

Schotky Diyot Kullanılarak 2.4 GHz Düşük Güçlü Aktif Alıcı-Verici Sistemler için Aktif Band Geçiren Filtre uygulaması

Active Bandpass Filter Application with Using Schottky Diode for 2.4GHz ISM Band for Low Power Transceiver Systems

Mehmet Ali BELEN¹, Adnan KAYA¹

^{1,2}Elektronik Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Süleyman Demirel Üniversitesi
mehmetalibelen@hotmail.com, adnan@mmf.sdu.edu.tr

Özet

Mikrodalga devre tasarımı mikroselit filtreler önemli bir yer tutar. Mikroserit filtreler için yüksek performans, uygun boyut ve ucuzluk gibi ölçütler tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması gereken esaslardır. Bu çalışmada 2,40–2,70 GHz (WLAN) frekanslarında çalışan, düşük gürültülü bir Schotky diyotlu aktif band geçiren filtrenin analizi ve tasarımı yapılmıştır. 2.4 GHz ISM bandında kablosuz haberleşme sistemleri için BAS83 (small signal schotky barrier diode) kullanılarak aktif band geçiren filtre tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda Advancing the Wireless Revolution Microwave Office programı kullanılmıştır. Devrede taban malzemesi olarak FR4 cam elyaf kullanılmıştır. Sonuç olarak adaptif bir band geçiren filtrede tatmin edici seviyede iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Abstract

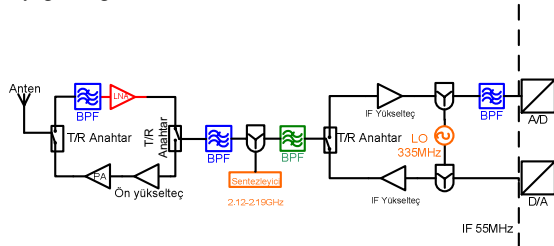
This article discusses the development of an electronically tuned filter capable of a wide tunable frequency range and simultaneous 3-dB bandwidth variations at any frequency within its tuning range. Schottky-tunable filters are designed using high-dielectric, soft-substrate material for printed resonators as well as also high-Q ceramic resonators, and their test data are compared. The designed filter had a simple structure and the characteristics of wide tuning range of 2.40GHz to 2.70 GHz and low insertion loss of less than -12.20 dB. The concept of tuning a filter's 3-dB bandwidth with voltage is demonstrated and the effect of the bandwidth tuning elements on the tunable filter performance is discussed.

1. Giriş

Hızla gelişen teknolojiye paralel olarak ilerleyen ve her geçen gün yeni bir gelişmeyle karşımıza çıkan radyo haberleşme sistemlerinin kullanımı, gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Üretim teknolojilerindeki gelişmelerin bir neticesi olan üretim maliyetlerin azalması ile önceleri ancak sanayi işletmelerinde kullanım alanı bulabilen bu sistemler, artık günlük hayatımızın

bir parçası haline gelmeye başlamıştır. Gelişen radyo haberleşme sistemlerinin sayısal sistemler ile entegre edilmesi, geliştirilen uygulamaların kullanılabilirliğini ve esnekliğini arttırmış, dolayısıyla kullanım alanları daha da genişlemiştir. Bu şekilde gerçekleştirilen birçok uygulama, evlerimizde, iş yerlerimizde ve hatta sokaklarda kullanılmaya başlanmıştır. Kablosuz ev güvenlik sistemleri, çeşitli uzaktan kumanda uygulamaları, kablosuz taksi çağırma sistemleri, uzaktan ölçüm sistemleri bu uygulamaların sadece birkaç örneğidir. Artık geniş band erişim teknolojileri kullanılarak her yerde, her zaman var olan, ses, veri ve görüntünün tek bir ortam üzerinden taşınabildiği iletişim ortamlarına ihtiyaç duyulmaktadır. İletişim teknolojilerinin gelişmesi sonucu iletişimin sürekliliği günümüz insanı için doğal bir ihtiyaç olmanın yanı sıra ülkeler arası sayısal uçurumun giderilmesi için de bir temel ihtiyaç olarak görülmektedir. Kablosuz yerel alan ağ (WLAN) sistemleri [1], bütünleşmiş devre teknolojileri ile üretilebilmekte ve böylelikle düşük maliyetli sistemler oluşturulabilmektedir. Kısa mesafe, hızlı veri alışverişine uygun kablosuz haberleşme protokolü olan IEEE 802.11b/g, 2,4–2,5 GHz bandında çalışmakta ve geniş bir kullanım alanına sahip olmaktadır. “Çok Geniş Bandlı” (UWB- WiMAX) haberleşme sistemleri [2], ihtiyaçlara cevap olabilecek düzeyde kapasiteye sahiptir ve geleceğin önemli haberleşme sistemleri olmaya aday protokollerdir[3].

