

LC BASAMAK TÜRÜ PASİF DEVRE TABANLI 3. DERECE AB SINIFI FARK ALAN TİP LOGARİTMİK ORTAM SÜZGEÇİ

Abdullah T. TOLA¹

Remzi ARSLANALP²

^{1,2}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik Fakültesi Pamukkale Üniversitesi, 20070, Denizli.

¹e-posta: attola@pamukkale.edu.tr ² e-posta: rarslanalp@pamukkale.edu.tr

Anahtar sözcükler: Devreler ve Sistemler, Aktif Süzgeçler, Akım Modlu Devreler, Logaritmik Ortam Süzgeçleri, Eliptik Süzgeçler, AB Sınıfı Süzgeçler

ÖZET

Bu bildiride AB sınıfı, fark alan tip, eliptik süzgeç yaklaşımına sahip, akım modlu logaritmik ortam süzgeci tasarlanmıştır. LC basamak türü pasif devre yapısından hareketle elde edilen durum uzayı denklemleri esas alınarak sentez gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan devrenin ideal ve gerçek transistörler için frekans cevabı pasif devre yapısı ile karşılaştırılmıştır. Devredeki akım kaynaklarının değerlerinin değiştirilmesi ile 2 dekatlık ayarlanabilir kesim frekansı aralığı elde edilmiştir. Önerilen süzgeç çıkışına ait toplam bozulma oranı araştırılmış ve bulunan sonuçlar sunulmuştur. Bu tasarım sayesinde akım modlu, geniş kullanım alanına sahip bir devre yapısı elde edilmiştir.

1. Giriş

Logaritmik ortam süzgeçleri; akım modlu, aktif elemanlı, sürekli zamanlı devrelerin en yeni üyesidir. Diğer süzgeç devrelerinden ayrıldığı en temel nokta, kullanılan aktif elemanların doğrusal olmayan uç denklemlerini kullanarak giriş ile çıkış arasında yüksek doğrusallığın sağlanmasıdır. Bu özellik sayesinde logaritmik ortam devreleri süzgeç ailesinin diğer bireylerinden keskin sınırlar ile ayrılmakta, bununla birlikte bu farklılıklardan kaynaklanan çeşitli üstünlüklere sahip olmaktadır [1-3].

Logaritmik ortamlı süzgeçlerin çalışma esasları incelendiğinde; alışılmış devre yapılarından farklı olarak, elemanların doğrusal ortama taşınması yerine işlenecek işaretin doğrusal olmayan ortama bir aktarım fonksiyonu ile taşındığı görülmektedir.

Günümüze kadar logaritmik ortam süzgeçlerinin tasarımında çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Bazı araştırmacılar mevcut pasif bir devrenin devre yapısını esas alarak devre üzerindeki her bir elemanı ya da fonksiyonu logaritmik ortamdaki karşılıkları ile değiştirerek istenilen karakteristikteki devreleri elde etme yoluna giderken [4-7], kimi bazı araştırmacılar da istenilen özellikleri sağlayan devrelerin transfer

fonksiyonundan hareketle durum uzayı sentez yöntemini kullanarak [1,2,8-11] logaritmik ortam süzgeç yapılarını elde etmişlerdir.

Farklı araştırmacılar tasarladıkları devreleri değişik süzgeç yaklaşımlarında gerçekleştirmişlerdir. Süzgeç yaklaşımlarından birisi olan eliptik süzgeç yaklaşımı üzerine yapılan az sayıda araştırma incelendiğinde ya pasif devre elemanlarının logaritmik ortam karşılıklarının devre mimarisinde yerleştirilerek gerçekleştirildiği [4,5] ya da durum uzayı yöntemi kullanılarak A sınıfı [7] ve AB sınıfı [9,12] gerçekleştirilmeye gidildiği görülmektedir. Ancak elde edilen bazı sonuçlara göre pasif eliptik süzgeç yapısında yer alan topraklanmamış kondansatörlerin, benzetim sonuçlarını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Topraklanmamış kondansatörün doğrudan kullanıldığı çalışmalarda frekans cevabında sıfırların istenildiği gibi gerçekleştirilemediği tespit edilmiştir [5]. Bazı araştırmacılar da bu hatayı en aza indirgeyebilmek için topraklanmamış kondansatörü bağımlı akım kaynakları ile modellemişlerdir [4].

