

İLERİ ANALOG TÜMDEVRE TASARIMI

Farksal Gerilim Akım Taşıyıcı (DVCC) Tabanlı Süzgeç Tasarımı

Hazırlayan: Hasan Orkun YENİDÜNYA

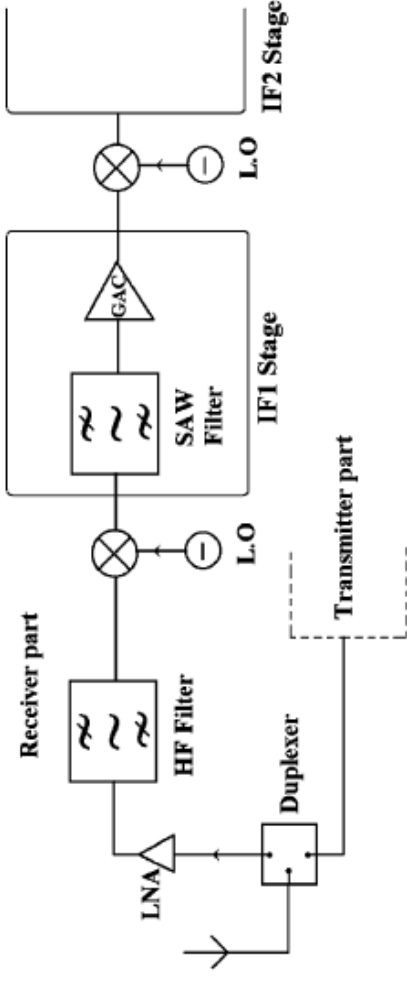
504071212

Sunum Planı

- Giriş
 - DVCC(Fark gerilim akım taşıyıcı)
 - Önerilen KHN-biquad
 - İzleme Hatası Analizi
 - Benzetim Sonuçları
 - Sonuç
-

Giriş

- Akım modlu aktif süzgeç kullanımı, yüksek frekans işaret işleme uygulamalarında daha çok tercih edilmektedir. Örneğin Şekil 1'deki gibi alıcısı 2 IF(orta frekans) kısımdan oluşan GSM hücresel telefonlarının alıcı/verici kısımlarının blok diyagramını göz önüne alalım. Her IF katı bir band geçiren süzgeç ve bir kazanç kontrollü kuvvetlendiriciden meydana gelir.



Şekil 1: GSM hücresel bir telefonun alıcı-verici kısmının basitleştirilmiş blok şeması.

Giriş

- İkinci katın frekansı yaklaşık 20MHz iken ilk kattaki süzgecin frekansı 100MHz den daha azdır.
 - Son yıllarda bu süzgeçler ayrı yüzey yankılanımlı (akustik) dalga süzgeci(SAW) kullanılarak elde edilmektedir. Bu SAW süzgeçler 7 dB den fazla olan kayıplar gösterir ve pahalıdırlar.
 - Bu yüzden, IF1 veya IF2 katlarında SAW süzgeçlerin yerine aktif süzgeçleri geliştirme tasarımı oldukça çarpıcı görünmektedir.
-

Giriş

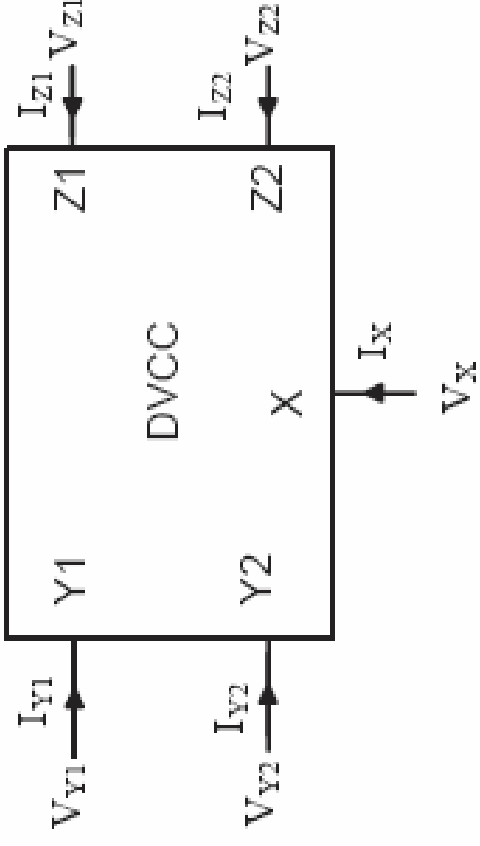
- Akım taşıyıcı ve çeşitlerine dayanan çok fonksiyonlu süzgeç tasarımının çeşitli metodları son zamanlarda daha dikkat çekmektedir.
 - Diğer yanda, iki integral alıcı ve ve bir toplayıcıdan oluşan süzgeç devresi olan ünlü Kerwin-Huelsman-Newcomb(KHN) biquad, düşük aktif ve pasif duyarlılıklar, düşük bileşen sığraması ve iyi kararlılık davranışı gibi bazı avantajlar sunar.
 - Bu devreler 3 giriş ve 1 çıkış kullanır ki bu da bir kere de sadece bir süzgeç fonksiyonunun gerçekleştirilebileceğini gösterir.
-

