



KNO-1101-4305

تحلیل مونت کارلو و بررسی نمودار چشمی CNT Interconnects

هادی صمدی^۱، فرامرز آقائی لیاولی^۲

۱- دانشکده برق، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، تهران، ایران

۲- گروه برق، شرکت هل، شهر صنعتی البرز، قزوین، ایران

h.samadimehreh@email.kntu.ac.ir

چکیده

در این مقاله تاثیر سایزینگ مناسب و تغییرات ساخت بر روی نمودار چشمی CNT Interconnects را بررسی کرده‌ایم. نتایج تحلیل مونت کارلو در شبیه ساز مداری HSPICE نشان میدهد، که CNT Interconnect حتی بدترین مفروضات تغییرات فرآیند هم تاثیر زیادی بر عملکرد آن ندارد. همچنین در پایان به این نتیجه رسیده‌ایم که شبیه‌سازی با HSPICE نشان می‌دهد که افزایش تعداد نانوله منجر به افزایش ارتفاع نمودار چشمی CNT Interconnects می‌شود.

کلمات کلیدی: چشمی، مونت کارلو، CNT Interconnect

۱. مقدمه

بیشتر طراحان مدارهای مجتمع دیجیتال سرعت-بالا از نمودار چشمی برای ارزیابی عملکرد سیستم استفاده می‌کنند [۱]. یک نمودار چشمی با برش دادن شکل موج سیگنال حوزه زمان به بخش‌هایی که تعداد کمی از نمادها طول دارند و روی هم قرار دادن آنها ساخته می‌شود. محور افقی نمودار چشمی نشان دهنده زمان است و معمولاً یک یا دو نماد عرض دارد، در حالی که محور عمودی نشان دهنده دامنه سیگنال است [۱].

یکی از مسائل مهمی که طراحان مدارهای مجتمع دیجیتال معمولاً با آن روبرو هستند مساله تاخیر مدار و تعیین اندازه‌ی ترانزیستورها برای بهینه سازی سرعت کار مدار است. در اینجا از روشی مبتنی بر کار نویسندگان [۲] استفاده شده است که به کمک آن میتوان تاخیر مدارها را به آسانی و دقت مناسبی تخمین زد و تاخیر مسیر بحرانی را با تعیین اندازه مناسب گیتها به حداقل رساند. این روش به تلاش منطقی معروف است.

تغییر پذیری (PVT) یک مورد اجتناب ناپذیر برای رعایت حاشیه اطمینان در طراحی میباشد. در حالت کلی، سه منبع مختلف برای تغییر وجود دارد که دوتای آنها مربوط به محیط و یکی مربوط به تولید است. این منابع عبارتند از:

• دمای کار (T)

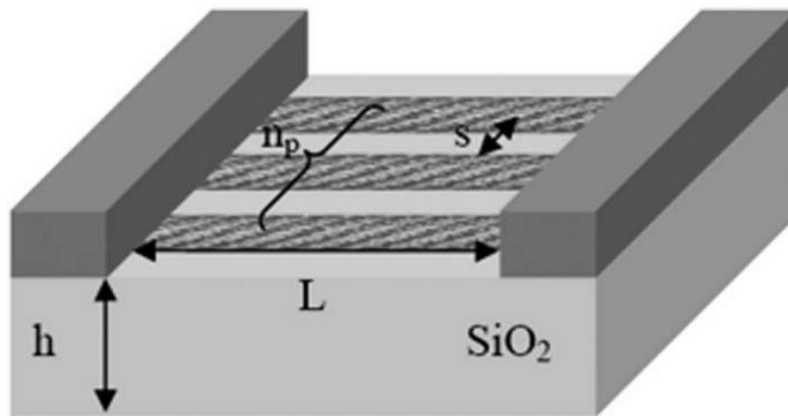
• ولتاژ تغذیه (V)

• تغییر فرآیند (P)

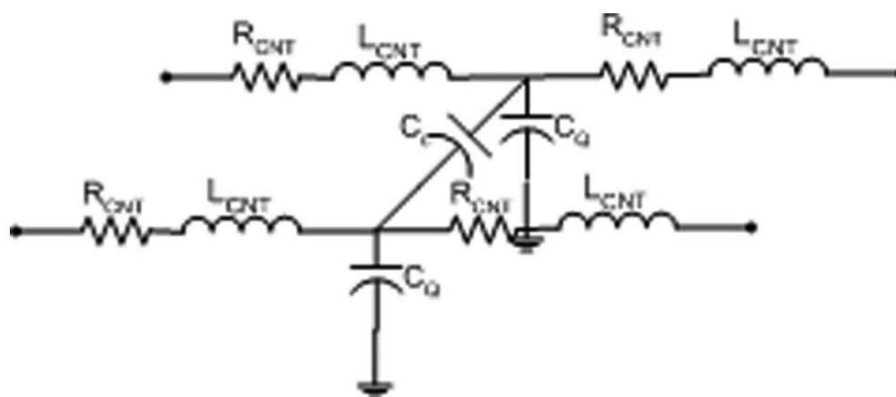
۲. مدل CNT Interconnect

نمای جانبی از CNT Interconnect در شکل ۱ آورده شده است. یک مدل از این Interconnect در [۳] مدل شده است و کد Verilog-A در [۴] قابل دریافت (دانلود) می‌باشد.

