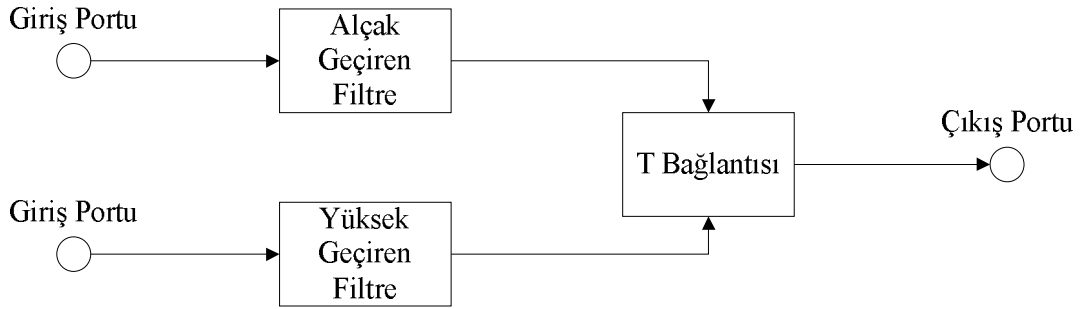
Şekil 3.14. İki adet farklı çanak ve çatı anteninden alınan sinyalin dağıtılması

Şekil 3.3’de görüldüğü gibi iki adet çanaktan ve çubuklu antenden alınan sinyal birleştirilerek tek sinyal şeklinde kullanıcılara iletilmektedir. Bu iletimde kullanılan priz işaret birleştiricidir.

### 3.2. İşaret Birleştirici (Diplexer)

RF teknolojileri günümüz elektronik ürünlerinin büyük bir çoğunluğunda kendine yer edinmiş, gelecekte hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olacağını göstermiştir. Bugün cep telefonlarında, televizyon ve radyo sistemlerinde, internete girmek için kullanılan bilgisayar sistemlerinde, ses sistemlerinde, uzaktan kumanda ile kontrol edebildiğimiz sistemlerde ve günlük hayatta kullandığımız daha birçok elektronik cihazlarda RF sistemler bulunmaktadır. Gelişen RF teknolojisi ile uydu veri transferi, GPS (Küresel Konumlama Sistemi), araç takip sistemleri gibi uygulamaların gerçekleşmesi sağlanmıştır (Hill ve diğ., 2000). Bunun yanında tıpta kullanılan elektronik sistemler, kablosuz internet, kaliteli ses ve görüntü iletimi gibi uygulamalarda da kendini göstermiştir. Bu uygulamaların tamamına bakıldığında insanoğlu için birçok avantaj sağladığı görülmektedir.

İşaret birleştiriciler farklı frekanslarda çalışan iki filtreyi tek port ile sonlandıran yapılardır. Çoklayıcıların (multiplexer) en basit haldeki şeklidir. Burada amaç filtrelerden gelen işaretlerden birini geçirip diğerini engellemektir (White, 2004: 364). Örneğin farklı frekans bantlarında yayın yapan iki radyo, işaret birleştirici yardımıyla ortak bir antene bağlanabilirler. İşaret birleştiriciler etkileşimleri dikkate alınmış birbirini tamamlayan iki paralel filtrenin bir T şeklinde bağlanması şeklinde oluşturulur. Bu filtrelerden biri üst geçiren filtre diğeri alt geçiren filtredir. Bu iki filtrenin de belli kesim frekansları vardır ve bu kesim frekanslarının alt geçiren filtre için altında kalan frekansları, üst geçiren filtre için üstünde kalan frekansları T bağlantısının diğeri tarafına iletilir (White, 2004: 364). Birleştirici tasarlanırken bu iki filtrenin çıkış empedanslarının birbirine eşlenmesi gerekmektedir. Filtrelerin giriş empedansları da birbiriyle uyumlu olmalıdır (Pozar, 1990).



Şekil 3.15. İşaret birleştirici blok diyagramı

### 3.2.1. İşaret Birleştirici Kullanım Alanları

İşaret birleştiriciler genellikle haberleşme sistemlerinde kullanılırlar. Nadiren radar sistemlerinde de kullanılabilirler. Örneğin geniş bantlı çok fonksiyonlu radar sistemlerinde alınan sinyallerin frekansa bağlı farklı hatlara yönlendirme işlemlerinde kullanıldıkları görülmüştür. Bir başka kullanım alanı da ses sistemleridir. Çapraz bağlantı (crossover network) sistemi gelen bas sinyalleri derin bas hoparlöre (sub-woofer), tiz sinyalleri tiz hoparlörlere iletir.

#### 4. SİMÜLASYONLAR

İşaret birleştiriciler (diplexer) yüksek ve alçak geçiren filtrelerin bir birleşimi olan band geçiren filtrelere denir (“EMC ve Mikroşerit Filtreler”, 2006). Basit olarak belirli frekansları geçiren (diğerinden ayıran) başkalarını ise geçirmeyen bir filtreden başka bir şey değildir. Amacı; radyo, TV ve uydu yayınlarını tek bir PCB (printed circuit board-baskı devre kartı) ile son kullanıcının dairesine iletmektir.

İşaret birleştiriciler normal PCB olarak, mikroşerit yapı olarak ya da eş-düzlemsel yapı (co-planar) olarak üretilebilirler. Bu projede eş-düzlemsel yapı kullanılarak işaret birleştirici simülasyonları yapılmıştır. Eş-düzlemsel yapı aslında mikroşerit yapının üst yüzeyinde de geniş toprak metaline sahip olması demektir.

İşaret birleştiriciler istenmeyen sinyalleri durdurarak, aynı anda, aynı anten üzerinden sinyal gönderip almamıza imkân verirler. Aynı alıcıya iki farklı sinyal göndermek için yapılmaktadırlar. En yaygın kullanım alanı, çift bantlı bir mobil cihazın anten çıkışlarının koaksiyel kablo ile tek bir antene bağlanması şeklindedir. Dolayısıyla artık her evde bulunan uydu ile kablo TV yayını iki prizden değil de sadece bir prizden dağıtmak hem ekstra ekipman ihtiyacını dolayısıyla daha fazla ücret vermekten bizi kurtarmakta hem de görüntü kirliliğini ortadan kaldırmaktadır. İşaret birleştiriciler artık her evde kullanılmaktadır. Yapılan tüm inşaat ve toplu konut sitelerindeki dairelerde birden fazla hatta her odada kullanılmaktadır. Bunun yanında telekomünikasyon sektörünün her alanında, sivil askeri bütün haberleşme sistemlerinde bu tip ürünleri görmek mümkündür. Eş-düzlemsel işaret birleştirici de toprak düzlemi ve merkez iletken aynı düzlem üzerinde bulunur.

Elektronik RF tasarım simülasyon programı kullanılarak, temelde bant geçiren bir filtre tasarımı ve üretimi yapmak projenin temelini oluşturmaktadır. Sonuçlar iyi derecede çıktığı için mikrodalga frekanslarında üretimi yapılabilecek olan bu cihazın elektromanyetik simülasyonu bu açıdan önem kazanmaktadır.

Kullanılan simülasyon programı Sonnet Software, özellikle filtre devrelerinde gerçeğe çok yakın sonuçlar vermesiyle ün yapmıştır. Simülasyon sonuçları istenilen

seviyeye ulaştığında bu ürün rahatlıkla uydu haberleşmesi sektörüne hizmet edecektir (Sonnet Suites, 2010).

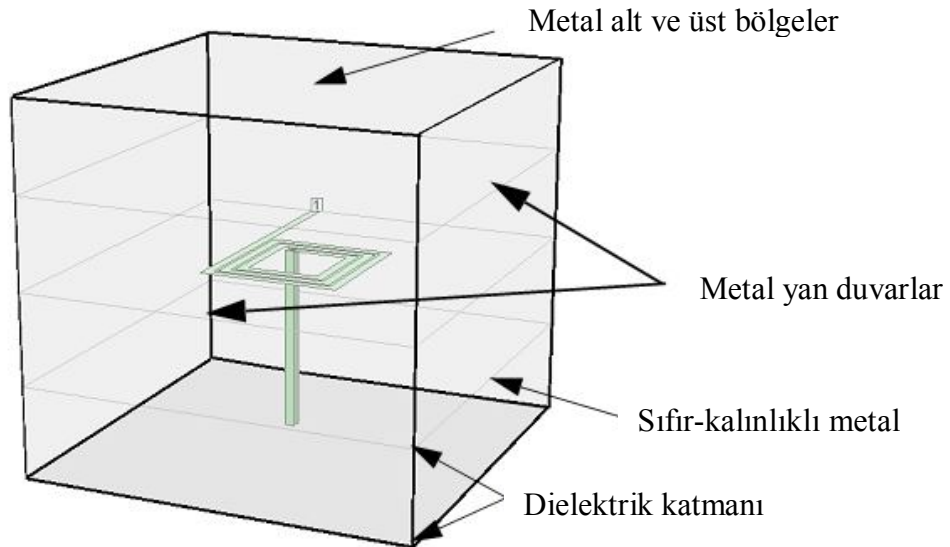
Simülasyon devresini oluşturmadan önce hali hazırda piyasada bulunan ürünler incelenmiştir. Bu ürünlerden referans prizi (Elektronik, 2011) ürün özellikleri ve elde edilmesi gereken değerlere dikkat edilerek seçilmiştir. Devre çiziminde bu referans prizinin devresi örnek alınmıştır. İstenilen değerlere ulaşabilmek ve daha iyi sonuçlar elde edebilmek için 200 civarında deneme yapılmıştır. Bu denemelerde kullanılan filtrelerin etkileri, devre elemanlarının ve değerlerinin devreyi nasıl etkiledikleri gözlenmiştir. Bu denemelerin projenin temelini oluşturan kısımları devre şekilleri ile beraber bu bölümde bulunmaktadır.

Devrede başarımlar ölçütleri:

- Yansıma Katsayısı :  $S_{11} < -15\text{dB}$
- Geçiş bandı :  $S_{12}$  ve  $S_{13}$  Maks±1dB
- Optimum Çalışma Frekansı : UHF Bandı : 5 – 865 MHz  
L Bandı : 950 – 2150 MHz

#### 4.1. Sonnet Simülasyon Programı

Sonnet simülasyon programı şekil 4.1’de görüldüğü gibi simülasyonu yapılacak yapıyı 3 boyutlu, her tarafı metal ile kaplı bir kutu içine alarak simüle etmektedir. Böylece hata olasılığı en aza indirilmiştir. Özellikle kuplör, anten ve mikroşerit yapılarıdaki verdiği doğru sonuçlar nedeniyle tercih edilen bir simülasyon programıdır.

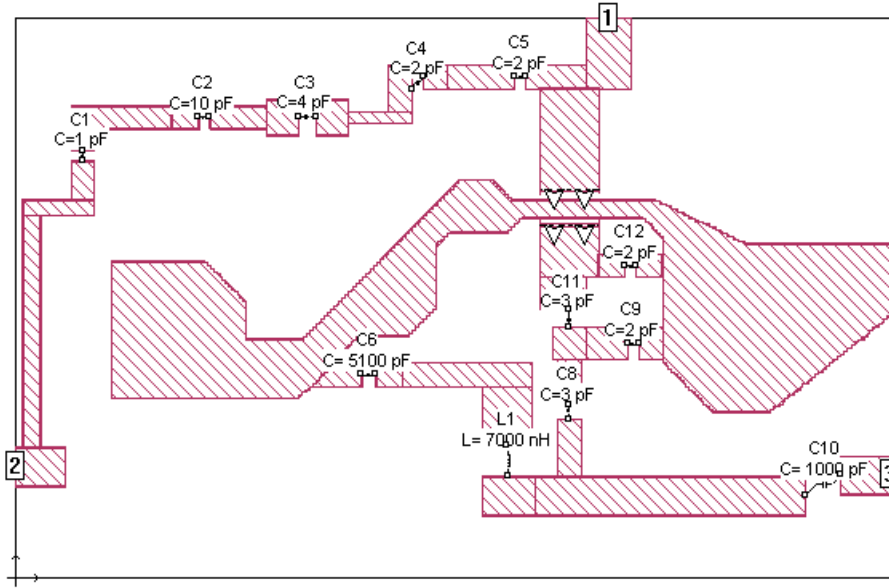


Şekil 4.16. Sonnet simülasyon programı temel mantığı

Programda çizim yaparken üç boyutlu halini de görebilmekteyiz. Böylece viaları yerleştirmek daha kolay olmuştur.

### ✓ Tasarım 1

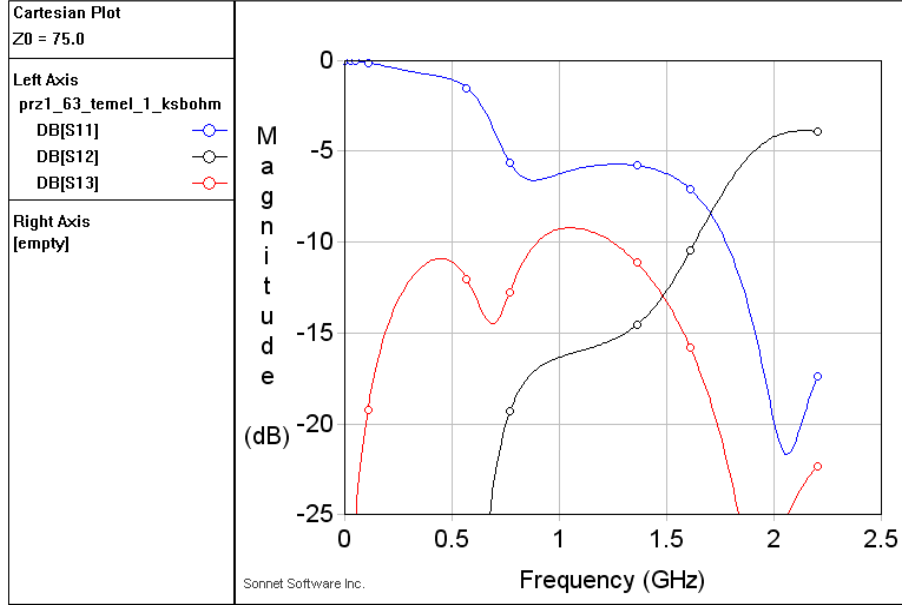
Eş-düzlemsel yapı, portlar ve elemanlar yerleştirildikten sonra Sonnet programında çizim yapılmıştır.



Şekil 4.17. Eş-düzlemsel yapı ve portların yerleştirilmesi

Yapılan çizimde, elemanların değerleri yerleştirilmiş ve bir eş-düzlemsel yapı eklenerek simülasyon sonucunda ortaya aşağıdaki sonuçlar çıkmıştır. Bu sonuçlara göre ilerleyen adımlar şekillenmiştir.



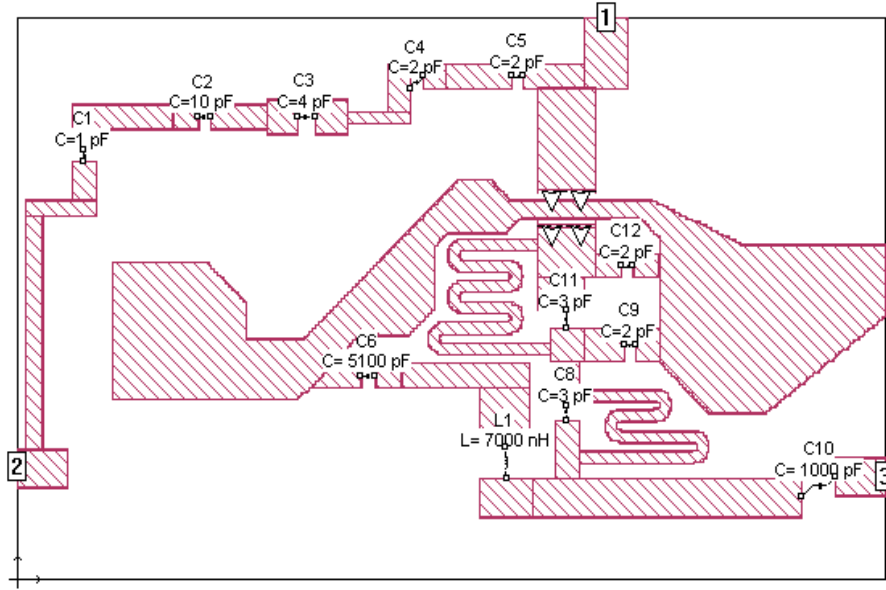


Şekil 4.18. Eş-düzlemsel yapı ve portlar yerleştikten sonra alınan grafik

Şekil 4.3’de görüldüğü gibi  $S_{11}$  devredeki yansıma katsayısını göstermektedir. Bu değer -15 dB’den düşük olması gerekirken 0 – -5 dB seviyesinde bulunmaktadır.  $S_{12}$  yüksek geçiren filtre görevi görmesi gerekirken o görevi gerçekleştirmemektedir. Bunun için devreye hairpin filtreler eklenmesi gerekir (Hao, 2008). Aynı şekilde  $S_{13}$ ’de devrenin alçak geçiren filtre olması gereken kısımdır.

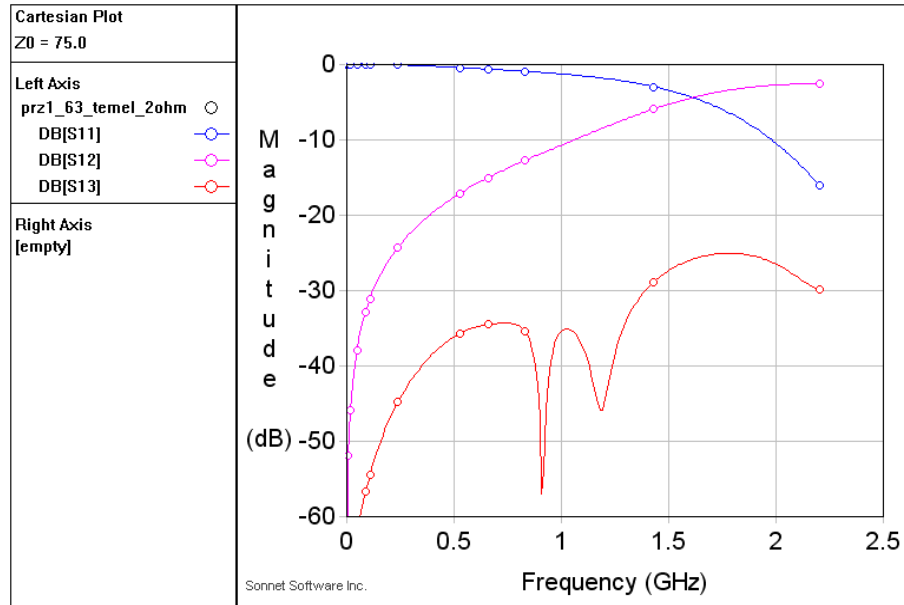
## ✓ Tasarım 2

Devreye 3. port ile 2. port arasında bağlantıyı sağlayan bölüme filtreler eklenerek aşağıdaki şekil 19’daki devre oluşturulmuştur. Şekilde kalın bloklar eş-düzlemsel yapıyı oluşturmaktadır. 1. ve 2. portlar arasındaki kondansatörler ise filtreleme görevini görmektedirler.



Şekil 4.19. Tasarım 2'nin Sonnet çizimi

$S_{13}$  yani yüksek geçiren filtre kısmına iki adet hairpin filtre eklenerek aşağıdaki sonuç elde edilmiştir (Cho, 2005:517).

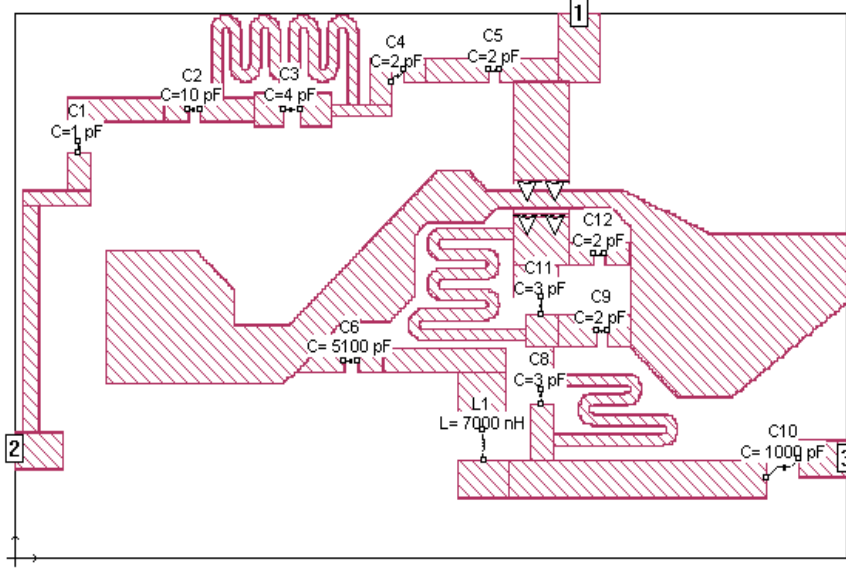


Şekil 4.20. İki adet hairpin filtre eklendikten sonra alınan sonuç grafiği

Sonuçlara göre 1-1,5 GHz arasında  $S_{13}$  değerinde istenilen dalgalanma oluşmaktadır. Fakat seviye olarak sinyalleri geçirebilecek değere ulaşmamıştır.

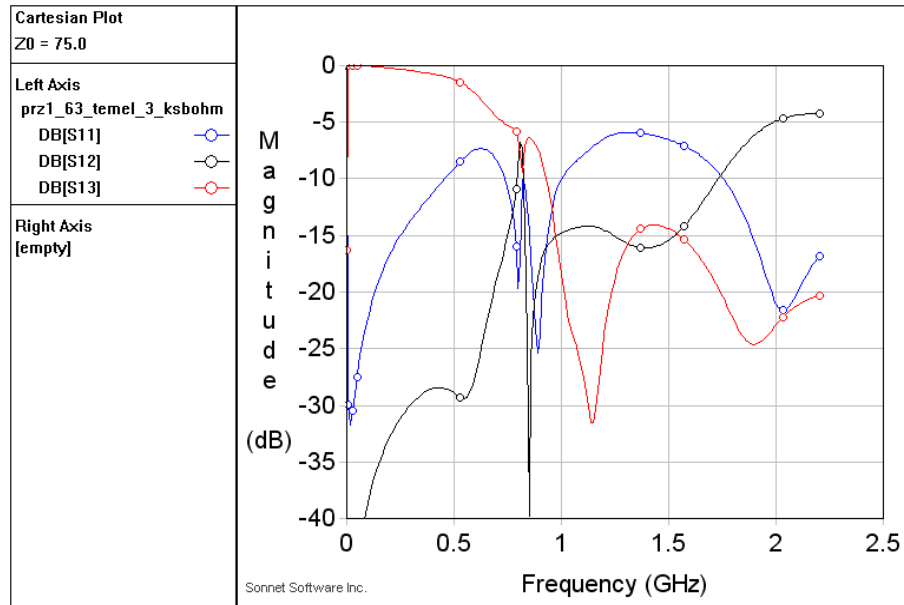
### ✓ Tasarım 3

$S_{12}$  deki sinyal seviyesini ayarlayabilmek için  $C_4$  kondansatörü ile  $C_2$  kondansatörü arasına 5mm uzunluğunda bir filtre eklenmiştir.



