

GPS Uygulamaları için OTA Tabanlı Frekans Atık Süzgeç Yapısı

OTA Based Frequency Agile Filter for GPS Applications

Mesut Atasoyu¹, Hakan Kuntman¹

¹Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Elektrik – Elektronik Fakültesi

İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak, İstanbul

matasoyu@itu.edu.tr, kuntman@itu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, frekans atık süzgeç uygulamaları için OTA tabanlı yeniden ayarlanabilen süzgeç yapısı sunulmuştur. Yeniden ayarlanabilirlik; geçiş iletkenliği aktif elemanlarıyla oluşturulmuş devre yapısında kullanılan anahtarlamalı kutuplama akımlarıyla sağlanmaktadır. İkinci dereceden bant geçiren Butterworth tipi süzgeç yapısı ve bu yapıyı oluşturan işlemsel geçiş iletkenliği kuvvetlendiricisi (OTA) devresinin başarımları, CADENCE Spectre araçlarıyla AMS 0.18µm teknolojisi kullanılarak doğrulanmıştır.

Abstract

In this work, an OTA based reconfigurable frequency agile filter structure is presented where reconfigurability was provided by the use of switched biasing currents for proposed circuit structure composed of transconductors as active elements. Performance of second order Butterworth type filter structure composed of operational transconductance amplifiers (OTAs) was verified by simulations using CADENCE Spectre tools with AMS 0.18µm technology.

1. Giriş

Ekonomik ve teknolojik ilerlemelere bağlı olarak günümüzde haberleşme sistemleri önemli bir yere sahiptir. Haberleşme sistemlerinde alıcı-verici mimarileri bu sistemlerin maliyetinin belirlenmesinde önemlidir. Bir alıcı verici mimarisi; düşük gürültülü kuvvetlendiricilerden, karıştırıcılardan, süzgeçlerden oluşur. Bu mimarilerde, RF süzgeçler ve analog aktif süzgeçler kullanılmaktadır [1-9].

Analog aktif süzgeçlerin yonga üzerine tümleştirmesiyle; maliyet ve fiziksel büyüklük açısından önemli faydalar sağlanmaktadır.

GPS kırmık üstü yapılarında farklı kıtaların konumlandırma sistemleri için farklı protokoller bulunmaktadır. Bu sistemlerin desteklenmesi için aktif süzgeç yapıları kullanılmaktadır. Bu sistemler için tek süzgeç yapısından oluşan uygulamalar önerilmiştir [1,7].

Bu bildiri kapsamında sunulan çalışmada, akım modlu OTA tabanlı yeniden ayarlanabilir bloklar tasarlayarak şifreli ve

bilişsel haberleşme sistemleri için güç tüketimi ve toplam alan açısından önemli başarımları olan bir tasarım önerisi getirilmiştir. Önerilen yapının yeniden ayarlanabilirliği ve elektronik olarak kontrolü kutuplama akımları ile sağlanmaktadır [1-5].

Günümüzde elektronik devre tasarımında birçok akım modlu tasarım uygulaması mevcuttur. Akım modlu süzgeç tasarımlarında aktif eleman olarak transkondüktör (geçiş iletkenliği kuvvetlendiricisi) kullanılmıştır. Transkondüktörün işlevi; gerilim transfer fonksiyonunu, akım geçiş fonksiyonuna çevirmektir. Günümüzde çoğu çalışmada yüksek frekanslı süzgeç tasarımında geçiş iletkenliği kuvvetlendiricisi ile oluşturulmuş tasarımlara odaklanılmıştır [3].

Geçiş iletkenliği kuvvetlendiricileri, işlemsel kuvvetlendiricilerden yüksek bant genişliğine sahip olmaları ve elektronik olarak ayarlanabilme özelliklerine göre tercih edilirler. Doğrusallık ve geçiş iletkenliği kuvvetlendiricisi gürültüsü kriterleri RF uygulamalarında kullanılan integral alıcı ve süzgeç yapıları için en önemli başarımlar kriterleridir. Bu çalışmada kullanılan simetrik CMOS OTA devre topolojisinde yüksek frekanslı süzgeç uygulamalarında kutuplama akımı kontrolüyle; devrenin eğimi ve akort frekansı değiştirilebilir.

