

3 işlemsel yükselteçten oluşan genel amaçlı süzgeç

1. GİRİŞ

741 türünden üç işlemsel yükselteç Şekil 1'de gösterildiği gibi birbirine bağlandığı zaman ses sıklığı bandında çalışan, aynı anda hem alçak, hem baht hem de yüksek geçiren genel amaçlı bir süzgecin temelini oluşturur.

Şekil 2'deki devreye çeşitli biçimlerde dirençler eklenerek geçiş işlevi aşağıda verilen ikinci dereceden bir dizge elde edilir:

$$G(s) = \frac{as^2 + a_2s + a_1}{s^2 + b_2s + b_1} \quad (D)$$

$G(s)$ nin paydaşındaki b_1 ve b_2 katsayıları işlevin karmaşık - eşlenik kutuplarının yerini ve Q 'sunu belirler. Bilindiği gibi

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{b_1}}$$

$G(s)$ 'nin doğal sıklığını,

$$Q = \frac{\omega_0}{b_2}$$

ise kutupların ω_0 'a göreli olarak $j\omega$ eksenine ne kadar yakın olduğunu verir.

Eğer süzgeç çıkışı olarak A1 yükseltecinin çıkışı alınırsa $a_1 = 0$ ve $a_2 = 0$ olur ve böylece $G(s)$

$$G(s) = \frac{a_3s^2}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2} \quad (2)$$

olarak yazılabilir. Bu durumda süzgecin yüksek geçiren çıkışı - nı seçmiş oluruz.

Eğer süzgeç çıkışı olarak A2 yükseltecinin çıkışı alınırsa

bu kez $a_1 = 0$ ve $a_3 = 0$ olur ve geçiş işlevi

$$G(s) = \frac{a_2s}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2} \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir. (3) eşitliğinden görüldüğü gibi A2 yükseltecinin çıkışı süzgecimizin "bant geçiren" çıkışıdır.

Benzer şekilde A3 yükseltecinin çıkışı seçildiğinde bu kez işlevimiz

$$G(s) = \frac{a_1}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2} \quad (4)$$

şeklini alır ki, görüldüğü üzere A3 çıkışı seçilince devre bir "alçak geçiren" süzgeç olarak çalışır.

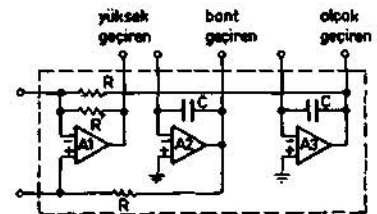
Giriş ve çıkışlarda uygun bağlantılar yaparak Şekil 1'deki temel devreden çentik süzgeç (yani tek bir sıklığı alabilmesine söndüren süzgeç) yada hepgeçiren süzgeç (yani genlik karakteristiği sıklığa bağlı olmayan ama evre karakteristiği sıklığın işlevi olan ve dclayısıyla bu özelliği için kullanılan süzgeç) elde etmekte mümkündür.

Çentik süzgeç için $a_3 = 0$ ve $a_1 = 1$ olması gerekir; bu durumda geçiş işlevi

$$G(s) = \frac{s^2 + \omega_0^2}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2} \quad (5)$$

şeklini alır (Okuyucu a_3 ün ω_0^2 olarak yeniden tanımlandığını görecektir. Bu yeniden tanımlamadaki amacımız u_0 deki s alt-simgesinin bize "söndürme" sıklığını anımsatmasını istediğimiz içindir).

Hepgeçiren süzgeç için ise $a_1 = 1$ olmalıdır. Bu durumda, yukardaki paragrafta açıklanan nedene benzer nedenlerle $a_2 = u_0/Q$ ve $a_3 = \omega_0^2$ yeni-



Şekil 1. Temel devre.

den tanımlamasını yaparsak, hepgeçiren süzgeç geçiş işlevi

$$G(s) = \frac{s^2 - (\dot{U}_0/Q)s + \omega_0^2}{s^2 + (u_0/Q)s + \omega_0^2} \quad (6)$$

olarak ifade edilebilir.