Şekil 4.21.  $C_2$  ve  $C_4$  kondansatörleri arasına filtre eklenmesi sonucu devre şekli

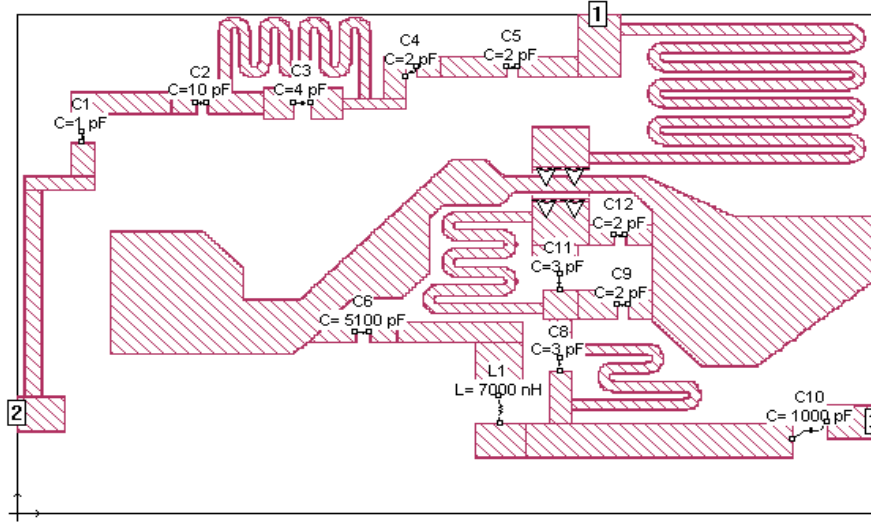
Eklenen filtrenin etkisi aşağıdaki grafikteki gibi olmuştur. Etkiye bakıldığında alçak geçiren filtre ile yüksek geçiren filtre arasında  $S_{11}$  ve  $S_{12}$ 'de değişiklik olmuştur. Bu değişiklikle beraber filtreler daha belirgin duruma gelmişlerdir.



Şekil 4.22.  $C_2$  ile  $C_4$  kondansatörleri arasına eklenen filtreden sonra alınan sonuç grafiği

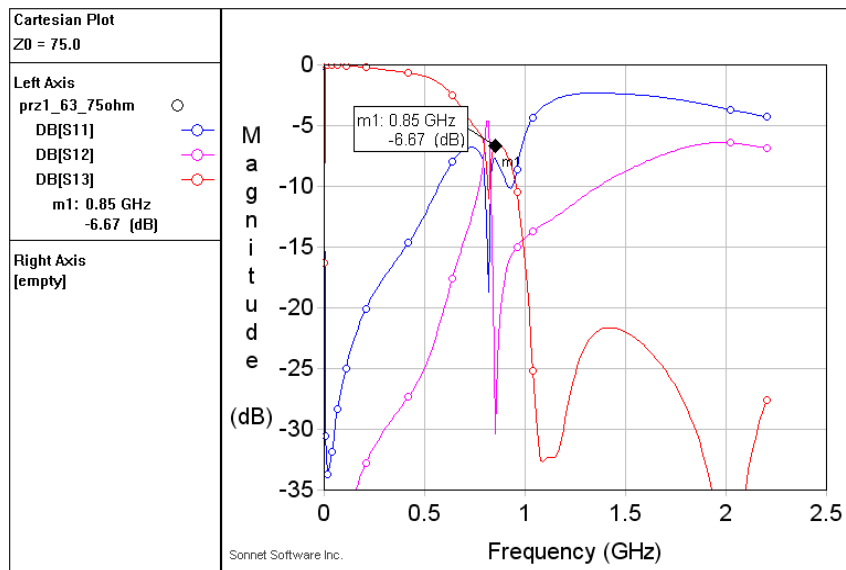
#### ✓ Tasarım 4

Devrede  $S_{13}$  yani alçak frekansları geçirmesi gereken kısma bir filtre daha eklenerek bu değerin istenilen değerlere gelmesi sağlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.23. 1. ve 3. port arasında filtreler eklenmesi sonucu devre şekli

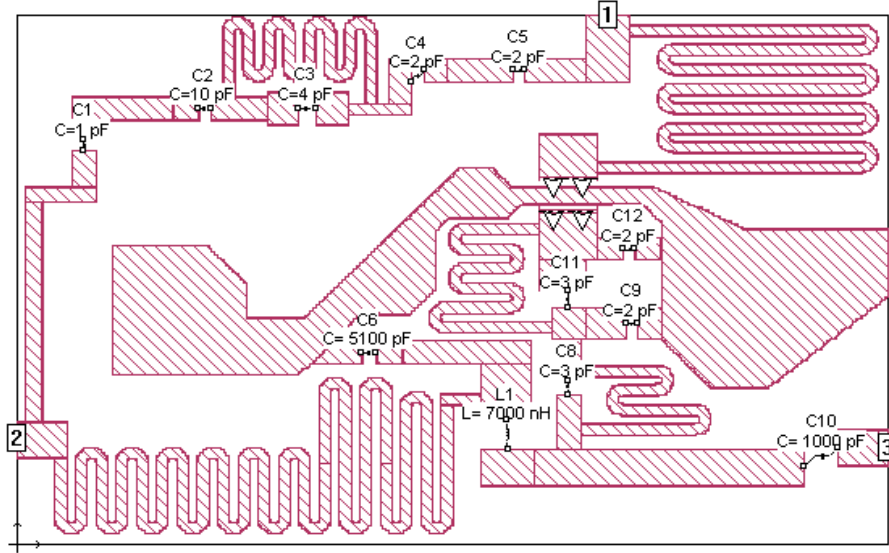
Buna göre devrede  $S_{13}$ 'ün karakteristiği yani alçak geçiren filtre özelliği ön plana çıkmıştır. Devredeki değişiklikler ile beraber  $S_{13}$  değerinin 850 MHz civarındaki değeri -1 dB değerine çekilirse alçak geçiren filtre tam doğru olarak çalışmış olacaktır. Diğer değerlerde de  $S_{12}$  yani yüksek geçiren filtrenin düşük frekanslardaki değerleri -10 dB'nin altına çekilmelidir.



Şekil 4.24. 1. ve 3. portlar arasında filtreler eklendikten sonra alınan sonuç grafiği

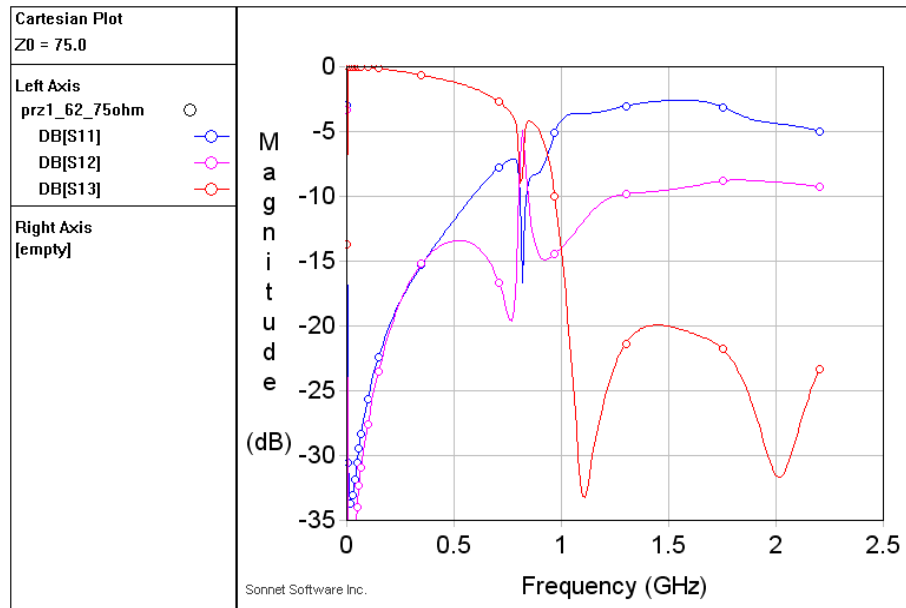
## ✓ Tasarım 5

2. port ile 3. port arasındaki bağlantıyı sağlayan 13 mm uzunluğunda 3-5,6 mm genişliğindeki hairpin filtre eklenerek sonuca etkisi gözlemlenmiştir (Larkins ve diğ., 2003:724). Bu filtre devreye  $S_{12}$  ve  $S_{13}$  değerlerini 0 dB seviyesine çekmek için konmuştur.



Şekil 4.25. 2. ve 3. portlar arasında hairpin filtre eklenmesi sonucu devre şekli

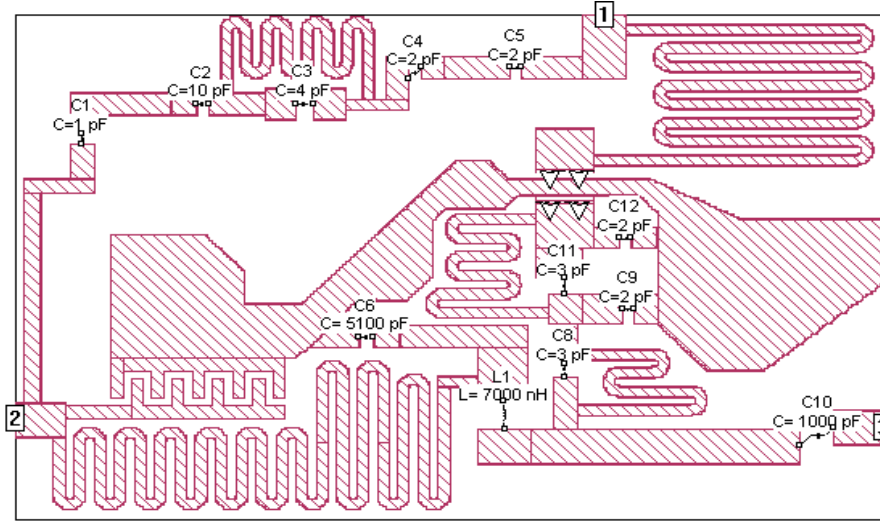
Sonnet programından sonuçlar alındığında  $S_{12}$  değerinde yani geçiş bandında gerekli genlik düşümü gerçekleşmiştir.



Şekil 4.26. 2. ve 3. portlar arasında eklenen filtreden sonra alınan sonuç grafiği

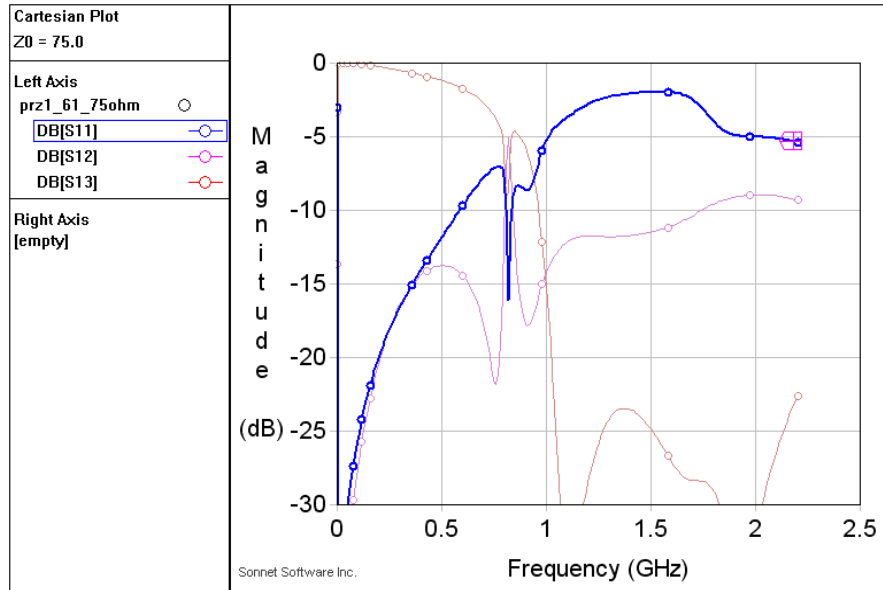
## ✓ Tasarım 6

$S_{12}$  geçiş bandındaki genlik düşümü yeterli seviyede olmadığı için bu değerin daha da düşmesi için 2 numaralı portun birleşim noktasına bir filtre daha eklenmiştir. Sonuçta  $S_{12}$  değerinin daha da düşmesi beklenmektedir (Deleniv ve diğ. 2002:2153).



Şekil 4.27. 2. portun giriş kısmına filtre eklenmesi sonucu devre şekli

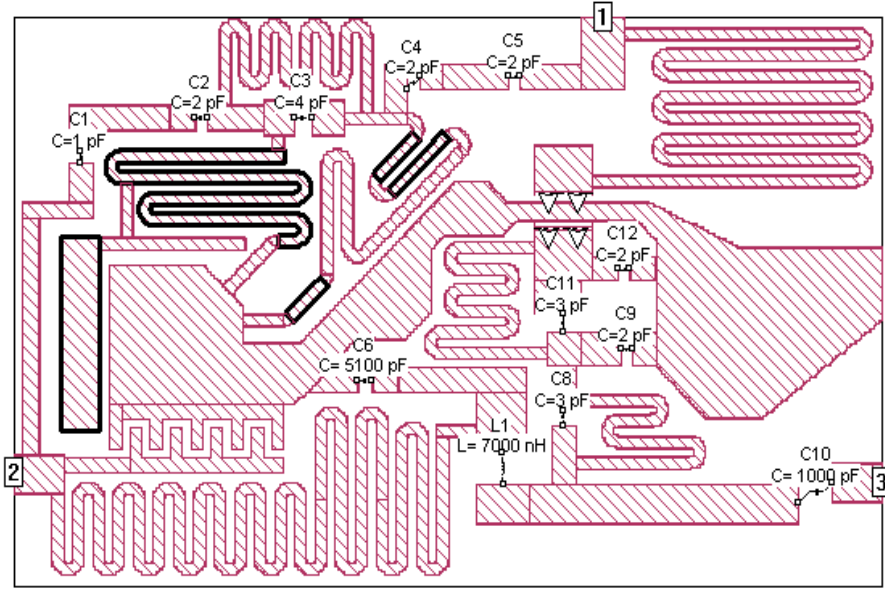
Elde edilen sonuçlara göre 1 GHz frekansından sonra yansıma katsayısında -5 dB'nin üstünde değerler vardır. Alçak geçiren frekans bölgesinde bu değer -10 dB ile -15 dB arasındadır. İstenilen ise yüksek geçiren filtre bölgesinde de bu değer -15 dB'nin altına düşmesidir.



Şekil 4.28. 2. porta eklenen filtreden sonra alınan sonuç grafiği

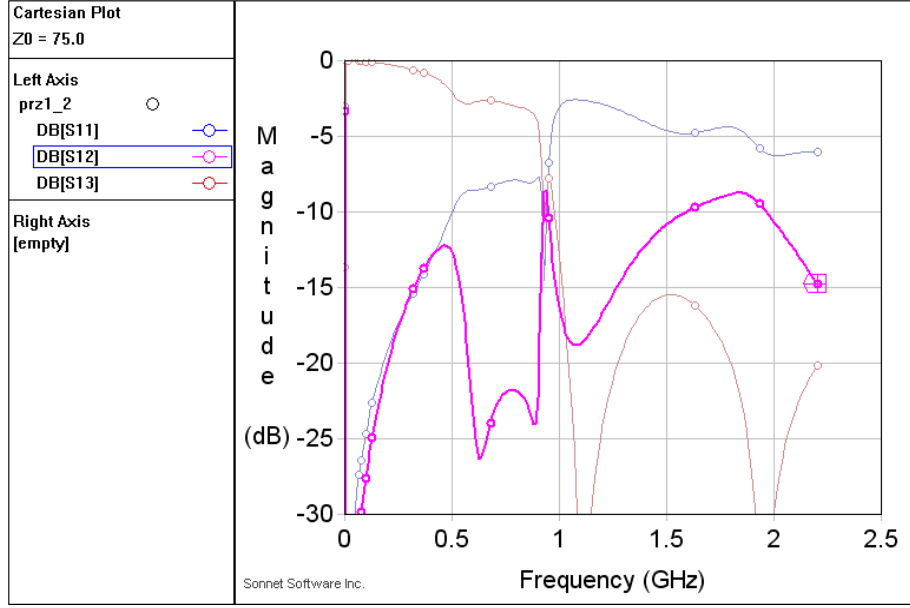
### ✓ Tasarım 7

Devreye 1. ve 2. portlar arasındaki filtreler de eklendikten sonra devrenin genel şekli ortaya çıkmıştır. Bu aşamadan sonra yapılacak olan işlemler değerlerin iyileştirilmesi aşamalarıdır.



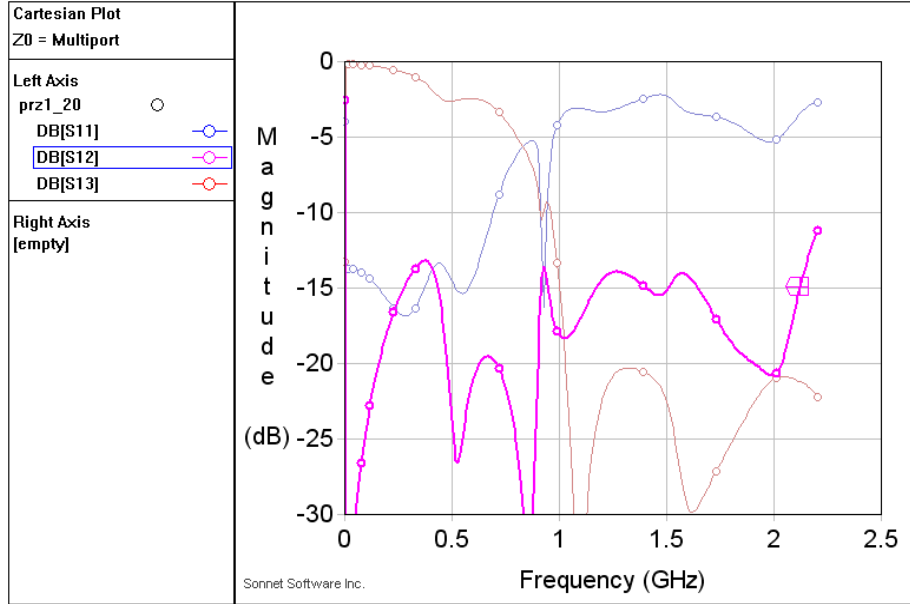
Şekil 4.29. 1. ve 2. portlar arasına filtrelerin eklenmesi sonucu devre şekli

Devreden iki şekilde sonuç alınmıştır. Bunlar elemanlar ve parçalar yerleştirildikten sonra merge yani birleştirme işlemi yapılmadan ve yapıldıktan sonra alınan sonuçlarıdır. Bu işlem yukarıdaki şekil 4.14’de görülmektedir. Devre birleştirilmeden önce alınan şekil 30’da  $S_{12}$  geçiş bandı yüksek geçiren filtre bölgesinde -15 dB’nin üstünde yer almaktadır.  $S_{11}$  yansıtma katsayısı ise -5 dB civarındadır.



Şekil 4.30. Filtreler birleştirme yapılmadan önce alınan sonuç grafiği

Devre birleştirme halini aldıktan sonra çıkan şekil 31’de ise geçiş bandının -15 dB’nin üstüne çıktığı noktalar azalmıştır. -1 dB civarında olması gerekirken bu değerler iyice uzaklaşmıştır.  $S_{13}$ ’de -3 dB civarındadır. Bu sinyal iletimi için çok fazla bir değerdir. Bunun için değerler -1 dB seviyesine çekilmelidir.

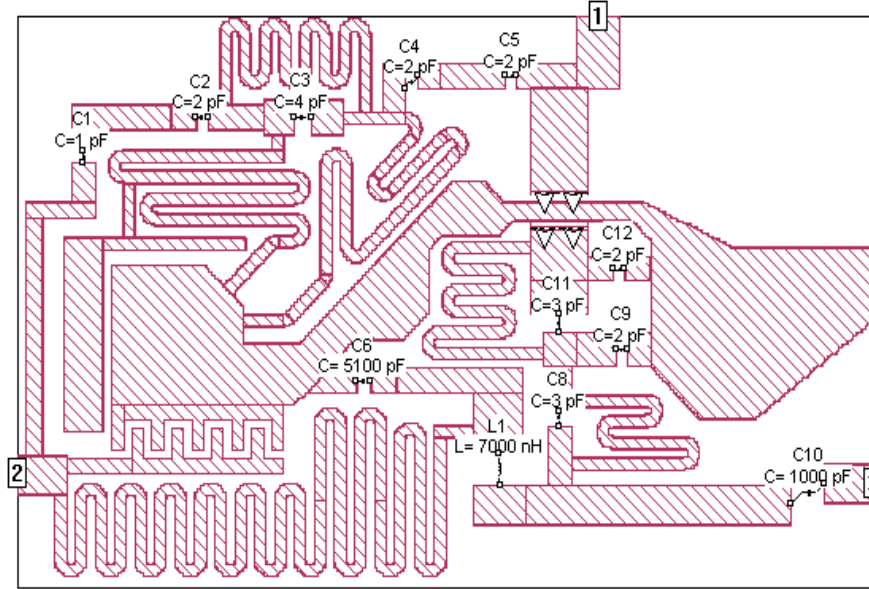


Şekil 4.31. Filtreler birleştirme yapıldıktan sonra alınan sonuç grafiği



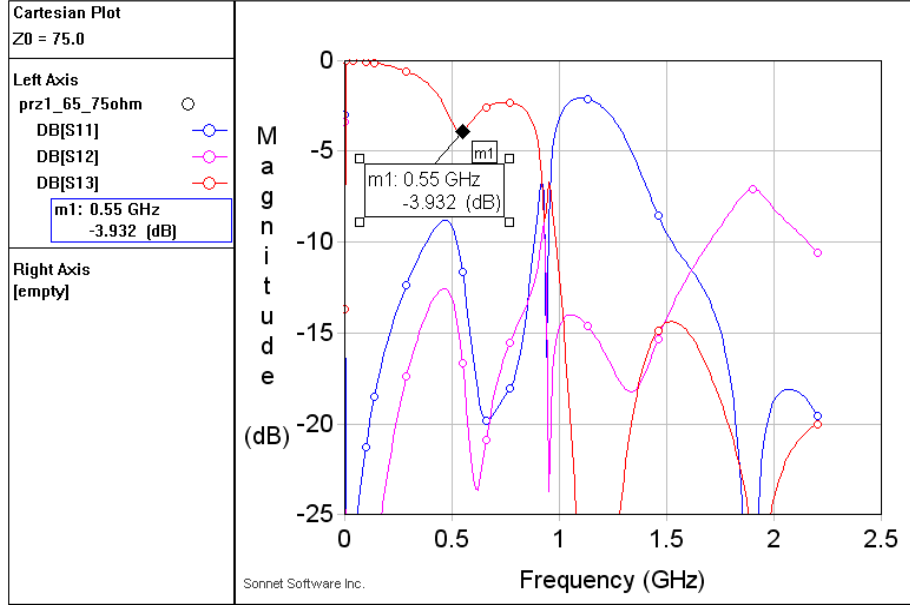
## ✓ Tasarım 8

Devreye eklenen blokların etkisini gözlemlemek amacıyla birkaç deneme yapılmıştır. Aşağıdaki devrede 1. port ile 3. port arasındaki filtrelemeyi sağlayan blok kaldırılmış ve etkisi gözlemlenmiştir.