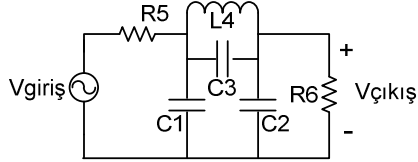
Bu çalışmada, LC basamak türü pasif eliptik devre yapısından elde edilen durum denklemleri kullanılarak 3. derece eliptik süzgeç yaklaşımına sahip, AB sınıfı fark alan tip, logaritmik ortam süzgeci tasarlanmıştır. Böylece pasif devrenin durum uzayındaki logaritmik ortam karşılığı elde edilmiş olmaktadır. Aynı zamanda hem blok modelleme veya işaret akış diyagramı uygulamalarında karşılaşılan sorunlar çözülmeye çalışılmış, hem de AB sınıfı uygulamalarının üstünlüklerinin sağlanması amaçlanmıştır.

2. Sentez

Bu çalışmada seçilen eliptik süzgeç yaklaşımının kontrol edilebilir veri sayısının fazla olması ve zayıflama bölgesindeki eğimin dik olması gibi üstünlükleri olduğu gibi iletim ve sönüm bölgesindeki dalgalanmalar gibi istenilmeyen özellikleri de vardır. Eliptik süzgeç yaklaşımı sözü geçen özelliklerinden dolayı bilhassa hassas uygulamalarda tercih edilmektedir. Ancak tasarımı esnasında karşılaşılan

fazla matematik işlemlerden dolayı logaritmik ortamda eliptik süzgeç konusu üzerine çok fazla araştırma yoktur [4,5,7,9,12].

Pasif elemanlardan oluşmuş LC basamak türü 3. derece eliptik süzgeç devresi Şekil 1’de verilmiştir. $A_{maks}=1$ dB, $A_{min}=30$ dB, $f_p=100$ kHz için tasarlanan devre için elemanların değerleri Tablo 1’de görülmektedir.



Şekil 1: LC basamak türü 3. derece pasif eliptik yaklaşımına sahip devre

Tablo 1: Pasif eliptik süzgeç devresindeki elemanların değerleri

Eleman	Değer
C1	2.647μF
C2	2.647μF
C3	0.480μF
L4	1.197μH
R5=R6	1Ω

Şekil 1’de görülen pasif eliptik süzgeç devresini temel alarak elde edilen durum uzayı denklemleri Denklem 1’de görülmektedir.

$$\begin{aligned} \bar{\dot{x}} &= \bar{A}x + \bar{b}u \\ y &= x_3 \end{aligned} \quad (1)$$

Burada;

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, \quad x_1 = v_{C1}, \quad x_2 = i_{L4}, \quad x_3 = v_{C2} \quad (2)$$

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} C1+C3 & 0 & -C3 \\ 0 & L4 & 0 \\ -C3 & 0 & C2+C3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ R5 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & R6 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\bar{b} = \begin{bmatrix} C1+C3 & 0 & -C3 \\ 0 & L4 & 0 \\ -C3 & 0 & C2+C3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ R5 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

olarak bulunmuştur.

Pasif bir devreden durum denklemlerin elde edilmesinden sonra, Frey tarafından sunulan

logaritmik ortam sentez yöntemi [1,2] ile geliştirilen bir teori ile AB sınıfı fark alan yapıda gerçekleştirilmesine uygun olarak [8,13,14] elde edilen devre denklemleri Denklem 5-7’de görülmektedir.

$$\begin{aligned} \hat{C}_1 \dot{v}_{1L} &= -I_{f1} + I_s e^{\frac{v_{f2} + v_{2R} - v_{1L}}{V_T}} + I_s e^{\frac{v_{f3} + v_{3R} - v_{1L}}{V_T}} \\ &+ I_s e^{\frac{v_{oL} + v_{f1} - v_{1L}}{V_T}} - I_s e^{\frac{v_{1R}}{V_T}} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\hat{C}_2 \dot{v}_{2L} = I_s e^{\frac{v_{f4} + v_{1L} - v_{2L}}{V_T}} + I_s e^{\frac{v_{f4} + v_{3R} - v_{2L}}{V_T}} - I_s e^{\frac{v_{2R}}{V_T}} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \hat{C}_3 \dot{v}_{3L} &= -I_{f6} + I_s e^{\frac{v_{f5} + v_{1R} - v_{3L}}{V_T}} + I_s e^{\frac{v_{f5} + v_{2L} - v_{3L}}{V_T}} \\ &+ I_s e^{\frac{v_{oL} + v_{f5} - v_{3L}}{V_T}} - I_s e^{\frac{v_{3R}}{V_T}} \end{aligned} \quad (7)$$