CNT Interconnects فلزی به دلیل خواص پایداری مکانیکی و حرارتی بالا، هدایت حرارتی و قابلیت حمل جریان بالا مورد توجه بسیاری قرار گرفته اند. در حالت ایده آل، SWCNT های فلزی دارای سرعت فرمی 8×10^5 m/s هستند [۵]. با این حال، در واقعیت، حرکت بالستیک توسط چندین مکانیسم پراکندگی مانند پراکندگی فونون آکوستیک، پراکندگی مرزی-منطقه، و پراکندگی فونون-نوری کاهش می‌یابد. مکانیسم توسط چندین مدل توضیح داده شده است [۶] [۷]. مدل مداری برای CNT Interconnect در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمای جانبی از CNT Interconnect [۳]



شکل ۲- مدل مداری برای CNT Interconnect

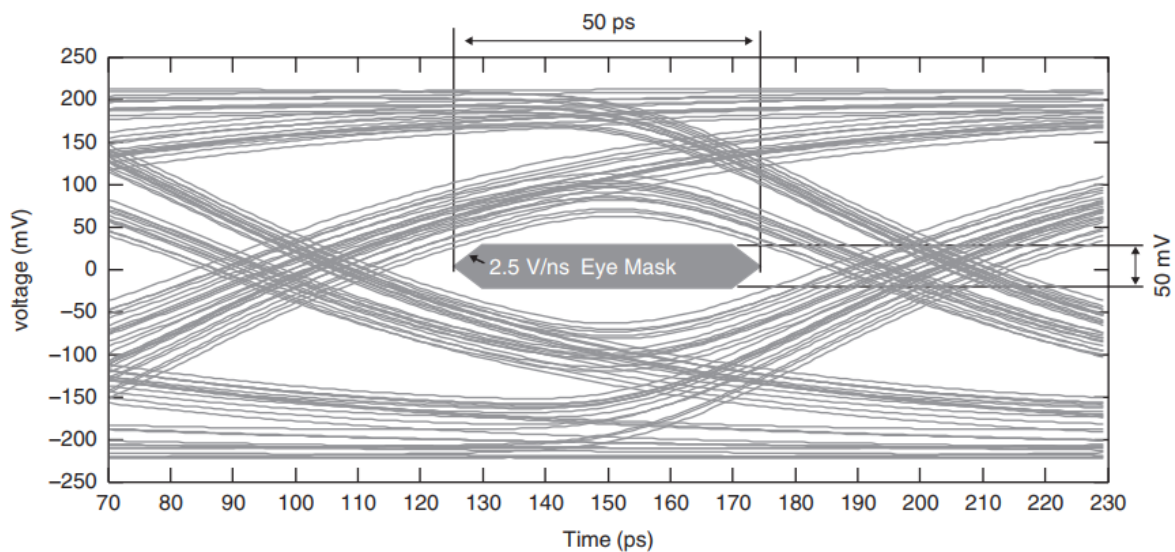
۳. تحلیل مونت کارلو و بررسی نمودار چشمی

در این بخش در نرم افزار HSPICE به تحلیل مونت کارلو با استفاده از دستور زیر پرداخته ایم: این دستور ۱۰۰ تحلیل زمانی از CNT Interconnect با تابع توزیع خواسته شده به ما می دهد.

.TRAN 100e-12 10e-9 SWEEP MONTE=100

نتایج تحلیل مونت کارلو در شبیه ساز مداری HSPICE نشان میدهد، که CNT Interconnect حتی بدترین مفروضات تغییرات فرآیند هم تاثیر زیادی بر عملکرد آن ندارد.

نمودار چشمی CNT Interconnect در شکل ۳ آورده شده است. افزایش تعداد نانولوله باعث افزایش ارتفاع چشم خواهد شد.



شکل ۳- نمودار چشمی CNT Interconnect

۴. نتیجه گیری

در این گزارش تاثیر ساینینگ مناسب و تغییرات ساخت بر روی نمودار چشمی CNT Interconnects را بررسی کرده ایم. نتایج تحلیل مونت کارلو در شبیه ساز مداری HSPICE نشان میدهد، که CNT Interconnect حتی بدترین مفروضات تغییرات فرآیند هم تاثیر زیادی بر عملکرد آن ندارد. همچنین در پایان به این نتیجه رسیده ایم که شبیه سازی با HSPICE نشان می دهد که افزایش تعداد نانولوله منجر به افزایش ارتفاع نمودار چشمی CNT Interconnects می شود.

۵. مراجع

1. Stephen H. Hall, Howard L. Heck - Advanced signal integrity for high-speed digital designs-Wiley, IEEE (2009).
2. I. Sutherland, B. Sproull, and D. Harris, "Logical Effort: Designing Fast CMOS Circuits," San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1999
3. Saurabh Sinha, Asha Balijepalli, and Yu Cao, "Compact Model of Carbon Nanotube Transistor and Interconnect," IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 56, NO. 10, OCTOBER 2009.
4. Predictive Technology Models (2023) [Online]. <http://ptm.asu.edu>
5. M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, and P. Eklund, *Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 1996.
6. A. Raychowdhury and K. Roy, "Modeling of metallic carbon-nanotube interconnects for circuit simulations and a comparison with Cu interconnects for scaled technologies," *IEEE Trans. Comput.-Aided Design Integr. Circuits Syst.*, vol. 25, no. 1, pp. 58–65, Jan. 2006.
7. LIANG, J.; Todri, A. (2017). CNRS - Carbon Nanotube Interconnect RC Model. nanoHUB. doi:10.4231/D3SJ19T14.