



Akım Modlu Dördüncü Derece Fark Alıcı AB-Sınıfı Logaritmik Ortam Chebyshev Süzgeç Tasarımı

Current Mode Differental Type Fourth Order Class AB Log Domain Chebyshev Filter Design

Derya Barış Köroğlu^{1*}, Ali Kırçay²

¹Harran Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, deryabarıs4@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2908-8742>

²Harran Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, kircay@harran.edu.tr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6395-8270>

MAKALE BİLGİLERİ

Makale Geçmişi:

Geliş 3 Haziran 2022
Revizyon 17 Haziran 2022
Kabul 21 Haziran 2022
Online 30 Eylül 2022

Anahtar Kelimeler:

Logaritmik Ortam, Analog Devreler, Akım Modlu Sistemler, Chebyshev Süzgeçler, Çok Yüksek Frekans Uygulamaları..

ÖZ

Bu çalışmada durum uzay sentez metodu kullanılarak, akım modlu dördüncü derece fark alıcı AB sınıfı logaritmik ortam Chebyshev alçak geçiren süzgeç tasarlanmıştır. Önerilen süzgecin kesim frekansı 50Mhzdir. Tasarımda sadece BJT , topraklı kapasitör ve 2.5 V besleme kaynağı kullanılarak çalışılmıştır. Süzgeç parametreleri değiştirilerek kesim frekansı kolayca ayarlanabilmektedir. Bu ayarlama akım kaynakları değiştirilerek yapılmaktadır. Literatürde bulunan Chebyshev süzgeçlere göre yüksek frekanslarda çalışıyor olması önemli avantaj sağlamaktadır. Teorik analiz sonuçları PSPICE yardımıyla doğrulanmıştır. Tasarlanan süzgeç için ideal BJT ve AT&T CBIC-U2 tip transistör kullanılmıştır.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 3 June 2022
Received in revised form 17 June 2022
Accepted 21 June 2022
Available online 30 September 2022

Keywords:

Log domain, Analog Circuit, Current Mode Systems, Chebyshev Filters, Very High Frequency Applications.

ABSTRACT

In this study, using the current mode state space synthesis method, a class AB log domain Chebyshev low-pass filter is designed. The cut-off frequency of the proposed filter is 50Mhz. In the design, the BJT, a grounded capacitor and a 2.5 V supply source has been studied. The cut-off frequency can be easily adjusted by changing the filter parameters. This adjustment is done by changing current sources. It provides a significant advantage that it operates at high frequencies compared to Chebyshev filters in the literature. The theoretical analysis results were verified with the help of PSPICE. Ideal BJT and AT&T CBIC-U2 type transistors are used for the designed filter.

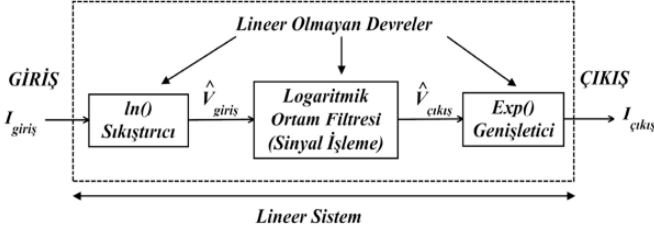
Doi: 10.24012/dumf.1125727

* Sorumlu Yazar

Giriş

Logaritmik ortam süzgeçleri, akım modlu devre ailesinin en önemli yapılarından biridir.

Logaritmik tabanlı filtreler, düşük voltaj, düşük güç, düşük empedans seviyeleri, dinamik aralık, yüksek frekans uygulamaları için uygunlukları ve elektronik olarak ayarlanabilmesi nedeniyle tercih edilmektedirler. Logaritmik tabanlı filtrenin önemli bir özelliği sinyaller işlenmeden önce giriş aşamasında sıkıştırılması ve ardından çıkış aşamasında üstel olarak genişletilmiş olarak kullanılmasıdır. [1],[2]



Şekil 1. Logaritmik Ortamda Genlik Uygunlaştırma Tekniği

Sinyallerin sıkıştırılması ve genişletilmesi transistörün logaritmik/üstel voltaj akım ilişkisine dayanır. Bu özellik logaritmik tabanlı filtrelerin dinamik aralıktan ödün vermeden düşük besleme gerilimiyle çalışmasını sağlar.