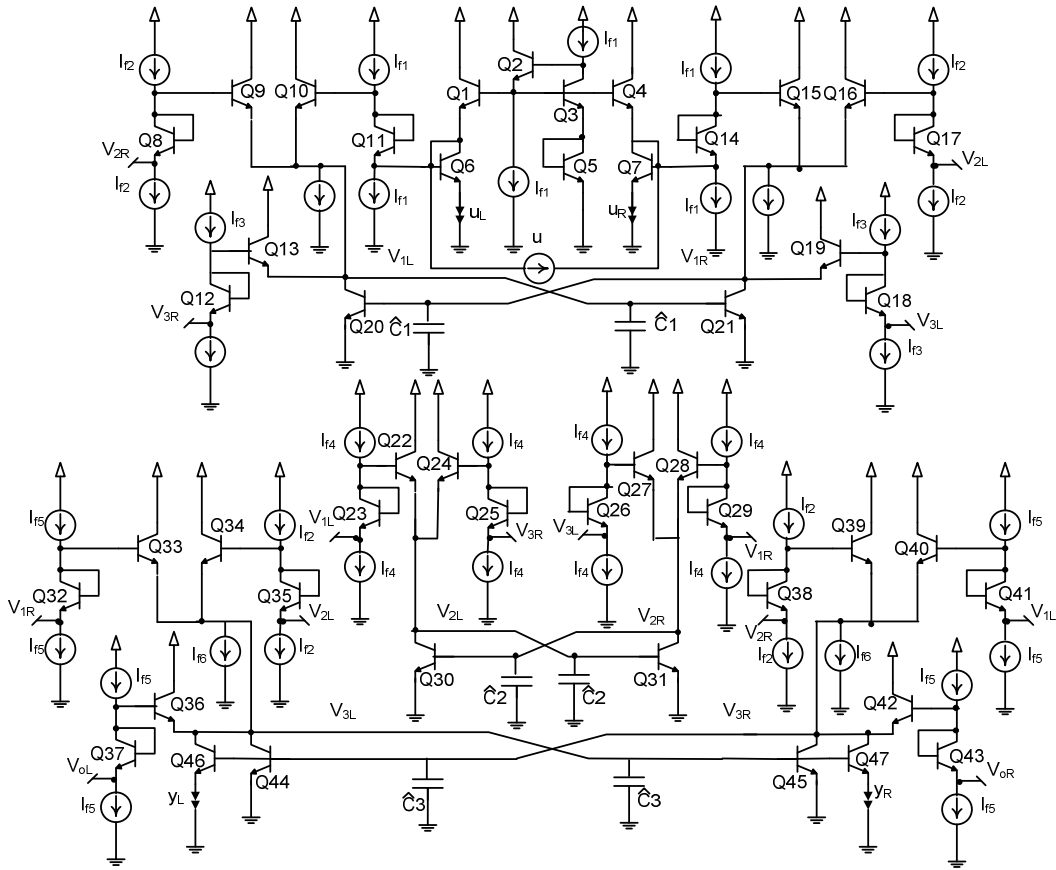
Denklemlerde kullanılan akım kaynaklarının değerleri Denklem 8’de verildiği gibidir.

$$\begin{aligned} I_{f1} &= A_{11} \hat{C}_1 V_T = B_1 \hat{C}_1 V_T \\ I_{f2} &= A_{12} \hat{C}_1 V_T = A_{32} \hat{C}_3 V_T \\ I_{f3} &= A_{13} \hat{C}_1 V_T \\ I_{f4} &= A_{21} \hat{C}_2 V_T = A_{23} \hat{C}_2 V_T \\ I_{f5} &= A_{31} \hat{C}_3 V_T = B_3 \hat{C}_3 V_T \\ I_{f6} &= A_{33} \hat{C}_3 V_T \end{aligned} \quad (8)$$

Denklem 5-8’den faydalanarak Şekil 2’de görülen devre yapısı elde edilir. Şekilde Q1-Q7 akım ayırıcı devre [14], Q8-Q21 birinci devre denklemlerinden gelen elemanlar, Q22-Q31 ikinci devre denklemlerinden gelen elemanlar ve Q32-Q45 üçüncü devre denklemlerinden gelen elemanlar, Q20, Q21, Q30, Q31, Q32, Q44, Q45 Seevinck tipi geçici girişlerden dolayı gelen transistörlerdir [14,15]. Q46 ve Q47 transistörleri ise L ve R tarafı için çıkış transistörleridir. Devredeki kondansatör değerleri 30pF ve 60pF olarak seçilmiştir. 100 kHz lik bir kesim frekansı için devrede dolaşan doğru akım değerleri 0.078μA-0.648μA aralığındadır.

