

## Огляд програм автоматизованого проектування

Проектування сучасної електронної апаратури представляє собою ітераційний процес, що складається із етапів функціонального проектування, розробки принципової схеми і друкованої плати, виготовлення, випробувань і внесення змін в початковий проект.

На даний момент, на ринку програмного забезпечення, призначеного для проектування електричних ланцюгів й пристроїв, можна нарахувати десятки спеціалізованих пакетів. Перечислимо деякі найбільш відомі програми.

### **Multisim (Electronics Workbench)**

**Програма Multisim**(фірма National Instruments Corporation). Перші версії програми мали в собі назву ElectronicWorkbench й розроблялись фірмою з однойменною назвою. Програма мала дуже простий й інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс. На сьогоднішній день фірма ElectronicWorkbench являється дочірньою компанією, котра повністю володіє фірма National Instruments Corporation. Останні версії програми використовують математичні модулі й моделі компонентів Spice.

MULTISIM – одна з найбільш популярних в світі програм конструювання електронних схем, характеризується поєднанням професійних можливостей і простоти, розширюваністю функцій від простої настільної системи до мережевої корпоративної системи. Це пояснює широке використання цієї чудової програми як для навчальних цілей так і для промислового виробництва складних електронних пристроїв. Вона має велику базу елементів, вимірювальних приладів і безліч інших компонентів які використовуються при створенні електричних схем. MULTISIM забезпечує, обмін даними між різними програмами, що дозволяє попередню або подальшу обробку схеми.

**Особливістю програми Multisim є наявність віртуальних вимірювальних приладів**, котрі імітують реальні аналоги. В склад Multisim входять ефективні засоби графічної обробки результатів моделювання. Інша важлива особливість програми полягає в тому, що Multisim підтримує взаємодію з графічним середовищем LabVIEW, котре призначене для розробки програмно-апаратних засобів вимірювання й управління.

У Multisim передбачено безліч режимів аналізу даних.

Основні види аналізу:

1) DC – аналіз ланцюга на постійному струмі.

Аналіз ланцюгів на постійному струмі здійснюється для резистивних схем.

Це правило слідує безпосередньо з теорії електричних ланцюгів. При аналізі на постійному струмі конденсатори замінюють розривом, котушки індуктивності – коротким замиканням, нелінійні компоненти, такі як діоди і транзистори, замінюють їх опором постійному струму в робочій точці. Аналіз ланцюга на постійному струмі виявляє вузлові потенціали досліджуваної схеми.

2) AC – аналіз ланцюга на змінному струмі. Аналіз ланцюгів на змінному струмі полягає в побудові частотних характеристик.

3) Transient – аналіз перехідних процесів. Аналіз перехідних процесів, в ланцюгах дозволяє визначити форму вихідного сигналу, тобто побудувати графік сигналу як функції часу.

База даних компонентів включає більше 1200 SPICE-моделей елементів від провідних виробників, таких як Analog Devices, Linear Technology і Texas Instruments, а також понад 100 нових моделей імпульсних джерел живлення. Крім цього, в новій версії програмного забезпечення з'явився помічник Convergence Assistant, який автоматично коригує параметри SPICE, виправляючи помилки

В Multisim є бази даних трьох рівнів:

- З Головної бази даних (Master Database) можна тільки зчитувати інформацію, в ній знаходяться всі компоненти;

- Користувальницька база даних (User Database) відповідає поточному користувачеві комп'ютера. Вона призначена для зберігання компонентів, які небажано надавати в загальний доступ;

- Корпоративна база даних (Corporate Database). Призначена для тих компонентів, які повинні бути доступні іншим користувачам по мережі.

Засоби управління базами даних дозволяють переміщати компоненти, об'єднувати дві бази в одну і редагувати їх. Всі бази даних поділяються на групи, а вони, в свою чергу., на сімейства. Коли користувач вибирає компонент і поміщає його в схему, створюється нова копія, Всі зміни з нею ніяк не зачіпають інформацію, що зберігається в базі даних.

**База даних Master Database** розділена на групи:

1) Sources. Містить всі джерела напруги і струму, заземлення. Наприклад, power sources (джерела постійного, змінного напруги, заземлення, бездротові з'єднання - VCC, VDD, VSS, VEE), signal voltage sources (джерела прямокутних імпульсів, джерело сигналу через певні проміжки часу), signal current sources (постійні, змінні джерела струму, джерела прямокутних імпульсів)

2. Basic. Містить основні елементи схемотехніки: резистори, індуктивні елементи, ємнісні елементи, ключі, трансформатори, реле, коннектори і т.д.
- 3) Diodes. Містить різні види діодів: фотодіоди, діоди Шоттки, світлодіоди і т.д.
- 4) Transistors. Містить різні види транзисторів: pnp-, npn-транзистори, біполярні транзистори, МОП-транзистори, КМОПтранзистори і т.д.
- 5) Analog. Містить всі види підсилювачів: операційні, диференціальні, інвертують і т.д.
- 6) TTL. Містить елементи транзисторних-транзисторної логіки
- 7) CMOS. Містить елементи КМОП-логіки.
- 8) MCU Module керуючий модуль багатоточкового зв'язку (від англ. Multipoint control unit)
- 9) Advanced\_Peripherals. Містить можливість підключення зовнішніх пристроїв (дисплеї, термінали, клавішні поля).
- 10) Misc Digital. Містить різні цифрові пристрої.
- 11) Mixed. Містить комбіновані компоненти
- 12) Indicators. Містить вимірювальні прилади (вольтметри, амперметри), лампи і т.д. Віртуальні прилади

**Панель контрольно-вимірювальних приладів (Instruments) містить:**

цифровий мультиметр (Multimeter);

функціональний генератор (Function Generator);

вимірювач активної потужності і коефіцієнта потужності (Wattmeter);

осцилограф (Oscilloscope);

вимірювач АЧХ і ФЧХ (Bode Plotter);

генератор слова (Word Generator);

логічний аналізатор (Logic Analyzer);

