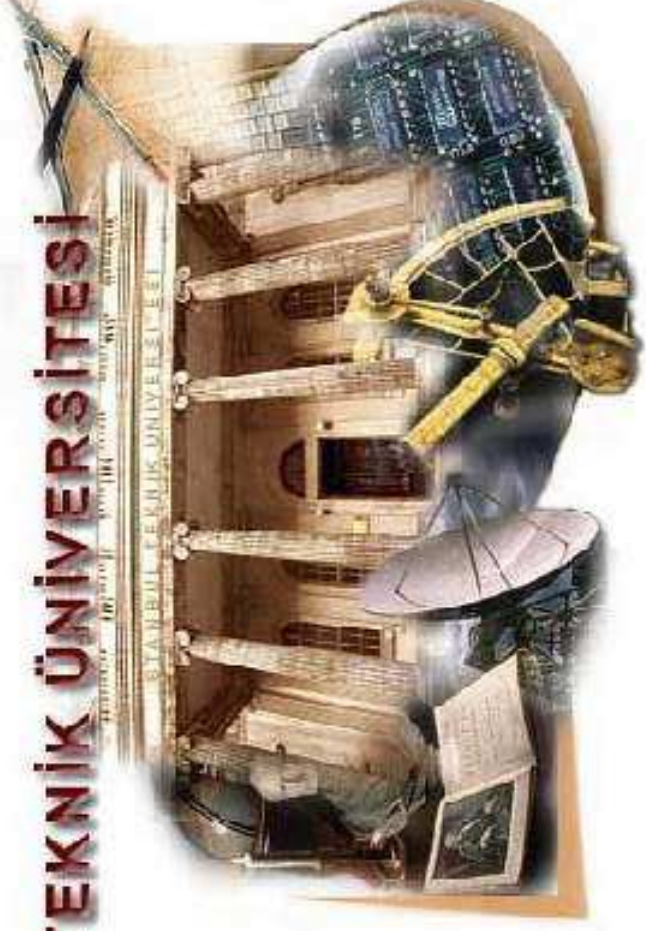


İSTANBULTEKNİK ÜNİVERSİTESİ

1973

İSTANBULTEKNİK ÜNİVERSİTESİ



CMOS ECCII İLE YÜKSEK DERECEDEDEN AKIM-MODLU AYARLANABİLİR SÜZGEÇ TASARIMI

H. Hakan KUNTMAN

kuntman@ehb.itu.edu.tr

Onur Korhan SAYIN

onurkorhan@hotmail.com



Sunu Planı

- **GİRİŞ**
- **ECCII TANIM BAĞINTILARI, CMOS GERÇEKLEME**
- **ÖNERİLEN DEVRE TOPOLOJİSİ**
- **BENZETİM SONUÇLARI**
- **SONUÇ**



Giriş:

- Süzgeç karakteristiklerinin elektronik olarak ayarlanması
- CMOS ECCII ile yüksek dereceden akım modlu ayarlanabilir aktif süzgeç tasarlanması.
- Akım modlu devre elemanlarının gerilim modlu devre elemanlarına göre üstünlükleri
 - daha iyi yüksek frekans yanıtı
 - düşük besleme gerilimlerinde çalışabilme
 - daha büyük yükselme eğimi
 - kolay tasarım prosedürü.

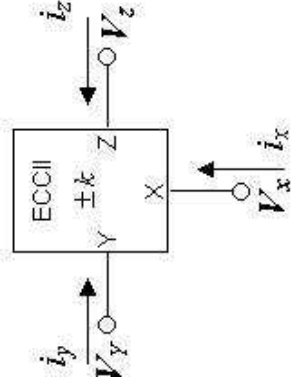


- Bu çalışmada önerilen yüksek dereceden elektronik olarak kontrol edilebilen süzgeç devresinin transfer fonksiyonunun herbir katsayısı, ECCII'nin kontrol akımını değiştirerek ayarlanabilmektedir.
- Alçak geçiren, yüksek geçiren, band geçiren, band söndüren vs. süzgeçler sadece kontrol akımını değiştirerek elde edilebilmektedir.
- Seçilen süzgeçin kalite faktörü (Q), köşe frekansı (ω_o) ve kazanç (K) değerleride yine kontrol akımını değiştirerek ayarlanabilmektedir.
- Devrenin en büyük avantajlarından biri, istenilen katsayının diğerlerinden bağımsız olarak değiştirilebilmesidir.
- Kullanılan pasif elemanlarının tümünün topraklı olması, tüm devre gerçeklemesi için önem taşımaktadır [11].



ECCII Yapısı:

