



Akım İşlemsel Kuvvetlendiricisi (COA) Tasarımı

Safiye KIZMAZ
504061223

Öğretim Üyesi: Prof. Dr. Hakan Kuntman

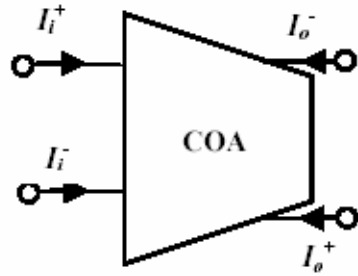
İÇERİK

- Genel Bilgiler
- Akım İşlemsel Kuvvetlendiricisi (COA)
 - COA Yapılarının Giriş Direncini İyileştirmek için Değişik Yöntemler
 - ÖNERİLEN COA YAPISI
 - Devrenin Özellikleri
 - Klasik Akım Çıkış Katı
 - COA Temelli Süzgeç Yapıları
 - İkinci Dereceden Alçak Geçiren Süzgeçler
 - İkinci Dereceden Yüksek Geçiren Süzgeçler
 - Tüm Geçiren Süzgeçler
 - BENZETİM SONUÇLARI
 - Önerilen COA'nın benzetim sonuçları
 - Süzgeç'in benzetim sonuçları
- SONUÇ
- KAYNAKLAR

Genel Bilgiler

- İdealde akım modlu işlemsel kuvvetlendiricilerin;
 - giriş direnci sıfır,
 - akım kazancı sonsuz,
 - çıkış direnci sonsuz olmalıdır.
 - Gerilim modlu devrelerle karşılaştırıldığında frekans cevapları ve hızları daha iyi, band genişliği fazla, daha dinamik ve alçak gerilim beslemeleri altında basit bir devre yapısına sahiptir.
 - En büyük avantajı, gerilim modundan akım moduna çevirme teoremi kullanılarak gerilim işlemsel kuvvetlendiricilerin yerine kullanılabilir olmalarıdır.

Akım İşlemsel Kuvvetlendiricisi (COA)



Şekil 1. Çift Girişli ve Çıkışlı COA Sembolü.

$$\begin{bmatrix} V_{IN+} \\ V_{IN-} \\ I_{O+} \\ I_{O-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ K & -K & 0 & 0 \\ -K & K & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{IN+} \\ I_{IN-} \\ V_{O+} \\ V_{O-} \end{bmatrix}$$

