

T TİPİ LOGARİTMİK ORTAM FİLTRESİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ OLARAK TASARLANMASI VE LABORATUVAR ORTAMINDA GERÇEKLENMESİ

Abdullah T. TOLA¹ Remzi ARSLANALP² Mehmet ÜNAL³ Şaziye SÜRRAV YILMAZ⁴

^{1,2,3}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi,

⁴Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi,
Pamukkale Üniversitesi, 20070, Kınıklı, Denizli

e-posta: ¹attola@pamukkale.edu.tr, ²rarslanalp@pamukkale.edu.tr,
³mehmetulog@yahoo.com, ⁴ssurav@pamukkale.edu.tr

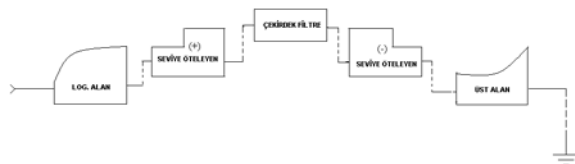
Anahtar sözcükler: Logaritmik Ortam Filtreleri, Akım Modlu Devreler, Sürekli Zamanlı Filtreler

ABSTRACT

A first order Class A type companding log domain filter is synthesized by using computer simulation program, PSpice. The filter has a 260 kHz cutoff frequency and the transistors in the filter have 10mA DC currents. The filter is simulated in PSpice using 'ideal', default PSpice model with $BF=10000$, and BC546B/BC557B type transistors. Simulation results confirmed the theoretical results. In laboratory, the filter is realized by using these transistors, not specially designed for log domain filtering, and then a number of tests are performed. The laboratory results are compared with those of PSpice. Due to some nonideal laboratory conditions, some tolerable differences are observed. Although such filters are very sensitive for mismatches and require integration technology, we have observed that realization of this filter in the laboratory has provided satisfactory results.

1. GİRİŞ

Analog tümdevre teknolojilerinde meydana gelen ilerlemelere paralel olarak, üzerinde daha çok çalışılmaya başlanılan akım modlu filtreler konusunda son on yıldır önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bu gelişmelerin en büyüklerinden bir tanesi sürekli zamanlı filtreler ailesine ilk defa 1979 yılında katılan ancak 1993 yılından itibaren günümüze kadar büyük bir ivme ile atılımını sürdüren logaritmik ortam filtreleridir [1,2].



Şekil 1: Logaritmik ortam filtrelerinin blok yapısı

Logaritmik ortam filtrelerini diğer tasarımlardan ayıran en önemli özellik, işaretin işlendiği ortamın

doğrusal olmamasına karşın giriş çıkış ilişkisinin geniş bir giriş dinamik aralığı içerisinde tam doğrusal olmasıdır. Bu üstünlük farklı bir anlayış olan işaretin sıkıştırma-genişletme özelliğinden kaynaklanmaktadır. İşaretin büyüklüğüne göre sıkıştırma ya da genişletme işlemi, işaretin logaritması alınarak yapılmaktadır. Bu tür devreler *genlik uygunlaştırmalı (companding) devreler* olarak adlandırılabilir. Bu tür filtrelerin çalışma mantığına uygun blok yapı Şekil 1'de görülmektedir [3,4,5].

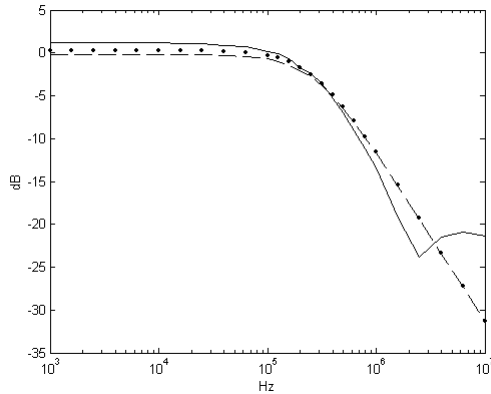
Aktif devrelerde kullanılan elemanlar doğrusal olmadığından dolayı, ya elemanlar olarak ya da blok olarak doğrusallaştırma işlemi yapılmak zorunda kalınmaktadır. Halbuki, logaritmik ortam devrelerinde doğrusal olmayan elemanlar kullanılmasına karşın doğrusallığın korunması bir sorun olmamaktadır. Devre elemanları sınırlandırılmamış doğal özgeçiricilerinde doğrusal olmayan özgün salınımları ile çalışmaktadır. Bu sebepten dolayı doğrusallığı arttırmak için ilave eleman kullanmak suretiyle çalışma aralığının daraltılmasına gerek yoktur. Böylelikle logaritmik ortam devrelerinin, günümüzün gereksinimleri olan güç tüketiminin azalması, besleme gerilim seviyesinin düşmesi, işaret hızının artması ve çalışma frekans aralığının genişlemesi gibi bir çok üstünlüğe sahip olduğu çeşitli araştırmalarda sunulmuştur [6,7,8,9].

