

AKTİF ANALOG FİLTRELERDE ELEMAN DEĞERLERİNİ BELİRLEYEN BİLGİSAYAR YAZILIMI

Turgay Kaya, Melih C. İnce, Erhan Akbal*, Mustafa Ulaş*, Aytuğ Boyacı*
Fırat Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 23119, ELAZIĞ
tkaya@firat.edu.tr, mcince@firat.edu.tr

*Fırat Üniversitesi Enformatik Bölüm Başkanlığı, 23119, ELAZIĞ
erhanakbal@firat.edu.tr, mustafaulas@firat.edu.tr, aytugboyaci@firat.edu.tr

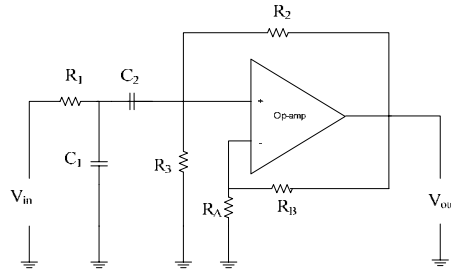
Özet: Aktif analog bant geçiren filtrelerde eleman değerlerinin hesaplanması, devrenin eleman sayısının artmasına bağlı olarak zorlaşmaktadır. Bant geçiren filtre tasarımı yapılırken bu karmaşık işlemleri daha kolay ve daha kısa bir sürede sonuçlandırmak istenen bir durumdur. Bu çalışmada, işlem karmaşasını ortadan kaldıran, her yeni isteğe göre yeni eleman değerlerini hesaplayan ve böylece yeni devrenin tasarımını kolaylaştıran bir bilgisayar programı gerçekleştirilmiştir. Bu program aracılığı ile kullanıcı elle hesaplanması çok zor olan derecelere sahip filtreleri bile hatasız hesaplayabilmektedir.

1. Giriş

Aktif analog filtre tasarımında izlenen yol genellikle denenmiş bir devre modelinden hareketle eleman değerlerinin belirlenmesi biçimindedir. Ele alınan devre modelleri genellikle bir işlemsel yükselteç, dirençler ve kondansatörlerden oluşur. Bu çalışmada, bu devrelerin tasarımı için bir bilgisayar programı yazılmıştır. Program seçilmiş aktif analog devre modelinin sağlaması gereken özellikleri kullanıcıya sorar. Programda iyi bilinen Sallen-Key aktif filtre katları seçilmiş ve kullanılmıştır. [1] Filtre karakteristiğini elde etmek için Butterworth, Chebyshev ve Eliptik yaklaşımlardan biri seçilebilir.

2. Geliştirilen Program

Geliştirilen programda seçilen yaklaşıma göre çeşitli işlem adımları göz önünde bulundurulmuştur. Örneğin Butterworth yaklaşımı kullanılarak bir bant geçiren filtre tasarımında program, kullanıcıdan filtrenin geçirme frekansı alt değeri (Ω_{p1}), geçirme bandı üst değeri (Ω_{p2}), durdurma bandı alt değeri (Ω_{s1}), durdurma bandı üst değeri (Ω_{s2}), durdurma bandı dalgalanma değeri (δ_1), geçirme bandı dalgalanma değerlerini (δ_2) girmesini istemektedir.

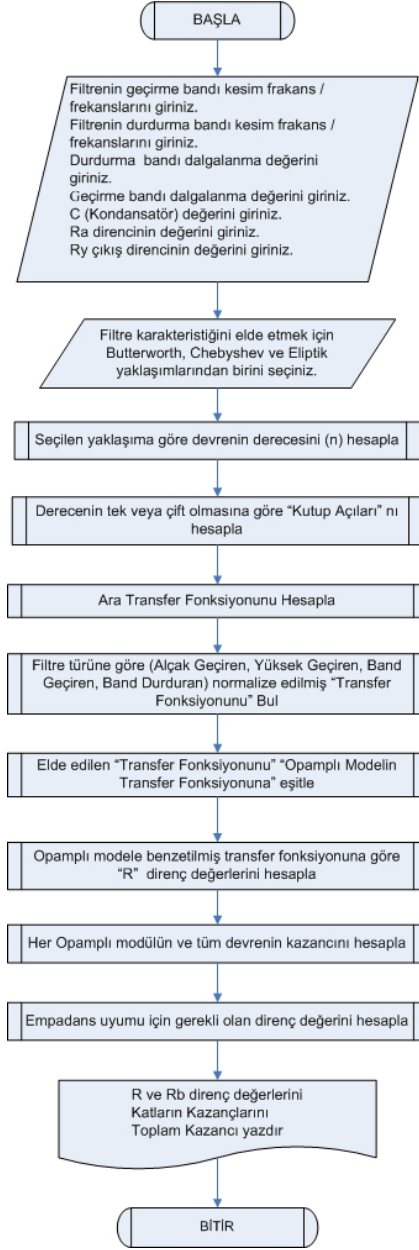


Şekil 1. Sallen-Key Band Geçiren Aktif Filtre Katı

$$H_{c,p}(s) = \frac{Ks}{R_1 C_1} \frac{1}{s^2 + \left[\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_3 C_1} + \frac{1}{R_3 C_2} + \frac{(1-K)}{R_1 C_1} \right] s + \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 R_3 C_1 C_2}} \quad (1)$$

Şekil 1'deki devreden elde edilen transfer fonksiyonu denklem 1'de verilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen program bu transfer fonksiyonuna sahip kattan kaç tanesinin kaskat bağlanarak istenen filtre transfer

fonksiyonunun elde edileceğini ve her bir kattaki devre elemanlarının değerlerini hesaplayarak tablo halinde verir. [2]



Şekil 2. Geliştirilen Programın Akış Diyagramı

Geliştirilmiş olan program kullanıcıdan ilk olarak istediği özellikleri yerine getirecek filtrenin kesim frekansları, durdurma ve geçirme bandı içerisinde izin verilen dalgalanma değerlerinin girilmesini istemektedir. Program ayrıca kullanıcıdan bilinen değerler içerisinde C (kondansatör) değerini, op-amp lı bloğun kazanç değerini belirleyen direnç değerini ve çıkış empedans uyumunu sağlamak için gerekli olan direnç değerini istemektedir.

