

2.4 GHz ISM Bandı Kablosuz Haberleşme Sistemleri Rf Ön Uç Modülleri için Aktif Kutuplama ile Güçlendirilmiş Güç Yükseltici Tasarımı

Emre DÖNE¹, Adnan KAYA²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Isparta

Özet: Güç yükselticiler (PA), radyo frekansı ile çalışan kablosuz alıcı-verici sistemlerde gerekli kazancı ve gücü sağlayan genelde anteni besleyen devre elemanıdır. Ana görevi yükselticinin girişine uygulanan sinyali yükseltip çıkışa en az bozulma ile aktarılmasını sağlamaktır. Yüksek güçte çalıştığı için sistemin en çok akım çeken ve en çok ısı üreten parçasıdır. Bu sebeple taşınabilir cihazlarda güç yükseltici tasarlanırken pil ömrünü uzatabilmek için düşük güç harcayacak şekilde tasarım gerçekleştirilmeye çalışılır ve devrede kullanılan elemanlarda buna göre seçilir. Aktif kutuplamanın avantajı PHEMT'in (pseudomorphic high electron mobility transistor) azalma modunda negatif kaynağa ihtiyaç duymamasıdır. Bu çalışmada önce 3 katlı güç yükseltici tasarlanmış daha sonra negatif kaynak kaldırılıp aktif kutuplama katı eklenmiştir. Çalışmamızda 2.4 GHz verici için 3 katlı aktif kutuplamalı PA tasarımı yapılmış ve devrenin simülasyon sonuçları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aktif kutuplama, PA

Enhanced Power Amplifier Design with Active Biasing for 2.4 GHz ISM Band RF Front-End Modules in Wireless Communication Systems

Abstract: Power amplifiers, working with radio frequency wireless transceiver systems usually provide the necessary gain and power circuit that feeds the antenna element. Main task of raising the output amplifier's input signal is applied to ensure the transfer with a minimum of distortion. High-power for running the most current drawing system and the most heat-generating part. Therefore prolong the battery life of portable devices designed for power amplifier design is tried to be low power to spare and used in the circuit elements are selected accordingly. Advantage of active biasing, PHEMT (pseudomorphic high electron mobility transistors) doesn't need to negative source in decrease mode. In this study, before the power amplifier was designed 3-stage, then a negative source removed and active biasing stage replaced. This study made for the 2.4 GHz transmitter 3-stage active biasing PA has been designed and results of the simulation circuit were examined.

Keywords: Active biasing, PA

1.Giriş

Kablosuz haberleşme teknolojisindeki hızlı gelişmeler 2.4 GHz ve ötesinde daha fazla radyo spektrumunu desteklemekte ve buna bağlı olarak da yeni RF sürücü tasarımları ortaya çıkarmaktadır. Kablosuz haberleşme cihazları düşük voltaj da güç yükseltimi ile yüksek verimlilik ve girişe uygulanan sinyalin çıkışa en az bozulmayla ulaştırılması istenir. İşte bu sebeple radyo frekansı ile çalışan sistemlerde kazancı ve gücü sağlayan eleman olan güç yükselticilerinin önemi fazladır. Yüksek güç ve yüksek akım altında çalıştıkları içinde en fazla ısınan elemanlardır (Chiang, 1998).

Güç yükseltme işleminin ana elemanı transistörlerdir. Yapı olarak mikrodalgada kullanılan transistörler diğerlerinde farklıdır ve orta seviye güç gerektiren uygulamalarda 100 GHz'e kadar kullanılırlar. Genellikle BJT veya GaAs FET'ler kullanılmaktadır.

BJT'ler alçak frekansta yüksek kazanç ve güç kapasitesi bakımından iyi sonuçlar veririrken, GaAs

FET'ler daha iyi gürültüye sahiptirler ve yüksek frekanslarda kullanılabilirler (Dadash, 2009).

Çok katlı yükselticiler yüksek giriş empedansı, düşük çıkış empedansına sahip olmalarına rağmen yüksek kazanç elde edilmesine ve yüksek çıkış gücü kullanımına imkan sağlarlar (Sweet, 2003).

