



Akım Modlu Çarpıcı/Bölücü

(Novel High-Precision Current-Mode Multiplier/Divider)

Ümit FARAŞOĞLU

504061225



TAKDİM PLANI

- ÖZET
- GİRİŞ
- AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE
- ÖNERİLEN AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE
- BENZETİM SONUÇLARI
- SONUÇ



ÖZET:

Bu çalışmada; devre performansı üzerinde, küçük boyutlu MOS transistörlerden kaynaklanan ikincil etkilerin azaltılmasına yönelik method önerilmiş ve bu metodu kullanan çarpıcı/bölücü devre dizayn edilmiştir.



GİRİŞ:

- Elektronik cihazlardaki küçülmeye paralel olarak daha küçük ve çok fonksiyonlu elektronik cihazlara olan ihtiyaç
- Tümdevre fabrikasyon teknolojisinde küçülen MOS transistor boyutları ile birlikte;

Kısa kanal etkisi gibi ikincil etkilerin MOS transistor performansına etkisi

MOS transistorun gerilim-akım ilişkisinin karesellikten lineerliğe değişimi

- Bu sebeple küçük boyutlu MOS transistor kullanan devrelerde çıkış akım fonksiyonunda bazı hatalar meydana gelmektedir.



GİRİŞ:

- Bu çalışmada MOS translineer çevrimlerini kullanan akım modlu devrelerde ikincil etkilerin azaltılmasına yönelik method önerilmiş ve bu metodu kullanan yüksek doğruluklu çarpıcı/bölücü devre dizayn edilmiştir.
- Analog modülatör ve frekans katlayıcı gibi analog yapı blokları önerilen devre ile elde edilebilecektir.
- Önerilen devrenin çıkış akım fonksiyonu bir kontrol voltajı ile kontrol edilebilecektir.
- Devre emsallerine göre daha küçük boyutlarda üretilebilecek şekilde tasarlanabilecektir.
- Küçülen boyutlar nedeniyle daha yüksek frekanslarda çalışabilme olanağına sahip olunacaktır.



GİRİŞ:

- Önerilen devre birçok alanda/yapıda kullanıma uygundur.

Karekök Domeninde Filtreleme

Bulanık Mantık Kontrolörü

Faz Ayırtacı

Yapay Sinir Ağları

Modülatörler

Uyarlanabilir Süzgeçler

RMS-DC Çevirici

Sine-Cosine Sentezleyicisi

Kripto Sistemleri



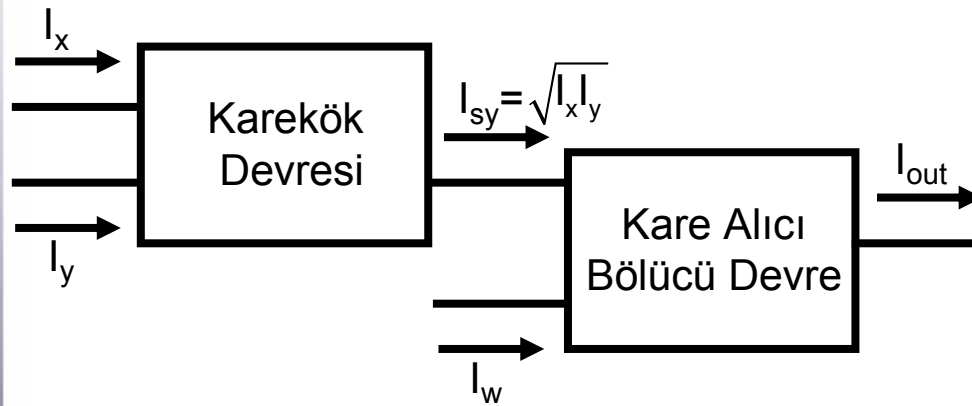
AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE :

- İki sinyalin çarpımı analog sinyal işlemede en önemli işlemlerden birisidir.
- Son zamanlarda CMOS çarpıcı devreler üzerine birçok araştırma yapılmış olup bunlardan bazıları da MOS translineer prensibine dayanmaktadır.
- Translineer prensibi esasen bipolar için formüle edilmiş olup MOS translineer prensibi buradan hareketle Seevinck tarafından ortaya çıkarılmıştır.
- Karekök devresi ve kare alıcı/bölücü devresi MTL devrelerin iki temel yapısı olup çarpıcı/bölücü devre bu iki yapının kullanılması ile elde edilmektedir. Böyle bir yapı Şekil 1' de görülmektedir.





AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE :



Şekil 1 - Çarpıcı/Bölücü Devrenin Diyagramı

- I_x ve I_y karekök devresinin giriş akımları olmak üzere devrenin çıkış fonksiyonu;

$$I_{sr} = \sqrt{I_x I_y}$$

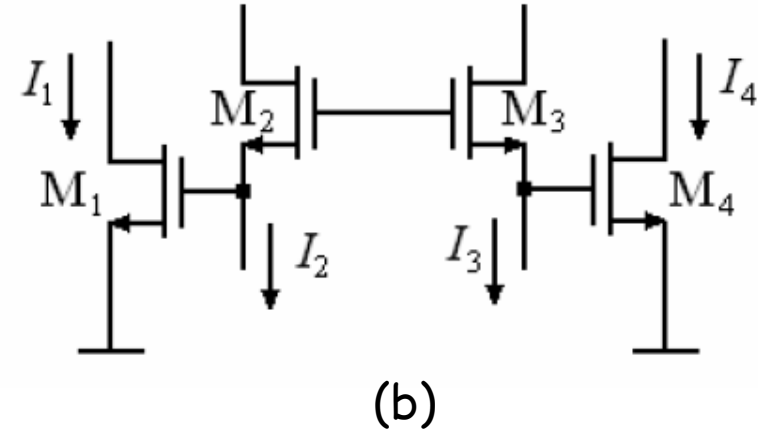
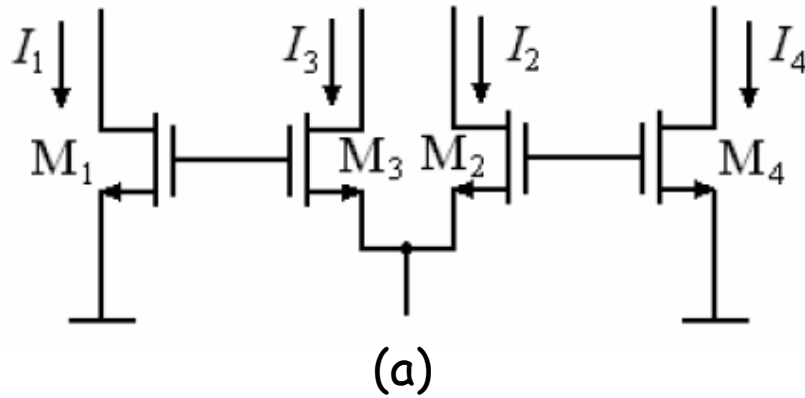
- I_{sy} ve I_w ikinci devre için giriş akımları olmak üzere tüm devrenin çıkış fonksiyonu;

