

Şekil-6.16. Zaman domeni cevabı, ---- giriş işareti, — eleman modeli ,
— — — makromodel

6.5. Akım taşıyıcı makromodeli

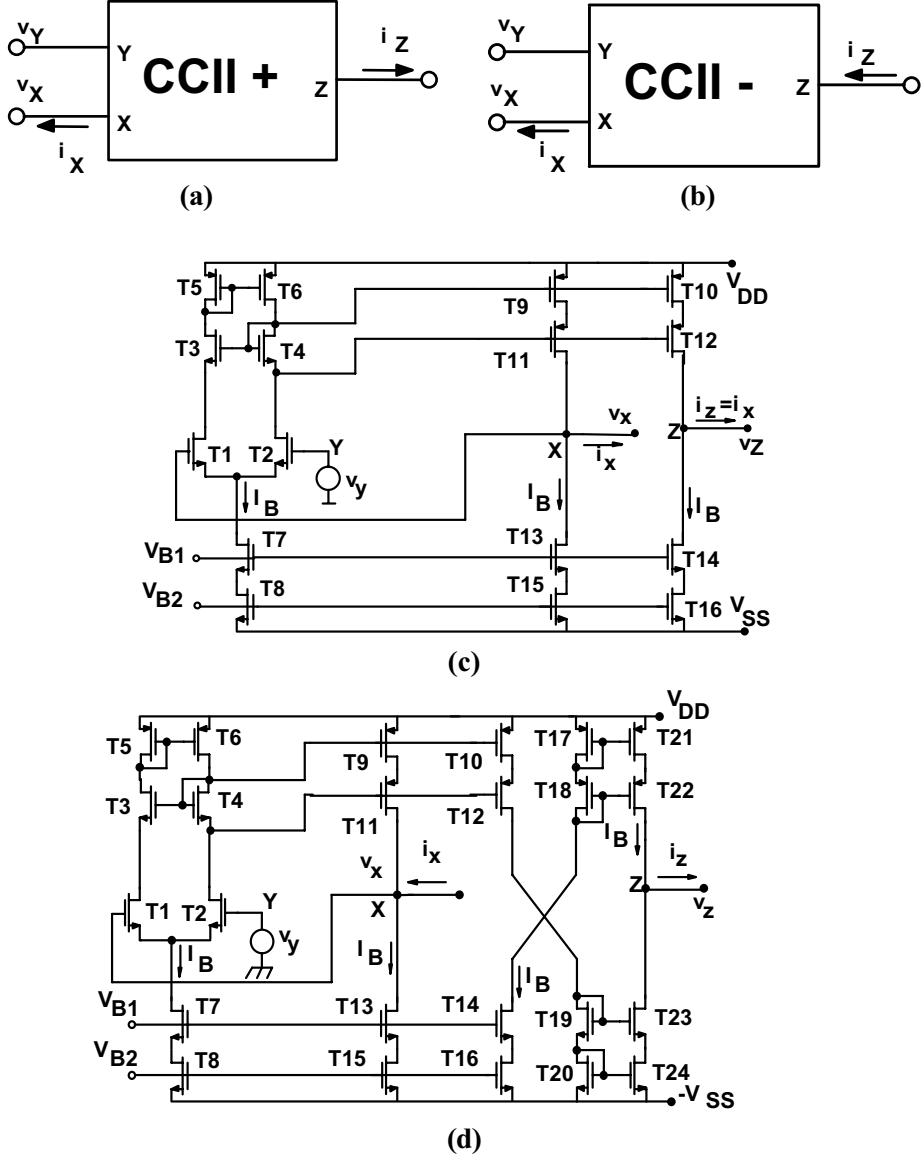
6.5.1. Akım taşıyıcılarda ideal olmama etkilerinin modellenmesi

Akım taşıyıcı, akımın çok farklı empedans seviyelerindeki iki kapı arasında taşındığı üç kapılı aktif bir devre olarak tanımlanabilir. Günümüzde, akım taşıyıcı denildiğinde, ikinci kuşak akım taşıyıcı (CCII) anlaşılmaktadır. Aktif eleman olarak akım taşıyıcının kullanılmasıyla çeşitli türden aktif devre yapılarını gerçekleştirmek mümkündür. Bu yapılara örnek olarak, aktif süzgeç ve osilatör devreleri verilebilir. CCII, aşağıda verilen bağıntılarla tanımlanan üç uçlu bir devredir:

$$v_X = v_Y, i_Y = 0, i_Z = \mp i_X$$

$i_Z = i_X$ olması durumunda pozitif (faz döndürmeyen) akım taşıyıcı, $i_Z = -i_X$ olması durumunda da negatif (faz döndüren) akım taşıyıcı elde edilmektedir.

