

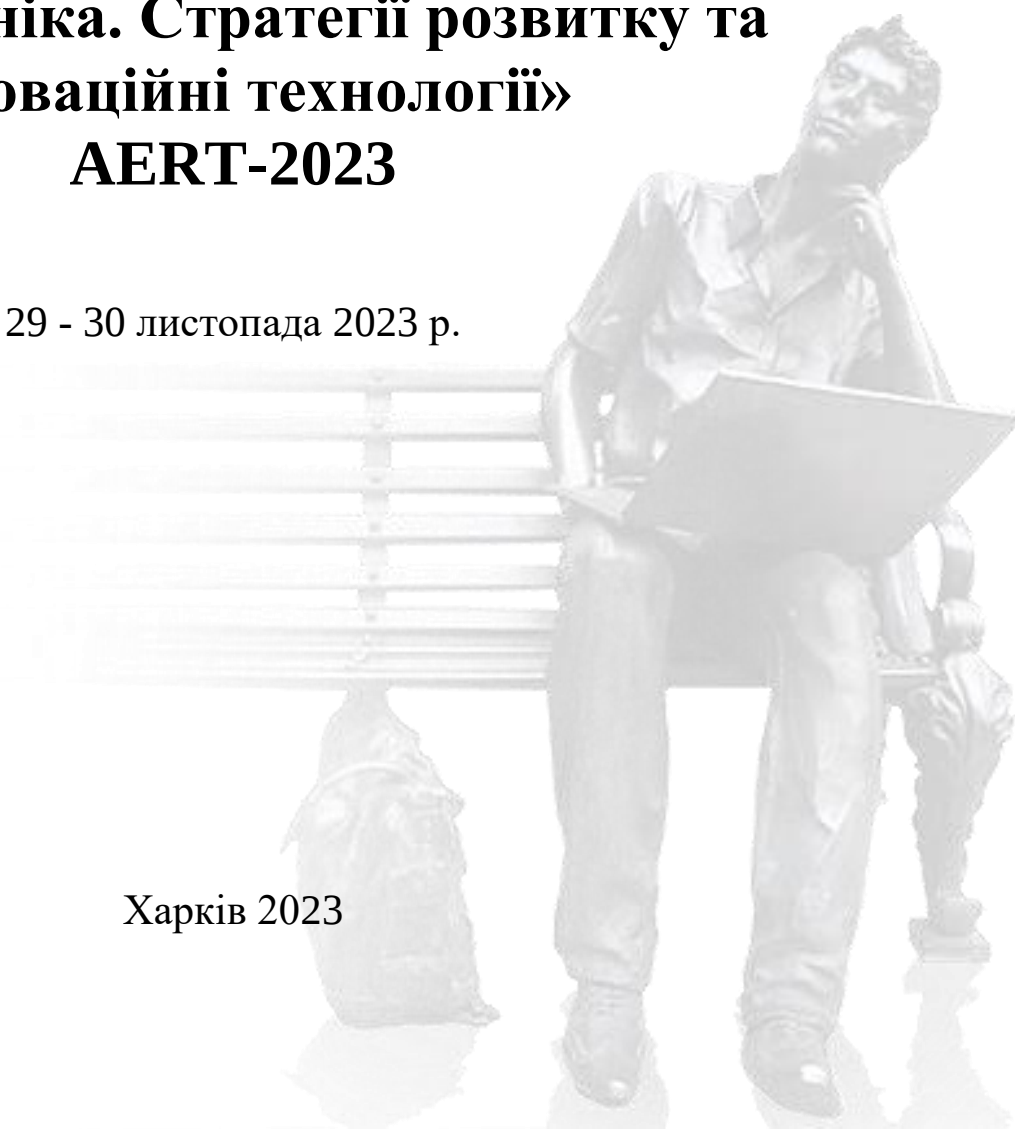
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ



МАТЕРІАЛИ
V ФОРУМУ
**«Автоматизація, електроніка та
робототехніка. Стратегії розвитку та
інноваційні технології»
AERT-2023**

29 - 30 листопада 2023 р.