$$I_{out} = \frac{I_{in}^2}{I_w} = \frac{(\sqrt{I_x I_y})^2}{I_w} = \frac{I_x I_y}{I_w}$$



AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE :

➤ Çarpıcı/bölücü devre için öncelikle karekök ve kare alıcı/bölücü devrelerin dizayn edilmesi gereklidir. Bu devreler Şekil 2a ve 2b' de gösterilen yukarı- aşağı ve üst üste bindirilmiş gerilim translineer çevrimlerinin kullanılması ile elde edilebilir.

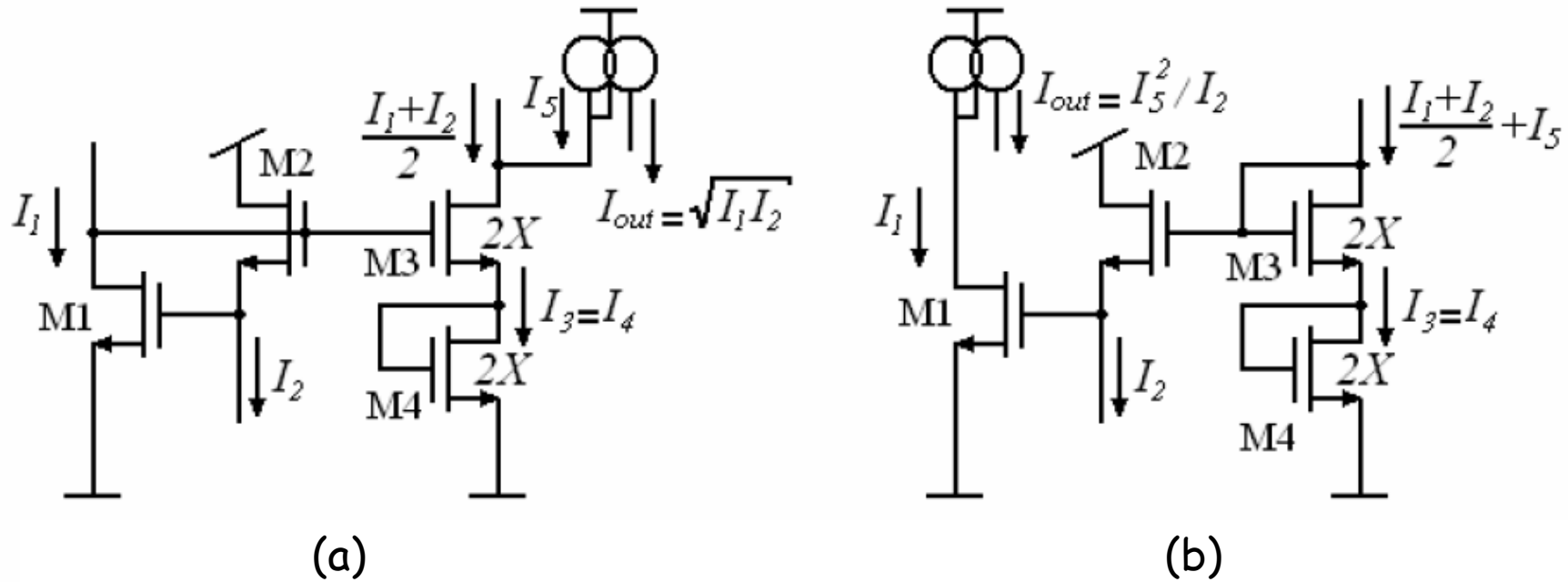


Şekil 2 - (a) Yukarı-aşağı VTL çevrimi (b) Üst üste bindirilmiş VTL çevrimi



AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE :

- Üst üste bindirilmiş VTL çevrimin kullanılması ile karekök ve kare alıcı/bölücü devrelerin elde edilmesi Şekil 3a ve 3b' de gösterilmektedir.



Şekil 3 - (a) Karekök devresi (b) Kare alıcı/bölücü devre



AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE :

- Transistorların β değerleri; $\beta_1=\beta_2=\beta$ ve $\beta_3=\beta_4=2\beta$ olarak alınır; gerilim translineer (VTL) çevriminden;

$$V_{GS1} + V_{GS2} = V_{GS3} + V_{GS4} \quad (1)$$

- İkincil etkilerin ihmal edilmesi durumunda, doymada çalışan MOS transistorun savak akımı;

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_o C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 = \frac{\beta}{2} (V_{GS} - V_{TH})^2 \quad (2)$$

- 2 nolu denklemden V_{GS} çekilip 1 nolu denkleme yerine yazılırsa (eşik gerilimleri eşit varsayılırsa);

$$\sqrt{\frac{2I_1}{\beta}} + \sqrt{\frac{2I_2}{\beta}} = \sqrt{\frac{2I_3}{2\beta}} + \sqrt{\frac{2I_4}{2\beta}} \quad (3)$$



AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE :

- Şekil 3' e göre M3 ve M4 transistörlerinin savak akımları eşit ve (3) nolu denklemin her iki tarafının karesi alınıp tekrar düzenlenirse;

$$I_3 = \sqrt{I_1 I_2} + \frac{1}{2}(I_1 + I_2)$$

- Çıkış düğümünde KCL uygulanması ile karekök devresinin çıkış akım fonksiyonu elde edilir.

$$I_{out} = I_5 = I_3 - \frac{1}{2}(I_1 + I_2) = \sqrt{I_1 I_2}$$

- Buradan I_1 ve I_2 giriş akımları ve çıkış akımı I_5 akımının kopyası olmak üzere karekök devresi elde edilebilir. Bunun yanında I_1 veya I_2 den birisinin çıkış akımı ve geri kalan ikisinin giriş akımı olması durumunda ise kare alıcı/bölücü devre elde edilebilir.

