

Vektör Modülör MMIC Uygulama Devreleri

A. Hayrettin YÜZER ve Şimşek DEMİR

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Müh., 06531, Ankara
Tel:(312) 2102340, Faks:(312)2102304, E-mail:yuzer@metu.edu.tr, simsek@metu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada tek tabanlı mikrodalga entegre devre (MMIC) teknolojisi ile vektör modülör uygulama devrelerinden ikisi olan üç vektörlü modülör ve $0^{\circ}/180^{\circ}$ anahtarlı iki vektörlü modülör uygulama devreleri tasarlanmış, devre serimi yapılmış ve ADS2005 programında simülasyonu yapılarak sonuçlar verilmiştir.

1. Giriş

Vektör modülör devreleri telekomünikasyon, çıkış gücü büyüklük ayarlama ve faz ayarlama işlemleri gibi birçok kullanım alanına sahiptir. Özellikle elektronik tarama işlemi yapan radarlar için çok önemli bir elemandır. Çıkış gücü büyüklüğünün ve fazının elektronik olarak ayarlanabilmesi elektronik taramalı radarlar için temel gereksinimlerden biridir. Bu yüzden vector modülör devreleri önem kazanmaktadır ve bu konuda bir çok yöntem ve uygulama devreleri bulunmaktadır.

Vektör modülör teorisi aynı anda iki temel parametreyi ayarlama üzerine kurulmuştur. Bunlar çıkış gücü büyüklüğü ve çıkış gücü fazıdır. Bu işlem kaskad (ardışıl) bağlı birer faz ayarlayıcı ve büyüklük ayarlayıcı ile yapılmaya çalışıldığında ise problemlerle karşılaşmaktadır.

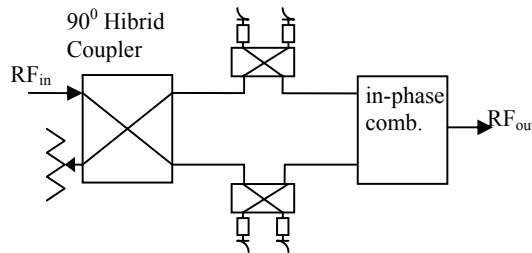
Bu çalışmada tasarlanan devrelerin 9-10 GHz frekans aralığında çalışması öngörülmektedir. Bu devrelerin MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) ile gerçekleştirilmesi devre boyutu açısından avantaj sağlamaktadır, ancak üretim sonrası ayarlama devre elemanlarının değerlerinin değiştirilmesi (post production tuning) mümkün olmadığından devre eleman değerleri çok dikkatli seçilmelidir [1].

2. Vektör modülör çeşitleri

Literatürde çok farklı tasarım teknikleri olsa da genelde iki tür vektör modülör devre yapısından bahsedilmektedir. Bunlardan ilki giriş sinyalini iki vektöre ayırıp vektörler üzerinde işlem yapma, diğeri ise üç vektöre ayırıp vektörler üzerinde işlem yapma prensibine dayanır. Üç vektöre ayırma yöntemi, giriş gücünü aralarında 120° 'lik faz farkı olan üç vektöre ayırma ve her vektör için kontrollü olarak zayıflatma yaptıktan sonra tekrar birleştirme mantığı üzerine kuruludur.

2.1. İki vektöre ayırma yöntemi ile çalışan vektör modülörler

İki vektöre ayırma yöntemi ile çalışan vektör modülörlere ilk örnek I/Q vektör modülördür. Bu yapıda ilk olarak giriş sinyali aralarında 90° faz farkı olan iki sinyale ayrılır. Polar düzleme göre bu iki sinyali I ve Q (reel ve imajiner) olarak isimlendirebiliriz. Sonra her bir sinyal (I & Q) 3-dB yönlü güç aktarıcısı çıkışına eklenen ayarlanabilir empedans ile istenen oranda yansıtılır. Son olarak elde edilen sinyaller eş zamanlı toplayıcı ile toplanır. Bu işlemin şematik gösterimi Şekil 1'de görülebilir.

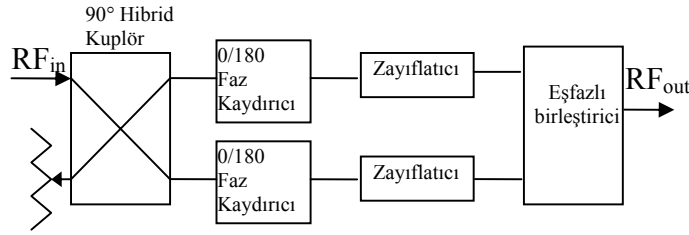


Şekil 1. I/Q vektör modülör devresinin şeması.