Харків 2023



Збірник матеріалів V форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2023. – Харків, ХНУРЕ, 2023. – 149 стр.

В збірник включені матеріали V форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2023.



V форум «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2023 проведено кафедрами:



- мікропроцесорних технологій і систем (МТС),
- комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР).

Видання підготоване
кафедрою мікропроцесорних технологій і систем (МТС)
Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ)

61166 Україна, Харків, просп. Науки, 14

Тел. +38 (057) 755 0220

Е-mail:

iryna.svyd@nure.ua

© Харківський
національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ), 2023

QSPICE – ПОПОВНЕННЯ В РЯДУ СИМУЛЯТОРІВ

асистент Пятайкіна М.І., асистент Горбенко Є.О.,
старший викладач Карнаушенко В.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра мікро-
електроніки, електронних приладів та пристроїв, м. Харків, Україна
e-mail: mariia.piataikina@nure.ua, yevhen.horbenko@nure.ua,
vladimir.karnaushenko@nure.ua

Abstract. Since the beginning of automation of the process of development of new electronic devices and systems, software products that simplified design procedures were used by large manufacturers for their own production. Over time, such applications became an independent commercial product that took its place in the chain of production of semiconductor devices and systems. One of these products was the Spice simulator (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), designed for simulating the operation of electronic circuits.

Ключові слова: автоматизація, Spice, симулятори, моделювання.

Вступ. З початку автоматизації процесу розробки нових електронних приладів і пристроїв програмні продукти, що спрощували проектні процедури, застосовувались великими виробниками для власного виробництва. З часом такі додатки стали самостійним комерційним продуктом, який зайняв своє місце в ланцюгу виробництва напівпровідникових приладів і пристроїв. Одним з цих продуктів став симулятор Spice (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), призначений для моделювання роботи електронних схем. Безліч розробників представили свої версії стимуляторів, які існують, як самостійні додатки, так і входять до складу складних, потужних програм наскрізного проектування електроніки.

На сьогодні існують як комерційні продукти програм – симуляторів, так і безкоштовні, такі, як LTSpice.

Основна частина. Нову версію безкоштовного симулятора Qspice в липні цього року представив виробник напівпровідникових приладів і пристроїв компанія Qorvo. Qorvo, будучи одним з провідних постачальників продуктів для зв'язку та джерел живлення, надав нову версію програмного забезпечення для моделювання схем, яке забезпечує розробникам силової електроніки значно вищий рівень продуктивності проектування завдяки покращеній швидкості моделювання, функціональності та надійності.

На додаток до вдосконалення сучасної технології аналогового моделювання, QSPICE дозволяє розробникам моделювати складні цифрові схеми та алгоритми. Нове поєднання сучасного схемного проектування та швидкого змішаного моделювання робить його ідеальним інструментом для вирішення дедалі складніших апаратних і програмних завдань, з якими

стикаються сучасні системні розробники.

SPICE вже давно є основним інструментом для інженерів, який використовується для моделювання аналогових схем. Однак із зростаючою доступністю інструментів моделювання, багато з яких є відкритими або безкоштовними для використання, виникли питання, такі як їх здатність підтримувати новітні широко зонні пристрої. Пристрої з широкою забороненою зоною мають унікальні характеристики, але вони також створюють проблеми з точки зору моделювання схеми. Одним із помітних обмежень є те, що існуючі програми SPICE можуть не мати рівнянь пристроїв, необхідних для правильного моделювання пристроїв із SiC та GaN.