DVCC (Fark Gerilim Akım Taşıyıcı)

- DVCC(Differential Voltage Current Conveyor, Farksal Gerilim Akım Taşıyıcı) ilk başta Pal tarafından değiştirilmiş bir akım taşıyıcısı olarak önerilmiş ve daha sonra Elwan ve Soliman tarafından geliştirilerek CMOS teknolojisinde gerçekleştirilmiştir.
 - DVCC, farksal fark kuvvetlendirici(DDA, yüksek giriş empedansı ve aritmetik işlem yeteneği) ve ikinci kuşak akım taşıyıcısının(büyük işaret band genişliği, harika doğrusalılık, geniş dinamik aralık) ikisinin de avantajlarını barındırır.
 - Bu eleman, değişken girişlere ihtiyaç duyulan uygulamalar için çok yönlü bir yapı bloğudur.
-

DVCC

DVCC'nin elektriki sembolü Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2: DVCC'nin elektriki sembolü

DVCC

- DVCC'nin temel uç bağıntıları;

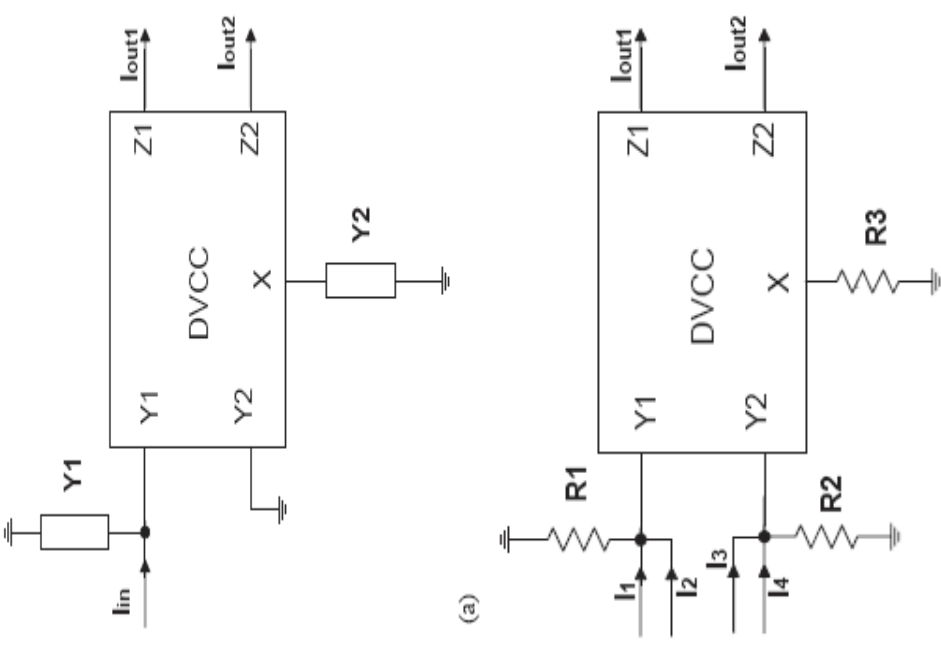
$$\begin{bmatrix} V_X \\ I_{Y1} \\ I_{Y2} \\ I_{Z1} \\ I_{Z2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_X \\ V_{Y1} \\ V_{Y2} \\ V_{Z1} \\ V_{Z2} \end{bmatrix} \quad (1)$$

matrisel ifadesiyle verilebilir.

DVCC

- Tek bir DVCC ve iki topraklanmış admittans(Y1 ve Y2) kullanarak, Şekil 3'teki temel akım işleme bloğu kolayca oluşturulabilir. Bu blok aşağıdaki transfer fonksiyonuna sahiptir.

$$I_{out1} = \frac{Y_2}{Y_1} I_{in} = -I_{out2}$$



Şekil 3: a) Temel akım işleme bloğuna dayanan DVCC.
b) Akım modlu toplayıcı/temel devresine dayanan DVCC.

DVCC

- Y1 ve Y2 yi uygun şekilde seçerek, akım modunda çalışan çeşitli temel bloklar elde edilebilir.
- A) Kuvvetlendirici:** $Y1=1/R1$ ve $Y2=1/R2$ ise, akım modlu kuvvetlendirici elde edilir ve transfer fonksiyonu;

$$\frac{I_{out1}}{I_{in}} = \frac{-I_{out2}}{I_{in}} = \frac{R1}{R2}.$$

ile verilebilir.