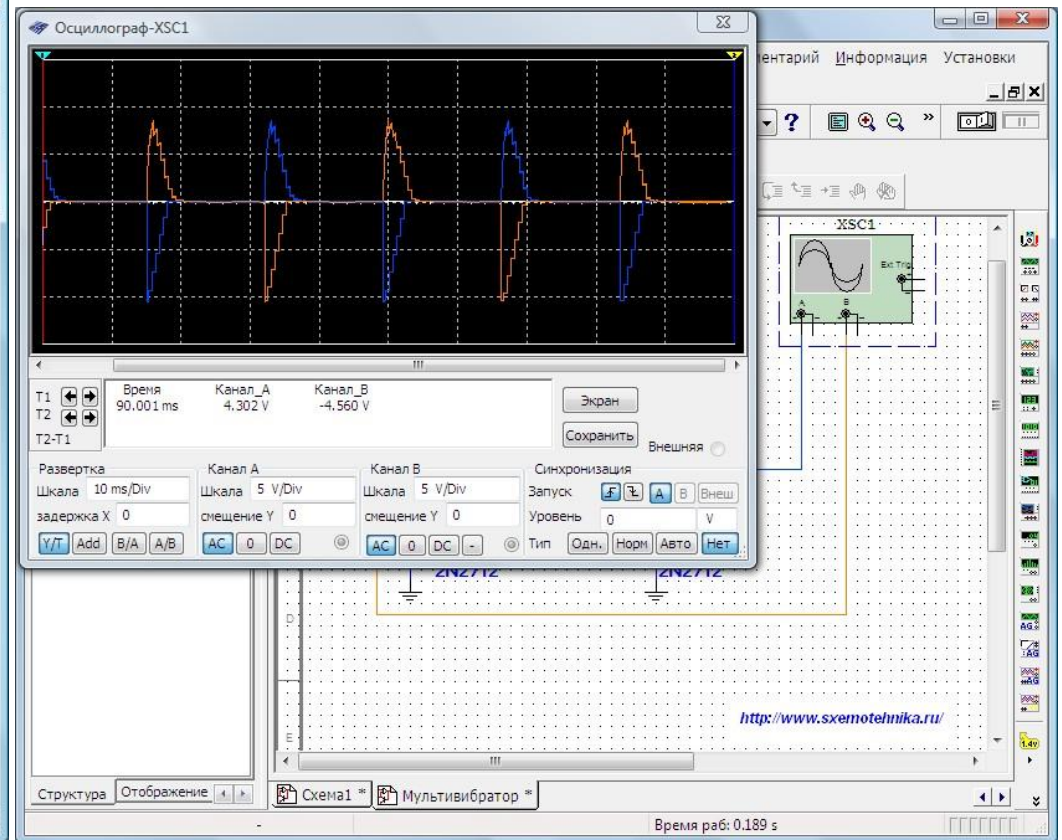
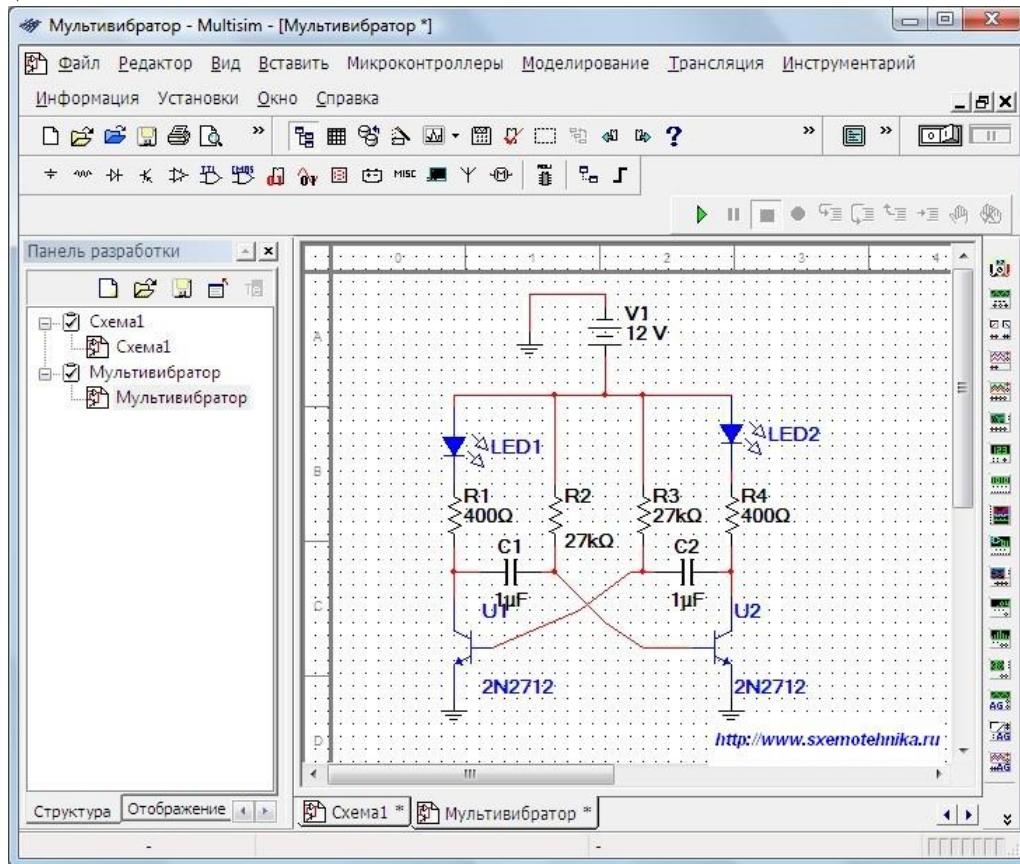
логічний перетворювач (Logic Converter);

вимірювач нелінійних спотворень в діапазоні частот від 20 до 200000 Гц (Distortion Analyzer);

спектральний аналізатор (Spectrum Analyzer);

прилад для аналізу електричних ланцюгів в узагальненому вигляді - у вигляді чотирьох полюсників, що мають два входи і два виходи (чотири полюса) (Network Analyzer).

Користувач звільняється від вивчення досить абстрактних правил складання завдань на моделювання. Досить на схему помістити двоканальний осцилограф і генератор сигналів - і програма сама повідомить, що потрібно аналізувати перехідні процеси. Якщо ж на схемі розмістити аналізатор спектру, то буде спочатку розрахований режим по постійному струму, виконана лінеаризація нелінійних компонентів і потім проведений розрахунок характеристик схеми в частотній області. Діапазон аналізованих частот, коефіцієнт посилення і характер оцифровки даних (в лінійному або логарифмічному масштабі) встановлюються на лицьовій панелі за допомогою миші.



## **Програма PSpice. Simulation Program for Integrated Circuits Emphasis (Програма моделювання з орієнтацією на інтегральні схеми)**

Програма являє собою модифікацію програми для аналізу електричних ланцюгів SPICE, яка була створена на початку 1970-х років в Каліфорнійському університеті професором Дональдом Педерсоном, що придумав мову опису поведінки аналогових електронних елементів SPICE, а перша комерційна версія програми була випущена фірмою MicroSim в 1984 році. Алгоритми і рішення, закладені спочатку в мову SPICE, а також виняткова достовірність математичних моделей привели до того, що за 18 років програма майже не змінилася.

На сьогоднішній день, її вважають еталонною програмою моделювання електричних ланцюгів і пристроїв. Моделі електронних компонентів в форматі SPICE використовуються в більшості інших програм для схемотехнічного проектування та моделювання (OrCAD, P-CAD, ACCEL EDA).

В перших версіях PSpice вхідні данні про ланцюг записувались в текстовому форматі (текстовій формі), в вигляді списку з'єднань (netlist). Результати моделювання також представлялись в текстовій формі. Пізніше з'явилися графічні форми Schematics Capture, котрі дозволяють створювати й редагувати креслення принципів схем.

Schematics є одночасно управляючою оболонкою для запуску других моделей PSpice. Для представлення результатів розрахунків в зручній формі служить графічний процесор Probe. Він виводить на екран графіки результатів моделювання й виконує їх математичну обробку.

Програма PSpice містить велику кількість готових бібліотек Spice-моделей і схемних символів, а крім того, в Інтернеті є величезна кількість додаткових моделей – як на сайтах виробників електронних компонентів, так і на спеціалізованих порталах. Всі вони сумісні саме з PSpice.

Базовий набір елементів PSpice включає в себе резистори, конденсатори, котушки індуктивності, діоди, біполярні транзистори, польові транзистори з управляючим р-п переходом й ізольованим затвором, довгі лінії, джерела напруги і струму в різних формах, цифрові функціональні блоки, котрі виконують логічні операції. Цифрові елементи можуть реалізовуватись користувачем на основі функціональних блоків. Окрім цього існують обширні бібліотеки серійно випущених цифрових компонентів. Аналогові інтегральні схеми, а також деякі компоненти, такі як тиристори, представляються під схемами, параметри котрих задає користувач.

Також можна вести пошук SPICE-моделей в Інтернеті: перейти до онлайн-пошуку можна безпосередньо через панель PSpice Part Search.

Search

**Find the models you need**  
Our application engineers have scoured the web for vendor models. Do you know of other vendors who supply models via the web? Send us the URL and we'll add it to this list.

Links to the Downloadable Models that Can Speed Your Design Process

Model Type	Manufacturer	Device Type	Status	Reset Filters
PSpice	All	All	All	Clear All

Manufacturer	Model Type	Description
Shindengen Semiconductor	PSpice	Diodes and Diode Bridges <a href="#">view&gt;</a>
STMicroelectronics	PSpice	Aerospace Devices (Amplifiers & Comparators, Bipolar Transistors, Diodes and Rectifiers, Power Management, and Power MOSFETs) <a href="#">view&gt;</a>
STMicroelectronics	PSpice	Amplifier & Comparator Devices (Operational Amplifiers, Voltage Comparators, Current Sensing, High-Speed Amplifiers) <a href="#">view&gt;</a>
STMicroelectronics	PSpice	Automotive Devices (Standard Function High-Side Switches) <a href="#">view&gt;</a>
STMicroelectronics	PSpice	Diodes (Schottky Barrier Diodes, Silicon Carbide Diodes, Ultrafast Rectifiers) <a href="#">view&gt;</a>
STMicroelectronics	PSpice	Protection Devices (Automotive Protection, EOS 10/1000 Microsecond Surge Protection, EOS 8/20 Microsecond Surge Protection, ESD Protection, and Lightning Surge Protection) <a href="#">view&gt;</a>
STMicroelectronics	PSpice	Thyristors & AC Switch Devices ( Diacs, AC Switches, and SCRs) <a href="#">view&gt;</a>
STMicroelectronics	PSpice	Transistors (IGBTs) <a href="#">view&gt;</a>
STMicroelectronics	PSpice	Transistors Power MOSFETs (N-Channel (12V to 40V), N-Channel (>150V to 400V), N-Channel (>400V to 650V), N-Channel (>40V to 150V), N-Channel (>650V), P-Channel (-20V to -500V)) <a href="#">view&gt;</a>
STMicroelectronics	PSpice	Transistors (Power Bipolar) <a href="#">view&gt;</a>