Tasarlanan OTA yapısı kullanılarak oluşturulan frekans atık süzgeç yapısı endüstriyel çözümlere yönelik bir çalışma olması için çok protokollü GPS uygulamaları için geliştirilmiştir [5-9]. Devrenin başarımları CADENCE Spectre araçlarıyla AMS 0.18µm teknolojisi kullanılarak doğrulanmıştır.

2. OTA Devre Yapısı

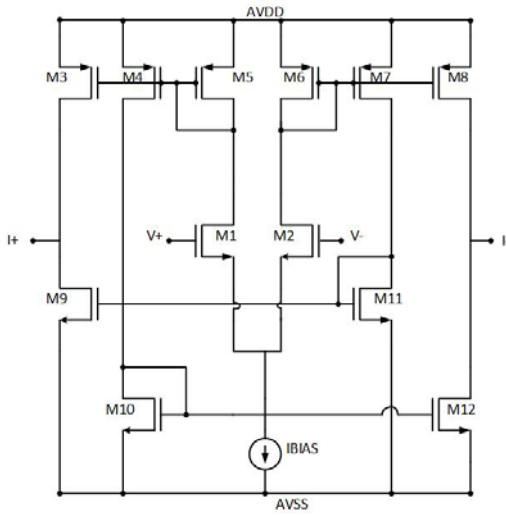
Tasarlanan simetrik CMOS OTA yapısında basit akım aynaları kullanılmıştır. Kaskod akım aynaları kullanılarak çıkış direnci artırılabilir, fakat eğim değerinin azalacağı göz önüne alınmalıdır. Simetrik CMOS OTA yapısı tasarım eşitliği Eşitlik (1)'de verilmiştir. Simetrik CMOS OTA yapısı; giriş transistörleri fark kuvvetlendiricisinden, bu fark kuvvetlendirici yapı da kutuplama akımı ve akım aynalarından oluşmaktadır. Amaçlanan devrenin CMOS yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. Tasarlanan devrenin transistör

boyutları doğrusallık ve dinamik aralık kriterlerine göre belirlenmiştir ve Çizelge 1'de verilmiştir.

$$I_0 = g_m(V_+ - V_-) \quad (1)$$

Çizelge 1: Tasarlanan devrenin transistor boyutları.

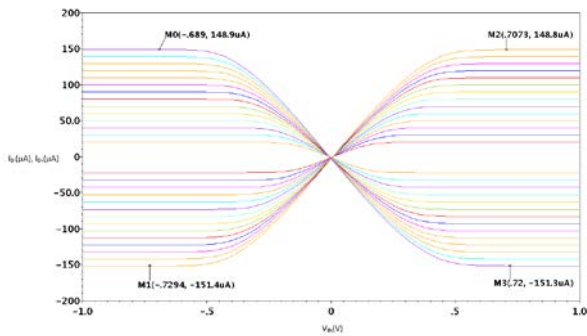
Transistorler	W(μm)/L(μm)
M ₁ , M ₂	6/1
M ₃ -M ₈	16/1
M ₉ -M ₁₂	8/1



Şekil 1: OTA CMOS yapısı.

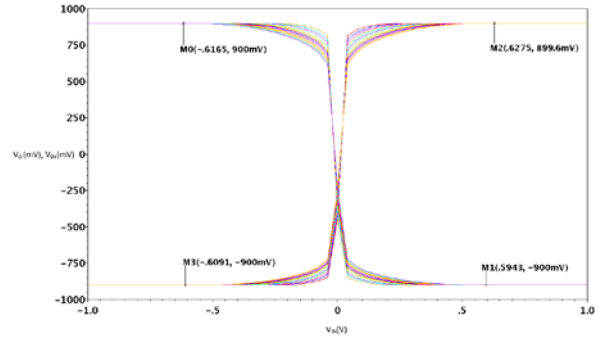
2.1. OTA Devresi Ana Karakteristikleri

Tasarlanan devre yapısı çıkış akımı dinamik aralığı, kutuplama akımıyla belirlenmektedir. Tasarlanması amaçlanan devre yapısı, frekans atık süzgeç uygulaması merkez frekansları için belirlenen, kutuplama akımları için doğrusallığının bozulmadığı Şekil 2’de çıkarılan karakteristikte gösterilmiştir. Bu karakteristikte devre yapısının 20 μA - 150μA arasındaki kutuplama akımı değerleri için çıkarılmış çıkış uçları akım dinamik aralığı karakteristiği gösterilmiştir.