Şekil 4.32. 1. ve 3. portlar arasındaki filtre kaldırılması sonucu devre şekli

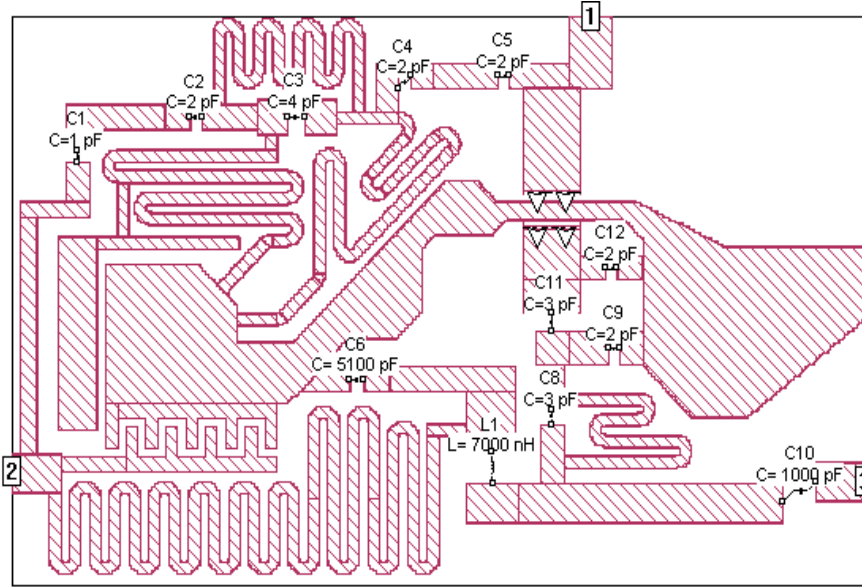
Aşağıdaki sonuç grafiği incelendiğinde  $S_{11}$  değeri -15 dB civarında olması gereken değer -5dB'nin altına düşmüştür. Ayrıca  $S_{12}$  geçiş bandı ise -10 dB'nin üzerine çıkmıştır.  $S_{13}$ 'de ise 600 MHz civarında sonucun -5dB'ye yaklaşmasına sebep olmuştur. Sonuçlara göre çıkartılan blok sinyal iletiminde büyük kayıplar oluşturmaktadır.



Şekil 4.33. 1. ve 3. portlar arasındaki filtrenin etkisini gösteren sonuç grafiği

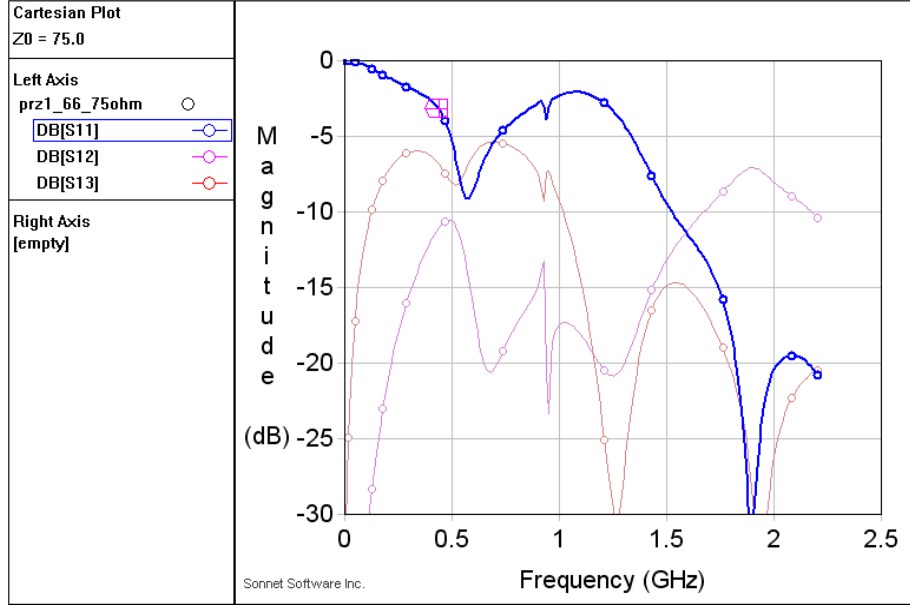
### ✓ Tasarım 9

Çıkarılan sağ taraftaki filtre ile beraber orta bloktaki filtrenin de etkisine bakılırsa:



Şekil 4.34. Orta bloktaki filtrelerin kaldırılması sonucu devre şekli

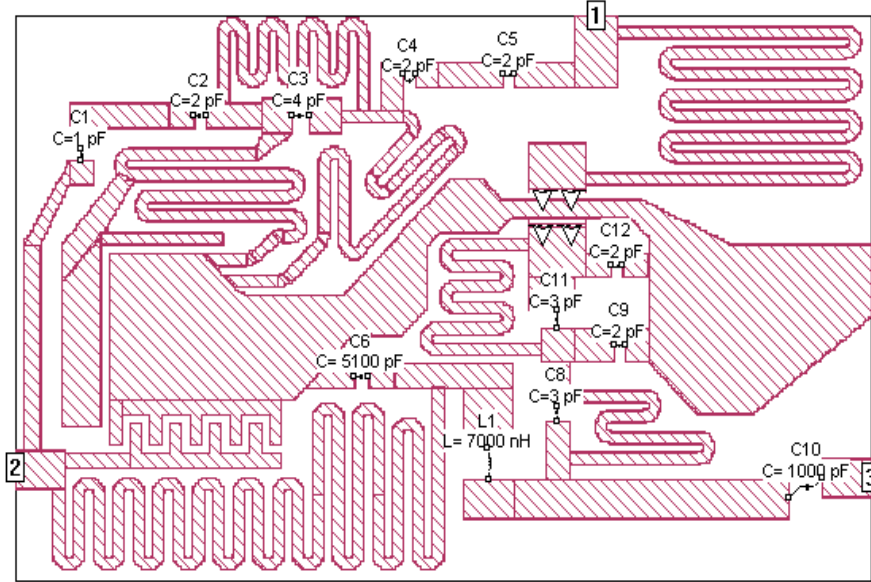
Şekil 4.18'de ki sonuçlara göre  $S_{13}$  değeri -5dB'nin altına düşmüştür.  $S_{11}$  ise yansımaya katsayısı olarak -15 dB seviyesinde olması gerekirken alçak geçiren filtre gibi davranmaya başlamıştır.



Şekil 4.35. Orta bloktaki filtrelerin kaldırılması ile ortaya çıkan sonuç grafiği

### ✓ Tasarım 10

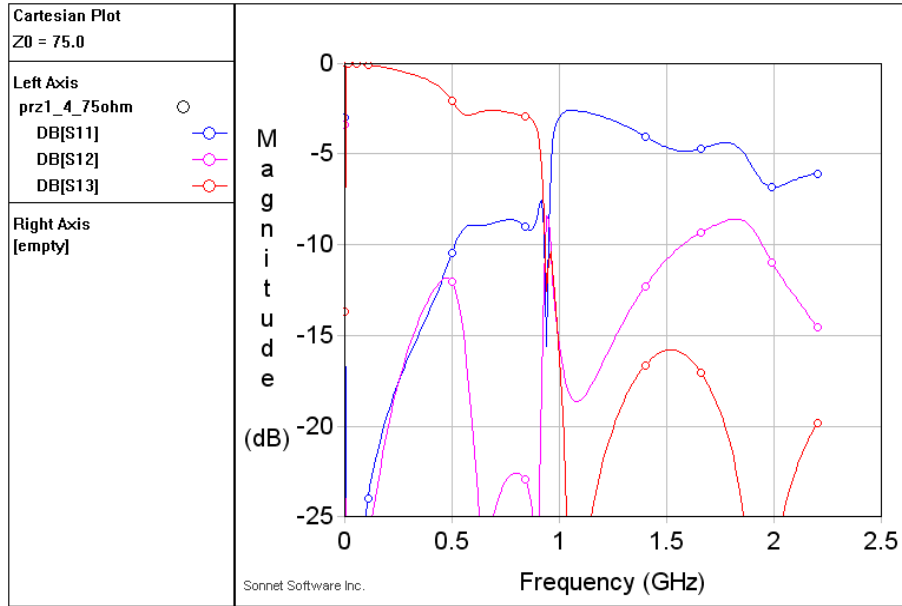
Devrenin temel hali üzerinde köşelerin dik değil de direkt hedefe gidecek şekilde değiştirilmesinin devre parametrelerine etkisi aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.36. Devrede şekillerin köşelerinin direkt hedef noktaya gitmesi

Şekil 4.22’de görüldüğü gibi temel devre üzerinden yapılan değişiklikle beraber  $S_{12}$  değeri -15 dB’den -10 dB’lere çıkmaktadır.  $S_{12}$  değerinin normalde -1 dB

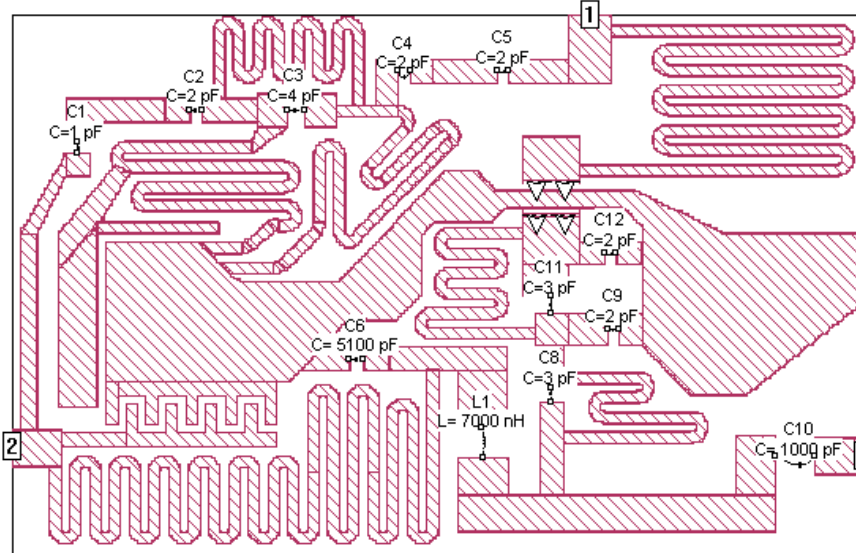
seviyesinde olması gerektiği için işlem bu aşamada başarılı gözükmemiştir. Fakat  $S_{11}$  değerinde bir genlik düşümü gerçekleşmemiştir.



Şekil 4.37. Devrede şekillerin direk hedefe gitmesi ile alınan sonuç grafiği

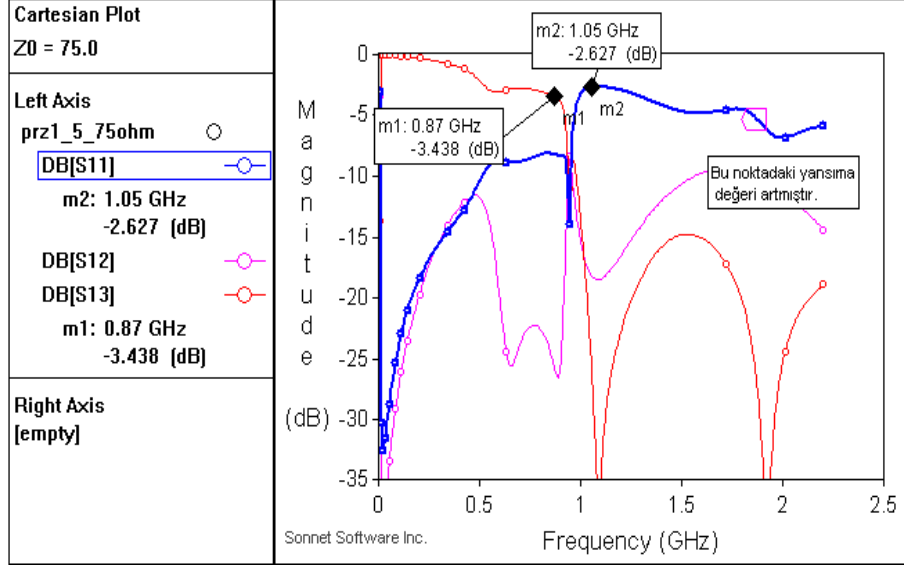
### ✓ Tasarım 11

Köşelerin yuvarlanması işleminden sonra devredeki  $S_{11}$  değerinin ve geçiş bandını azaltabilmek için 3. porta bir ekleme yapılmıştır.



Şekil 4.38. 3. portta yapılan değişiklik sonrası meydana gelen devre şekli

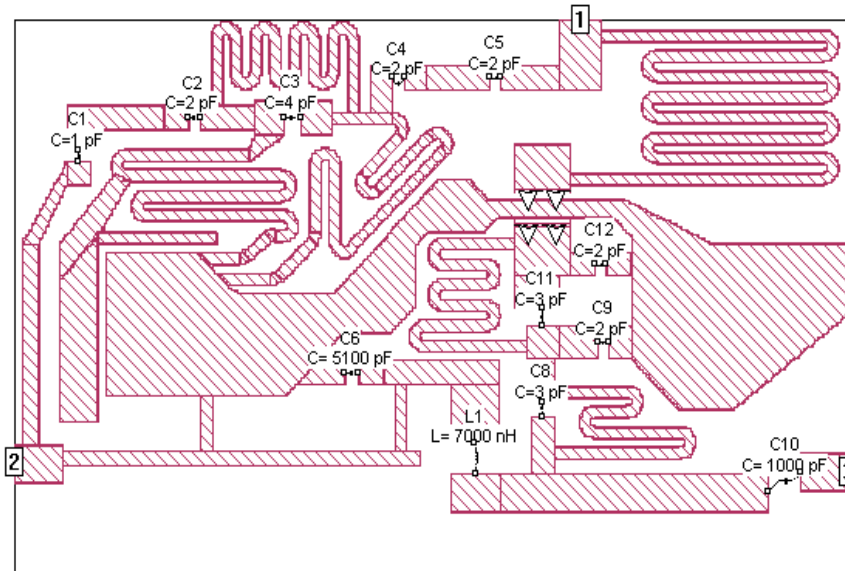
Sonuç grafiğine bakıldığında devrede alçak ve yüksek geçiren filtre bölümlerinde istenen -1 dB değerine ulaşamamıştır. Ayrıca 3. porta ekleme yapıldığında  $S_{11}$  değerindeki kayıp gösterilen noktada artmıştır.



Şekil 4.39. 3. portta yapılan değişiklik sonrasında alınan sonuç grafiği

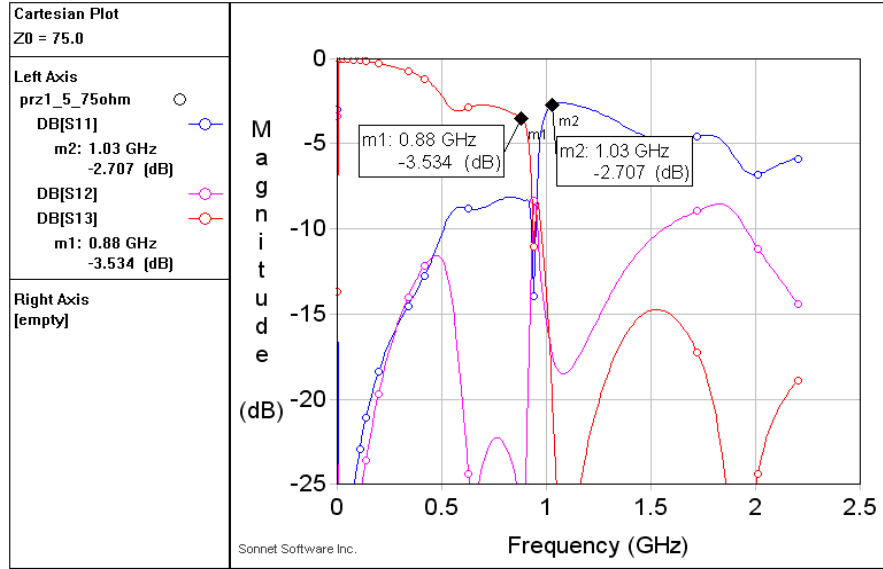
### ✓ Tasarım 12

2. porttaki filtreleme işlemi filtre bloğu kullanmadan gerçekleştirilmek istendiğinde ve 3. porttaki değişikliklerle beraber aşağıdaki şekil elde edilmiştir.



Şekil 4.40. 2. porttaki sadece mikroserit hat bırakılmasından sonra devre şekli

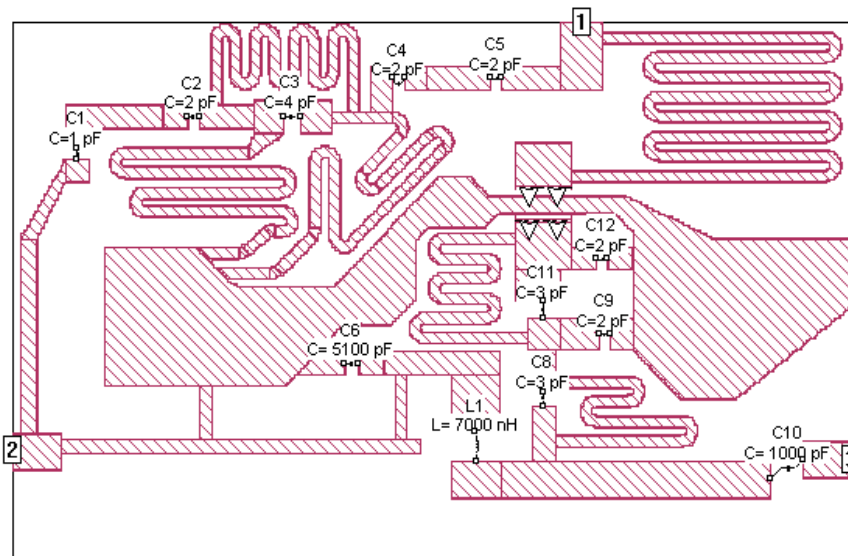
Buna göre genlik grafiği (şekil 4.26) incelendiğinde belirtilen m1 ve m2 noktalarının değerleri istenilen değerden uzaklaşmaya başlamıştır. Bu işlemde gerçekleştirilen filtre kaldırılıp farklı şekilde filtreleme işlemi yapılmaya çalışıldığında sonuçlar istenilen değerlerin dışına çıkmıştır.



Şekil 4.41. 2. portta mikroserit hat ile alınan sonuç grafiği

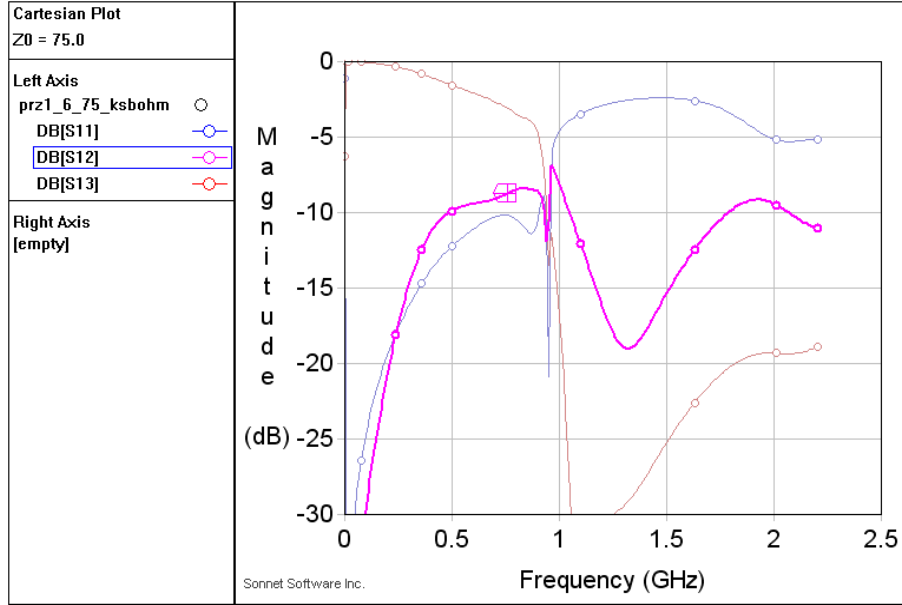
### ✓ Tasarım 13

2. portun hemen üstünde yer alan blok kaldırılmış ve sonuca etkisi gözlemlenmiştir.



Şekil 4.42. 2. portun üstündeki bloğun kaldırılması sonucu devre şekli

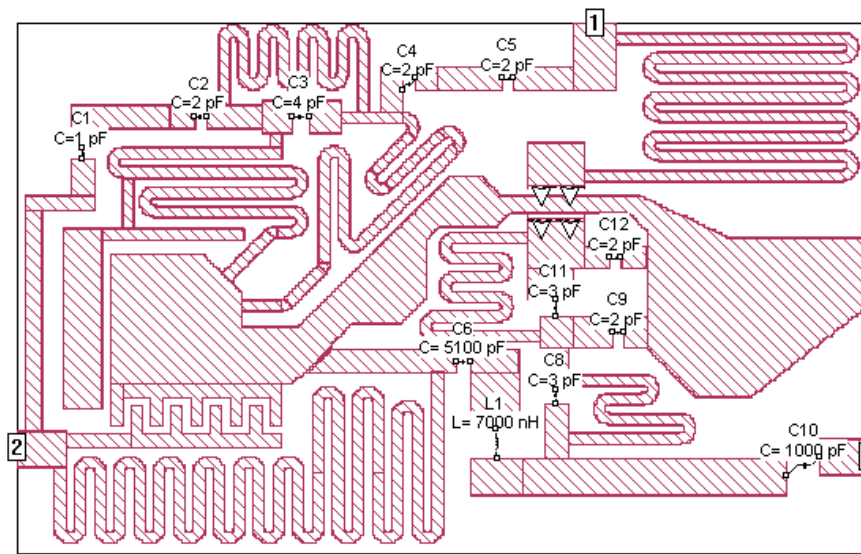
2. portun üstündeki blok kaldırılınca ortaya aşağıdaki grafik çıkmıştır. Grafiğe göre  $S_{12}$  geçiş bandının 0,5 GHz seviyelerinde -10 dB'nin üstüne çıkmıştır. Yüksek geçiren filtre olan bu kısmın en az -15 dB altında olması beklenmektedir.



Şekil 4.43. 2 bloğun üstündeki bloğun kaldırılması sonucunda alınan sonuç grafiği

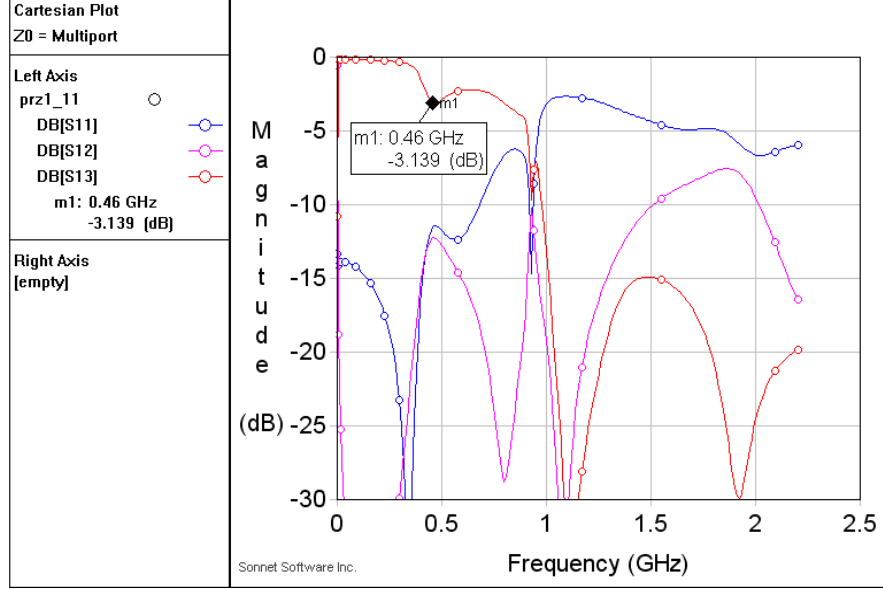
#### ✓ Tasarım 14

C6 kondansatörü ve L1 endüktansının yeri değiştirilirse sonuca etkisine gözlemlenmiştir.