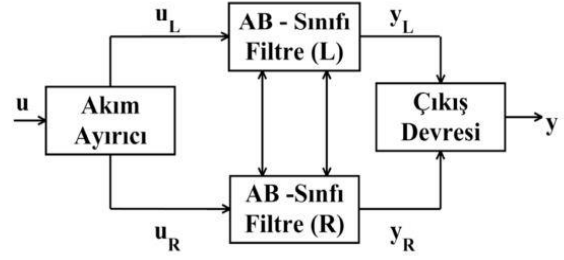
Logaritmik ortam süzgeçlerinin sentezinde farklı modelleme yöntemleri bulunmaktadır. Bunlar durum uzayı, blok modelleme ve isaret akış diyagramı gibi çeşitli yöntemlerdir. [2],[3] Durum-uzay sentez yöntemi, logaritmik tabanlı filtrelerin sentezi için çok güçlü ve etkili bir yaklaşımdır. [4],[5] Filtre fonksiyonunu gerçekleştirmeye yönelik çok genel bir çözüm sağlar. Bu çalışmada durum uzay yöntemi kullanılacaktır. Durum-uzay yöntemlerinin kullanımının temel yönü doğrusal olmayan filtreleri eşdeğer doğrusal sistemlerle tam olarak ilişkilendirmektir.

BJT'nin exponansiyel I-V karakteristiği, logaritmik ortam filtrelerini gerçeklemek için durum uzayı lineer denklemleriyle eşleştirme yoluyla bu yöntem kullanılmış olur.

Chebyshev filtreler, frekans cevabı iletim bandı ve sönüm bandı arasında keskin bir geçiş sağlar. Bu geçiş dalgalanmaya izin veren matematiksel yaklaşımı kullanılarak tasarlanır. Butterworth'e göre geçiş bandından durdurma bandına daha hızlı geçiş sağlamanın en büyük avantajlarından biridir. Bunların yanı sıra hızlı olması nedeniyle birçok uygulama alanlarında da tercih edilmektedir. Chebyshev süzgeçler video frekans uygulamaları için [6] tercih edilirken, biyomedikal alanlarda da kullanımı yaygındır. Karekök Sinh gibi farklı tabanlarda da Chebyshev süzgeç türlerine rastlamak mümkündür. Bu tasarımlardan bir tanesi karakök tabanlı olarak [7], bir diğeri ise Sinh ortam filtresi olarak biyomedikal uygulamalar için tasarlanmıştır. [8] Düşük frekans uygulamaları için ise ilk kez IFLF (Inverse Follow The Leader Feedback) topolojisi kullanılarak [9] alçak geçiren bir süzgeç olarak literatürde yer almaktadır.

AB sınıfı süzgeç fikri ilk defa Seevinck tarafından sunulmuştur. [4] AB sınıfı filtre yapısını Seevinc ve Frey logaritmik ortama taşımıştır. [2] AB sınıfı fark alıcı süzgeçler sol ve sağ olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

AB Sınıfı logaritmik tabanlı süzgeçlerin A sınıfı süzgeçlere göre yüksek dinamik aralık, düşük güç tüketimi, düşük gürültü, doğrusallık gibi üstünlükleri bulunmaktadır. [2]



Şekil 2. AB Sınıfı Çalışma Yapısı

Logaritmik tabanlı filtreler ilk olarak A sınıfı olarak tasarlanmıştır. A sınıfı yapılarında giriş akımı DC olarak ötelenir. A sınıfı devreler tasarımın kolaylığı nedeniyle tercih edilmektedir. Fakat istenilen transfer fonksiyonunu gerçeklemek her zaman mümkün değildir.

AB sınıfı yapılarında ise sağ ve sol olmak üzere devre ikiye ayrılır ve birbirleriyle haberleşmesi sağlanır. AB sınıfı yapılarında Şekil 2'de görüldüğü gibi öncelikle devrenin giriş akımı ikiye ayrılır. Süzgecin çıkışından elde edilen akımların çıkış

devresinde fark alma işlemi gerçekleşir. Sunulan devre, AB sınıfı devre yapısında tasarlanmıştır. A sınıfı ve AB sınıfı devre yapısı kullanılarak tasarlanan birçok logaritmik ortam filtre devresi çalışmaları bulunmaktadır. [6],[7] Literatürde bulunan Chebyshev süzgeçler [10]-[13]'de verilmiştir. Tasarlanan süzgecin literatürdeki diğer süzgeçlere göre bir takım üstünlükleri bulunmaktadır. BJT ve topraklanmış kapasite kullanımı, yüksek frekanslarda çalışabilmesi, hızlı olması tasarımı olumlu kılan önemli özellikleridir. Önerilen süzgeç yapısı, durum uzay metodu ile AB sınıfı fark alıcı olarak logaritmik ortamda gerçekleştirilmiştir. Chebyshev süzgeç tasarımında farklı kazanç değerleri için pay ve payda katsayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Normalize Edilmiş Alçak Geçiren Chebyshev Filtre Katsayıları (0.1dB için)

n	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇
1	6.55222							
2	3.31329	2.37209						
3	1.63809	2.62953	1.93883					
4	0.82851	2.02550	2.62680	1.80377				
5	0.40951	1.43556	2.39696	2.77071	1.74396			
6	0.20713	0.90176	2.04784	2.77908	2.96575	1.71217		
7	0.10238	0.56179	1.48293	2.70514	3.16925	3.18350	1.69322	
8	0.05179	0.32645	1.0667	2.15932	3.41855	3.56485	3.41297	1.68104

Süzgecin parametrelerinin ayarlanabilmesi kullanılan devre elemanlarının yapısı ve sentez yöntemi nedeniyle diğer süzgeçlere göre yapısal olarak avantaj sağlamaktadır.