QSPICE має деякі вдосконалення порівняно зі старими інструментами аналогового моделювання. Ці покращення включають:

- повна підтримка розширеного моделювання аналогових і цифрових систем, наприклад тих, що використовуються в програмах штучного інтелекту та машинного навчання;
- оновлений та оптимізований механізм моделювання, який використовує вдосконалені чисельні методи для сучасного обчислювального обладнання, включаючи інтерфейс користувача, що відтворюється графічним процесором, і керування пам'яттю з підтримкою SSD, щоб забезпечити значно вищу швидкість і точність;
- скорочений загальний час моделювання та 100% відсоток завершення на основі порівняльних тестів Qorvo із набором складних тестових схем;
- наявність регулярно оновлюваної бібліотеки моделей QSPICE, що містить карбід кремнію Qorvo та розширені рішення керування живленням, що полегшує розробникам верифікацію та проектування.

Крім того, нова версія аналогового симулятора може спростити розробку керування двигунами для силових агрегатів електромобілів та інших транспортних засобів. Пристрої з широкою забороненою зоною мають унікальні характеристики, але вони також створюють проблеми з точки зору моделювання схеми. Одним із помітних обмежень є те, що існуючі програми SPICE можуть не мати рівнянь пристроїв, необхідних для правильного моделювання пристроїв із SiC та GaN. Як приклад, розробник приводить моделювання схеми трифазного тягового інвертора потужністю 150 кВт з використанням каскодних пристроїв Qorvo.

Основні покращення, застосовані в QSPICE:

- 1) повна підтримка розширеного моделювання аналогових і цифрових систем, наприклад тих, що використовуються в програмах штучного інтелекту та машинного навчання;
- 2) оновлений механізм моделювання, який використовує вдосконалені чисельні методи та оптимізований для сучасного обчислювального обладнання, включаючи інтерфейс користувача, що відтворюється

графічним процесором, і керування пам'яттю з підтримкою SSD, щоб забезпечити значно вищу швидкість і точність;

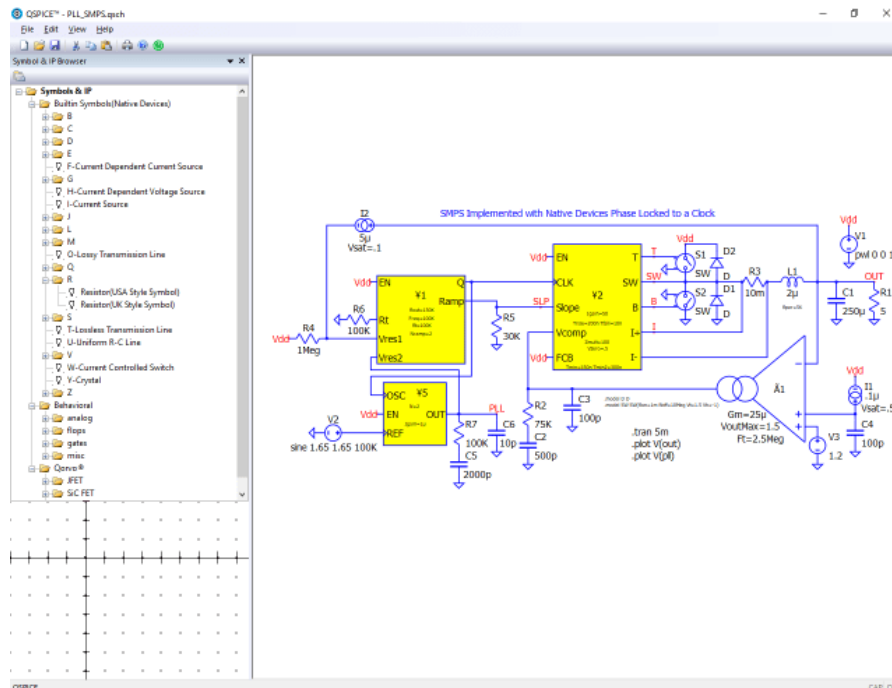


Рисунок 1 – Робоче вікно симулятора QSPICE

3) скорочений загальний час роботи та 100% відсоток завершення на основі порівняльних тестів Qorvo із набором складних тестових схем. Це можна порівняти з частотою відмов до 15% з тими самими тестовими схемами з використанням інших популярних симуляторів SPICE;

4) наявність регулярно оновлюваної бібліотеки моделей QSPICE, що містить карбід кремнію та розширені рішення керування живленням, що полегшує клієнтам оцінку та проектування за допомогою Qorvo power.