Şekil 4.44. C6 ve L1 devre elemanlarının yerlerinin değiştirilmesi sonucu devre şekli

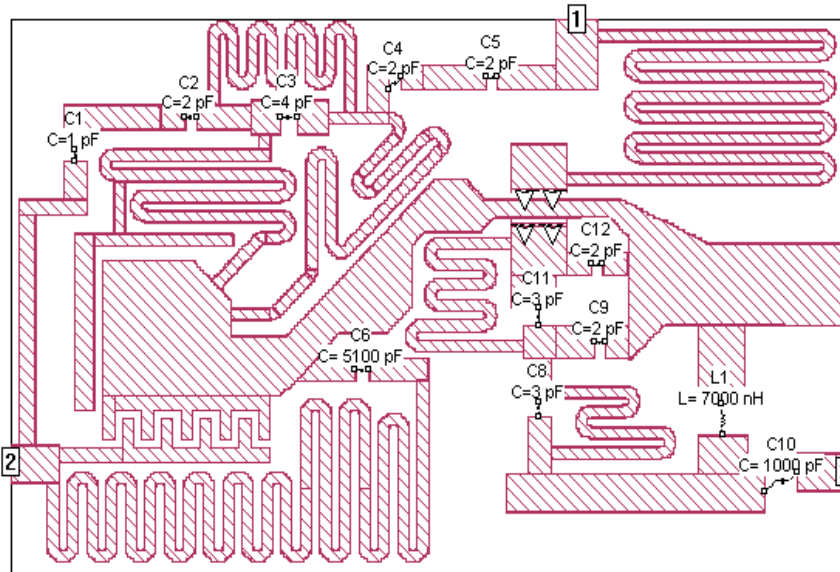
Şekil 4.30'da  $S_{13}$  değeri 0,4 GHz seviyesinde -5 dB değerine yaklaşmıştır. -1 dB seviyesinde olması gerekmektedir. Aksi durumda sinyalde bozulmalar meydana gelmektedir.



Şekil 4.45. Devre elemanlarının yerlerinin değiştirilmesi sonucunda alınan sonuç grafiği

### ✓ Tasarım 15

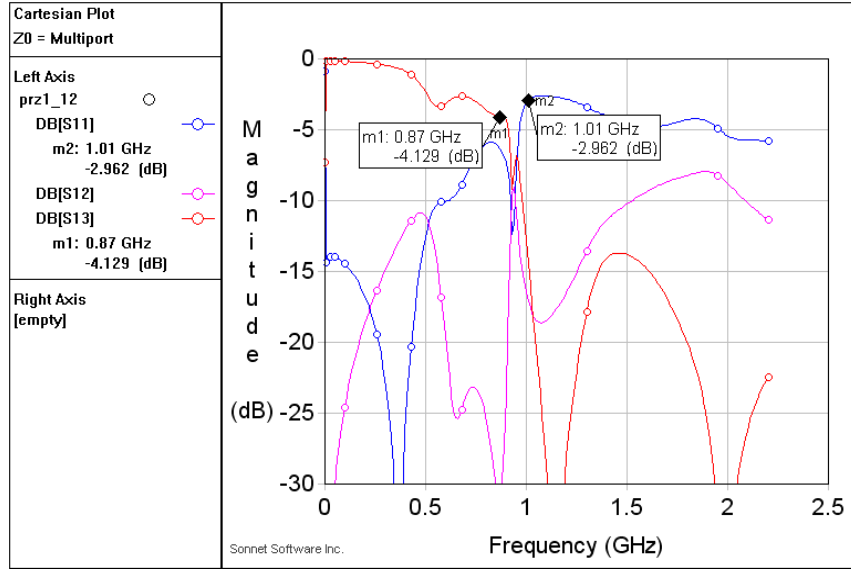
3. portta bulunan L1 endüktansının yeri porta daha yakın yere alınmıştır ve sonuç grafiği çıkartılmıştır.



Şekil 4.46. L1 elemanının yerinin değiştirilmesi sonucu devre şekli



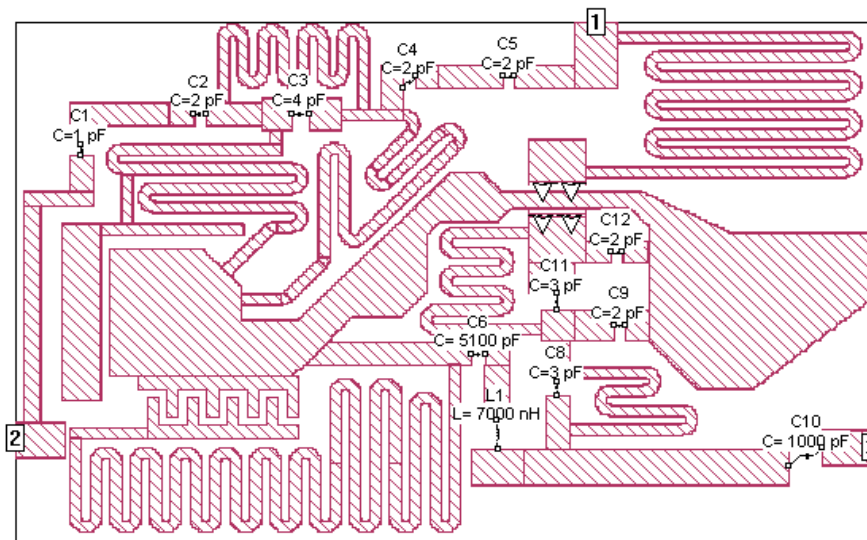
Devrede L1 endüktansının yerinin değiştirilmesi 870 MHz değerinde de görüldüğü gibi genlik değerini düşürmüştür. Değer -1 dB civarında olması gerekirken daha da uzaklaşmıştır. S<sub>11</sub> ise halen bir alçak geçiren filtre gibi davranmaktadır.



Şekil 4.47. L1 endüktansının yerinin değiştirilmesi sonucunda alınan sonuç grafiği

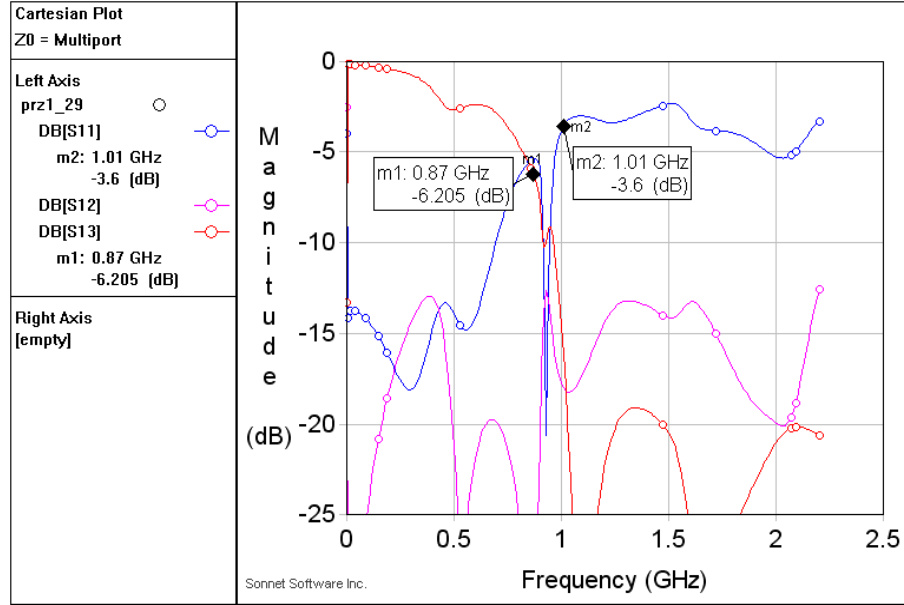
### ✓ Tasarım 16

2. portun girişindeki iki filtrenin porta bağlantısı kesilip birbirlerine bağlanması denenmiş ve aşağıdaki sonuç grafiği elde edilmiştir.



Şekil 4.48. 2. porta bağlantı kesilmiş halde devre şekli

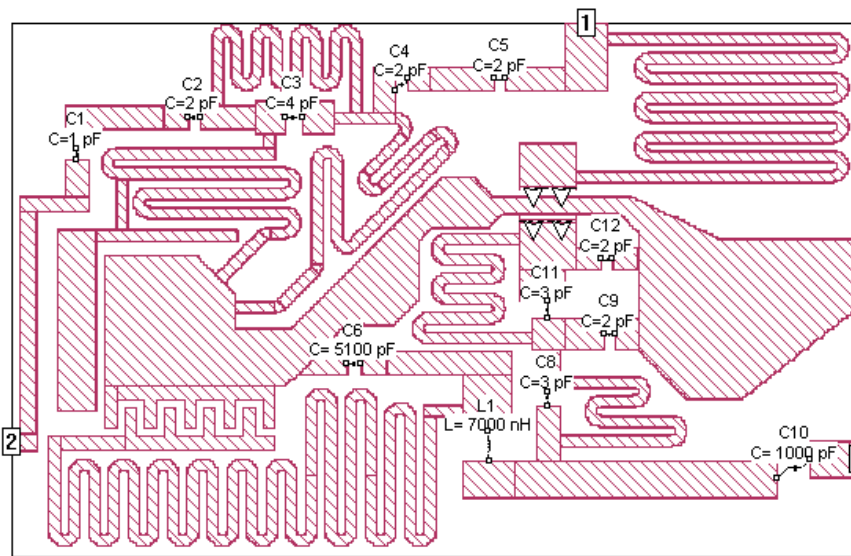
2. porta olan bağlantı kesildiğinde aşağıdaki sonuç grafiği çıkmıştır. Burada  $S_{12}$  değerinin -10 dB altına düştüğü görülmektedir. -1 dB seviyesinde olması gerekmektedir.



Şekil 4.49. 2. porta bağlantı kesilmesi sonucunda alınan sonuç grafiği

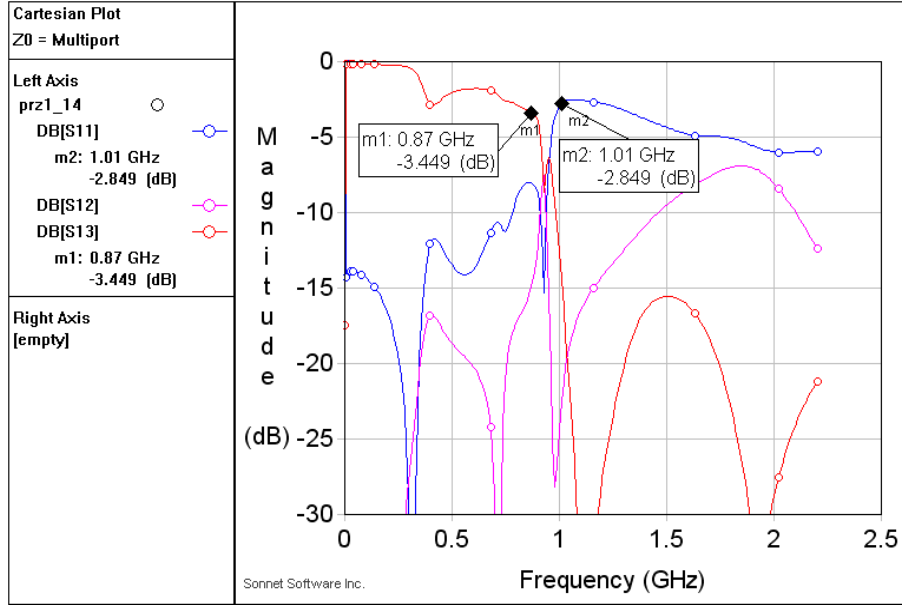
### ✓ Tasarım 17

Devredeki 2. portun girişindeki iki filtrenin porta bağlantısı kesilip birbirine yapıştırılmış hali üzerinden 2. portun girişi değiştirilmiş ve ince bir hale getirilmiştir.



Şekil 4.50. 2. port bloğunun küçültülmesi sonrası devre şekli

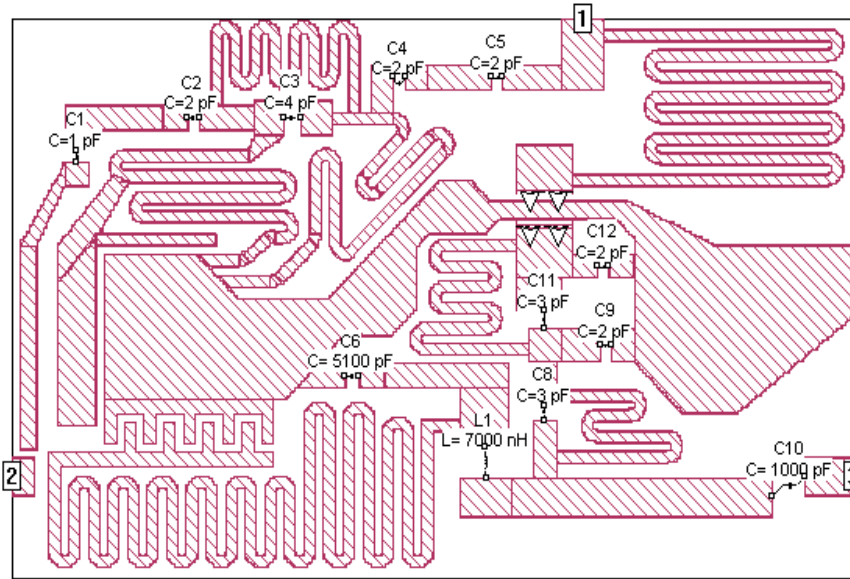
Şekil 4.36'da  $S_{11}$  ve  $S_{12}$  değerleri 1,5-2 GHz seviyesinde birbirlerine yaklaştırmışlardır.  $S_{11}$  değerinin -15 dB'den düşük olması gerekmektedir.  $S_{12}$  değerinin de -1 dB seviyesine ulaşması gerekir.



Şekil 4.51. 2. port bloğunun küçültülmesi sonucunda alınan sonuç grafiği

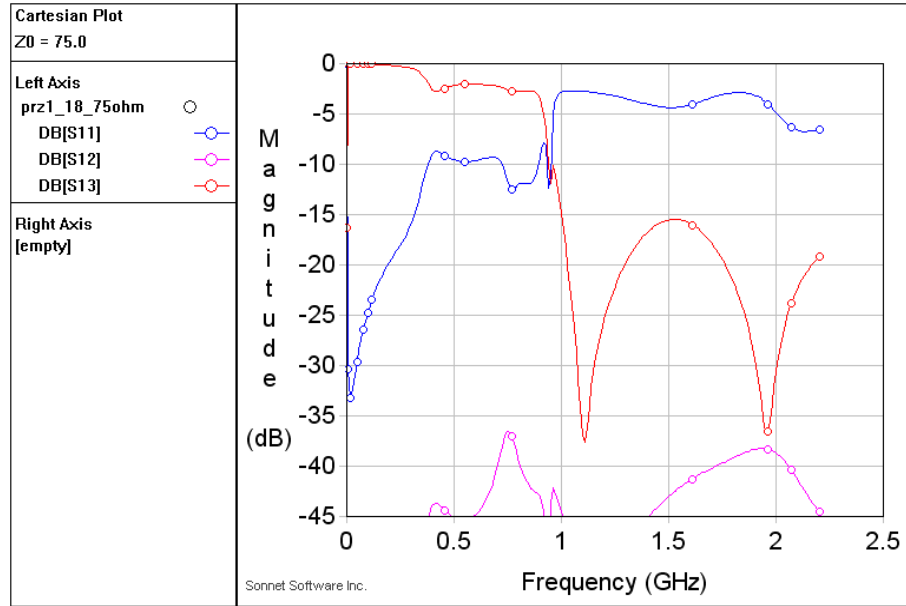
### ✓ Tasarım 18

Devredeki yukarıdaki değişikliklere ilave olarak köşeler yuvarlanmış ve birleştirme (merge) işlemi yapılmıştır.



Şekil 4.52. Tasarım 17'deki devrede köşelerin yuvarlanması

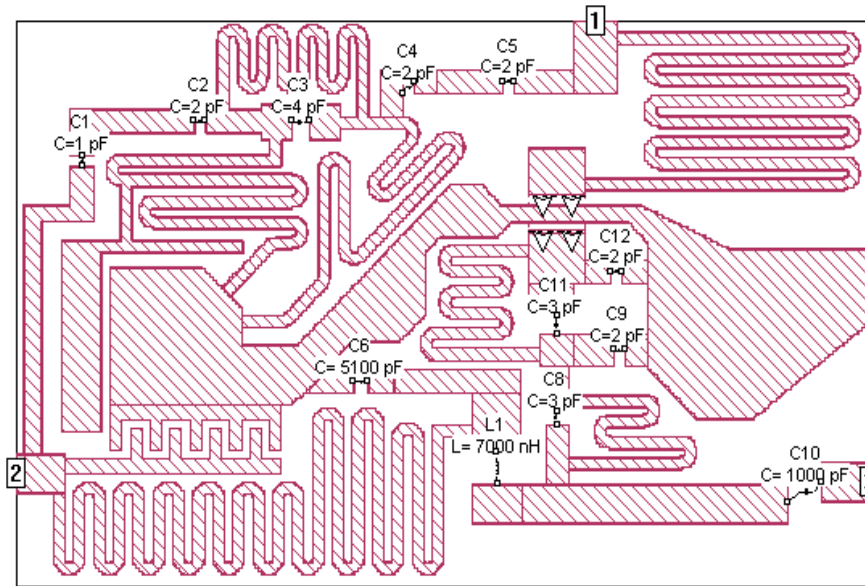
Şekil 4.38'de  $S_{12}$  değeri -40 dB seviyesine inmiştir. Dolayısı ile yüksek geçiren filtre kısmı tamamen ortadan kalkmıştır.



Şekil 4.53. Köşelerin yuvarlanması sonucunda alınan sonuç grafiği

### ✓ Tasarım 19

Temel devre üzerinden sadece dielektrik malzeme değiştirilerek sonuçlar gözlemlenmiş ve bir tablo halinde verilmiştir.



Şekil 4.54. Temel devre şekli

Bu değiştirme işlemi aşağıdaki şekildeki gibi olmaktadır. 1. ve 2. katmanlardaki malzeme değiştirilmiş ve Erel değerleri ile beraber tabloya eklenmiştir.

	Thickness (mm)	Mat. Name	Erel	Dielectric Loss Tan	Diel Cond (S/m)
0	16.0	Unnamed	1.0	0.0	0.0
1	0.1	Alumina (96%)	9.4	4.0e-4	0.0
2	1.6	Alumina (96%)	9.4	4.0e-4	0.0
3	0.01	Unnamed	1.0	0.0	0.0

şekil 4.55. Dielektrik malzeme değişim tablosu

Dielektrik malzemenin değiştirilmesi sonucunda alınan sonuç grafiklerindeki değerler aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir.

Tablo 4.2. Dielektrik malzemenin değiştirilmesinin  $S_{12}$  geçiş bandına etkisi

Malzeme ismi	Erel değeri	$S_{12}$ geçiş bandı (dB)		
		1GHz	1,5GHz	2GHz
Alumina (%96)	9.4	-18.10	-15.18	-20.77
Arlon AD 250	2.5	-13.71	-9.79	-6.30
Teflon (PTFE)	2.08	-13.69	-9.63	-6.92
Arlon AD 300A	3.0	-13.88	-9.80	-5.83
Arlon AD 410	4.1	-14.57	-9.66	-7.12
Arlon AD 350A	3.5	-14.16	-9.74	-5.92
Arlon AD 5	5.1	-15.35	-9.72	-11.13
Rogers TMM 6	6.0	-16.07	-10.23	-14.44
Silicon Nitride	7.5	-17.09	-12.12	-18.49
Aluminium Nitride	8.6	-17.72	-14.15	-19.94
Taconic CER10	10.0	-18.37	-15.12	-20.62
Silicon (intrinsic)	11.9	-18.76	-16.39	-17.5

Tablo 4.3. Dielektrik malzemenin değiştirilmesinin  $S_{13}$  geçiş bandına etkisi

Malzeme ismi	Erel değeri	$S_{13}$ geçiş bandı (dB)		
		0,01GHz	0,5GHz	0,87GHz
Alumina (%96)	9.4	-0.17	-2.66	-6.78
Arlon AD 250	2.5	-0.15	-0.80	-2.89
Teflon (PTFE)	2.08	-0.15	-0.63	-2.94
Arlon AD 300A	3.0	-0.15	-1.07	-2.93
Arlon AD 410	4.1	-0.16	-1.80	-3.30
Arlon AD 350A	3.5	-0.16	-1.40	-3.06
Arlon AD 5	5.1	-0.16	-2.34	-3.81
Rogers TMM 6	6.0	-0.16	-2.57	-4.37
Silicon Nitride	7.5	-0.16	-2.67	-5.40
Aluminium Nitride	8.6	-0.17	-2.67	-6.20
Taconic CER10	10.0	-0.17	-2.69	-7.25
Silicon (intrinsic)	11.9	-0.19	-2.73	-8.58

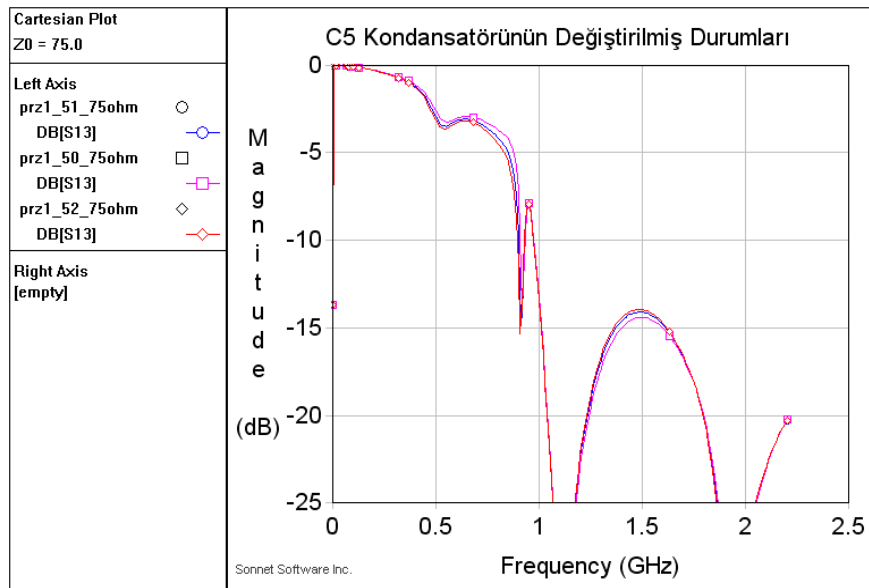
Tablo 4.4. Dielektrik malzemenin değiştirilmesinin  $S_{11}$  yansıma katsayısına etkisi

Malzeme ismi	Erel değeri	$S_{11}$ yansıma katsayısı (dB)	
		0,87GHz	1GHz
Alumina (%96)	9.4	-5.25	-3.91
Arlon AD 250	2.5	-5.6	-1.87
Teflon (PTFE)	2.08	-5.23	-1.62
Arlon AD 300A	3.0	-5.91	-2.17
Arlon AD 410	4.1	-6.23	-2.75
Arlon AD 350A	3.5	-6.11	-2.43
Arlon AD 5	5.1	-6.21	-3.18
Rogers TMM 6	6.0	-6.05	-3.47
Silicon Nitride	7.5	-5.68	-3.73
Aluminium Nitride	8.6	-5.42	-3.85
Taconic CER10	10.0	-5.15	-3.97
Silicon (intrinsic)	11.9	-4.87	-4.01

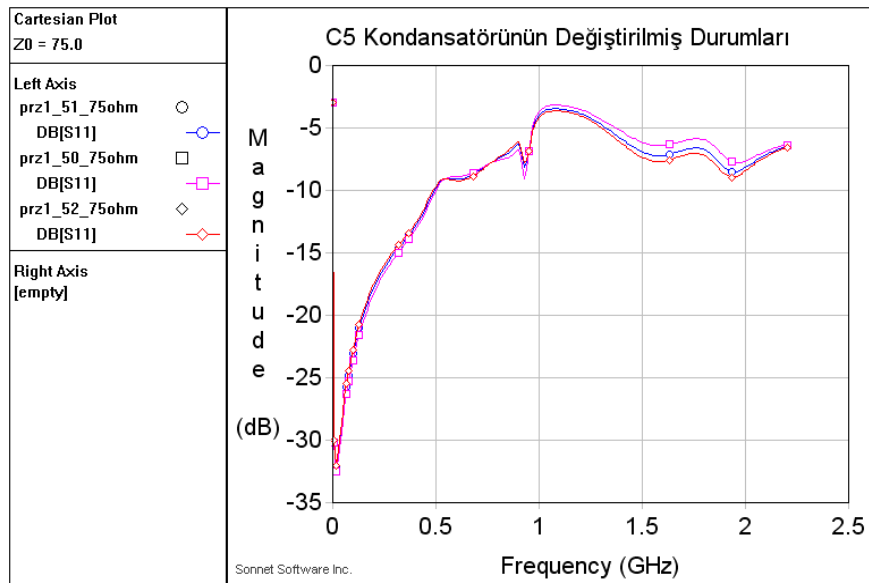
Tablo 2,3 ve 4 dikkatle incelendiğinde Erel değeri arttıkça istenilen değerden uzaklaşmıştır. Erel değerinin 4-5 arasında olduğu dielektrik malzeme kullanılırsa devredeki düzeltmeler yardımı ile daha iyi sonuç vereceği görülmektedir.