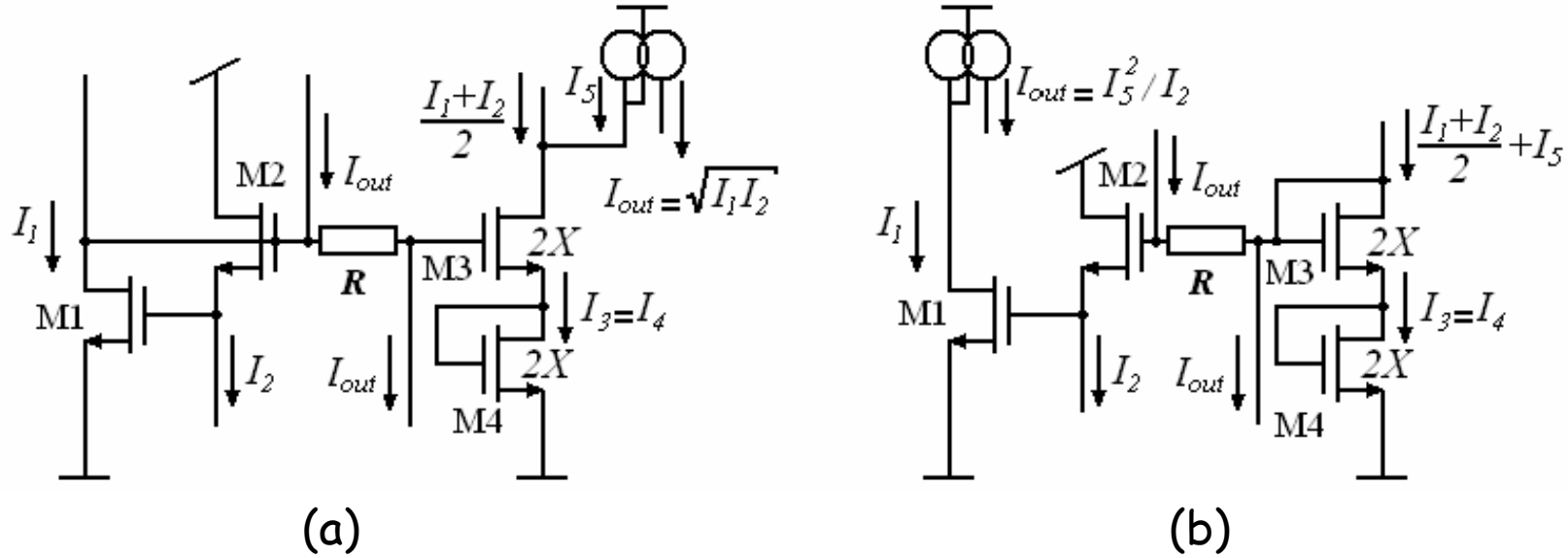


ÖNERİLEN AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE :

- Günümüzde MOS fabrikasyon teknolojisinde MOS transistor boyutlarındaki küçülmeye bağlı olarak MOSFET lerin performanslarında ikincil etkilerden kaynaklanan hatalar meydana gelmektedir.
- Kanal boyundaki kısalma hareket yeteneğinin azalmasına sebep olmakta, dolayısıyla transistörlerin karesellik kuralını bozmaktadır. Böylece kapı kaynak gerilimi ile savak akımı arasındaki ilişki lineere doğru kaymaktadır.
- Dolayısıyla MOS transistörlerde 1μ ve daha kısa kanal boylarında kısa kanal etkileri daha önemli hale gelmektedir.
- İkincil etkilerden dolayı küçük boyutlu MOS transistörler doğru bir şekilde çalışmazlar ve bu sebeple meydana gelen hataları yok etmek amacıyla Şekil 3' te verilen devreler Şekil 4 ' te olduğu gibi tekrar düzenlenmiştir.



ÖNERİLEN AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE :