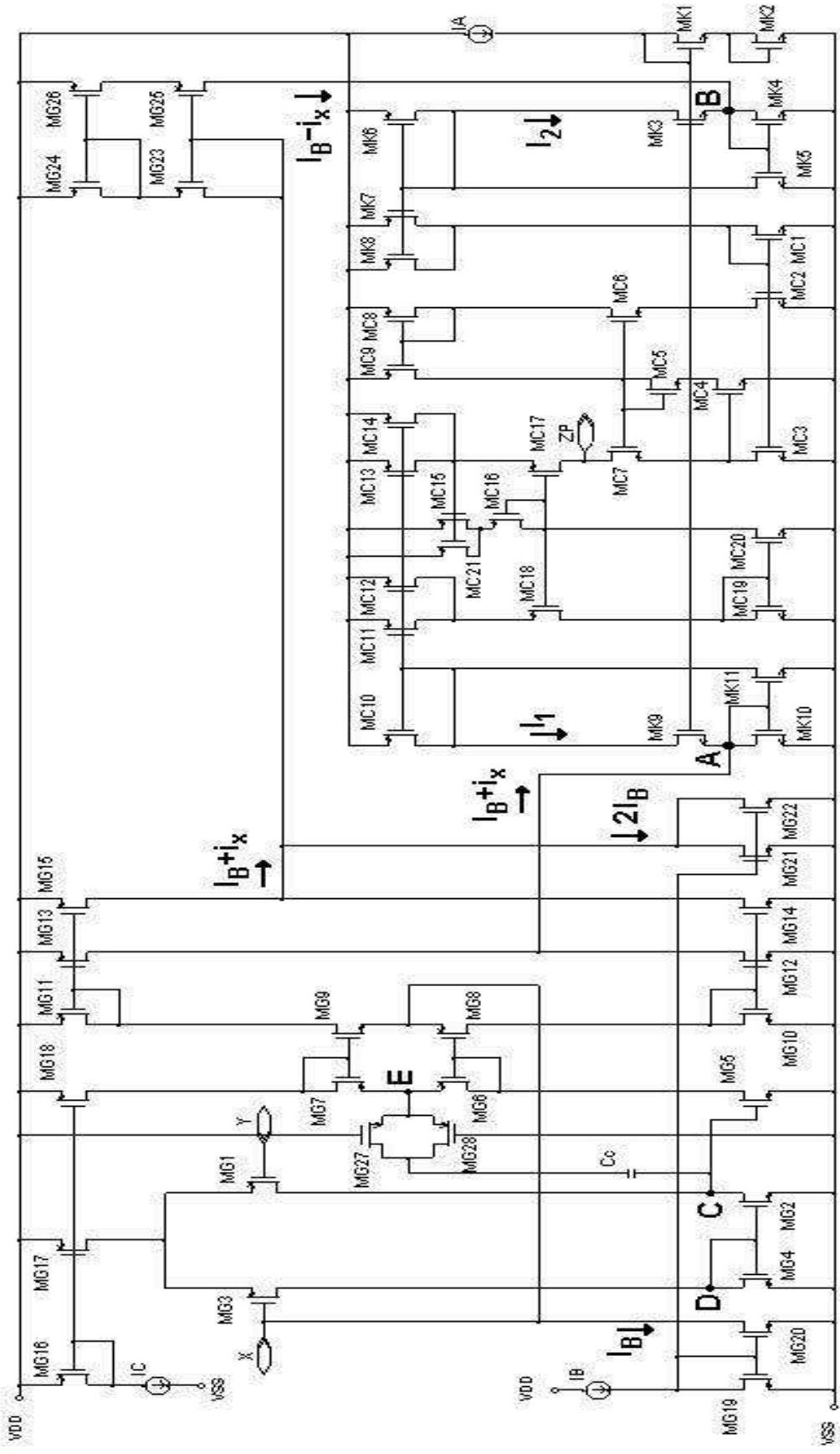
■ ECCII sembolü *Şekil-1*'de gösterilmektedir. ECCII'nin tanım bağıntıları (1)'de verilmiştir.



$$\begin{aligned} i_y &= 0 \\ v_x &= v_y \\ i_z &= \pm k i_x \end{aligned} \quad (1)$$

Şekil-1: ECCII Sembolü

- Tanım bağıntısındaki k büyüklüğü, değeri elektronik yoldan kontrol edilebilen akım transfer oranıdır.
- ECCII, k büyüklüğü negatif ise eviren ECCII, pozitif ise evirmeyen ECCII olarak adlandırılır.
- ECCII yapısı bir gerilim izleyici ve bir küçük işaret akımı kuvvetlendiricisinden oluşmaktadır. Akım kuvvetlendiricinin yapısı *Şekil-2*'de verilmiştir.



Şekil-2: ECCII yapısı



■ CMOS ECCII yapısı blokları:

- gerilim ve akım izleyici,
- küçük işaret akım kuvvetlendiricisi
- çıkış katı

Gerilim izleyici kat, Y ucunun V_y geriliminin, X ucunun V_x gerilimine eşit olmasını sağlar.

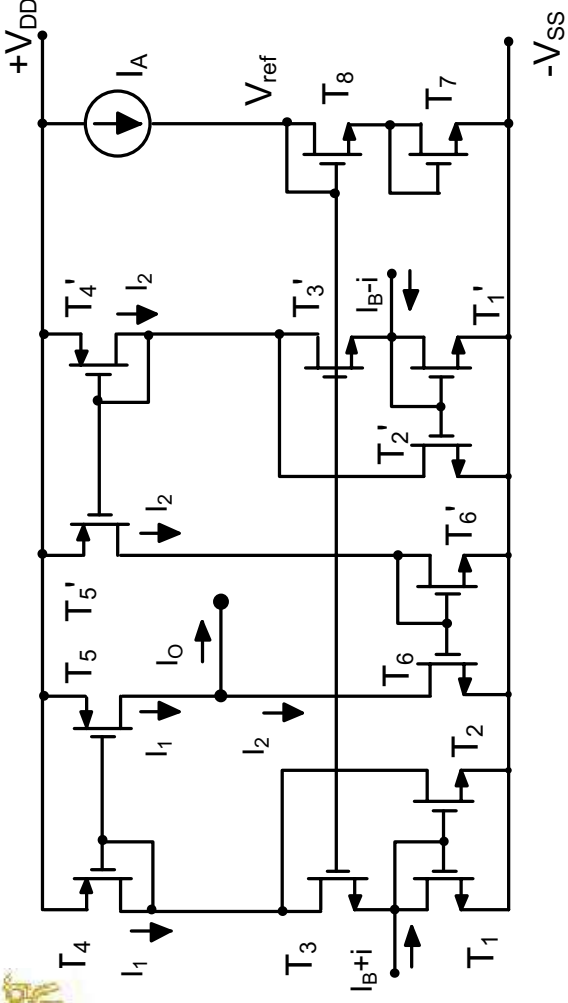
Akım izleyici, i_x akımının bir kopyasını küçük işaret akım kuvvetlendiricisine gönderir.

