

Sadece MOS Tekniği ile Geliştirilmiş Yüksek Performanslı Atık Süzgeç Tasarımı

High Performance Frequency Agile Filter Structure Designed with MOS-Only Technique

Ersin Alaybeyoğlu¹, Hakan Kuntman¹

¹Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
İstanbul Teknik Üniversitesi,
Maslak, İSTANBUL
ealaybeyoglu@itu.edu.tr, kuntman@itu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada analog işaret işlemede kullanılmak üzere sadece MOS transistör kullanılarak geliştirilmiş yüksek performanslı frekans atık süzgeç yapısı tasarlanmıştır. Yeniden kurgulanabilir süzgeç performansı (temel olarak Monte Carlo sonuçları olmak üzere) alçak geçiren süzgeç çıkış transistörünün geçit ve kaynağı arasına bağlanan femto farad seviyelerindeki pasif kapasite bağlanmasıyla geliştirilmiştir. Az sayıdaki transistör süzgecin çalışma frekansını artırmıştır güç tüketimini azaltmıştır. Cadence ortamı 0.18µm TSMC parametreleriyle benzetimlerde kullanılmıştır.

Abstract

In this paper, high performance frequency agile filter structure for analog signal processing is proposed by using MOS only technique. The performance (mainly Monte Carlo analysis results) of the reconfigurable filter is extended by connecting only one extra passive capacitor around femto farad levels between gate and source of the low pass output transistor. The low number transistors increase the operating frequency range and decrease the power consumption of the band pass filter. Cadence environment with 0.18µm TSMC parameters is used for simulations.

1. Giriş

Analog işaret işleme akım modlu ve gerilim modlu devreler olarak iki ana kısımda incelenir. Gerilim modlu çalışmalarda işlemsel kuvvetlendiriciler temel yapı bloğu olarak kullanılmaktadır. Akım modlu devrelerde ise akım taşıyıcılar temel yapı bloklarıdır. Akım modlu devreler, gerilim modlu devrelere göre daha yüksek frekans yanıtı göstermeleri, daha iyi lineerlik sağlamaları ve yükselme eğimlerinin daha büyük olmasından dolayı son yıllardaki çalışmalarda daha fazla ilgi çekmektedir [1-9].

İşlemsel kuvvetlendirici, akım taşıyıcı vb. yapı bloklarının iç yapıları çok fazla sayıda transistör içerdiğinden dolayı bu yapı blokları ile tasarlanan süzgeç, osilatör yapıları yüksek frekanslarda çalışmamaktadırlar. Aynı zamanda çok fazla transistör içeren analog işaret işleme blokları yonga üzerinde çok fazla alan kaplamaktadır. Bu kapsamda tasarlanan süzgeç

ya da osilatör devrelerini sadece MOS transistör parazitik kapasitesi ve transistör kazancı (g_m) kullanılarak tasarlamak dezavantaj olarak gözüken parazitik kapasiteleri avantaj dönüştürmüş olacaktır [6].

Analog işaret işleme devrelerinde kullanılmak üzere tasarlanan yapılarda transistörlerin doymada çalışması gerekmektedir. Doymada çalışan MOS transistörün geçit-kaynak arasındaki parazitik kapasite en baskın kapasitedir. Bu baskın parazitik kapasite geçit-kaynak arasına femto farad seviyelerinde ekstra kapasite bağlanarak daha baskın hale getirilebilir.

Çalışmada sadece MOS transistör kullanılarak yeniden kurgulanabilir süzgeç tasarlanmıştır. Tasarlanan süzgecin kararlılığı sadece bir tane ekstra pasif kapasite kullanılarak artırılmıştır. Eklenilen kapasite tasarlanan süzgeç yapısının üretim süreci esnasındaki rastgele süreçten daha az etkilenmesini sağlamış olacaktır.

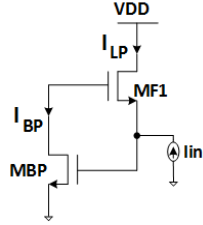
2. Frekans Atık Süzgeç Tasarımı

Genellikle yeniden kurgulanabilir süzgeç olarak literatürde karşımıza çıkan frekans atık süzgeç yapısı temel olarak bilişsel radyo, şifreli haberleşme vb. alanlarda kullanılmak üzere Fabre ve ekibi tarafından önerilmiştir. Frekans atık süzgeç yapısı farklı frekanstaki işaretleri işlemek üzere sayısal olarak frekans bandının seçilmesiyle gerçekleştirilmiştir [7].