Tasarım

Dördüncü derece alçak geçiren filtrenin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$H(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{I_{out}(s)}{I_{in}(s)} \quad (1)$$

$$H(s) = \frac{a_0 \omega_0^4}{s^4 + b_3 \omega_0 s^3 + b_2 \omega_0^2 s^2 + b_1 \omega_0^3 s + b_0 \omega_0^4} \quad (2)$$

Burada ω_0 filtrenin kesim frekansdır. Pay ve payda katsayıları sırasıyla a_0 ve b_0, b_1, b_2, b_3 gerçekte sayılardır. Durum uzayı sentezi yöntemi birinci derece diferansiyel denklemlerden oluşur. Durum değişkenleri düğüm voltajlarının basit üstellerinin fonksiyonlarıdır. Transfer fonksiyonları birinci dereceden denklemlere dönüştürüldüğünde;

$$\dot{x}_1 = \omega_0 x_2 \quad (3)$$

$$\dot{x}_2 = \omega_0 x_3 \quad (4)$$

$$\dot{x}_3 = \omega_0 x_4 \quad (5)$$

$$\dot{x}_4 = -b_0 \omega_0 x_1 - b_1 \omega_0 x_2 - b_2 \omega_0 x_3 - b_3 \omega_0 x_4 + a_0 \omega_0 u \quad (6)$$

$$\text{Çıkış denklemi bağıntısı : } y = x_1 \quad (7)$$

Denklemlere bakacak olursak u giriş, y çıkış, x_1, x_2, x_3, x_4 durum değişkenleridir. AB sınıfı fark alan yapıya uygun olarak durum değişkenleri, giriş ve çıkış işareti Denklem 8'deki gibi sağ ve sol taraf olarak iki kısma ayrılır.

$$x_1 = x_{1L} - x_{1R} \quad (8)$$

$$x_2 = x_{2L} - x_{2R} \quad (9)$$

$$x_3 = x_{3L} - x_{3R} \quad (10)$$

$$x_4 = x_{4L} - x_{4R} \quad (11)$$

$$u = u_L - u_R \quad (12)$$

$$y = y_L - y_R \quad (13)$$

Filtre devresini gerçekleştirmek için sağ ve sol uygunca düzenlenmelidir.

Sağ ve sol eşitlikleri uygunlaştırılırsa :

$$\dot{x}_{1L} = \omega_0 x_{2L} - \frac{\omega_0}{I_{f1}} x_{1L} x_{1R} \quad (14)$$

$$\dot{x}_{2L} = \omega_0 x_{3L} - \frac{\omega_0}{I_{f1}} x_{2L} x_{2R} \quad (15)$$

$$\dot{x}_{3L} = \omega_0 x_{4L} - \frac{\omega_0}{I_{f1}} x_{3L} x_{3R} \quad (16)$$

$$\dot{x}_{4L} = -b_0 \omega_0 x_{1L} - b_1 \omega_0 x_{2L} - b_2 \omega_0 x_{3L} - b_3 \omega_0 x_{4L} + a_0 \omega_0 u_L - \frac{\omega_0}{I_{f1}} x_{3L} x_{3R} \quad (17)$$

Sağ taraf için denklemler tekrar yazılırsa ;

$$\dot{x}_{1R} = \omega_0 x_{2R} - \frac{\omega_0}{I_{f1}} x_{1L} x_{1R} \quad (18)$$

$$\dot{x}_{2R} = \omega_0 x_{3R} - \frac{\omega_0}{I_{f1}} x_{2L} x_{2R} \quad (19)$$

$$\dot{x}_{3R} = \omega_0 x_{4R} - \frac{\omega_0}{I_{f1}} x_{3L} x_{3R} \quad (20)$$

$$\dot{x}_{4R} = -b_0 \omega_0 x_{1R} - b_1 \omega_0 x_{2R} - b_2 \omega_0 x_{3R} - b_3 \omega_0 x_{4R} + a_0 \omega_0 u_R - \frac{\omega_0}{I_{f1}} x_{3L} x_{3R} \quad (21)$$

$$y_R = x_{1R} \quad (22)$$

Yukarıdaki denklemlere üstel aktarım fonksiyonu uygulanırsa doğrusal olmayan ortama taşınmış olur. Üstel tasarım fonksiyonları seçilirken , BJT'nin üstel aktarım fonksiyonuna uygun fonksiyon seçilmelidir. BJTnin β 'sı sonsuz kabul edilmiştir.