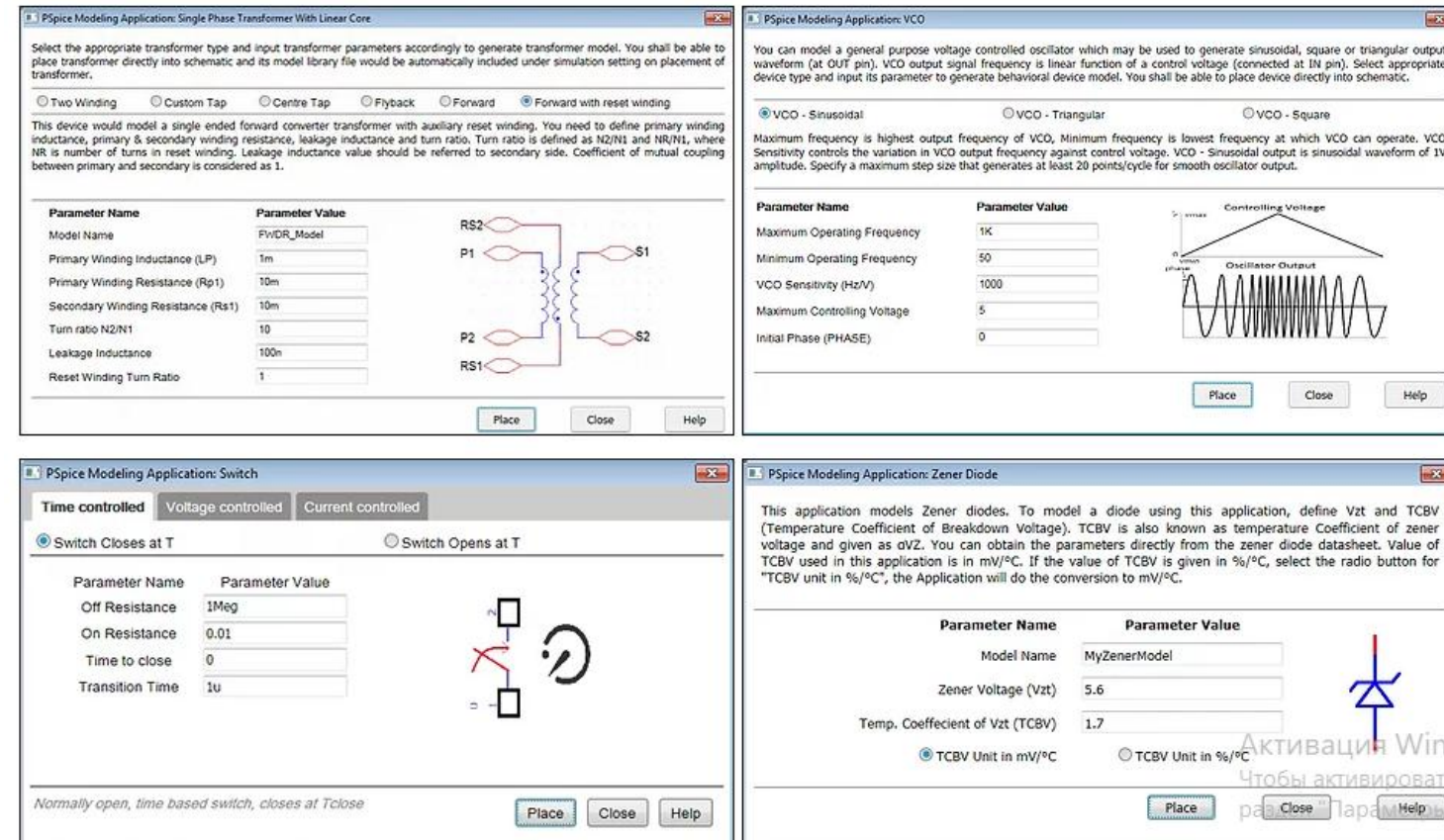
Vendor-contributed Models  
These models are made available exactly as submitted by the vendors. They have not been reviewed or verified by OrCAD engineers.

Page: 4 of 5

*Рисунок 1 – Панель пошуку моделей в мережі Інтернет*

Нові Spice-моделі, знайдені в Інтернеті або створені за допомогою додатків PSpice Modelling Apps, легко і швидко підключаються до компонентів прямо на схемі. Досить виділити компонент на схемі і вибрати команду ПКМ – Associate PSpice Model. За допомогою команди Edit PSpice Model можна відредагувати текст моделі в PSpice Model Editor. Приклади моделей, які можна створити за допомогою PSpice Modelling Apps, наведені на рисунку 2.





*Рисунок 2 – Різні програми для створення Spice-моделей в PSpice.  
(Створення моделі трансформатора; створення моделі генератора, керованого напругою;  
створення моделі ключа; створення моделі стабілітрона)*

Треба відзначити, що PSpice надає широкий набір засобів як для моделювання, так і для обробки результатів аналізу.

Редактор PSpice Schematics має два режими редагування:

- редагування принципів електричних схем;
- редагування символів компонентів.

Поточний режим редагування визначає вид робочого вікна програми, панелей інструментів і пунктів меню. Після первинного завантаження редактора в кожному сеансі роботи встановлюється режим редагування схеми.

## Перечислимо основні види аналізу, котрі реалізуються PSpice

- розрахунок режиму по постійному струму (Bias Point Delay);
- багатоваріантний розрахунок режиму по постійному струму (DC Sweep);
- розрахунок чутливості в режимі по постійному струму (Sensitivity);
- розрахунок передавальних функцій в режимі по постійному струму (Transfer Function);
- розрахунок перехідних процесів й спектрів сигналів (Transient);
- розрахунок частотних характеристик й спектральних густин шуму (AC Sweep);;
- багатоваріантний аналіз при зміні будь-яких параметрів схеми й температури (Parametric);
- статистичний аналіз по методу Монте-Карло (Monte-Carlo) й розрахунок найгіршого випадку (Worst-Case).
- спектральний аналіз (Fourier Analysis);

