

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Електронної та біомедичної інженерії
(повна назва)

Кафедра Мікроелектроніки, електронних приладів і пристроїв
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження та адаптація сучасних методів комп'ютерного синтезу
мікроелектронних компонент
(тема)

Виконала:

студентка 2 курсу, групи МНПм-21-1

Бобринська А.В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 153 Мікро- та наносистемна
техніка

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Мікро- та наноелектронні
прилади і пристрої

(повна назва освітньої програми)

Керівник Грицунов О.В.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

Бондаренко І.М.
(прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Електронної та біомедичної інженерії

Кафедра Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« ____ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентці Бобринській Анастасії Вадимівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АДАПТАЦІЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО СИНТЕЗУ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТ»

затверджена наказом університету від 14 11 2022 р. № 1473 Ст

2. Термін подання студенткою роботи до екзаменаційної комісії 10 12 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Дослідити сучасні алгоритми комп'ютерного аналізу електронних кіл та їх реалізацію в пакетах прикладних програм загального вжитку (OrCAD, P-CAD, Electronics WorkBench та ін.). Розробити рекомендації щодо адаптування цих алгоритмів для створення віртуальних макетів синтезу мікроелектронних компонент

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ І ПРОГРАМ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КІЛ;

2. ДЕТАЛЬНИЙ РОЗГЛЯД ПЕРСПЕКТИВНИХ ПРОГРАМНИХ ПАКЕТІВ;

3. РОЗРОБКА ВІРТУАЛЬНИХ МАКЕТІВ ДЛЯ СИНТЕЗУ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ;

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)
 Алгоритми комп'ютерного аналізу
 Слайди: 23 одиниць

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд	25.11.22	
2	Вивчення алгоритмів та пакетів	30.11.22	
3	Розробка віртуального макета	05.12.22	
4	Пояснювальна записка	10.12.22	

Дата видачі завдання 21 листопада 2022 р.

Студент _____
 (підпис)

Керівник роботи _____ проф. Грицунов О.В. _____
 (підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить 57 сторінок, 29 рисунків, 1 додаток, 20 джерел.

ПАКЕТ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ, ВИРОБИ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ,
ВІРТУАЛЬНИЙ МАКЕТ, САПР, СИНТЕЗ

Тема кваліфікаційної роботи – «Дослідження та адаптація сучасних методів комп'ютерного синтезу мікроелектронних компонент».

Мета роботи – дослідити сучасні алгоритми комп'ютерного аналізу електронних кіл та їх реалізацію в пакетах прикладних програм загального вжитку (OrCAD, P-CAD, Electronics WorkBench та ін.). Розробити рекомендації щодо адаптування цих алгоритмів для створення віртуальних макетів синтезу мікроелектронних компонент.

Об'єкт дослідження – сучасні методи комп'ютерного синтезу виробів мікроелектроніки.

Метод розробки – використання мов Web-програмування HTML, монтажу і запису VEGAS Pro та впровадження результатів у загальний доступ.

Результат – створена система не містить зайвої інформації, дуже дешева та має зрозумілу структуру. Кожен бажаючий обирає для себе потрібну категорію пакетів, в залежності від складності поставленого завдання, можливостей його ПК і т.д.. Так само були покращені технології і методи розробки, система має розширену базу даних яка може бути вивчена і переглянута в будь-який час в будь-якому місці, не має великих запитів до швидкості мережі Internet.

Значимість та висновок – підготовлений матеріал дозволяє кожному бажаючому працювати з доступними пакетами прикладних програм, обрати для себе найбільш підходящий та, що найважливіше, навчитися працювати за допомогою навчальних віртуальних макетів.

ABSTRACT

Explanatory note to the qualification work: 57 pages, 29 figures, 1 appendix, 20 sources.

APPLICATION PROGRAM PACKAGE, MICROELECTRONICS PRODUCTS, VIRTUAL MODEL, CAD, SYNTHESIS

The topic of the qualification work is "Research and adaptation of modern methods of computer synthesis of microelectronic components".

The purpose of the work is to investigate modern algorithms for computer analysis of electronic circuits and their implementation in packages of typical application programs (OrCAD, P-CAD, Electronics Workbench, etc.). Develop recommendations for adapting these algorithms to create virtual mock-ups for the synthesis of microelectronic components.

The object of research is modern methods of computer synthesis of microelectronic products.

The development method is the use of HTML Web-programming languages, VEGAS Pro editing and recording, and making the results publicly available.

The result is that the created system does not contain redundant information, is ridiculously cheap and has a clear structure. Everyone chooses the right category of packages, depending on the complexity of the task, the capabilities of his PC, etc. Technologies and development methods have also been improved, the system has an expanded database that can be studied and reviewed at any time, in any place, does not have large requests to the speed of the Internet network.

Significance and conclusion - the prepared material allows everyone who wants to work with available application software packages, choose the most suitable one for them and, most importantly, learn to work with the help of educational virtual models.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ І ПРОГРАМ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КІЛ.....	10
1.1 Загальні проблеми комп'ютерного аналізу складних нелінійних кіл.....	10
1.2 Етапи розвитку САПР виробів мікроелектроніки.....	10
1.2.1 Етап компаній інтегрованих виробників	11
1.2.2 Етап ASIC-компаній	12
1.2.3 Етап fabless-компаній	12
1.2.4 Етап систем на кристалі та домінування прикладного ПЗ	13
1.2.5 Сучасний стан САПР виробів мікроелектроніки	14
1.3 Аналітичний огляд пакетів програм різних рівнів складності.....	17
1.3.1 Програми базового рівня.....	18
1.3.2 Напівпрофесійні програми середнього рівня.....	18
1.3.3 Професійні програми для інженерного проектування електронних компонент.....	19
1.4 Пакети програм, перспективні для використання при розробці віртуальних стендів.....	20
2 ДЕТАЛЬНИЙ РОЗГЛЯД ПЕРСПЕКТИВНИХ ПРОГРАМНИХ ПАКЕТІВ	25
2.1 Програма Electronics WorkBench.....	25
2.2 Пакет проектування OrCAD.....	30
2.3 САПР P-CAD.....	33
2.4 Пакет програм Microwave Office.....	37
2.5 Спеціалізований комплекс High Frequency Structural Simulator.....	40
3. РОЗРОБКА ВІРТУАЛЬНИХ МАКЕТІВ ДЛЯ СИНТЕЗУ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТ.....	44
3.1 Загальна структура віртуального макету.....	44

3.2 Особливості реалізації макету для підготовки фахівців з мікроелектроніки.....	46
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	56
ДОДАТКИ.....	58

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Internet – глобальна комп'ютерна мережа;

HTML - мова гіпертекстової розмітки сторінки;

ПК – персональний комп'ютер;

САПР – система автоматизованого проектування;

DRC (Design Rule Check) - геометричне обмеження, що накладаються на друковану плату.

ВСТУП

Сьогодні, за часів новітніх технологій, що розвиваються дуже швидко, життєвий цикл будь-якого електронного виробу має тенденцію до стискання. Майже кожен виріб має бути розроблений за досить короткий термін, оскільки інакше він втратить конкурентоспроможність навіть до початку його серійного випуску. Але, з іншого боку, ми маємо нову проблему – засобів автоматизованого проектування різної ціни а можливостей занадто багато, і ми не завжди розуміємо, що буде найпотрібнішим і найактуальнішим саме зараз для вирішення конкретного завдання.

На перший погляд, здається простим завданням вибрати набір інструментів для проектування інтегральних мікросхем та інших виробів мікроелектронної техніки на практиці виявляється набагато складніше і вимагає ретельного аналізу не стільки функціоналу, скільки його вартості та ефективності. Отже, тема кваліфікаційної роботи «Дослідження та адаптація сучасних методів комп'ютерного синтезу мікроелектронних компонент» є актуальним та представляє науковий та практичний інтерес.

У кваліфікаційній роботі досліджуються сучасні алгоритми комп'ютерного аналізу електронних кіл та їх реалізацію в пакетах прикладних програм загального вжитку (OrCAD, P-CAD, Electronics WorkBench та ін.). Розроблено рекомендації щодо адаптування цих алгоритмів для створення віртуальних макетів синтезу мікроелектронних компонент.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ І ПРОГРАМ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КІЛ

1.1 Загальні проблеми комп'ютерного аналізу складних нелінійних кіл

В наш час, в вік новітніх технологій, багато користувачів зустрілися з однією проблемою. З одного боку, нам здається, що величезна кількість програм для моделювання та проектування кіл – це дуже добре, тому що є можливість великого вибору. Але з іншого боку, ми стикаємося з тим, що навіть не розуміємо, а який саме буде софт найкраще підходити для вирішення конкретної задачі. Навряд для проектування мікросхеми, що складається із невеликої кількості елементів варто переплачувати за програму з бібліотекою, яка вміщує в себе тисячі елементів. Одне з перших, на що варто звертати увагу - це співвідношення ціни і якості, але найголовніше – чи будуть використовуватися всі функції програми, за яку заплачено немалі кошти.

Саме для вирішення проблеми вибору, в першу чергу, і було проведене дослідження, завдяки якому є можливість - кожен користувач має ознайомитися з важливими критеріями вибору програм проектування виробів мікроелектроніки, які ми умовно розділили на «легкі», «середні» та «важкі».

Користувачеві також надається можливість ознайомитися зі списком програм та компонентів та програмних пакетів. Надаються умови для ознайомлення з функціоналом кожної програми завдяки матеріалам у відкритому доступі та навчання використанню обраної програми для проектування мікросхем.

1.2 Етапи розвитку САПР виробів мікроелектроніки

Розвиток систем автоматизованого проектування (САПР) мікроелектронних виробів безпосередньо пов'язаний з тенденціями розвитку електроніки та відповідною еволюцією методології проектування напівпровідникових приладів.

Вся історія розвитку електроніки – збільшення інтеграції електронних компонентів на кристалі, прагнення до зменшення розмірів, збільшення швидкодії та масовість виробництва. Цим тенденціям вона слідуватиме постійно. А методологія проектування напівпровідників, у свою чергу, розвивається стрибкоподібно відповідно до етапів розвитку технології та появою нових виробничих бізнес-моделей. Як розвивалися методи та інструменти проектування напівпровідників, які подальші перспективи розвитку САПР? Відомо, що розвиток інструментів проектування пов'язаний з підвищенням рівня абстрактного представлення системи відповідно до ускладнення кристалів згідно із законом Мура, формалізацією основних процедур, з урахуванням нових фізичних ефектів, які стали помітно впливати на параметри приладів, а також створенням нових алгоритмів, здатних підтримувати досить високу швидкість проектування системи.

Розглянемо етапи розвитку методів та інструментів проектування напівпровідників.

1.2.1 Етап компаній інтегрованих виробників.

На початок 1980-х рр. проектування напівпровідників було повністю зосереджено в компаніях-виробниках приладів, які зараз прийнято називати інтегрованими виробниками (Integrated Device Manufacturers, IDM). Інструменти проектування включали: моделювання логічних схем (DEMOS), схемотехнічне моделювання (Sigma) та топологічний редактор (DRAW). Проектування велося лише на рівні транзисторів і полігонів.

Весь проект виконувався усередині підприємства. Однак відомості про принципи проектування напівпровідників потроху просочувалися в наукові та дослідні лабораторії та готували ґрунт для нового етапу розвитку засобів проектування.

1.2.2 Етап ASIC-компаній.

У 1980-х роках. створення бізнес-моделі на базі ASIC-компанії та впровадження інструментів проектування кристала на вентиляльному рівні призвело до демократизації процесу створення чіпа. Мікросхема ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) – замовна інтегральна схема для виконання набору спеціальних функцій, що зазвичай розробляється під конкретні вимоги. Найчастіше напівпровідникові компанії формували проект технічного завдання на майбутній виріб, передавали його у спеціалізовані системні (проектуючі) компанії, а завершальні етапи проектування залишалися в ASIC-групі напівпровідникової компанії. У результаті з'явилися перші САПР-компанії, які сконцентрували велику базу даних про способи проектування напівпровідників на базі своїх інструментів розробки. Починаючи з середини 1990-х років, у подібній кооперації бере участь ряд підприємств. З'являються перші ліцензійні пакети компаній Mentor Graphics та Cadence.

1.2.3 Етап fabless-компаній.

У 1990-х роках. моделювання, синтез і створення топології кристала стали добре відпрацьованими та формалізованими процесами, що дозволило системним компаніям (а в цей час почали з'являтися та розвиватися fabless-компанії) відмовитися від послуг ASIC-компаній та взяти на себе весь цикл проектування, а потім запускати проект у виробництво на спеціалізованих напівпровідникових фабриках. Саме цей період став «золотим» часом у розвитку САПР-компаній. І системні компанії, і fabless-компанії, і кремнієві фабрики активно закуповували та оновлювали системи проектування.

1.2.4 Етап систем на кристалі та домінування прикладного ПЗ.

У 2000-х роках. головним двигуном напівпровідникового бізнесу став споживчий ринок, оскільки вперше аудіо- та відеосистеми, системи телекомунікації та побутової електроніки були реалізовані на кристалі. Системи стали будуватися на базі стандартних вузлів та спеціалізованого прикладного ПЗ. Проектування від рівня RTL (Register Transfer Level) все більше стало переходити

до проектування на системному рівні та зростання використання ІР-(Intellectual Property) блоків.

Для проектування таких систем компанії повинні використовувати повний набір програмних інструментів САПР усіх рівнів. Настала ера систем-на-кристалі (СНК або SOC, System-On-Chip).

Сьогодні завдання системи-на-кристалі полягає в тому, щоб забезпечити оптимальну роботу програмного завдання. Наслідком такого підходу є те, що безліч алгоритмів, які реалізовані на рівні кремнієвого кристала (на відміну від мікропроцесора або DSP-процесора), написані мовою С або С++, а не RTL. Найчастіше більша частина ПЗ для чіпа вже існувала в попередніх версіях системи, і при створенні нової системи завданням є використання цією частиною. Так, у стільникових телефонах використовується безліч програм, які появились ще десять років тому.

На розвиток засобів проектування впливатимуть такі три обставини: зростання використання інструментами розробки системного рівня, розширення масштабів застосування ІР-блоків та зростання концентрації виробництва у невеликій кількості фабрик [2]. У результаті зараз у світі САПР склалася ситуація, де є 3 точки опори: перша – це компанії САПР, друга – це провідні ІР-компанії (фактично системні компанії, які не є виробниками мікросхем як таких, проте ліцензують власні розробки та технології третім фірмам), та кремнієві фабрики – третя. Кремнієві фабрики пропонують ІР-продукти, як і САПР-компанії. Великі ІР-компанії пропонують інструменти, як кремнієві фабрики. Всі вони пропонують послуги із проектування. І вже деякі представники кремнієвих фабрик, як наприклад Infineon, відзначають зростаючу роль кремнієвих фабрик, які пропонують ІР та сервіс з проектування. Більше того, є аналітики, які припускають, що в майбутньому кремнієві фабрики та ІР-компанії зіштовхнуться САПР-компанії зі сцени. Однак багато спостерігачів сумніваються в тому, що кремнієві фабрики могли б зайнятися бізнесом у галузі інструментів розробки. Саме тому компанія Cadence виступила із так званою ініціативою

EDA360, яка забезпечила б виживання традиційних САПР-компаній. По суті, EDA360 – це ініціатива, спрямована на підвищення ролі САПР-компаній як у сфері створення нових методів проектування вищого рівня, так і у сфері розширення пропозиції IP-блоків, а також задовольняння зростаючих потреб компаній у програмному забезпеченні. Представлена у 2011 році ініціатива EDA360 спочатку нагадувала маркетинговий хід компанії Cadence, але потім отримала досить широке схвалення, оскільки містила низку розумних ідей.

Сучасний стан галузі розробки САПР насправді нестійкий, оскільки багато компаній-розробників програмних засобів стверджують, що вони отримують недостатньо прибутку від продажу своїх продуктів, а користувачі скаржаться на високі ціни цих інструментів розробки.

В останнє десятиліття спостерігається ще одна тенденція в галузі САПР: багато нових ідей для інструментів проектування було впроваджено фірмами-стартапами; потім ці ідеї були придбані великими гравцями ринку та інтегровані у свої продукти або ці фірми-стартапи були поглинені фірмами-гігантами (Synopsis, Cadence, Mentor).

1.2.5 Сучасний стан САПР виробів мікроелектроніки.

На сьогоднішній день повсюди використовується широкий спектр надійних високошвидкісних апаратних, мережевих, системних та прикладних програмних засобів, що забезпечують розробку складних виробів сучасної мікроелектроніки по замкнутому циклу проектування – від опису та синтезу на мовах високого рівня VHDL та Verilog до розробки та верифікації топологічного проекту. Програмно-апаратні засоби дизайн-центру дозволяють вести розробку виробів найширшої номенклатури: ІС стандартної логіки, дискретні прилади, стандартні лінійні ІС, мікросхеми пам'яті, ІС для побутової електроніки, ІС силової електроніки, мікропроцесори та мікроЕОМ, напівзамовні схеми на базових матричних кристалах для різних технологічних процесів (біполярні технології, КМОП-технології з LOCOS-ізоляцією, БіКМОП, БіКДМОП, ДМОП-технології тощо).

Однак описані вище тенденції розвитку електроніки та умови жорсткої конкурентної боротьби на світовому ринку вимагають постійних значних зусиль щодо підвищення ефективності використовуваних програмно-апаратних засобів проектування.

Історично склалося так, що для розробки найчастіше використовуються програмні інструменти фірм світових лідерів Mentor Graphics, Synopsys, Cadence та Agilent. Перші робочі станції HP і Apollo, а також програмні засоби САПР Mentor Graphics і Cadence були отримані за програмою Нанна-Лугара в 1992 році. І в даний час багато переваг продуктів зазначених вище компаній притаманні тому, хто використовує ряд ліцензійних пакетів цих фірм.