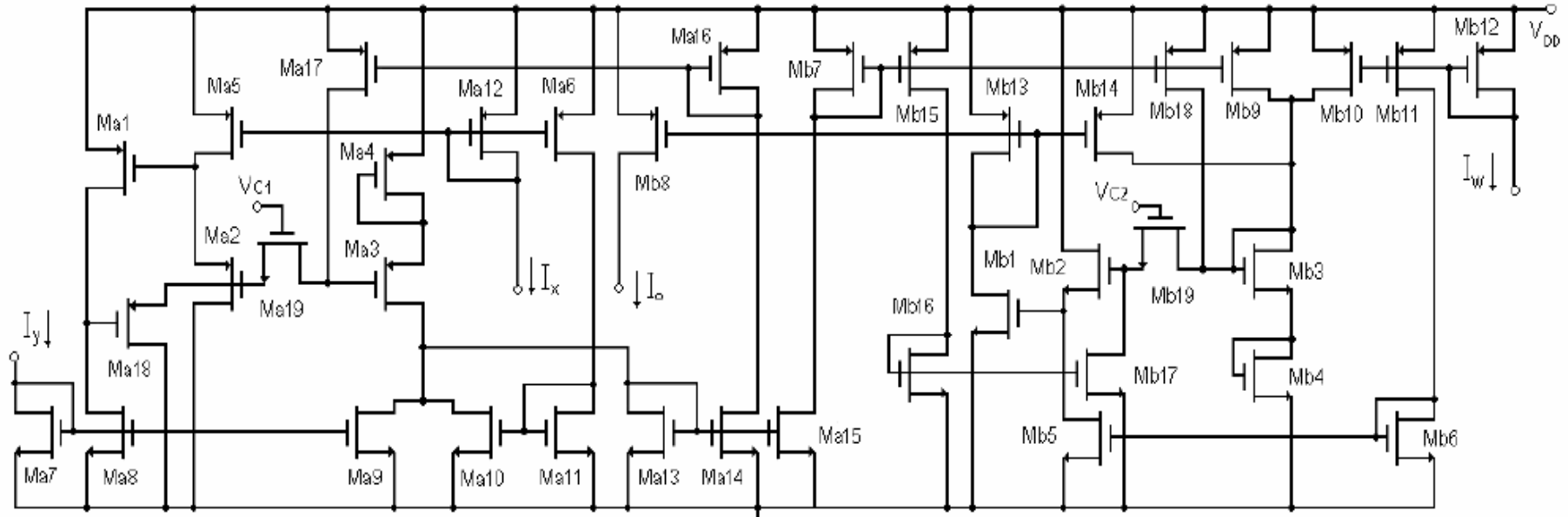
Şekil 4 - Düzeltilmiş (a) Karekök devresi (b) Kare alıcı/bölücü devre

- M2 ve M3 transistörlerinin geçitleri arasına yerleştirilecek bir R direnci üzerinden çıkış akımının akıtılması ile ikincil etkilerden kaynaklanan hataların azaltılması sağlanabilir. Bu durumda çıkış akımında meydana gelen hataları gideren yeni bir gerilim ifadesi VTL çevrimine ilave edilmiş olur.



ÖNERİLEN AKIM MODLU ÇARPICI/BÖLÜCÜ DEVRE :

- Bu kapsamda önerilen devre Şekil 5' te olduğu gibi gerçekleştirilebilir.



Şekil 5 - Önerilen Akım Modlu Çarpıcı/Bölücü Devre

- R dirençleri transistörler ile gerçekleştirilmiş olup bu dirençlerin değeri V_C kontrol gerilimi ile kontrol edilmektedir. Bu metotla çıkış akım fonksiyonu kontrol edilebilmekte ve çıkış akımında meydana gelen hatalar yok edilebilmektedir.



BENZETİM SONUÇLARI :

- TMSC 0.35 mikro LEVEL 3 CMOS teknolojisi kullanılmak suretiyle önerilen devrenin Spice simülasyonu yapılmıştır. Kullanılan transistor boyutları Tablo-1' de olduğu gibidir. Besleme gerilimi 3V kullanılmıştır.

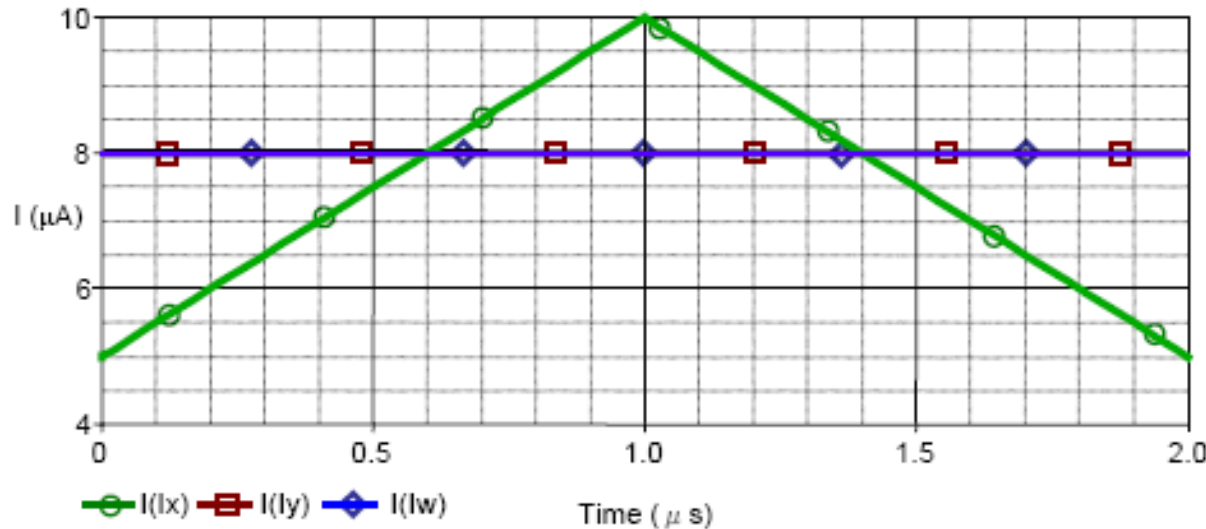
	W/L [μm]		W/L [μm]		W/L [μm]		W/L [μm]
Ma1	6/7	Ma11	12/7	Mb1	12/7	Mb11	12/7
Ma2	6/7	Ma12	12/7	Mb2	12/7	Mb12	12/7
Ma3	12/7	Ma13	12/7	Mb3	24/7	Mb13	12/7
Ma4	12/7	Ma14	12/7	Mb4	24/7	Mb14	6/7
Ma5	12/7	Ma15	12/7	Mb5	12/7	Mb15	12/7
Ma6	12/7	Ma16	12/7	Mb6	12/7	Mb16	12/7
Ma7	12/7	Ma17	12/7	Mb7	12/7	Mb17	12/7
Ma8	12/7	Ma18	12/7	Mb8	12/7	Mb18	12/7
Ma9	6/7	Ma19	10/7	Mb9	12/7	Mb19	80/7
Ma10	6/7			Mb10	6/7		

Tablo 1 - Transistor Boyutları



BENZETİM SONUÇLARI :

- Önerilen devre için zaman domeni Spice benzetim sonuçlarını almak maksadıyla, I_x giriş akımı $5 \mu A$ genlikli üçgensel dalga, I_y ve I_w giriş akımları $8 \mu A$ değerinde DC akım olarak uygulanmıştır. Giriş akımları grafiği Şekil 6' da olduğu gibidir.