Kuvvetlendiricinin kazancı R1 ve/veya R2 yi değiştirerek ayarlanabilir.

DVCC

B) İntegral alıcı: $Y1=sC1$ ve $Y2=1/R2$ ise, akım modlu integral alıcı devresi elde edilir ve

$$\frac{I_{out1}}{I_{in}} = \frac{-I_{out2}}{I_{in}} = \frac{1}{sC_1R_2}$$

denklemlerle verilir.

C) Türev alıcı: $Y1=1/R1$ ve $Y2=sC2$ ise, akım modlu türev alıcı devre elde edilir ve

$$\frac{I_{out1}}{I_{in}} = \frac{-I_{out2}}{I_{in}} = sC_2R_1$$

denklemlerle verilir.

DVCC

- Şekil 3(a)'daki temel işaret işleme bloğu, Z1 i çıkış ucu olarak evirmeyen, Z2 yi çıkış ucu olarak eviren olarak gerçekleştirilebilir.

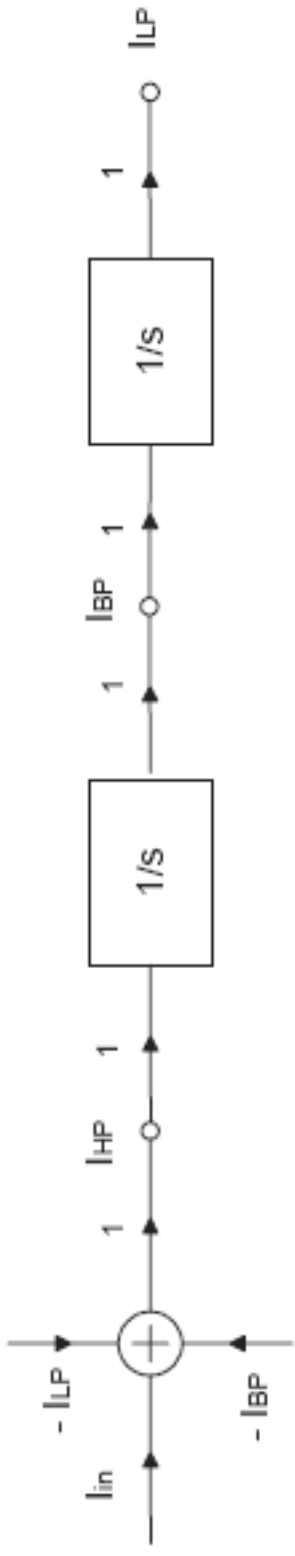
D) Toplayıcı/Fark Alıcı: Gerilimlere çevrilen farklı giriş akımları DVCC'nin Y uçlarına uygulanabilir ki bu Şekil 3(b) de gösterildiği gibi bir akım modlu toplayıcı/temel devresi ile sonuçlanır. Çıkış akımları;

$$I_{\text{out1}} = -I_{\text{out2}} = \frac{R_3}{R_1}(I_1 + I_2) - \frac{R_3}{R_2}(I_3 + I_4)$$

olarak bulunabilir.