На сьогоднішній день Mentor лідирує у розділах: проектування на системному рівні та високорівневий синтез; розширена функціональна верифікація цифрових та аналого-цифрових НВІС; а платформа Calibre фактично є міжнародним стандартом серед засобів фізичної верифікації.

Фірма Cadence пропонує систему проектування субмікронних ІВ «система-на-кристалі», що повністю задовольняє всім вимогам для виробів такого класу, і являє собою кращу в сегменті «ціна-якість». Продукти Cadence представляють повний спектр технологій проектування субмікронних ІС класу SOC, забезпечуючи замкнутий маршрут від синтезу RTL і генерації тестів аж до віртуального кремнієвого прототипування та до кінцевого виробу. Історично Cadence утримує лідерство за продуктами для проектування суто аналогових схем, у тому числі за рахунок великої існуючої бази користувачів.

Ще один зі світових лідерів у галузі САПР НВІС фірма Synopsys займає провідні позиції у сфері приладно-технологічного проектування. Платформа Sentaurus TCAD сьогодні – це продукт, що динамічно розвивається, основне завдання якого – забезпечення розробників засобами приладно-технологічного проектування нового покоління, а також інтеграція цих коштів у САПР НВІС.

Фірма Agilent – лідер у галузі апаратно-програмних засобів вимірювань (у тому числі платформа ІС-САР) та програмних засобів для проектування ВЧ- та

НВЧ-схем, систем бездротового зв'язку, аерокосмічної та оборонної промисловості (платформа ADS).

Як зазначалося раніше, вартість продуктів САПР справді дуже висока. До цього додаються проблеми, пов'язані з необхідністю враховувати деяку специфіку виробництва на кожній кремнієвій фабриці, у тому числі так зване проектування з урахуванням технологічних вимог. Все це змушує займатися розробкою окремих власних засобів проектування, у тому числі із залученням фахівців ЗВО та академічних інститутів.

На сьогоднішній день в САПР мікросхем інтегровані такі пакети:

- програмний комплекс зворотного проектування (реінжинірингу) топології ІС та аналізу схеми цифрових зображень кристала аналога. До складу комплексу входять програми для автоматичного оцифрування топології кристалів інтегральних мікросхем та «зшивання» знятих кадрів в єдине відеозображення [3], для формування, перегляд, масштабування, коригування та друку файлів відеозображення [4], інтерактивний графічний редактор топологічних креслень інтегральних мікросхем з функціями управління одно- та багат шарових зображень [5];

- програма контролю правил електричних з'єднань інтегральних мікросхем, інтегрована в середовище систем проектування Mentor Graphics і Cadence і забезпечує виявлення «грубих» помилок у топологічних кресленнях ще на ранніх етапах проектування;

- програмний комплекс моделювання та контролю правильності міжз'єднань ІС для автоматизованого процесу мікромонтажу кристалів, інтегрований у середовище системи Mentor Graphics. Система розробки конструкторської документації на розварювання ІВ для мікромонтажу кристалів забезпечує створення моделі розварювання мікросхеми, ведення технологічного файлу та бази даних вивідних рамок, контроль топології кристала та результатів складання на відповідність технічним вимогам автоматизованого збирання;

- програмний комплекс автоматизованої підготовки керуючої інформації для лазерних скануючих генераторів зображень, так званий *tareout*. Програмний комплекс забезпечує бездефектне виготовлення масок, що управляють, у тому числі в субмікронному діапазоні.

Таким чином, сучасні САПР засновані на інтеграції ліцензійних прикладних пакетів світових лідерів розробників сервісу з проектування, програмних засобів власної розробки на різних платформах та дозволяють проектувати вироби широкої номенклатури для виробництва як на вітчизняних лініях, так і на зарубіжних кремнієвих фабриках, створювати сучасні засоби розробки технологічних процесів і виступати в якості *fables*-компанії.

1.3 Аналітичний огляд пакетів програм різних рівнів складності

Наведену вище розбивку товарів за функціональністю можна порівняти з аналогічною розбивкою на категорії вартості. Ціна «легких» програм проектування друкованих плат становить приблизно однієї тисячі доларів. Ці програми розроблені, як правило, невеликими компаніями або університетами і спрямовані на користування студентами, приватними особами і малими підприємствами. У категорію «середні» включають продукти вартістю до десяти тисяч доларів, вище - важкі САПР.

Частка продуктів усіх перелічених вище категорій в Україні дуже оригінальна. На українському ринку майже не представлені програми із першої категорії. Це пов'язано з широким поширенням серед приватних осіб та студентів практично безкоштовних піратських копій дорожчих «середніх» дизайн-систем. Для переважної більшості підприємств, які використовують САПР із другої категорії, це навіть вигідно, оскільки молодих фахівців не потрібно переучувати. В окремих випадках найбільш передові підприємства впроваджують «важкі» системи, це робиться під тиском західних чи східних партнерів, які завершили виробничий цикл.

1.3.1 Програми базового рівня.

Програми базової категорії спрямовані на малі проекти двох- або чотиришарових плат з малим числом компонентів. Як правило, тут присутній зрозумілий редактор схем та програма моделювання на основі стандартного алгоритму SPICE для початківців. Редактор плати містить мінімальний набір функцій для ручного розміщення компонентів та трасування дротів. Кошти автоматичного трасування або повністю відсутні, або вкрай малоефективні через сіткові алгоритми.

1.3.2 Напівпрофесійні програми середнього рівня.

Системи з цієї категорії дають можливість проектувати плати з великим числом елементів. Описи таких проектів, зазвичай, зберігається з декольтованих листів і може складатися в аркову конструкцію. У програму включений великий алгоритм SPICE, що дозволяє аналізувати складські дані з аналого-цифрових ланцюгів. Редактор керованих дощок забезпечує обробку великої кількості куль та включення автоматичного розміщення та маршрутизації. Запити на перевірку регулюючої ради включають можливість DRC (перевірка правил проектування) та виконаний аналіз цілісності сигналів. Є також інструменти для обслуговування компонентних бібліотек, а також первинні засоби САМ, що призначена для підготовки проектів до виробництва.

1.3.3 Професійні програми для інженерного проектування електронних компонент.

Дані системи проектування друкованих плат майже не мають ніяких обмеження на кількість шарів та компонентів. Система введення проекту зазвичай будується таким чином, щоб забезпечити з'єднання в єдине ціле окремих частин, що описуються різними методами, причому акцент зміщується у бік текстових описів на мовах HDL. Управління бібліотекою побудовано таким чином, щоб забезпечити централізоване управління базами даних бібліотеки з доступом до них через локальну мережу чи Інтернет. Інструменти моделювання дозволяють оцінити функціонування як самої схеми (змішана аналого-цифрова із

застосуванням програмованої логіки), а й її топологічну реалізацію. За результатами передтопологічного аналізу формуються набори правил та обмежень, які автоматично передаються до редактора друкованої плати та контролюють процес розміщення та трасування. Автотрасування здійснюється за допомогою безсітчастих алгоритмів, але основний внесок роблять інтерактивні засоби, що впроваджують напівавтоматичну прокладку найбільш відповідальних провідників (диференціальні пари, шини). У ряді випадків для трасування можуть бути використані результати моделювання «на льоту», спотворень та наведення сигналів у прокладених трасах. Перевірка готової топології здійснюється за допомогою оригінальної методики, що дозволяє оцінити поширення перешкод не тільки в сигнальних шарах, а й у силовому та заземлюючому шарах. Кошти САМ включають потужні засоби перевірки та оптимізації топології з точки зору виробничих інтересів, а також елементи електронної системи управління підприємством і планування матеріальних ресурсів.

1.4 Пакети програм, перспективні для використання при розробці віртуальних стендів

Виходячи з усього перерахованого вище, ми вирішили взяти за головну мету дослідження, яке значно полегшить вибір програмного забезпечення і відповідь на всі важливі питання. Воно має на меті дві головні функції:

- загальний огляд та аналіз програмних продуктів, які ми взяли з сайтів розробників найпопулярніших програмних продуктів, що розробляються, і забезпечення максимально точного і чіткого визначення про те, як програма необхідна для збереження;

- виробництво віртуальних макетів, за допомогою яких користувач може навчитися досить швидко ознайомитися з основними функціями програми.

Мета роботи полягає в розборі проблеми наявності великої кількості продуктів на сучасному ринку надання послуг у сфері програмного забезпечення

та розробка методики детального аналізу критеріїв вибору програми та ознайомлення з базовим функціоналом. Ми маємо можливість використовувати наступні інструменти для розробки навчального відеоматеріалу.

- OBS Studio (Open Broadcaster Software) – безкоштовний та відкритий набір програм для запису відео та стрімінгу. Написаний на C та C++, OBS забезпечує захоплення в реальному часі з пристроїв та джерел, композицію сцен, декодування, запис і навіть мовлення. Наприклад, OBS разом з IP-камерою може застосовуватися для відеоспостереження. Передача даних здійснюється зазвичай через протокол Real Time Messaging Protocol (RTMP), і певні дані можуть бути передані в будь-яке джерело, що підтримує RTMP - в програмі є готові предумовки для прямої трансляції на YouTube, Twitch.tv, Instagram і інші проекти.

OBS може використовувати безкоштовну бібліотеку x264 (H264), Intel Quick Sync Video (QSV), Nvidia NVENC та AMD Video Coding Engine для кодування відеопотоків у форматі H.264/MPEG-4 AVC та H.265/HEVC. Аудіо може бути закодовано за допомогою кодеків MP3 або AAC. Досвідчені користувачі можуть вибирати будь-які контейнери та кодеки, доступні в libavcodec/libavformat, та виводити потік через ffmpeg на URL.

Інтерфейс програми поділено на п'ять розділів: сцени, джерела, аудіомікшер, переходи між сценами та панель керування записом. Сцена — це група потоків, таких як потокове або готове відео, текст та аудіо. Панель мікшера дозволяє користувачеві керувати рівнями звуку, відключати звук та застосовувати ефекти, клацаючи шестерню поряд з кнопкою вимкнення звуку. На панелі керування є кнопки запуску/зупинки запису або трансляції, а також кнопка перемикання OBS у професійний студійний режим, кнопка, що відкриває меню налаштувань та програму, що закриває. У верхній секції знаходиться попередній запис мовлення для спостереження і редагування поточної сцени. Інтерфейс можна переключити на темну або світлу тему в залежності від уподобань користувача.

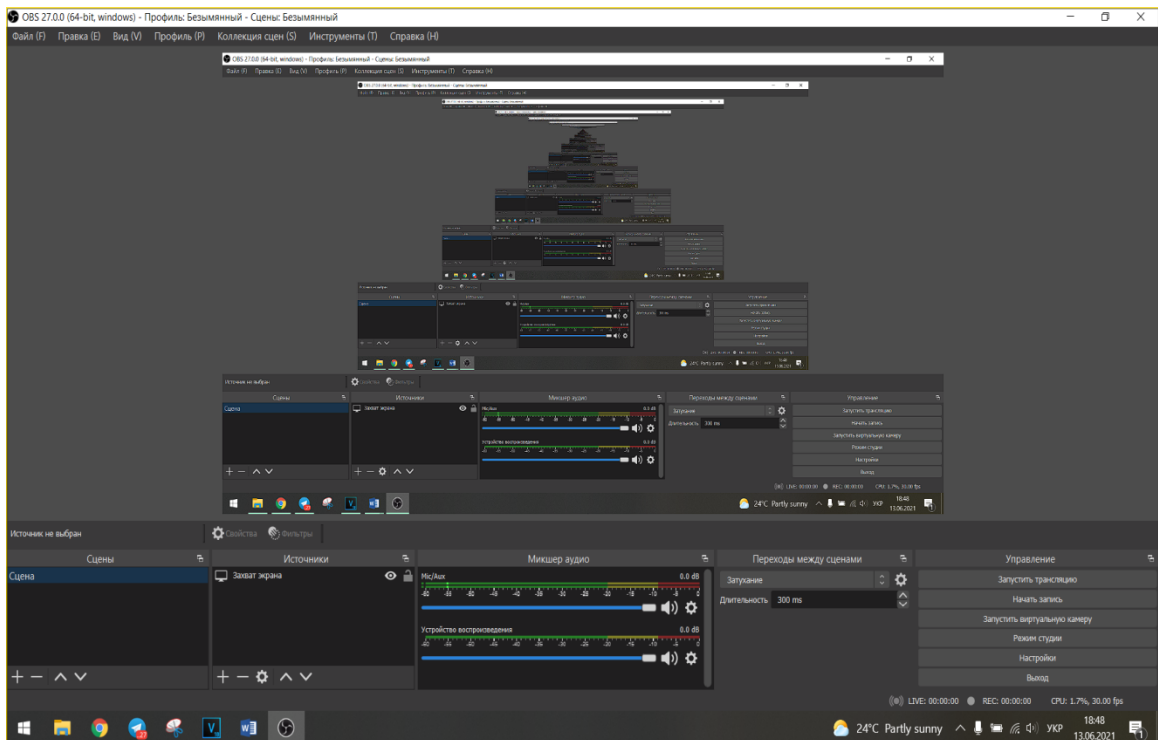


Рисунок 1.1 – Интерфейс програми OBS Studio

У студійному режимі маємо два вікна попереднього перегляду сцени; ліве призначений для редагування та перегляду неактивних сцен, правий призначений для перегляду активної сцени. У центрі знаходиться кнопка, що дозволяє перемикає активну сцену у лівому вікні.

- VEGAS Pro 18 – програма для редагування відео. Програмне забезпечення повністю використовує обчислювальну потужність графічного процесора, також є відстеження руху, підтримка режиму HDR, а також розширені можливості відео корекції. Розглянемо редактор докладніше.

- VEGAS Pro - це не самий популярний, але все ж достатньо відомий NLE (нелінійний відео редактор). Спочатку редактор був випущений компанією Sonic Foundry, потім перейшов під крило Sony Creative Software, а вже тепер належить Magix – німецький розробник споживчого програмного забезпечення для редагування відео та аудіо, DAW та програмного забезпечення для створення слайд-шоу фотографій.

Свого часу VEGAS Pro отримав масу негативної критики з боку професіоналів, які стверджували, що це програмне забезпечення не призначене для професійних цілей через відсутність функцій, які були присутні в інших поширених редакторах, а також через погану оптимізацію програмного забезпечення. Тим не менш, здається, що хтось у VEGAS Creative Software прислухається до критиків та користувачів, оскільки версія 18 містить величезну кількість корисних робочих функцій для покращення вашого робочого процесу як творця контенту.

VEGAS Pro 18 додає широкий спектр нових функцій та постійно вдосконалює саме програмне забезпечення та існуючі функції для підвищення продуктивності робочого процесу користувача, включаючи ефекти на основі П, робочі процеси з прискоренням на графічному процесорі, розширене відстеження руху, підтримку HDR, складні інструменти корекції кольору. і навіть вбудовані модулі, що робить наше програмне забезпечення ідеальним для професіоналів постпродакшну будь-якого рівня.

Особливості VEGAS Pro 18:

- SOUND FORGE Pro SOUND FORGE Pro тепер тісно інтегрований з VEGAS Pro 18, що дозволяє відправляти аудіофайли безпосередньо з тимчасової шкали VEGAS Pro до SOUND FORGE Pro, вносити зміни та повертатися до VEGAS Pro, де всі зміни відбуваються миттєво та автоматично оновлюються. на часовій шкалі;

- ефекти на основі штучного інтелекту, включаючи Colorize та Style Transfer;

- утиліти для швидкого виявлення та оновлення драйверів графічного процесора та автоматичного налаштування графічного процесора для апаратного прискорення;

- панель відстеження руху;

- інструмент VEGAS Capture, який включає нову конфігурацію папки захоплення і новий аудіокодер;

- можливості HDR, включення апаратного кодування, доступного для HDR, пресетів та автоматичного вибору IDT на основі метаданих;

- плагіни Open FX (набір дій ActionVFX, модуль Boris FX Continuum Film Style, модуль Boris FX Continuum Particles, модуль Boris FX Continuum Image Restoration, NewBlue Transitions 5 Ultimate, Zynaptiq UNVEIL Vegas Edition);

- робота з корекцією кольору: фіксована панель корекції кольору, інструмент логарифмічної експозиції («Експозиція камери»), покращений автоконтраст, налаштування тілесного тону для вектороскопа, комбіноване відображення RGB;

- маркери обрізання подій на тимчасовій шкалі;

- можливість зберігати розташування курсору тимчасової шкали.

VEGAS Pro 18 поєднує в собі відмінний редактор якості відео з якістю обробки звуку, що робить його одним із найкращих редакторів у своєму роді. Якщо ви редагуєте відео та аудіо, рекомендуємо спробувати. Безперечно, VEGAS Pro 18 — дуже непоганий вибір.