Günümüze kadar bu konuda yapılan teorik çalışmaların yanı sıra çeşitli bilim adamları tarafından pratik olarak da uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Logaritmik ortam filtrelerinde kullanılan devrelerin hassasiyetinin diğer devrelerden yüksek olması tümdevre teknolojisine ihtiyaç duyulmasına yol açar. Yapılan uygulamalı çalışmaların önemli bir kısmı özel tasarlanmış yarıiletken eleman üretimi yapabilme teknolojisine sahip gelişmiş laboratuvarlarda test edilmiştir [7,10,11].

frekans ortamındaki analizler teorik sonuçları desteklemiştir.

Bundan sonra tasarımın istenilen sonuçları hangi ölçüde verebileceğini görebilmek için zaman ortamında inceleme yapılmıştır. Devre, iletim bandında en kötü sonucu verdiği bilinen kesim frekansında sürülmüştür. Laboratuvar ortamında osiloskop çıktısı olarak elde edilen giriş ve çıkış dalga işaretleri Şekil 3’de görülmektedir. İşaretlerin genliklerinin arasında 3 dB’lik bir farkın olduğu anlaşılmaktadır. Ancak fazlar arasında olması gerekene göre 180°’lik bir farklılık görülmektedir. Bunun sebebi çıkış işaretinin kollektör üzerinden alınmasıdır.

Daha sonra elde edilen sonuçların ideal filtre karakteristiğine ne kadar yaklaştığını tespit edebilmek için giriş işaretinin frekansı 1kHz ile 10MHz arasında değiştirilerek frekans tepkisi elde edilmiştir. PSpice’da akım kazancı $BF=10000$ olarak değiştirilen varsayılan transistörün kullanılması ile elde edilen frekans tepkisi *ideal tepki* olarak, üretici firma tarafından belirlenen model tanımlaması ile yapılan simülasyon sonucu elde edilen frekans tepkisi *gerçek tepki* olarak, belirlenen transistörün kullanılması ile laboratuvar ortamında elde edilen frekans tepkisi ise *fiziksel tepki* olarak adlandırılmıştır. Şekil 4’de kesim frekansı civarında yüksek yoğunluklu örnek alınarak elde edilen 1kHz-10MHz arası frekans tepkileri grafiği, Tablo 1’de de 1kHz’den başlayan 4 dekatlık bir frekans aralığı için dekat sınırlarının niceliksel karşılaştırılması verilmiştir. Şekilde ideal tepki kesikli çizgi (--) ile, gerçek tepki nokta (.) ile ve fiziksel tepki ise düz çizgi (—) ile gösterilmiştir.



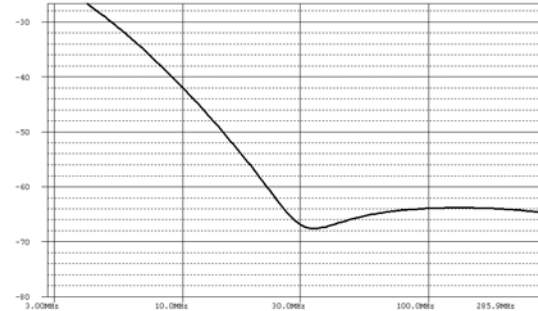
Şekil4: İdeal (--), gerçek (.) ve fiziksel tepki (—)

Tablo 1: 4 dekatlık aralık için frekans tepkileri

Frekans	İdeal T. dB	Gerçek T. dB	Fiziksel T. dB
1KHz	-0.11948	0.2833	1.157
10KHz	0.2004	0.2772	1.157
100KHz	0.7300	-0.2987	0.157
1MHz	-13.443	-11.576	-11.636
10MHz	-21.343	-31.336	-31.376

Fiziksel tepki incelendiğinde yaklaşık 2.5MHz frekansında bozulmaya uğradığı, fakat gerçek tepkinin aynı frekansta ideal tepkiye çok yakın seyrettiği görülmektedir. Bu beklenen bir durum değildir. Transistörün model tanımlaması ile dış dünyadaki davranışını belirleyen katalogsal veriler arasında uyumsuzluğun olduğu anlaşılmaktadır. Bunun üzerine model tanımlamasında yüksek frekanslardaki davranışını esas olarak belirleyen parametrelerden olan TF (ileri yön geçiş zamanı, 's') ve TR (geri yön geçiş zamanı, 's') değerleri ile kataloglarda yer alan transistörün çalışma frekansı değeri olan f_t 'nin ('Hz') karşılaştırılmalı incelemesi yapılmıştır. TF ile $1/f_t$ 'nin arasındaki model parametrelerinden (Cje ve Mjc, Vjc) ve çalışma koşullarından (Ic, Vt, Vcb) meydana gelen küçük fark ihmal edilirse (ki bizim çalışma koşullarımızda etkisinin düşük olduğu hesaplanmıştır), bu iki büyüklük yaklaşık eşit kabul edilebilir [13]. Ancak katalog bilgilerine göre f_t değeri 100MHz iken, model tanımlamasında TF değeri 410ps olduğu görülmüştür. Bu da açık olarak model tanımlamasının yüksek frekans uygulamalarını tam olarak kapsamadığı anlamına gelir.