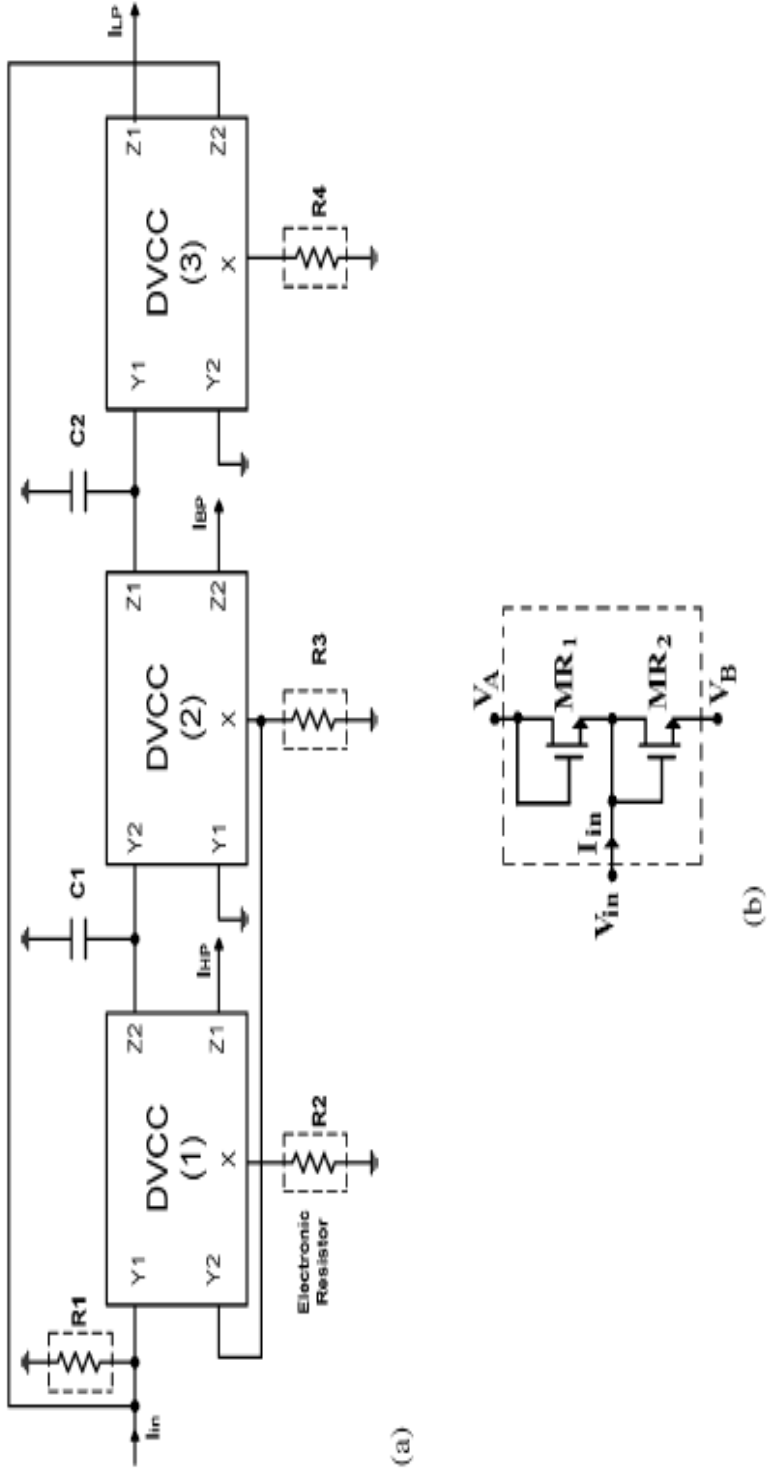
Önerilen KHN-Biquad

- Y ve X uçları arasındaki uç bağıntılarını kullanarak, akımdan gerilime dönüşümlerden sonra, akım modlu KHN-Biquad Şekil 5(a) da gösterildiği gibi Şekil 4 teki blok diyagramından gerçekleştirilebilir.



Şekil 4: Akım modlu KHN-biquad devresini gerçekleyen temel işaret işleme bloğu.

Önerilen KHN-Biquad



Şekil 5: a) DVCC tabanlı akım modlu önerilen KHN-biquad

b) Elektronik direnç

Önerilen KHN-Biquad

- Burada ilk kat toplayıcı, ikinci ve üçüncü katlar ise integral alıcı devre katlarıdır.
- Şekil 5'teki devrenin düğüm analizi aşağıdaki akım transfer fonksiyonlarını verir.

$$\frac{I_{HP}}{I_{in}} = \frac{(R_1/R_2)s^2}{s^2 + (1/C_1R_2)s + (R_1/R_2R_3R_4C_1C_2)}$$

$$\frac{I_{BP}}{I_{in}} = \frac{(R_1/R_2R_3C_1)s}{s^2 + (1/C_1R_2)s + (R_1/R_2R_3R_4C_1C_2)}$$

$$\frac{I_{LP}}{I_{in}} = \frac{(R_1/R_2R_3R_4C_1C_2)}{s^2 + (1/C_1R_2)s + (R_1/R_2R_3R_4C_1C_2)}$$

Önerilen KHN-Biquad

- Süzgecin doğal açısıl frekansı ω_0 ve kalite faktörü Q ;

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{R_1}{R_2 R_3 R_4 C_1 C_2}}, \quad Q = \sqrt{\frac{R_1 R_2 C_1}{R_3 R_4 C_2}}$$

olarak ifade edilebilir.

ω_0 ve Q ortogonal olarak ayarlanabilmektedir. Bu, R_2/R_4 ü sabit tutmak kaydıyla aynı anda R_2 ve R_4 ü değiştirerek Q yu etkilemeksizin ω_0 in ayarlanabileceğini ifade eder.