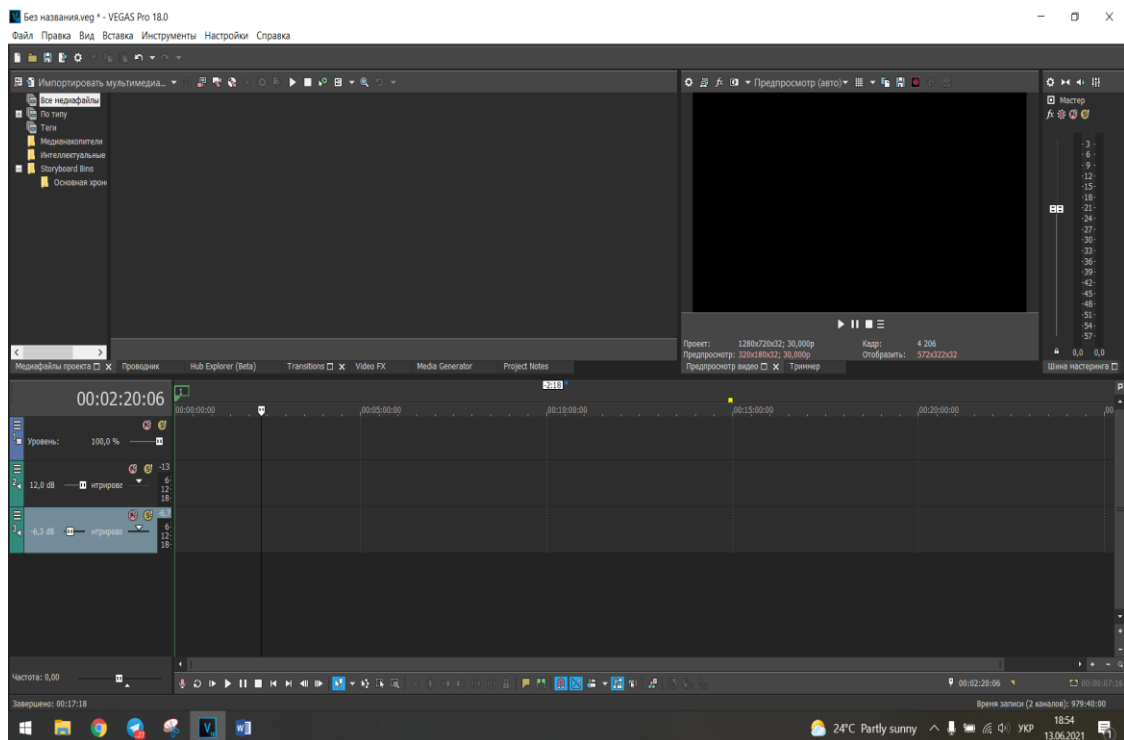


Рисунок 1.2 – Інтерфейс програми VEGAS Pro 18

2 ДЕТАЛЬНИЙ РОЗГЛЯД ПЕРСПЕКТИВНИХ ПРОГРАМНИХ ПАКЕТІВ

2.1 Програма Electronics WorkBench

Програмний пакет Electronics Workbench дарує можливість розробляти моделювання аналогові, цифрові і цифро-аналогові схеми простих та більш складних варіацій. В програмі представлені бібліотеки, що містять в собі доволі широкий набір широко поширених електронних компонентів. Також користувач має можливість інтегрувати і створювати нові бібліотеки компонентів, які необхідні для моделювання тих чи інших схем. Параметри представлених компонентів можна змінювати у широкому діапазоні значень. Прості компоненти описуються набором параметрів, значення яких можна змінювати безпосередньо з клавіатури користувача, та активними елементами - описуються моделлю, яка представляє собою набір параметрів і описує конкретний елемент або його ідеальне уявлення. Модель обирається зі списку бібліотек компонентів, параметри обраної моделі також можуть бути змінені користувачем. Широкий набір приладів дає можливість опрацьовувати вимірювання різних величин, задавати вхідні впливу, будувати потрібні графіки. Всі пристрої зображені максимально наближеними до реальності, тому працювати з ними дуже легко та зручно. Отримані результати моделювання можна вивести на принтер або імпортувати до текстового або графічного редактора для подальшої обробки. Electronics Workbench сумісний з P-SPICE, тож надає змогу експорту та імпорту схем і отриманих результатів вимірювань в різні її версії.

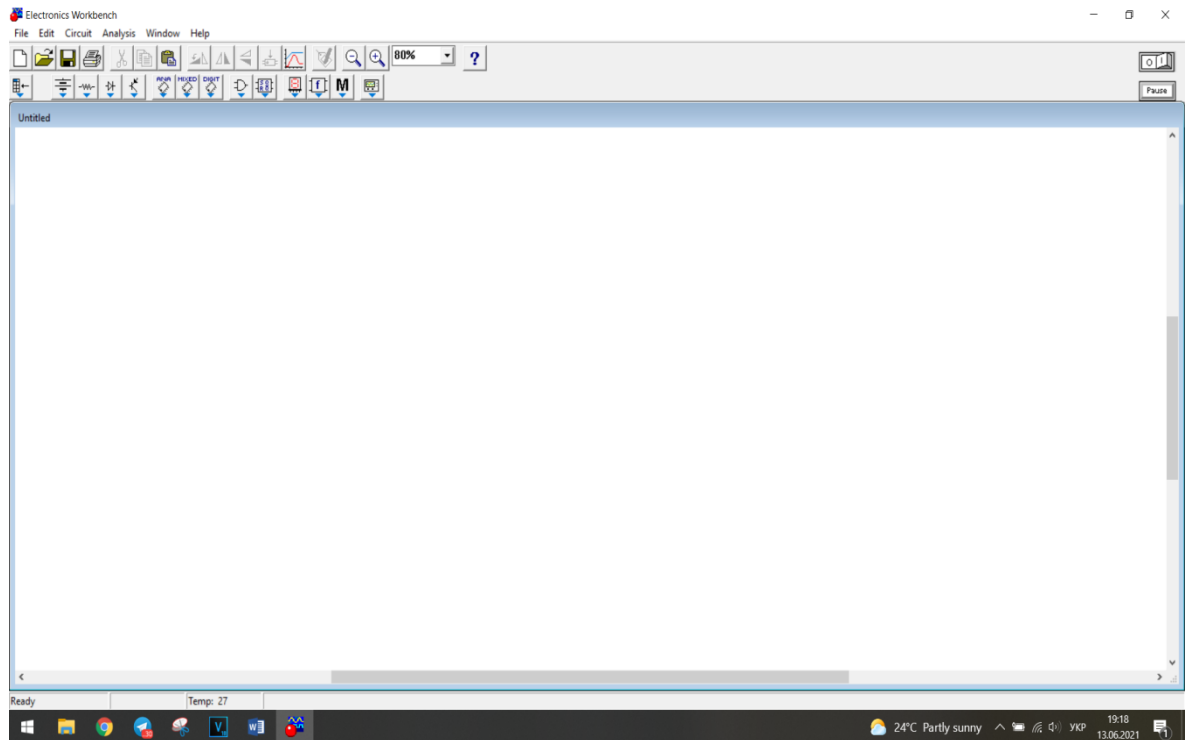


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд програми Electronics WorkBench

Економія часу. Робота у реальній лабораторії потребує багато часу на підготовку експерименту. Але з появою Electronics WorkBench лабораторія електроніки завжди буде під рукою у користувача, що дозволяє зробити вивчення електричних схем простіше та доступніше. Двох абсолютно однакових елементів немає, оскільки всі реальні елементи мають великий розкид значень, але це призводить до помилок під час експерименту. У Electronics WorkBench абсолютно всі елементи описуються строго заданими параметрами, тому щоразу в ході експерименту повторюватиметься результат, який визначається лише параметрами елементів та алгоритмом розрахунку.

Зручність вимірів. Навчання ніколи не можливе без помилок, а помилки в реальній лабораторії іноді дуже дорого коштують експериментатору. Під час роботи з Electronics WorkBench експериментатор застрахований від випадкового ураження електричним струмом, а пристрої не вийдуть з ладу через неправильно зібрану схему. Завдяки цій програмі користувач має у своєму розпорядженні такий широкий набір пристроїв, який навряд чи буде доступним у нашому реальному житті. Таким чином, у Вас завжди є унікальна можливість спланувати та провести

широкий спектр досліджень електронних схем із мінімальними витратами свого часу.

Графічні здібності. Складні схеми займають чимало місця, зображення яких намагаються зробити щільнішим, що часто призводить до помилок приєднання провідників до елементів схеми. Electronics WorkBench дозволяє розмістити схему таким чином, щоб були добре видно всі з'єднання елементів і в той же час уся схема в цілому. Можливість зміни кольору провідників дозволяє зробити схему зручнішою для користувача. Є можливість відображати різні кольори та графіку, тому що це дуже зручно при вивченні кількох залежностей одночасно. Програма Electronics WorkBench використовує стандартний та знайомий інтерфейс Windows, що значно спрощує її використання. Інтуїтивність та простота інтерфейсу роблять програму доступною для всіх, хто знайомий з основами використання Windows. Сумісність із програмою P-SPICE Програма Electronics WorkBench базується на стандартних елементах програми SPICE. Це дозволяє експортувати різні моделі елементів і обробляти результати, використовуючи додаткові можливості різних версій програми P-SPICE.

Для встановлення програми необхідно:

- IBM-сумісний комп'ютер з модифікацією процесора не нижче 486;
- щонайменше 4 МБ вільного місця на жорсткому диску;
- операційна система Microsoft Windows або .wine Linux/Ubuntu;
- маніпулятор типу "миша".

Бібліотека програмних компонентів включає пасивні елементи, транзистори, керовані джерела, керовані перемикачі, гібридні елементи, індикатори, логічні елементи, тригерні пристрої, цифрові та аналогові елементи, спеціальні комбінаційні та послідовні схеми. Активні елементи можуть бути представлені як моделі ідеальних і реальних елементів. Також можна створювати власні моделі елементів та додавати їх до бібліотек елементів. Програма використовує великий набір приладів для вимірювання: амперметр, вольтметр, осцилограф, мультиметр, плоттер Боде (графічний пристрій частотних

характеристик ланцюгів), генератор функцій, генератор слів, логічний аналізатор і логічний перетворювач.

Аналіз різних ланцюгів Electronics WorkBench може аналізувати ланцюги постійного та змінного струму. У разі аналізу постійного струму робоча точка схеми визначається в режимі, що встановився. Результати цього аналізу не відображатимуться на пристроях, вони використовуються для подальшого аналізу схеми. Аналіз змінного струму зазвичай використовує результати аналізу постійного струму створення лінеаризованих моделей нелінійних компонентів. Аналіз ланцюгів у режимі змінного струму можна проводити як у часовій, так і частотній областях. Програма також дозволяє аналізувати цифро-аналогові та цифрові схеми. У Electronics WorkBench можна вивчати перехідні процеси під впливом на схеми вхідних сигналів різної форми. Операції, що виконуються під час аналізу: Electronics WorkBench дозволяє будувати схеми різного ступеня складності за допомогою наступних операцій:

- вибір елементів та пристроїв з бібліотек,
- переміщення елементів та схем у будь-яке місце робочого простору,
- поворот елементів та груп елементів на кути, кратні 90 градусам;
- копіювання, вставка або видалення елементів, груп елементів, фрагментів схем та цілих схем;
- зміна кольору провідників;
- виділення контурів схем кольором для полегшення сприйняття;
- підключити кілька вимірювальних приладів та спостерігати за їх показаннями на екрані монітора;
- присвоєння елементу умовного позначення.
- зміна параметрів елементів у широкому діапазоні.

Усі операції виконуються за допомогою миші та клавіатури. Не можна керувати лише з клавіатури. Налаштовуючи пристрої, ви можете:

- змінювати масштаб приладів в залежності від діапазону вимірювання;
- встановити режим роботи пристрою;

- встановити тип вхідних впливів на схему (постійні та гармонічні струми та напруги, трикутні та прямокутні імпульси).

Графічні можливості програми дозволяють:

- одночасно спостерігати кілька кривих на графіку;
- відображати криві на графіках різними кольорами;
- виміряти координати точок на графіку;
- імпортувати дані до графічного редактора, що дозволяє проводити необхідні перетворення креслення та виводити його на принтер.

Electronics WorkBench дозволяє використовувати результати, отримані в програмах P-SPICE, RSV, а також переносити результати з Electronics WorkBench до цих програм. Ви можете вставити схему або її фрагмент у текстовий редактор та набрати в ньому пояснення чи коментарі щодо роботи схеми.

2.2 Пакет проектування OrCAD

Одна з найкращих програм для наскрізного проектування електронної апаратури, що надає проектувальникам друкованих плат воістину необмежені можливості для розробки та моделювання електронних схем та створення друкованих плат.

Назва програми утворена з аббревіатури слова Oregon та аббревіатури CAD. У 1998 році, після злиття компаній MicroSim та OrCAD, була випущена версія 9.0, яка вперше поєднала редактор схем Capture з програмами моделювання та оптимізації аналого-цифрових пристроїв. Сьогодні OrCAD є серією модулів, кожен з яких має свої унікальні функції. Їх склад та кількість змінюються від версії до версії. Ви можете виділити:

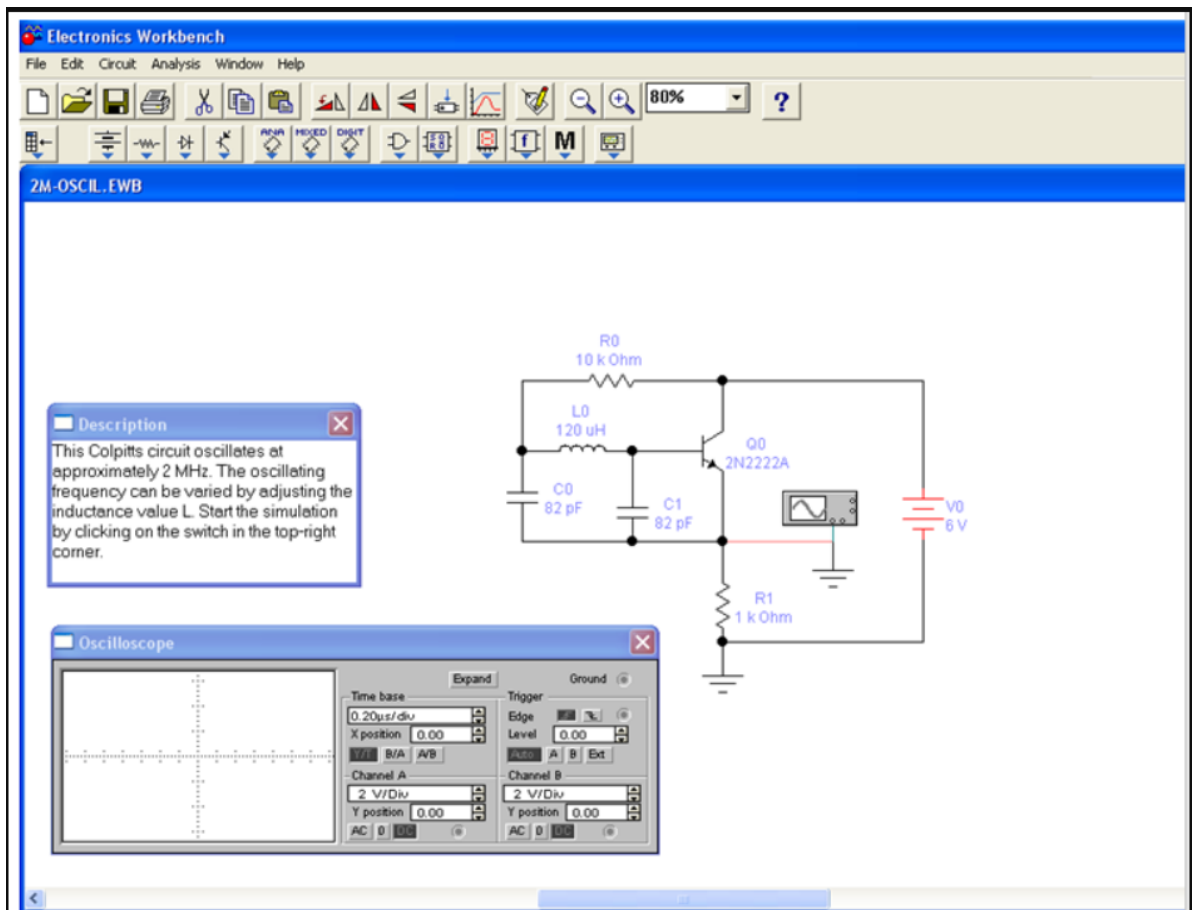


Рисунок 2.2 – Процес роботи в Electronics WorkBench

- Capture – графічний редактор для створення принципових електричних схем із моделей елементів.
- Capture Component Information System Option - графічний редактор, аналогічний попередньому і має доступ до каталогів компонентів, що постійно оновлюються, що містять більше 200 000 найменувань.
- PSpice Analog Digital – програма для імітації роботи аналогових або змішаних аналого-цифрових пристроїв великого розміру (або їх частин);
- PSpice Advanced Analysis – модуль параметричної оптимізації;
- PCB Designer – редактор топології плати.

Крім того, можна відзначити наступні модулі: PSpice SLPS Option для зв'язку з Matlab, SPECCTRA for OrCAD, що виконує автоматичне або інтерактивне трасування, Signal Explorer, що дозволяє перевіряти перехресні спотворення та цілісність сигналу.

Програмний пакет OrCAD має все необхідне для виконання різних етапів розробки: вхідний дизайн, функціональне моделювання, синтез, розміщення, трасування, моделювання із затримкою, генерація елемента. Фізичне проектування починається з вибору бібліотеки та технологічної основи. OrCAD Capture можливе створення проекту у вигляді схеми з готових компонентів, а також у моделях VHDL або Verilog. Ви можете працювати зі змішаними проектами чи створювати нові елементи. Примітив бібліотеки можна призначати певні властивості обладнання конкретного виробника. На етапі функціонального моделювання на входи проекту подаються тестові сигнали, отримані вихідні дані можна порівняти з очікуваними результатами. Моделювання затримки дозволяє визначити затримки поширення сигналу та переконатися, що тимчасові характеристики мікросхем не змінюють логіку конструкції.