İki vektöre ayırma yöntemi kullanılan ikinci yapı $0^{\circ}/180^{\circ}$ anahtarlamalı vektör modülördür. Bu yapıda giriş sinyali reel ve imajiner olarak ikiye ayrıldıktan sonra her bir sinyal $0^{\circ}/180^{\circ}$ anahtar yardımı ile koordinat ekseninde istenen

bölgeye taşınır ve istenen oranda zayıflatmaya uğrattıldıktan sonra toplanır. Bu işlemin şematik gösterimi Şekil 2’de görülebilir.

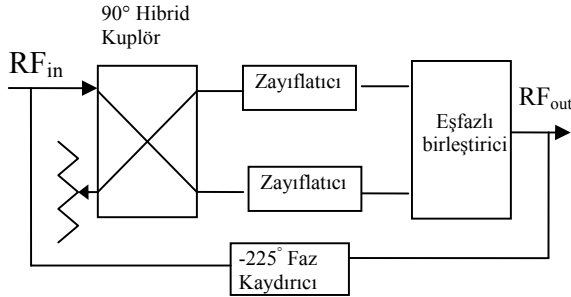
İki vektöre ayırma yöntemi kullanılan üçüncü yapı ise yapı kaydırılmış çeyrek (shifted-quadrant) vektör modülator yapısıdır [2]. Bu yapıda reel ve imajiner olarak ikiye ayrılan sinyaller istenen oranda zayıflatıldıktan sonra eş zamanlı olarak toplanır. Toplam sonucu elde edilen sinyal giriş sinyaline -225° lik faz kayması eklenmiş sinyal ile toplanır. Bu işlemin şematik gösterimi Şekil 3’te görülebilir.



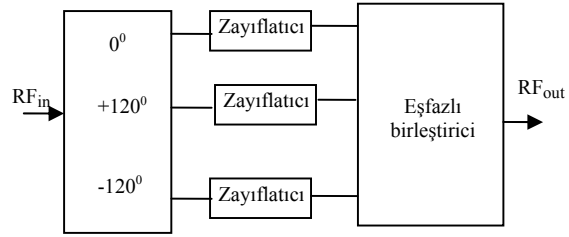
Şekil 2. 0/180 anahtarlamalı vektör modülator devresinin şeması.

2.2. Üç vektöre ayırma

Bu yöntemde giriş sinyali önce aralarında 120° faz farkı kalacak şekilde üç eşit parçaya bölünür. Sonra elde edilen her bir vektör üzerinde istenen oranda zayıflatma yapılır ve eş fazlı olarak toplanır. Bu işlemin şematik gösterimi **Error! Reference source not found.**'te görülebilir.



Şekil 3. Shifted-Quadrant Vektör Modülator



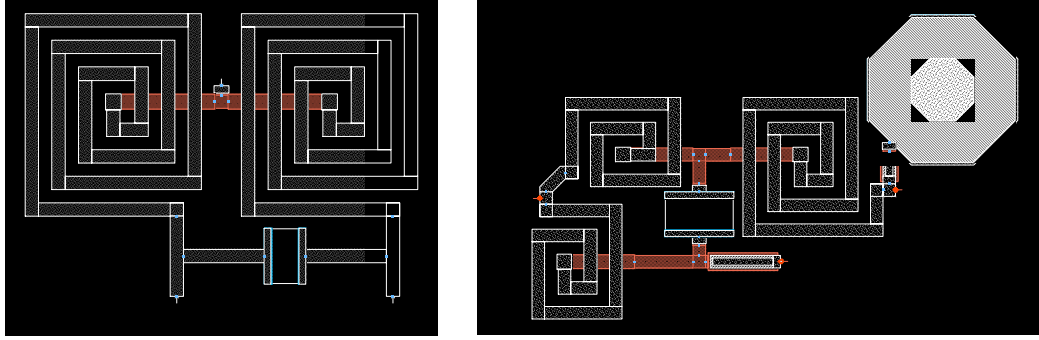
Şekil 4. Üç vektörlü vektör modülator devresinin şeması.