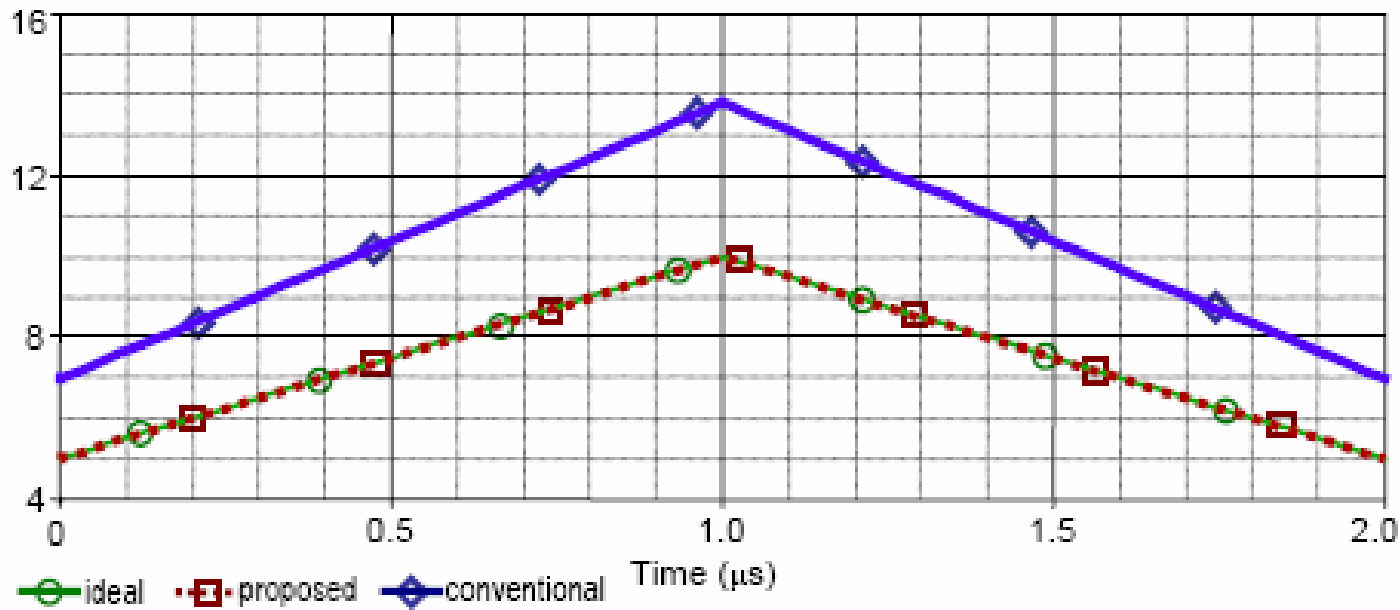


Şekil 6 - Önerilen Devrenin Giriş Akımları



BENZETİM SONUÇLARI :

- Önerilen devre, klasik çarpıcı/bölücü devre ve ideal devre elemanları ile oluşturulmuş devrenin çıkış akımları Şekil 7' de olduğu gibidir. V_{C1} ve V_{C2} gerilimleri sırasıyla 2.09V ve 5V olarak alınmıştır.

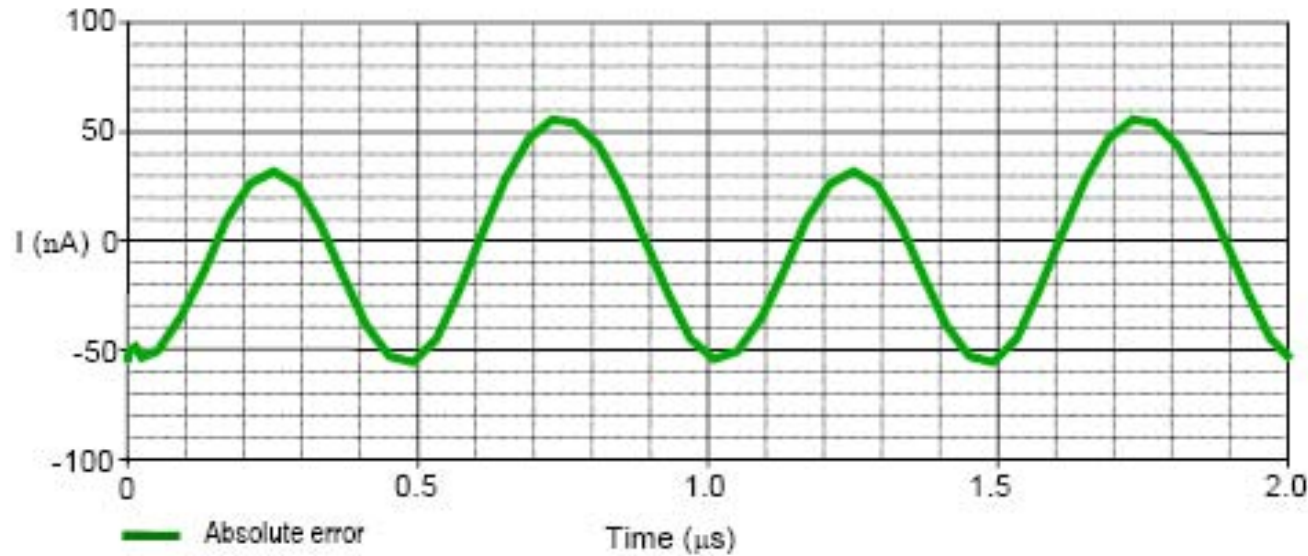


Şekil 7- Çıkış Akımlarının İdeal Eğri ile Karşılaştırılması



BENZETİM SONUÇLARI :

- Çıkıştaki mutlak hata Şekil 8' de olduğu gibidir. $(I_x I_y / I_w) - I_z$
- Giriş akımları $I_x = I_y = I_w = 5(2 + \sin 2\pi f t) \mu A$ ve $f = 1 \text{ MHz}$ olarak alınmıştır.