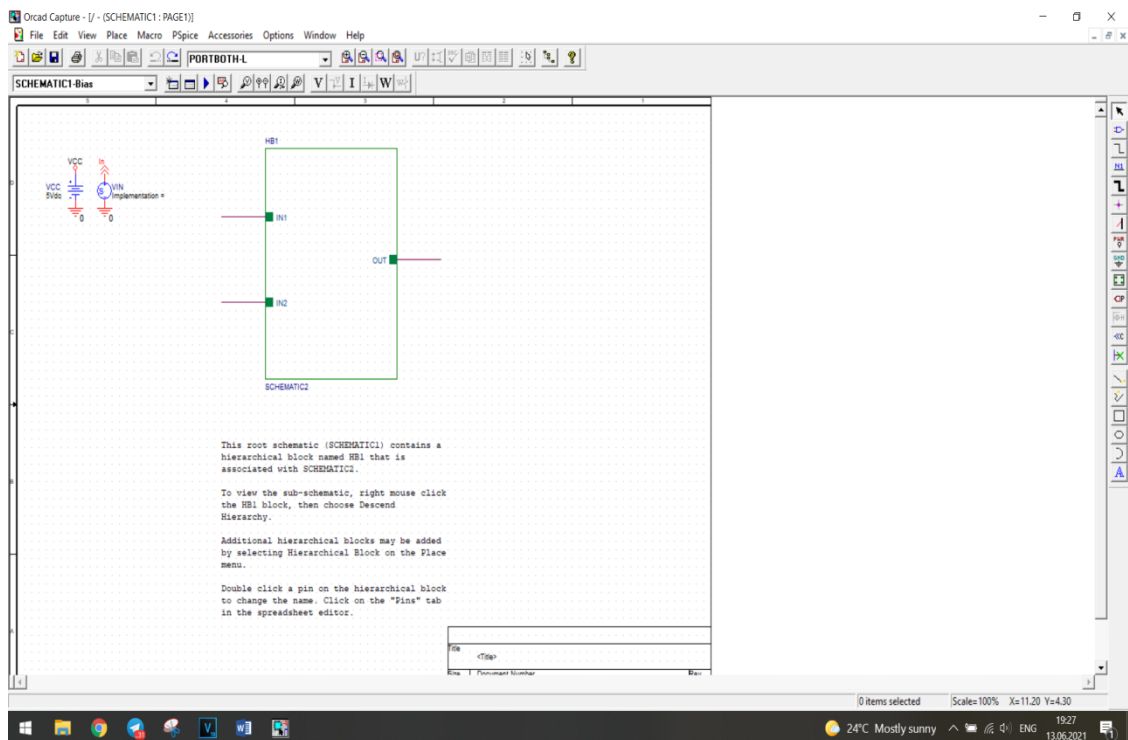


Рисунок 2.3 – Створення нового проекту в OrCAD

Програма OrCAD використовується для створення проектів на базі програмованих логічних пристроїв FPGA/CPLD. Серед останніх нововведень програми є єдине середовище OrCAD Capture Marketplace, яке є порталом

компанії-розробника. Завдяки відкритому доступу до останніх досягнень у галузі друкованих плат можна підвищити продуктивність праці. На порталі є все необхідне: робочі місця, символи UDO, технічні описи, моделі Spice та IBIS, численні, часто безкоштовні додаткові програми, що мають нові інструменти та функції, що розширюють стандартні можливості OrCAD.

Продукти OrCAD належать Cadence Design Systems. Ця компанія була заснована в 1988 році і протягом багатьох років була найбільшою в індустрії ЕДА. В даний час у компанії працює понад 5000 осіб, а середньорічний дохід перевищує один мільярд доларів США. Штаб-квартира знаходиться в Сан-Хосе (США, Каліфорнія). Основну увагу Cadence приділяє розробці програм, що допомагають проектувати електронні пристрої, мікросхеми та друковані плати.

Основним недоліком OrCAD є його найвища вартість. Ціни для вітчизняних розробників варіюються від 40 000 грн (OrCAD PCB Designer Lite у базовій комплектації) до 300 000 грн (OrCAD PCB Designer Professional).

Користувачам пропонується лише англomовний інтерфейс OrCAD. В Інтернеті можна знайти кілька самостійних перекладів різних версій програмного комплексу російською мовою.

Останні версії OrCAD пред'являють такі системні вимоги до обладнання: Windows 2008 Server (32-розрядна), 2003 Server (32-розрядна), XP (32- та 64-розрядна), Vista, крім Home Basic (32- та 64-розрядна), 7 (32 і 64 біти); процесор із частотою 1,2 ГГц і вище (краще 2,4 ГГц); пам'ять від 1 ГБ (рекомендується 2 ГБ); дисковий простір щонайменше 10 Гб.

2.3 САПР P-CAD

Потужна система автоматизованого проектування друкованих плат радіоелектронних та обчислювальних пристроїв. Програма здатна виконувати весь цикл розробки друкованих плат, інтерактивне розміщення елементів та автотрасування провідників, пошук помилок на будь-якій стадії проекту,

підготовку документації, перевірку цілісності всіх сигналів, аналіз перехресних спотворень. Зручна довідкова система та зрозумілий інтерфейс знижують «поріг входу» для новачків.

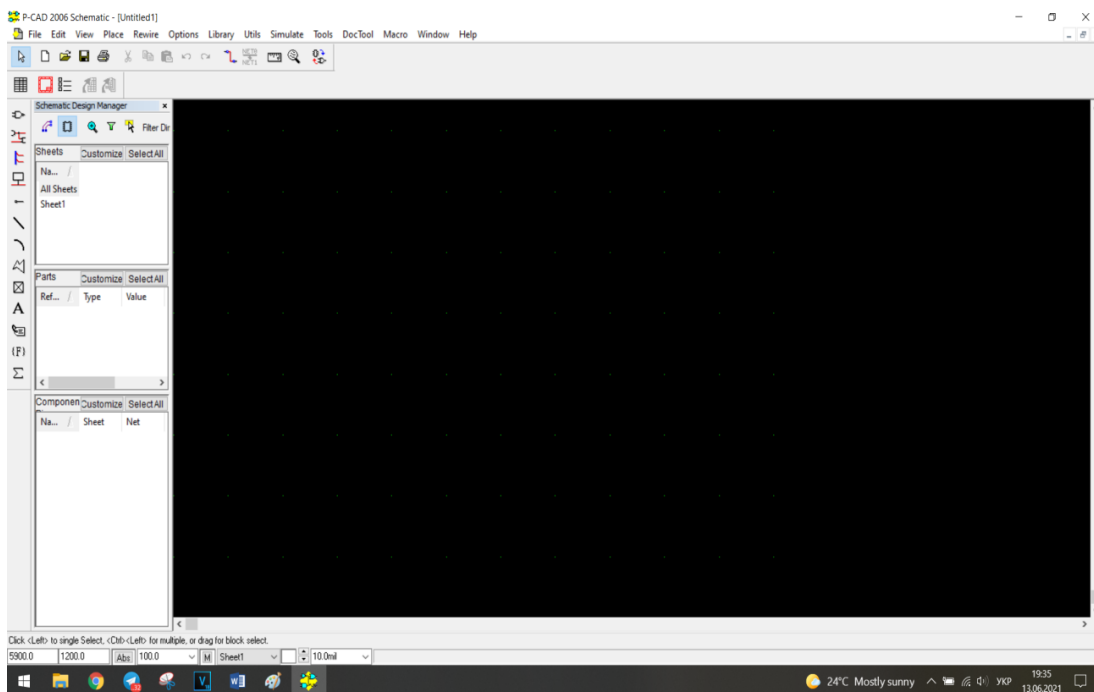


Рисунок 2.4 – Інтерфейс P-CAD Schematic

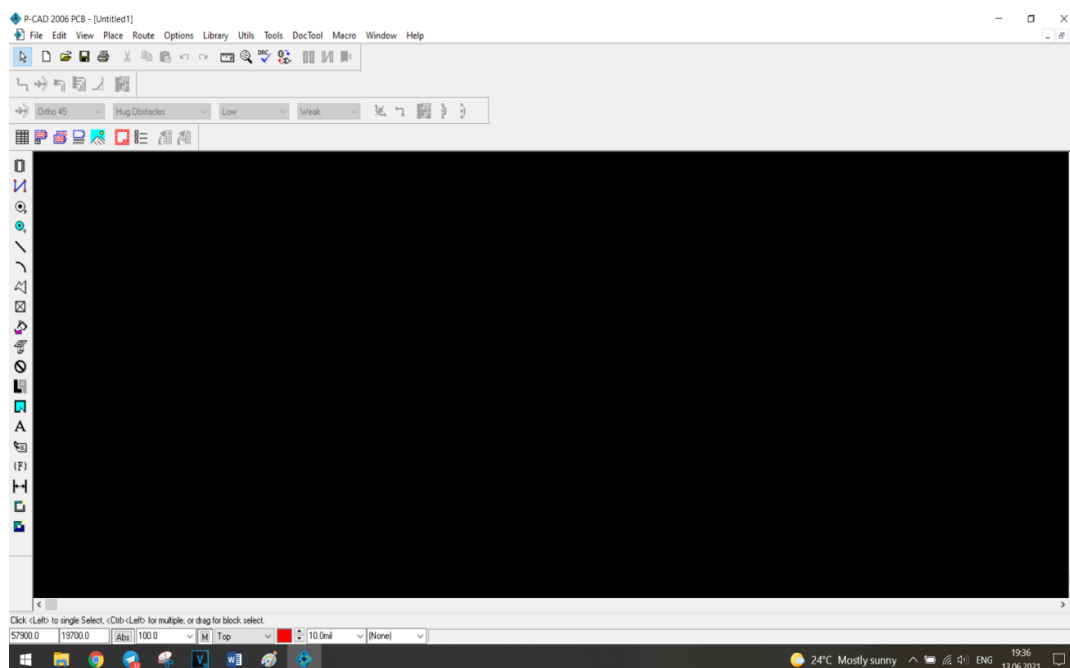


Рисунок 2.5 – Інтерфейс P-CAD PCB

P-CAD складається з двох автономних модулів – Schematic (редактор електричних схем) та PCB (редактор друкованих плат). Проекти схем можуть містити до 999 аркушів, а проекти друкованих плат можуть містити до 999 шарів розміром 60x60 дюймів.

Є можливості інтерактивного розведення диференціальних пар для мінімізації електромагнітних перешкод, багатомаршрутне трасування за заданими параметрами, ортогональна протяжка провідників. Крім основних підпрограм, у P-CAD є допоміжні: Library Executive (менеджер бібліотеки), Symbol Editor (редактор позначень елементів), Pattern Editor (редактор посадкових місць, корпусів елементів) та деякі інші. Бібліотеки P-CAD зберігають понад 27 000 елементів, сертифікованих за стандартом ISO 9001. Gerber та ODB++ повністю підтримуються.

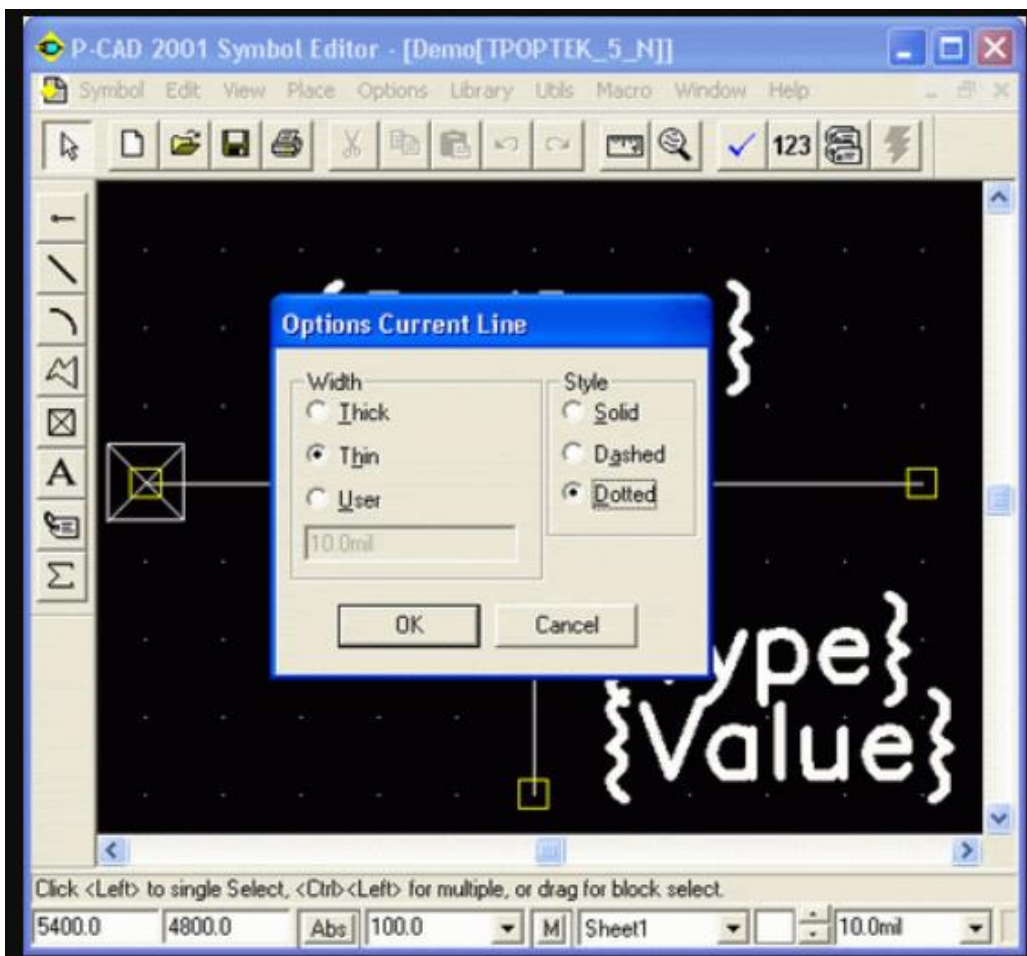


Рисунок 2.6 – Робота з P-CAD Symbol Editor

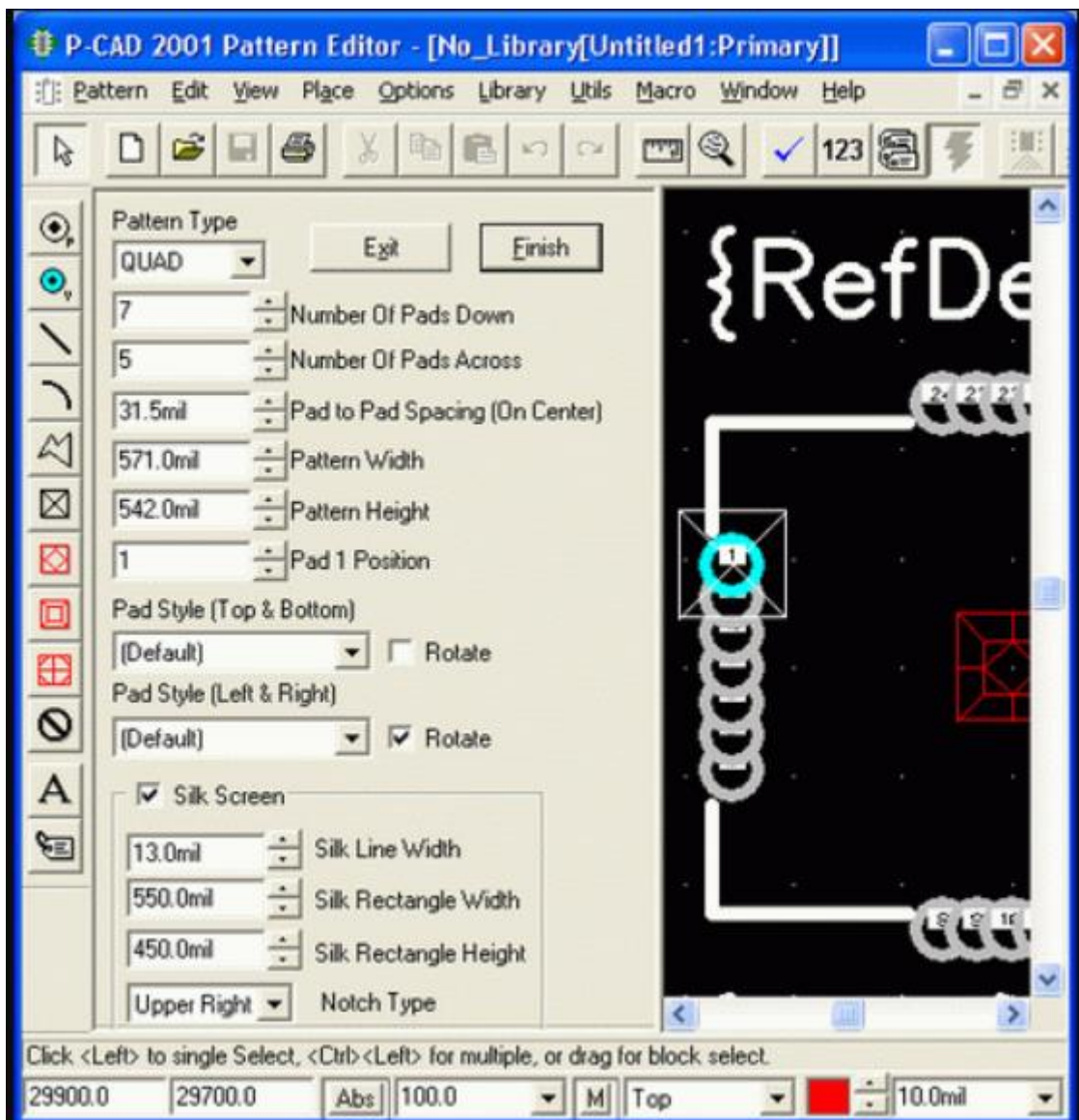


Рисунок 2.7 – Функціонал модулю P-CAD Pattern Editor

Серед останніх покращень P-CAD – додавання потужного трасувальника Situs із середовища проектування Altium Designer, пакету CAMtastic для підготовки друкованої плати до виробництва, а також пакетів аналогового та цифрового моделювання nVisage та Xspice.