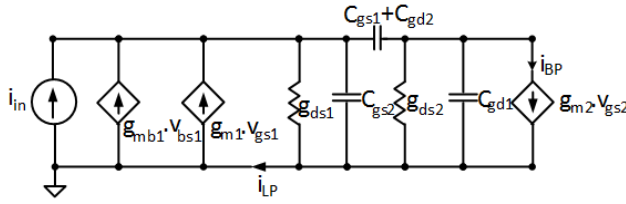
Bilişsel radyo kullanılmayan frekansları bulup, bu kullanılmayan farklı frekanslarda işaret gönderme alma sistemine dayanmaktadır. Aynı şekilde şifreli haberleşmede de bir yöntem olarak kullanılabilir, farklı frekanslarda ani zıplamalarla yapılan veri alış-verişi yöntemi arka planda yeniden kurgulanabilir karıştırıcı, osilatör, süzgeç yapılarının tasarlanmasını gerektirmektedir.

Fabre ve ekibi yeniden kurgulanabilir süzgeç yapısını ikinci kuşak akım taşıyıcı (CCII) ile BiCMOS teknolojisi kullanarak gerçekleştirmişlerdir [7]. Aynı şekilde yeniden kurgulanabilirliği ikinci kuşak akım taşıyıcının X ucundaki kutuplama akımı ile orantılı R_x parazitik direnci ile sağlamışlardır. Her bir farklı çalışma frekansı için farklı bir blok kullanmışlardır. Bu da yonga alanını artırmıştır.

Sadece MOS transistor kullanılarak tasarlanan süzgeç yapısının çekirdeği olan devre Şekil 1’de verilmiştir. Devre bu haliyle frekans işaretine göre tasarlanmıştır. Devrenin dc şartlarının da sağlanması için uygun şekilde kutuplanması gerekmektedir. Sadece MOS devresinin küçük işaret eşdeğer devresi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 1: Sadece MOS Devre Yapısı Çekirdeği [6]



Şekil 2: Sadece MOS Devresinin Küçük İşaret Eşdeğer Devresi [6]

Buna göre alçak geçiren ve band geçiren denklemleri (1) ve (2)’de verilmiştir. Kalite faktörü ve merkez frekansı denklemleri (3) ve (4)’de verilmiştir. g_{ds1} , g_{ds2} , C_{gd1} , C_{gd2} ve g_{mb1} parazitik etkileri g_{m1} , g_{m2} , C_{gs1} ve C_{gs2} ’ye göre çok küçük oldukları için hesaba katılmamıştır. Kutuplama transistörleri ile birlikte devre Şekil 3’deki hale getirilmiştir.

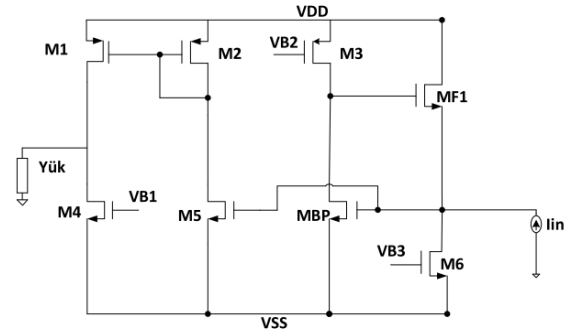
$$\frac{i_{LP}}{i_{in}} = \frac{g_{m1}g_{m2}}{g_{m1}g_{m2} + g_{m2}C_{gs1}s + C_{gs1}C_{gs2}s^2} \quad (4)$$

$$\frac{i_{BP}}{i_{in}} = \frac{g_{m2}C_{gs1}s}{g_{m1}g_{m2} + g_{m2}C_{gs1}s + C_{gs1}C_{gs2}s^2} \quad (5)$$

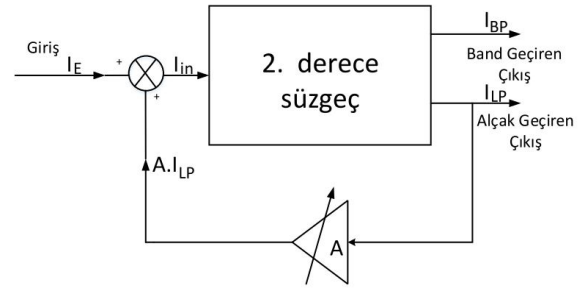
$$Q = \sqrt{\frac{C_{gs2}g_{m1}}{C_{gs1}g_{m2}}} \quad (6)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g_{m1}g_{m2}}{C_{gs1}C_{gs2}}} \quad (7)$$