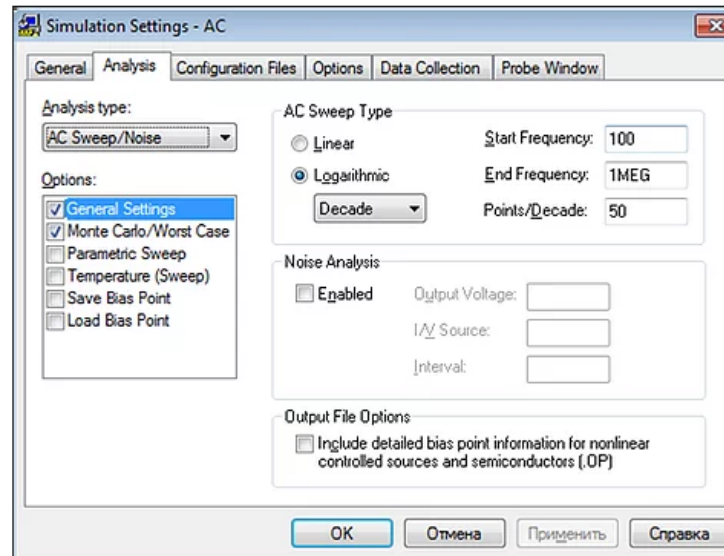


Рисунок 3 – Налаштування PSpice, вибір аналізу схеми

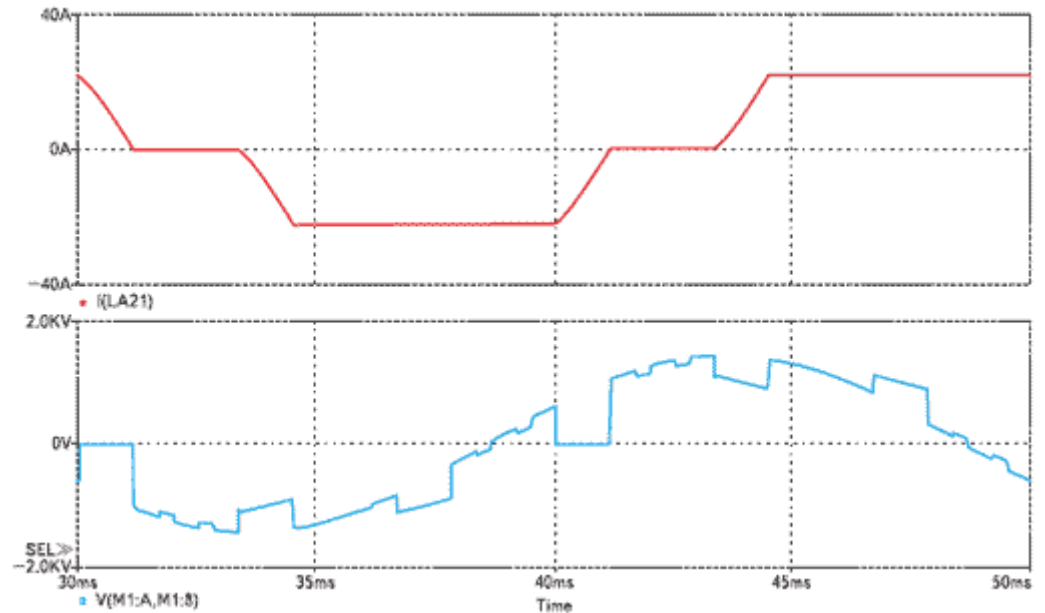
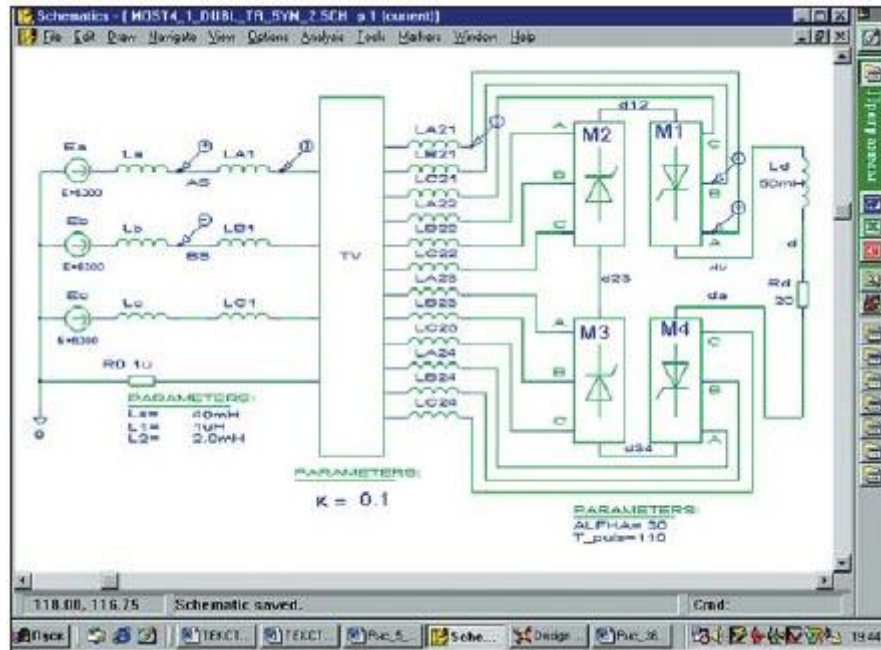
Також є можливість зстикувати симулятор PSpice з програмою моделювання Matlab/Simulink (опція PSpice Systems Option).

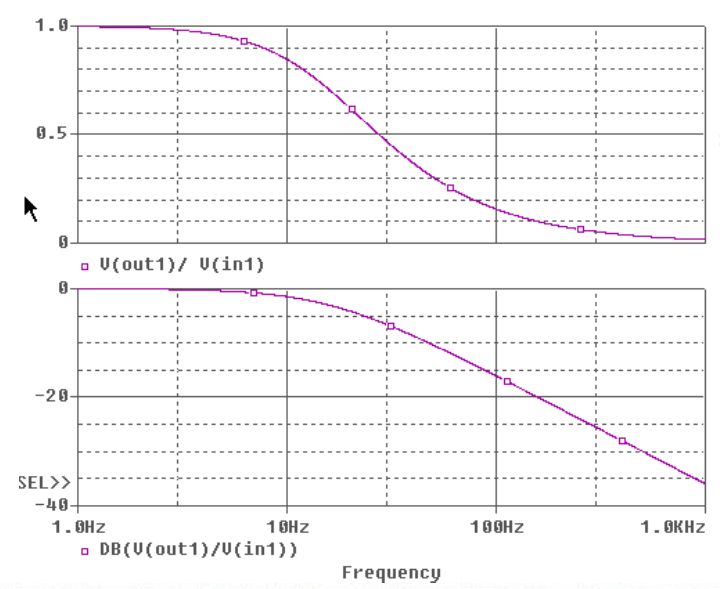
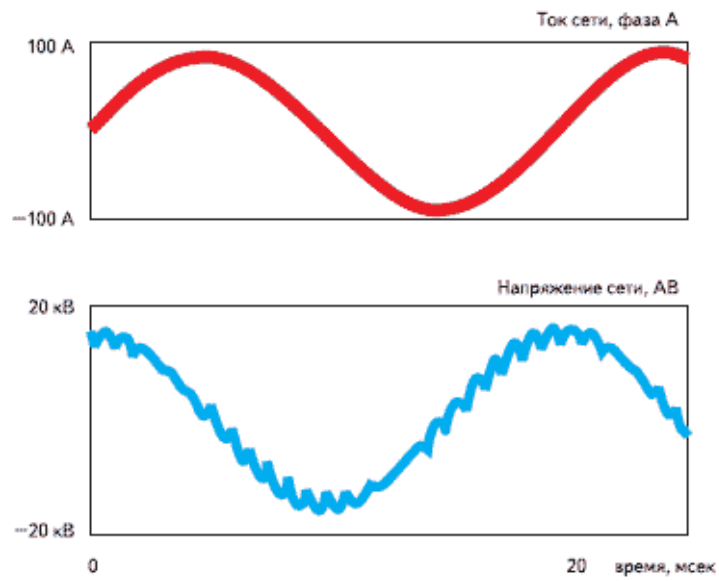
Під час моделювання можна ставити процес на паузу і міняти керуючі опції. Для тривалих процесів є можливість зберегти поточний стан моделювання в контрольних точках, а потім завантажити та продовжити



розрахунки після зміни параметрів. Результати моделювання PSpice виводяться в графічному вигляді, а також у вигляді текстового файлу з результатами розрахунків. Крім того, результати у вигляді вузлових напруг, значень струмів на виводах компонентів і рівня потужності виводяться безпосередньо у вікні схемного редактора.

Графічний редактор PSpice Schematics дозволяє сформулювати завдання на моделювання графічно – у вигляді принципової схеми і потім автоматично згенерувати текстовий файл, що описує моделюючу схему на вхідній мові програми PSpice.





Гармонический анализ  
зшоры напряжения на входе преобразователя

номер гармоники	частота, гц	амплитуда, В	относительное значение (теория/эксперимент)
1	5.000E+01	1.413E+04	1.000E+00/1,0
23	1.150E+03	3.497E+02	2.475E-02/0,0435
25	1.250E+03	3.350E+02	2.371E-02/0,0487
47	2.350E+03	1.545E+02	1.093E-02/0,0167
49	2.450E+03	1.315E+02	9.303E-03/0,0099

Гармонический анализ  
зшоры тока на входе моста М1

1	5.000E+01	2.416E+02	1.000E+00
5	2.500E+02	4.305E+01	1.782E-01
7	3.500E+02	2.712E+01	1.123E-01
11	5.500E+02	1.141E+01	4.722E-02
13	6.500E+02	6.924E+00	2.866E-02