2. BAZI SÜZGEÇ DEVRELERİ

Bölüm 1'de genel bir özetini verdiğimiz genel amaçlı süzgeçten istenilen karakteristikleri elde etmek için yapılması gereken ek bağlantı şekillerini ve süzgeçlerin devre öğeleri cinsinden geçiş işlevlerini bu bölümde inceleyeceğiz.

Şekil 2 A1 yükseltcecinin evirmeyen girişini kullanan alçak, bant ve yüksek geçiren süzgeci, Şekil 3 çentik süzgeci ve Şekil 4 ise hepgeçiren süzgeci göstermektedir. Hemen eklemek gerekir ki şekillerde gösterilen bu bağlantı biçimleri istenilen amaç için mümkün olan çok çeşitli biçimlerden yalnızca birkaçıdır.

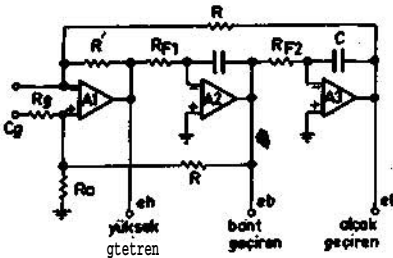
Okuyucu bu süzgeç devrelerinin Şekil 1'deki temel devreden nasıl elde edildiğine dikkat etmelidir.

Biz burada yalnızca Şekil 2'de gösterilen süzgeci ayrıntılı olarak inceleyeceğiz. Şekil 3 ve 4 ile ilgili ayrıntıları ise okuyucuya bırakacak ve yalnızca bunlarla ilgili sonuçları vermeye yetineceğiz.

Görüldüğü üzere Şekil 2'deki bağlantı biçimi Şekil 1'deki temel devreye R_g , R_Q , R_{p1} ve R_{p2} dirençlerinin eklenmesi ile elde edilmiştir.

A1 yükseltcecinin kazancı A olsun. Bu durumda, Şekil 2'den

$$E_H(s) = A[V_N(s) - V_I(s)] \quad (7)$$



Şekil 2. Genel amaçlı süzgeç.

$$[E_L(s) - V_I(s)]/R = - [E_H(s) - V_I(s)]/R' \quad (8)$$

$$E_H(s)/R_{p2} = -sCE_B(s) \quad (9)$$

ve

$$E_B(s)/R_{p2} = -sCE_L(s) \quad (10)$$

denklemleri yazılabilir.

(8), (9) ve (10) denklemleri yazılırken işlemsel yükseltçilerin giriş empedanslarının sonsuz kabul edildiğinin anımsanması gerekir.

Buna ek olarak A1 yükseltcecinin giriş devresinden de

$$\begin{aligned} & [E_g(s) - V_N(s)]/R_g \\ & + [E_B(s) - V_N(s)]/R \\ & = \frac{V_N(s)}{R_Q} \end{aligned} \quad (11)$$

yazılabilir.

$V_x(s)$ yi (8) den, $V_N(s)$ yi de (11) den çözüp (7) de yerine koyarsak

$$E_H(s) = A \left[\frac{E_g(s)/R_g + E_B(s)/R}{1/R_g + 1/R + 1/R_Q} - \frac{E_L(s)/R + E_H(s)/R^*}{1/R + 1/R'} \right] \quad (12)$$

elde ederiz, işlemsel yükseltcecinin kazancının çok yüksek olduğunu varsayarsak ve ayrıca (12) nin her iki tarafını $E_g(s)$ ye bölersek

$$GH(s) = (1 + R'/R) \left[\frac{1/R_g + G_B(s)/R}{1/R_g + 1/R + 1/R_Q} - \frac{G_L(s)}{1 + R/R'} \right] \quad (13)$$

bulunur.

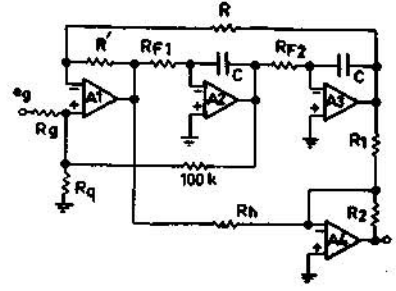
Burada, $G_B(s)$ A1'in çıkışı ile giriş, $G_B(s)$ A2'nin çıkışı ile giriş ve $G_L(s)$ A3'ün çıkışı ile giriş arasındaki geçiş işlevleridir; yani

$$G_B(s) \triangleq E_B(s)/E_g(s)$$

$$G_B(s) \triangleq E_B(s)/E_g(s)$$

$$G_L(s) \triangleq E_L(s)/E_g(s)$$

dir.