Şekil 2. COA Tanım Bağlıntıları

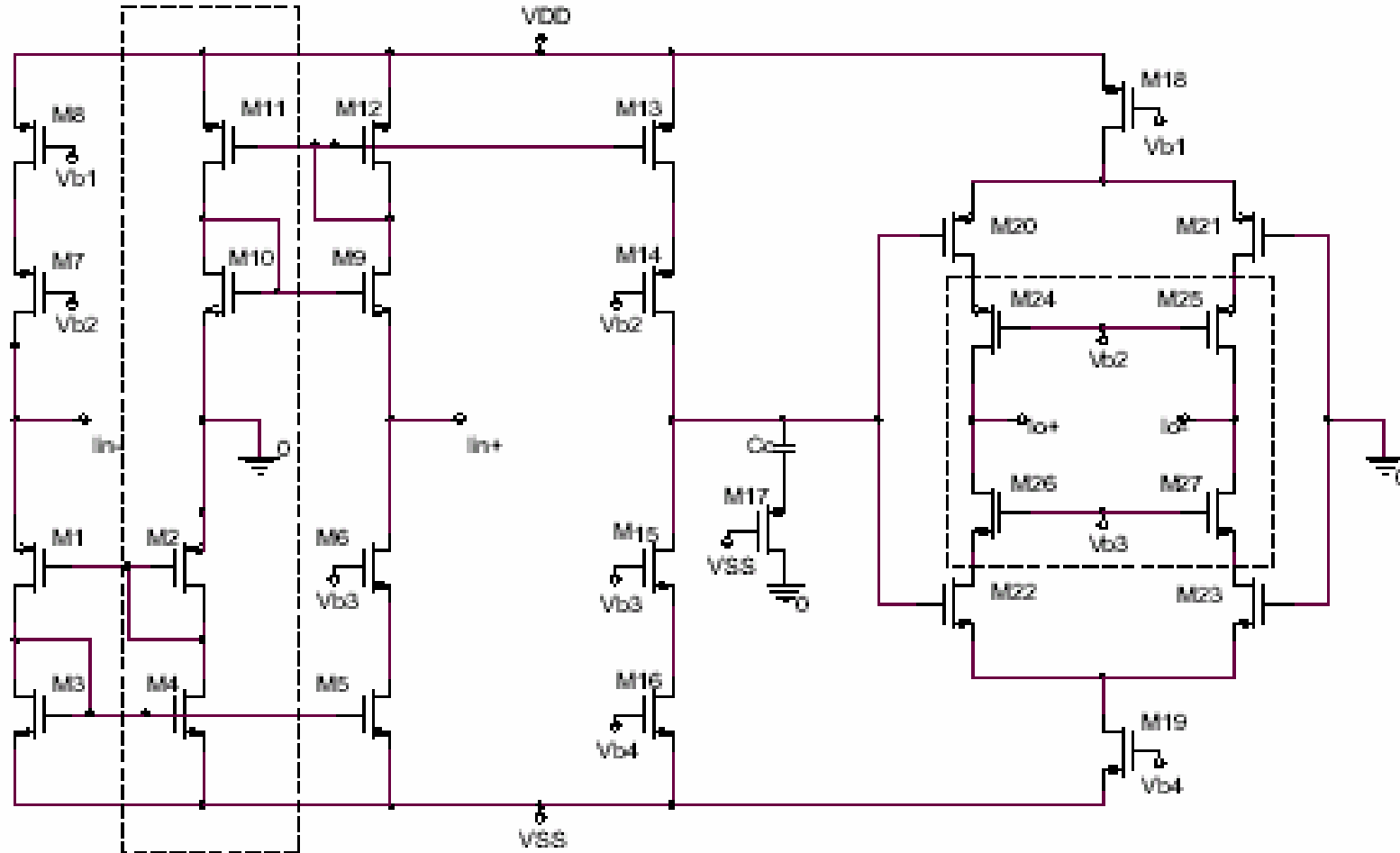
COA Yapılarının Giriş Direncini İyileştirmek için Değişik Yöntemler;

- Negatif Geribesleme Yapıları

- Bu tip yapılar frekans cevabını kötüleştirmektedir.

- Pozitif Geribesleme Yapıları

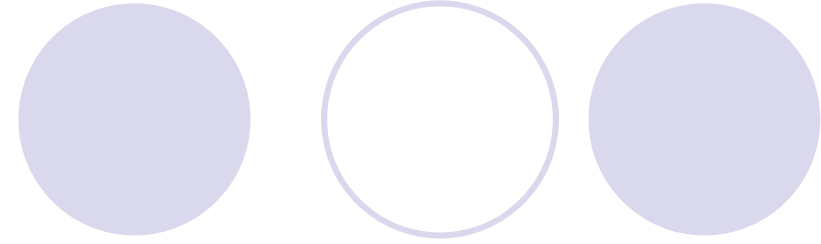
ÖNERİLEN COA YAPISI



Şekil 3. Önerilen COA'nın şematik gösterimi

Tranzistor	W(μm)/L(μm)
M1	10/0.7
M2	9.5/0.7
M3, M4, M5, M6	10/1
M7	10/0.7
M8	27/0.7
M9	15/0.7
M10	14/0.7
M11, M12, M13	20/1.4
M14	40/1.4
M15	20/0.7
M16	17.8/1.4
M17	5/1
M18	118/1
M19	47/1
M20, M21	100/1.4
M22, M23	50/1
M24, M25	100/1
M26, M27	60/0.7