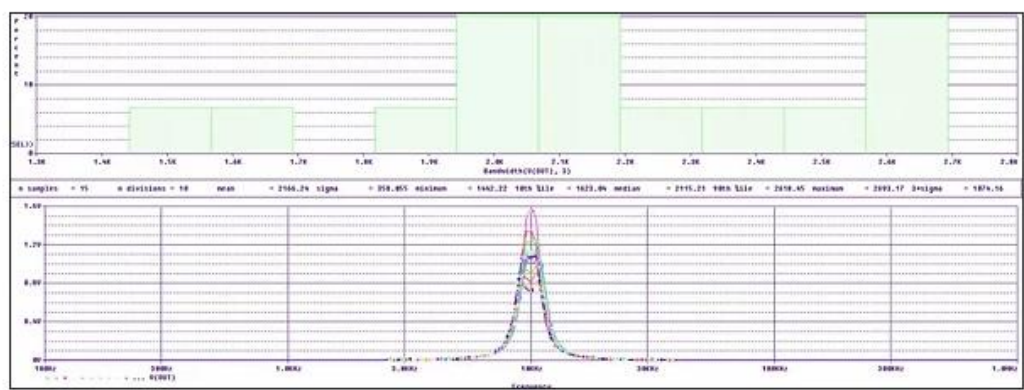
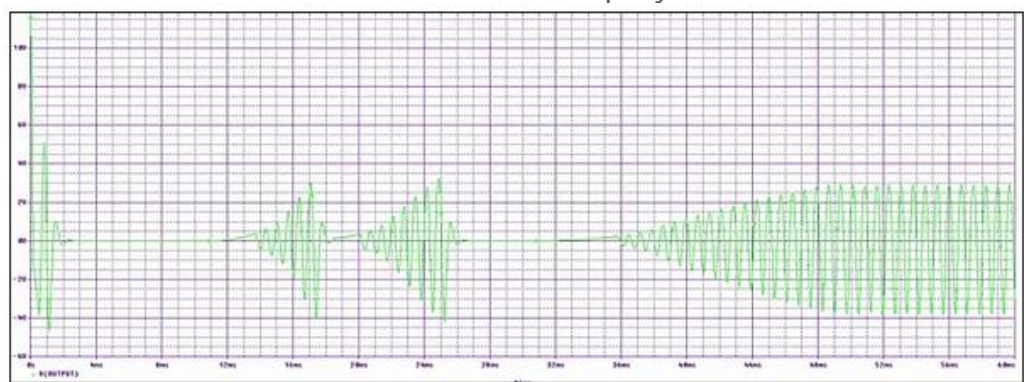
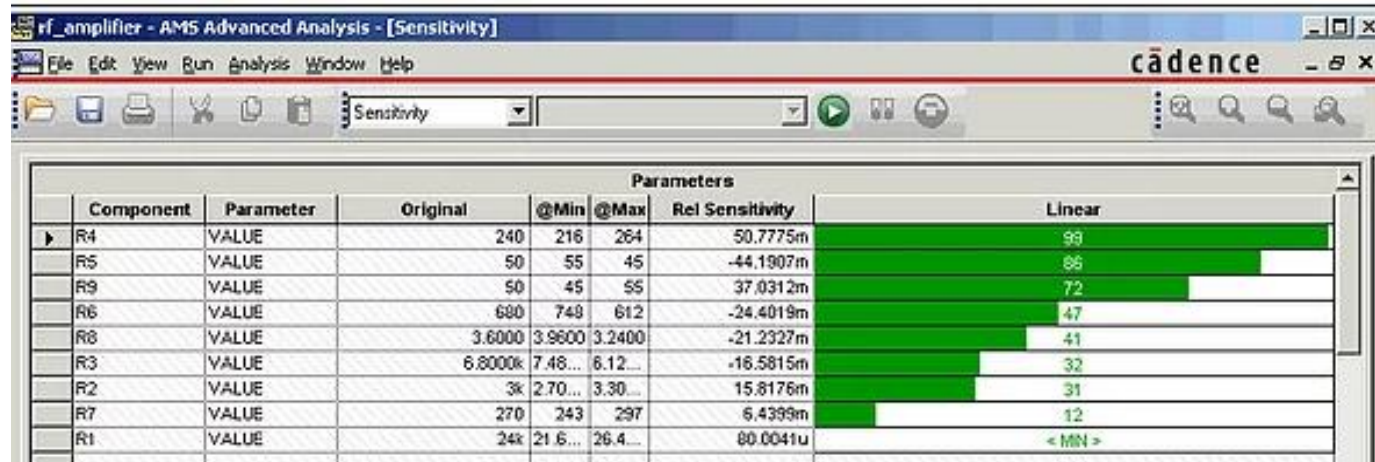


Рисунок 4 – Задана схема та результати моделювання (Гістограма і спектр, осцилограма і текстовий файл)

## PSpice Sensitivity (аналіз чутливості схеми)

За допомогою інструменту розробник може легко і швидко знайти компоненти і параметри, що впливають на ключові показники схеми. Можна також оцінити якість роботи схеми в найгіршому випадку при заданих допусках компонентів. Крім того, можна визначити компоненти, допуски яких не важливі, і здешевити проект, замінивши ці компоненти менш дорогими.



The screenshot shows the 'Sensitivity' window in Cadence PSpice. The window title is 'rf\_amplifier - AMS Advanced Analysis - [Sensitivity]'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Run', 'Analysis', 'Window', and 'Help'. The toolbar contains icons for file operations and analysis. The main area displays a table titled 'Parameters' with the following data:

Component	Parameter	Original	@Min	@Max	Rel Sensitivity	Linear
R4	VALUE	240	216	264	50.7775m	99
R5	VALUE	50	55	45	-44.1907m	86
R9	VALUE	50	45	55	37.0312m	72
R6	VALUE	680	740	612	-24.4019m	47
R8	VALUE	3.6000	3.9600	3.2400	-21.2327m	41
R3	VALUE	6.8000k	7.48...	6.12...	-16.5815m	32
R2	VALUE	3k	2.70...	3.30...	15.8176m	31
R7	VALUE	270	243	297	6.4399m	12
R1	VALUE	24k	21.6...	26.4...	80.0041u	< MIN >

Рисунок 5 – Визначення параметрів найбільш впливаючих на роботу схеми

У симуляторі PSpice можна підключати моделі, описані на мові високого рівня C/C++. Програма на мові C/C++, наприклад, може описувати поведінку входів, виходів і внутрішньої логіки мікроконтролера, а через порти введення-виведення вона управляє аналого-цифровою схемою. В цьому випадку код програми треба скомпілювати у вигляді DLL-модуля і підключити його прямо в SPICE-модель, описану оператором «.SUBCKT».

У PSpice є редактор моделей індуктивних компонентів Magnetic Parts Editor – спеціальна програма для створення моделей трансформаторів, дроселів і індуктивностей. Моделі формуються на основі бібліотеки матеріалів в точній відповідності з параметрами користувача. Бібліотеку матеріалів може бути відредаговано і доповнена новими матеріалами.

Ще одним інструментом моделювання є модуль PSpice Optimizer. Модуль працює в поєднанні з PSpice A/D і дозволяє оптимізувати параметри елементів для досягнення заданих характеристик змішаних аналого-цифрових пристроїв. Даний модуль здійснює оптимізацію на основі градієнтних методів при наявності лінійних і нелінійних обмежень, підтримує оптимізацію з нелінійними цільовими функціями. Передбачена як автоматична

оптимізація, так і інтерактивна, з можливістю підстроювання до проекту до досягнення повної відповідності умовам, заданим користувачем.