İdeal bir akım taşıyıcıda, giriş ve çıkış empedansları sonsuz, band genişliği sonsuz, X ucundan içeriye doğru bakıldığında görülen empedans sıfırdır.



Şekil-6.28. Evirmeyen (CCII+) ve eviren (CCII-) türden ikinci kuşak akım taşıyıcıların devre sembolleri ve CMOS tekniği ile gerçekleştirilmesi: a) evirmeyen türden (pozitif) akım taşıyıcı sembolü, b) eviren türden (negatif) akım taşıyıcı sembolü, c) CMOS evirmeyen (pozitif) akım taşıyıcı, d) CMOS eviren (negatif) akım taşıyıcı

6.30

Akım taşıyıcının lineer ve lineer olmayan davranışını modelleyen makromodel Şekil-6.18'de görülmektedir. Makromodel oluşturulurken, akım taşıyıcının giriş-çıkış karakteristiklerinden ve frekans eğrilerinden yararlanılmış, model bu karakteristikleri aslına uygun bir biçimde verecek ve az sayıda lineer olmayan eleman içerecek biçimde düzenlenmiştir. Bunun için V_X-V_Y ve V_Z-V_Y gerilim geçiş eğrilerinin, I_X-V_Y ve I_Z-V_Y akım geçiş eğrilerinin, X, Y ve Z uçlarından içeriye doğru bakıldığında görülen Z_X , Z_Y ve Z_O empedanslarının frekansla değişim eğrilerinin ölçü yoluyla yahut simülasyonla çıkartılması gerekmektedir. Model parametreleri, yukarıda değinilen karakteristiklerden yararlanılarak kolayca bulunabilmektedir. Kurulan lineer olmayan eşdeğer devre dokuz R elemanı, üç C elemanı, bir L elemanı, beş bağımlı kaynak, beş bağımsız gerilim kaynağı ve 6 diyot elemanı içermektedir. Bu elemanlar yardımıyla yapının gerilim ve akım izleme karakteristikleri, giriş ve çıkış empedansları, akım ve gerilim sınırlama özellikleri yeteri kadar doğru olarak modellenmektedir. Y ucuna ilişkin özellikleri temsil etmek için bir bağımsız gerilim kaynağı, bir R ve bir de C elemanı kullanılmıştır. X ucuna ilişkin giriş empedansının, akım ve gerilim sınırlama özelliklerinin modellenmesi için beş R elemanı, bir C elemanı, bir L elemanı, iki bağımlı gerilim kaynağı, dört bağımsız gerilim kaynağı ve dört de diyot elemanı öngörülmüştür. X ucundan içeriye doğru bakıldığında, ikinci dereceden bir empedans fonksiyonu ile ifade edilebilen bir empedans karakteristiği elde edilir. Rezonans karakteristiği biçimindeki bu davranışı modellemek üzere, eşdeğer devreye L elemanı eklenmiştir. Z ucuna ilişkin çıkış empedansı ve gerilim sınırlama özelliklerinin temsil edilmesi için de bir bağımlı akım kaynağı, üç R elemanı, bir C elemanı, iki bağımsız gerilim kaynağı ve iki diyot elemanı kullanılmıştır.

Gerçek akım taşıyıcı ve makromodel karakteristikleri

Makromodelin doğruluğunu göstermek üzere, Şekil-6.17c'de verilen CMOS akım taşıyıcı için SPICE 2. DÜZEY MOS modeli kullanılarak gerçek devre için elde edilen simülasyon sonuçlarıyla önerilen makromodel ile elde edilen SPICE simülasyonu sonuçları karşılaştırılmıştır. Örnek olarak seçilen CMOS akım taşıyıcıya ilişkin makromodel parametreleri Tablo-6.8'de verilmiştir.

Z ucu açık devre, $R_X = 1k$ iken elde edilen V_X-V_Y ve V_Z-V_Y gerilim geçiş eğrileri Şekil-6.19'da görülmektedir. Şekil-6.20'de $R_X = 0$ için eleman modeli ve

makromodelle elde edilen $I_X - V_Y$ değişimleri , başka bir deyişle X ucundaki akımının V_Y ile değişimi yer almaktadır.