Tablo 1. Tranzistor Boyutları



Parametre	Değer
$V_{DD} - V_{SS}$	$\pm 1.5 \text{ V}$
V_{b1}, V_{b2}	0.6V, -0.3V
V_{b3}, V_{b4}	0.3V, -0.8V
$I_{D1,9}$	30uA
$I_{D18,19}$	100uA

Tablo 2. COA'nın DC Değerleri

Devrenin Özellikleri

- M2,M4 ve M10,M11 pozitif geribesleme çarpımı pozitif ve negatif giriş direncini azaltır.
- Aşağıda pozitif geribesleme uygulamadan önceki değerleri göstermektedir ve bunlar yeteri kadar düşük değildir.

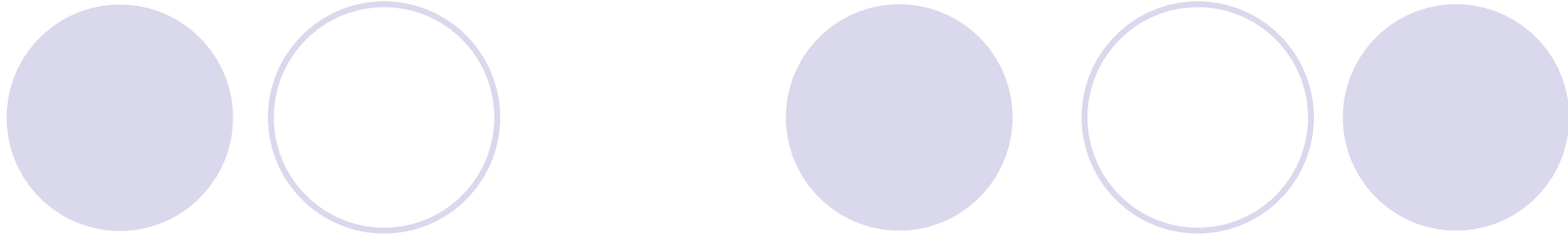
$$r_{in-} \cong \frac{1}{g_{m1}},$$

$$r_{in+} \cong \frac{1}{g_{m9}}.$$

- Önerilen COA'nın giriş akımı eşitlikleri aşağıda gösterildiği gibidir

$$r_{in-} \cong \frac{1}{g_{m1} g_{m3}} \left[(g_{ds1} + g_{m3} + g_{ds3}) - \frac{g_{m1} g_{m4}}{g_{ds4} + g_{m2} + g_{ds2}} \right],$$

$$r_{in+} \cong \frac{1}{g_{m9} g_{m12}} \left[(g_{ds9} + g_{m12} + g_{ds12}) - \frac{g_{m9} g_{m11}}{g_{ds11} + g_{m10} + g_{ds10}} \right].$$



- Devrenin kararlılığı için;
 - $g_{m3} = g_{m4}, g_{m1} = g_{m2}, g_{m11} = g_{m12}, g_{m9} = g_{m10}$
 - $(W/L)_{M3}=(W/L)_{M4}, (W/L)_{M1}=(W/L)_{M2}, (W/L)_{M11}=(W/L)_{M12}, (W/L)_{M9} = (W/L)_{M10}$sağlanmalıdır.
- MOS transistörlerdeki dengesizliği hesaplayabilmek için akım kazancındaki dengesizliği ($\sigma(\Delta K / K)$), M1-M4 ile M9-M12 transistörleri arasındaki eşik voltajındaki dengesizliğini ($\sigma(\Delta V_T)$) hesaplamak gerekir.