Model tanımlanmasındaki bu eksikliğin belirlenmesinden sonra diğer tüm parametrelerin sabit kalması koşulu ile sadece $TF=1/100MHz$ olarak değiştirilmesinden sonra daha geniş bir frekans aralığında frekans ortamı analizi yapılmıştır. Bunun sonucunda beklendiği gibi bir bozulma 30MHz civarında tespit edilmiştir. Bu durum Şekil 5’te sunulmuştur.



Şekil 5: TF değerinin değişimi ile elde edilen frekans tepkisi

Model tanımlamasında yer alan yüksek frekans uygulamalarını etkileyen diğer parametrelerin de değiştirilmesi ile laboratuvar ortamında elde edilen sonuçlara daha yakın gerçek frekans tepkisinin elde edilebileceği açıktır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bilgisayar destekli yapılan uygulamalarda kullanılan programlar her ne kadar gerçek dünya şartlarına göre tasarlanmış olsa da, laboratuvar çalışmalarındaki ölçü cihazlarının bağlantı kablolarının yüklemelerini, devre elemanlarının birbirleri ile birleştirilmesi esnasında ortaya çıkan

istenmeyen kapasitif ve direnç etkilerini, ortamın parazitik etkilerini ya da çalışma sıcaklığının değişimini tam olarak içermemektedir. Bu sebepten dolayı simülasyonlardan elde edilen sonuçlar en iyi durum analizi olarak kabul edilmelidir [14]. Bu yüzden BC serisi kullanılarak yapılan PSpice sonuçları ile laboratuvar sonuçları arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Ancak bu farklılıklar bir deneysel çalışma için kabul edilebilir sınırlar içindedir.

Kısım 3'te belirtildiği gibi bu çalışmada bilgisayar destekli deneysel bir araştırma yapılmıştır. Devrenin laboratuvar koşullarında çalıştırılması esnasında çeşitli sorunlar ile karşılaşmıştır. Devrenin istenilen sonuçları vermesindeki temel şart transistörler üzerindeki DC dengenin hassasiyetle korunması gerekliliğidir. Bu sebepten dolayı özellikle akım kaynakları arasındaki dengenin korunması için çaba sarf edilmiştir. Örneğin NPN ve PNP transistörleri arasındaki yapısal farklılıklardan oluşan dengesizliği aşabilmek için yüksek hassasiyetli direnç değerleri kullanılmıştır. Bunun yanında gerilim değeri ile doğrudan orantılı olan sıcaklığa bağlı gerilim seviyesinin (V_T) çok küçük bir değişimi ile akım bilgisi bozulabilmektedir. Bu yüzden sabit ortam sıcaklığına önem verilmiştir.

Bu hassasiyetlerin yüksek olmasının nedeni elektriksel büyüklükler arasındaki üstel ilişkilerdir. Logaritmik ortam filtrelerinin doğrusal olmayan ortamda çalışıp doğrusal bir ilişkiye sahip olması üstün bir özellik olmasına karşın, bu doğrusal olmayan ilişkinin meydana getirdiği hassasiyet bu tür devreler adına olumsuzluk olarak görülmektedir.

Daha öncede belirtildiği gibi elde edilen sonuçlar incelendiğinde, gerçek tepki ile ideal tepkinin birbirine çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Tasarım sırasında transistörler ideal kabul edilmiş, pek çok ideal olmayan özellikleri gözardı edilmiştir. Örneğin akım kazancı 300 civarında olmasına rağmen tasarım sırasında sonsuz kabul edilmiştir. Bunun devrenin DC kazancını ve AC karakteristiğini etkileyen sebeplerden birisi olduğu bilinmektedir. Yapılan çeşitli araştırmalarda transistörün ideal olmayan karakteristiklerinin devrenin genel çalışmasına olan etkilerinin çok önemli olmadığı ifade edilmiştir [8,15,16,17]. Bu sav, çalışmamızda elde edilen deneysel sonuçlar ile desteklenmektedir.

Yapılan çalışmalarda gerçek ve ideal sonuçlar ile fiziksel sonuçların istenilen oranda benzeştiği görülmüştür. Hiç şüphe yok ki, daha iyi bir transistörün seçilmesi veya tasarımının yapılması ile yüksek teknoloji altında yapılacak uygulamalar daha iyi sonuçlar verecektir.