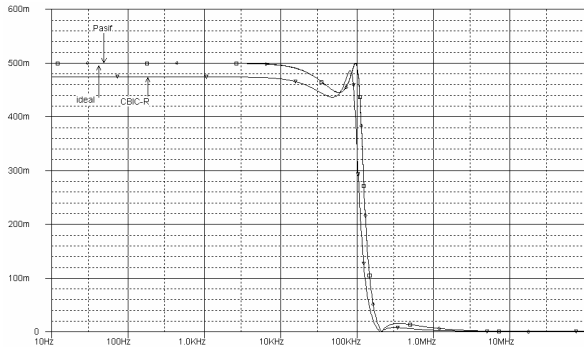
3. Benzetim sonuçları

Tasarlanan logaritmik ortam eliptik süzgeç devresi önce ideal kabul edilen PSpice varsayılan transistörünün ileri yön akım kazancı 10000 yapılarak analiz edilmiş ve tasarımın doğruluğu kontrol edilmiştir. Daha sonra da CBIC-R transistörleri kullanılarak analizler tekrarlanmıştır.



Şekil 2: Tasarlanan devre yapısı

Devreye ait ideal ve gerçek transistörler için frekans cevapları ile pasif devrenin frekans cevabı Şekil 3'de verilmiştir. İdeal ve pasif cevabın tamamen aynı olduğu, ancak gerçek transistörle yapılan benzetimde kabul edilebilir farklılıkların bulunduğu görülmüştür. Benzetimde kesim frekansı yaklaşık 100kHz olarak alınmıştır. Pasif süzgecin zayıflama değerleri $A_{maks}=1$ dB ve $A_{min}=30$ dB alınarak logaritmik ortam süzgeci tasarlanmıştır. Tablo 2'de görüldüğü gibi ideal transistörlü devrede bu değerler tamamen gerçekleşirken, gerçek transistörlü devrede küçük sapmalar gözlemlenmiştir.

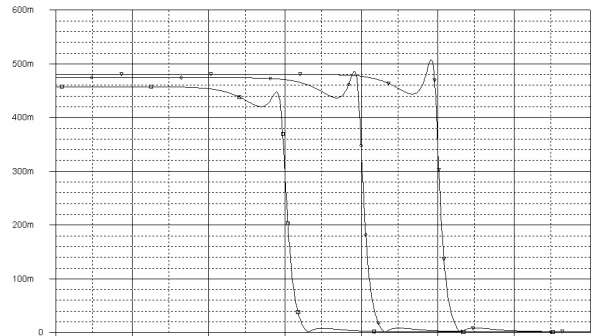


Şekil 3: Pasif devre ile ideal ve gerçek transistörlü logaritmik ortam süzgeçlerine ait frekans cevapları

Tablo2: Tasarlanan devrelere ait A_{maks} ve A_{min} değerlerinin pasif devre ile karşılaştırılması

	Pasif	İdeal	Gerçek
A_{maks}	1dB	1dB	0.75dB
A_{min}	30dB	30dB	35dB

Tasarlanan eliptik süzgeç devresinin önemli üstünlüklerinden bir tanesi de devrenin çalışma frekansının elektronik ayarlanabilir olmasıdır. Sadece akım kaynaklarının değerleri 10 kat küçültülüp büyütülerek kesim frekansı doğrusal olarak ayarlanmıştır. Bu benzetim sonuçları Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4: Farklı kesim frekanslarına ait süzgeç karakteristikleri

Tasarlanan devrenin oluşturduğu toplam bozulma oranı elde edilen devrenin doğrusallığı hakkında bilgi vermektedir. Logaritmik ortam eliptik süzgeç devresinin toplam bozulma oranı farklı giriş akımı genlik seviyeleri için Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3: Farklı giriş akımlarına göre çıkış işaretinin toplam bozulma oranları