Küçük işaret akım kuvvetlendiricisi i_x akımının kopyasını k katsayısı ile çarparak iz akımını oluşturur.

Çıkış katı, Z ucunun yüksek empedanslı olarak yükü sürmesini sağlar.



- Gerilim izleyici, akım izleyici
- MG1-MG11 ve MG16-MG18 tranzistorları iki katlı bir işlemsel kuvvetlendirici oluşturmaktadır. Bu işlemsel kuvvetlendiriciye birim geribesleme uygulanarak, X ucunun gerilimini Y ucunun gerilimini izlemeye zorlamaktadır.
 - X ucundan ve MG20 tranzistorundan akan toplam akım, MG10 ve MG11 tarafından kopyalanarak akım aynaları yardımıyla küçük işaret akım kuvvetlendiricisi blokuna aktararak akım izleyici gerçekleştirilmiş olur.
 - Devre iki katlı olduğu için kompanzasyona gereksinim duyulur. Devreye Miller kompanzasyonu uygulanmıştır. MG27 ve MG28 tranzistorları devrede sıfırlama direnci görevindedir.



■ Bu devrede T_1 , T_2 ve T_3 transistörlerinden oluşan oluşun yapı grubu ile T_1' , T_2' ve T_3' den oluşan yapı grubu, kare alan birer devre olarak davranırlar.

■ T_7 , T_8 transistörleri ve I_A akım kaynağı, T_3 ve T_3' transistörlerine kutuplama gerilimi sağlayan akım kontrollu bir gerilim referansı devresi oluştururlar.

■ Bütün transistörlerin doymada çalışmaları ve T_5 ile T_6 ' dışındaki transistörlerin tümünün eşit W/L oranlarına sahip oldukları kabul edilsin.

■ küçük işaret akımı, değeri elektronik yoldan değiştirilebilen bir k çarpanıyla çarpılarak çıkışa yansımaktadır.

■ kazancı arttırmak üzere I_B büyüklüğü istenildiği kadar büyütülemez.

$$(W/L)_{T5} / (W/L)_{T4} = (W/L)_{T5} / (W/L)_{T4} = n$$

$$I_1 = 2I_A + \frac{(I_B + i)^2}{8I_A}$$

$$I_2 = 2I_A + \frac{(I_B - i)^2}{8I_A}$$

$$|I_B| + |i| \leq 4I_A$$

olmak üzere [13], devrenin çıkış akımı:

$$i_o = I_1 - I_2 = \left(\frac{nI_B}{2I_A} \right) \cdot i = ki$$

olur.



- Devrede tüm tranzistorları iletimde tutmak için

$$|I_B| + |i| \leq 4I_A$$

$$i_z = 2I_1 - 2I_2 = \left(\frac{I_B}{I_A} \right) \cdot i_x = k \cdot i_x$$

IB/IA oranı ile doğrudan akım transfer oranı kontrol edilebilmektedir.

Önerilen devre için k akım transfer oranının maksimum değeri 4 ile sınırlanır.



Önerilen devrelerde daha yüksek çıkış direnci ve daha iyi çıkış gerilimi salınımı için çıkış katı olarak Yüksek Doğruluklu Aktif Geribeslemeli Kaskod Akım Aynası (YAGKAA) kullanılmıştır [20].

YAGKAA yapısı $V_{DSMC1} = V_{DSMC3}$ ve $V_{DSMC10} = V_{DSMC13} = V_{DSMC14}$ olmasını sağlayarak kanal boyu modülasyonunun etkisini minimuma indirilmiştir.



Yüksek Dereceden Süzgeç Tasarımı :

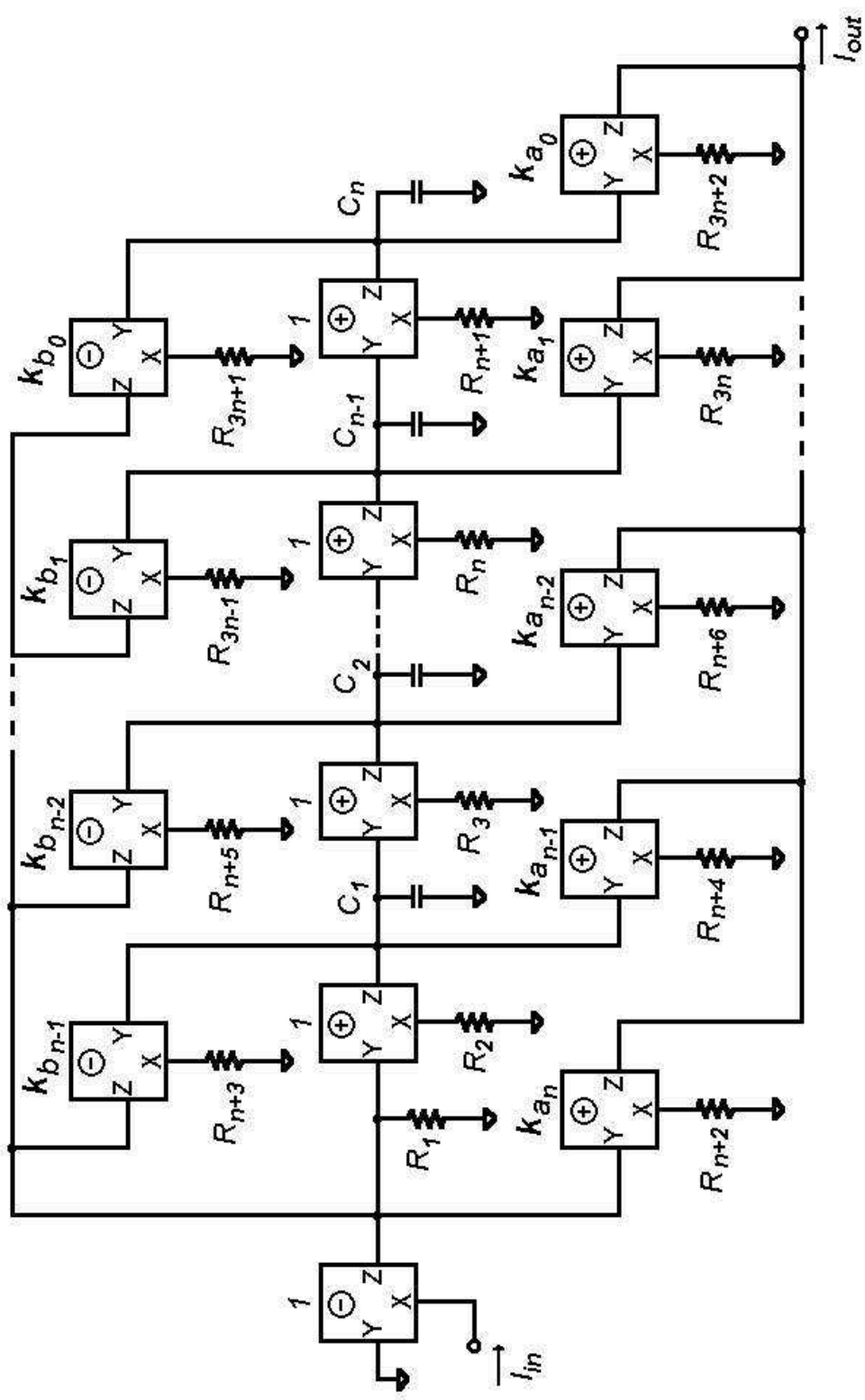
- n.dereceden akım transfer fonksiyonunun genel gösterimi :