Bu değerler girildikten sonra, filtre karakteristiğini elde etmek için gerekli olan Butterworth, Chebyshev ve Eliptic yaklaşımlardan birisinin seçilmesi ve programa girilmesi gerekmektedir.

Bu aşamadan sonra, seçilen filtre yaklaşımına göre kullanıcının istediği özellikleri sağlayacak filtrenin derecesi (n) hesaplanmaktadır. Program hesaplanan filtre derecesinin tek veya çift olmasını dikkate alarak gerekli olan kutupları bulmaktadır. Hesaplanan kutuplara göre filtrenin normalize edilmemiş transfer fonksiyonu bulunur. Daha sonra filtre türüne göre (Alçak geçiren, Yüksek geçiren, Bant-geçiren ve Bant-durduran) uygun dönüşüm denklemleri kullanılarak normalize edilmiş transfer fonksiyonu elde edilmektedir. Bu programda bant geçiren filtre için dönüşüm denklemi olarak;

$$S = \frac{s^2 + w_0^2}{BW \cdot s} \quad (2)$$

kullanılmaktadır. Bu çalışmada örnek bant geçiren filtre için yapıldığından bant genişliği ve merkez frekansı değerleri istenilen filtre özelliklerinden program içinde hesaplanmaktadır. Program ile elde edilen transfer fonksiyonu birbirine kaskat olarak bağlanmış blokların tümünün transfer fonksiyonunu içerir. Her bir bloğun sahip olduğu transfer fonksiyonu denklem 1 de gösterildiği gibi, kaskat yapıdaki katların sadeleştirilmiş transfer fonksiyonuna eşitlenerek bu fonksiyon içerisindeki katsayıları oluşturan direnç değerleri hesaplanmaktadır. Program ayrıca katların her birisi için kazanç değerini, tüm yapının toplam kazancını ve empedans uyumunu sağlayan gerekli direnç değerini sonuç olarak vermektedir.

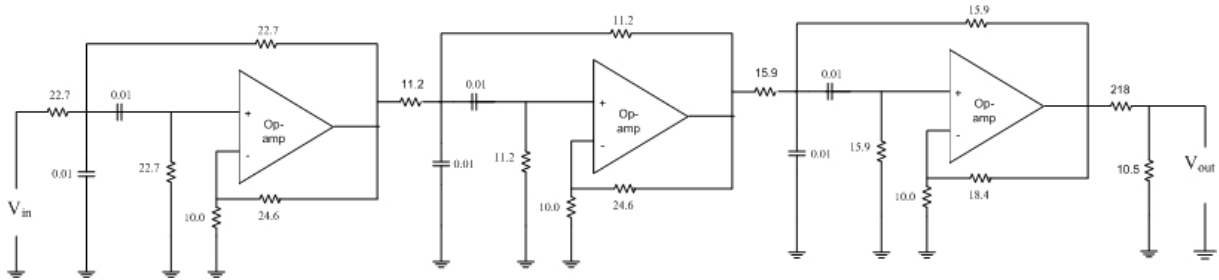
Program aşağıdaki özellikleri sağlayacak bant geçiren filtrenin Butterworth yaklaşımını kullanarak ve $C=0.01 \mu F$ ve $R_A=10 \text{ k}\Omega$ değeri için çalıştırıldığında Tablo 1 de verilen sonuçlar elde edilmektedir.

Filtre özellikleri: Geçirme bandı alt kesim frekansı 1000 Hz, üst kesim frekansı 2000 Hz, durdurma bandı alt kesim frekansı 500 Hz, üst kesim frekansı 4000 Hz, geçirme bandı dalgalanması -1.5 dB, durdurma bandı dalgalanması -28dB dir.

m	R _m	K _m	R _{Bm}	G _{Am}
0	15.92 K	2.8410	18.41K	2.4512
1	22.68K	3.4550	24.55K	2.0919
2	11.17K	3.4550	24.55K	4.2481

Tablo 1 Program Yoluyla Bulunan Değerler

Arzu edilen filtre özelliklerini sağlayan 6. dereceden bant geçiren filtrenin 2. dereceden oluşan op-amp'lı 3 bloğun kaskat bağlanmasıyla elde edilen toplam devre şekil 3'te gösterilmektedir. Devredeki dirençler kΩ, kapasiteler de μF mertebesindedir.



Şekil 3. 6. dereceden bant geçiren filtre için toplam devre bloğu

3. Sonuç

Elle hesaplamaların güçlüğü ve sıkıcılığını ortadan kaldıran program, literatürde rastlanan modeller üzerinde denenmiş ve uygun sonuçlar elde edilmiştir.[1]

Program ileri bir çalışma olarak filtre katsayılarının sezgisel optimizasyon yöntemiyle belirleyecek bir algoritmaya taban oluşturacak yapıdadır.

Kaynaklar

[1] Les., Thede., "Analog and Digital Filter Design" Prentice Hall., New Jersey., 1996.

[2] Mehmet Uzunoğlu, Ali Kızıl ve Ömer Çağlar Onar, "Her Yönü İle Matlab", İstanbul., 2003.