Şekil 3’deki haliyle sadece MOS devresi band geçiren süzgeç çıkışı almak üzere tasarlanmıştır. Bu haliyle devre kendi haliyle kolaylıkla yeniden kurgulanabilir süzgeç tasarımına uygundur. Fabre ve ekibi yeniden kurgulanabilirliği en azından alçak geçiren ve band geçiren çıkışı olan ikinci kuşak akım taşıyıcılarla tasarlanmış süzgecin alçak geçiren çıkışını yine başka bir ikinci kuşak akım taşıyıcıdan geçirip geri besleyerek elde etmişlerdir. Tasarladıkları devre şeması Şekil 4’de verilmiştir. Analog yapı blokları ile tasarlanan bu yapı sadece MOS ile tasarlanan süzgeç yapılarına da uygulanabilir.



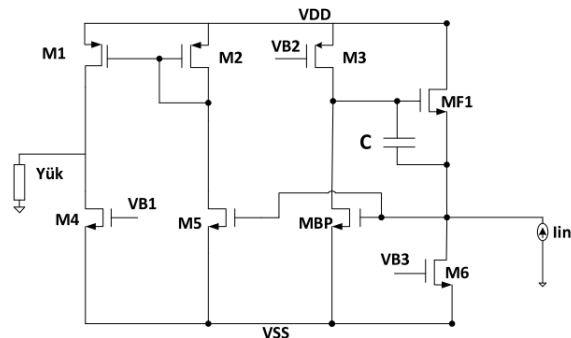
Şekil 3: Kutuplama Transistörleriyle Sadece MOS Devresi



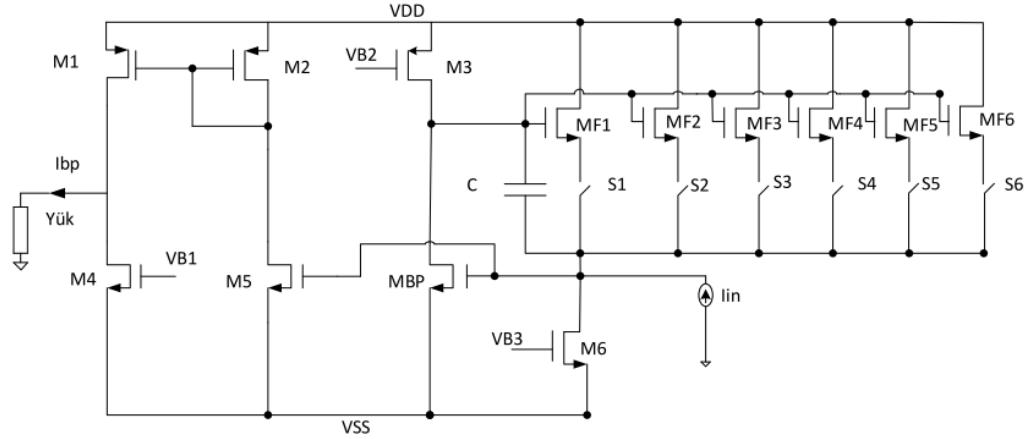
Şekil 4: İkinci Derece Frekans Atık Süzgeç Yapısı [7]

Şekil 1’de görüldüğü üzere alçak geçiren çıkışı MF_1 transistörünün savağındadır ve aynı transistörün geçidi giriş düğümüne bağlıdır. MOS transistör savak akımı büyük ölçüde geçit akımıyla aynıdır. MF_1 transistörünün boyutunun artırılmasıyla g_m ve C_{gs} değeri artacaktır ve merkez frekansının değişimi sağlanmış olacaktır.

Tasarımımızda üretim esnasındaki saçılmalardan kaynaklanan problemleri en aza indirmek amacıyla MF_1 transistörünün geçit ve kaynağı arasına pasif kapasite eklenilmesi öngörülmüştür. Bu sayede MF_1 transistörünün C_{gs} parasitik kapasitesi daha etkin hale getirilmiş olacaktır. Şekil 5’de kapasite eklenilmiş haliyle oluşturulmuş devre yapısı verilmiştir. C kapasite değeri 150fF olarak seçilmiştir. Oluşturulan frekans atık süzgeç devresi Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 5: Kutuplama Transistörleri ve Geçit-Kaynak Kapasitesiyle Sadece MOS Devresi