RF ön uç (front end) modüller, sayısal temel band sistem ve anten arasındaki her şey olarak tanımlanabilir. Alıcı için bu ara bölge; filtreler, düşük gürültülü yükselteçler ve aşağı dönüştüren karıştırıcıları içerir. Bu katlar antenden alınan modüle edilmiş işareti işleyerek temel band da analog sayısal işaret (ADC) çevirici ye uygun bir giriş işaretine çevirirler. Bu nedenlerle RF ön arka uç modüller, alıcının RF temel band bölümleri olarak adlandırılır [4],[5]. Ön uç arka modüller, birkaç bütünleşmiş devreden (IC) oluşmaktadır. Bu bütünleşmiş devreler geleneksel silikon CMOS ve gelişmiş silikon germanyum (SiGe) teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilmektedirler. Çok çipli modüller karıştırıcı, demodülasyon, yükseltme, filtreleme ve dedeksiyon gibi sinyal işleme olaylarında büyük bir fonksiyonellik sağlarlar. Bu



Şekil 1: Sayısal Haberleşme Sistemleri için 2.4 GHz RF Alıcı-Verici Blok Diyagramı

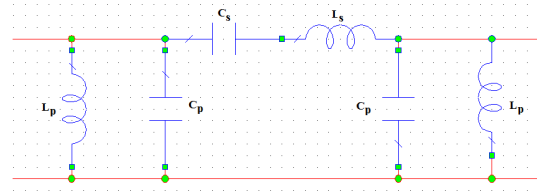
Mikroşerit filtrelerin, mikrodalgı devreleri, radarlar, hücresel haberleşme, test ve ölçüm sistemleri gibi çeşitli uygulama alanları vardır. Son dönemlerde özellikle askeri alanda olmak üzere çeşitli alanlarda monolitik ya da hibrit yüksek frekans aktif filtre gelişimi üzerinde büyük ilgi olmuştur. Bu frekanslarda klasik planar filtreler, iletim hattından kaynaklanan kayıplar başta olmak üzere çeşitli sebeplerden dolayı yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple filtrenin reaktif kayıplarından kurtulmak ve kazancı yükseltmek amacı ile aktif filtreler kullanılır. Aktif filtre tasarımında iki yaklaşım öne çıkmaktadır. İlk yaklaşımda pasif filtrenin elemanları aktif elemanlar ile değiştirilir. İkinci yaklaşımda ise her düğüm için kirchoff gerilim ve akım yasalarında yararlanılır[8].

2. Filtre Tasarım Parametreleri

Aktif filtreler modern ultra geniş band radar sistemlerinde ve kablosuz haberleşme uygulamalarında RF alt sistemlerinde yüksek-performans ve ayarlanabilirlik sağladığı için kullanılır. Filtre performansı tahmin etmek için çeşitli ölçütler kullanılır. Bunlardan ekleme kaybı, geri dönüş kaybı, merkez frekans, zayıflama, out-of-band band geçiren tuning ret ve büyüklüğü önemlidir. Bu nedenle filtre topolojileri karşılaştırılmasında, tasarımı trade of uygulanır. Ayrıca, filtrenin merkez

frekansını her yayınlanmış çalışması için farklı, karmaşık bir karşılaştırma yol açmaktadır.

Boyut küçültme mikrodalga sistemlerinin entegrasyonu için gereklidir bundan dolayı endüstriyel harmonik seviyeleri kontrolü için aktif filtreler bir alternatif haline gelmiştir. En temel band geçiren filtre tasarımı, yüksek ve alçak geçiren filtrelerinin seri bağlanması ile yapılabilir ve birinci dereceden bir AGF ile YGF ikinci dereceden bir BGF oluşturur. Şekil 2’de temel bir band geçiren filtre şekli görülmektedir.