- Önerilen COA'nın çıkış direnci

$$r_{out+} = r_{out-} \cong \left[\left(\frac{g_{m20} g_{ds21} g_{ds25}}{g_{m25} (g_{m21} + g_{m20})} \right) + \left(\frac{g_{m22} g_{ds23} g_{ds27}}{g_{m27} (g_{m23} + g_{m22})} \right) \right]^{-1}$$

- Geleneksel yapı ile karşılaştırıldığında, önerilen çıkış katı $g_{m}r_o$ katı kadar daha fazla çıkış direnci sağlar.
- M17 transistörü R_c direnci gibi çalışır ve COA'nın frekans cevabını iyileştirir. Kompanzasyon için C_c kondansatörü yüksek empedans düğümüne yerleştirilir.

DC Akım Kazancı ve Kazanç Band Genişliği Çarpımı

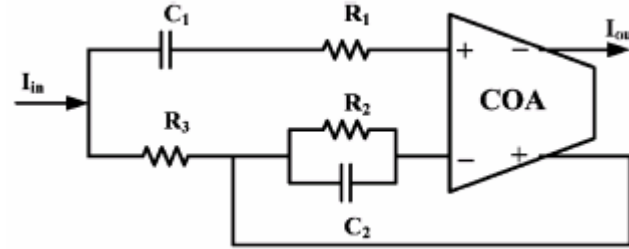
$$A_i(0) \cong \frac{g_{m20} g_{m22}}{2} \left[\frac{g_{ds14} g_{ds13}}{g_{m14}} + \frac{g_{ds15} g_{ds16}}{g_{m15}} \right]^{-1},$$

$$f_{GBW} \cong \frac{1}{2\pi} \frac{g_{m20} + g_{m22}}{2C_c}$$

COA Temelli Süzgeç Yapıları

- İkinci Dereceden Alçak Geçiren Süzgeçler
- İkinci Dereceden Yüksek Geçiren Süzgeçler
- Tüm Geçiren Süzgeçler

İkinci Dereceden Alçak Geçiren Süzgeçler



Şekil 5. COA Temelli Alçak Geçiren Süzgeç Yapısı

$$R_1 = R_3 = R_{LP}, C_1 = C_2 = C_{LP}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{2R_{LP}R_2C_{LP}^2}}, \quad Q = \sqrt{\frac{R_2}{2R_{LP}}}$$

$$\frac{i_{out-LP}}{i_{in}} = \frac{\frac{1}{2R_{LP}R_2C_{LP}^2}}{s^2 + s\frac{1}{R_2C_{LP}} + \frac{1}{2R_{LP}R_2C_{LP}^2}}$$

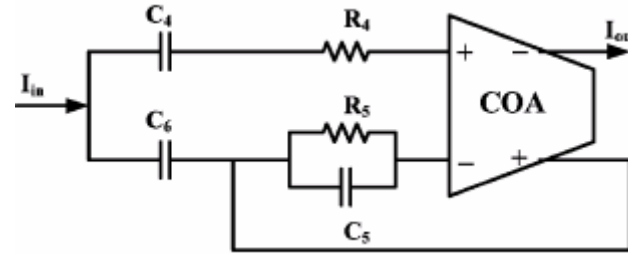
Akım Transfer Fonksiyonu

Açısal Frekans ve Kalite Faktörü

$$S_{R_{LP}}^{w_0} = S_{R_2}^{w_0} = -1/2, \quad S_{C_{LP}}^{w_0} = -1, \quad S_{R_2}^Q = 1/2, \quad S_{R_{LP}}^Q = -1/2,$$

Duyarlılık Analizi

İkinci Dereceden Yüksek Geçiren Süzgeçler



Şekil 6 . COA Temelli Yüksek Geçiren Süzgeç Yapısı

$$R_4 = R_5 = R_{HP}, C_4 = C_6 = C_{HP}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2}{R_{HP}^2 C_{HP} C_5}}, \quad Q = \sqrt{\frac{C_{HP}}{2C_5}}$$

Açısal Frekans ve Kalite Faktörü

$$\frac{i_{out-HP}}{i_{in}} = \frac{s^2}{s^2 + s \frac{1}{R_{HP} C_{HP}} + \frac{2}{R_{HP}^2 C_{HP} C_5}}$$