1996 року компанія ACCEL Technologies представила громадськості першу версію P-CAD під назвою ACCEL EDA. Продукт здобув популярність серед розробників цифрових пристроїв. 17 січня 2000 р. компанія ACCEL Technologies була поглинена провідним розробником САПР Protel International. У березні 2000

року ACCEL EDA змінила назву на P-CAD. На сьогоднішній день це найпопулярніше дизайнерське середовище в Україні. В інтернеті багато інформації про цю програму.

Система автоматизованого проектування використовує англомовний інтерфейс. Верифікованих та офіційних русифікаторів немає. Використання шрифтів True Type дозволяє робити написи російською мовою.

Влітку 2006 року власник програми, австралійська компанія Altium, офіційно оголосила про припинення розробки P-CAD. Розробників попросили перейти на Altium Designer - потужніший продукт компанії. Весною 2008 року компанія оголосила про припинення фірмової (англомовної) техпідтримки. Після 30 червня 2008 року ви можете легально придбати P-CAD.

Останньою офіційною версією був P-CAD 2006 SP2, випущений у 2006 році.

P-CAD 2006 повністю функціонує лише в операційних системах Windows XP, Windows 2000, Windows 98, Windows 95, Windows NT.

2.4 Пакет програм Microwave Office

Один з найвідоміших та найсучасніших програмних комплексів для проекту ВЧ та НВЧ-пристроїв.

Mentor Caliber чи ICED, а також РСВ-проективання. Бібліотеки Microwave Office складається більш ніж з 500 моделей розподілених та зосереджених компонентів, а також 150 тисяч простих елементів відріз виробників, що застосовуються при створенні високочастотних схем. Програма працює в частотній та годинній зоні, проводить аналіз схеми на основі ряду Вольтера, конверсійно-матричним способом, лінійної стабільності, перехідних процесів, одночастотних та багаточастотних схемних методів гармонійного балансу нелінійних та ідейних способів.

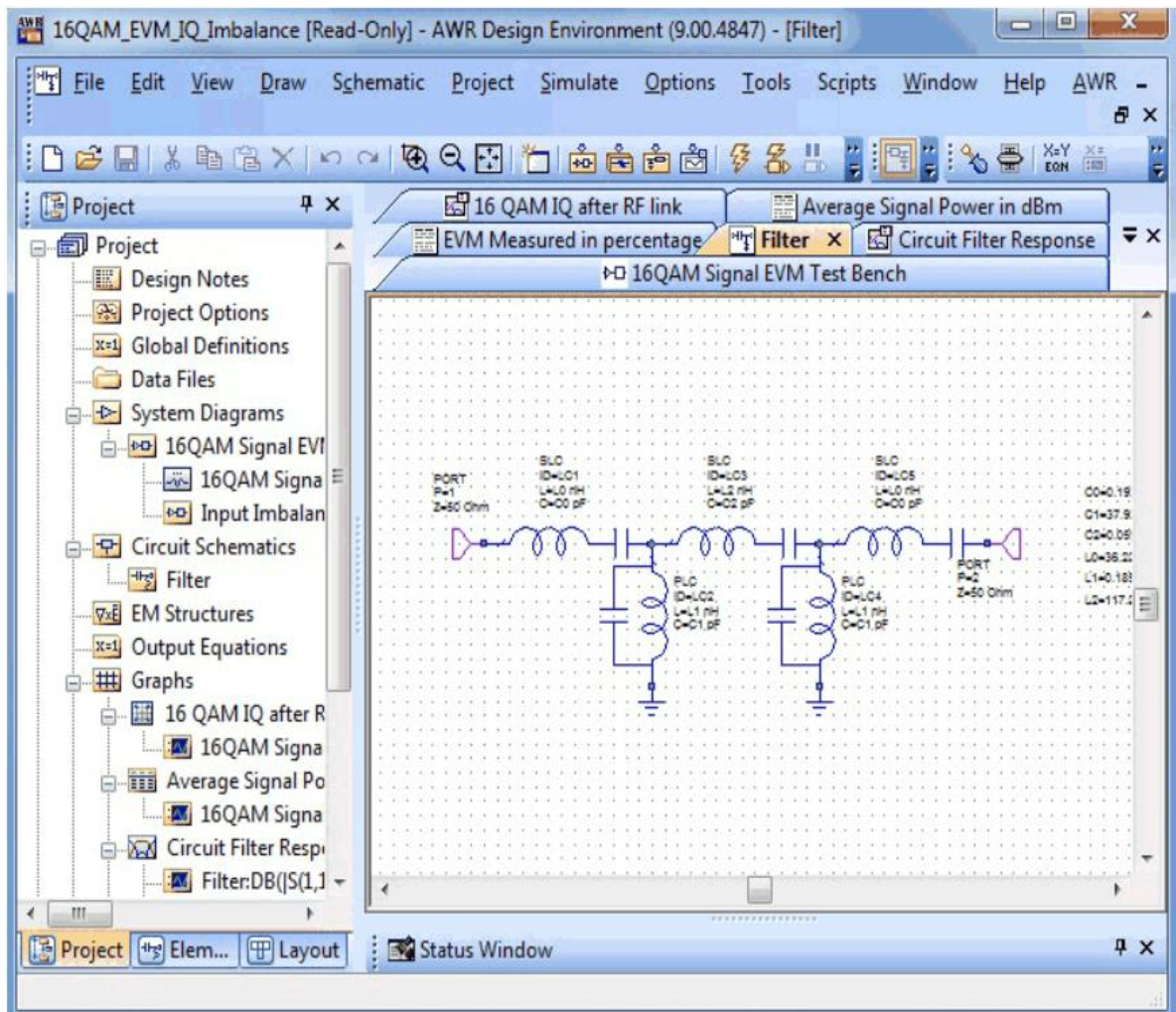


Рисунок 2.9 – Інтерфейс програми Microwave Office

Графічний редактор Microwave Office пропонує тривимірне анімоване кольорове зображення височастотних струмів з відображенням їх амплітуд та напрямків. Крім того, є всі "традиційні" варіанти відображення розрахункових даних: діаграми Сміта, таблиці даних, графіки в полярній та прямокутній системах координат.

Це програмне забезпечення включає модуль аналізу антен, який дозволяє розраховувати їх характеристики, будувати діаграми спрямованості (LNCP, RNCP, ETheta і ERNi), переглядати та анімувати струми. Кожному елементу на діаграмі ставиться у відповідність його топологічний еквівалент. Редактор топології дозволяє створювати нові або змінювати наявні параметри. Оскільки цей редактор постійно підключений до редактора схем, топологія генерується

автоматично при створенні проекту. Редактор топології має модуль контролю топологічних норм, що допомагає ефективно відстежувати та усувати порушення.

Крім того, у Microwave Office можна виділити такі інтегровані інструменти:

- обчислювальний модуль APLAC, що моделює в часовій області ємнісні ланцюги з компонентами з високою нелінійністю за допомогою гармонійного балансу;

- автоматичне вилучення паразитних параметрів (технологія ACE);

- технологія «розумних» мереж iNet на формування взаємозв'язків;

- модуль AXIEM для повноцінного 3D електромагнітного аналізу (можливе виконання тривимірного моделювання сторонніми програмами, для цього спеціально створено інтерфейс EM Socket);

- модуль частотно-виборчого пасивного синтезу ланцюгів Nuhertz Technologies;

- можливість роботи з багат шаровими платами з урахуванням технологічних верств;

- пошаровий перегляд плоского відображення топології або тривимірного зображення проєктованого пристрою в прозорому варіанті, а також шляхом накладання різних текстур.

Microwave Office – комерційне програмне забезпечення. Ви можете ознайомитись та протестувати ці програми, завантаживши демо-версію. Процес установки організований за допомогою майстра та не складний. Однак слід зазначити, що освоєння програмного комплексу потребує певних зусиль та часу, а також досить глибоких знань теорії радіоелектронних ланцюгів та електромагнітних полів.

Пакет Microwave Office розроблено корпорацією AWR (Applied Wave Research). Заснована в 1994 році, штаб-квартира знаходиться в Ель-Сегундо (Каліфорнія, США). Сьогодні AWR пропонує цілий набір спеціалізованих продуктів (Visual System Simulator, Analog Office, Signal Integrity Design Suite) для розробки високочастотних та надвисокочастотних пристроїв: компонентів систем

радіозв'язку, електронних пристроїв, мобільних радіосистем, телекомунікаційне обладнання. AWR має операційні офіси, навчальні центри та комерційні підрозділи по всьому світу і в даний час повністю належить National Instruments.

Мова інтерфейсу Microwave Office лише англійська, русифікатора немає.

Цей програмний продукт призначений для операційної системи Microsoft Windows та ПК-сумісних комп'ютерів. В останніх версіях реалізовано підтримку багатоядерних процесорів.

2.5 Спеціалізований комплекс High Frequency Structural Simulator

HFSS це інструмент для тривимірного моделювання КВ/ВЧ електромагнітних полів.

Технологія HFSS дозволяє розраховувати електричні та магнітні поля, струми, S-параметри та випромінювання. Процес розрахунку повністю автоматизований, користувачеві необхідно вказати геометричні параметри, властивості матеріалу та бажаний результат. HFSS автоматично будує модель сітки, що підходить для конкретного завдання.

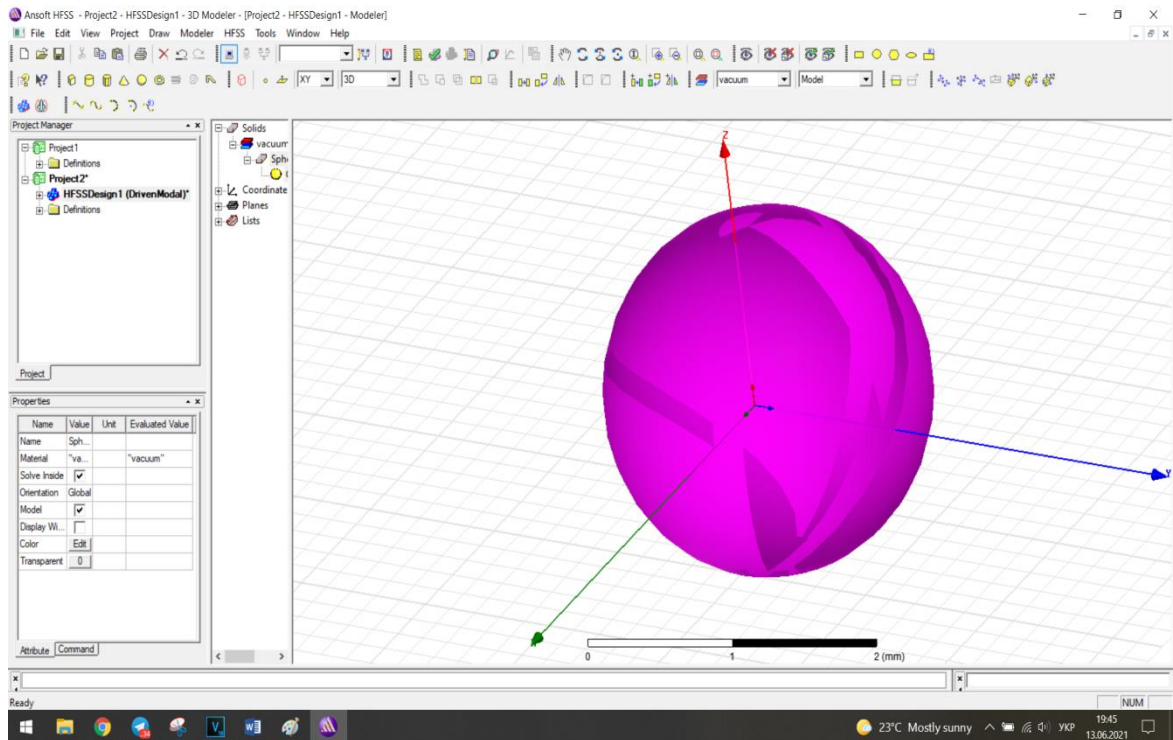


Рисунок 2.8 – Робочий процес у програмі High Frequency Structural Simulator

Використання ВЧСС дозволяє вирішувати завдання розрахунку радіочастотних та НВЧ пристроїв, дослідження електромагнітної сумісності, наприклад, при розробці високочастотних компонентів, що використовуються у приймальній та передавальній частинах систем зв'язку, радіолокаційних систем, супутників та стільникових телефонів. Крім того, HFSS використовується для розрахунку електромагнітної взаємодії між роз'ємами, лініями електропередач, наскрізними отворами друкованих плат, а також розрахунку швидкодіючих компонентів, що використовуються в комп'ютерних серверах, пристроях зберігання даних, мультимедійних персональних комп'ютерах, розвагах і телекомунікаціях. системи.

Метод кінцевих елементів (FEM) використовується для вирішення рівнянь електродинаміки HFSS, який включає адаптивне створення і розподіл осередків. Рішення для електромагнітного поля, отримані з рівнянь Максвелла, дозволяють точно визначити всі характеристики НВЧ-пристрою з урахуванням виникнення та

трансформації одного типу хвилі в інший, втрат у матеріалах та випромінюваннях тощо.

HFSS надає можливості моделювання антен, ділянок потужності, комутаційних ланцюгів, хвилеводних елементів, НВЧ-фільтрів та тривимірних неоднорідностей, опис яких зводиться до побудови тривимірної геометричної моделі, завдання властивостей матеріалу, ідентифікації портів і необхідних характеристик. В результаті розрахунку виходять поля всередині та зовні конструкцій, а також багатомодові S-параметри.

Розрахунок із використанням HFSS забезпечує високу точність розрахунків; Показники, отримані при моделюванні, збігаються з фізично вимірними характеристиками. Однак, для отримання достовірних результатів необхідно правильно вибрати параметри розрахунку. Це відноситься до правильної побудови геометричної моделі, точного завдання властивостей матеріалу аналізованої конструкції, до підбору машинних ресурсів, від можливостей яких залежить, наскільки тонко можна розділити простір на елементи декомпозиції, а також наскільки швидко машина може вирішити проблему, використовуючи метод адаптивного ущільнення сітки. Також для успішного виконання розрахунку важливо, щоб кількість аналізованих мод у складних елементах пристрою було обґрунтовано та правильно вибрано.

Потужним засобом підвищення ефективності рішення є метод адаптивного ущільнення сітки, який полягає в наступному: на основі структури створюються вихідні комірки тетраедричні. Це початкове розбиття на осередки дає грубу інформацію про поле, виділяючи області високої інтенсивності чи високих градієнтів. Потім поділ клітин ущільнюється тільки там, де поле зазнає різких змін, що знижує обчислювальні витрати при одночасному підвищенні точності.

За потреби користувачі можуть провести адаптацію вручну за допомогою програми інтерфейсу. Користувач може вказати ущільнення на основі довжини або глибини поверхневого шару.

HFSS має велику базу даних матеріалів із заданими діелектричною проникністю, магнітною діелектричною проникністю та тангенсами кута електричних та магнітних втрат для всіх матеріалів. Користувачі можуть використовувати для моделювання однорідні, гетерогенні, анізотропні, провідні, резистивні та напівпровідникові матеріали. У програмі передбачено можливість моделювання феритів для заміни пристроїв. HFSS має велику базу матеріалів із заданою діелектричною проникністю, магнітною проникністю, з електричними і магнітними тангенсами кута втрат для всіх матеріалів. Користувачі можуть використовувати однорідні, неоднорідні, анізотропні, які проводять, резистивні та напівпровідникові матеріали при моделюванні. Програма включає можливість моделювання феритів для навізамін приладів.

3 РОЗРОБКА ВІРТУАЛЬНИХ МАКЕТІВ ДЛЯ СИНТЕЗУ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТ

1.1 Загальна структура віртуального макету

Перед тим, як представити готові макети для вільного користування, для початку потрібно сумлінно попрацювати над записом та редагуванням відеоінформації. Кожне відео буде містити в собі огляд базових можливостей та інтерфейс програми, і навіть процес роботи з програмою. Кожне відео було записано за допомогою програми захоплення екрана OBS Studio.

Головне вікно цієї програми зображено на рисунку 3.1.