Logaritmik ortam filtrelerinin laboratuvar koşullarında gerçekleştirildiğini gösteren bu çalışma farklı yaklaşımlardaki farklı örnekler için de benzer sonuçların elde edilebileceğini ispatlar.

Logaritmik ortam filtreleri yeni nesil akım modlu filtre ailesi içinde yerini almıştır. Gün geçtikçe konu üzerine olan ilgi artmaktadır. Bunun göstergesi olarak da yayımlanan makale sayısının artması ve konunun ders kitaplarında yerini almaya başlaması söylenebilir [18]. Bilim dünyasındaki bu konuya olan eğilimin, Türkiye'deki bilim adamlarını da etkileyeceğine inanılmaktadır.

EKLER

.MODEL BC546B NPN (Is=7.049f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=62.79 Bf=374.6 Ise=68f Ne=1.576 kf=81.57m Nk=.4767 Xtb=1.5 Br=1 Isc=12.4f Nc=1.835 Ikr=3.924 Rc=.9747 Cjc=5.25p Mjc=.3147 Vjc=.5697 Fc=.5 Cje=11.5p Mje=.6715 Vje=.5 Tr=10n Tf=410.2p Itf=1.491 Xtf=40.06 Vtf=10)

.MODEL BC557B PNP (Is=1.02f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=52.31 Bf=306.5 Ise=10.27f Ne=1.764 Ikf=91.85m Nk=.5351 Xtb=1.5 Br=6.48 Isc=1.472f Nc=1.294 Ikr=.5584 Rc=1.086 Cjc=9.81p Mjc=.332 Vjc=.4865 Fc=.5 Cje=30p Mje=.3333 Vje=.5 Tr=10n Tf=611.6p Itf=1.373 Xtf=26.05 Vtf=10)

KAYNAKLAR

- [1] Adams, R. W., Filtering in the Log Domain, Presented at the 63rd AES Audio Engineering Soc. Conf., New York, May 1979.
- [2] Frey, D. R., Log-Domain Filtering: an Approach to Current-Mode Filtering, IEE Proceedings-g, Vol. 140, No.6, December 1993.
- [3] 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.
- [4] Tsividis, Y., Gopinathan, V. and Toth, L., Companding in Signal Processing, Electronics Letters, Vol. 26. pp.1331-1332, 1990.
- [5] Arslanalp, R., Eliptik Filtre Yaklaşımının Logaritmik Ortamda Gerçeklenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Denizli 2003.
- [6] Frey, D. R., State-Space Synthesis and Analysis of Log-Domain Filters, IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Analog and Digital Signal Processing, Vol. 45, No.9, 1998.
- [7] Frey, D. R., Log Domain Filtering for RF Applications, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.31, No.10, 1996.
- [8] Tola, A. T., A Study Of Nonideal Log Domain and Differential Class AB Filters, Ph.D. Dissertation, Lehigh University, 2000.
- [9] Özoğuz, S., Şengör, N., On the Realization of NPN-Only Log-Domain Chaotic Oscillators, IEEE

Transactions on Circuits and Systems-I: Fundamental Theory and Applications, Vol.50, No.2, 2003.

[10]Baki R. A., El-Gamal M. N., A Low-Power 5-70-MHz Seventh-Order Log-Domain Filter with Programmable Boost, Group Delay, and Gain for Hard Disk Drive Applications, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.38, No.2, 2003.

[11]Psychalinos, C. and Vlassis, S., On the Exact Realization of Log-Domain Elliptic Filters Using the Signal Flow Graph Approach, IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Analog and Digital Signal Processing, Vol. 49, No.12, 2002.

[12]Tola A. T., Arslanalp R., Sürav Ş., Logaritmik Ortam Filtreleri İçin Alternatif Giriş Devre Mimarileri, DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, incelemede.

[13]Rashid M. H., Spice for Circuits and Electronics Using Pspice, ISBN 0131246526, 1995

[14] Kuntman, H. H., Analog Tümdevre Tasarımı, Birsen Yayınevi, ISBN 9755111905, s.289-315, İstanbul, 1998.

[15] Tola, A. T., 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.

[16]Mulder, J., Kouwenhoven, M. H. L., Serdijn, W. A., van der Woerd, A. C., van Roermund, A. H. M., Nonlinear Analysis of Noise in Static and Dynamic Translinear Circuits, IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Analog and Digital Signal Processing, Vol. 46, No.3, 1999.

[17] Toth, L., Efthivoulidis, G., Tsividis, Y. P., Noise Analysis of Externally Linear Systems, IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Analog and Digital Signal Processing, Vol. 47, No.12, 2000.

[18]Deliyannis, T., Sun, Y. and Fidler, J. K., Continuous-Time Active Filter Design, CRC Press, ISBN 0-8493-2573-0. p.35, USA, 1999.