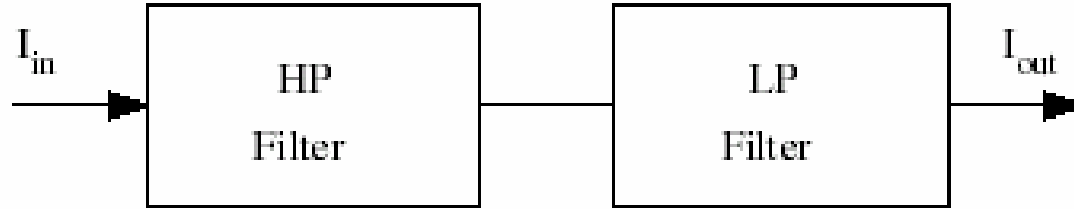
$$S_{C_{HP}}^{w_0} = S_{C_5}^{w_0} = -1/2, \quad S_{R_{HP}}^{w_0} = -1, \quad S_{C_{HP}}^Q = 1/2, \quad S_{C_5}^Q = -1/2,$$

Akım Transfer Fonksiyonu

Duyarlilik Analizi

Tüm Geçiren Süzgeçler

- Alçak geçiren ve yüksek geçiren süzgeçlerden oluşmuştur.



Şekil 7 . Tüm Geçiren Süzgeç Bloğu

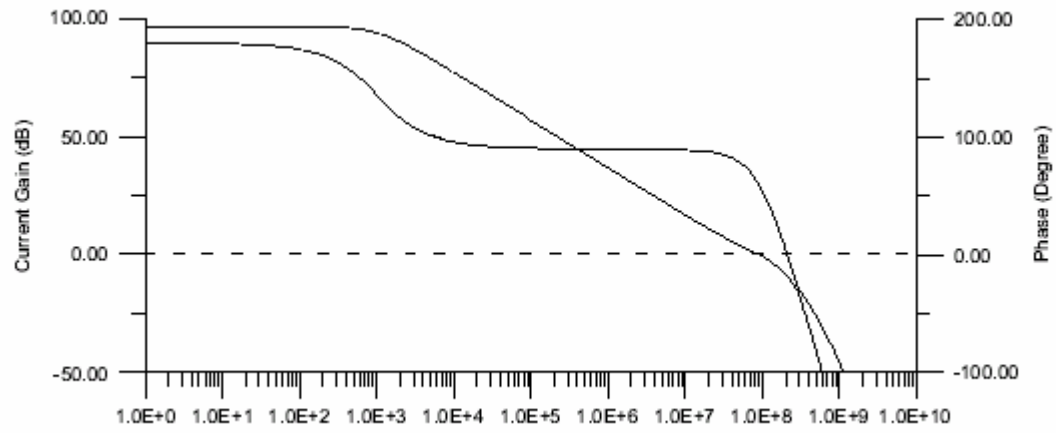
BENZETİM SONUÇLARI

(Önerilen COA'nın benzetim sonuçları)

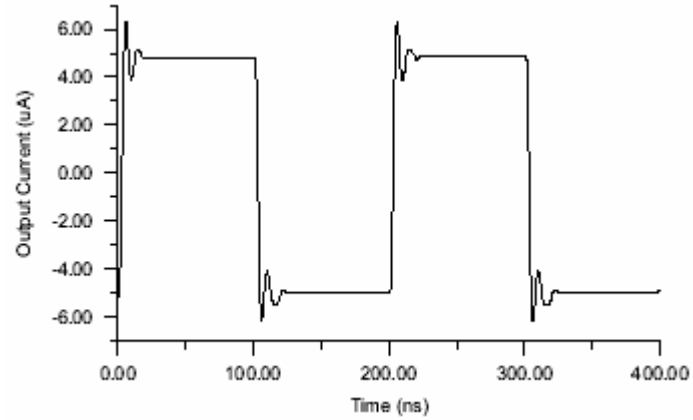
- Benzetimler SPICE programı ile yapılmıştır. 0.35 μ m CMOS teknolojisi kullanılmış ve tranzistörler BSIM3v3 ile modellenmiştir. NMOS ve PMOS tranzistörler için eşik gerilimleri sırasıyla 0.5 V ve -0.7 V dur.