3. Devre serimi

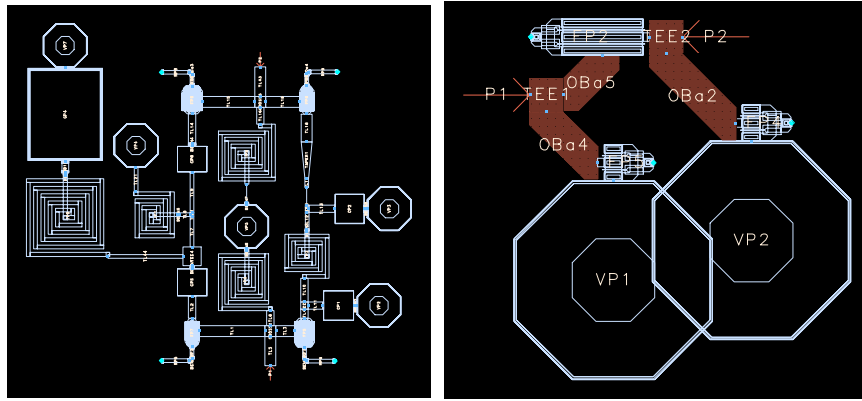
Devre ADS2005 Microwave Circuit Design programında Ommic firmasının teknolojisi kullanılarak hazırlanmıştır. I/Q modülator için ilk olarak 3-dB wilkinson power divider tasarlanmıştır. Daha sonra bir kola $+45^\circ$ değerine ise -45° faz farkı oluşturacak devre tasarlanıp eklenmiştir (Şekil 5-b). Böylece I ve Q olarak isimlendirdiğimiz vektörler elde edilmiştir. Daha sonra $0^\circ/180^\circ$ anahtarlamalı paralel bağlı yüksek geçiren / alçak geçiren faz kaydırıcı devresi tasarlanmış ve her kola eklenmiştir (Şekil 6-a). Böylece vektörler 4 bölgeden istenilen ikisine taşıma imkanı bulunmaktadır. Vektörler üzerinde zayıflatma yapabilmek için ise üç transistörü pi şeklinde düzenleyip devreye sürme voltajları ayarlanmıştır (Şekil 6-b). Son olarak eş zamanlı birleştirici devre tasarlanmıştır (Şekil 5-a).

4. Sonuçlar ve değerlendirme

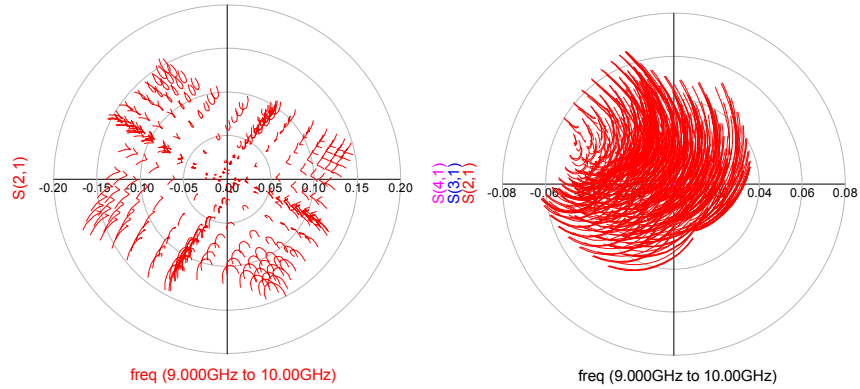
İki vektörlü vektör modülator devre serimi verilen devrenin benzetim sonucu Şekil 7-a’da görülmektedir. Üç vektörlü modülator benzetim sonucu ise Şekil 7-b’de görülmektedir. Şekil 7-a’da görülebileceği gibi üç vektörlü modülator tasarımı ile giriş sinyali en az 23 dB en fazla 50 dB zayıflatılmış ve 360° ’lik bölgede istenen miktarda faz farkı eklenebilmiştir. Şekil 7-a’dan görülebileceği gibi iki vektörlü modülator tasarımı ile giriş sinyali en az 16 dB en fazla 44 dB zayıflatılmış ve 360° ’lik bölgede istenilen miktarda faz farkı eklenebilmiştir.



Şekil 5. (a) Eş fazlı birleştirici (toplayıcı) (b) Sinyal bölücü (I/Q).



Şekil 6. (a) 0°/180° anahtarlamalı faz kaydırıcı (b) Pi şekilli rezistif büyüklük ayarlayıcı.



Şekil 7. (a) İki vektörlü modülatör çıkış grafiği (b) Üç vektörlü Modülatör çıkış grafiği.

5. Referanslar

- [1] L. M. Devlin and B. J. Minnis, "A versatile vector modulator design for MMIC," IEEE MTT-S Dig. pp.519-522, 1990.
- [2] D. K. A. Kpogla, C.Y.Ng ve I.D. Robertson, "Shifted-quadrant vector modulator", IEEE Electronics Letters, vol. 39, pp. 1058-1059, July 2003.