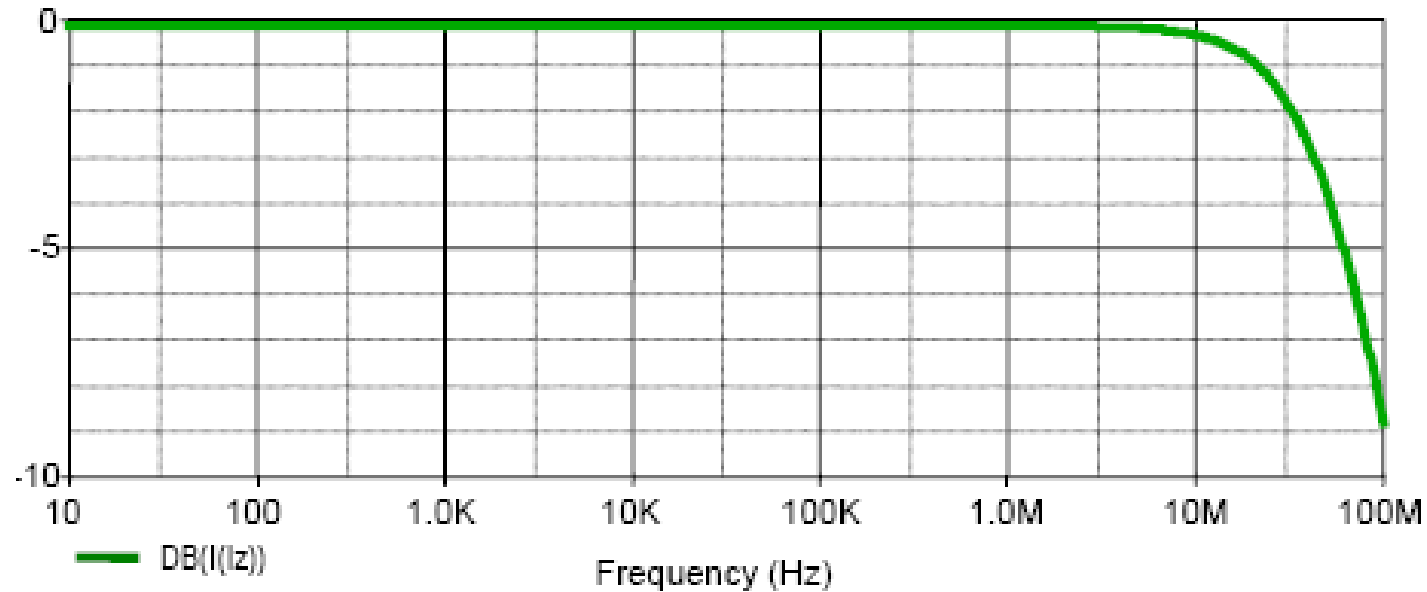


Şekil 8- Önerilen Devrenin Mutlak Hatası



BENZETİM SONUÇLARI :

- Önerilen devrenin frekans karakteristiği Şekil 9' da olduğu gibidir.
- I_x girişinden çıkışa ($I_y=I_w=15\mu A$) küçük işaret bant genişliği 44MHz olarak ölçülmüştür.

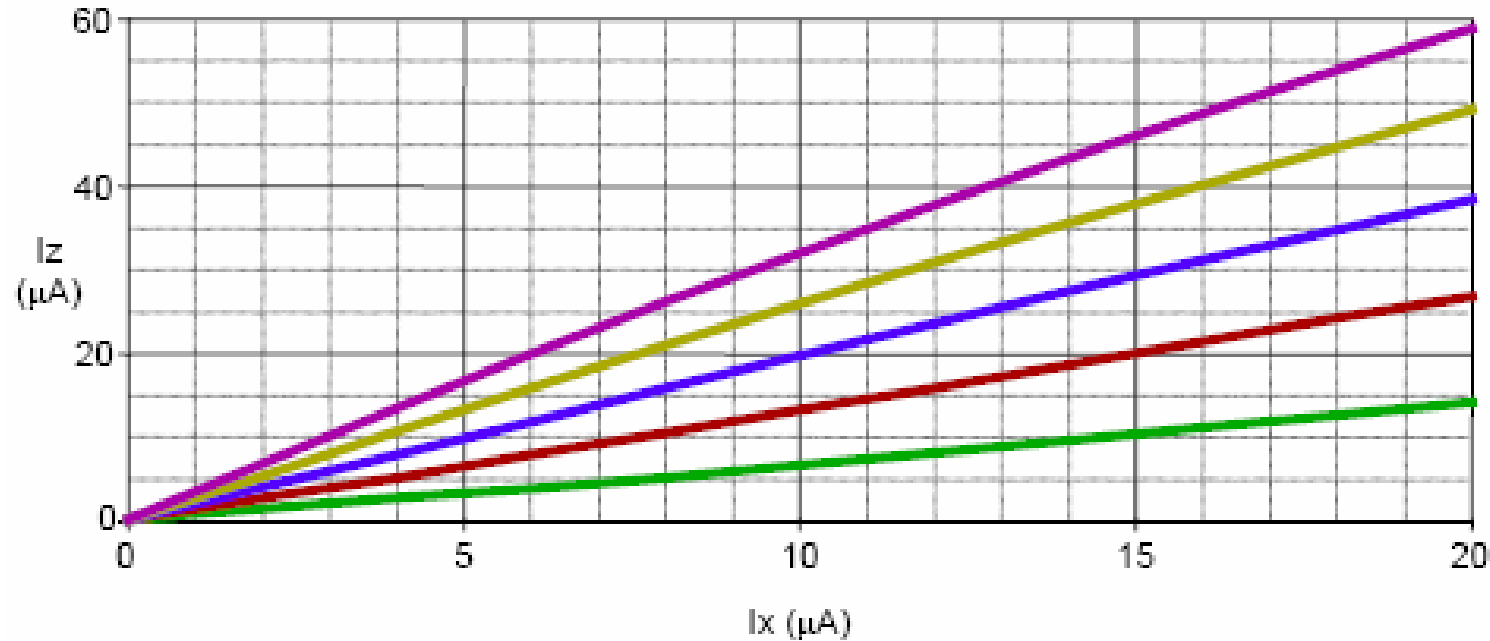


Şekil 9- Önerilen Devrenin Frekans Karakteristiği



BENZETİM SONUÇLARI :