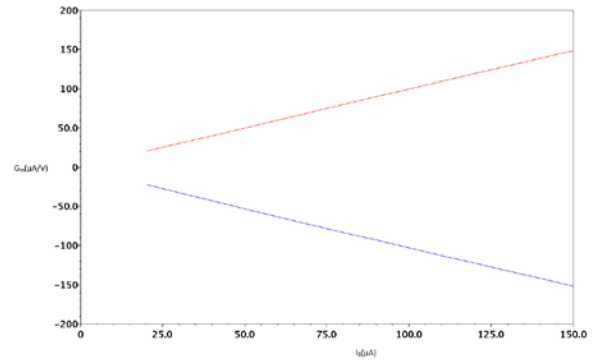
Şekil 2: Tasarlanan devre için çıkış akımları dinamik aralığı

Tasarlanan devre yapısının giriş gerilimi dinamik aralığı ±0.9V besleme gerilimi değerlerine ulaşmaktadır. Giriş gerilimi dinamik aralığı karakteristiği Şekil 3’de verilmiştir.



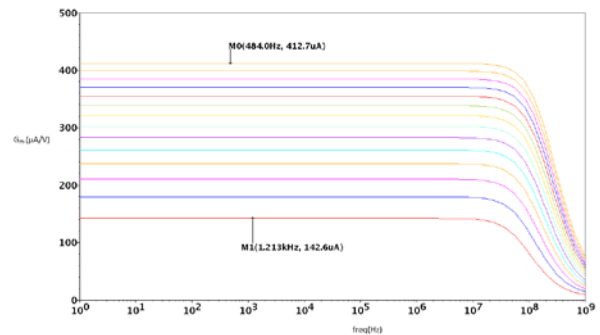
Şekil 3: Tasarlanan devre için giriş uçları gerilim dinamik aralığı.

Tasarlanan devrenin pozitif ve negatif eğiminin kutuplama akımıyla değişimi Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4: Tasarlanan devre için çıkış eğimlerinin kutuplama akımı ile değişimi.

Tasarlanan devrenin pozitif ve negatif eğiminin frekansla değişti birbirine benzerdir. Tasarlanan devrenin negatif eğiminin frekansla değişimi Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5: Tasarlanan devre için negatif çıkış eğiminin frekans ile değişimi.

3. Frekans Atık Süzgeç Uygulaması

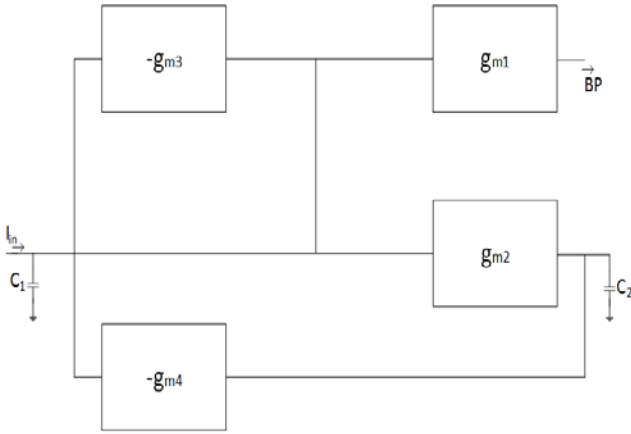
Tasarlanan OTA devre yapısı kullanılarak oluşturulmuş yeniden ayarlanabilir frekans atık süzgeç yapısı için [2]'deki süzgeç yapısı kullanılmıştır. Tasarlanan süzgeç yapısı I_{BIAS} kutuplama akımı ile elektronik olarak kontrol edilmektedir. Tasarlanan süzgeç yapısında kapasite değerleri tasarım eşitlikleri göz önüne alınarak eşit ve 2pF olarak belirlenmiştir. Eşitlik 2'de amaçlanan süzgeç yapısı akım geçiş fonksiyonu çıkarılmıştır. Bu transfer fonksiyonu yardımıyla Butterworth tipi süzgeç eşitlikleri kullanılarak Eşitlik 3'de süzgecin merkez frekansı ve Eşitlik 4'de süzgecin kalite faktörü eşitliği çıkarılmıştır. Eşitlik 4'ten kalite faktörünün belirlenmesinde sadece M_2 , M_3 , M_4 transistörlerinin eğimlerinin etkili olduğu görülmektedir.

