



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndeans@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Napredno računarsko projektovanje mikroelektronskih kola

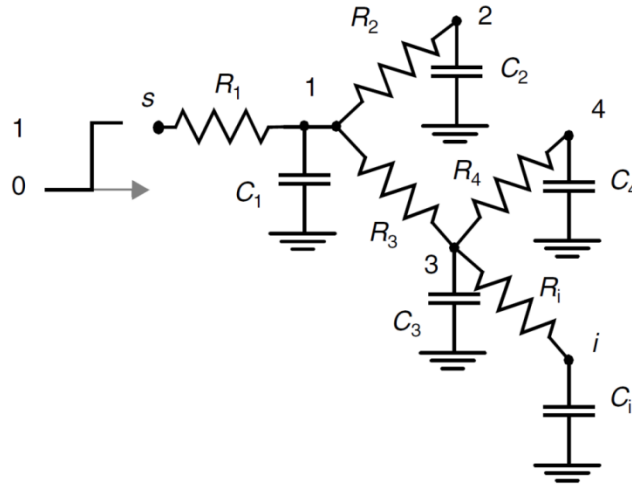
Upustvo za laboratorijske vežbe 3

Novi Sad, oktobar 2017. godine

RC MODEL SA SKONCENTRISANIM PARAMETRIMA

Elmore-ovo kašnjenje

Cilj vežbe jeste da ispitamo kako parazitni efekti (parazitne kapacitivnosti i otpornosti) provodnih linija utiču na kašnjenje signala. Otpornosti provodnih linija dužih od nekoliko milimetara na čipu dostižu značajne vrednosti, i više se ne mogu zanemariti. Stoga se koristi RC model sa skoncentrisanim parametrima u obliku RC stabla, kao što je primer prikazan na slici 1.



Slika 1: Prikaz Elmore-ovog modela sa skoncentrisanim parametrima za određivanje kašnjenja signala usled parazitnih uticaja provodnih linija.

Kašnjenje koje nastaje u ovakvoj mreži može se približno (mada dovoljno tačno) izračunati pomoću Elmore-ovog kašnjenja τ_{Di} (kašnjenje signala od ulaza s do i -tog čvora)

$$\tau_{Di} = \sum_{k=1}^N C_k R_{ik}$$

$$R_{ik} = \sum R_j \Rightarrow (R_j \in [\text{path}(s \rightarrow i) \cap \text{path}(s \rightarrow k)])$$

$$\tau_{Di} = R_1 C_1 + R_1 C_2 + (R_1 + R_3) C_3 + (R_1 + R_3) C_4 + (R_1 + R_3 + R_i) C_i$$

gde su:

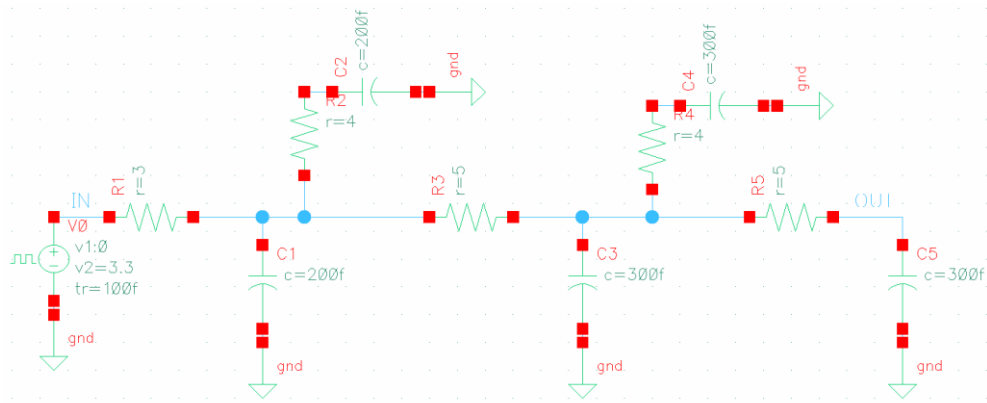
N – broj čvorova mreže,

C_k – kapacitivnost prema masi u k -tom čvoru,

R_{ik} – zbir zajedničkih otpornosti od izvora s do čvorova i i k .