$$T(s) = \frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0}{s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_1 s + b_0}$$

Kullanılan her bir ECCII, akım transfer fonksiyonunun sadece bir katsayısını kontrol eder,

Herbir katsayı diğerinden bağımsız olarak değiştirilebilir.

Sentezlenen devre Şekil 3’de verilmektedir.



Şekil 3: n . dereceden akım modlu ayarlanabilir süzgecin genelleştirilmiş gösterimi



Devrenin transfer fonksiyonunun eleman değerleri cinsinden ifadesi

$$\frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{k_{a_n} s^n \left(\frac{R_1}{R_{n+2}} \right) + k_{a_{n-1}} s^{n-1} \left(\frac{R_1}{R_{n+4} R_2 C_1} \right) + k_{a_{n-2}} s^{n-2} \left(\frac{R_1}{R_{n+6} R_2 R_3 C_1 C_2} \right) + \dots + k_{a_0} \left(\frac{R_1}{R_{3n+2} (R_2 \dots R_{n+1}) (C_1 \dots C_n)} \right)}{s^n + k_{b_{n-1}} s^{n-1} \left(\frac{R_1}{R_{n+3} R_2 C_1} \right) + k_{b_{n-2}} s^{n-2} \left(\frac{R_1}{R_{n+5} R_2 R_3 C_1 C_2} \right) + \dots + k_{b_0} \left(\frac{R_1}{R_{3n+1} (R_2 \dots R_{n+1}) (C_1 \dots C_n)} \right)}$$

Genelleştirilmiş transfer fonksiyonu kullanılarak istenilen herhangi bir süzgeç, transfer fonksiyonunda istenilmeyen parametrelerin ka ve kb katsayıları sıfıra eşitlenerek elde edilebilir

Dięer tüm parametrelerin katsayıları, ECCII'nin akım kazancını değiştirerek elektronik yoldan kontrol edilebilir.

ka ve kb katsayıları sıfıra eşitlemek, ilgili ECCII'nin kontrol akımını $IB=0$ yapmaktır.



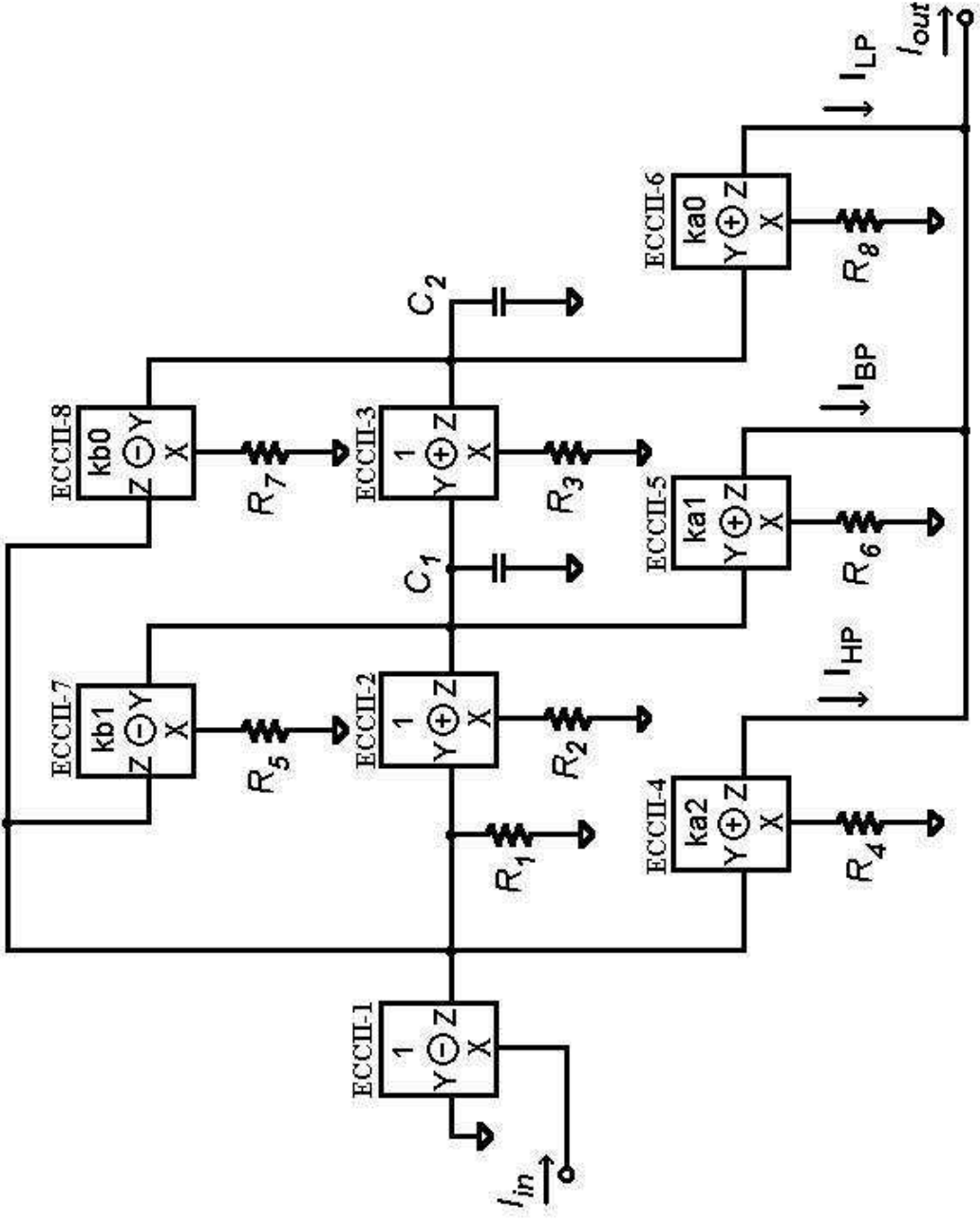
Benzetim Sonuçları :