$$x_{1L} = I_s e^{\frac{v_{1L}}{V_t}}, \quad x_{2L} = I_s e^{\frac{v_{2L}}{V_t}}, \quad x_{3L} = I_s e^{\frac{v_{3L}}{V_t}}, \\ x_{4L} = I_s e^{\frac{v_{4L}}{V_t}}$$

$$x_{1R} = I_s e^{\frac{v_{1R}}{V_t}}, \quad x_{2R} = I_s e^{\frac{v_{2R}}{V_t}}, \quad x_{3R} = I_s e^{\frac{v_{3R}}{V_t}}$$

$$x_{4R} = I_s e^{\frac{v_{4R}}{V_t}} \\ u_L = I_s e^{\frac{v_{0L}}{V_t}} \quad u_R = I_s e^{\frac{v_{0R}}{V_t}} \quad (23)$$

I_s saturasyon akımı, V_t ise termal gerilimdir. Denklem (14),(15) ve (16) da, eşitliğin iki tarafı $\frac{CV_t}{I_s e^{V_{1L}/V_t}}$ ile çarpılırsa;

$$C\dot{V}_{1L} = \omega_0 CV_t e^{(V_{2L}-V_{1L})/V_t} - \frac{\omega_0}{I_{f1}} CV_T I_s e^{\frac{V_{1R}}{V_t}} \quad (24)$$

$$C\dot{V}_{2L} = \omega_0 CV_t e^{(V_{3L}-V_{2L})/V_t} - \frac{\omega_0}{I_{f1}} CV_T I_s e^{\frac{V_{2R}}{V_t}} \quad (25)$$

$$C\dot{V}_{3L} = \omega_0 CV_t e^{(V_{4L}-V_{3L})/V_t} - \frac{\omega_0}{I_f} CV_T I_s e^{\frac{V_{3R}}{V_t}} \quad (26)$$

$$CV_{4L} = b_0 \omega_0 CV_t e^{(V_{1L}-V_{4L})/V_t} + b_1 \omega_0 CV_t e^{(V_{2R}-V_{4L})/V_t} + b_2 \omega_0 CV_t e^{(V_{3R}-V_{4L})/V_t} - b_3 \omega_0 CV_t + a_0 \omega_0 CV_t e^{(V_{0L}-V_{4L})/V_t} -$$

$$\frac{\omega_0}{I_{f1}} CV_T I_s e^{\frac{v_{4R}}{V_t}} \quad (27)$$

$$y_R = I_s e^{\frac{v_{1R}}{V_t}} \quad (28)$$

$I_{f1}, I_{f2}, I_{f3}, I_{f4}, I_{f5}, I_{f6}$ sabit akım değerleri aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$I_{f1} = \omega_0 CV_t \quad (29)$$

$$I_{f2} = b_0 \omega_0 CV_t \quad (30)$$

$$I_{f3} = b_1 \omega_0 CV_t \quad (31)$$

$$I_{f4} = b_2 \omega_0 C V_t \quad (32)$$

$$I_{f5} = b_3 \omega_0 C V_t \quad (33)$$

$$I_{f6} = a_0 \omega_0 C V_t \quad (34)$$

Sabit akım değerleri üstel olarak sırasıyla şu şekilde tanımlanabilir ;

$$I_s e^{\frac{V_{f1}}{V_t}}, I_s e^{\frac{V_{f2}}{V_t}}, I_s e^{\frac{V_{f3}}{V_t}}, I_s e^{\frac{V_{f4}}{V_t}}, I_s e^{\frac{V_{f5}}{V_t}}$$

$$I_s e^{\frac{V_{f6}}{V_t}}$$

Sol taraftaki denklemler aşağıdaki bağıntılara dönüşür.

$$C\dot{V}_{1L} = I_s e^{(V_{2L}+V_{f1}-V_{1L})/V_t} - I_s e^{\frac{v_{1R}}{V_t}} \quad (35)$$

$$C\dot{V}_{2L} = I_s e^{(V_{3L}+V_{f1}-V_{2L})/V_t} - I_s e^{\frac{v_{1R}}{V_t}} \quad (36)$$

$$C\dot{V}_{3L} = I_s e^{(V_{4L}+V_{f1}-V_{3L})/V_t} - I_s e^{\frac{v_{1R}}{V_t}} \quad (37)$$

$$C\dot{V}_{4L} = I_s e^{(V_{1R}+V_{f2}-V_{4L})/V_t} + I_s e^{(V_{2R}+V_{f3}-V_{4L})/V_t} + I_s e^{(V_{3R}+V_{f4}-V_{4L})/V_t} - I_{f5} + I_s e^{(V_{0L}+V_{f6}-V_{4L})/V_t} - I_s e^{\frac{v_{4R}}{V_t}} \quad (38)$$