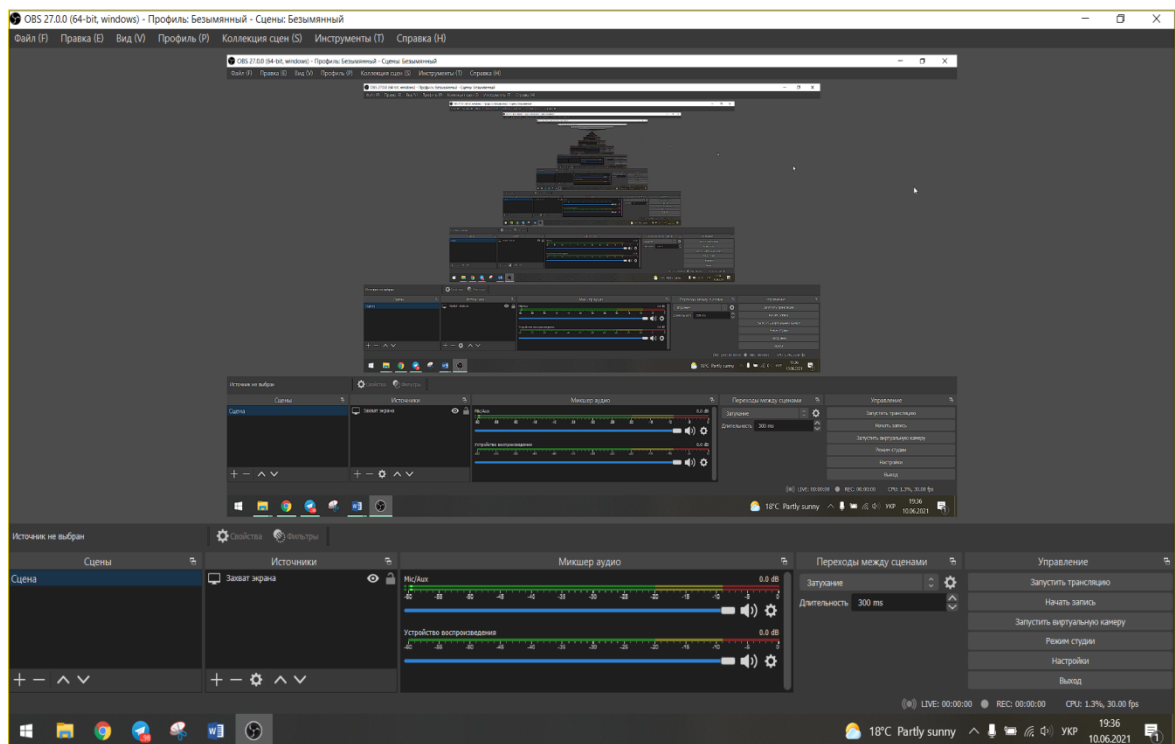


Рисунок 3.1 – Головне вікно програми OBS STUDIO

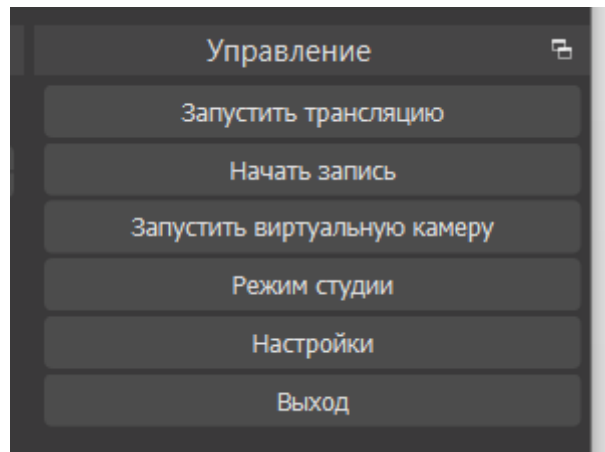


Рисунок 3.2 – Меню управління записом

Для того, щоб почати запис відео необхідно натиснути на кнопку «Почати запис» (рис. 3.2) ліву кнопку миші. Після цього меню керування записом буде виглядати так, як показано на рисунку 3.3. Весь процес, який здійснюється на ПК, буде записано.

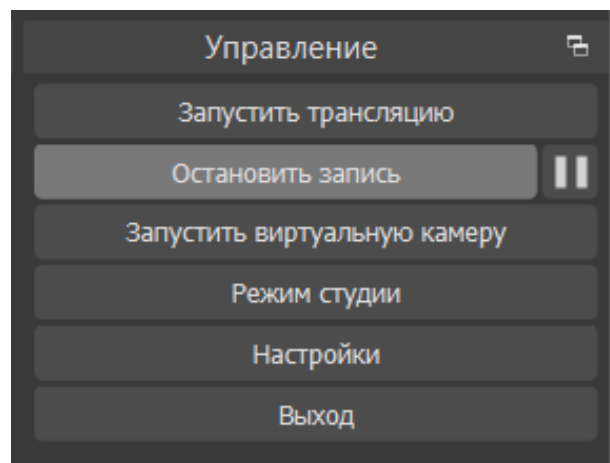


Рисунок 3.3 – Меню управління записом у процесі запису

Щоб зупинити запис, достатньо натиснути на кнопку «Зупинити запис». Після цього записане відео автоматично зберігається в заздалегідь обраній папці. Також можна призупинити запис на будь-який час. Далі кожне відео буде редаговано для вирізання непотрібних моментів відео.

1.2 Особливості реалізації макету для підготовки фахівців з мікроелектроніки

Усі відеоролики, представлені на сайті, були змонтовані у програмі VEGAS Pro 18. Спочатку запускаємо програму. Початкове вікно показано на рисунку 3.4.

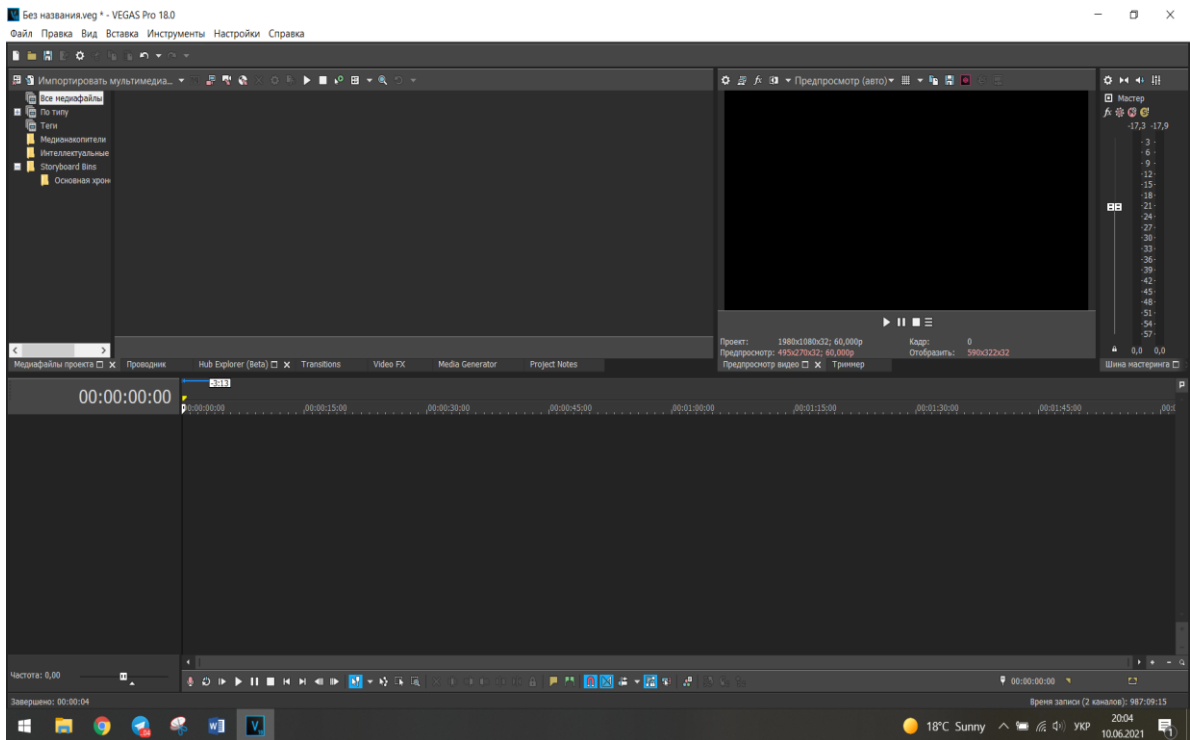


Рисунок 3.4 – Головне меню програми VEGAS Pro 18

Щоб розпочати редагування, вам потрібно імпортувати відео до програми. Для цього натисніть «Файл» > «Відкрити» та натисніть кнопку запису або кілька записів. Також можна додати відео за допомогою комбінації клавіш CTRL+O.

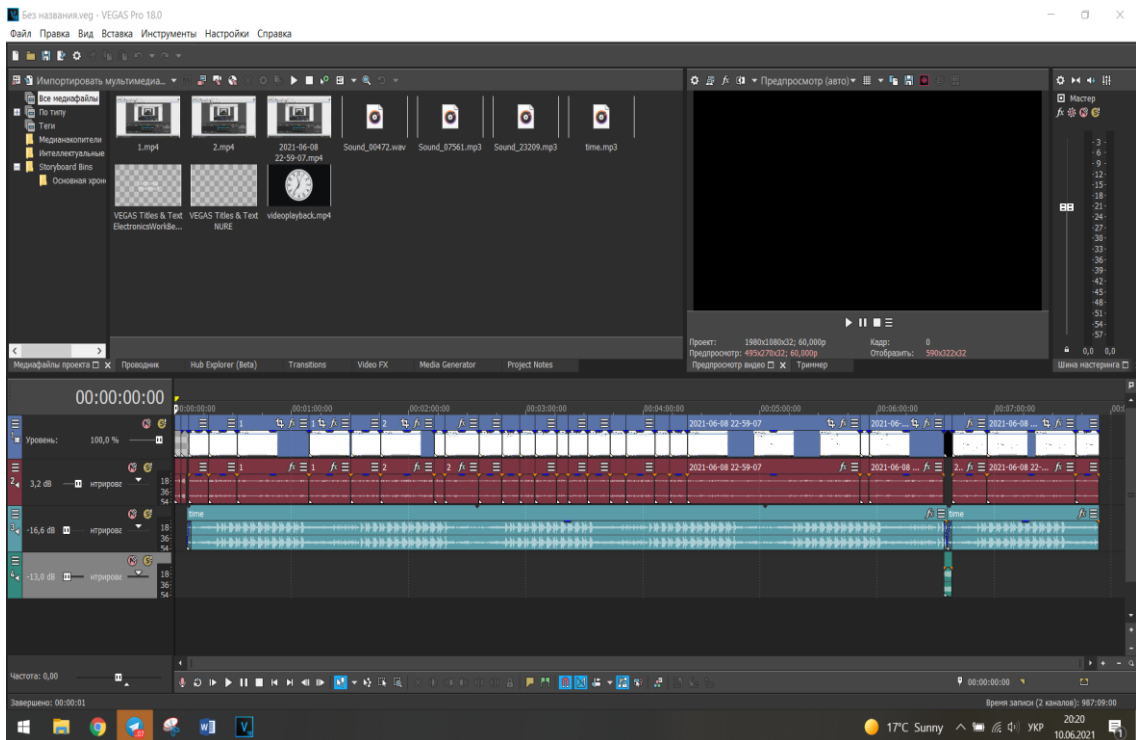


Рисунок 3.5 – Процес монтування відео

Відео та аудіо доріжки розташовуються внизу екрана. Оскільки програма захоплення екрана OBS Studio записує відразу зі звуком, це спрощує процес редагування, але VEGAS Pro 18 також має можливість записувати звук окремо і редагувати його разом з відео.

Щоб вирізати непотрібний момент відео, натисніть праву кнопку миші на початку моменту, який необхідно вирізати та виберіть функцію «Розділити». Те саме робимо наприкінці потрібного моменту. Після цього його потрібно виділити та натиснути кнопку Видалити на клавіатурі – потрібний фрагмент видаляється. Але після цього буде перепустка на трасу. Для того щоб його видалити, потрібно з'єднати сусідні фрагменти - клацніть лівою кнопкою миші по фрагменту і, утримуючи іі, перемістіть на сусідній. У нашому варіанті звукова доріжка поєднана з відеодоріжкою і весь монтаж відображається на обох однаково.

Для того, щоб зробити заставку на початку відео з текстом, потрібно клацнути правою кнопкою миші по порожньому місці відеозйомки і вибрати функцію «Додати текстовий медіафайл». Після цього відкриється меню редагування, показане на рисунку 3.6.

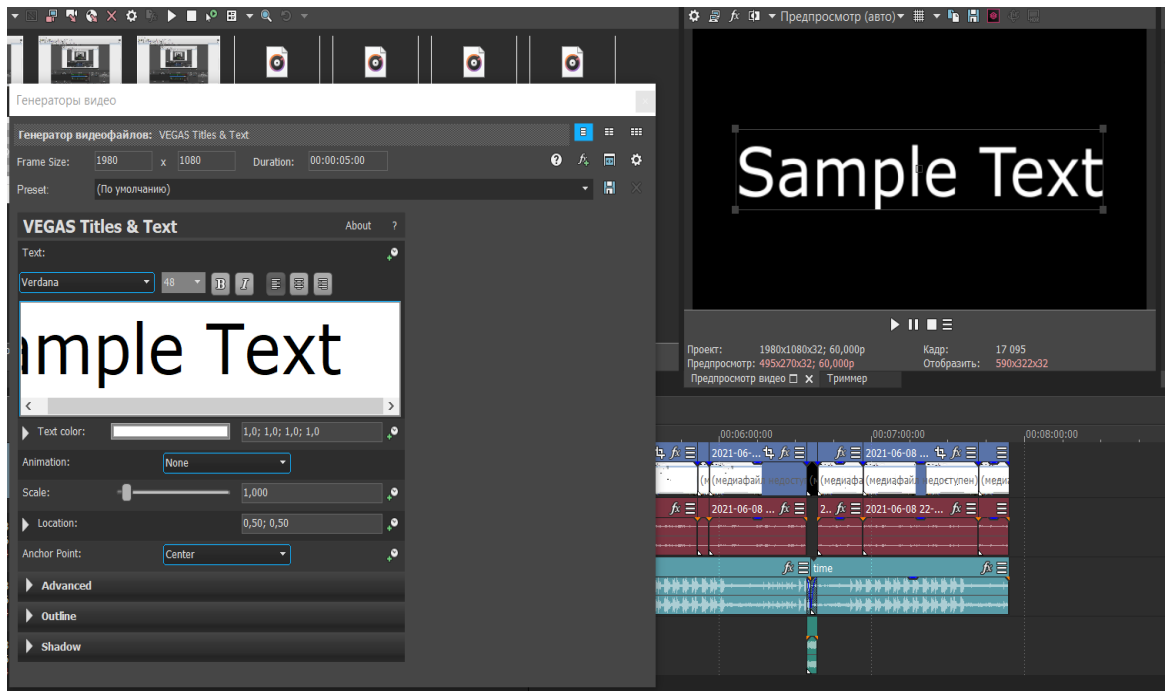


Рисунок 3.6 – Меню редагування «Генератори відео»

Тут ви можете вибрати шрифт і розмір тексту, зробити його жирним або великим, а також підкреслити його. Ви також можете вибрати орієнтацію пошуку тексту щодо відображення відео. Пишемо необхідний текст у вікні "Зразок тексту". Також можна додатково змінити колір тексту та фону, додати тінь та анімацію появи тексту у відео із вбудованої бібліотеки анімації у вікні «Анімація». Для того, щоб обрана анімація супроводжувалася звукозаписом, за бажання можна знайти готовий запис в інтернеті та імпортувати звук у проект та відредагувати його.

Після редагування відео можна перевірити запис у вікні попереднього перегляду, показаному на рис. 3.7. Після перевірки відредагованого відео потрібно правильно стиснути файл та експортувати його. Насамперед необхідно відзначити за допомогою повзунка, що необхідно зберегти (рис. 3.8).

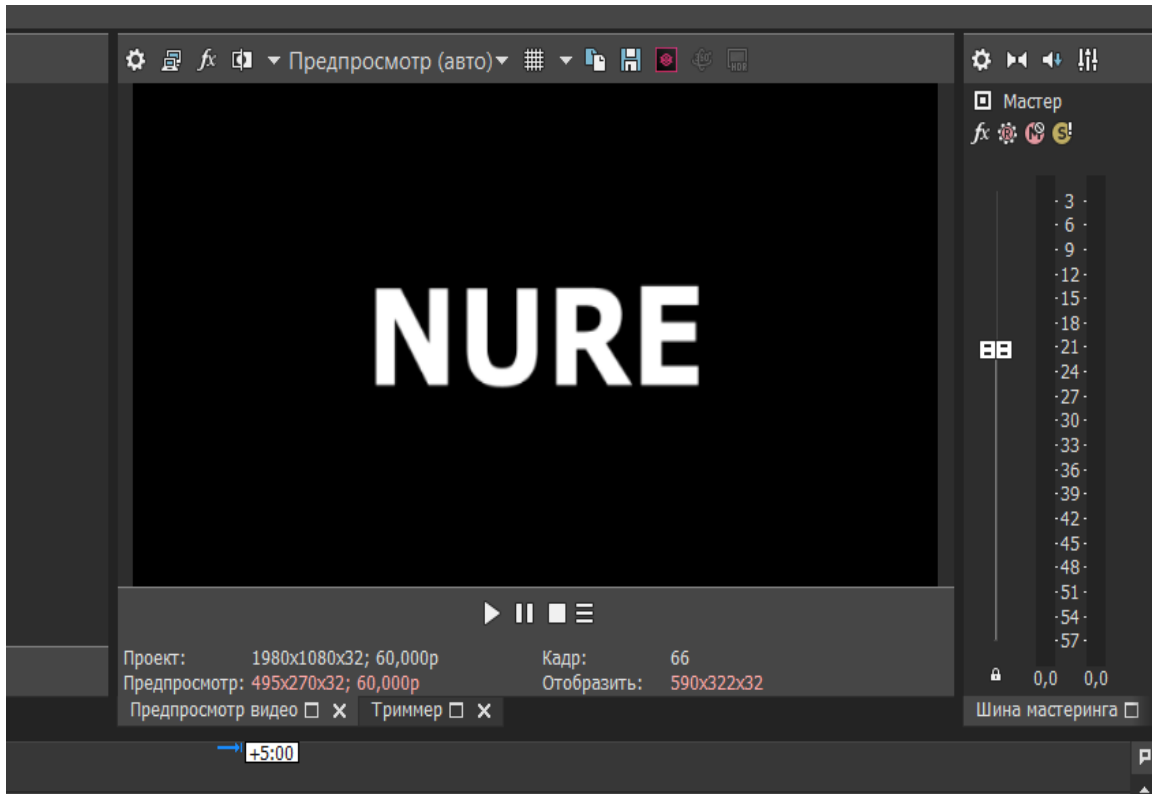


Рисунок 3.7 – Меню передогляду відео

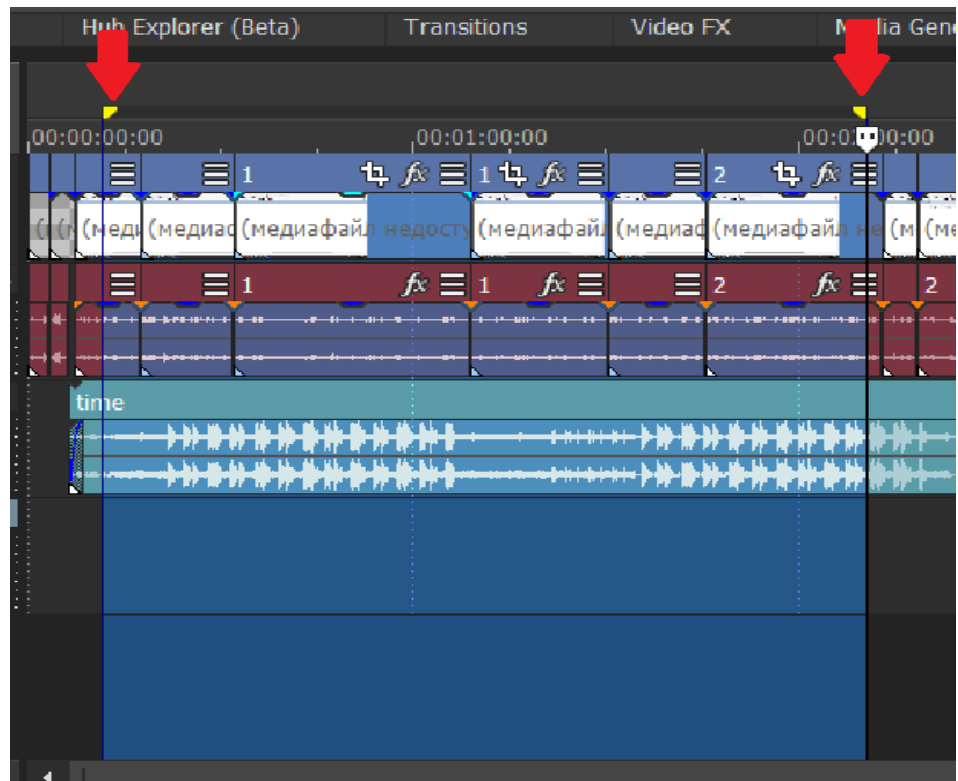


Рисунок 3.8 – Виділення фрагменту для компресування

Далі перейдіть до "Властивості відео в проекті..." або натисніть комбінацію клавіш Alt+Enter. Відкриється меню «Властивості проекту» (рис. 3.9). У цьому вікні в залежності від відео розширення проекту виберіть потрібний шаблон. У нашому випадку вибираємо шаблон HDV 1080-24р (1440x1080; 23,976 кадр/с) (рис. 3.10).