- Ek olarak, 3 temel süzgeç fonksiyonu(yüksek, band ve alçak geçiren) aynı anda elde edilmektedir. Bunların tümü yüksek empedanslı çıkışlardadır.
-

Önerilen KHN-Biquad

- Ayrıca $R1=R2$ için, bir çentik fonksiyonu, yüksek ve alçak geçiren çıkışları sağlayarak gerçekleştirilebilir.
 - $R1=R2=R3$ için, bir tüm geçiren fonksiyonu, yüksek geçiren, alçak geçiren, band geçiren çıkışları sağlayarak elde edilebilir.
 - Devre, Şekil 5(b) de görünen elektronik direncin basit gerçekleştirmesinin kullanılmasına izin veren topraklanmış dirençlerden oluşma avantajına sahiptir.
 - Şekil 5(b) deki devrede, transistörler doyma bölgesinde çalışmaktadır. Eş transistörler MR1 ve MR2 diyot bağlantılıdır. Bir Vin gerilimi, düğüme bir Iin akımı basarak devrenin merkezi düğüme uygulanmaktadır.
-

Önerilen KHN-Biquad

- Kare kuralı karakteristiğini kullanarak, MR1 ve MR2 deki savak akımları

$$I_{DR1} = \frac{\mu_{COX}}{2} \left(\frac{W}{L} \right) (V_A - V_{in} - V_T)^2 \quad I_{DR2} = \frac{\mu_{COX}}{2} \left(\frac{W}{L} \right) (V_{in} - V_B - V_T)^2$$

olarak ifade edilebilir.

μ taşıyıcı hareketliliği, Cox birim alan başına düşen geçit kapasitesi, V_t eşik gerilimi ve W , L sırasıyla kanal genişliği ve boyudur.

I_D denklemlerini ve Kirchhoff akım kanununu kullanarak ve $V_A = -V_B$ seçerek, basit bir cebirsel değiştirme ile direnç;

$$R_{eq} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = \frac{L}{2\mu_{COX}W(V_A - V_T)}$$

olarak hesaplanır.

İzleme Hatası Analizi

- DVCC idealsizliklerini göz önünde bulundurarak, (1) denklemindeki uç bağıntıları:

$$V_X = \beta_1 V_{Y1} - \beta_2 V_{Y2},$$
$$I_{Z1} = \alpha_1 I_X \quad \text{and} \quad I_{Z2} = -\alpha_2 I_X$$

olarak ifade edilebilir.

$$\beta_j = 1 - \varepsilon_{vj} \quad \text{ve} \quad \alpha_j = 1 - \varepsilon_{ij} \quad , \quad j=1,2 \text{ dir.}$$

İzleme Hatası Analizi

- Burada ε_{ij} ve ε_{vj} ($|\varepsilon_{vj}|, |\varepsilon_{ij}| \ll 1$) sırasıyla DVCC'nin akım ve gerilim izleme hatalarını gösterir. Süzgeç devresinin tekrar analizi ile aşağıdaki gibi değiştirilmiş transfer fonksiyonları elde edilir;

$$\frac{I_{HP}}{I_{in}} = \frac{\frac{\alpha_{21}\beta_{11}R_1}{R_2} s^2}{s^2 + \alpha_{11}\beta_{12}\beta_{21}\frac{1}{C_1R_2}s + \alpha_{11}\alpha_{12}\alpha_{23}\beta_{11}\beta_{12}\beta_{13}\frac{R_1}{R_2R_3R_4C_1C_2}}$$

$$\frac{I_{BP}}{I_{in}} = \frac{\frac{\alpha_{11}\alpha_{22}\beta_{11}\beta_{12}R_1}{R_2R_3C_1}s}{s^2 + \alpha_{11}\beta_{12}\beta_{21}\frac{1}{C_1R_2}s + \alpha_{11}\alpha_{12}\alpha_{23}\beta_{11}\beta_{12}\beta_{13}\frac{R_1}{R_2R_3R_4C_1C_2}}$$

$$\frac{I_{LP}}{I_{in}} = \frac{\frac{\alpha_{11}\alpha_{12}\alpha_{13}\beta_{11}\beta_{12}\beta_{13}R_1}{R_2R_3R_4C_1C_2}}{s^2 + \alpha_{11}\beta_{12}\beta_{21}\frac{1}{C_1R_2}s + \alpha_{11}\alpha_{12}\alpha_{23}\beta_{11}\beta_{12}\beta_{13}\frac{R_1}{R_2R_3R_4C_1C_2}}$$

İzleme Hatası Analizi

- $\beta_{1i}, \beta_{2i}, \alpha_{1i}$ ve α_{2i} ($i=1,2,3$), i. DVCC ile ilgili bahsedilen parametrelerdir.
- Doğal frekans değerinin DVCC gerilim ve akım izleme hatalarının etkisi ile çok az miktarda değiştirilebileceği görülmektedir.
- Bu durumda, doğal frekanstaki sapmalar topraklanmış dirençleri ayarlayarak kolayca kompanze edilebilir.