- Benzetimler için önerilen yapıdan hareketle 2. dereceden aktif bir süzgeç devresi kurulmuştur. Devrenin transfer fonksiyonu :

$$\frac{I_{HP}}{I_{in}} = \frac{k_{a_2} \left(\frac{R_1}{R_4} \right) s^2}{s^2 + k_{b_1} \left(\frac{R_1}{R_5 R_2 C_1} \right) s + k_{b_0} \left(\frac{R_1}{R_7 R_2 R_3 C_1 C_2} \right)}$$

$$\frac{I_{BP}}{I_{in}} = \frac{k_{a_1} \left(\frac{R_1}{R_6 R_2 C_1} \right) s}{s^2 + k_{b_1} \left(\frac{R_1}{R_5 R_2 C_1} \right) s + k_{b_0} \left(\frac{R_1}{R_7 R_2 R_3 C_1 C_2} \right)}$$

$$\frac{I_{LP}}{I_{in}} = \frac{k_{a_0} \left(\frac{R_1}{R_8 R_2 R_3 C_1 C_2} \right)}{s^2 + k_{b_1} \left(\frac{R_1}{R_5 R_2 C_1} \right) s + k_{b_0} \left(\frac{R_1}{R_7 R_2 R_3 C_1 C_2} \right)}$$