### ✓ Tasarım 20

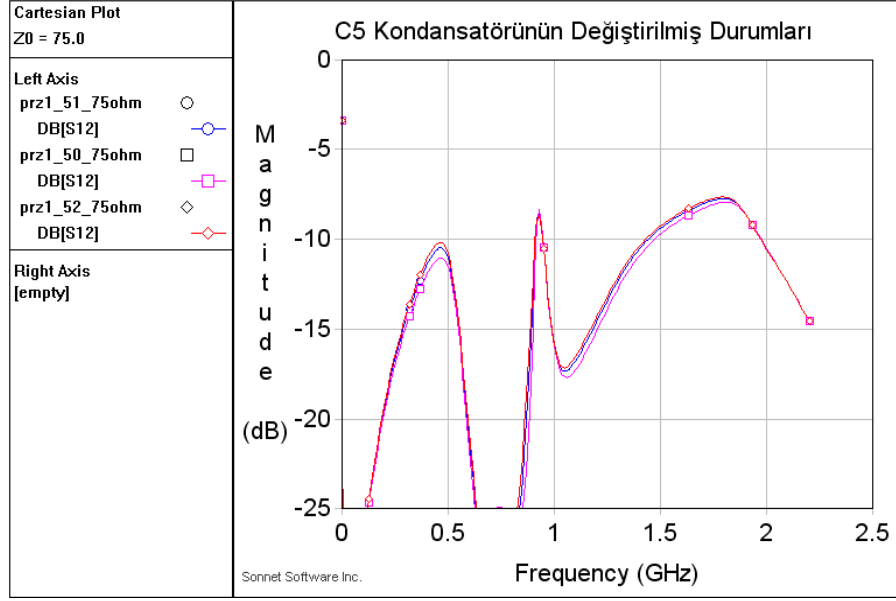
Devredeki kondansatörlerin etkisini gözlemleyebilmek amacı ile kondansatör değerleri değiştirilerek sonuçlar yorumlanmıştır. Böylece kondansatör değerlerini en iyi sonucu verecek şekilde seçmek mümkün olmuştur. İlk başta C5 kondansatörünün değerleri değiştirilmiş ve sonuçlar alınmıştır.



Şekil 4.56. C5 değerinin  $S_{13}$  geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği



Şekil 4.57. C5 değerinin  $S_{11}$  yansımaya katsayısına etkisini gösteren sonuç grafiği



Şekil 4.58. C5 değerinin  $S_{12}$  geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği

Aşağıdaki tablo 4.5,4.6 ve 4.7'den  $S_{13}$  değerine bakarsak 0,87 GHz değerinde en iyi değer 2 pF değerinde çıkmıştır. C5 kondansatörü için 2 pF değeri kullanılmasına karar verilmiştir.

Tablo 4.5. C5 Kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{11}$  yansımaya katsayısına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{11}$ yansımaya katsayısı (dB)	
	0,87GHz	1GHz
2 pF	-8.09	-2.79
4 pF	-7.23	-3.73
6 pF	-6.8	-4.04
8 pF	-6.56	-4.21

Tablo 4.6. C5 Kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{13}$  geçiş bandına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{13}$ geçiş bandı (dB)		
	0,01GHz	0,5GHz	0,87 GHz
2 pF	-0.001	-2.12	-3.37
4 pF	-0.001	-2.6	-4.67
6 pF	-0.001	-2.92	-5.71
8 pF	-0.001	-3.14	-6.47

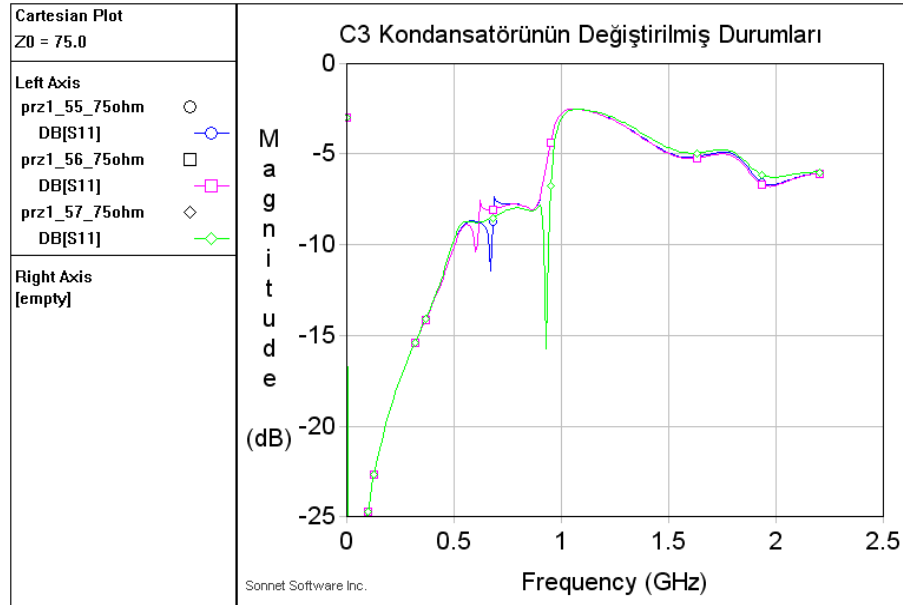


Tablo 4.7. C5 Kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{12}$  geçiş bandına etkisi

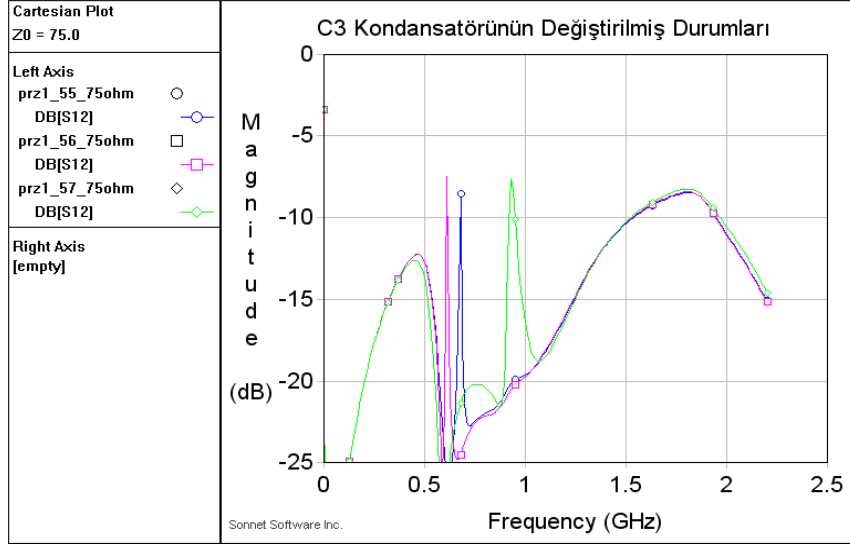
Kondansatör Değeri	$S_{12}$ geçiş bandı (dB)		
	1GHz	1,5GHz	2 GHz
2 pF	-19.36	-10.49	-10.93
4 pF	-15.94	-9.71	-10.54
6 pF	-15.84	-9.4	-10.56
8 pF	-15.79	-9.26	-10.59

### ✓ Tasarım 21

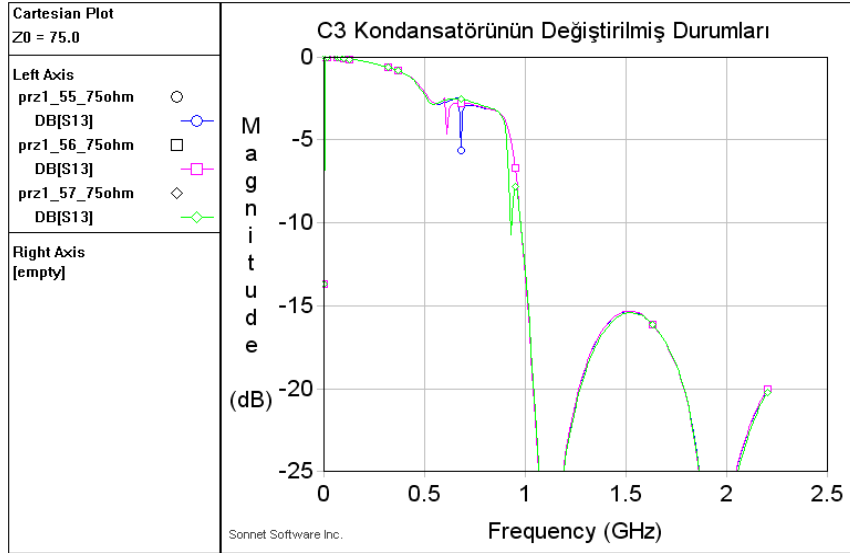
İkinci olarak C3 kondansatörünün değerleri değiştirilmiş ve sonuçlar alınmıştır.



Şekil 4.59. C3 değerinin  $S_{11}$  yansıma katsayısına etkisini gösteren sonuç grafiği



Şekil 4.60. C3 değerinin  $S_{12}$  geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği



Şekil 4.61. C3 değerinin  $S_{13}$  geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği

Aşağıdaki tablo 4.8,4.9 ve 4.10'da  $S_{11}$  değerine bakıldığında 4 pF'lık kondansatör bizi istenen değerlere ulaştırmada yardımcı olacaktır. Diğer değerlerde sapmalar olduğu için 4 pF'lık kondansatör seçilmiştir.

Tablo 4.8. C3 Kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{11}$  yansımaya katsayısına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{11}$ yansımaya katsayısı (dB)	
	0,87GHz	1GHz
4 pF	-8.15	-3.08
8 pF	-8.06	-2.78
10 pF	-8.06	-2.78

Tablo 4.9. C3 Kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{13}$  geçiş bandına etkisi

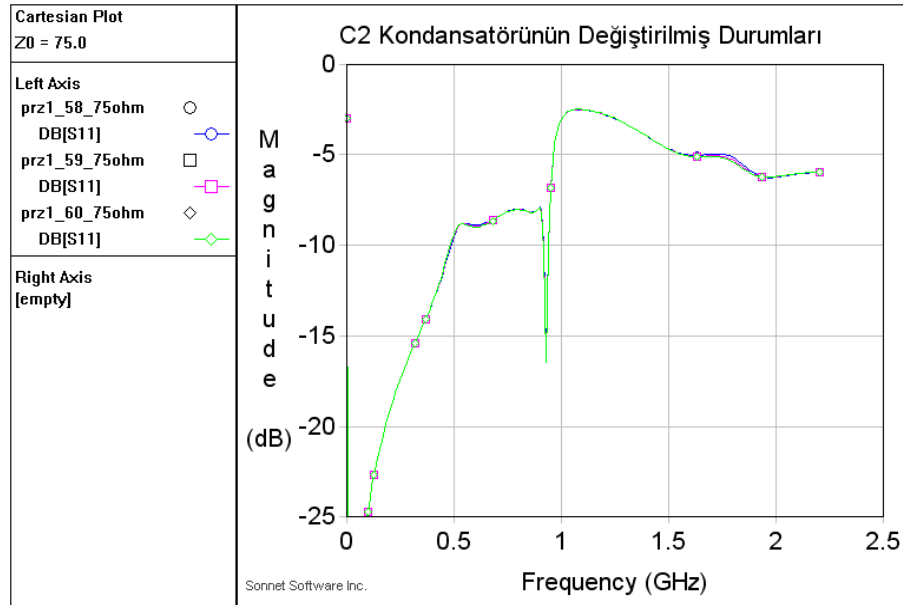
Kondansatör Değeri	$S_{13}$ geçiş bandı (dB)		
	0,01GHz	0,5GHz	0,87 GHz
4 pF	-0.001	-2.3	-3.36
8 pF	-0.001	-2.12	-3.35
10 pF	-0.001	-2.12	-3.35

Tablo 4.10. C3 Kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{12}$  geçiş bandına etkisi

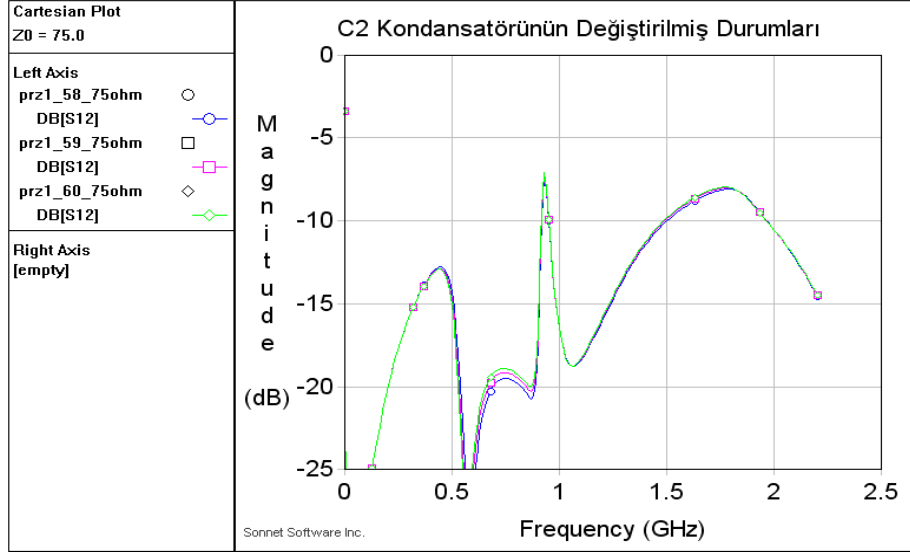
Kondansatör Değeri	$S_{12}$ geçiş bandı (dB)		
	1GHz	1,5GHz	2 GHz
4 pF	-16.37	-10.25	-10.59
8 pF	-19.66	-10.37	-11.04
10 pF	-19.76	-10.30	-11.10

## ✓ Tasarım 22

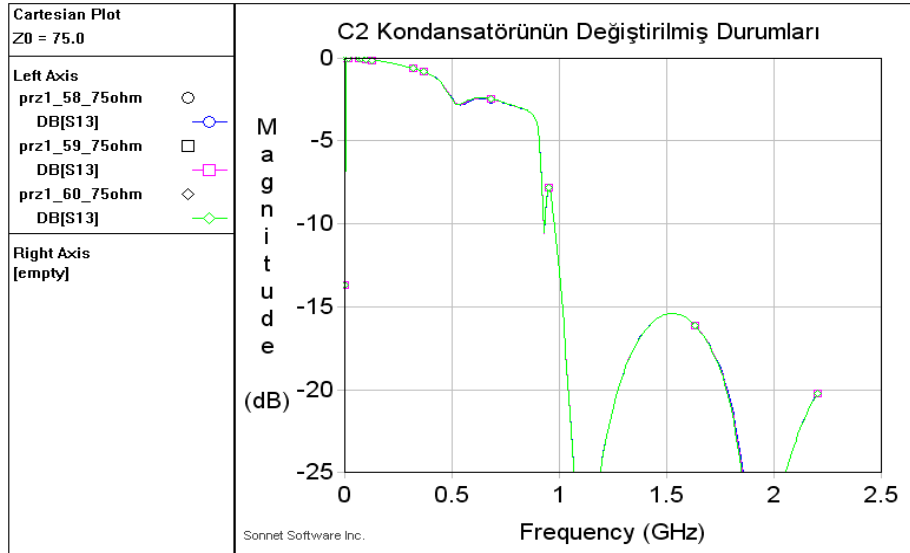
Son olarak C2 kondansatörünün değerleri değiştirilmiş ve sonuçlar alınmıştır.



Şekil 4.62. C2 değerinin  $S_{11}$  yansıma katsayısına etkisini gösteren sonuç grafiği



Şekil 4.63. C2 değerinin  $S_{12}$  geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği



Şekil 4.64. C2 değerinin  $S_{13}$  geçiş bandına etkisini gösteren sonuç grafiği

Devrede C2 kondansatörünün değişmesi simülasyon sonuçlarına bir etkisi olmamıştır. Dolayısı ile C2 kondansatörü değeri 2 pF olarak alınmıştır.

Tablo 4.11. C2 Kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{11}$  yansımaya katsayısına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{11}$ yansımaya katsayısı (dB)	
	0,87GHz	1GHz
6 pF	-8.18	-3.07
8 pF	-8.19	-3.07
10 pF	-8.20	-3.06

Tablo 4.12. C2 Kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{12}$  geçiş bandına etkisi

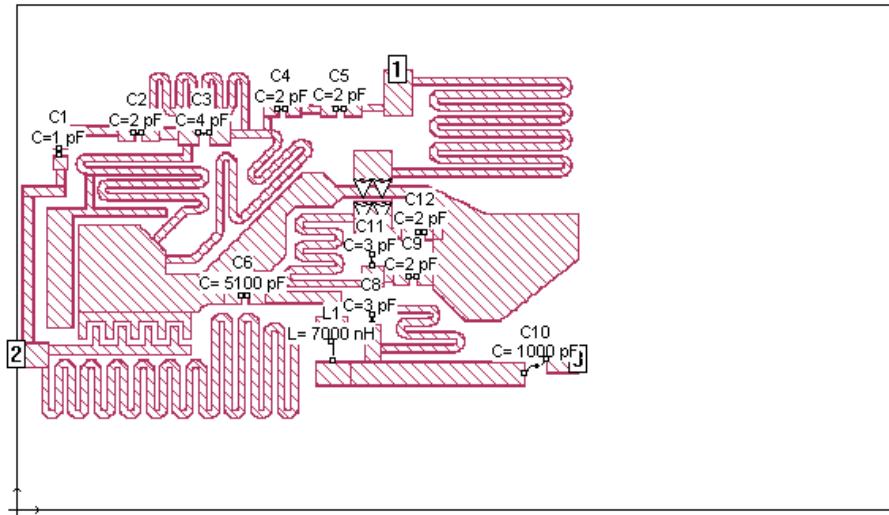
Kondansatör Değeri	$S_{12}$ geçiş bandı (dB)		
	1GHz	1,5GHz	2 GHz
6 pF	-16.40	-10.02	-10.58
8 pF	-16.43	-9.89	-10.57
10 pF	-16.44	-9.81	-10.57

Tablo 4.13. C2 Kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{13}$  geçiş bandına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{13}$ geçiş bandı (dB)		
	0,01GHz	0,5GHz	0,87 GHz
6 pF	-0.001	-2.39	-3.34
8 pF	-0.001	-2.44	-3.33
10 pF	-0.001	-2.48	-3.33

### ✓ Tasarım 23

Yapılan işlemler sonucunda yansıma kaldırılamamıştır. Bunun için yansıma yaptığı düşünülen portlar duvarlardan uzaklaştırılarak bir devre şekli oluşturulmuş ve sonucu alınmaya çalışılmıştır.



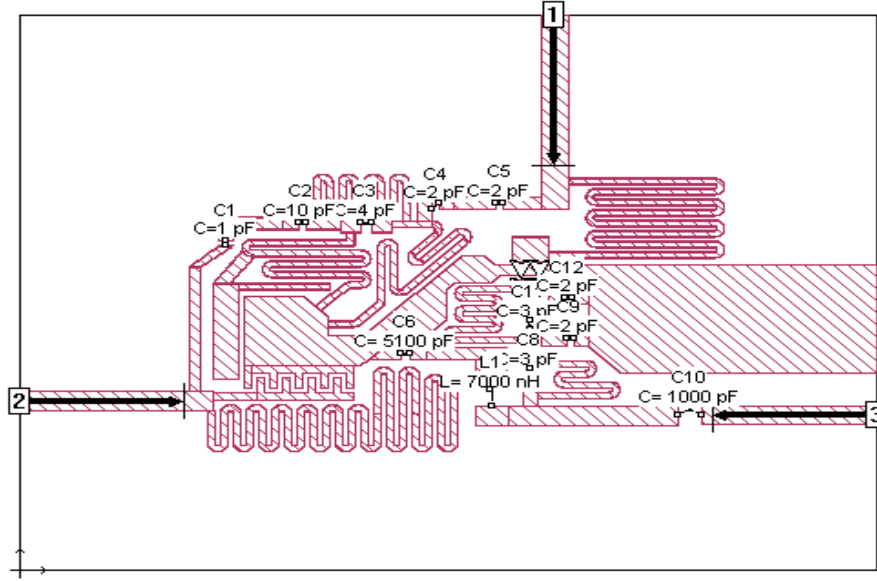
Şekil 4.65. Portları duvarlardan uzaklaştırarak çizilen devre şekli

Şekil 4.50'ye bakıldığında 2. port duvara yaklaştırılmış ve sonuç alınmaya çalışılmıştır. Fakat programda portlar eğer devre şeklindeki gibi alttan beslemeli

değil de yandan beslemeli ise portların kutu duvarlarına değmesi gerekmektedir. Dolayısı ile sonuç alnamamış, hata vermiştir.

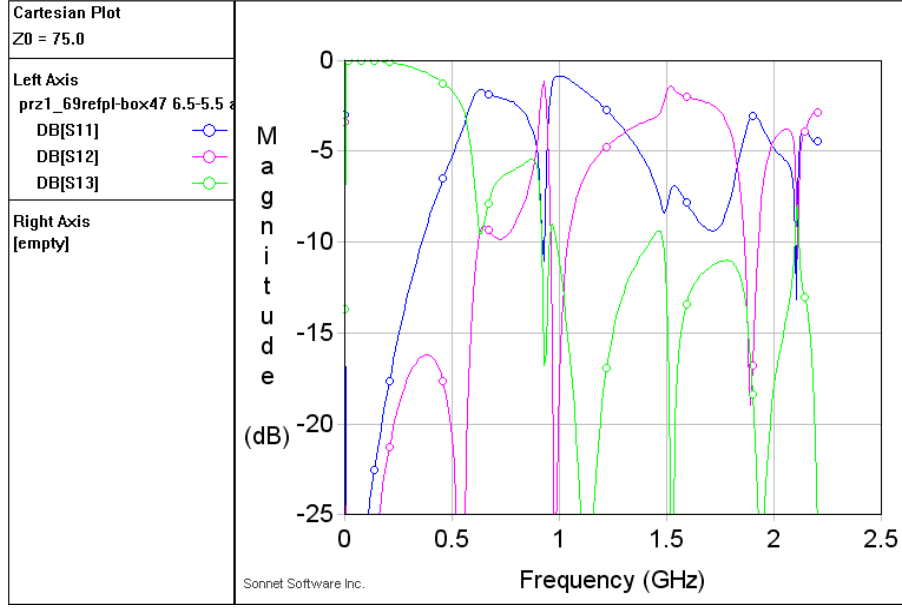
#### ✓ Tasarım 24

Portların duvarlara bağlantısı uzun bir mikroşerit hat kullanarak yapılırsa programın hata vermediği görülmüş ve sonuç grafiği çıkartılmıştır.