Transistörler için 2 çeşit kutuplama yolu vardır:

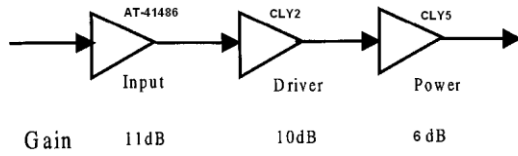
- 1-) Pasif Kutuplama
- 2-)Aktif Kutuplama (Agilent,2001).

Bu çalışmada aktif kutuplama yöntemi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Güç yükselticileri tasarlanırken göz önüne alınması gereken bazı parametreler vardır. Bunlar verimlilik, doğruluk, kazanç, sınıfı, çalışma sıcaklığıdır.

2. Güç Yükseltici Tasarım Detayları

Bu çalışmada giriş yükseltici katı, sürücü katı ve çıkış yükseltici katı olmak üzere 3 katlı güç yükseltici tasarlanmıştır. Tasarımda transistörlerin termal karakteristikleri kullanılmıştır. Bu karakteristikler eşdeğer devrenin elemanları veya bu çalışmada olduğu gibi S parametresiyle belirtilmiştir. Yükseltici çok geniş frekans aralığında kullanılmayacağı için S parametrelerini kullanmak ciddi bir sorun yaratmamaktadır. Güç yükselticinin sınıfı olarak da A sınıfı seçilmiştir. A sınıfı seçilmesinin sebebi yükseltici sınıfları içerisinde en doğrusal olarak çalışan sınıftır.

Bu çalışmada aktif kutuplama ile 2.4 GHz ISM bandında güç yükseltici modül tasarımı sunulmuştur. Güç yükseltici giriş katı, sürücü katı ve çıkış katı olmak üzere 3 kattan oluşmaktadır.



Şekil 1. 3 katlı yükselticinin blok diyagramı

$$V_E = V_{DS} + (I_{DS} \cdot R_4) \quad (1)$$

$$R_3 = (V_{DD} - V_E) / I_{DS} \quad (2)$$

$$V_B = V_E + V_{BE} \quad (3)$$

$$V_B = V_{DD} \cdot \left[\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right] \quad (4)$$

$$V_{DD} = I_{BB} \cdot (R_1 + R_2) \quad (5)$$

Yükselticide iki BJT transistör (AT41486 ve BFG31) ve iki GaAs MESFET (CLY2 ve CLY5) güç transistörleri kullanılmaktadır. Bu modül düşük maliyetli FR-4 materyal üzerinde kurulmuştur. Güç yükselticinin ana amacı giriş sinyalinin gücünü artırarak sinyali çıkışa ulaştırmaktır (Chiang,1998).

Bu çalışmada 25-30 dB arasında güç elde edilmeye çalışılmıştır. Buna ek olarak, 2.4 GHz'de yükselticinin mümkün olduğunca doğrusal ve istikrarlı bir çalışması amaçlanmıştır.

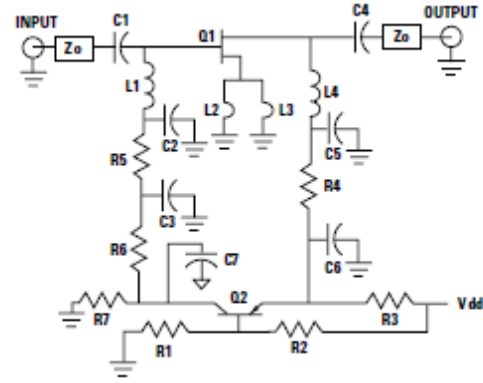
Tasarım yapılırken iletim hattının kalınlığı yükseltici iletim hatlarında 1 mm, aktif kutuplama kısmında 0,5 mm olarak tutulmuştur. Tasarlanan güç yükseltici +5 V besleme ve -4 V besleme ile çalışmaktadır. Daha sonra bu negatif besleme kaynağı kaldırılıp yerine aktif kutuplama yönetimi uygulanmıştır.