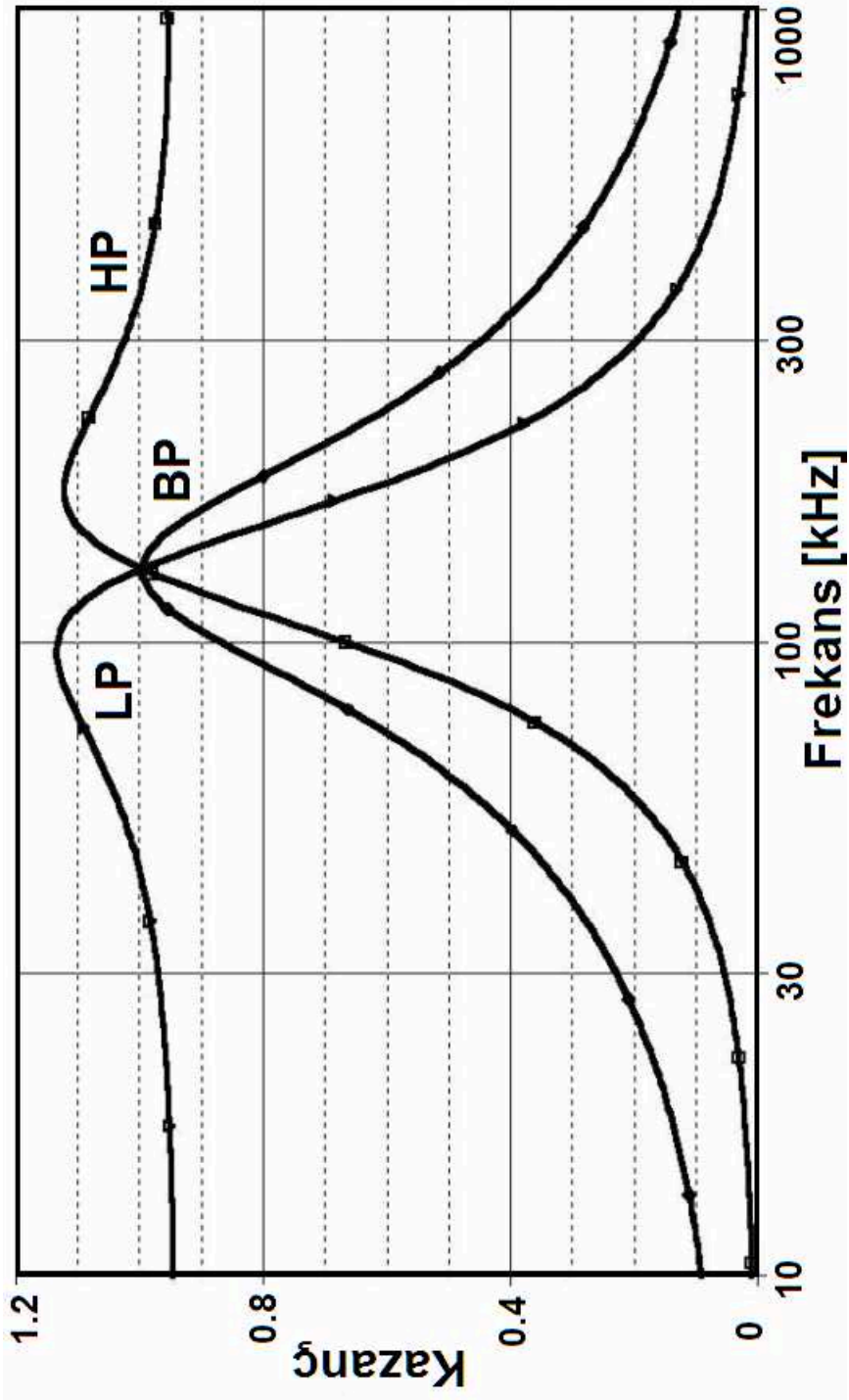


Şekil 4: 2.dereceden akım modlu ayarlanabilir süzgeç



$$T(s) = \frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{I_{HP} + I_{BP} + I_{LP}}{I_{in}}$$

- ✓ Süzgeçte kullanılan tüm ECCII'lere besleme gerilimi olarak $V_{SS} = -2.5V$ ve $V_{DD} = +2.5V$ uygulanmıştır.
- ✓ I_A kutuplama akımı olarak $50\mu A$ ve I_B kontrol akımı olarak $50\mu A$ uygulanarak, akım kazancı 1'e ayarlanmıştır.
- ✓ I_C kutuplama akımı $100\mu A$ olarak ayarlanmıştır.
- ✓ Süzgeçlerin köşe frekansı $150kHz$, değer katsayısı 1 ve kazançları 1 olacak şekilde tasarlanacaktır.
- ✓ Bu koşullar altında süzgecin eleman değerleri tüm dirençler eşit ve $R=25k\Omega$, tüm kapasitörler eşit $C=42pF$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5: Akım modlu süzgecin I_{HP} , I_{LP} ve I_{BP} çıkışları



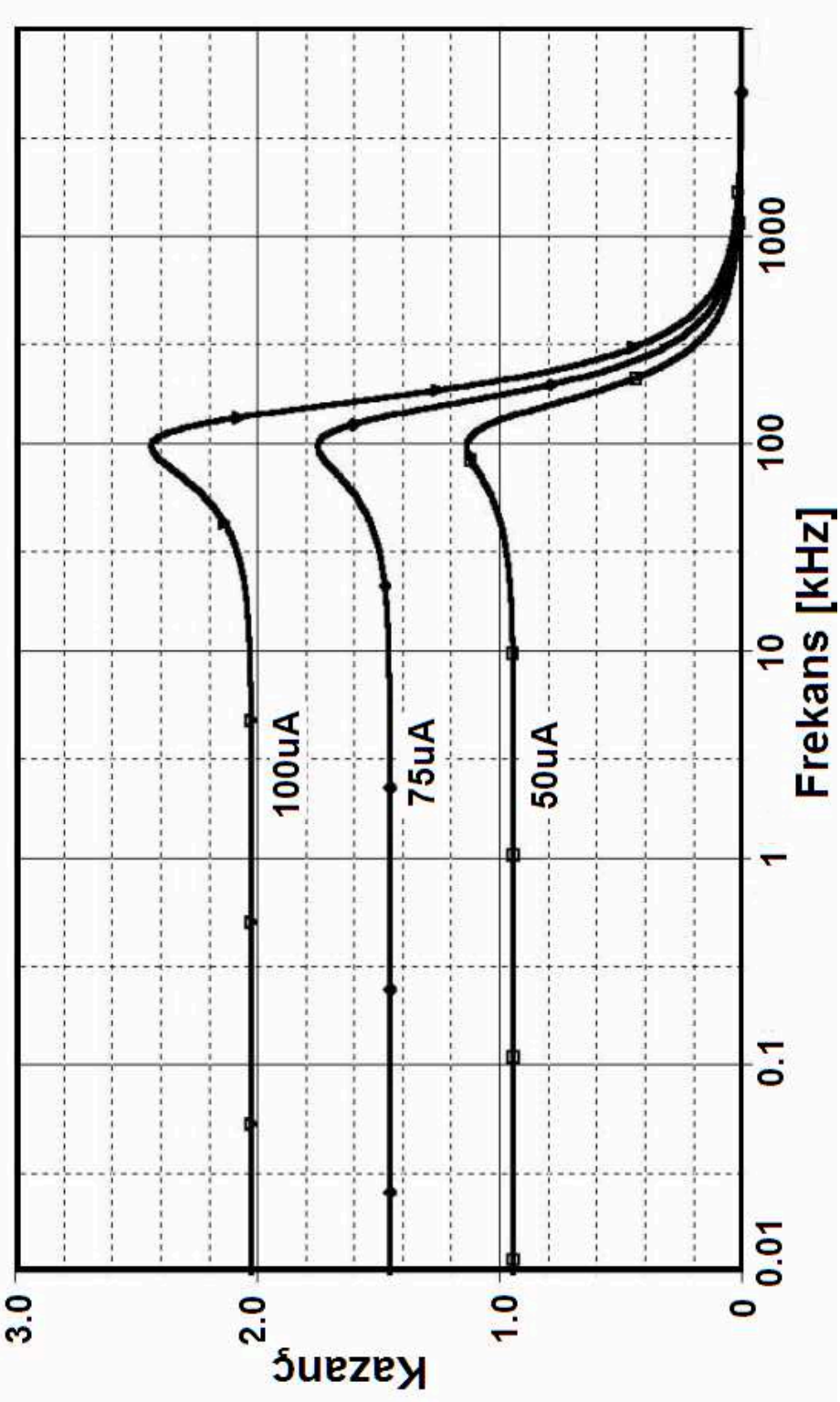
Alçak geçiren:

ECCII-4 ve ECCII-5'in kontrol akımı $IB=0A$ yapılarak, $ka2$ ve $ka1$ katsayıları sıfıra eşitlenir.