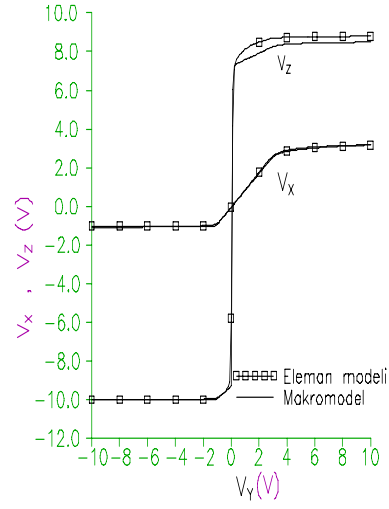
X ucunun açık devre edilmesi durumunda bu uçtaki V_X geriliminin V_Y gerilimi ile ne şekilde değişeceği eleman modeli ve makromodel ile hesaplanmış, sonuçlar Şekil-6.21’de gösterilmiştir.

X ucundan içeriye doğru bakıldığında görülen Z_X empedansının frekansla değişim eğrisi Şekil-6.22’de , Z ucundan içeriye doğru bakıldığında görülen Z_O empedansının değişim eğrisi de Şekil-6.23’de verilmiştir. v_X/v_Y ve v_Z/v_Y gerilim geçiş eğrilerinin frekansla değişimleri Şekil-6.24’de gösterilmiştir. Şekillerden kolaylıkla fark edilebileceği gibi, verilen model, akım taşıyıcının lineer ve lineer olmayan davranışını aslına uygun bir biçimde modellemektedir. Makromodel yardımıyla elde edilen sonuçlar, eleman modelleri yardımıyla elde edilen sonuçlarla iyi bir uyum sağlamaktadır.

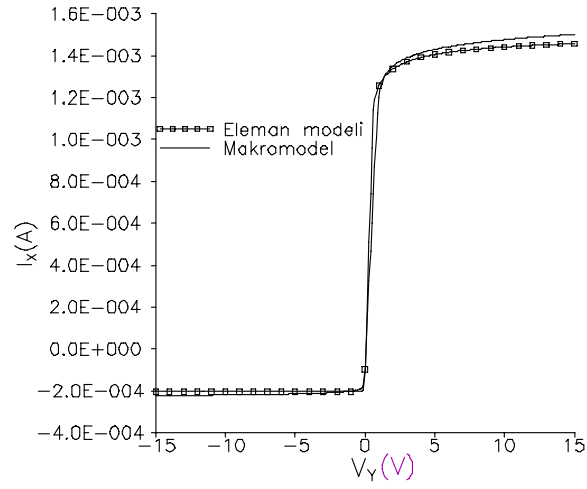
Tablo-6.8. Makromodel parametreleri.

Eleman	Eleman deęeri	Eleman	Eleman deęeri
R_Y	1E12 Ohm	k_3	-9
C_Y	0.0489 pF	k_4	-2.2
r_{X1}	327 Ohm	I_{S1}	1E-14A
r_{X2}	400 Ohm	I_{S2}	1E-14A
C_X	0.1 pF	I_{S3}	1E-14A
L_P	40 μ H	I_{S4}	1E-14A
R_P	32kOhm	I_{S5}	1E-14A
k_1	1	I_{S6}	1E-14A
k_2	1	V_{OFF}	-63 mV
R_O	620 k Ω	C_O	.5 pF
R_{C1}	10 k Ω	V_{C2}	3.3 V
V_{C1}	5.72 V	R_{E2}	3 k Ω
R_{E1}	10 k Ω	V_{E2}	1.2 V
V_{E1}	1.1 V	h	1
R_{C2}	1860 Ω	-	-

6.32

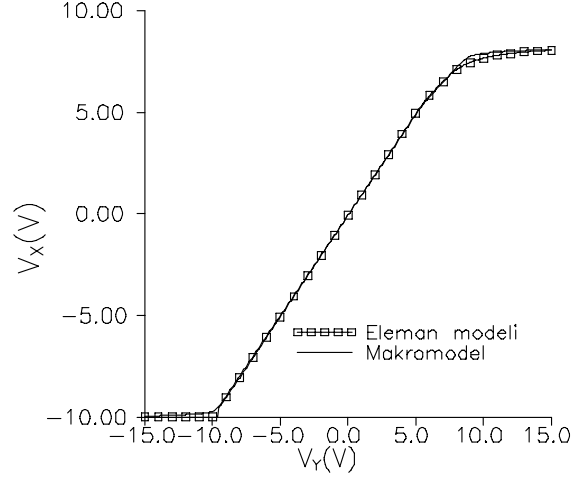


Şekil-6.19. $R_X = 5k$, $R_Z = \infty$ için eleman modeli ve makromodel yardımıyla elde edilen V_X - V_Y ve V_Z - V_Y değişimleri.