$$\frac{I_{BP}(s)}{I_{IN}(s)} = \frac{sG_1 / C_1}{s^2 + \frac{sG_3}{C_1} + \frac{G_2G_4}{C_1^2}} \quad (2)$$

$$\omega_0 = \frac{\sqrt{G_2G_4}}{C_1 = C_2} \quad (3)$$

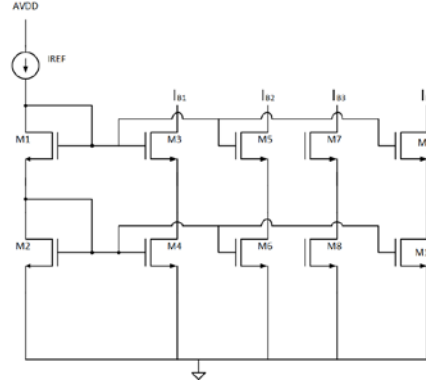
$$Q = \frac{\sqrt{G_2G_4}}{G_3} \quad (4)$$

Şekil 6'da simetrik CMOS OTA yapısı gösterilmiştir. Bu süzgeç yapısına [3]'de yer verilmiştir.



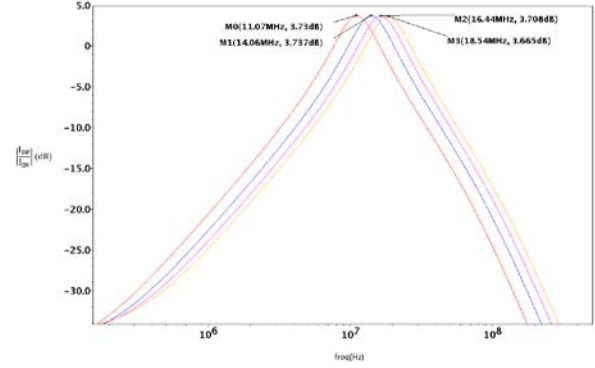
Şekil 6: Simetrik CMOS OTA tabanlı ikinci dereceden süzgeç yapısı [3].

Kaskod akım aynaları kullanılarak oluşturulmuş anahtarlamalı kutuplama akımları belirleme devresi ile frekans atık süzgeç yapısında yeniden ayarlanabilirlik özelliği sağlanmaktadır. Şekil 7'de kutuplama akımı belirleme devresi gösterilmiştir.



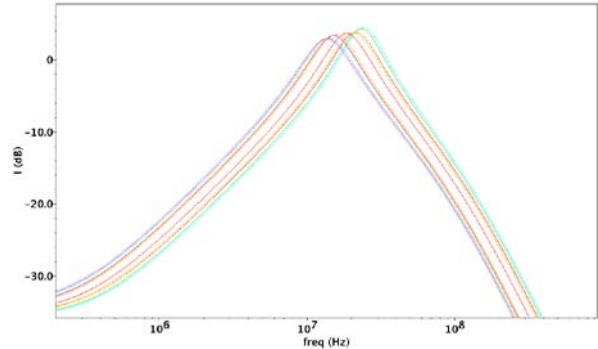
Şekil 7: Tasarlanan frekans atık süzgeç yapısı için kutuplama akımı belirleme devresi.

Tasarlanan ikinci dereceden süzgeç yapısının band geçiren süzgeç merkez frekansları; 20 μ A, 30 μ A, 40 μ A, 50 μ A kutuplama akımı değerleri için sırasıyla 11.07MHz, 14.06MHz, 16.44MHz, 18.54MHz olarak belirlenmiştir, band geçiren süzgeç karakteristiği Şekil 8'de gösterilmiştir.