ECCII-1, ECCII-2, ECCII-3, ECCII-7 ve ECCII-8 için kontrol akımı $IB=50\mu A$ 'e ayarlanmış, $kb1$ ve $kb0$ 1'e eşitlenmiştir.

Alçak geçiren süzgecin kazancı $ka0$ çarpanını değiştirerek ayarlanabilir.

ECCII-6'nın kontrol akım IB sırası ile $50\mu A$, $75\mu A$, $100\mu A$ yapılarak ECCII-6'nın akım kazancı $ka0$ (IB/IA) sırasıyla 1, 1.5 ve 2 olarak ayarlanır.



Şekil 6 : Akım modlu alçak geçiren süzgecin kazancının frekansla değişimi

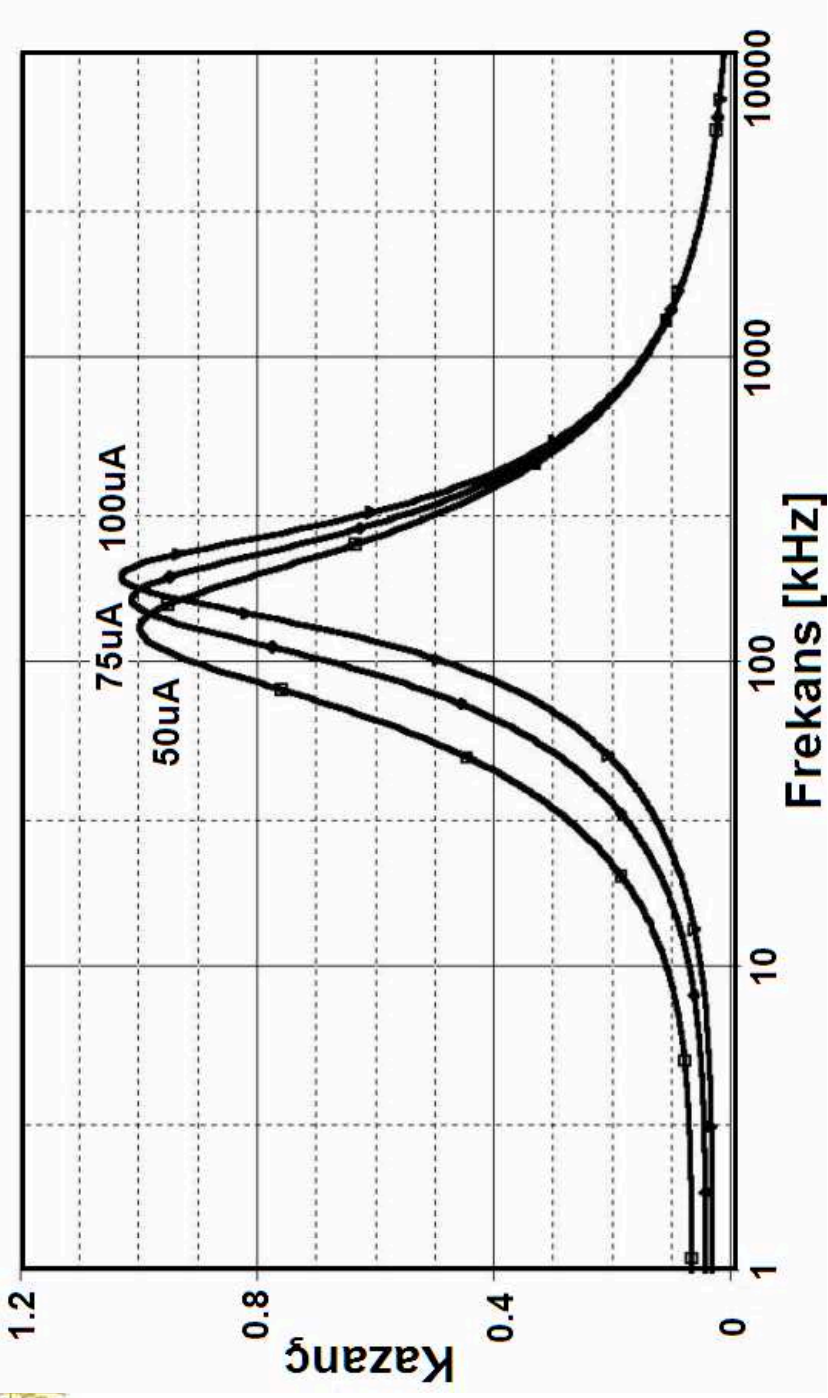


Band geçiren:
ECCII-4 ve ECCII-6'nin kontrol akımı $IB=0A$ yapılarak, $ka2$ ve $ka0$ katsayıları sıfıra eşitlenir.

ECCII-1, ECCII-2, ECCII-3, ECCII-5 ve ECCII-7 için kontrol akımı $IB=50\mu A$ 'e ayarlanmış, $ka1$ ve $kb1$ 1'e eşitlenmiştir.

Band geçiren süzgecin merkez frekansı, $kb0$ çarpanını değiştirerek ayarlanabilir.

ECCII-8'in kontrol akım IB sırası ile $50\mu A$, $75\mu A$, $100\mu A$ yapılarak ECCII-8'in akım kazancı $kb0$ (IB/IA) sırasıyla 1, 1.5 ve 2 olarak ayarlanır.



