

## ELE 517

# Yarıiletken Elemanların ve Düzenlerin Modellenmesi

### 2014-2015 Eğitim-Öğretim Yılı

### Dönem Ödevi

Şekil-1'de görülen ve transistor boyutları Tablo-1'de verilen negatif CMOS akım kontrollü ikinci kuşak akım taşıyıcı (CCCII+) yapısı için SPICE benzetim programında kullanılmak üzere bir makromodel oluşturulacaktır. Devre  $\pm 1.5V$ 'luk simetrik gerilimle beslenecektir (Akım kontrollü ikinci kuşak akım taşıyıcılar, GHz'lere kadar uzanan bölgedeki yüksek frekans uygulamalarında, özellikle SiGe teknolojisiyle gerçekleştirilerek yaygın olarak kullanılmakta, frekans atık süzgeç tasarımı, global yer belirleme sistemi ve şifreli radyo alanında uygulama alanı bulmaktadırlar).

Verilen CCCII+ devresi için  $I_o$  kutuplama akımını ekteki Tablo-2'de gösterilen değerde seçerek, yapının DC ve AC karakteristiklerini SPICE benzetim programı yardımıyla elde ediniz. Her öğrenci kendisi için verilen kutuplama akımı değerini kullanacaktır. Standart akım taşıyıcı makromodeli bu devre için de geçerlidir, (Gerçek devre benzetimlerde  $0.35\mu m$  TSMC CMOS model parametrelerinin kullanılması önerilir).

#### DC karakteristikler:

- a- X ucunu açık devre ediniz yahut büyük değerli bir dirençle kapatınız, Z ucunu referansa bağlayınız. Bu durumda  $V_x$  geriliminin  $V_Y$  gerilimi ile ne şekilde değişeceğini inceleyiniz ( $V_x = f(V_Y)$ ).
- b- X ucunu kısa devre ediniz yahut küçük değerli bir dirençle kapatınız, Z ucunu referansa bağlayınız. Bu durumda  $I_x$  akımının  $V_Y$  gerilimi ile ne şekilde değişeceğini inceleyiniz ( $I_x = f(V_Y)$ ).
- c- Z ucu açık devre (büyük dirençle kapatılmış) ve X ucu orta değerli bir  $R_x$  yükü ile kapatılmışken elde edilen  $V_x - V_Y$  ve  $V_z - V_Y$  gerilim geçiş karakteristiklerini ( $V_x = f(V_Y)$  ve  $(V_z = f(V_Y))$ ) inceleyiniz.
- d- Y ve Z uçlarını referansa bağlayınız, X ucuna bir akım kaynağı ( $I_x$ ) bağlayıp, bu kaynağın akımını uygun sınırlar içinde değiştirerek  $I_z = f(I_x)$  değişimini inceleyiniz.

#### AC karakteristikler:

- a- Y ucundan içeriye doğru bakıldığında görülen  $Z_Y$  empedansının frekansla değişimini inceleyiniz, bunun için Z ucunu referansa bağlayınız, X ucunu açık devre ediniz yahut büyük değerli bir dirençle kapatınız, Y ucuna  $1V$ 'luk bir AC gerilim kaynağı bağlayarak bu kaynağın geriliminin frekansını uygun sınırlar içinde değiştiriniz.
- b- X ucundan içeriye doğru bakıldığında görülen  $Z_x$  empedansının frekansla değişimini inceleyiniz, bunun için Y ve Z uçlarını referansa bağlayınız, X ucuna  $1V$ 'luk bir AC gerilim kaynağı bağlayarak bu kaynağın geriliminin frekansını uygun sınırlar içinde değiştiriniz.
- c- Z ucundan içeriye doğru bakıldığında görülen  $Z_o$  empedansının frekansla değişimini inceleyiniz. Bunun için Y ucunu referansa bağlayınız. X ucunu bir

dirençle kapatınız. Z ucuna 1V'luk bir AC gerilim kaynağı bağlayarak bu kaynağın geriliminin frekansını uygun sınırlar içinde değiştiriniz.