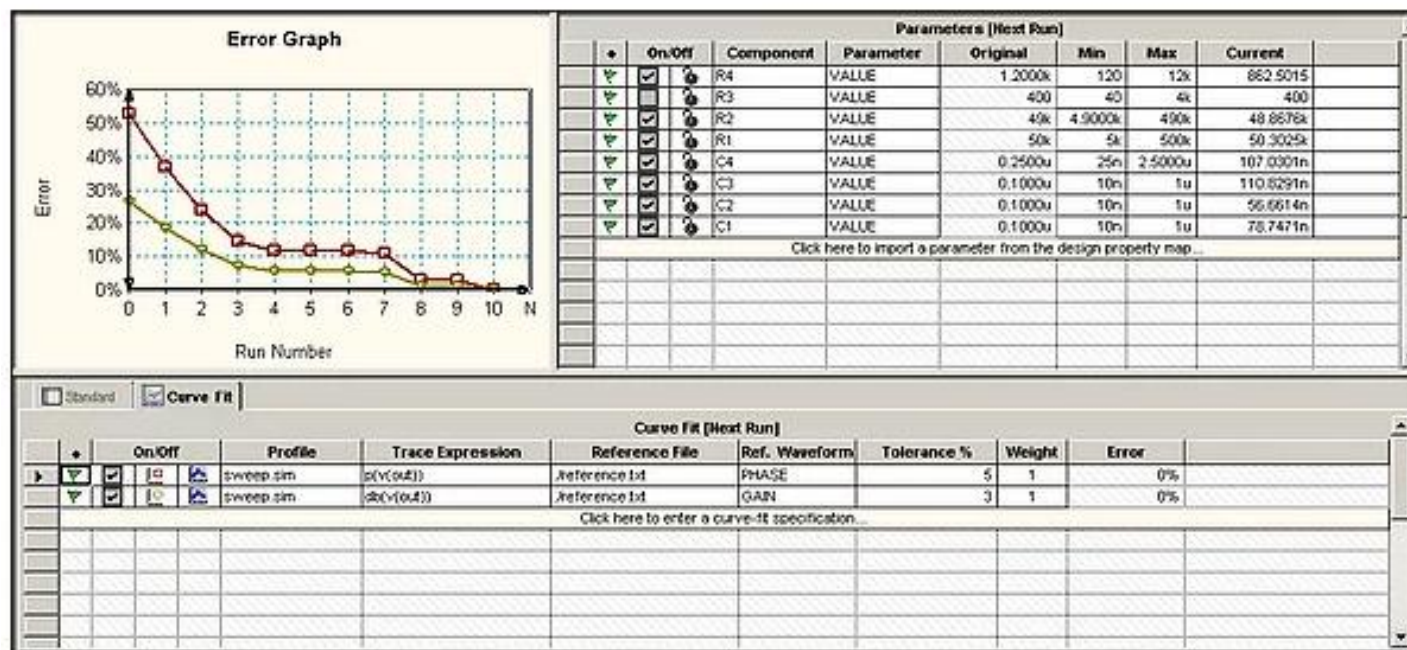


Рисунок 6 – Вікно програми PSpice Optimizer. Процес підбору номіналів схеми

### PSpice Smoke (Аналіз надійності схеми)

За допомогою цієї програми розробник перевіряє, чи не перевищені безпечні межі робочих режимів кожного компонента. Можна задати власні критерії для визначення надмірно навантажених компонентів. Також передбачена можливість визначити працездатність компонентів під різними навантаженнями і при різних зовнішніх умовах.



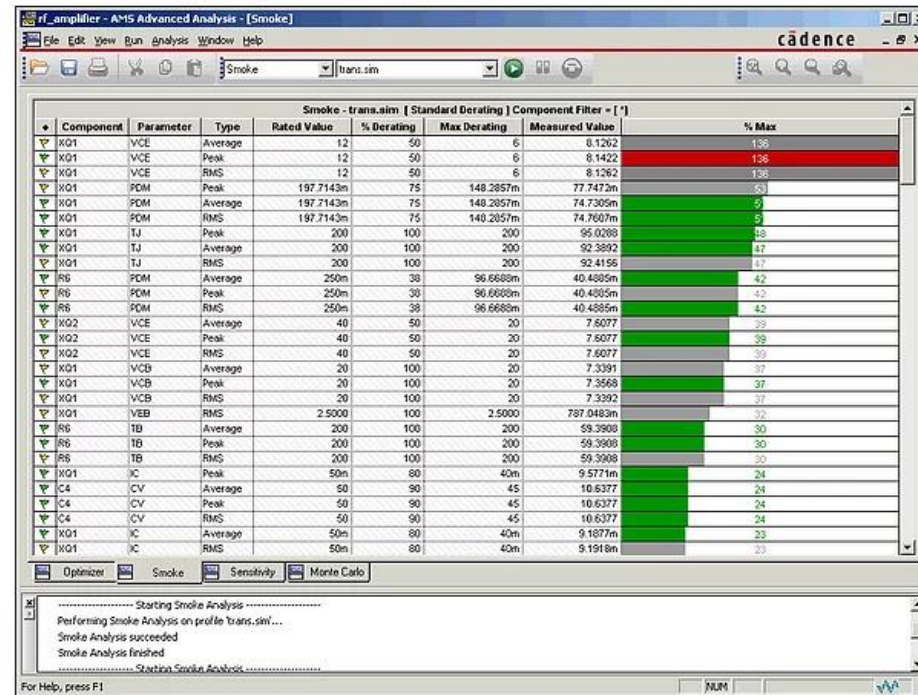


Рисунок 7 - Вікно програми PSpice Smoke. Процес визначення перенавантаження компонентів схеми

Даний вид аналізу можна використовувати як допоміжний інструмент для вивчення теплових характеристик схеми. Він дозволяє обчислювати пікову, середню і середньоквадратичну (RMS) потужність. Інтерактивна діаграма ступеня навантаженості компонентів дозволяє одним кліком кнопки миші знайти відповідний компонент на схемі.

### PSpice Parametric Sweep (варіювання параметрів компонентів)

Інструмент PSpice Parametric Sweep дозволяє варіювати значення декількох параметрів (вкладеним циклом), забезпечуючи швидкий перегляд результатів і можливість створення сімейств кривих. За допомогою Parametric Sweep розробник може переконатися, що створена схема поводить передбачувано при всіх можливих відхиленнях номіналів компонентів. Можна проаналізувати вимірні значення, наприклад смугу пропускання фільтра, коефіцієнт посилення каскаду і ін. У всьому діапазоні зміни параметрів компонентів схеми.



Робоче вікно Parametric Sweep та результат роботи у вигляді сімейства кривих, отриманих для всіх комбінацій параметрів показано на рис. 8

Sweep Parameters						
	On/Off	Component	Parameter	Sweep Variable	Sweep Type	Sweep Values
	<input checked="" type="checkbox"/>	r6	value	outer	Linear	Start: 68, End: 6800, Step: 680
	<input checked="" type="checkbox"/>	r4	value	inner1	Linear	Start: 24, End: 2400, Step: 240

Results		
r6::value	r4::value	ac.sim::bandwidth(v(load),3)
68	24	29308.69938494
68	264	169223297.0415
68	504	131396166.6086
68	744	116343959.5654
68	984	108319360.2365
68	1224	103295419.1038
68	1464	99839677.09986

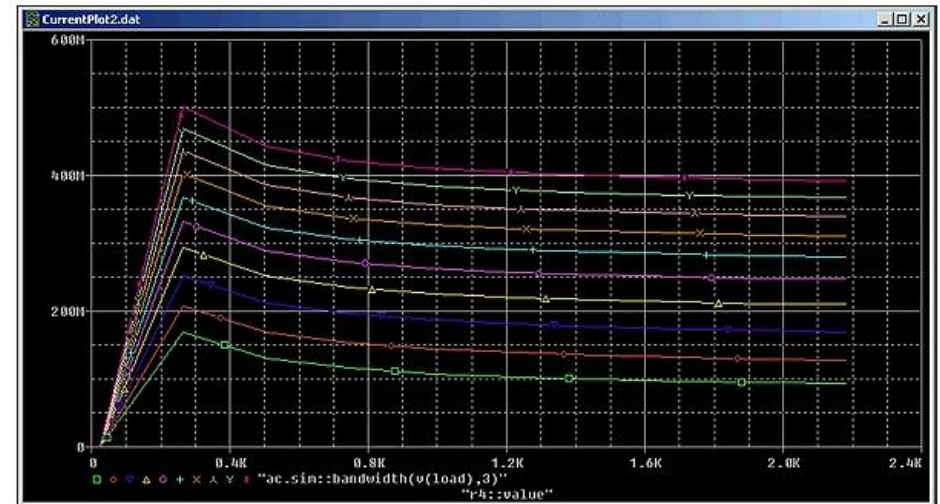


Рисунок 8 – Результати роботи багатоваріантного аналізу компонентів

### PSpice Monte Carlo (прогноз відсотка виходу придатних)

Програма PSpice Monte Carlo Analysis дозволяє обчислювати вихід придатних перед запуском приладу в серію. Розробнику доступна статистика ефективності роботи схеми при заданих відхиленнях від номінальних значень параметрів. Для роботи цієї програми треба встановити мінімальні і максимальні значення параметрів, вимірюваних на виході схеми, відповідно до специфікації замовника. В результаті після моделювання в PSpice розробник може прогнозувати вихід придатних виробів ще до запуску приладу в серію.

Програма дозволяє переглядати результат обчислень як гістограму щільності ймовірності або як функцію розподілу, де можна побачити, яка частка випущених виробів буде потрапляти в задані мінімум і максимум вимірювань на виході схеми. Наприклад, це може бути мінімум і максимум частоти зрізу фільтра, мінімум і максимум вихідної напруги або інші результуючі параметри схеми, які можна визначити як "вимірювання" в PSpice. Робоче вікно програми показано на рис.9.