Giriş akımı	Çıkış THD (%)
0.5 μ A	0.0972
1 μ A	0.184
2.5 μ A	0.687
5 μ A	1.27

4. Sonuçlar

Tasarlanan akım modlu, elektronik ayarlanabilen, eliptik süzgeç yaklaşımına sahip logaritmik ortam süzgeç devresinin benzetim sonuçları incelendiğinde doğrudan pasif bir devreden blok modelleme ile gerçekleştirilen süzgeç yapılarından daha iyi sonuçlar verdiğini söylenebilir. Özellikle topraklanmamış kondansatörden kaynaklanan sorunlar, AB sınıfı fark alan tip durum uzayı gerçekleştirilmesi ile belirli ölçülerde aşılmıştır. Ayrıca tasarlanan devredeki elemanların tüm devre uygulamalarına uyumlu olması ve düşük güç ve düşük gerilim ihtiyacının olması logaritmik ortam devresinin bir üstünlüğü olarak görülebilir. Sentezlenen devrenin yüksek frekans uygulamaları ve farklı süzgeç yaklaşımlarında yapılacak gerçeklemler gelecek çalışmalar arasında görülmektedir.

5. Referanslar

- [1] Frey, D. R., Log-Domain Filtering: an Approach to Current-Mode Filtering, IEE Proceedings-g, vol. 140, No.6, December 1993.
- [2] Frey, R. D., Exponential State Space Filters: A Generic Current Mode Design Strategy, IEEE Transaction on Circuits and Systems-I: Fundamental Theory and Applications, vol. 43, 1996.
- [3] Punzerbeger, M. and Enz, C., Log-Domain Filters for Low-Voltage Low-Power Applications, Proc. Int. Workshop Low Power RF Integrated Circ., 1999
- [4] Yang, F., Enz, C. and Van Ruymbeke, G., Design Of Low-Power and Low-Voltage Log-Domain Filters, Proc. IEEE ISCAS, vol. 1, 117-120, 1996.

[5] Psychalinos, C. and Vlassis, S., On the Exact Realization of LOG-Domain Elliptic Filters Using the Flow Graph Approach, , IEEE Transaction on Circuits and Systems-II: Analog and Digital Signal Processing, vol. 49, p. 770-774, 2002.

[6] Drakakis, E. M., Payne, A. J., Toumazou, C., Ng, A. E. J. and Sewell, J. I., High Order Lowpass and Bandpass Elliptic Log-Domain Ladder Filters, ISCAS 2001.

[7] Roberts, G. W. and Leung, V. W., Design and Analysis of Integrator-Based Log-Domain Filter Circuits, Kluwer Academic Publishers, ISBN: 079238699, New York, 2002.

[8] Tola, A. T., A Study of Nonideal Log Domain and Differential Class AB Filters, PhD. Dissertation, Lehigh University, 2000.

[9] Arslanalp, R., Eliptik Filtre Yaklaşımının Logaritmik Ortamda Gerçeklenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Denizli 2003.

[10] Tola, A. T., Sürav Yılmaz Ş.ve Arslanalp, R., İkinci Dereceden Programlanabilir ve Elektronik Olarak Ayarlanabilir Evrensel Süzgeç Devresinin Logaritmik Ortamda Tasarımı, SİU’05, Kayseri, 2005.

[11] Tola, A. T., Arslanalp, R. ve Sürav Yılmaz Ş., Akım Modlu, Düşük Besleme Gerilimli ve Elektronik Olarak Ayarlanabilen AB Sınıfı Fark Alan Tip Logaritmik Ortam KHN Süzgecinin Tasarımı, SİU’05, Kayseri, 2005.

[12] Arslanalp, R. ve Tola, A. T., Seevinck Tipi Geçici Girişler Kullanılarak Durum Uzayı Sentez Yöntemi ile Logaritmik Ortamda 3. Derece Eliptik Süzgecin Tasarlanması, SİU’05, Kayseri, 2005.

[13] Frey, D. R. and Tola, A. T., A State-Space Formulation for Externally Linear Class AB Dynamical Circuits, IEEE Transaction on Circuits and Systems-II: Analog and Digital Signal Processing, vol. 46, 1999.

[14] Tola, A. T. and Frey, D. R., A Study of Different Class AB Log Domain First Order Filters, Analog Integrated Circuits and Signal Processing, 22, pp.163-176, 2000.

[15] Seevinck, E., Companding Current Mode Integrator: A New Circuit Principle for Continuous-Time Monolithic Filters, Electronics Letters, vol.26, No.24, pp. 2046-2047, 1990.