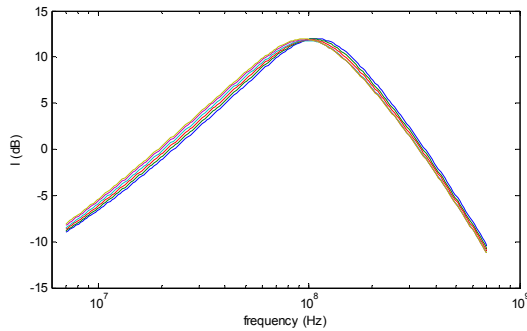
Şekil 6: Frekans Atik Süzgeç Devre Yapısı

Çizelge 1’de transistor boyutları verilmiştir. M_F transistorları ile M_{BP} transistoru yeniden kurgulanabilir sadece MOS devresinin temel transistorlarıdır. M_3 ve M_6 transistorları M_F transistorları ile M_{BP} transistorunu kutuplamak için kullanılmıştır. M_1 , M_2 , M_4 ve M_5 transistorları band geçiren süzgeç işaretini çıkışa aktarmak için kullanılmıştır.

Çizelge 1: Frekans Atik Süzgeç Transistor Boyutları

Transistorler	Değer
M1	6u/1u x 2
M2	6u/1u x 1
M3, M6	1u/1u x 1
M4, MBP	12u/1u x 1
M5	12u/1u x 5
MF1	12u/1u x 1
MF2	12u/1u x 2
MF3	12u/1u x 3
MF4	12u/1u x 4
MF5	12u/1u x 5
MF6	12u/1u x 6

Şekil 7’de frekans atik süzgeç yapısının frekans analizi altı farklı merkez frekansı için verilmiştir. 155MHz, 147MHz, 132MHz, 124MHz, 115MHz merkez frekans değerleri sırasıyla M_{F1} , M_{F2} , M_{F3} , M_{F4} , M_{F5} , M_{F6} transistorlarının sayısal olarak seçilmesiyle elde edilmiştir.



Şekil 7: Frekans Atik Süzgeç Yapısının Frekans Cevabı

Toplam harmonik bozulma (THD) 155MHz merkez frekansı ve 50uA giriş işareti için % 1.2 olarak ölçülmüştür. Toplam güç tüketimi 155MHz merkez frekans çıkışı için 1465μW olarak ölçülmüştür.

3. Sonuçlar

Çalışmada ikinci derece yeniden kurgulanabilir süzgeç yapısı sadece MOS tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapının kararlılığı 150fF’lık pasif kapasite kullanılarak artırılmıştır. Monte Carlo analizi 155MHz merkez frekans çıkışı için 200 örnek koşturulmuştur ve standart sapma 1.67MHz olarak ölçülmüştür. Analog süzgeç tasarımı için elde edilen standart sapma değeri kabul edilebilir değerdedir. Sadece MOS tekniği ile tasarlanana süzgeç diğer klasik süzgeç yapılarına göre yonga üzerinde daha az alan kaplamaktadır. Önerilen devrenin tasarımcılar için alternatif olacağı düşünülmektedir.

4. Kaynaklar

- [1] G. Ferri, N. C. Guerrini, “Low-Voltage Low-Power CMOS Current Conveyors,” Cluwer Academic Publishers, AH Dordrecht, Netherlands, 2003.
- [2] C. Toumazou, F. J. Lidgely and D.G. Haigh, Analogue IC Design: The Current-Mode Approach Peter Peregrinus, London, UK, 1990.
- [3] Pui-in Mak, U Seng-Side, P Martins Rui. Transceiver structure selection: review, State-of-the-art survey and case study. IEEE Circuits and Systems Magazine 2007; pp. 6- 25.
- [4] B. Razavi. RF Microelectronics. Prentice Hall, 1997.
- [5] A. Sahai, N. Hoven, R. Tandra, Some fundamental limits on cognitive radio. Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, University of California, Berkeley.
- [6] E. Arslan, B. Metin, H. Kuntman, O. Cicekoglul, MOS-Only Second Order Current-Mode LP/BP Filter. Analog Integrated Circuits and Signal Processing. Vol. 74, no. 1, Jan. 2013, pp. 105-109.
- [7] Y. Lakys, B. Godara, A. Fabre, Cognitive and encrypted communications: state of the art and a new approach for frequency agile filters. Turk J Elec Eng & Comp Sci 2011; 19: 251-273.

- [8] Y. Lakys, A. Fabre, Multistandard transceivers: state of the art and a new versatile implementation for fully active frequency agile filters, *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*. Vol. 74, no. 1, Jan. 2013, pp. 63-78.
- [9] E. Alaybeyoglu, M. Atasoyu, H. Kuntman, “Frequency Agile Filter Structure Improved by MOS-Only Technique”, 37th International Conference on Telecommunications and Signal Processing , Berlin, Germany.