Sol taraf çıkış bağıntısı :

$$y_L = I_s e^{\frac{v_{1L}}{V_t}} \quad (39)$$

Denklem (38)'in sol tarafındaki terim bir kondansatörün akımını, sağ tarafındaki terimler de sabit bir akım kaynağı ile transistörlerin kollektör akımlarını tanımlar. Aynı yöntemle sağ taraftaki denklemler de elde edilebilir;

$$C\dot{V}_{1R} = I_s e^{(V_{2R}+V_{f1}-V_{1R})/V_t} - I_s e^{\frac{v_{1L}}{V_t}} \quad (40)$$

$$C\dot{V}_{2R} = I_s e^{(V_{3R}+V_{f1}-V_{2R})/V_t} - I_s e^{\frac{v_{1L}}{V_t}} \quad (41)$$

$$C\dot{V}_{3R} = I_s e^{(V_{4R}+V_{f1}-V_{3R})/V_t} - I_s e^{\frac{v_{1L}}{V_t}} \quad (42)$$

$$C\dot{V}_{4R} = I_s e^{(V_{1L}+V_{f2}-V_{4R})/V_t} + I_s e^{(V_{2L}+V_{f3}-V_{4R})/V_t} + I_s e^{(V_{3L}+V_{f4}-V_{4R})/V_t} - I_{f5} + I_s e^{(V_{0L}+V_{f6}-V_{4R})/V_t} - I_s e^{\frac{v_{4L}}{V_t}} \quad (43)$$

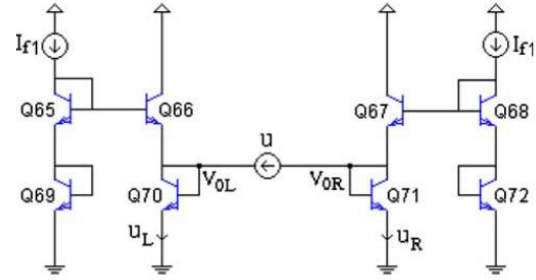
Sağ taraf çıkış bağıntısı :

$$y_R = I_s e^{\frac{v_{1R}}{V_t}} \quad (44)$$

(35),(36),(37), (38), (39),(40),(41),(42),(43) ve (44) bağıntılarını kullanarak, fark alıcı AB sınıfı dördüncü derece

alçak geçiren Chebyshev filtre devresini Şekil- 7'de görüldüğü gibi tasarlamak mümkündür.

Giriş akımını sol ve sağ akımlara ayırmak için akım ayırıcısı devresi kullanılmıştır. Akım ayırıcısı u_L ve u_R 'yi üretmektedir . Şekil 3'de akım ayırıcı gösterilmektedir.[14]



Şekil 3. Akım Ayırıcı Devre

Benzetim Sonuçları

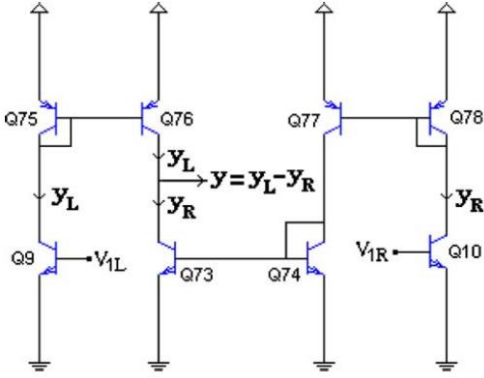
Tasarımı yapılan devrenin benzetimi hem ideal

Bf =10000, hem de AT&T CBIC-U2 transistörleri kullanılarak PSPICE programı yardımıyla yapılmıştır. Chebyshev yaklaşımı için pay ve payda katsayıları kullanılarak benzetim için değerler sırası ile şu şekilde hesaplanmıştır.; K=1, $V_{cc}=2.5V$, $V_t=25.6mV$, $I_{f1}=400uA$, $I_{f2}=110uA$, $I_{f3}=296uA$, $I_{f4}=581.2uA$, $I_{f5}=380uA$, $I_{f6}=110uA$, $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = 50pF$, merkez kesim frekansı $f_0=50MHz$ 'dir.Şekil-7'te, gerçekleştirilen süzgecin farklı frekanslardaki kazancı Şekil-8' de görülmektedir. Şekil-5 ve Şekil-6'te ideal ve gerçek transistör kullanılarak kazanç ve faz cevapları görülmektedir. Tablo 1'deki katsayılar kullanılarak (0.1db için) Tablo 3'deki akım değerleri hesaplanmıştır. Önerilen alçak geçiren Chebyshev süzgecin farklı parametre toleransları altında cevabı Şekil-9'da sunulmuştur. Monte Carlo,süzgecin parametre toleransları analizi,PSPICE programı kullanılarak yapılır.