Şekil 2: Band Geçiren Filtre Temel Şekli

Rezonans devrelerinde Q faktörü merkez frekansı f_m 'nin band genişliğine (B) oranı olarak ifadesi denklem (1) de verilmektedir.

$$Q = \frac{f_m}{B} = \frac{f_m}{f_2 - f_1} \quad (1)$$

İkinci dereceden bir BGF'nin frekans cevabı bulunurken denklem (2) kullanılır.

$$A(s) = \frac{A_0}{1+s} \quad (2)$$

Ω_1 ve Ω_2 3 dB düşüm köşe frekansları olmak üzere;

$$\Delta\Omega=\Omega_2-\Omega_1 \quad (3)$$

İkinci dereceden bir BGF'nin transfer fonksiyonu denklem(4)'teki gibidir.

$$A(s) = \frac{A_0 \cdot \Delta\Omega \cdot s}{1 + \Delta\Omega \cdot s + s^2} \quad (4)$$

Bir BGF tasarlanırken göz önüne alınan parametreler; merkez frekanstaki kazancı A_m ve kalite faktörü Q dur. Bu parametreler cinsinden transfer fonksiyonu ifadesi denklem(5)'teki gibidir.

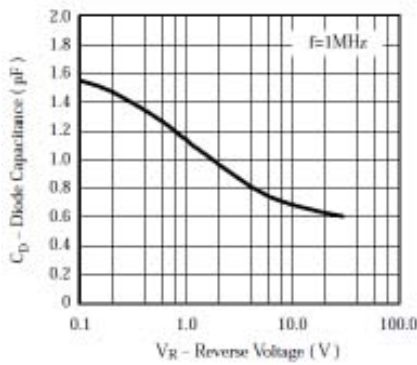
$$A(s) = \frac{\frac{Am}{Q}s}{1 + \frac{1}{Q}s + s^2} \quad (5)$$

2.1. Aktif Filtre Tasarım Parametreleri ve Ölçüm Sonuçları

RF devre tasarım ve benzetimi için endüstride çeşitli yazılım paketleri bulunmaktadır. Bu çalışmada, Moment Metodu kullanan Advancing the Wireless Revolution Microwave Office programı (AWR) tasarım işleminde daha fazla esneklik sağladığı için seçilmiştir.

Mikrodalga diyotlarının ortak özelliği, çok yüksek frekanslarda dahi, yani devre akımının çok hızlı yön değiştirmesi durumunda da bir yönde küçük direnç gösterecek hıza sahip olmasıdır.

Yüksek frekanslı devrelerde normal diyotlara göre çok daha kısa tepki süresine ve gürültü oranına sahip diyotlara “schottky diyot” denir. Normal diyotlar yüksek frekanslarda uçlarına uygulanan gerilimin yön değiştirmesi sırasında belirli bir süre kararsız kalabilirlerken schottky diyotlarda bu durum söz konusu değildir. Schottky diyotlar 'da nokta teması diyotlar gibi metal ve yarı iletken kristalinin birleştirilmesi ile elde edilmektedir. Ancak bunlar jonksiyon diyot tipindedir. Değme düzeyi (jonksiyon) direnci çok küçük olduğundan doğru yön beslemesinde 0.25V 'ta dahi kolaylıkla ve hızla iletim sağlamaktadır. Ters yöne doğru akan azınlık taşıyıcıları çok az olduğundan ters yön akımı küçüktür. Bu nedenle de gürültü seviyeleri düşük ve verimleri yüksektir.



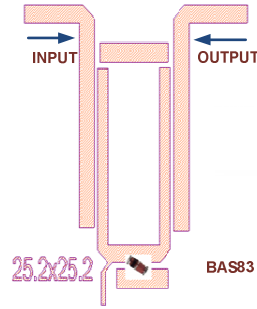
Şekil 3: Schottky Diyot Kapasitans - Voltaj ilişkisi

Kullanılan schottky diyotun (BAS83) özellikleri;

- ❖ Düşük Kapasite
- ❖ Düşük Sızıntı Akımı
- ❖ Düşük ileri Gerilim Düşümü
- ❖ Çok Düşük Anahtarlama zamanı

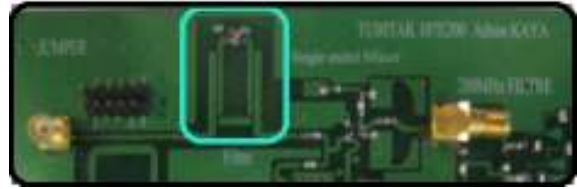
Tablo 1’de Filtre tasarımında kullanılan taban malzemesinin malzeme özellikleri ve kullanılacak schottky diyotun özellikleri verilmiştir.