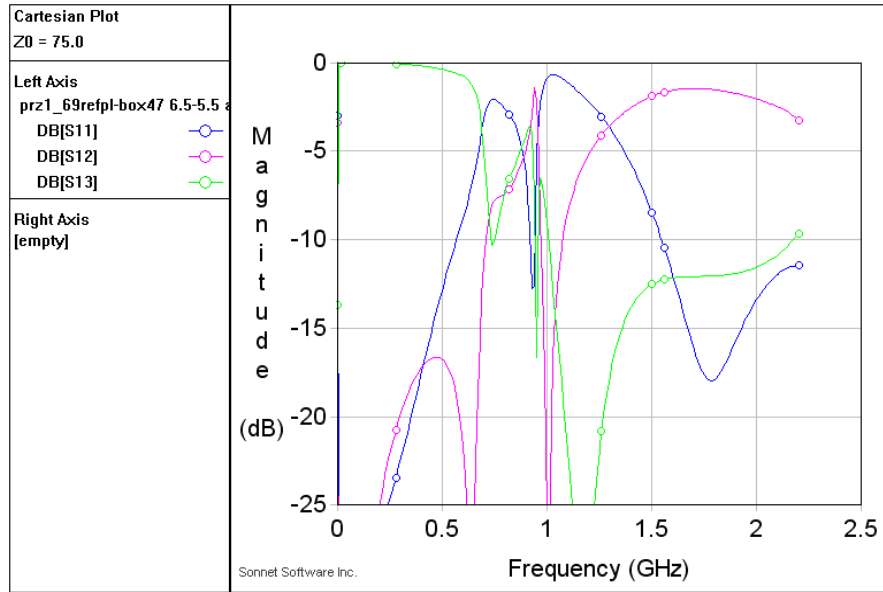
Şekil 4.66. Portlar duvarlara değdirilerek çizilin devre şekli

Şekil 4.52’de  $S_{13}$  geçiş bandı değeri alçak geçiren filtre gibi davranmaktadır.  $S_{12}$  geçiş bandı değeri ise portlar duvarlara değdirilmeden önceki denemelerde -10 dB üzerine çıkmamıştı. Fakat bu denemede yüksek geçiren filtre gibi davranmaya başlamıştır.  $S_{11}$  yansıma değeri ise -15 dB altında olması gerekirken değer -10 dB seviyesinin üstündedir. Bundan sonraki aşamalarda bu değer -15 dB altına çekilmeye çalışılacaktır.



Şekil 4.67. Portların duvarlara değiştirilmesi sonucunda çıkan sonuç grafiği

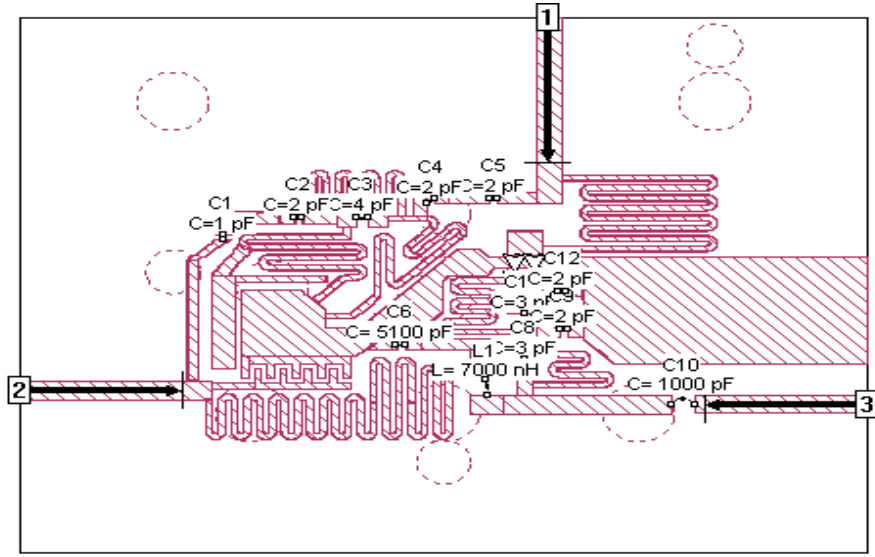
Aynı devrede dielektrik malzeme Arlon 250 olarak değiştirilirse grafikteki dalgalanmaların gittiği görülebilir. İstenilen de değerlerin sabit olarak gitmesidir.  $S_{13}$  değeri 0,63 GHz değerine kadar -1 dB seviyesinde sabit kalmıştır.  $S_{12}$  değeri ise -1 dB seviyesine yakındır fakat ulaşmamıştır.



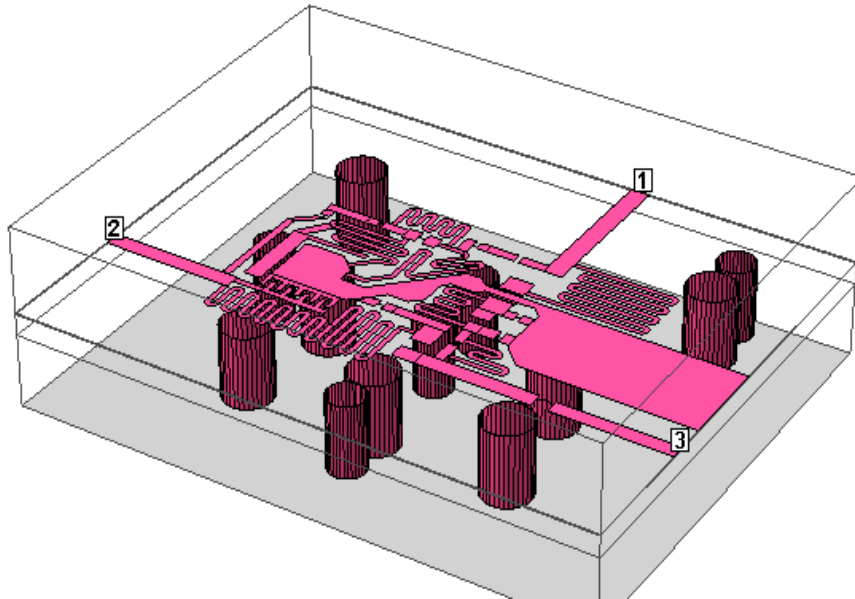
Şekil 4.68. Dielektrik malzeme değiştirildikten sonra alınan sonuç grafiği

### ✓ Tasarım 25

Devrede  $S_{11}$  değerini -15 dB'den küçük değerlere çekebilmek için devreye vialar eklenmiştir. Devrenin şekli ve üç boyutlu hali aşağıda verilmiştir.



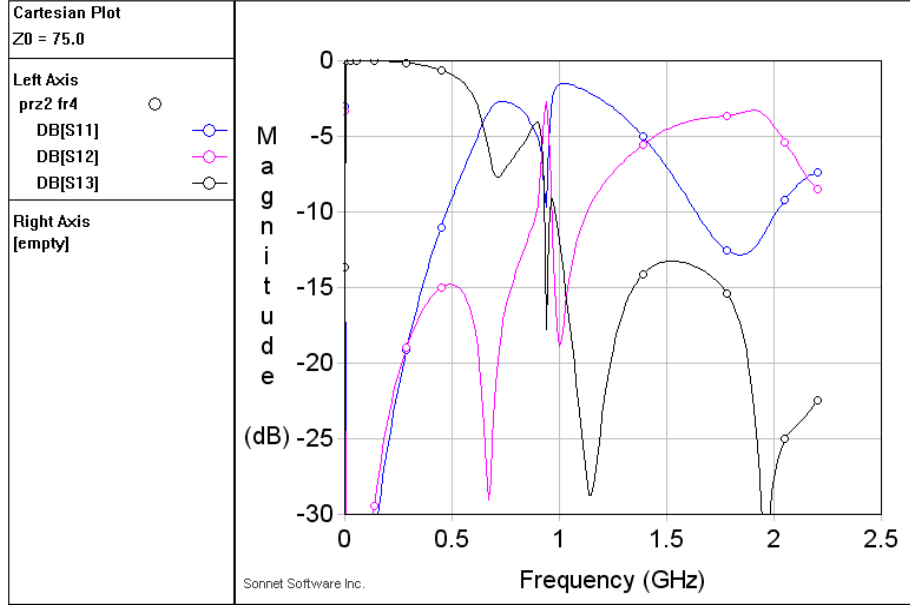
Şekil 4.69. Devreye viaların eklenmiş hali



Şekil 4.70. Viaların eklenmiş halinin üç boyutlu gösterimi

Devreye vialar eklendikten sonra alınan sonuç grafiğinde beklendiği gibi  $S_{11}$  değerinde düşüş gözlemlenmiştir.  $S_{12}$  geçiş bandı da azalmıştır.

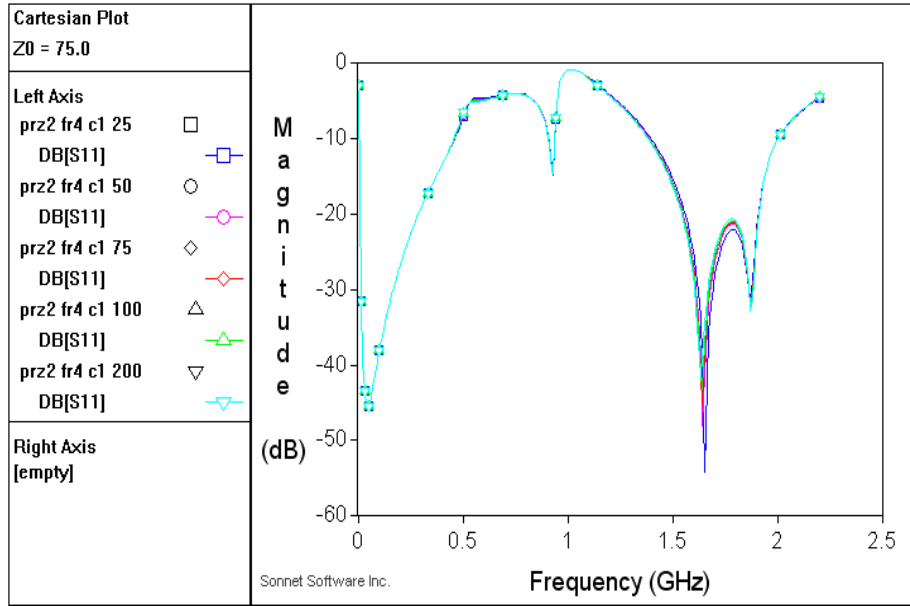




Şekil 4.71. Devreye vialar eklendikten sonra alınan sonuç grafiği

### ✓ Tasarım 26

Viaların eklenmemiş durumdaki devre üzerinden kondansatörler üzerinde değişiklikler yapılmış ve sonuçları aşağıya eklenmiştir. Daha önceki tasarımlarda da kondansatörlerin etkisi yorumlanmıştı fakat devrenin tasarımı tamamen değiştiği için tekrar test edilmiştir. Sonuç grafiğine örnek olarak  $S_{11}$  değerleri eklenmiştir. Fakat tabloda  $S_{12}$  ve  $S_{13}$  değerleri de yer almaktadır.



Şekil 4.72. C1 kondansatörünün değişmesinin  $S_{11}$  yansımaya katsayısına etkisi

Tablo 4.14. C1 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{11}$  yansıma katsayısına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{11}$ yansıma katsayısı (dB)	
	0,87GHz	1GHz
25 pF	-6.20	-0.87
50 pF	-6.28	-0.87
75 pF	-6.31	-0.87
100 pF	-6.32	-0.87
200 pF	-6.36	-0.87

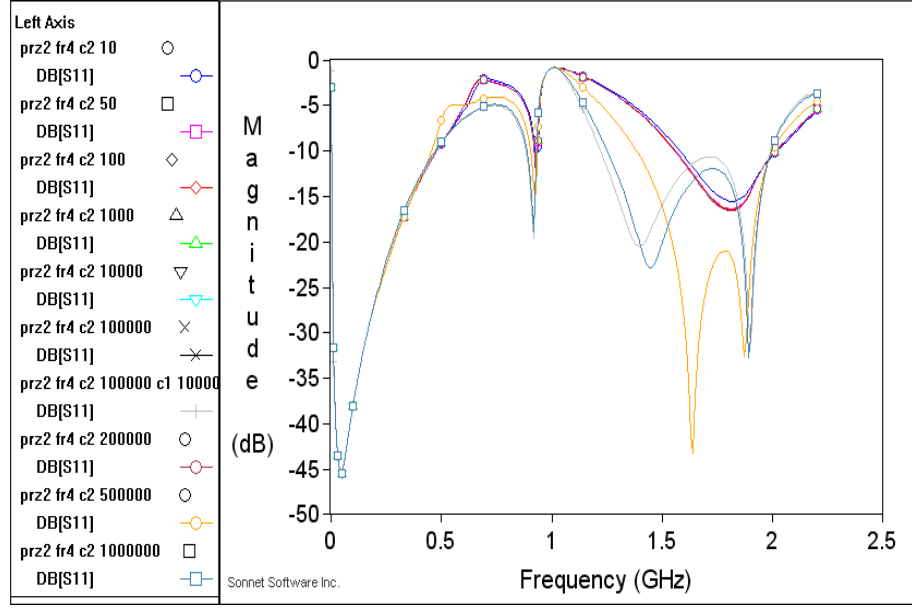
Tablo 4.15. C1 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{12}$  geçiş bandına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{12}$ geçiş bandı (dB)		
	1GHz	1,5GHz	2 GHz
25 pF	-25.31	-1.54	-3.87
50 pF	-25.18	-1.53	-3.92
75 pF	-25.14	-1.53	-3.93
100 pF	-25.11	-1.53	-3.94
200 pF	-25.05	-1.53	-3.96

Tablo 4.16. C1 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{13}$  geçiş bandına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{13}$ geçiş bandı (dB)		
	0,01GHz	0,5GHz	0,87 GHz
25 pF	-0.001	-1.47	-3.57
50 pF	-0.001	-1.73	-3.53
75 pF	-0.001	-1.83	-3.51
100 pF	-0.001	-1.88	-3.51
200 pF	-0.001	-2.03	-3.49

Yukarıdaki tablo 4.14, 4.15 ve 4.16'dan C1 kondansatörünün en önemli değişikliği  $S_{13}$  parametresinin 0,5 GHz seviyesinde olduğu görülmektedir. Kondansatörün değeri arttıkça 0,5 GHz seviyesindeki  $S_{13}$  değeri küçülmektedir. Aslında istenen değer -1 dB'den yüksek olmasıdır. Dolayısı ile kondansatör değeri 1pF değerinde bırakılmıştır.



Şekil 4.73. C2 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{11}$  yansımaya katsayısına etkisi

Tablo 4.17. C2 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{11}$  yansımaya katsayısına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{11}$ yansımaya katsayısı (dB)	
	0,87GHz	1GHz
10 pF	-4.19	-0.92
50 pF	-4.43	-0.91
100 pF	-4.46	-0.91
1000 pF	-4.49	-0.91
10000 pF	-4.49	-0.91
100000 pF	-4.49	-0.92
200000 pF	-4.50	-0.91
500000 pF	-6.32	-0.87
1000000 pF	-8.02	-0.84

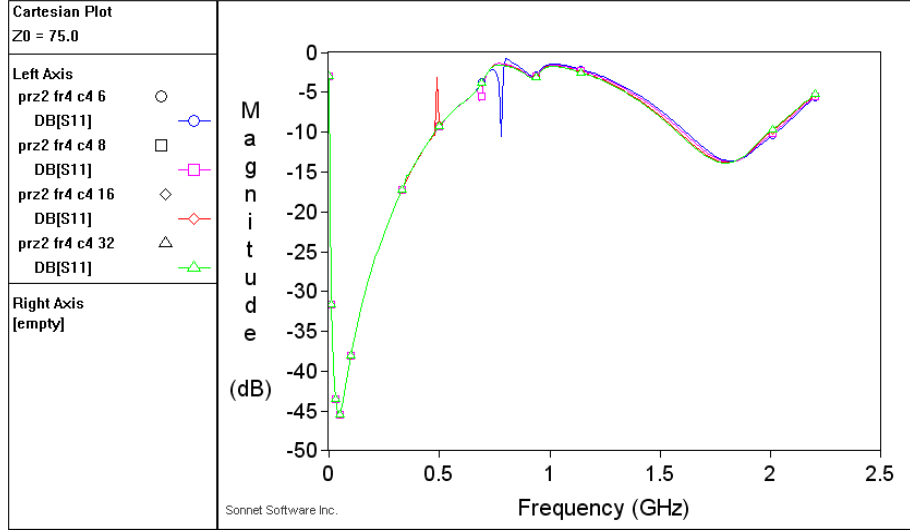
Tablo 4.18. C2 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{12}$  geçiş bandına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{12}$ geçiş bandı (dB)		
	1GHz	1,5GHz	2 GHz
10 pF	-29.90	-2.29	-2.70
50 pF	-29.69	-2.17	-2.83
100 pF	-29.66	-2.15	-2.85
1000 pF	-29.63	-2.14	-2.86
10000 pF	-29.63	-2.13	-2.86
100000 pF	-29.64	-2.13	-2.86
200000 pF	-29.62	-2.12	-2.87
500000 pF	-25.11	-1.53	-3.94
1000000 pF	-23.81	-1.95	-5.02

Tablo 4.19. C2 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{13}$  geçiş bandına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{13}$ geçiş bandı (dB)		
	0,01GHz	0,5GHz	0,87 GHz
10 pF	-0.001	-0.79	-4.90
50 pF	-0.001	-0.78	-4.64
100 pF	-0.002	-0.78	-4.60
1000 pF	-0.001	-0.78	-4.58
10000 pF	-0.003	-0.78	-4.57
100000 pF	-0.002	-0.79	-4.57
200000 pF	-0.001	-0.78	-4.56
500000 pF	-0.002	-1.88	-3.51
1000000 pF	-0.001	-1.28	-2.83

Tablo 4.17, 4.18 ve 4.19'daki değerlere göre  $S_{12}$ 'nin 2 GHz seviyesindeki değeri 10 pF kondansatöründen sonraki kondansatörlerde artmıştır. Bu sinyalin iletimi açısından olumlu değildir. Dolayısı ile C2 kondansatörünün değerini arttırmak bir çözüm değildir. Aksine daha kötü sonuçlar vermektedir.



Şekil 4.74. C4 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{11}$  yansımaya katsayısına etkisi

Tablo 4.20. C4 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{11}$  yansımaya katsayısına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{11}$ yansımaya katsayısı (dB)	
	0,87GHz	1GHz
6 pF	-1.94	-1.49
8 pF	-2.21	-1.61
16 pF	-2.34	-1.71
32 pF	-2.37	-1.74

Tablo 4.21. C4 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{12}$  geçiş bandına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{12}$ geçiş bandı (dB)		
	1GHz	1,5GHz	2 GHz
6 pF	-10.41	-2.59	-2.44
8 pF	-9.57	-2.49	-2.54
16 pF	-8.97	-2.37	-2.68
32 pF	-8.79	-2.32	-2.75

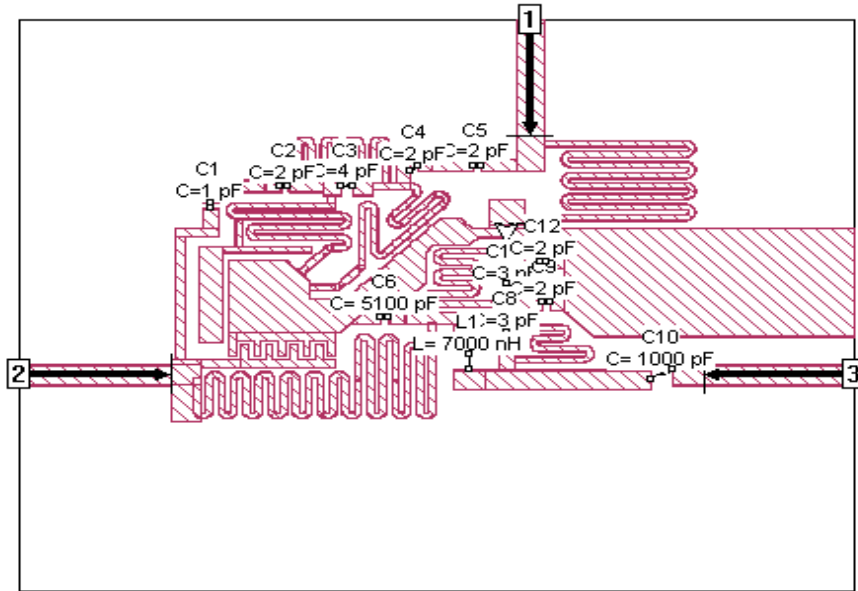
Tablo 4.22. C4 kondansatörünün değiştirilmesinin  $S_{13}$  geçişbandına etkisi

Kondansatör Değeri	$S_{13}$ geçiş bandı (dB)		
	0,01GHz	0,5GHz	0,87 GHz
6 pF	-0.02	-0.80	-7.22
8 pF	-0.01	-0.80	-6.95
16 pF	-0.01	-0.84	-6.86
32 pF	-0.01	-0.81	-6.83

Tablo 4.20, 4.21 ve 4.22'deki değerlere göre kondansatör değeri arttıkça  $S_{12}$  değeri için 1 ve 1,5 GHz seviyelerinde istenen genlik yükselmesi gerçekleşmektedir. Fakat 2 GHz seviyesinde bu değer düşmektedir. Bu değerın düşmesi bant genişliğini daraltmakta olduğu için kondansatör değeri 2 pF seçilmiştir.