Şekil 3. Çentik süzgeç.

(9) ve (10) eşitliklerinden

$$G_B(s) = -\frac{1}{sCR_{p2}} G_H(s) \quad (U)$$

ve

$$G_L(s) = \frac{1}{s CTR_{p1}R_{p2}} G_H(s) \quad (15)$$

olduğu kolayca görülebilir. Bu durumda

$$\omega_{01} \triangleq 1/CR_{p1}$$

ve

$$\omega_{02} \triangleq 1/CR_{p2}$$

tanımlamalarını yapar ve (14) ve (15) eşitliklerini (13) te yerine koyarsak

$$GR(s) = \frac{1 + R'/R}{1 + R_g/R + R_g/R_a} \frac{s^2}{s^2 + (\omega_{01}/Q)s + \omega_{01}^2} \quad (16)$$

buluruz. Burada

$$\omega_0 \triangleq \left[\frac{1 + R'/R}{1 + R/R'} \omega_{01} \omega_{02} \right]^{1/2} \quad (17)$$

ve

$$Q \triangleq \left[\frac{1 + R'/R}{1 + R/R'} \cdot \frac{\omega_{02}}{\omega_{01}} \right]^{1/2} \frac{1 + R/R_g + R/R_Q}{1 + R'/R} \quad (18)$$

olarak tanımlanmıştır.

Görüldüğü üzere $GH(s)$ yüksek geçiren bir süzgeç özelliği göstermektedir.

(14) eşitliğinden (16) yi kullanarak

$$G_B(s) = \frac{(1 + R'/R) w!}{1 + Rg/R + R_g/R_Q} \cdot \frac{1}{s^2 + (u >_0/Q)s + w_0^2} \quad (19)$$

ve benzer şekilde (15) eşitliğinden de

$$G_L(s) = \frac{(1 + R'/R) U_0(O_2)}{1 - Rg/R + Rg/R_g} \cdot \frac{1}{s^2 + (<0_0/Q)s + w_0^2} \quad (20)$$

bulunur.

Okuyucu Gg(s) nin bant geçiren, GL(S) nin ise alçak geçiren süzgeç özellikleri gösterdiğine dikkat edecektir.

Şu halde Şekil 2'de gösterilen devre seçilen çıkışa bağlı olarak alçak, bant yada yüksek geçiren bir süzgeç olarak kullanılabilir.

Şimdi daha kesin olabilmek için Şekil 1'deki temel devremizdeki öğeler için bazı tipik değerler seçelim ve bundan sonraki irdellemelerimizi bu değerleri kullanarak yapalım.

R = 100 K, R' = 10 K ve C = 1000 pF olsun.

Bu durumda (17) ve (18) sırasıyla

$$u_0 = (0,1 (Q_1 (Q_2)^{\frac{1}{2}}) \quad (21)$$

ve

$$Q = 0,287 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^{\frac{1}{2}} (1 + 100/R_g + 10/R_Q) \quad (22)$$

biçimine girer. (22) de Rg ve RQ nun Kfi cinsinden alınması gerektiği unutulmamalıdır.

Süzgeçimizde too sıklığının ve Q nun birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilmesi istenir. Bunu sağlamak için Rp1 = Ry2 R seçmek yeterlidir. Bu durumda (Q1 = (02 olur. Böylece C = 1000 pF olarak alındığı anımsanırsa

$$f_0 = \frac{50,33}{R_F} \quad (23)$$

(Rf ktt cinsinden, f0 kHz cinsinden)

ve

$$Q = 0,287 (1 + 100/R_g + 100/R_Q) \quad (24)$$

bulunur. Şu halde istenen f0 sıklığını elde etmek için gerekli Rf direnci

$$R_F(k\Omega) = \frac{50,33}{f_0(kHz)} <^{25}>$$

ile verilir.