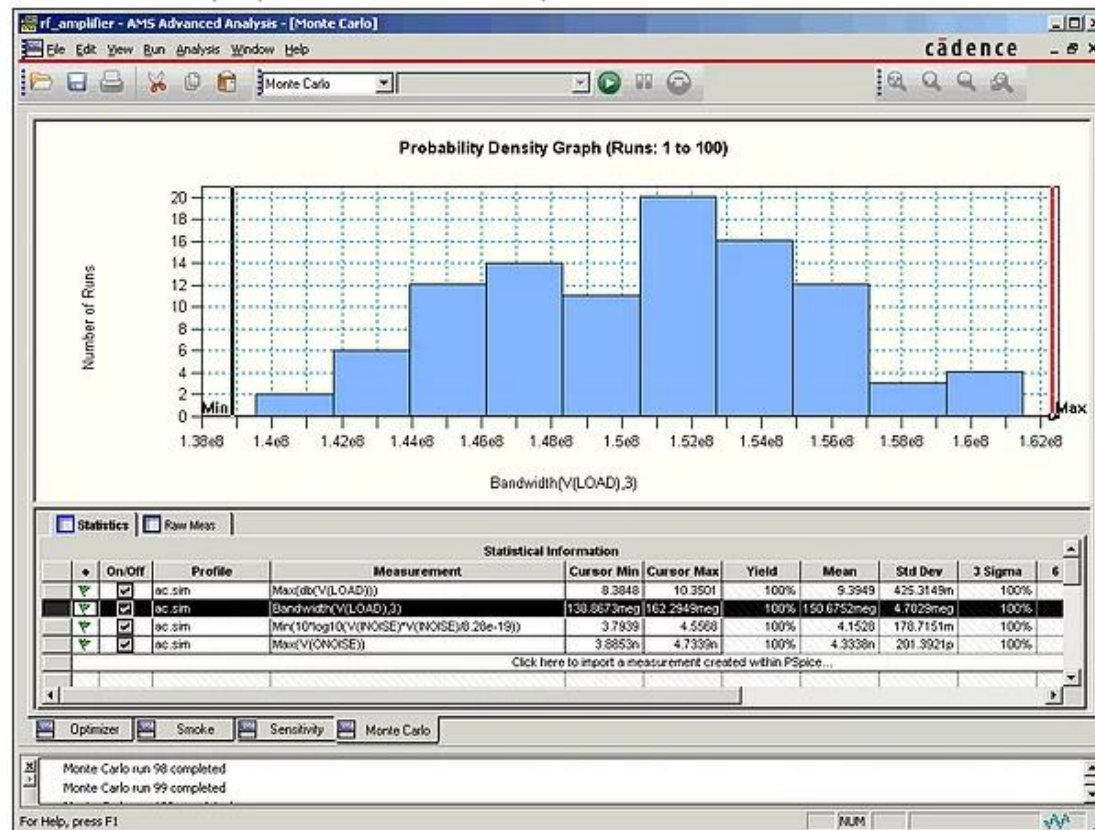


Рисунок 9 – Гістограма імовірності виходу справних виробів

Для некомерційного використання у навчальних закладах представляються безкоштовні версії PSpice 8.0 й PSpice 9.x.

Значне зниження вартості і зменшення часу розробки досягається застосуванням систем наскрізного проектування електронних пристроїв.

Системи наскрізного проектування містять засоби креслення принципівих і функціональних схем, засоби розробки друкованих плат, засоби електричного моделювання, в тому числі з урахуванням геометрії друкованих провідників і конструкції друкованої плати, а також засоби оформлення креслень.

## Програми компанії Cadence Design Systems

### OrCAD 9.0

Система автоматизованого проектування електронних пристроїв **OrCAD 9.0** є прикладом повністю закінченої системи наскрізного проектування.

Система містить наступні складові модулі:

**OrCAD Capture** – графічний редактор схем, програма створення принципів схем проектів всіх типів. У деяких варіантах поставки використовується графічний редактор OrCAD Capture CIS (Component Information System – інформаційна система для роботи з компонентами), що використовує можливості доступу до баз даних через Internet.

**OrCAD Layout** – програмний засіб для розробки друкованих плат, що включає сітковий автотрасувальник провідників на 16 шарів і засоби створення керуючих файлів для фотоплотерів. Поставляється разом з програмою машинобудівного двомірного креслення Visual CADD.

Може також поставлятися пакет **OrCAD Layout Plus**, що включає в себе поліпшені засоби трасування та пакет OrCAD Layout Engineer's Edition – програма для перегляду друкованих плат, створених за допомогою Layout і Layout Plus і попередньої розстановки і елементів інженером схемотехніки перед видачею завдання на конструювання друкованої плати.

OrCAD Layout Plus – графічний редактор друкованих плат, що має додатково до OrCAD Layout безсіточний автотрасувальник SmartRoute на 16 шарів і засоби авторозміщення компонентів. Використовує методи оптимізації нейронних мереж.

**OrCAD Layout Engineer's Edition** - програма перегляду друкованих плат, створених за допомогою Layout або Layout Plus, засіб загальної розстановки компонентів на платі і прокладки найбільш критичних ланцюгів, виконуваних інженером-схемотехніки перед видачею завдання на проектування друкованої плати конструктору;

**OrCAD Express** – засіб моделювання цифрових пристроїв і інтерфейс з програмами проектування програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). OrCAD Express – схемний редактор, підтримує мову опису моделей VHDL, символи FPGA/CPLD і програму моделювання цифрових пристроїв Express Simulate. Має "гарячий зв'язок" з редактором друкованих плат. Призначений

для моделювання проектів, в яких є цифрові ІС і ПЛІС різних типів, можливий змішаний опис проектів у вигляді схеми і текстового опису на мові VHDL;

виконується синтез ПЛІС і є інтерфейси з програмами проектування ПЛІС (розміщення, трасування і вихід на програматор) всіх провідних фірм, що виробляють CPLD і FPGA (загальна кількість типів ПЛІС дорівнює приблизно 20 тис.);

Пакет OrCAD Express Plus має в своєму складі засоби розробки і оптимізації деяких типів ПЛІС.

**OrCAD PSpice** – моделювання аналогових пристроїв. Забезпечує як стандартні методи аналізу: розрахунок режиму по постійному струму, частотних характеристик і перехідних процесів, так і багатоваріантний і статистичний аналіз за методом Монте-Карло, розрахунок чутливості схеми до розкиду параметрів компонентів і перевірка працездатності для найгіршою комбінації відхилень від номіналу, графічний аналіз форми сигналу, аналіз продуктивності за результатами моделювання, графічне редагування вхідних сигналів, можливість аналітичного завдання вхідних впливів, напівавтоматичне опис напівпровідникових пристроїв на основі даних виробника.

**PSpice A/D** – моделювання аналогових і змішаних аналогово-цифрових пристроїв.

**OrCAD PSpice Optimizer** – програма параметричної оптимізації, використовується спільно з програмою PSpice.

**OrCAD GerbTool** – програма створення і доопрацювання керуючих файлів для фотоплоттерів (розробка фірми WISE Software Solutions спеціально для OrCAD, аналог програми CAM350);

Ця програма добре відома користувачам системи проектування OrCAD, так як довгий час поставляється в складі цього пакета як штатний САМ-модуль. Тут є повний набір інструментів первинної підготовки проектів плат до виробництва: обробка топологій, генерація файлів свердління і фрезерування, засоби верифікації та поліпшення технологічності.

**Visual CADD** – графічний редактор фірми Numera Software (спрощений аналог AutoCAD).

Розглянемо, які програмні продукти пропонуються в складі лінійки OrCAD PSpice. Є кілька продуктів, що розрізняються по функціоналу:

OrCAD PSpice Designer – схемний редактор і всі базові види аналізу

OrCAD PSpice Designer Plus – схемний редактор, базові види аналізу плюс блок розширених видів аналізу Advanced Analysis

PSpice Simulator – більш старша лінійка САПР Allegro, базові види аналізу плюс блок розширених видів аналізу (чутливість, оптимізація і т.д.)

PCB Designer Professional with PSpice – практично повний набір додатків, включаючи симулятор PSpice, схемний редактор OrCAD Capture, редактор друкованих плат PCB Editor, автотрасувальник SPECCTRA, симулятор цілісності сигналів SigXplorer і т.д.

Allegro PSpice Systems Option – опція для стикування PSpice з пакетом Matlab/Simulink.

**OrCAD PSpice Designer** складається з декількох додатків, тісно пов'язаних між собою:

Capture – схемний редактор для створення і редагування електричних схем

Model Editor – редактор для створення і коригування Spice-моделей

Stimulus Editor – редактор вхідних впливів, редактор файлів, що містять опис сигналів складної форми, що задається користувачем.