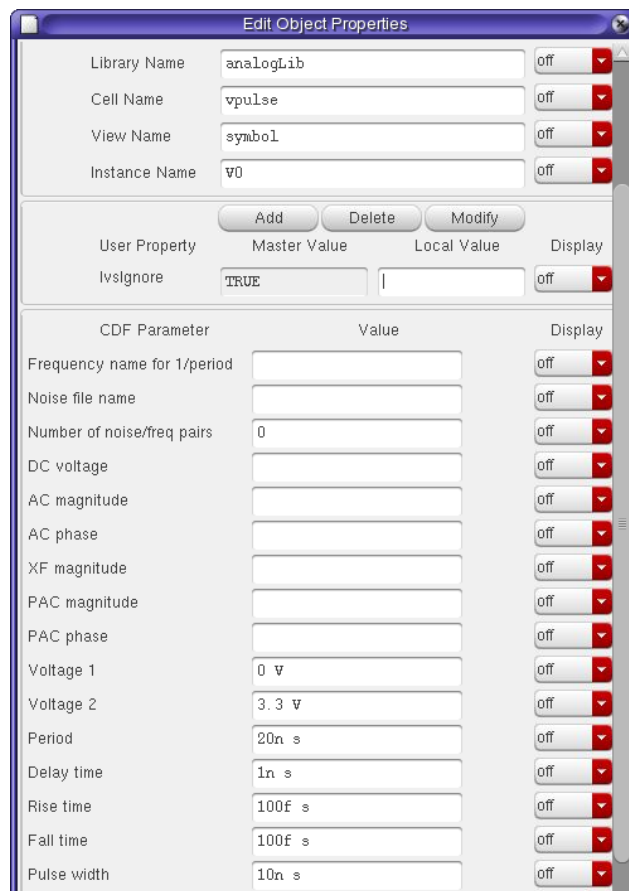
Ovaj model omogućava brzo, jednostavno i dovoljno tačno prikazivanje kašnjenja u kompleksnim mrežama.

U programskom paketu *Cadence* nacrtati šemu kola prikazanu na slici 2. Vrednosti komponenti kola su: $R_1=3 \Omega$, $C_1=200 \text{ fF}$, $R_2=4 \Omega$, $C_2=200 \text{ fF}$, $R_3=5 \Omega$, $C_3=300 \text{ fF}$, $R_4=4 \Omega$, $C_4=300 \text{ fF}$, $R_5=5 \Omega$ i $C_5=300 \text{ fF}$. Za sve komponente koristite idelane modele iz biblioteke *analoglib*, jer one treba da modeluju parazitne efekte provodnih linija (čiste kapacitivnosti i otpornosti).



Slika 2: Šema kola kojim se testira model Elmore-ovg kašnjenja.

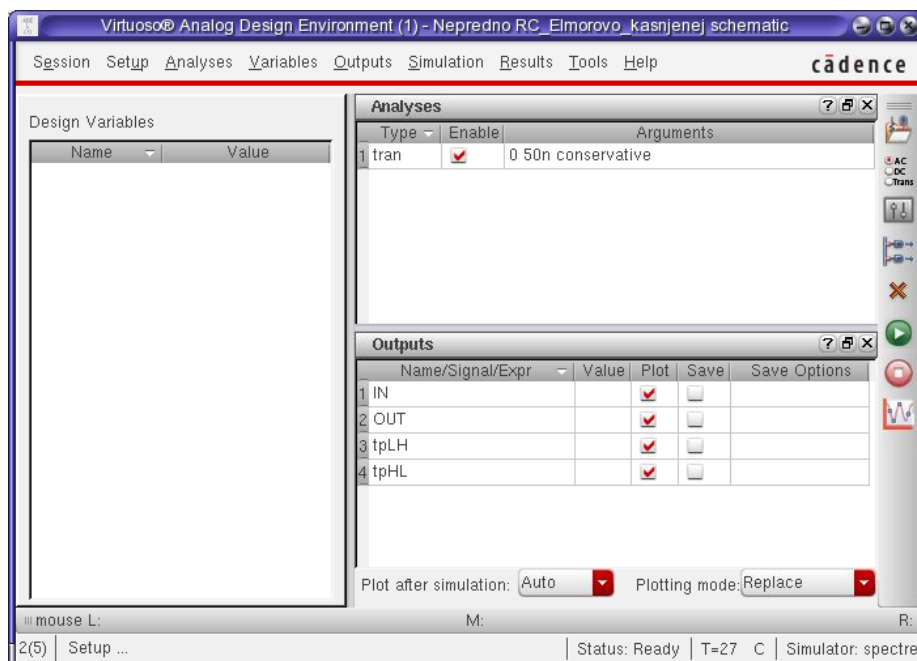
Na ulazu kola dodati impulsni generator sa parametrima podešenim kao na slici 3.