- Önerilen devrenin DC transfer karakteristiği Şekil 10' da olduğu gibidir.
- Giriş akımları $I_w=3\mu A$, $I_y=2\mu A:10\mu A$ $2\mu A$ 'lik adımlarla, $I_x=0\mu A:10\mu A$

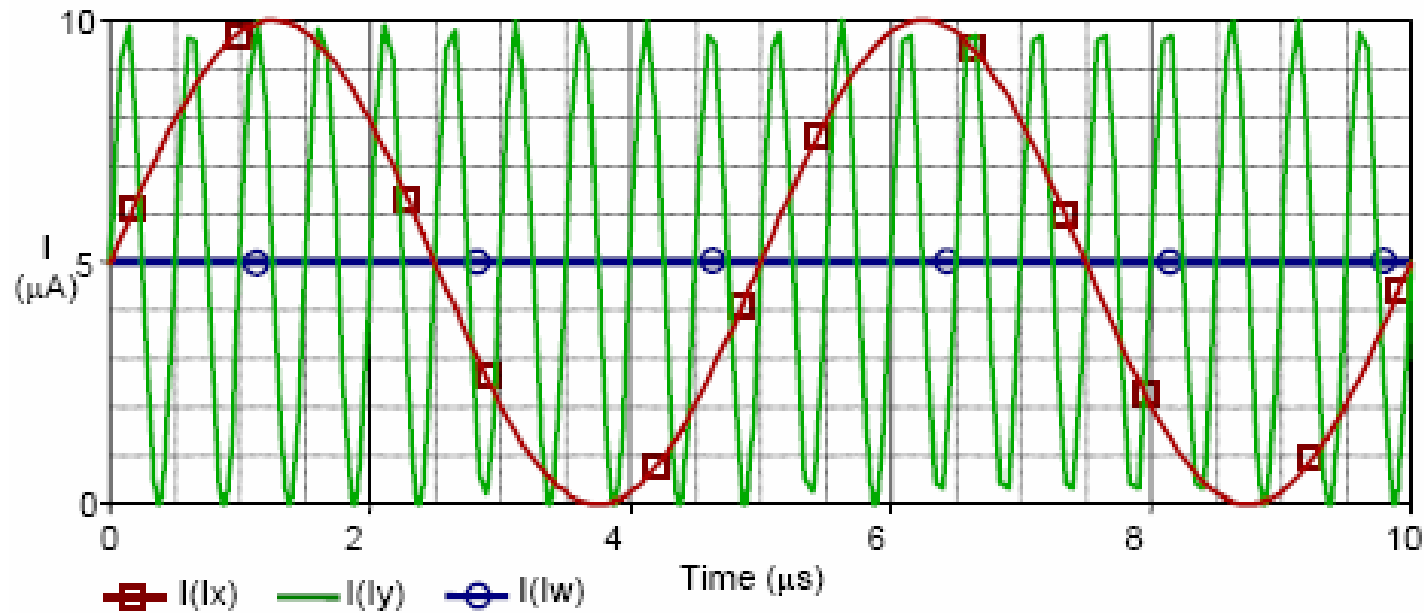


Şekil 10- Önerilen Devrenin DC Transfer Karakteristiği



BENZETİM SONUÇLARI :

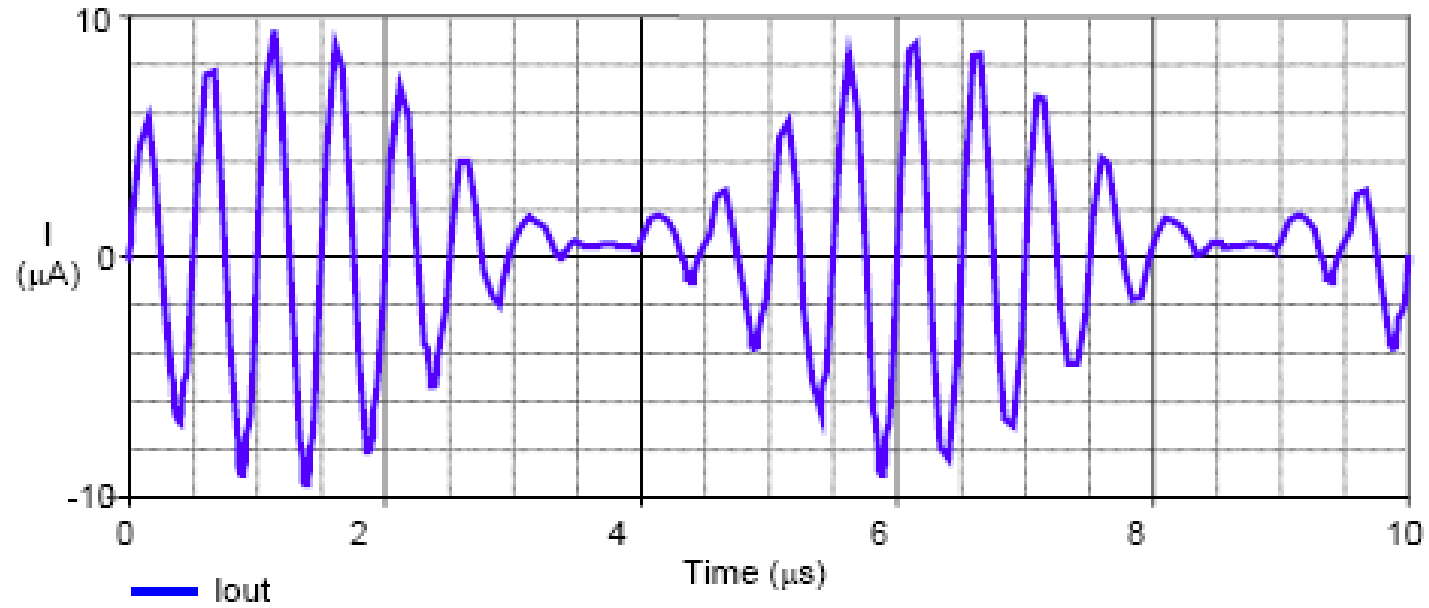
- Şekil 11 ve 12 önerilen devrenin genlik modülatörü olarak kullanımını göstermektedir. Giriş akımları $I_x=5(1+\sin 2\pi ft)\mu A$, $f=0.2\text{MHz}$, $I_y=5(1+\sin 2\pi ft)\mu A$, $f=2\text{MHz}$ ve $I_w=5\mu A$ sabit akım olarak alınmıştır.