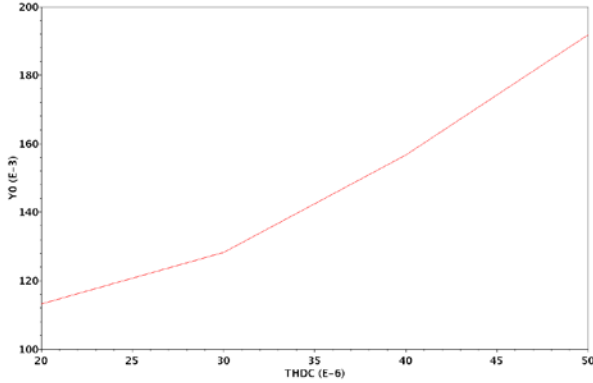
Şekil 8: İkinci dereceden band geçiren süzgeç karakteristiği

Tasarlanan süzgeç yapısı için koşturulan CORNER analizi için; pozitif besleme gerilimi 0.81V - 0.99V arasında negatif besleme gerilimi (-0.81V) - (-0.99 V) arasında, sıcaklık -50° - 120° arasında belirlenip üretim parametreleri de hızlı-hızlı(ff), yavaş - yavaş(ss), tipik - tipik(tt) seçilmiştir. Tasarlanan süzgeç yapısının en yüksek merkez frekansı (18.54MHz) için makul sınırlar arasında değişmektedir. CORNER analizi Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9: Tasarlanan süzgeç yapısı için CORNER analizi.

Tasarlanan süzgeç yapısı için THD karakteristiği; tasarlanan süzgeç yapısının girişine uygulanan $20\mu\text{A}$ - $50\mu\text{A}$ değerleri arasındaki doğrusal artımlı akım genlikleri için ve 20MHz frekansa sahip sinüs akım dalgası için THD değerleri %0.113 - %0.19 arasındadır. THD karakteristiğinden elde edilen bu değerler rezistif yük ($2\text{ k}\Omega$) altında elde edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10: Tasarlanan süzgeç yapısı için THD(%).

4. Sonuçlar

Tasarlanan devre yapısı iyi bir doğrusallığa ve giriş gerilim dinamik aralığına ve çıkış dinamik aralığına sahip bir tasarım gerçekleştirilmesi başarımları gerçekleşmiştir. Amaçlanan frekans atık süzgeç yapısı ile GPS uygulamaları için önerilen ayırık süzgeç yapılarının yerini alabileceği öngörülmektedir.

5. Kaynaklar

- [1] Atasoyu, M. "Global Farklı Yer Belirleme Sistemleri için Atık Süzgeç Uygulamaları." M.S thesis, Dept. Elec. Eng., İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, Türkiye, 2014.
- [2] Mahattanakul, J.; Toumazou, C., "Current-mode versus voltage-mode G_m -C biquad filters: what the theory says," *Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, IEEE Transactions on*, vol. 45, no. 2, pp.173,186, Feb 1998.
- [3] C. Toumazou, F. J. Lidgely and D.G. Haigh, "Analogue IC Design: The Current-Mode Approach." Peter Peregrinus, London, UK, 1990.
- [4] Lakys, Y., Godara, B., Fabre, A. "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.
- [5] Lakys, Y., Fabre, A. "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.
- [6] Armağan, E., Kuntman, H. "Configurable Frequency Agile Filter Application of Balanced Differential Pair Based CCCII Circuit in 28nm Process," *Proc. of LASCAS 2013: 4th IEEE Latin American Symposium on Circuits and Systems (CD)*, Cusco, Peru February 27-March 1, 2013.
- [7] Armağan, E., Kuntman, H. "Design of balanced differential pair based CCCII circuit and configurable

frequency agile filter application in 28nm process," *Journal of Electrical & Electronics Engineering, Engineering Faculty, Istanbul University*, Vol.13, No.2, pp. 1675-1684, 2013

- [8] Atasoyu, M., Alaybeyoglu, E., Kuntman, H., "Low power frequency agile filter application for different GPS protocols," *Signal Processing and Communications Applications Conf. (SIU), 2014 22nd*, pp. 630-633, 23-25 April 2014, doi: 10.1109/SIU.2014.6830308
- [9] Alaybeyoglu, E., Atasoyu, M., Kuntman, H., "Frequency Agile Filter Structure Improved by MOS-Only Technique," *International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), 2014 37th*, July 1-3, 2014