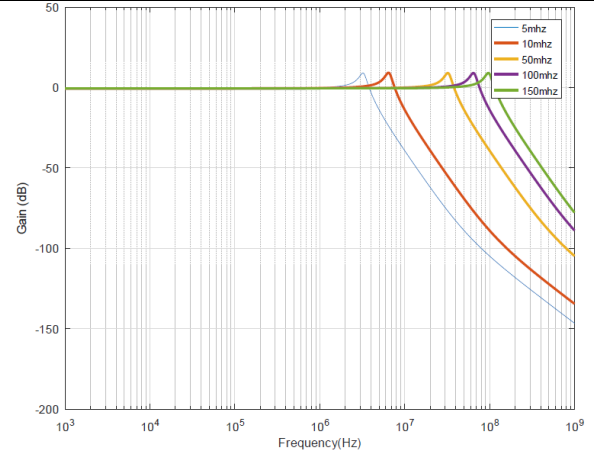
Tablo 2. AT&T CBIC-U2 Kullanılan transistör Modeli

.MODEL QOUTN1 NPN			
+ IS =2.636E-16 BF =3.239E+02 NF =1.000E+00 VAF=8.457E+01			
+ IKF=3.060E-02 ISE=3.674E-17 NE =1.197E+00 BR =3.868E+01			
+ NR =1.000E+00 VAR=1.696E+00 IKR=4.928E-02 ISC=2.045E-19			
+ NC =1.700E+00 RB =5.467E+01 IRB=0.000E+00 RBM=1.212E+01			
+ RE =4.515E-01 RC =1.999E+01 CJE=1.974E-13 VJE=7.973E-01			
+ MJE=4.950E-01 TF =1.901E-11 XTF=1.873E+01 VTF=2.825E+00			
+ ITF=7.403E-02 CJC=1.883E-13 VJC=8.046E-01 MJC=4.931E-01			
+ XCJC=1.57E-01 TR =5.184E-10 CJS=3.540E-13 VJS=5.723E-01			
+ MJS=4.105E-01 FC =9.765E-01			
.MODEL QOUTP2 PNP			
+ IS =1.147E-15 BF =7.165E+01 NF =1.000E+00 VAF=3.439E+01			
+ IKF=1.678E-01 ISE=5.690E-15 NE =1.366E+00 BR =1.961E+01			
+ NR =1.000E+00 VAR=1.805E+00 IKR=1.178E+00 ISC=3.188E-17			
+ NC =1.634E+00 RB =5.323E+01 IRB=0.000E+00 RBM=5.079E+01			
+ RE =1.069E+01 RC =3.177E+00 CJE=1.416E-12 VJE=7.975E-01			
+ MJE=5.000E-01 TF =3.042E-11 XTF=5.386E+00 VTF=2.713E+00			
+ ITF=4.534E-01 CJC=1.918E-12 VJC=7.130E-01 MJC=4.200E-01			
+ XCJC=1.76E-01 TR =1.973E-09 CJS=3.054E-12 VJS=6.691E-01			
+ MJS=3.950E-01 FC =8.803E-01			

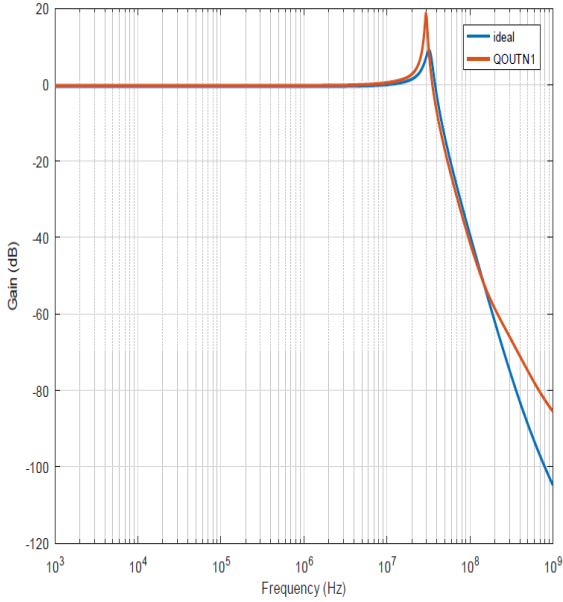
Devrenin çıkışındaki akımların farklarını alabileceğimiz devreyi Şekil 4'te görmemiz mümkündür.