Şekil 11- Önerilen Devrenin Genlik Modülatörü Uygulaması için Giriş Akımları



BENZETİM SONUÇLARI :



Şekil 12- Modüle Edilmiş AC Çıkış Akımı



BENZETİM SONUÇLARI :

- Önerilen çarpıcı/bölücü devrenin performans parametreleri Tablo 2' de olduğu gibidir.

Parametre	Değer
Teknoloji	0.35 μ m CMOS
Besleme Gerilimi	3 V
THD (Giriş:10 μ A 1MHz)	0.144%
Bant Genişliği	44 MHz
Kırmık Alanı	0.01 mm ²
Güç Tüketimi (10 μ A DC giriş)	0.538 mW

Tablo 2- Önerilen Devrenin Performans Parametreleri



SONUÇ :

- Bu çalışmada; MOS translineer (MTL) çevrimleri kullanılarak akım modlu devrelerde ikincil etkilerden kaynaklanan hataların azaltılmasına yönelik method önerilmiş ve bu method kullanılarak yüksek doğruluklu çarpıcı/bölücü devre dizayn edilmiştir.

- Önerilen devrenin başlıca avantajları olarak;
 - * Çıkış fonksiyon hatasını azaltması,
 - * Kontrol gerilimi ile çıkışın ayarlanabilir olması,
 - * Kırmık üzerinde çok küçük alan kaplaması,
 - * Yüksek frekansta çalışabilmesi,
 - * Düşük güç kullanımı ve
 - * Yüksek doğruluklu olması sıralanabilir.



SONUÇ :

- Önerilen devrenin;
 - * Karekök Domeninde Filtreleme
 - * Bulanık Mantık Kontrolörü
 - * Faz Ayırtacı
 - * Yapay Sinir Ağları
 - * Modülatörler
 - * Uyarlanabilir Süzgeçler
 - * RMS-DC Çevirici
 - * Sine-Cosine Sentezleyicisi
 - * Kripto Sistemleri gibi birçok alanda/yapıda kullanılabileceği değerlendirilmektedir.



REFERANS :

S. Menekay, R. C. Tarcan, H. Kuntman, "Novel High-Precision Current-Mode Multiplier/Divider", Proceedings of ELECO 2007: The 5th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, Electronics, pp. 5-9, 5-9 December 2007, Bursa, Turkey.

http://www.emo.org.tr/resimler/ekler/8357dda130ec9b8_ek.pdf



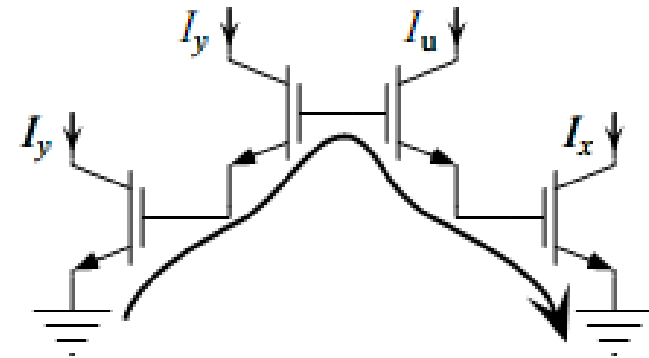
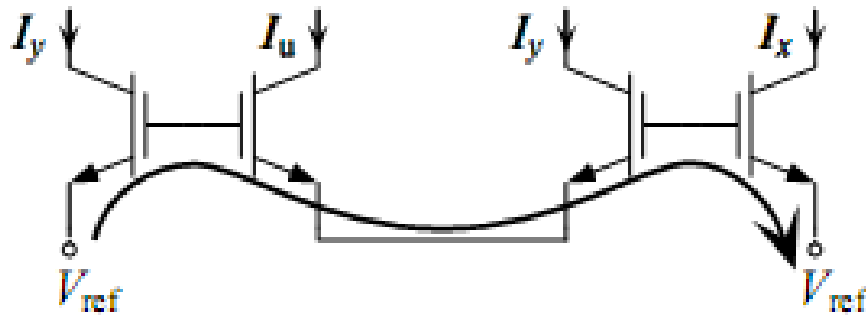
Takdim sona ermiştir.

TEŞEKKÜRLER



TRANSLINEER PRENSİBİ:

- Translineer prensibi bipolar transistörlerdeki akım-voltaj arasındaki üssel ilişkiye dayanmaktadır. 1975' te Barrie Gilbert tarafından bulunmuştur.
- Evert Seevinck buradan yola çıkarak MTL i bulmuştur.



BJT için:

$$\sum_{CW} V_{BE} = \sum_{CCW} V_{BE}$$
$$\prod_{CW} \frac{I_C}{A} = \prod_{CCW} \frac{I_C}{A}$$

MOSFET için:

$$\sum_{CW} V_{GS} = \sum_{CCW} V_{GS}$$
$$\sum_{CW} \sqrt{\frac{I_D}{W/L}} = \sum_{CCW} \sqrt{\frac{I_D}{W/L}}$$