- d-  $v_x/v_y$  gerilim kazancının frekansla değişimini inceleyiniz. Bunun için X ucunu açık devre ediniz yahut büyük değerli bir dirençle kapatınız, girişe 1V'luk bir AC gerilim kaynağı bağlayarak bu kaynağın geriliminin frekansını uygun sınırlar içinde değiştiriniz).
- e-  $i_z/i_x$  akım kazancının frekansla değişimini inceleyiniz. Bunun için Y ucunu referansa bağlayınız, X ucuna 1A'lık bir AC akım kaynağı bağlayarak bu kaynağın akımının frekansını uygun sınırlar içinde değiştiriniz.

**Ödevin hazırlanması:** Yukarıda belirtilen yoldan hareketle çıkaracağınız karakteristiklerden ve makro modele ilişkin tablodan yararlanarak model parametrelerini ayrı ayrı belirleyiniz. Oluşturduğunuz makro model yardımıyla SPICE benzetimi ile elde edeceğiniz karakteristikleri, gerçek eleman modeli kullanarak SPICE benzetimi ile daha önce elde etmiş olduğunuz karakteristiklerle karşılaştırarak değerlendiriniz, temel başarımları büyüklüklerini tablo halinde veriniz, aradaki farkları yorumlayınız. Hedeflenen amaca ne kadar yaklaştığınızı araştırınız.

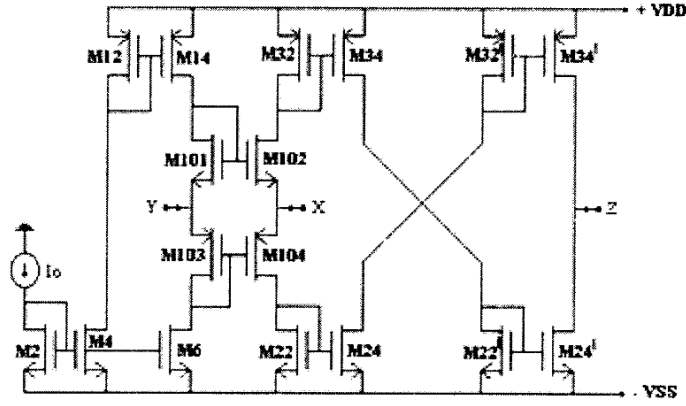
Yukarıda belirtilen işlemler yapılacak, benzetimle elde edilen karakteristikleri, belirlenen model parametrelerini, yukarıda istenen yorumları içeren **ayrıntılı ve kapsamlı bir rapor hazırlanarak, 29 Aralık 2014 Pazartesi günü saat 12:00'ye kadar** teslim edilecektir. **Otomasyondaki sınırlama nedeniyle bu sürenin uzatılması mümkün değildir.**

#### **Kaynaklar:**

- 1) S. Minaei, O. Cicekoglu, H. Kuntman and S. Türkoç, 2001. "High Output Impedance Current-Mode Lowpass, Bandpass and Highpass Filters Using Current Controlled Conveyors". *International Journal of Electronics*, 88 (8), 915-922.
- 2) N. Tarım, B. Yenen, H. Kuntman: Simple and accurate nonlinear current conveyor macromodel for simulation of active filters using CCII's, *International Journal of Circuit Theory and Applications*, 26, pp.27-38, 1998.
- 3) S. Minaei, D. Kaymak and H. Kuntman, 'New high performance realizations for current controlled conveyor (CCCII)', *Journal of Electrical & Electronics, Engineering Faculty, Istanbul University, Vol.2, No.2, pp.547-553, 2002.*
- 4) D.Y. Kaymak, *Kontrollü akım taşıyıcılarda performans iyileştirme çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.*
- 5) H. Hakan Kuntman: *Elektronik Elemanların Modellenmesi, (Telif Kitap), İTÜ Kütüphanesi, Sayı 1600, 1998.*
- 6) N. Aksoy, *Designing of CMOS Current Controlled Conveyor Circuits & Implementations, B.Sc. Thesis, Electronics and Communications Engineering Dpt. Istanbul Technical University, May 2012.*
- 7) E. Armağan, H. Kuntman, "Design of balanced differential pair based CCCII circuit and configurable frequency agile filter application in 28nm process", *Journal of Electrical & Electronics Engineering, Engineering Faculty, Istanbul University, Vol.13, No.2, pp. 1675-1684, 2013.*
- 8) M. Atasoyu, *Global farklı yer belirleme sistemleri için atik süzgeç uygulamaları, Istanbul Technical University, M.Sc. Thesis, Graduate School of Science Engineering and Technology, 2014.*
- 9) E. Armağan, *Design examples for second generation current controlled current conveyors and their applications in 28nm process, M.Sc. Thesis, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, 2013.*