Parameter	Value
Power dissipation	0.66 mW
Open-loop gain	96 dB
GBW	92 MHz
Phase margin ($C_c = 1.2$ p $R_c = 2.4$ k Ω)	60°
Output voltage range	± 0.6 V
Slew rate	4 μ A/ns
Input resistance (n)	124 Ω
Input resistance (p)	109 Ω
Output resistance	30 M Ω
Input voltage offset (n)	≈ 1.6 mV
Input voltage offset (p)	≈ -3.5 mV

Tablo 3. COA'nın Performans Parametreleri



Şekil 8. COA'nın Açık Çevrim Frekans Cevabı

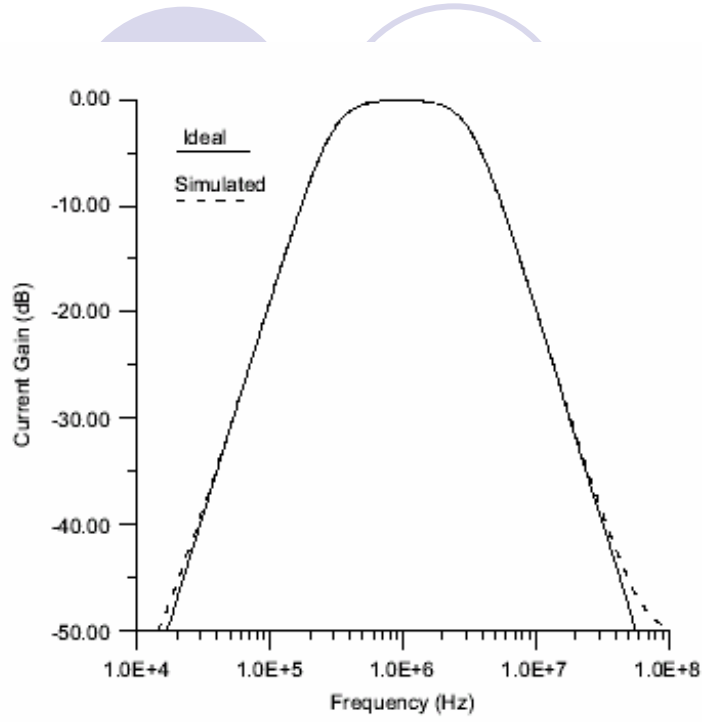


Şekil 9. 5 MHz Frekansta $\pm 5A$ Giriş Akımı için Birim Geribeslemede COA'nın Cevabı