Tablo 1: Aktif 2.4 GHz Band geçiren Filtre	
Parametre	Değer
Çalışma Frekansı(GHz)	2.46
Substrate Kalınlığı(mm)	1.6
Substrate Permittivity	4.6
Loss Tangent	0.0035
Patch Width,Length	W=25.2, L=25.2
Capacitance mean value	1.6



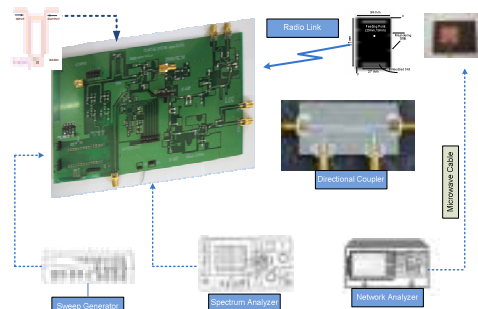
Şekil 4: Tasarlanan Aktif Filtre Geometrisi

AWR benzetim programı kullanılarak tasarlanan schottky diyotlu aktif band geçiren filtremizin geometrik yapısı şekil 5’te belirtildiği gibidir. Geometrik yapısı itibariyle oldukça küçük bir yapıya (25.2X25.2mm) sahip olmasından dolayı mikrodalga sistemlerle bütünleşmesi kolay olabilmektedir ve boyut küçültmeler tekniklerine uymaktadır.



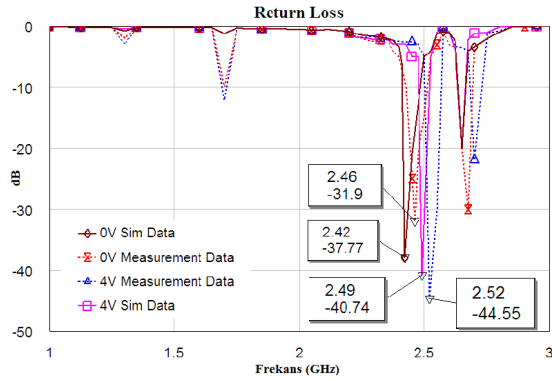
Şekil 5: Tasarlanan devre üzerinde filtremiz

Şekil 5’te tasarlanan filtrenin bir RF ön uç modül üzerindeki yeri görülmektedir. Sistemimizde gerekli örnekleri almak amacıyla Rodhe&Schwarz FSH6 (100khz - 6GHz) marka spektrum analizör ve yönsel bağlaştırmacı kullanılmıştır. Yapılan ölçümlerin amacı schottky diyotun aktif filtremizin üzerindeki etkisinin incelenmesi, değişen gerilim değerlerine gösterdiği tepkinin incelenmesi ve uygun gerilim değerlerinin bulunmasıdır. Uygulamanın bu aşamaya gelene kadar ki bölümünde; sistem çalıştırıldığında schottky diyota farklı gerilimler uygulanmaktadır.



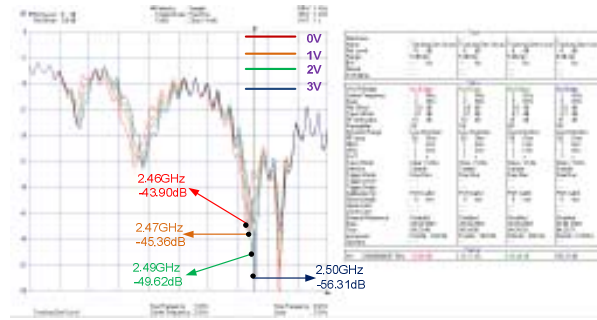
Şekil 6: Ölçüm düzeneği

Tasarlanan filtremiz şekil 6’daki ölçüm düzeneği kullanılarak yapılan ölçümlerde Şekil 7’de gösterildiği gibi schottky diyota farklı gerilim değerleri uygulandığında Filtremizin geri dönüş kaybında değişim gözlenmiştir ayrıca simülasyon sonuçlarıyla ölçüm sonuçlarının birbirine yakın olduğu anlaşılmaktadır.

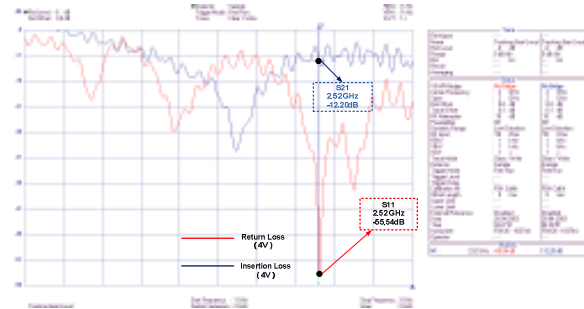


Şekil 7: Tasarlanan Filtremizin Ölçüm ve Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