#### ✓ Tasarım 27

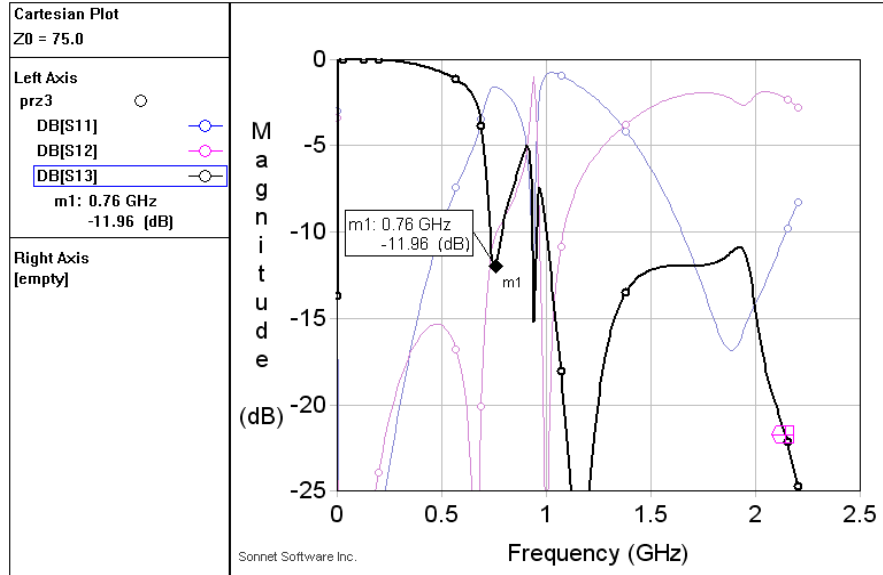
Tasarım 24'teki devrenin içindeki yapıların köşelerinin dik hale getirilmesi ile oluşturulan devre şekli aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.75. Köşeler dik hale getirilmiş halde devrenin şekli

Devrenin simülasyonu sonrasında çıkan sonuç grafiğine göre  $S_{12}$  değerinin 1 GHz seviyesindeki genliği -30 dB civarındadır. Bu değerden sonra genlik hızla

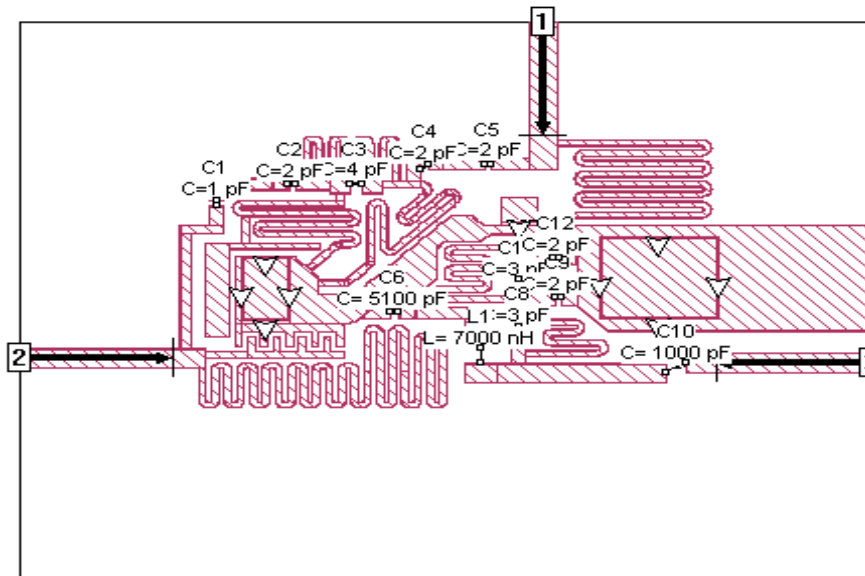
yükselerek -5dB seviyesine gelmektedir. Buna göre düzeltilmesi gereken parametre  $S_{12}$ 'dir. Diğer parametrelerden  $S_{13}$  parametresinde 0,6 GHz seviyesinde bir genlik düşüşü vardır. Bu değer de -1dB seviyesine çıkması gerekmektedir. Bu işlemi düzeltmek için devreye via eklenmesi düşünülmektedir.



Şekil 4.76. Köşelerin dik durumdaki devrenin sonuç grafiği

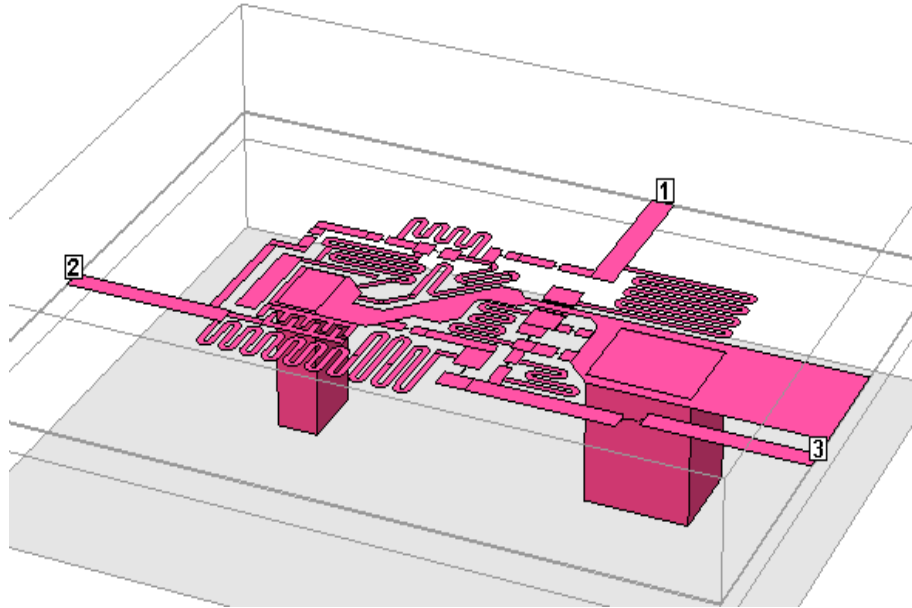
### ✓ Tasarım 28

Devrede eş-düzlemsel yapı üzerine (co-planar) vialar eklenerek aşağıdaki devre şekli elde edilmiştir.



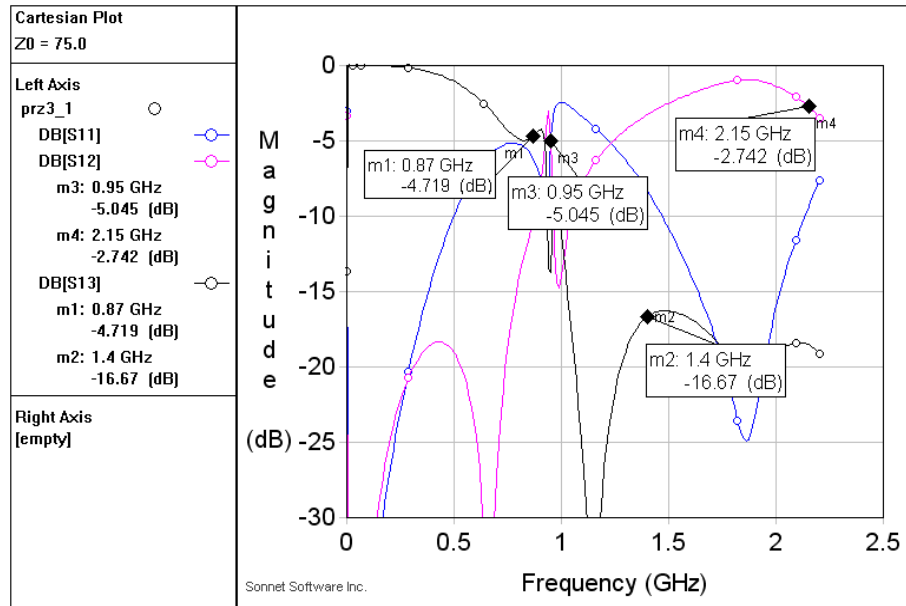
Şekil 4.77. Eş-düzlemsel yapı üzerine vialar eklenmiş hali

Devrenin üç boyutlu halinin gösterimi şekil 4.63'deki gibidir. Devrede aşağı doğru uzanan vialar toprak (ground) seviyesine kadar inmektedir.



Şekil 4.78. Devrenin üç boyutlu gösterimi

Devrenin sonuç grafiğine bakıldığında  $S_{11}$  değeri filtre bölümlerinde -15 dB altına inmektedir. Fakat halen -15 dB'nin üstünde olduğu bölümler vardır. Ayrıca  $S_{12}$  geçiş bandı değeri -1 dB seviyesine çekilememiştir.

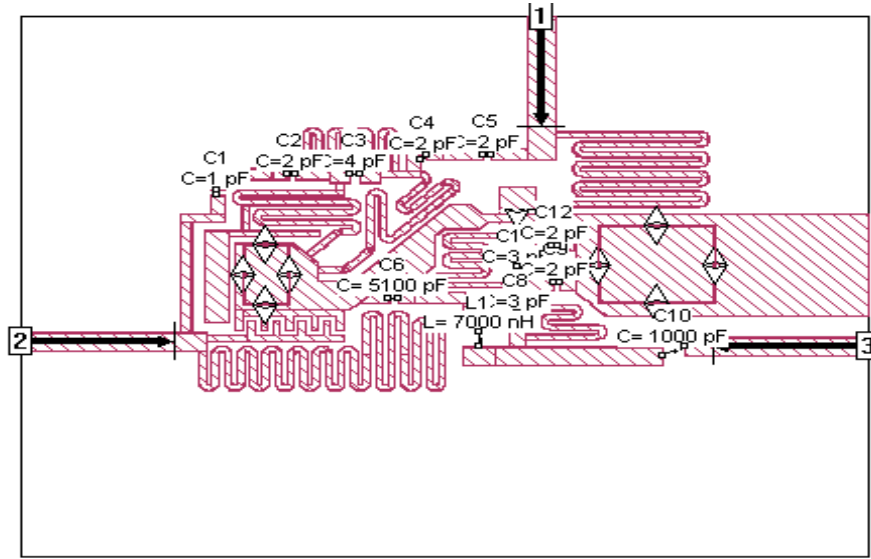


Şekil 4.79. Eş-düzlemsel yapı üzerine via eklenmiş devre şeklinin sonuç grafiği



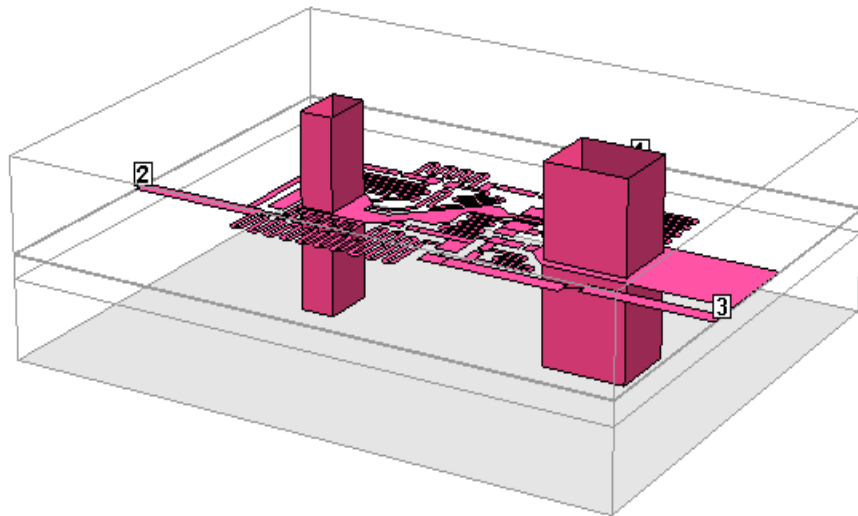
### ✓ Tasarım 29

Devrede eş-düzlemsel yapı üzerine eklenmiş vialar sadece alt ground (toprak) seviyesine inmekteydi. Bu değerleri üst seviyeye de çekerek devrenin değerlerinin iyileştirilmesi amaçlanmış ve aşağıdaki devre şekli elde edilmiştir.



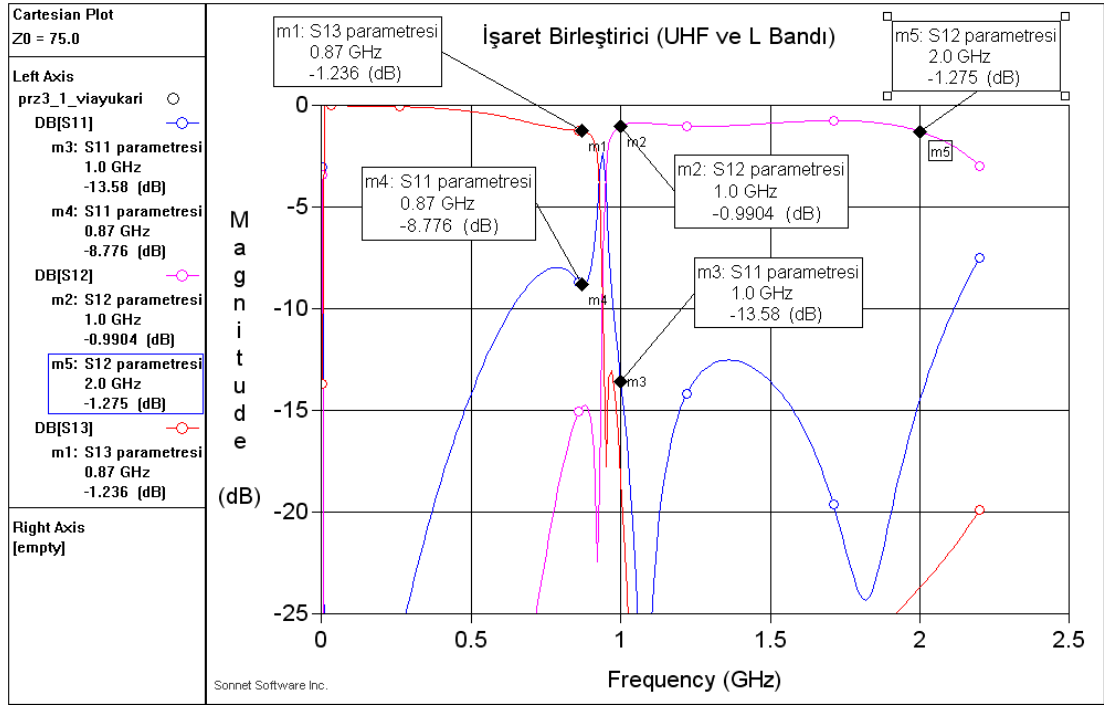
Şekil 4.80. Devrenin vialarının üst seviyeye uzatılması sonucu devre şekli

Devrenin üç boyutlu hali şekil 4.66'da gösterilmektedir. Görüldüğü gibi vialar hem alt ground seviyesine hem de üst seviyeye uzatılmıştır ve simülasyon sonuçları alınmıştır.



Şekil 4.81. Devrenin üç boyutlu gösterimi

Devrede alınan sonuç grafiğine göre devrede  $S_{13}$  geçiş bandı değeri -1 dB değerini aşmamıştır.  $S_{12}$  geçiş bandı değeri de aynı şekilde -1 dB seviyesinde bulunmaktadır.  $S_{11}$  yansıma katsayısının genlik değeri ise giriş kayıplarının -1 dB olduğu seviyelerde -15 dB seviyesindedir. Bu sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmiştir.



Şekil 4.82. Viaların çift taraflı uzatılmış halinin sonuç grafiği

Tablo 4.23. Frekanslara göre alınan değerler

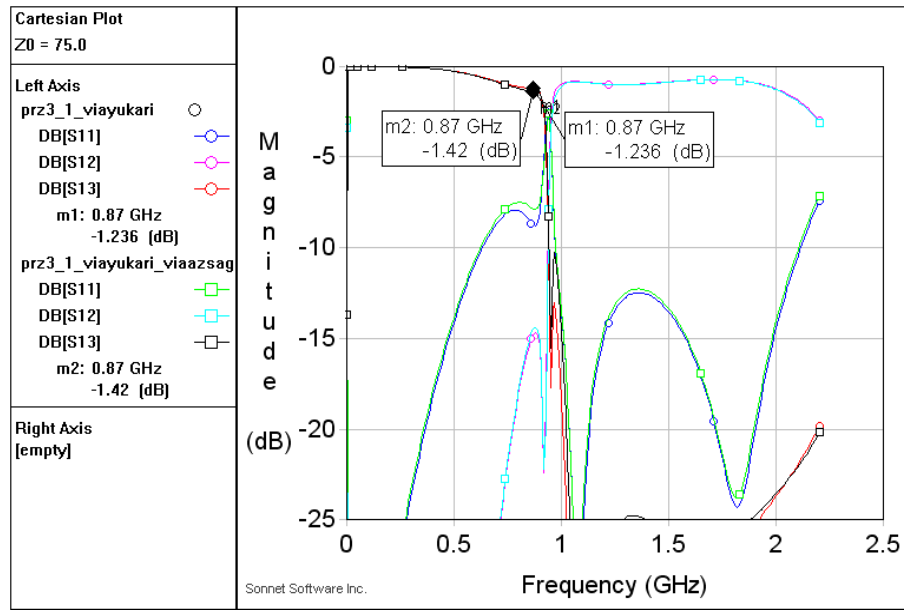
Devre Parametreleri (dB)	Frekanslar				
	0,5 GHz	0,87 GHz	1 GHz	1,5 GHz	2 GHz
$S_{11}$	-14.14	-8.77	-13.58	-13.55	-14.44
$S_{12}$	-30.66	-14.79	-0.99	-0.86	-1.27
$S_{13}$	-0.28	-1.23	-18.40	-27.44	-23.68

Tablo 4.23'deki ve şekil 4.67'deki değerlere göre  $S_{11}$  değeri filtrelerin kesişme noktası haricinde çoğunlukla -15 dB'nin altındadır. Fakat 0,87 GHz seviyesinde yani UHF bandının sonuna doğru -10 dB üstüne çıkmıştır. Bu devrede ufak da olsa sinyalin alınmasında parazitlere yol açabilir. Fakat diğer bantlarda -10 dB'nin üzerine çıkmamıştır.

$S_{12}$  parametresi tablodaki ve grafikteki değerlere göre UHF bandında -15 dB seviyelerinde, L bandında ise -1 dB'den yüksektir. Buna göre kazanç tasarımı başlanmadan önce belirlenen başarımlar ölçütleri ile birebir uyumaktadır.

$S_{13}$  parametresi ise tablodaki ve grafikteki değerlere göre UHF bandında -1 dB'nin üzerinde, L bandında ise -15 dB'nin altındadır. Aynı şekilde bu değerler de başarımlar ölçütlerine birebir uymaktadır.

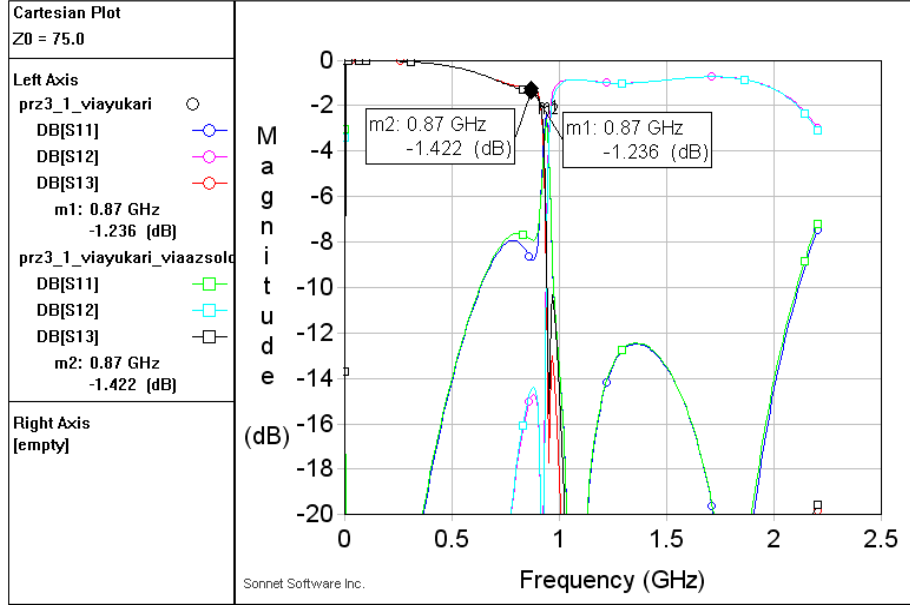
Devre üzerinden sağ eş-düzlemsel yapı üzerindeki vianın bir miktar sağ tarafa alınarak alınan sonuç grafiği aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.83. Vianın bir miktar sağa çekilmesi ile alınan sonuç grafiği

Bu sonuca göre devredeki  $S_{12}$  ve  $S_{13}$  değerlerinde ufak da olsa düşüş meydana gelmiştir. Dolayısıyla daha iyi sonuç veren şekil 4.65'deki devre temel devre olarak belirlenmiştir.

Devre üzerinden aynı şekilde sağ eş-düzlemsel yapı üzerindeki vianın bir miktar sol tarafa alınarak alınan sonuç grafiği aşağıdaki gibidir.



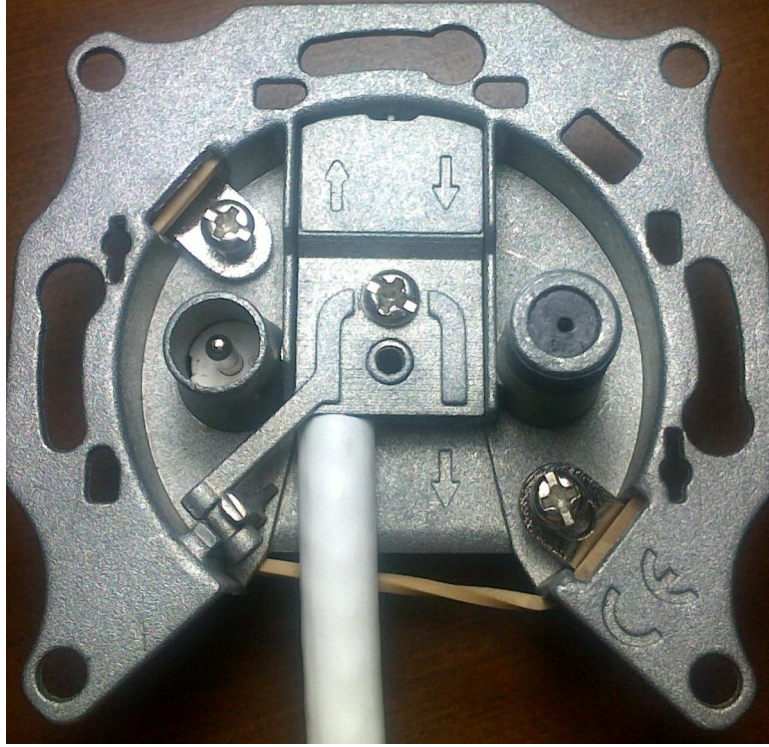
Şekil 4.84. Vianın bir miktar sola çekilmesi ile alınan sonuç grafiği

Sonuçta şekil 4.68'deki devredeki gibi devre parametrelerinde düşüş meydana gelmiştir. Buda sinyalin iletimi açısından önemlidir. Şekil 4.65'deki devre simülasyon sonuçlarının en iyi çıktığı devre olarak belirlenmiştir.

Bu devrenin köşeleri yuvarlanmış halde üretimi yaptırılmış hali aşağıda yer almaktadır.