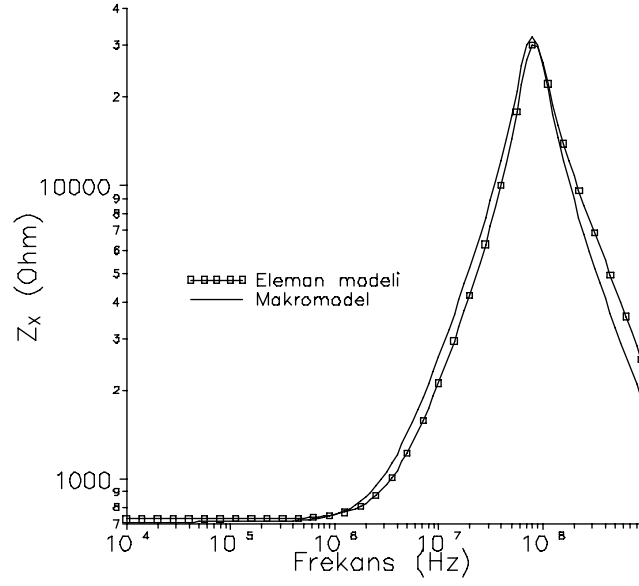


Şekil-6.20. X ucundan içeriye ve dışarıya doğru akıtılan akımın sınırları, $R_X = 0$.

6.33

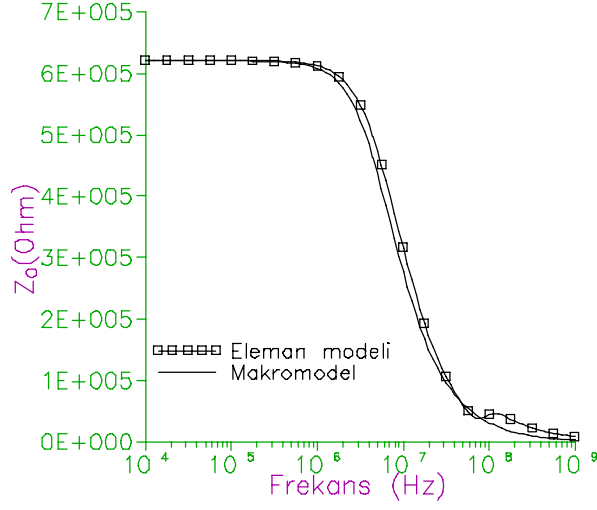


Şekil-6.21. $R_X = \infty$ için $V_X - V_Y$ değişimi.

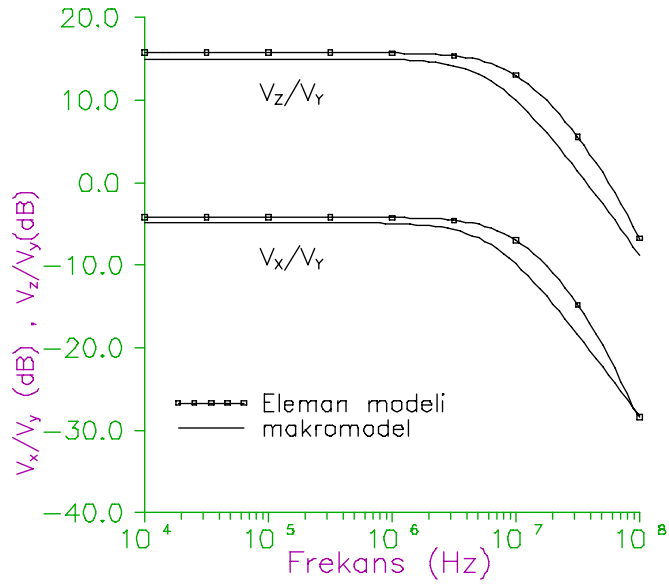


Şekil-6.22. X ucundan görülen Z_X empedansının frekansla değişimi için makromodel ve eleman modeli yardımıyla elde edilen simülasyon sonuçları.

6.34



Şekil-6.23. Z ucundan görülen Z_o empedansının frekansla değişimi için makromodel ve eleman modeli yardımıyla elde edilen simülasyon sonuçları.



Şekil-6.24. v_x/v_y ve v_z/v_y gerilim transfer oranlarının frekansla değişimi için makromodel ve eleman modeli yardımıyla elde edilen simülasyon sonuçları.