Schottky diyotumuza 0V ile 3V arasında gerilim uygulandığında merkez frekansının 40MHz değiştiği Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8: Farklı gerilim değerlerinde geri dönüş kaybı ölçümü



Şekil 9: 4V Besleme gerilimi için aktif Filtremizin S11 ve S21 Değerleri

Schottky diyotumuza +4V’luk bir besleme uygulandığında geri dönüş kaybına(56.64dB) karşın ekleme kaybı (12.20dB) ölçümü verilmiştir. +4V beleme geriliminde rezonans frekansı +0V beslemeye göre 60MHz kaydırılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 107E200 no’lu KARIYER PROJESİ kapsamında desteklenmektedir.

3. Sonuçlar

Bu çalışmada 2,40–2,70 GHz (WLAN) frekanslarında çalışan, düşük gürültülü bir Schotky diyotlu aktif band geçiren filtrenin analizi ve tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan aktif filtremizin performans parametreleri Microwave Office Simülasyon programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Tasarladığımız aktif filtremize Maksimum 6V besleme gerilimi uygulanmıştır. Devrede taban malzemesi olarak FR4 cam elyaf kullanılmıştır. 2.46 GHz frekans bandında S11:-43dB elde edilmiştir. Simülasyon sonuçları, tasarlanan düşük gürültü yükseltecinin 2.4GHz ISM bandı standartlarıyla uyumlu alıcı-verici sistemlerinde etkili olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bunu da çalışma frekansı, geri dönüş kaybı ve ekleme kaybı gibi ilgili parametreleri iyileştirerek sağlamaktadır. Önerilen filtre mikroserit hat ve bu iki yapı arasına yerleştirilen metalik yüklemenden (Schottky diyot) meydana gelmektedir. Diyotun kapasitif değer değişimlerine bağlı olarak, filtrenin bant geçirme karakteristiği 2.4–2.70 GHz aralığında değiştirilebilmektedir. Filtremizin adaptif yapısı ile farklı sistemlere kolaylıkla uyumlu çalışabilmektedir. Ayrıca filtre geometrisi üzerinde yapılan değişikliklerle pratik uygulamada, farklı schottky diyot seçimine göre istenilen frekans bandında bant geçiren filtre karakteristiği elde edilebilir.

Tasarladığımız aktif filtremiz RF ön uç modüllerde kullanılarak bilimsel araştırmalarda ve ticari ürün uygulamalarda kullanılmak üzere değişik uygulamalarda kullanılabilecektir. Sonuç olarak adaptif bir band geçiren filtrede tatmin edici seviyede iyi sonuçlar elde edilmiştir.

4. Kaynaklar

- [1] Ulrich L. Rohde, John Wiley&Sons, Rf/Microwave Circuit Design For Wireless Applications, Inc.,2000
- [2] David M. Pozar, John Wiley&Wiley, Microwave Engineering, 1998.
- [3] W. Kluge, L. Dathe, R. Jaehne, S. Ehrenreich, and D.Eggert, “A 2.4GHz CMOS transceiver for 802.11b wireless LANs,” in IEEE ISSCC Dig. Tech. Papers, 2003, pp. 360–361.
- [4] Doddamani, N.D.; Harishchandra; Nandi, A.V. “Design of SPDT Switch, 6 Bit Digital Attenuator, 6 Bit Digital Phase Shifter for L-Band T/R Module using 0.7 uM GaAs MMIC Technology,” International Conference on Signal Processing, Communications and Networking, 2007. ICSCN '07. pp.302 – 307, 2007.
- [5] Esame, O., Kaynak, M., Kavlak, C., Bozkurt, A., Tekin, I., Gürbüz, Y., “IEEE 802.11a Standard Uyumlu, RF Alıcı-Verici Alt-Blok Devrelerinin Gerçeklenmesi, URSl, Hacettepe Üniversitesi, 2006.
- [6] Stece, C., RF Power Amplifiers for Wireless Communications, Artech House, 1999.
- [7] A Tunable Bandpass Filter Based on Varactor Loaded Split-Ring Resonators Alper Genc and Reyhan Baktur Department of Electrical and Computer Engineering, Microwave and Optical Technology Letters, Volume 51, Issue 10 (p 2394-2396)
- [8] Varactor-Tuned Bandpass Filter with wide tuning range Jeongpyo Kim and Jaehoon Choi Department of Electrical and Computer Engineering, Hanyang Microwave and Optical Technology Letters, Volume 50, Issue 10 (p 2574-2577)