Aktif kutuplama için iki tane PNP transistör kullanılmıştır (BFG31). Böylelikle kaynak teke

indirilmiştir. Yükseltici tasarlanırken gürültünün (NF) 3 dB, kazancın (gain) -20 -25 dB seviyesinde olmasına çalışılmıştır.

3. Aktif Kutuplama

Bu çalışmada aktif kutuplama kullanılmıştır. Çünkü transistörün DC performansındaki kutuplama noktasının aşırı sıcaklık ve aşırı değişkenlik göstermesi durumunda sabit kalmasını sağlar. Aktif kutuplamanın avantajı PHEMT'in (pseudomorphic high electron mobility transistor) artış moduna karşı PHEMT'in azaltma modunun negatif bir besleme kaynağına ihtiyaç duymamasıdır. Artış modundaki aktif kutuplama tekniği BJT transistörlerine uygulanan kutuplama yöntemine çok yakındır (Agilent, 2001).



Şekil 2. PNP transistör ile aktif kutuplama

Q2 transistöründe beyzinde bulunan R1 ve R2 dirençleri beyzde sabit gerilim oluşmasını sağlar. Ayrıca emitör-beyz sabit 0,7 V gerilimini artırır. R3 direnci Vdd geriliminden sabit emitör gerilimi oluşturur. Drain akımı oluşması için sabit gerilim ve sabit akım oluşmasını sağlar. R1 ve R2 dirençleri istenilen Vds gerilimini yaratır. Bu direnç değerlerini hesaplamak için (Agilent,2001);

(4) eşitliği yeniden düzenlenirse;

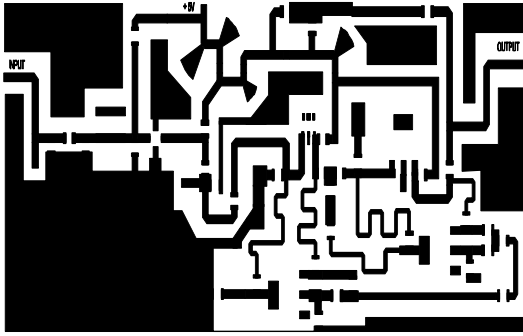
$$R_2 = \frac{R_1 - (V_{DD} - V_{BB})}{V_B} \quad (6)$$

(5) eşitliği yeniden düzenlenirse;

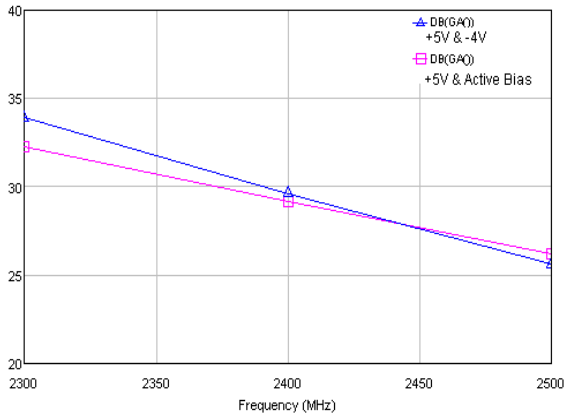
$$R_1 = V_{DD} \cdot \left[I_{BB} \cdot \left[1 + \frac{(V_{DD} - V_B)}{V_B} \right] \right] \quad (7)$$

4. Simülasyon Sonuçları

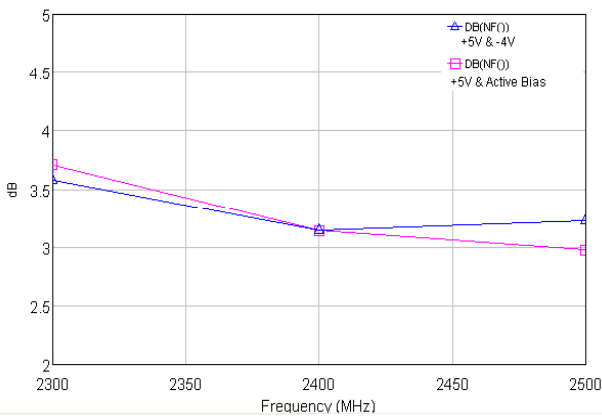
Tasarlanan yükselticinin simülasyonu AWR programında yapılmıştır. Tasarımın başlangıç aşamasında kazanç 25-30 dB, gürültü için 2-3 dB, S₁₁ için -10 -15 dB, S₂₂ için -20 -25 dB değer aralıkları hedef olarak belirlenmiştir. Tasarlanan güç yükselticinin çift beslemeli (+5 V ve -4 V) ve aktif kutuplamalı simülasyon sonuçları Tablo 1'de yer almaktadır.