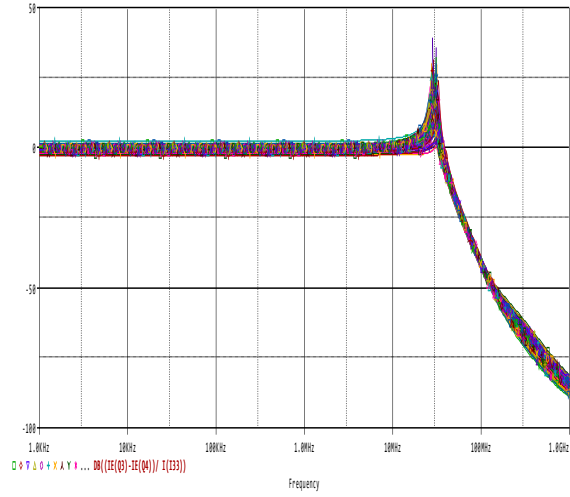
Şekil 4. Fark alıcı devre



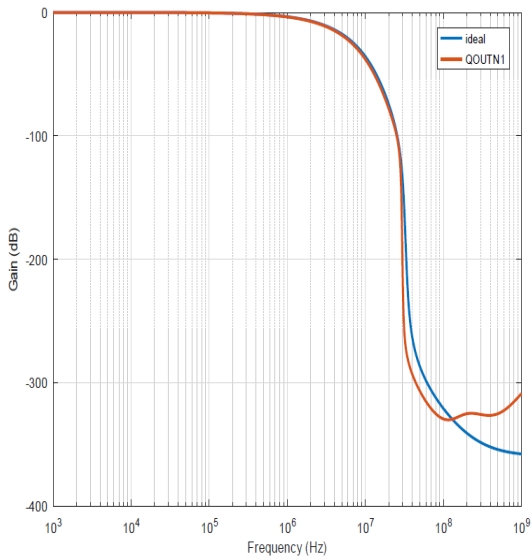
Şekil 7. Alçak geçiren süzgecin farklı frekanslarda kazanç frekans Cevabı



Şekil 5. Tasarlanan süzgecin kazanç frekans Cevabı



Şekil 8. Tasarlanan Süzgecin Monte Carlo Analizi



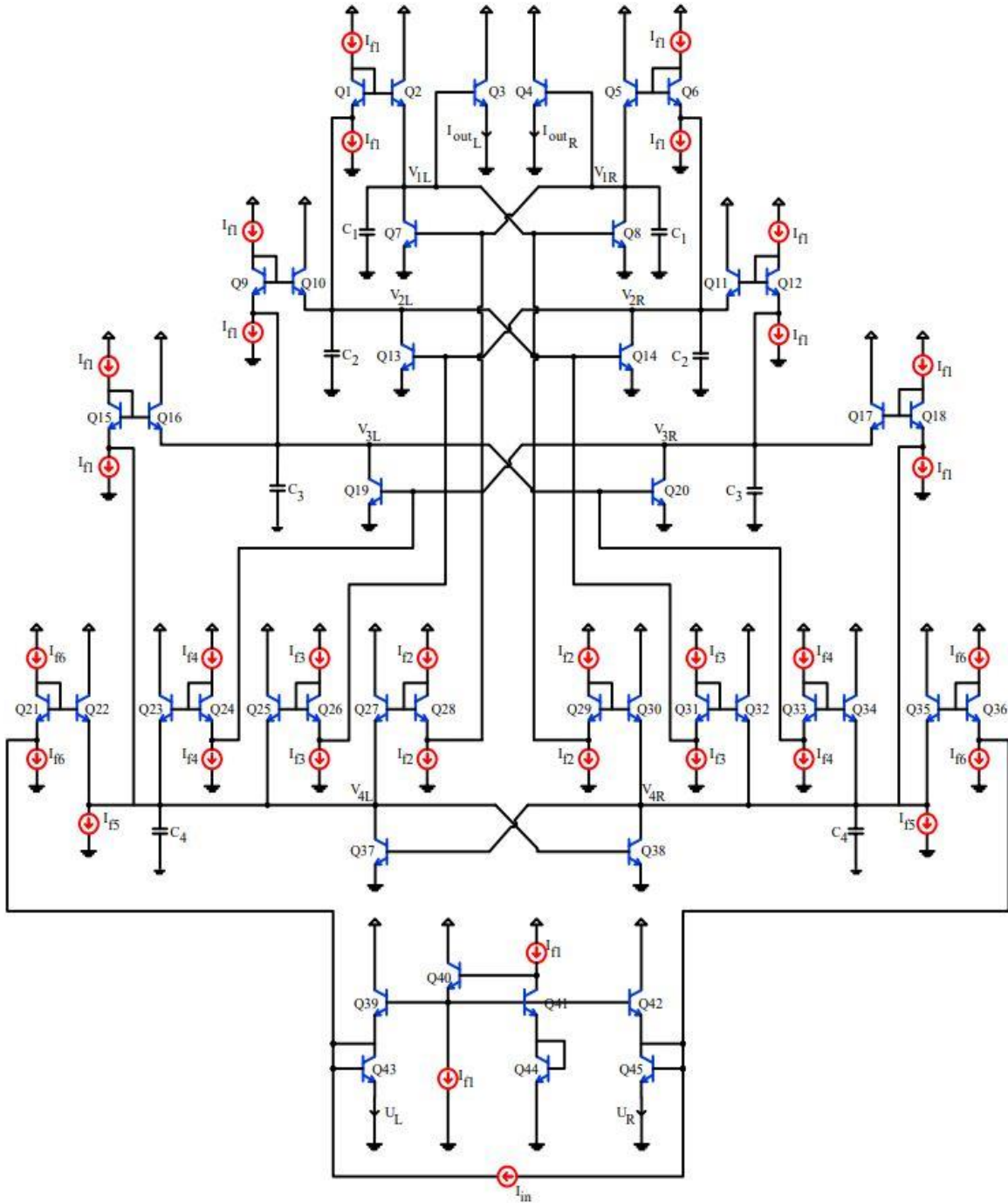
Şekil 6. Tasarlanan süzgecin faz frekans Cevabı

Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada dördüncü derece fark alıcı AB sınıfı Chebyshev logaritmik ortam süzgeci tasarlanmıştır. Farklı kazanç değerleri için Chebyshev süzgeç yaklaşımları akım değerlerinin değiştirilmesiyle elde edilmiştir. 2.5V gibi düşük bir besleme gerilimi kullanılarak PSPICE benzetimi ile doğrulanmıştır. Akım kaynakları değiştirilerek süzgecin kesim frekansı ve kalite faktörü ayarlanabilmektedir. Önerilen devrenin düşük güç tüketimi, düşük gürültü yüksek frekans uygulamalarında kullanılabilmesi, elektronik olarak ayarlanabilmesi ve Chebyshev filtrenin sağladığı kolaylıklar nedeniyle analog işaret işleme uygulamalarında yeni açılımlar sağlayacağı öngörülmektedir.

Tablo 3. 4. Derece Alçak Geçiren Chebyshev Filtre Akım Değerleri

Filtre Çeşidi	f_0	K	I_{f1}	I_{f2}	I_{f3}	I_{f4}	I_{f5}	I_{f6}	C
0.1dB Chebyshev	50Mhz	1	400uA	329uA	811uA	1053uA	723uA	329uA	50pF
0.5dB Chebyshev	50Mhz	1	400uA	151uA	410uA	684uA	478uA	151uA	50pF
1dB Chebyshev	50Mhz	1	400uA	110uA	296uA	581uA	380uA	110uA	50pF
2dB Chebyshev	50Mhz	1	400uA	82uA	206uA	502uA	286uA	82uA	50pF
3dB Chebyshev	50Mhz	1	400uA	70uA	161uA	467uA	232uA	70uA	50pF



Şekil 9. Dördüncü Derece Fark Alıcı AB-Sınıfı Logaritmik Ortam Chebyshev Alçak Geçiren Süzgeç

Kaynakça

- [1] R. W. Adams, "Filtering in the log-domain", Presented at 63rd AES Conference, New York, May 1979.
- [2] Frey, D. R.; Tola, A. T., "A state-space formulation for externally linear class-AB dynamical circuits." *IEEE TCAS II*, Vol.:46, Issue:3 Pages:306-314, 1999 .
- [3] Kircay, A., 2007 "New Possibilities for the Design of Class-A and Differential Class-AB Log-Domain Filters Using State- Space Synthesis Method" Dokuz Eylul University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Doctor of Philosophy, Izmir.
- [4] E. Seevinck, "Companding current-mode integrator: A new circuit principle for continuous-time monolithic filters" *Electronics Letters*, Vol.26, No.24, pp.2064- 2065, 1990.
- [5] D. R. Frey, "Log-domain filtering: an approach to current-mode filtering." *IEE Proc.-G, Circuits Syst. Devices*, Vol.140, No.6, pp.406-416, Dec.1993.
- [6] Kircay, A., and Cam, U., 2008. "Differential Type Class-AB Second-Order Log- Domain Notch Filter" *IEEE Transactions on circuits and Systems-I*, 55(5): 1203-1212.
- [7] Kircay, A. ; Keselioğlu M. S. ; Adalar F. Z. , "Electronically Tunable Current-Mode Third-Order Square-Root-Domain Filter Design" *Journal of Circuits, Systems, and Computers* Vol. 27, No. 9 (2018) 1850136
- [8] Kardoulaki, E. 2011 "Cmos Hyperbolic Sine Eln Filters For Low/Audio Frequency Biomedical Applications" Imperial Collage London, Department of Bioengineering, , Doctor of Philosophy, London.
- [9] Xu z., El-Masry E.I., "Synthesis Of Log-Domain Filter With Well-Defined Operating Point" *IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, May 2004 .
- [10] Leung V. W., Roberts G. W. " Effects of Transistor Nonidealities on High-Order Log-Domain Ladder Filter Frequency Responses " *IEEE Transactions On Circuit And Systems—II: Analog And Digital Signal Processing*, Vol. 47, No. 5, May 2000
- [11] Punzenberger M. , Enz C. C. "A 1.2-V Low-Power BiCMOS Class AB Log-Domain Filter " *IEEE Journal Of Solid-State Circuits*, Vol. 32, No. 12, December 1997
- [12] Prommee P, Thongdit P, Angkeaw K., "Log-domain High-order Low-pass and Band-pass filters" *International Journal of Electronics and Communications* 79:234-242, June 2017.
- [13] Perry D, and Roberts G. W.. " Log-domain filters based on LC ladder synthesis" *Proceedings of ISCAS'95 - International Symposium on Circuits and Systems* , August 2002.
- [14]. Frey, D. R. (1994). Current mode class-AB second order filter. *Electronics Letters*, 30, 205–206..