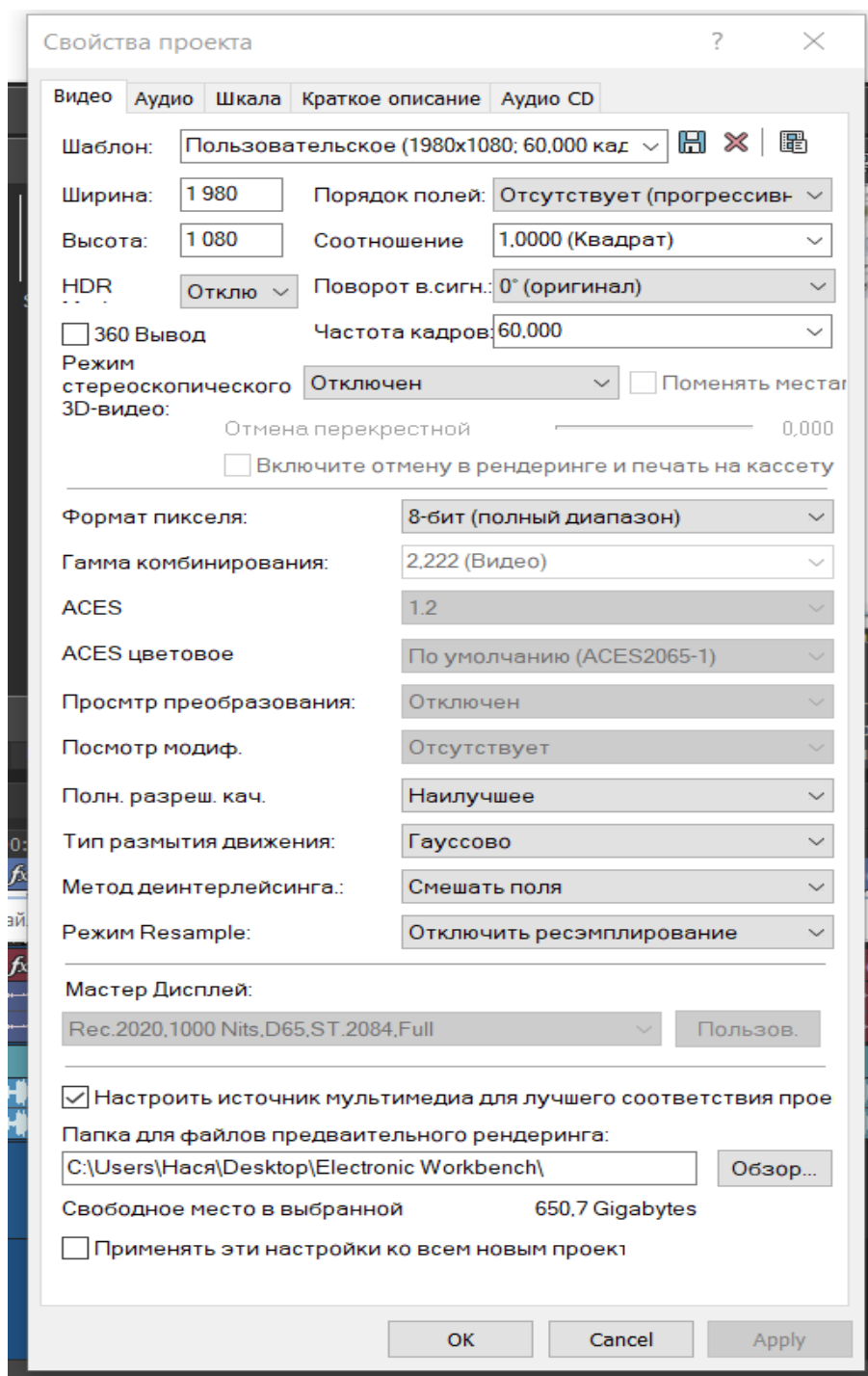


Рисунок 3.9 – Меню «Властивості проекту»

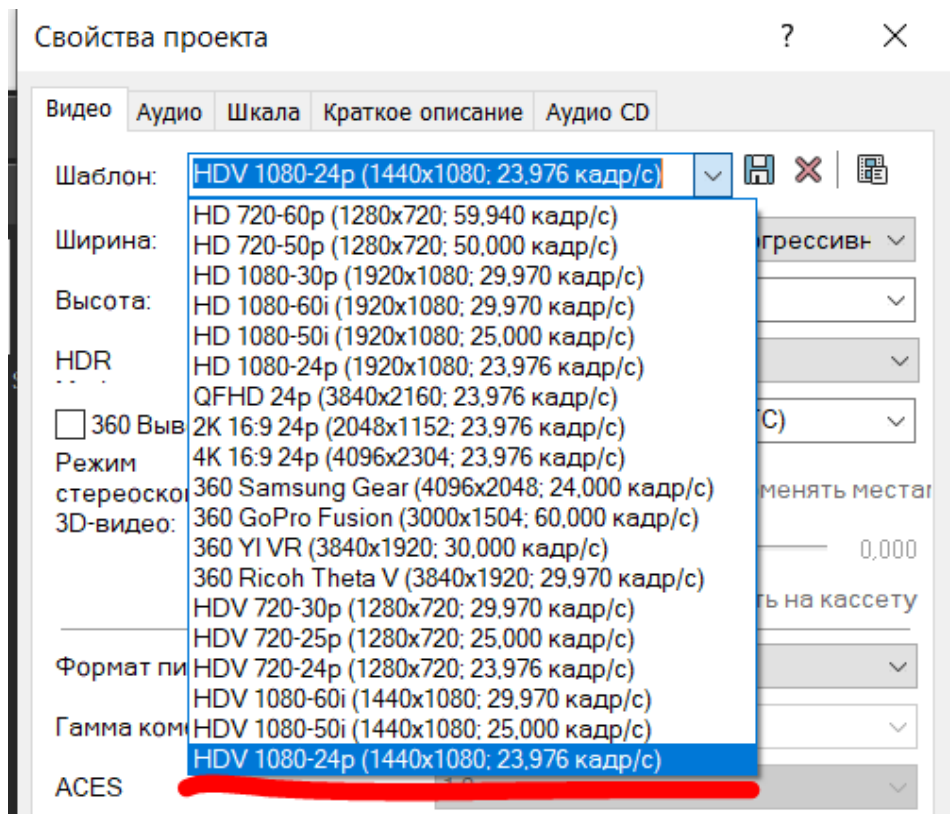


Рисунок 3.10 – Необходимый шаблон расширения видео

У полі "Ширина" змінюємо "1440" на "1920", висоту залишаємо 1080. У пункті "Співвідношення сторін пікселів" змінюємо значення з "1,333 (HDV 1080)" на "1,000 (Квадрат)". Змінюємо пункт "Частота кадрів" на "60" (у нашому випадку відео 60 кадрів за секунду). У пункті «Візуалізація з повним розширенням» вибираємо «Найкращий», а у пункті «Режим ресамплінгу» вибираємо «Вимкнути ресемплінг», натискаємо «ОК». Готовий результат показано рисунку 3.11.

Ви можете зберегти шаблон для подальшого збереження відеофрагментів, для цього напишіть будь-яку назву нового шаблону в полі «Шаблон» і натисніть на дискету з правого боку (рис. 3.12).

Натисніть кнопку «Візуалізація» на панелі інструментів (рис. 3.13).

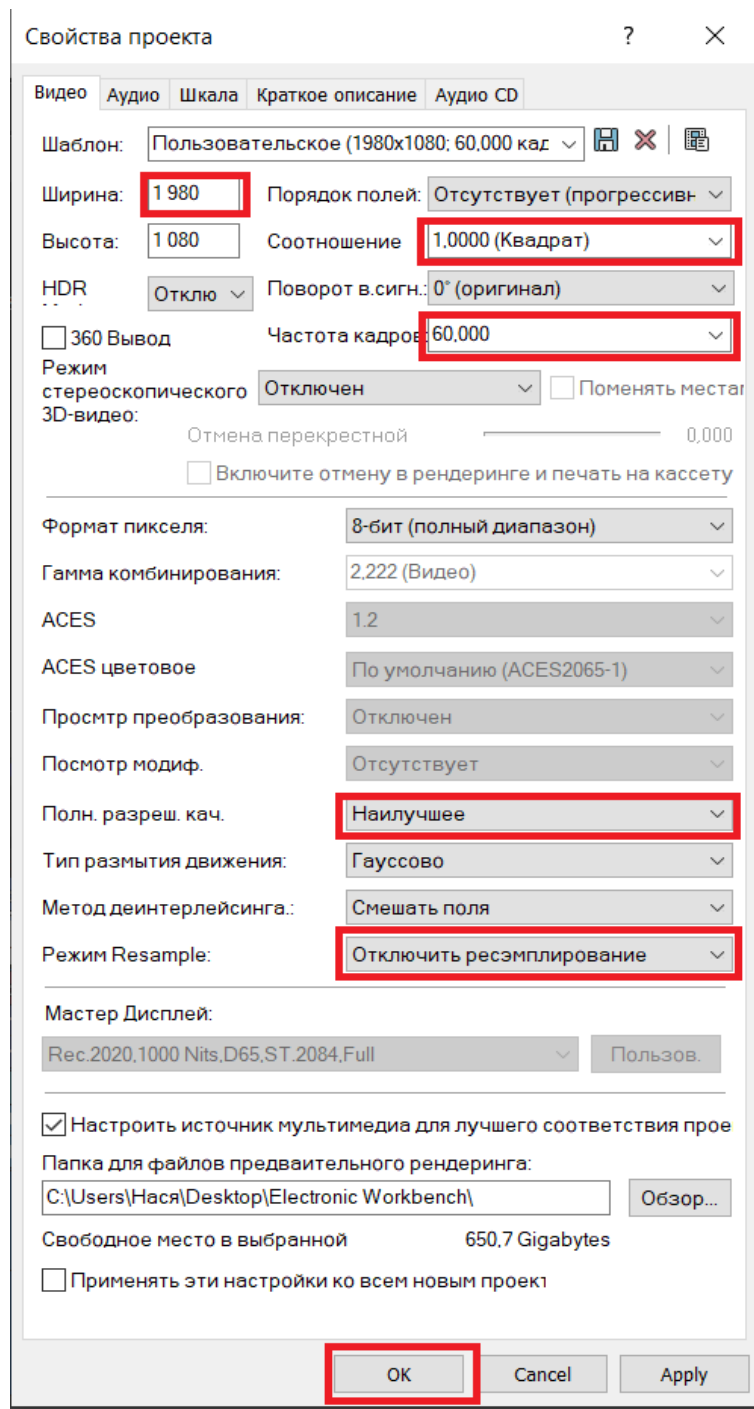


Рисунок 3.11 – Налаштування властивостей проекту

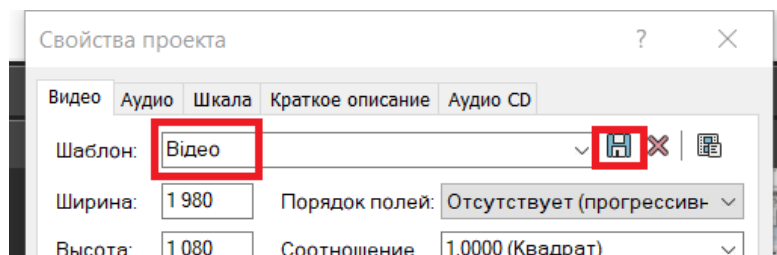


Рисунок 3.12 – Створення шаблону

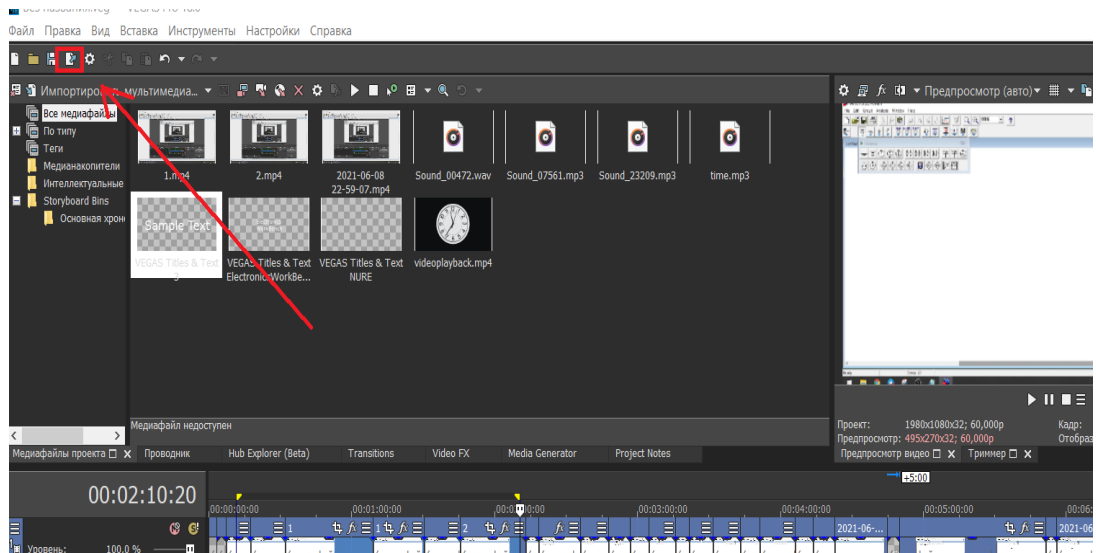


Рисунок 3.13 – Функція «Рендерінг»

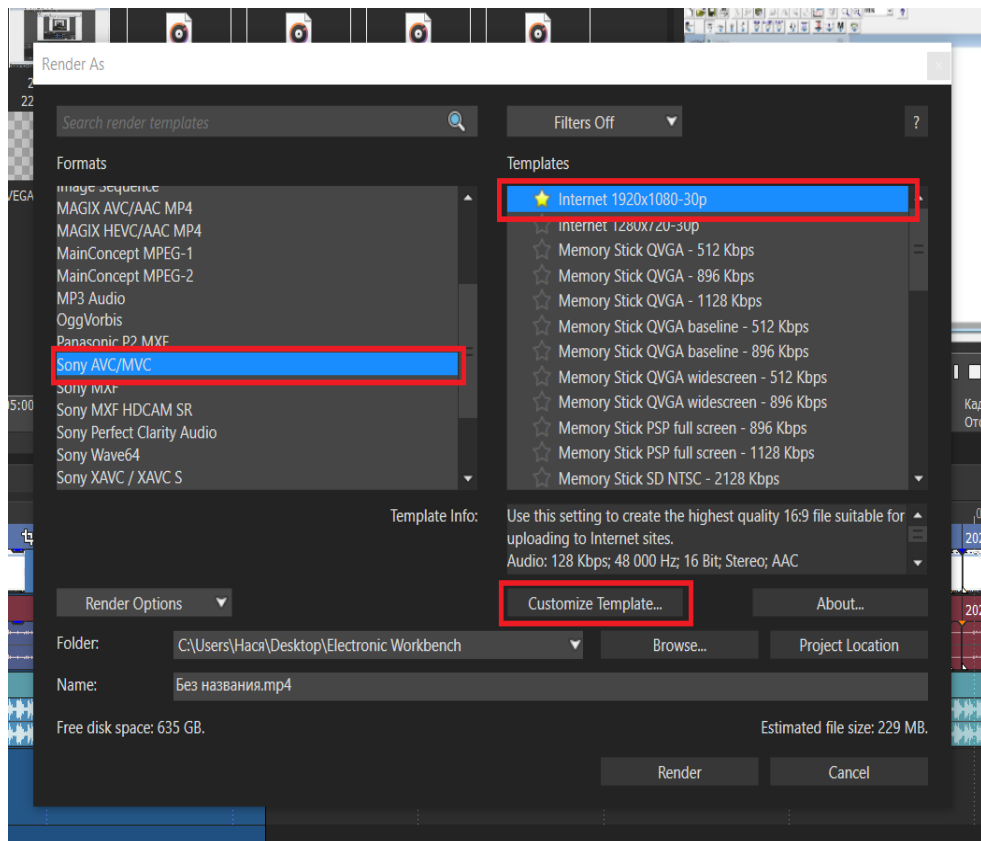


Рисунок 3.14 – Вибір шаблону рендерінгу

У лівій частині екрана з'явиться вікно, де ми можемо побачити формати/кодеки для збереження відео. Найкращий формат для розміщення наших відеороликів на сайті – "Sony AVC/MVC". Після того, як ми вибираємо його, у

правій частині вікна з'являються шаблони. Для Full HD виберіть «Інтернет 1920x1080-30р», потім натисніть «Налаштувати шаблон...» (рис. 3.14)

Відкриється вікно шаблону та виберіть параметри рендерингу – у вкладці «Відео» у пункті «Частота кадрів» вкажіть значення «60», залиште поля без змін (рис. 3.15).