ω_0 ve Q parametreleri aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\alpha_{11}\alpha_{12}\alpha_{23}\beta_{11}\beta_{12}\beta_{13}R_1}{R_2R_3R_4C_1C_2}} \quad Q = \sqrt{\frac{\alpha_{12}\alpha_{23}\beta_{11}\beta_{13}}{\alpha_{11}\beta_{12}\beta_{21}} \frac{R_1R_2C_1}{R_3R_4C_2}}$$

İzleme Hatası Analizi

- Önerilen devrenin aktif ve pasif duyarlılık analizleri;

$$\begin{aligned} S_{\alpha_{21}}^{\omega_0} &= S_{\alpha_{22}}^{\omega_0} = S_{\alpha_{13}}^{\omega_0} = S_{\beta_{21}}^{\omega_0} = S_{\beta_{22}}^{\omega_0} = S_{\beta_{23}}^{\omega_0} = S_{\alpha_{21}}^Q = S_{\alpha_{22}}^Q \\ &= S_{\beta_{22}}^Q = S_{\beta_{23}}^Q = 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\alpha_{11}}^{\omega_0} &= S_{\alpha_{12}}^{\omega_0} = S_{\alpha_{23}}^{\omega_0} = S_{\beta_{11}}^{\omega_0} = S_{\beta_{12}}^{\omega_0} = S_{\beta_{13}}^{\omega_0} = S_{\beta_{11}}^Q = S_{\beta_{13}}^Q \\ &= S_{\alpha_{12}}^Q = S_{\alpha_{23}}^Q = S_{R_1}^{\omega_0} = S_{R_1}^Q = S_{R_2}^{\omega_0} = S_{C_1}^Q = \frac{1}{2}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\alpha_{11}}^Q &= S_{\beta_{12}}^Q = S_{R_2}^{\omega_0} = S_{R_3}^{\omega_0} = S_{R_4}^{\omega_0} = S_{C_1}^{\omega_0} = S_{C_2}^{\omega_0} = S_{R_3}^Q \\ &= S_{R_4}^Q = S_{C_2}^Q = -\frac{1}{2}, \end{aligned}$$

$$S_{\beta_{21}}^Q = -1.$$

- Tüm aktif ve pasif duyarlılıklar genlikte 1'den fazla değildir.

Benzetim Sonuçları

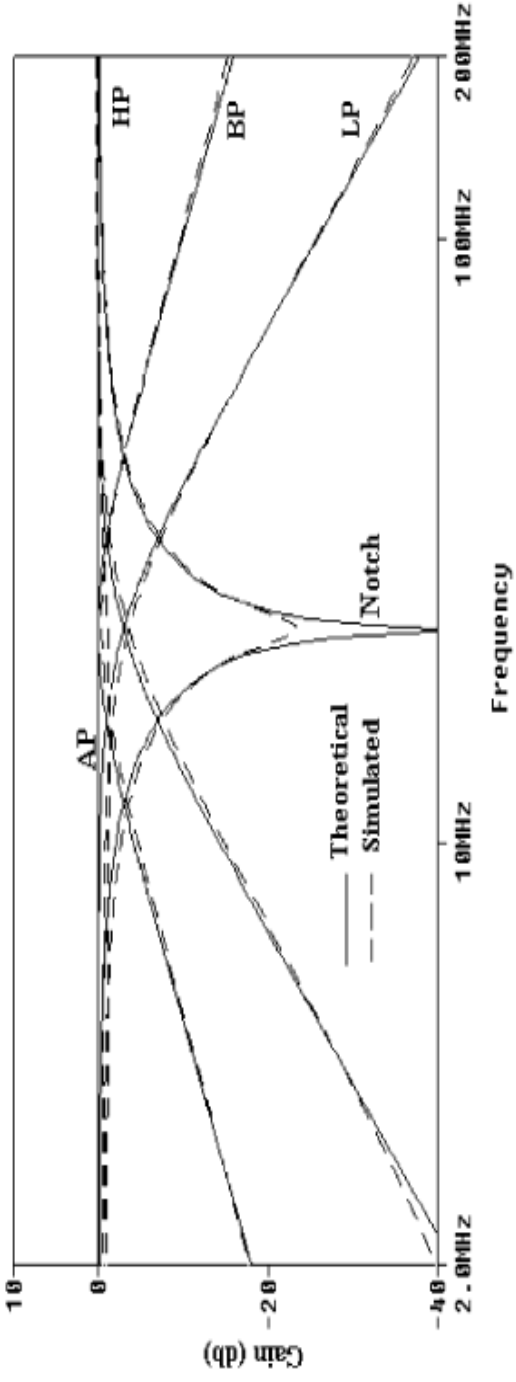
- DVCC'nin CMOS tranzistorlarının en-boy oranları Tablo 1 de verilmektedir. SPICE benzetimleri için MIETEC 0.5 micron CMOS proses model parametreleri kullanılmıştır.