Slika 3: Podešavanje parametara pobudnog, impulsnog generatora.

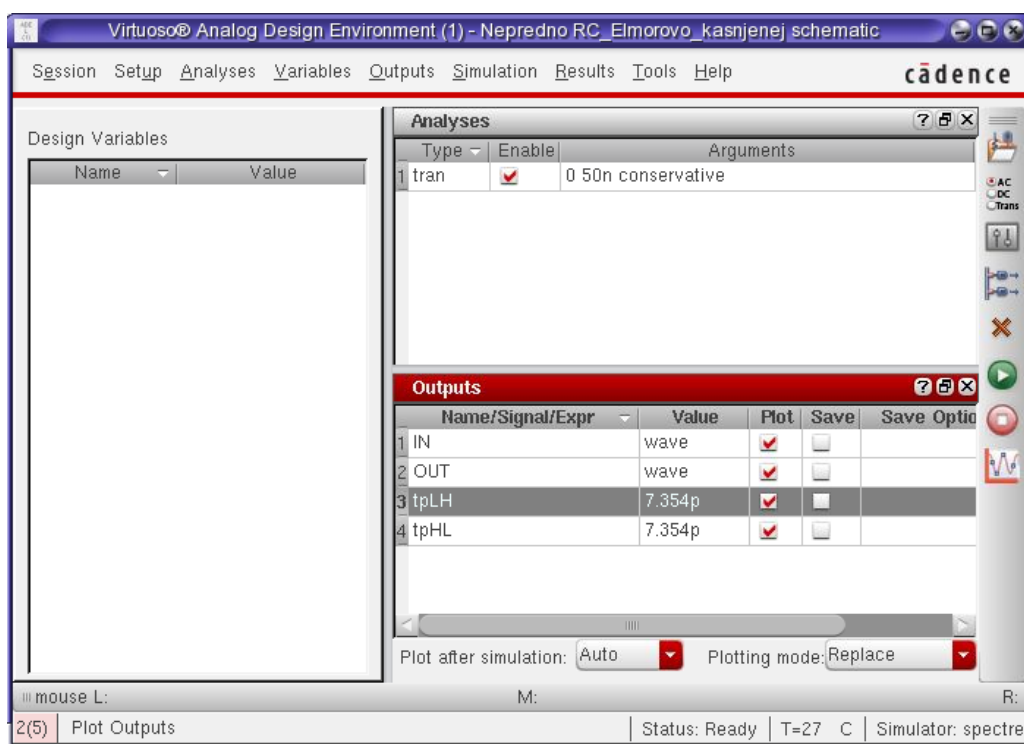
Korišćenjem izraza za proračun Elmore-ovog kašnjenja za kašnjenje između ulaza i ulaza prikazanog kola se dobija $t_d = 9,9$ ps. Dobijeni rezultat ćemo proveriti simulacijama.

U prozoru *Analog Design Environment (ADE)* podesiti tranzijentnu analizu kola trajanja 50 ns i metoda tačnosti (**Accuracy Defaults**) **conservative**. Odabrati **Outputs** -> **Setup...** Slično kao i u lab vežbi 1 podesiti kašnjenje (opadajuće i rastuće ivice) signala na izlazu (*out*) u odnosu na signal na ulazu (*in*) korišćenjem specijalne funkcije **Delay** iz alata *Calculator* (napomena: za oba signala koristiti istu vrstu ivice pošto se na izlazu ne dobije invertovani signal, **falling** za t_{pHL} i **rising** za t_{pLH}). Izgled prozora *Analog Design Environment* je prikazan na slici 4.



Slika 4: Izgled ADE prozora: tranzijentna analiza i vremena kašnjenja.

Pokreniti simulacije. Za kašnjenja rastuće i opadajuće ivice signala se dobijaju približna vrednost $t_d = 7,354$ ps, slika 5.



Slika 5: Rezultati simulacija za kašnjenje signala od ulaza do izlaza.

Poređenjem rezultata dobijenih proračunom i simulacijama može se zaključiti da prikazana metoda daje dobru procenu za određivanje kašnjenja signala.