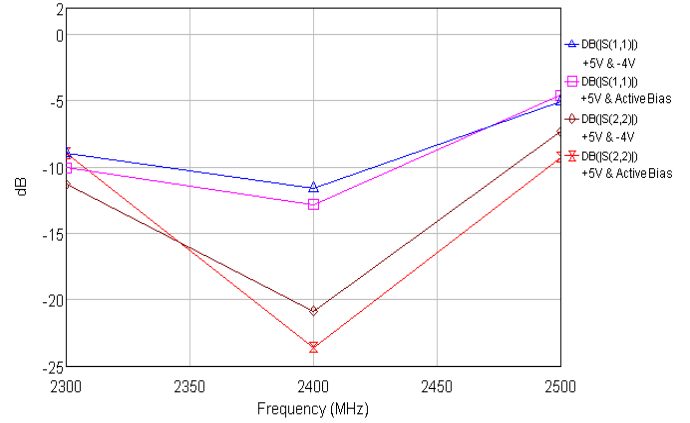
Şekil 3. 2.4 GHz aktif kutuplamalı güç yükseltici layout



Şekil 4. Aktif kutuplama ve negatif beslemeli kazanç grafikleri



Şekil 5. Aktif kutuplama ve negatif beslemeli gürültü grafikleri



Şekil 6. Aktif kutuplama ve negatif beslemeli parametre grafikleri

Tablo 1. Simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması

V _{DC}	+5 V & -4 V	+5 V & Active Biasing
S ₁₁ (dB)	- 11.5	- 13
S ₂₂ (dB)	- 20.6	- 23.6
S ₂₁ (dB)	29.5	29.91
Gain (dB)	29.6	29.92
Noise (dB)	3	3
Stability	10	11.8
VSWR	1.7	1.5

5.Sonuçlar

Bu çalışmada 2.4 GHz frekansında çalışan 3 katlı güç yükselticinin hem negatif beslemeli ve aktif kutuplamalı tasarımı ve simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Öncelikle +5V ve -4V kaynakları mevcut halde tasarım yapılmış ve simülasyon değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra -4 V kaynağı kaldırılıp yerine aktif kutuplama devresi ilave edilmiştir. Sonuçta her iki durumda da elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Kıyaslama yapıldığında aktif kutuplama durumunda S₁₁, S₂₂, kararlılık değerleri için iyileşme olduğu, S₂₁ kazanç ve gürültünün aynı kaldığı görülmüştür.

6.Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 107E200 nolu KARIYER PROJESİ kapsamında desteklenmektedir.

7.Kaynaklar

- [1]ATF 55143 datasheet, www.alldatasheet.com
- [2]Gilmore, R., Beser L., 2003 Practical RF Circuit Design for Modern Wireless Systems, Artech House.Boston.London
- [3] Hazouard, M., 2002 “Conception et réalisation d'amplificateurs micro-ondes de puissance à l'aide de la méthode des fréquences réelles” Bordeaux L'universite
- [4]Huey-Ru, Chuang., Sin-yue, Lin., Sen-you, Liu and Cheng-Yung, Chiang., 1998. Design of RF Power Amplifier for ISM-Band Wireless Communication”,Applied Microwave&Wireless
- [5]Ludwig, R. and Bretchko, P., 2000. RF Circuit Design. Prentice-Hall, Inc., United States of America.
- [6]Pozar, D. M., 2005. Microwave Engineering Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., United States of America.
- [7]Smith, J. R., 1998. Modern Communication Circuits, Mcgraw-Hill. New York.
- [8]Sayre Cotter W., 2008. Wireless Communication Design, Mcgraw-Hill. Second Edition. New York.