Tablo 1: şekil 6 de görülen DVCC devresinin tranzistor en-boy oranları

Transistor	W (μm)	L (μm)
M1, M2, M3, M4	0.8	0.5
M5, M6	4	0.5
M9, M10	14.4	0.5
M7, M8, M13, M14, M15	10	0.5
M11, M12, M16, M17, M18	45	0.5

Benzetim Sonuçları

- Önerilen KHN-biquad devresi için temel filtre fonksiyonlarının (yüksek geçiren, alçak geçiren, band geçiren, çentik, tüm geçiren) frekans cevabı Şekil 7 de verilmektedir.



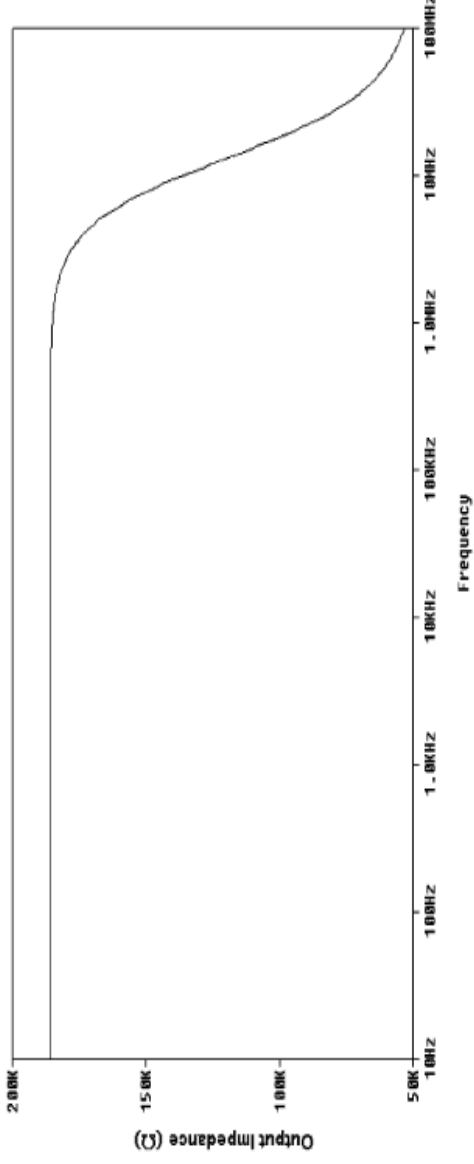
Şekil 7: KHN-biquad için temel süzgeç fonksiyonlarının frekans cevabı

Benzetim Sonuçları

- Şekil 5(b)'de gösterilen elektronik direnç yapısında kullanılan MR1 ve MR2 tranzistorlarının en-boy oranı, 10Kohm luk eşit direnç değerlerini benzetim yapmak için $W/L = 1/2.5$ olarak seçilmiştir.
 - Ayrıca $C2=2C1=1pF$ olarak seçilmiştir ki bunun sonucunda doğal frekans $f_0 \approx 22.5$ MHz ve kalite faktörü $Q=0.707$ elde edilmiştir.
 - Şekil 7 den teorik ve benzetim sonuçlarının birbiriyle iyi bir şekilde uyduğu görülebilir.
-

Benzetim Sonuçları

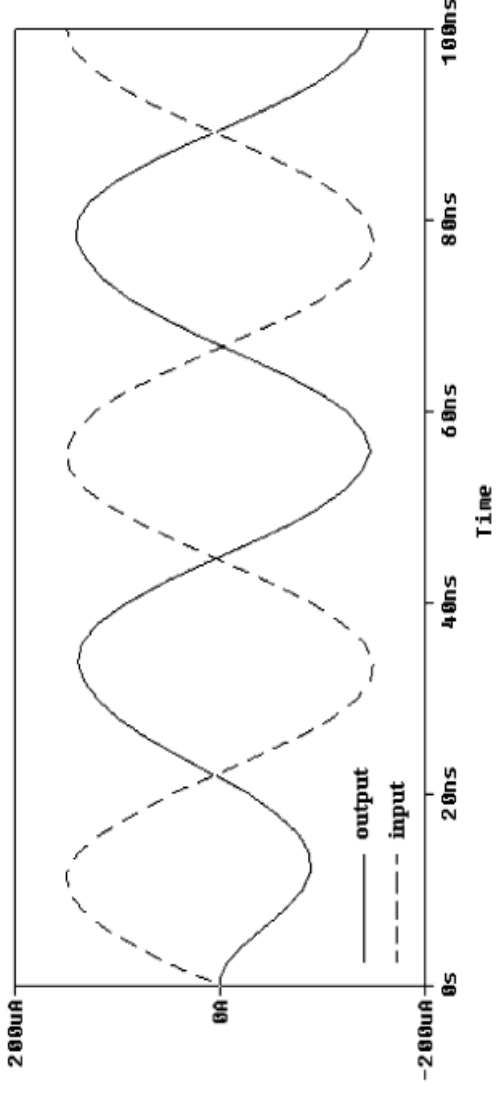
- ❑ Önerilen KHN devresi için çıkış empedansının frekans cevabı Şekil 8'de gösterilmektedir. Bu şekilden çıkış empedansı, 185 kohm || 0.08 pF in paralel bağlanmasının eşdeğeri olarak hesaplanabilir.
- ❑ Bu yüzden devrenin parazitik kapasitesi ihmal edilebilecek kadar küçük değere sahiptir.