Şekil 7: Akım modlu band geçiren süzgecin merkez frekansının ayarlanması



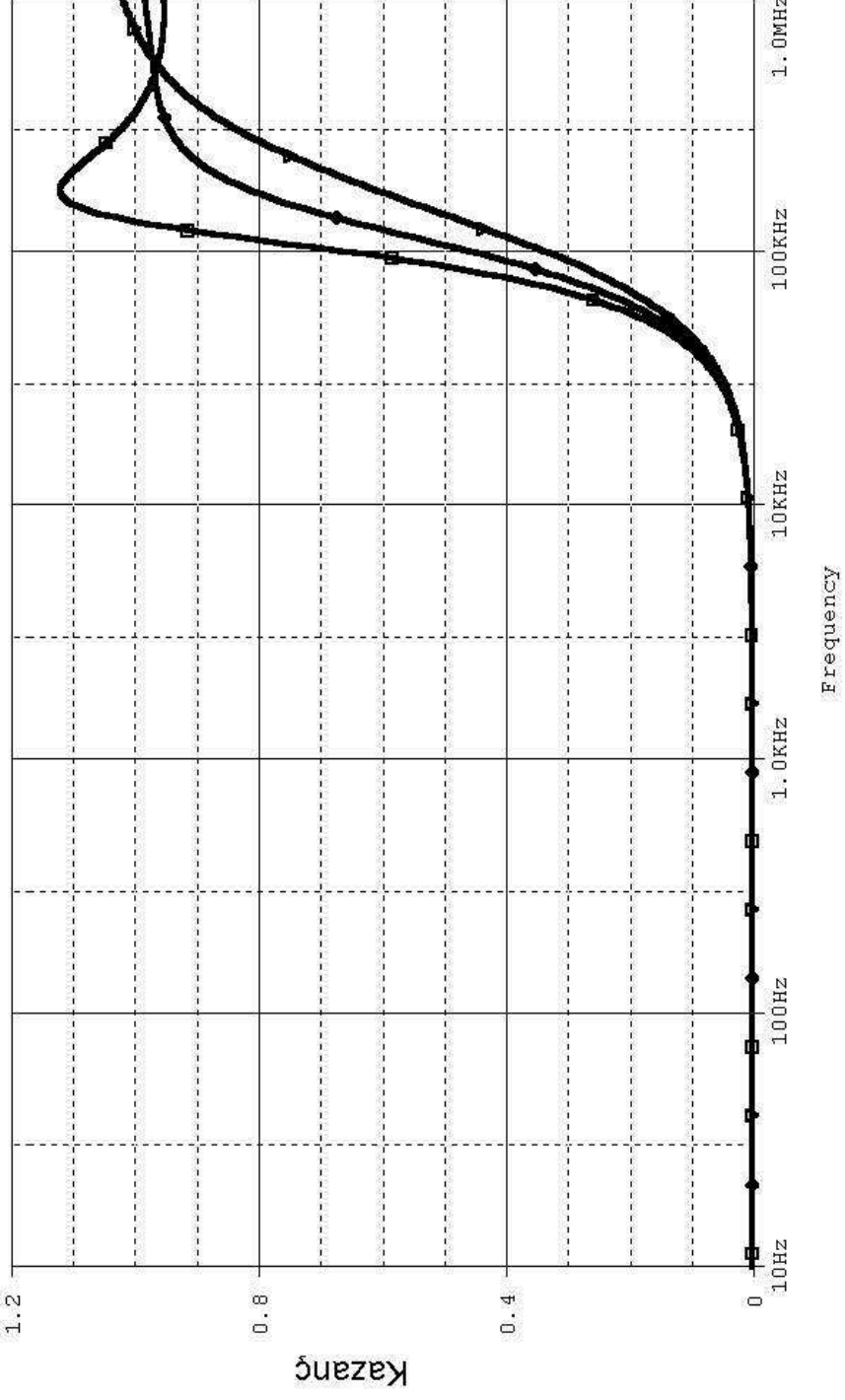
Yüksek Geçiren:

ECCII-5 ve ECCII-6'nın kontrol akımı $I_B=0A$ yapılarak, $ka1$ ve $ka0$ katsayıları sıfıra eşitlenir.

ECCII-1, ECCII-2, ECCII-3, ECCII-4 ve ECCII-8, için kontrol akımı $I_B=50\mu A$ 'e ayarlanmış, $ka2$ ve $kb0$ 1'e eşitlenmiştir.

Yüksek geçiren süzgecin kalite faktörü (Q) $kb1$ çarpanını değiştirerek ayarlanabilir.

ECCII-7'nin kontrol akım I_B sırası ile $50\mu A$, $75\mu A$, $100\mu A$ yapılarak ECCII-7'nin akım kazancı $kb1$ (I_B/I_A) sırasıyla 1, 1.5 ve 2 olarak ayarlanır.



Şekil 8 : Akım modlu yüksek geçiren süzgecin değer katsayısının ayarlanması



Sonuç :

- Bu çalışmada, elektronik olarak kontrol edilebilen ikinci kuşak akım taşıyıcısı kullanılarak yüksek dereceden akımodlu ayarlanabilir süzgeç elde edilmesi üzerinde durulmuştur.
- Önerilen yüksek dereceden ayarlanabilir süzgeçler sayesinde, süzgecin karakteristiği elektronik olarak sadece kontrol akımlarını değiştirerek ayarlanabilmektedir bu da süzgecin bir mikrodenetleyici tarafından kontrol edilmesine imkan sağlamaktadır.
- Süzgecin her bir katsayısının sadece bir kontrol akımı ile kontrol edilebildiğinden, katsayılar birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilmektedir.

TEŞEKKÜRLER