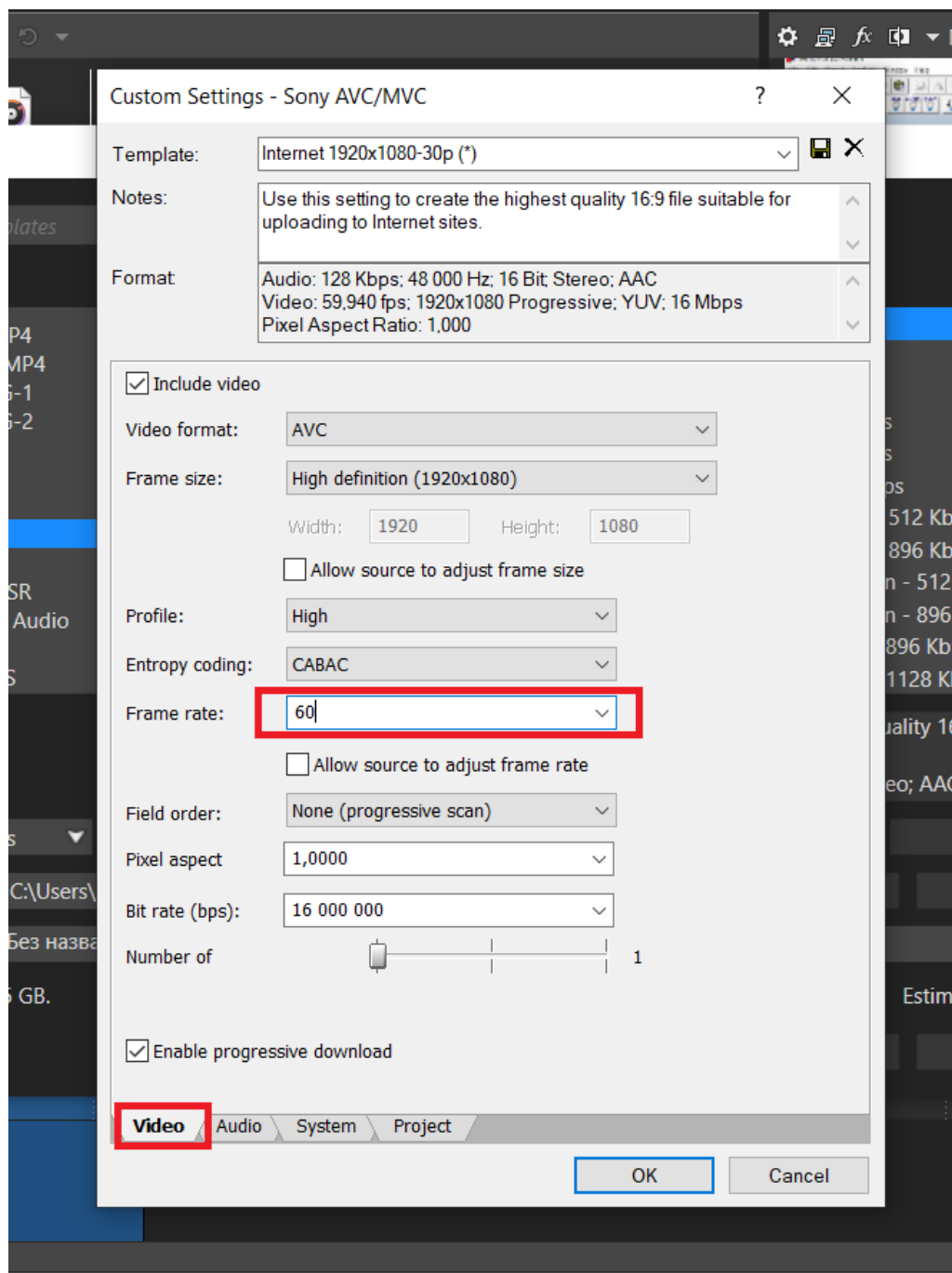


Рисунок 3.15 – Налаштування рендерінгу відео

Далі переходимо на вкладку «Проект» та у пункті «Якість рендерингу відео» вибираємо «Краще» та натискаємо «ОК» для рендерингу відео (рис. 3.16).

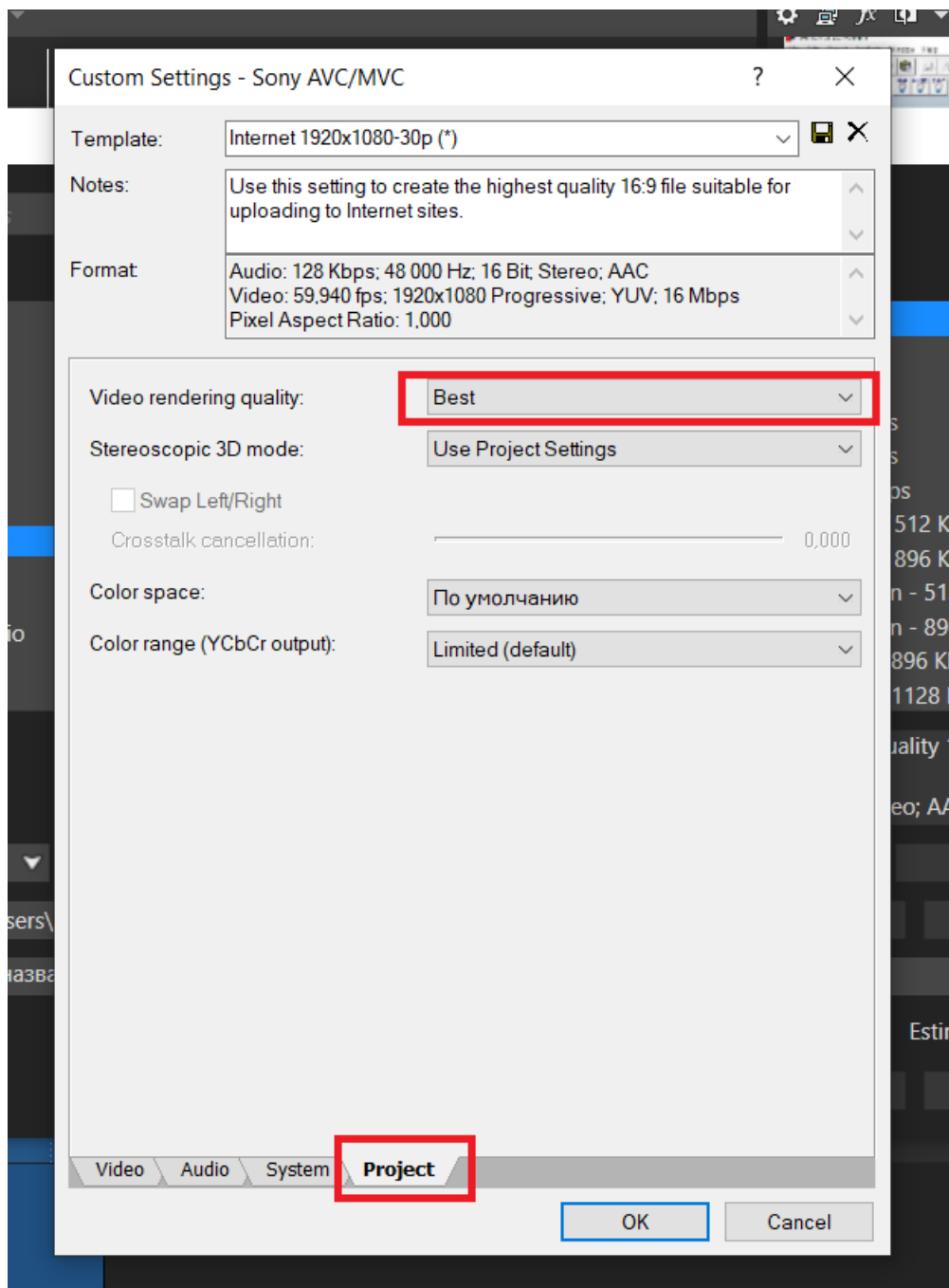


Рисунок 3.16 – Налаштування якості відео

Для збереження наших майбутніх відео можна зберегти цей шаблон - у полі "Шаблон" вказати назву шаблону і натиснути на дискету з правого боку (рис. 3.17).

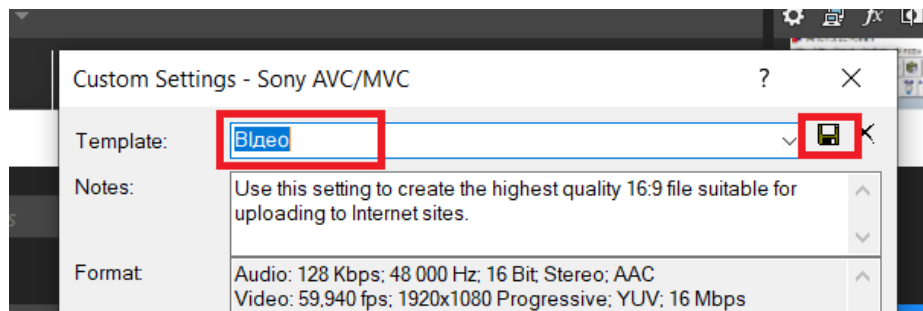


Рисунок 3.17 – Збереження шаблону рендерінгу

Останнім кроком є натискання на кнопку «Render» та очікування збереження відео (рис. 3.18).

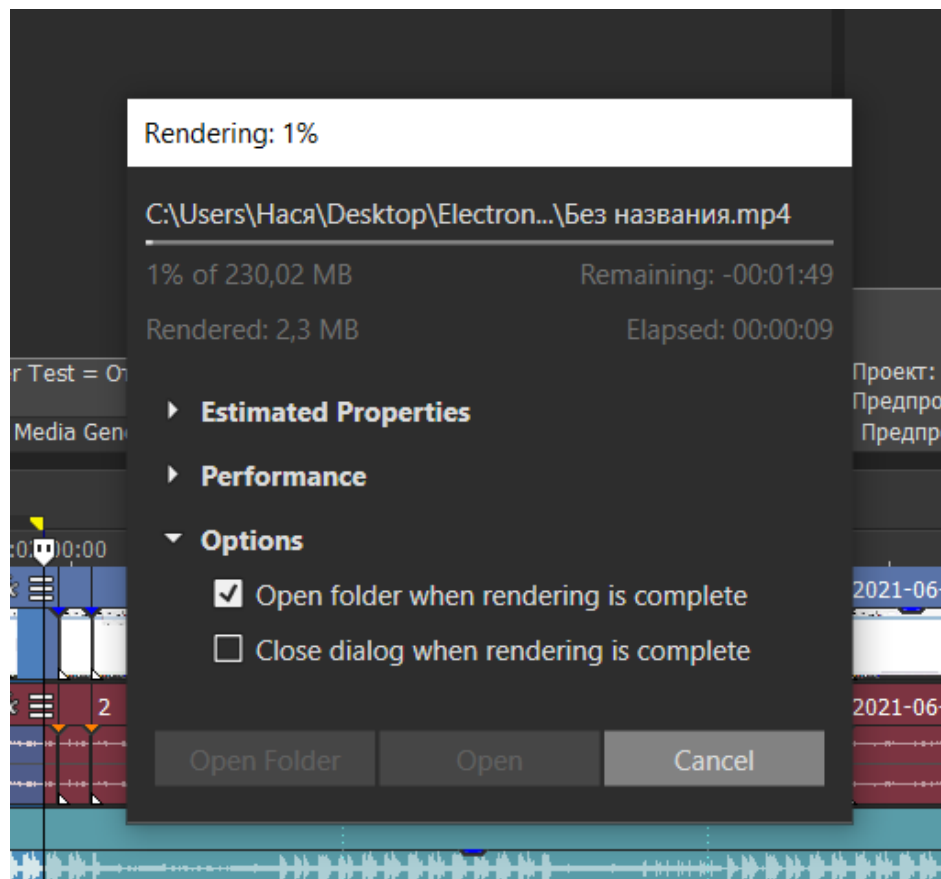


Рисунок 3.18 – Процес рендерінгу

ВИСНОВКИ

У ході магістерської кваліфікаційної роботи було проаналізовано низку сучасних пакетів прикладних програм та їх можливу адаптацію для проектування мікроелектронних компонентів електронних систем та пристроїв НВЧ; розроблено концепцію віртуального макета для підбору сучасних програмних засобів проектування мікросхем.

На основі аналізу були прийняті рішення щодо способів вирішення задачі вибору програмного забезпечення, методів та засобів його реалізації.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Навчальний посібник з дисципліни «Моделювання в електроніці» Бондаренко І.М., Свідерська Л.І., Грицунов О.В., 143 с., 2020р., Харків.
2. Грицунов А.В., Бондаренко И.Н., Бородин А.В., Копоть М.А., Свідерська Л.И. Спектральне модели СВЧ-приборов с продольным взаимодействием // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2018. Вып. 254. С. 54-61.
3. Бондаренко І.М., Бородин О.В., Карнаушенко В.П. Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних схем: Навч. посібник для студентів ЗВО. – Харків: ХНУРЕ. – 2019. – 177 с.
4. James Hogan. The evolution of design methodology. EETimes. – 2010. <http://www.eetimes.com/electronicsnews/4211010/The-evolution-of-design-methodology?pageNumber=0>.
5. Selwood. Does the EDA Business Have a Future? // Journal. – 2011. <http://www.eejournal.com/archives/articles/20110411-eda>.
6. Стешенко, В.Б. ПЛИС фирмы ALTERA: элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры. – М.: Издательский дом «Додэка», 2002–576 стр.
7. Семеренко М. М. Автоматизоване моделювання елементів електронної техніки / Семеренко М. М. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 85 с.
8. Кеон Дж. OrCAD PSpice. Анализ электронных цепей / Кеон Дж. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 640 с.
9. Норенков И. П. САПР в радиоэлектронике / Норенков И. П. – М.: Радио и связь, 2002. – 480 с.
10. Ильин В. Н. Автоматизация схемотехнического проектирования / Ильин В. Н. – М.: Радио и связь, 2001. – 360 с.
11. Корячко В. П. Теоретические основы САПР / Корячко В. П., Курейчик В. М., Лоренков И. П. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 380 с.

12. Разевиг В. Д. Система проектирования OrCAD / Разевиг В. Д. – М.: Солон-Р, 2000. – 366 с.
13. Красилькова Г. А. Автоматизация инженерно-графических работ / Красилькова Г. А., Самсонов В. В., Тарелкин С. М. – СПб.: Питер, 2001. – 256 с.
14. Поляков А. К. Язык VHDL в САПР цифровых схем / Поляков А. К. – М.: МЭИ, 1999. – 342 с.
15. Грошев Д. Е. Применение пакета OrCAD для компьютерного проектирования электронных схем / Д. Е. Грошев, В. К. Макуха. – Новосибирск : НГТУ, 1999. – 426 с.
16. Нефедов А. В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги / Нефедов А. В. – М.: КУБК, 1996. – 996 с.
17. Болотовский Ю. С. OrCAD. Моделирование. «Поваренная» книга / Болотовский Ю. С. – М.: Солон-Пресс, 2013. – 200 с.
18. Кузнецова С. А. OrCAD 10. Проектирование печатных плат / Кузнецова С. А., Нестеренко А. В., Афанасьев А. О. – М.: Телеком, 2005. – 454 с.
19. Смирнов Ю. А. Электронные и микропроцессорные системы управления / Ю. А. Смирнов, А. В. Муханов. – М. : Лань, 2012. – 624 с.
20. Мороз Г.Б. Пуассоновские модели роста надежности программного обеспечения и их приложение. Аналитический обзор // УСиМ. - 1996. - № 1 - 2. - 69 – 85 с.
21. Бойко, В.І. Цифрова електроніка електронних систем: підручник / В.І. Бойко, В.Я. Жуйков, А.А. Зорі, В.В. Багрій, А.В. Богдан, В.М. Співак, Т.О. Терещенко. – К.: Вища школа, 2012. – 426 с.
22. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Твердотіла електроніка. Частина 2» (для студентів денної та заочної форм навчання усіх спеціальностей) [Електронний ресурс] / укладач О.В. Вовна, А.А. Зорі, І.С. Лактіонов. – Покровськ, 2017 . –53 с.