Şekil 8: KHN-biquad için çıkış empedansının frekans cevabı

Benzetim Sonuçları

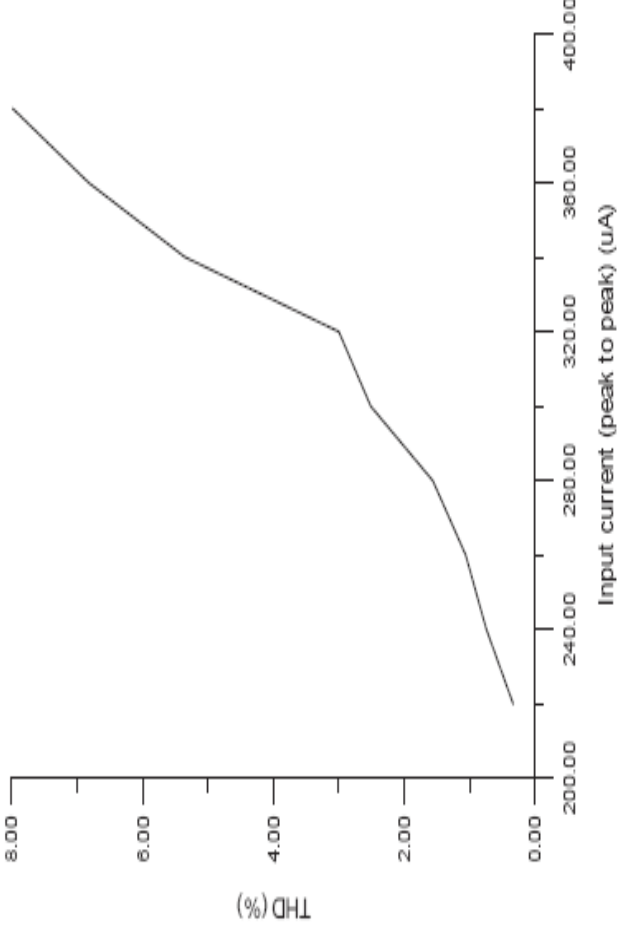
- Süzgecin giriş dinamik aralığını test etmek için, benzetim $f_0 = 22.5$ MHz de sinüs giriş işareti için tekrarlanmıştır. Şekil 9, band geçiren cevabı giriş dinamik aralığının kayda değer şekilde distorsiyonlar oluşturmaksızın tepeden tepeye 300uA genliğe kadar ulaşabileceğini göstermektedir.



Şekil 9: 300uA genlikli 22.5 MHz lik sinüs giriş akımı için band geçiren cevabının giriş ve çıkış dalga formları

Benzetim Sonuçları

- Band geçiren süzgecin çıkış harmonik bozululumunun giriş akım genliği üzerindeki bağımlılığı Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 10: Band geçiren süzgecin çıkış harmonik bozululumunun giriş akım genliğine bağımlılığı

Benzetim Sonuçları

- Şekil 10'dan, seçilen DVCC gerçeklenmesi için eğer giriş işareti 320 uA den daha yukarı değerlere çıkarılırsa harmonik bozulmanın hızlı Şekilde artacağı görülebilir.
-

Sonuç

- Önerilen süzgeç, 3 DVCC, 2 kapasite ve 4 direnç ihtiva eder. Süzgeç sırasıyla band, yüksek, alçak geçiren olmak üzere 3 temel süzgeç fonksiyonlarını sağlar. Çentik ve tüm geçiren fonksiyonları ek aktif elemanlar kullanılmaksızın direk olarak uygun çıkış akımlarını sağlayarak elde edilebilir. Tüm çıkışlar yüksek çıkış empedanslarından alınmaktadır. Bu, kaskod bağlantılar için önemlidir.
 - Ayrıca, önerilen süzgeç düşük pasif ve aktif duyarlılıklar sergiler. Süzgeç 22.5 MHz'de çalışma için dizayn edilmiş ve SPICE benzetim programını kullanarak test edilmiştir. Benzetim sonuçları teorik analizle iyi bir şekilde uyumuştur.
-

Kaynaklar

- M. A. Ibrahim, S. Minaei and H. Kuntman, "A 22.5 MHz current-mode khn-biquad using differential voltage current conveyor and grounded passive elements", AEU: International Journal of Electronics and Communications, Volume 59, 311–318, 2005.
-

TEŞEKKÜRLER...