Tablo 1. Transistor Boyutları

MOSFET	W[ $\mu\text{m}$ ]	L[ $\mu\text{m}$ ]
M <sub>2</sub> , M <sub>4</sub> , M <sub>6</sub>	20	0.7
M <sub>22</sub> , M <sub>24</sub>	14	0.7
M <sub>12</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>32</sub> , M <sub>34</sub>	36	0.7
M <sub>101</sub> , M <sub>102</sub>	6.50	0.7
M <sub>103</sub> , M <sub>104</sub>	21	0.7



Şekil-1. CMOS negatif CCCII

Tablo-2. Kutuplama Akımları, her öğrenci kendisi için Tablo-2'de belirtilen çalışma akımı ile çalışacaktır.

Öğrenci No.	Adı, Soyadı	I <sub>o</sub> akımı [ $\mu\text{A}$ ]	Öğrenci No.	Adı, Soyadı	I <sub>o</sub> akımı [ $\mu\text{A}$ ]
504121369	Mehmet Arda Akkaya	15	504141205	Deniz Engin	105
504131213	Kudret Şahin	25	504141214	Meriç Ece Zedeli	115
504131215	Mustafa Rifat Çelik	35	504141215	Mete Coşkun	125
504131220	Salih Vehbi Cömert	45	504141216	Muhammed Ceylan Morgül	135
504131225	Aziz Kaba	55	504141220	Rabia İrem Aksoy	145
504131230	Tuna Erol	65	504141222	Sıdıka Elbi Mutluoğlu	155
504141201	Ali Doğuş Güngördü	75	518141014	Ozan Vahit Altınpınar	165
504141202	Alper Girgin	85	921410010	Ebru Gür	175
504141203	Anıl Kırkıl	95			

Tablo-3. Makromodel parametrelerinin belirlenmesinde yararlanılabilecek bağıntılar.

$$R_{C1} = \frac{V_{Xmax} - V_{XM1}}{|I_{Xmax}|}$$

$$V_{C1} = V_{DD} - V_{XM1} + V_{\gamma}$$

$$I_{S1} = -I_{Xmax} \exp(-V_D/V_T)$$

$$R_{E1} = \frac{|V_{Xmin}| - |V_{XM2}|}{I_{Xmin}}$$

$$V_{E1} = V_{SS} - |V_{ZM2}| + V_{\gamma}$$

$$I_{S2} = I_{Xmin} \exp(-V_D/V_T)$$

$$R_{C2} = \frac{V_{Zmax} - V_{ZM1}}{|I_{Zmax}|}$$

$$V_{C2} = V_{DD} - V_{ZM1} + V_{\gamma}$$

$$R_{E2} = \frac{|V_{Zmax}| - |V_{ZM2}|}{|I_{Zmin}|}$$

$$V_{E2} = V_{SS} - |V_{ZM2}| + V_{\gamma}$$

$$k_2 = 1 - \frac{V_D}{r_{X1}|I_{Xmax}|}$$

$$k_3 = 1 - \frac{V_D}{r_{X1}I_{Xmax}}$$

$$C_Z = \frac{1}{2\pi f_{Z3dB}r_Z}$$

$$L_P = \frac{R_P}{2\pi f_P Q_P}$$

$$Q_P = \frac{f_P}{B}$$

$$C_P = \frac{Q_P}{2\pi f_P R_P}$$

$$C_Y = \frac{1}{2\pi f_{Z3dB}r_Y}$$