(24) ten görüldüğü üzere süzgecin Q'su giriş direnci Rg ve

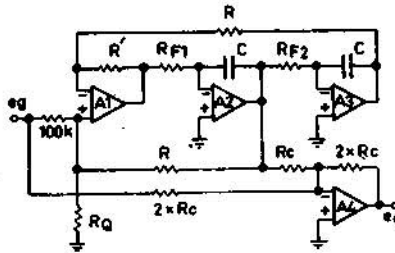
Al in evirmeyen girişinden toprağa giden RQ dirençlerine bağlıdır.

Güvenilir bir Q ayarı yapmak için izlenmesi gereken yol Rg direncini değiştirmemek ve ayarı RQ direnci ile yapmaktır. Süzgeci sürececek olan kaynağın çıkış empedansı doğrudan Rg ye seri gireceği için Rg yi sabit ve kaynak empedansından çok büyük tutmak yerinde olur.

(24) ten görüleceği üzere Rg'nun değeri düştükçe Q artar. Bu durumda devrenin minimum Q'su RQ^{co} için bulunan değerdir:

$$Q_{MIN} = 0,287 (1 + 100/R_g) \quad (26)$$

Bu nedenle çok düşük Q değerleri isteniyorsa (Q < 0.6), Rg'yi 100 K dan daha büyük yapmak yerine, Şekil 2'deki RQ direncini Al yükseltcecinin eviren girişinden toprağa bağlamak daha iyidir. Bu değişiklik yapıldığı zaman RQ nun değeri düşürüldükçe Q da düşer. Ancak bu değişiklikten sonra (16), (19) ve (20) ifadeleri genel biçimlerini korumakla birlikte, katsayılarının devre öğelerine olan bağımlılığı değişir. Okuyucu bu yeni ifadeleri, yukardaki çözümlenmeyi ömeksereyerek kolayca çıkarabilir.



Şekil 4. Hepgeçiren süzgeç.

Şekil 3, Şekil 1'deki temel devreden giderek elde edilen bir çentik süzgeci göstermektedir. Görüldüğü üzere devreye bir işlemsel yükselteç daha eklemek gerekmiştir.

Bu devrenin geçiş işlevi (R = 100 K, R' = 10 K alınarak)

$$G(s) = \frac{E_N(s)}{E_g(s)} = \frac{R_2}{R_{f1}} \left[\frac{1,1}{1 + R_g/100 + Rg/R_Q} \right] \cdot \frac{s^2 + \omega_s^2}{s^2 + 0,1\omega_s s + 100} \quad (27)$$

şeklinde kolayca hesaplanabilir. Burada

$$\omega_1 = \frac{1}{CR_{f1}}, \quad \omega_2 = \frac{1}{C_1 R_2}, \quad \omega_0 = (0,1 \omega_1 \omega_2), \quad \omega_s = \omega_0 \left(\frac{10R_{f1}}{R_1} \right)$$

$$ve \quad a = \frac{1,1 \cdot 100 \cdot 100}{R_{f1} R_g}$$

olarak verilmektedir (Rg ve RQ kfi cinsinden).

Şekil 4'te ise temel devrenin benzer şekilde bir hepgeçiren süzgece dönüştürülmüş durumu görülmektedir. Burada da temel devreye bir işlemsel yükselteç daha eklemek gerekmiştir.

Devrenin geçiş işlevi

$$G(s) = \frac{E_C(s)}{E_g(s)} = \frac{s^2 - a\omega_1 s + 100}{s^2 + a\omega_0 s + 100} \quad (28)$$

olarak bulunur. Burada R = 100 K, R' = 10K alınırsa

$$a = \frac{1,1}{2 + R_g/R_Q}$$

dur. Diğer katsayılar (27) deki gibidir. Devrenin Q'su

$$Q = \frac{2 \pm 100/R_n}{1,1} \left(\frac{w_2}{w_1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

olarak hesabedilebilir.

u0 sıklığında girişle çıkış arasındaki zaman gecikmesi 2Q/Ü0 saniyeye eşittir.