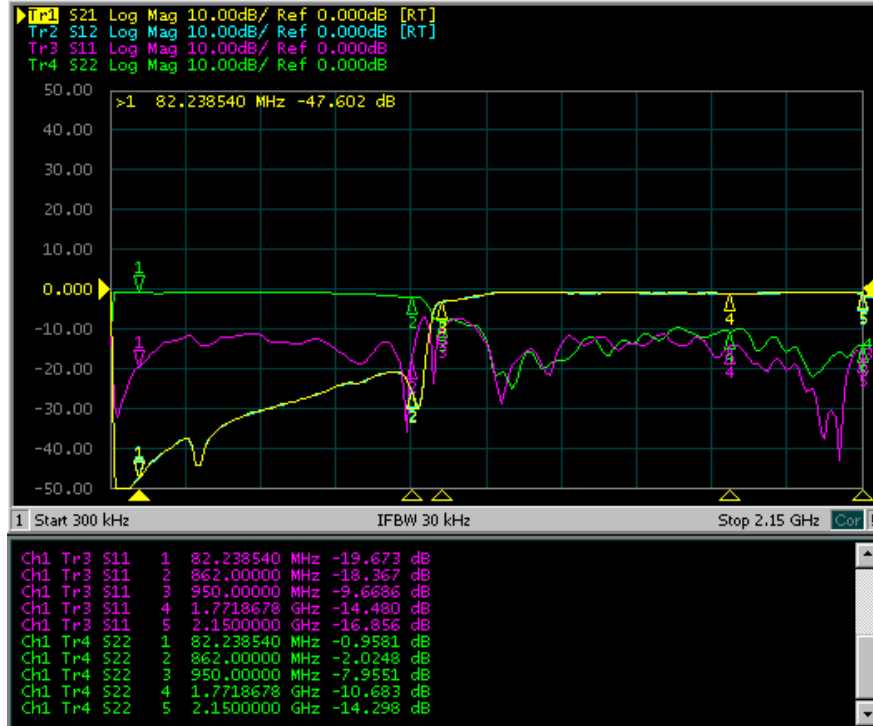
Şekil 4.85. Üretimi yapılmış ve kılıfa yerleştirilmiş işaret birleştirici



Şekil 4.86. Üretimi yapılmış işaret birleştiricinin önden görünümü

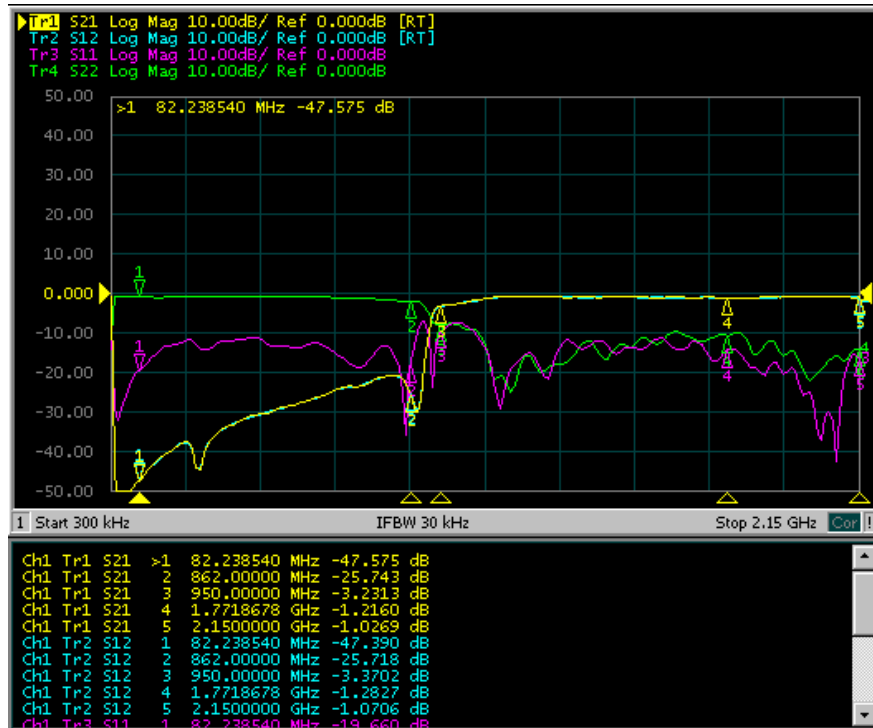
Üretimi gerçekleştirilmiş olan işaret birleştiricinin ölçüm sonuçları alındığında yüksek frekans bölgesinde çok fazla dalgalanma olduğu görüldü. Bunun üzerine prizin kapağı açılmış ve üretimde bir hata olup olmadığı kontrol edilmiştir. Simülasyonun üç boyutlu görüntülerinde de yer alan viaların toprak seviyesine ulaşması gerekirken kısa kaldığı görülmüştür. Buna karşılık devreye ekleme yapılmış ve vianın toprak seviyesine ulaşması sağlanmıştır.

Ölçüm sonuçlarına göre kazancın düşük olduğu görülmüştür. Network analizörü yardımı ile C8, C9 ve C11 kondansatörlerinin değerleri değiştirilmiştir. C8 kondansatörü yerine 2,2pF, C9 kondansatörü yerine 2,7 pF ve C11 kondansatörü yerine de 3,3 pF değerleri kullanılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda alınan network analizörü görüntüleri verilmiştir. Yüksek geçiren filtre kısmından alınan  $S_{11}$  ev  $S_{22}$  değerleri şekildeki gibidir.



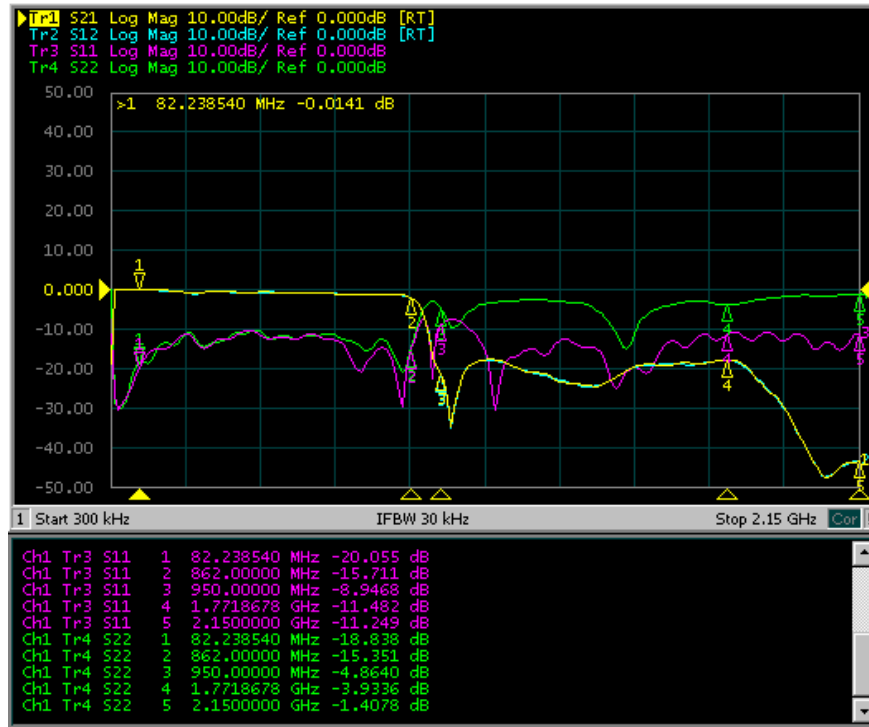
Şekil 4.87. Ölçüm sonuçlarına göre uydu yayınlarının alındığı portta  $S_{11}$  ve  $S_{22}$  değerleri

Yüksek geçiren filtre kısmına yani uydu yayınlarının alındığı port üzerinden yapılan ölçümlere göre  $S_{12}$  ve  $S_{21}$  değerleri şekil 4.73’de verilmiştir.



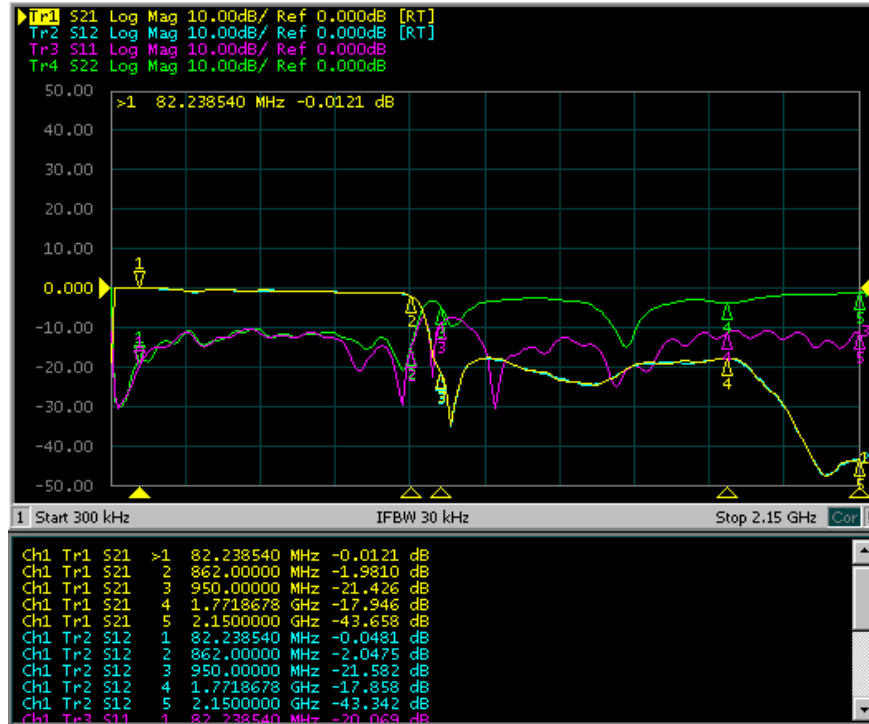
Şekil 4.88. Ölçüm sonuçlarına göre  $S_{12}$  ve  $S_{21}$  değerleri

Alçak geçiren filtre kısmının yani UHF bandının bulunduğu port üzerinden yapılan ölçüm sonuçlarına göre  $S_{11}$  ve  $S_{22}$  değerleri şekil 4.74’de verilmiştir.



Şekil 4.89. Ölçüm sonuçlarına göre UHF bandının olduğu porttaki  $S_{11}$  ve  $S_{22}$  değerleri

Aynı porttan yapılan ölçüm sonuçlarına göre  $S_{13}$  ve  $S_{31}$  değerleri şekil 4.75’de verilmiştir.



Şekil 4.90. Ölçüm sonuçlarına göre  $S_{13}$  ve  $S_{31}$  değerleri

Ölçülen sonuçlar ile simülasyon sonuçlarının karşılaştırıldığında değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Değerlerde bulunan ufak sapma değerleri pratikte karşılaşılan olağan durumlar sonucundadır.

Tablo 4.24. Simülasyon sonuçlarına göre devre parametrelerinin değerleri

Devre Parametreleri (dB)	Frekanslar				
	82 MHz	862 MHz	950 MHz	1,771 GHz	2,15 GHz
$S_{11}$	-43.85	-8.65	-4.02	-22.78	-8.85
$S_{12}$	-42.318	-15.035	-3.160	-0.748	-2.357
$S_{13}$	-0.487	-1.219	-17.72	-27.104	-20.963
$S_{22}$	-0.182	-0.689	-5.68	-24.89	-7.71

Tablo 4.25. Ölçüm sonuçlarına göre aynı frekanslarda devre parametrelerinin değerleri

Devre Parametreleri (dB)	Frekanslar				
	82 MHz	862 MHz	950 MHz	1,771 GHz	2,15 GHz
$S_{11}$	-20.055	-15.711	-8.94	-11.482	-11.249
$S_{12}$	-47.575	-25.743	-3.231	-1.216	-1.026
$S_{13}$	-0.012	-1.981	-21.426	-17.946	-43.658
$S_{22}$	-0.958	-2.02	-7.955	-10.683	-14.298

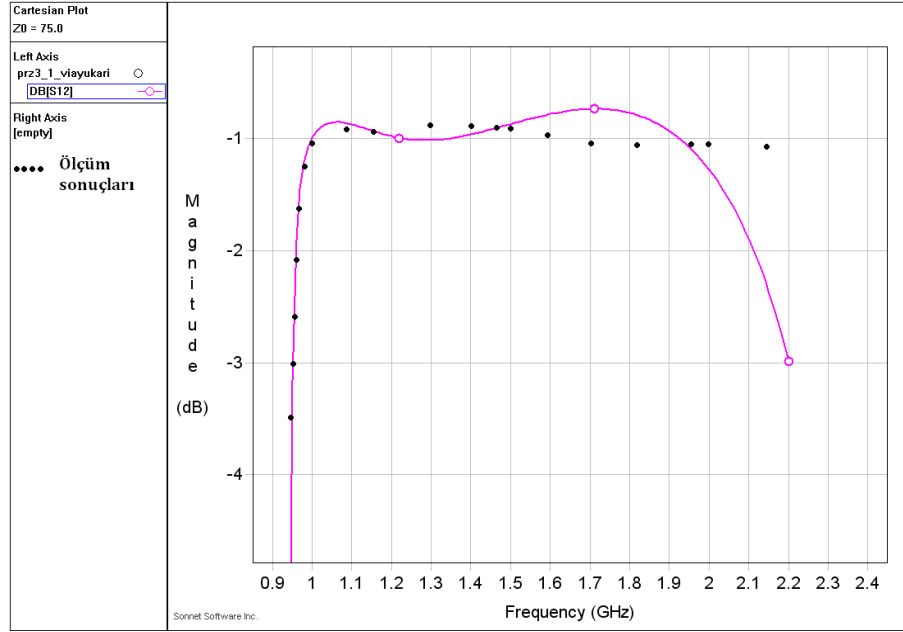
Teorik olarak istenen başarımlı ölçütlerinde  $S_{11}$  değerinde geçirme bantlarının bulunduğu yerlerde -15 dB altında olması gerekmektedir. Yukarıdaki sonuçlara göre geçirme bantlarında -10 dB altında değerler bulunmaktadır. Pratikte -10 dB değeri kabul edilebilir bir kazanç değeridir.

Aynı şekilde teorik olarak başarımlı ölçütlerinde  $S_{12}$  değerinin yüksek frekans bölgesinde 0 dB ile -1 dB arasında olması istenmektedir. Alınan sonuçlara göre yüksek frekans bölgesinde simülasyonda 2,15 GHz değerlerinde -2.3 dB olan değer devre gerçekleştirildikten sonra alınan ölçüm sonuçlarında -1.02 dB çıkmış ve simülasyondaki problem pratikte aşılmıştır. Diğer yüksek frekans bölgesinde de değer -1.21 dB çıkmıştır. Bu değer de pratikte -2 dB'yi aşmamak kaydı ile kayıpsız iletim sağlayabilecek bir değerdir.

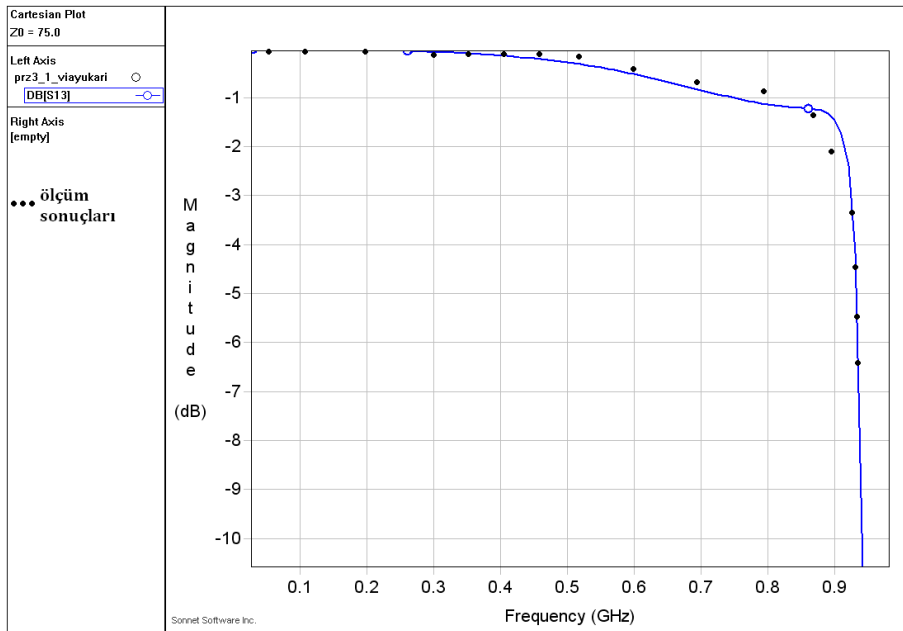


Son olarak teorik başarımlar ölçütlerinde  $S_{13}$  değerinin alçak frekans bölgesinde 0 dB ile -1 dB arasında olması istenmektedir. Alınan sonuçlara göre alçak frekans bölgesinde simülasyonda 862 MHz seviyesinde -1.21 dB olan değer, ölçüm sonuçlarına göre -1.98 dB çıkmıştır. Bu değer -2 dB sınırında olmakla beraber iletimin kayıpsız sağlanabileceği bir değerdir.

Ölçüm sonuçları ile simülasyon sonuçlarını aynı grafik üzerinde toplanması sonucunda oluşan grafikler şekil 4.76 ve şekil 4.77’de verilmiştir.



Şekil 4.91.  $S_{12}$  değerinin simülasyon ve ölçüm sonuçları birleşimi



Şekil 4.92.  $S_{13}$  değerinin simülasyon ve ölçüm sonuçları birleşimi

## 5. SONUÇLAR

Tez süreci boyunca yaklaşık 100-120 adet devre simülasyonu yapılmıştır. Simülasyonların başında belirtilen başarımlar ölçütleri yakalanmıştır. Günümüzde neredeyse her evde kullanılan işaret birleştiricilerin Türkiye’de üretimi yapılmamaktadır.

Bu tez çalışması ile beraber bu ürünün Türkiye’de de üretilmesi amaçlanmakta ve bu konuda şirketler ile görüşmeler yapılmaktadır.

Örnek olarak üretimi yapılan işaret birleştirici ölçüm sonuçlarının simülasyon sonuçlarına çok yakın değerler çıkması ürünün tasarımının doğru olduğu bilgisini vermektedir.

Eş-düzlemsel yapı kullanılarak oluşturulan işaret birleştirici belli bir frekans aralığını geçirip yansıma vasıtasıyla bu aralığın üzerinde ve altında kalan alandaki frekansları durdurduğu için bant geçiren filtre olarak düşünülebilir.

Eş-düzlemsel hatlar geleneksel mikroşerit hatta göre şu avantajlara sahiptir:

- Kolay seri ve paralel bağlantı,
- Malzeme (dielektrik) kalınlığına bağımlılığın (hassasiyetin) azalmasıdır.

Dezavantajları ise:

- Özellikle filtreler için; devre içi süreksizliklerin (discontinuities) eşdeğer devre modelinin doğru şekilde çıkarılmasının zorluğudur.

Dolayısı ile mevcut işaret birleştiricilere göre eş-düzlemsel yapı kullanılması temel farklılığı oluşturmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Azeri, O.D. (2009). *Analog Circuit Optimization With Hierarchical Genetic Algorithms - 3rd Order Low-Pass Butterworth Filter Example*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: BÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aziz, Dr A. (1976). *Radyo ve Televizyona Giriş*. Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilimler Fakültesi Yayınları.
- Bulut, M. (2009). *Seçiciliği Yüksek Bant Geçiren Mikroşerit Filtre Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: HÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cho, J.H. ve Lee, J.C., (2005). “*Compact Microstrip Stepped-Impedance Hairpin Resonator Low-Pass Filter with Aperture*”. *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol:46 No:6 : 517-520.
- Cankaya, Doç Dr Ö. (1997). *Dünden Bugüne Radyo Televizyon*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Ceylan, E.T. (1983). *Dünü ve Bugünüyle Televizyon*. İstanbul: Varlık Yayınları.
- Deleniv, A.N., Gashinova, M.S. ve Vendik, I.B. (2002). “*Design of an Interdigital Hairpin Bandpass Filter Utilizing a Model of Coupled Slots*”. *Microwave Theory and Techniques IEEE Transactions on*:2153-2158. Vol:50 No:9.
- Elektronik. Alcad. (2011). Erişim Tarihi: 24 Kasım 2010, [http://www.alcad.net/tr/urunler/tv\\_yayinlari\\_ve\\_dagitimi\\_seriler\\_liste.php?serie=902](http://www.alcad.net/tr/urunler/tv_yayinlari_ve_dagitimi_seriler_liste.php?serie=902)
- EMC ve Mikroşerit Filtreler*. (2006, Ocak). Endüstri ve Otomasyon Dergisi.
- Erdem, R.A. (2010). *RF Filtre Tasarımları ve Gerçeklenmesi*. Lisans Tezi. İstanbul:İÜ. Mühendislik Fakültesi.
- Garro, I.L. (2003). *Micromachined Microwave Filters*. Doktora Tezi. Birmingham: The University Of Birmingham.
- Gündüz, S. (2005). *Geniş Bantlı Mikroşerit Filtre Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli:KÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hao, Z.C. ve Hong, J.S. (2008). “*Compact ultra-wideband bandpass filter using broadside coupled hairpin structures on multilayer liquid crystal polymer substrate*”. *Electronics Letters*, Vol:44 No:20.
- Hill, M.J., Papapolymerou, J. ve Ziolkowski, R.W., (2000). *A High Performance K-Band Diplexer using High-Q Micromachined Cavities*. *Proceedings of the 30th European Microwave Conference*, Paris.

Kaptan, G., Karpuz, C., (2006). *Mikrodalga Entegre Devreler için Gerçel ve Sanal sonlu Frekanslarda Bir Çift İletim Sıfırlı Çift Band Mikroşerit Filtre Tasarımı*. URSI 2006 3. Bilimsel Kongresi: 441-443, Ankara.

Kaplan, İ. (2007). *Analog Elektronik – II*. Mersin Üniversitesi, Mersin.  
Larkins, G.L., Socorregut, R. ve Vlasov, Y.A. (2003). “*Superconducting Microstrip Hairpin Filter with BaTiO<sub>3</sub> Patches*”. Applied Superconductivity IEEE Transactions on:724-726, Vol:13 No:2.

Matthaei, G., Young L., ve Jones E.M.T. (1980). *Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures*, Artech House, Norwood, MA.

Megasat Forum. (2011). Erişim Tarihi: 8 Nisan 2011,  
<http://www.megasatforum.com/ortak-uydu-sistemleri/9514-headend-sistemler-nedir.html>

Mert Turanlı. (2011). Erişim Tarihi: 3 Mart 2011,  
<http://www.mertturanli.com/blog/2009/11/yagi-uda-anteni/>

Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). Erişim Tarihi: 10 Nisan 2011,  
[http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gazetecilik/moduller/radyo\\_tv\\_televizyon\\_tarihi.pdf](http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gazetecilik/moduller/radyo_tv_televizyon_tarihi.pdf)

White, J.F. (2004). *High Frequency Techniques – An Introduction to RF and Microwave Engineering*. New Jersey: John Wiley&Sons.

Wu K., Meng, W., IEEE. (2007). IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques. *A Direct Synthesis Approach for Microwave Filters With a Complex Load and Its Application to Direct Diplexer Design*, Vol. 55, No. 5

Opamp Uygulamaları. (2011). Erişim Tarihi: 15 Nisan 2011,  
<http://320volt.com/opamp-uygulamalari-amplifikator-aktif-filtreler/>

Pramanick, P. (1994). “*Compact 900-MHz Hairpin-Line Filters Using High Dielectric Constant Microstrip Line*”. International Journal of Microwave and Millimeter-wave Computer-Aided Engineering. Vol:4 No:3, John Wiley&Sons: 272-281.

Pozar, D.M. (1990). *Microwave Engineering*. Wiley – Interscience Publication.

Savun, A., Acar, T. ve Dolma, A. (2007). *Basamak Tipi Devre Yapısı İle Alçak Geçiren Filtre Tasarımı*. III. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu. Adana.

Sonnet Suites. (2010). Erişim Tarihi: 26 Kasım 2010,  
<http://www.sonnetsoftware.com/support/sonnet-suites/>

Uydu Tv Haber. (2011). Erişim Tarihi: 17 Şubat 2011,  
<http://www.uydutvhaber.net/ebooks/uydutarahi2.pdf>

Yılmaz, Ş.S. (2005). *Logaritmik Ortam Filtrelerinin Sistemik Sentezi*. Yüksek Lisans Tezi. Denizli:PÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü.

## ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğrenimini Ereğli'de ve lise öğrenimini Aksaray'da tamamladı. 2005 yılında Haliç Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı. 2009 yılında yine Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği programında yüksek lisans programına başladı ve aynı süre zarfında üniversite bünyesinde çalıştı.

İstanbul, 2011

Kadir Sercan Bayram