5) усунення розривів кривої вольт-амперної характеристики пристрою, було зроблено вдосконалення для забезпечення плавних і безперервних ВАХ для пристроїв у моделюванні SPICE, що призводить до кращої точності та стабільності;

6) вирівнювання ітерації Ньютона та кроку симуляції: алгоритми розв'язування рівнянь кіл, наприклад ітерації Ньютона-Рафсона були вдосконалені для досягнення швидшої конвергенції та скорочення часу моделювання;

7) виправлення реалізації хеш-таблиці та таблиці рядків: структури даних, які використовуються в лексиконі SPICE, такі як хеш-таблиці та таблиці рядків, були оптимізовані для покращення операцій пошуку та вилучення під час моделювання;

8) виправлення помилок у рівняннях каналу польового транзистора: рівняння, що використовуються для моделювання польових транзисторів (FET), були виправлені, щоб підвищити точність моделювання SPICE із залученням пристроїв польового транзистора;

9) впровадження каскодного польового транзистора SiC, як елемента рідної схеми: додано підтримку каскодного польового транзистора з карбіду кремнію, як вбудованого елементу у SPICE, що підвищує точність моделювання схем, які використовують цей компонент;

10) виправлення обчислення стохастичного шуму. Помилки в моделюванні та обчисленні стохастичного шуму в схемах були усунені, щоб підвищити точність моделювання схем, чутливих до шуму;

11) впровадження зарядової моделі Янга-Чаттерджі для МОП-транзисторів: модель заряду Янга-Чаттерджі була інтегрована в SPICE, щоб забезпечити більш точне представлення поведінки заряду в МОН польових транзисторах (MOSFET);

13) підвищена надійність: спрощення представлення спеціалізованих пристроїв SiC JFET і cascode FET як власних елементів схеми може призвести до більш стабільного та надійного моделювання;

14) перехід до кількох процесів для покращеного керування пам'яттю: перехід від багато потокового підходу до кількох процесів покращив керування пам'яттю та використання кешу, що призвело до загального підвищення продуктивності для завдань, пов'язаних з обчисленнями.

Ці комбіновані чисельні методи та оптимізація обчислювального обладнання значно покращили можливості SPICE, зробивши його більш надійним та ефективним інструментом для моделювання електронних схем.

Висновки. QSPICE вирішує унікальні проблеми моделювання, пов'язані з широко зонними (WBG) напівпровідниками, такими як SiC і нітрид галію (GaN). Він вирішує рівняння пристрою для моделювання GaN і SiC як власних елементів схеми, враховуючи такі аспекти, як витоки затвора, підпорогова провідність і лінійні області для точного моделювання.

Крім того, QSPICE представляє можливість розрізняти струми зміщення та струми розсіювання, що дозволяє докладно та точно розраховувати потужність розсіювання у пристроях, що має вирішальне значення для силових приладів і пристроїв.

Можливості змішаного моделювання QSPICE дозволяють інженерам легко інтегрувати та симулювати складні цифрові алгоритми разом із аналоговими схемами. Загалом QSPICE надає комплексні інструменти для обробки цілісності живлення, моделювання шуму та вирішення рівнянь складних напівпровідникових. Також, вагомим фактором для навчальних закладів є безкоштовний доступ до продукту.

Список використаних джерел.

1. <https://www.powerelectronicsnews.com/qspice-a-new-simulator-for-electronic-circuits-part-1/>
2. <https://www.elektormagazine.com/news/exploring-qspice>
3. <https://www.powerelectronicsnews.com/gen-4-sic-fets-provide-lowest-on-resistance-in-toll-package/>