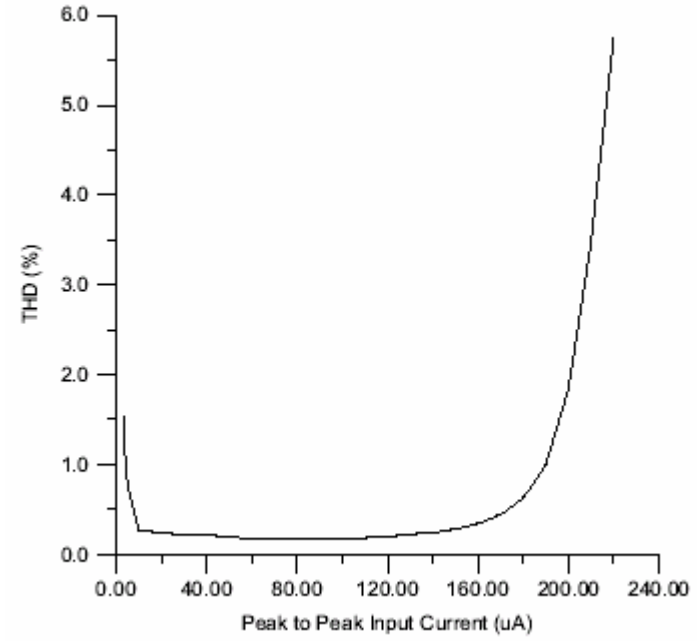
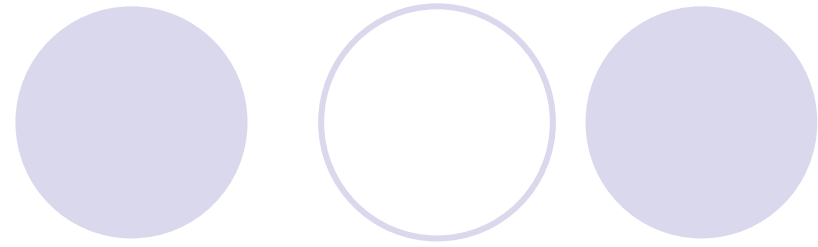
BENZETİM SONUÇLARI

(Süzgeç'in benzetim sonuçları)

- Kullanılan pasif elemanların değerleri alçak geçiren filtre için, $C_{LP}=7.5\text{pF}$, $R_{LP} = R_2 = 5\text{K}\Omega$ ki bu değerler frekansın $f_0 = 3.0\text{MHz}$ ve kalite faktörünün $Q = 0.707$ olmasını sağlar.
- Yüksek geçiren filtre için $C_{HP} = C_5 = 15\text{pF}$, $R_{HP} = 50\text{k}\Omega$ ki bu değerler frekansın $f_0 = 300.1\text{kHz}$ ve kalite faktörünün $Q = 0.707$ olmasını sağlar.
- Bu nedenle tüm geçiren süzgeçin merkez frekansı 1MHz olur ve bu tasarım azami ölçüde düz geçirme bandı sağlar.



Şekil 10. Akım Kazancının Frekansla Değişimi



Şekil 11 . Çıkış Harmonik Distorsiyonun Giriş Akımına Bağlılığı

SONUÇ

- Bu çalışmada yüksek performanslı tam diferansiyel COA önerilmiş ve simülasyon sonuçları verilmiştir. Giriş direncini azaltmak için klasik giriş katına pozitif geribesleme uygulanmıştır. Buna ek olarak, iyileştirilmiş çıkış direnciyle gerçekleştirilen klasik akım çıkış katı (Arbel Goldminz çıkış katı) geçiş iletkenliği için seçilmiştir. Simülasyon sonuçları 96 dB DC kazanç, yaklaşık 120Ω giriş, $30\text{ M}\Omega$ çıkış direncine, 90 MHz kazançband genişliği çarpımına ulaşıldığını göstermektedir. Önerilen COA 1.5V gerilim beslemesiyle çalışır ve 0.35um CMOS teknolojisi ile üretilmiştir. Ayrıca COA temelli 4.dereceden tüm geçiren filtre örnek olarak verilmiştir. Bu tüm geçiren filtre Butterworth alçak geçiren ve yüksek geçiren filtreden oluşmuştur. SPICE simülasyon sonuçları tasarımı doğrulamıştır

KAYNAKLAR



- **'Design of a Fully Differential Current Mode Operational Amplifier with Improved Input-Output Impedances and Its Filter Applications'**, M. Altun and H. Kuntman, *AEU: International Journal of Electronics and Communications*, Vol.62, N0. 3, 239-244, 2008.
- **'New oscillator topologies using inverting second-generation current conveyors'**, A. Toker, H. Kuntman, O. Çiçekoğlu and M. Dişçigil, *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences (ELEKTRİK)*, Vol. 10, No. 1, pp. 119-129, 2002.



Teşekkürler...