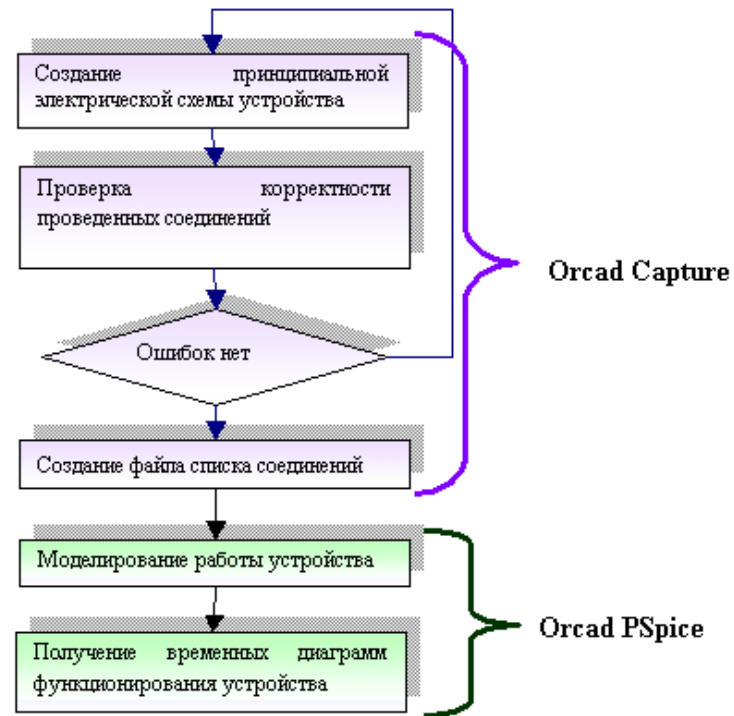
Parts Editor – редактор моделей магнітних компонентів

PSpice A/D – обчислювальне ядро симулятора для цифрових і аналогових схем

PSpice Advanced Analysis – додаткові модулі для розширеного аналізу схем.

Процес проектування пристроїв за допомогою OrCAD можна представити наступною структурою





До числа світових лідерів в області CAD/CAM/CAE-систем верхнього рівня відносяться системи Unigraphics фірми EDS і Pro/Engineer фірми PTC.

Система Unigraphics - універсальна система геометричного моделювання та конструкторсько-технологічного проектування, в тому числі розробки великих збірок, розрахунків на міцність і підготовки конструкторської документації.

Значно дешевше обходиться придбання САПР середнього рівня. У Росії набули поширення системи компаній Autodesk, Solid Works Corporation, Beantly, Топ Системи, Аскон. Найбільшу популярність з них одержали продукти фірми Autodesk, серед яких найбільш розвиненими вважаються системи AutoCAD і Inventor.

**Пакет програм PCB Design Studio** – потужний інструмент наскрізного проектування друкованих плат.

**Пакет програм PCB Design Expert** має додаткові можливості проектування високочастотних аналогових пристроїв, нові правила, програми перевірки схем і створення топологічних посадочних місць компонентів.

До складу входять наступні модулі:

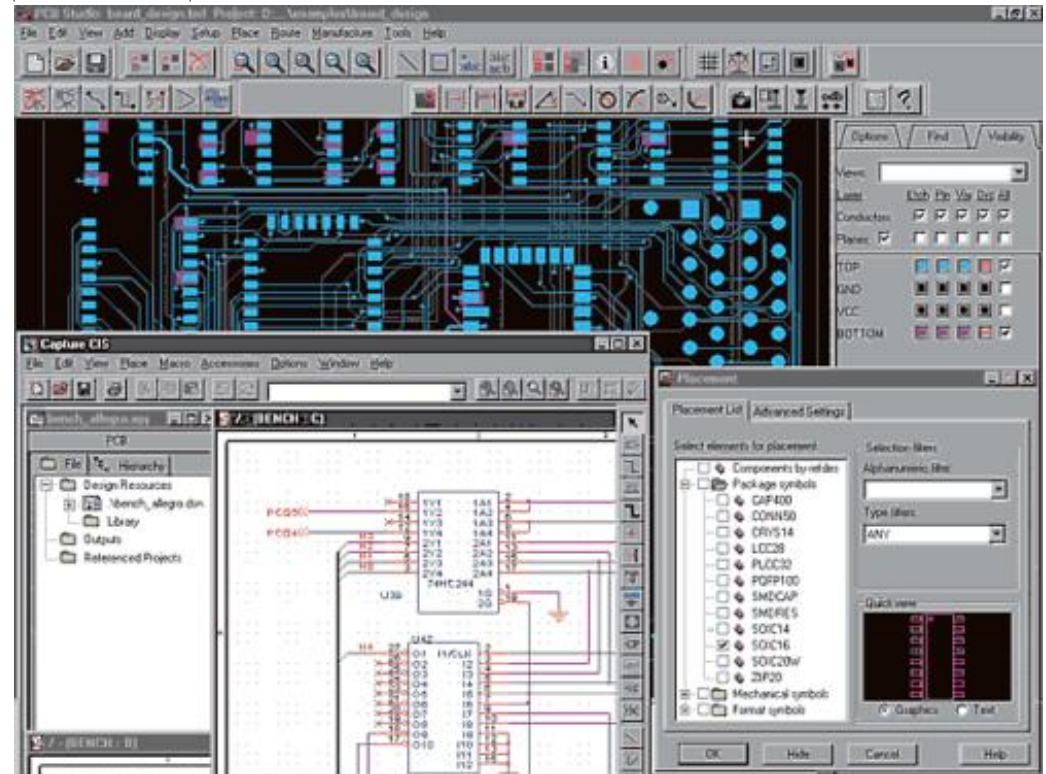
**PCB Librarian** – для створення бібліотек компонентів і управління цими бібліотеками.

**Створення. Інструмент Part Developer** дає можливість створювати, редагувати і тестувати дані логічного компонента (його графічне і позиційне позначення, параметри його виводів – пінів і т.д.).

**Упаковка (корпусування).** Засоби інструменту Allegro Librarian призначені для визначення корпусу компонента, виконання креслення його проекції («відбитка») на платі і детального розмірювання його видів. Інструмент Package Design Editor створює графічне зображення великих і складних компонентів з великою кількістю виводів – таких як HBIC (BGA) і ПЛІС (FPGA).

**Allegro Padstack Editor** (редактор підстеків – багатошарових контактних майданчиків під виводами компонентів) являє собою повнофункціональне графічне середовище для визначення, перегляду і редагування підстеків, а також перехідних отворів між шарами металізації ДП. Інструмент дозволяє переглядати перетин як секцій, так і прошарків металізації в цілому, допомагає швидко і безпомилково створювати підстеки. При цьому не потрібно виконувати тимчасові тестові проекти або аналізувати текстові звіти.

Контроль якості здійснюється за допомогою Library Explorer. Цей інструмент здійснює перевірку правильності створення компонентів з точки зору систематизації і сумісності. Він встановлює дві області бібліотеки: одну для компонентів, які ви створюєте або редагуєте, а іншу - для компонентів, які повністю відповідають вимогам виробництва.



**Concept HDL** – редактор схемного введення, повторного використання раніше створеного проекту і колективної роботи. Підтримує введення опису проекту в комбінації принципів схем і текстового опису на мовах високого рівня VHDL або Verilog. Concept HDL надає групам розробників зручний поділ складних проектів на складові частини і управління багаторівневими проектами. Опис проекту передається в редактор ДП Allegro і програми моделювання сімейств NC і PSpice.

**Orcad Capture CIS** – редактор схемного введення з інтегрованими засобами управління компонентами.

**Allegro** (редактор топології ПП) – модуль розміщення і редагування електронних компонентів і провідників ДП, а також для виведення виробу на виробництво, що дозволяє розробляти багатошарові і високошвидкісні плати з високою щільністю розміщення компонентів. Редактор має розширений набір правил проектування швидкодіючих пристроїв і аналізу їх тестованості і включає додаткові мовні засоби SKILL. Є "гарячий зв'язок" зі схемним редактором Concept HDL. Розробка ДП виконується за допомогою великого набору правил проектування з залученням вбудованої програми SPECSTRA. Вихідні дані представляються в традиційних форматах Gerber і NC Drill, та в сучасному форматі обміну даними ODB ++.

**SPECSTRA** – редактор розміщення елементів Placement Editor і редактор трасування Route Editor для керованого напівавтоматичного контурного трасування провідників ДП (безсіткова технологія з керуванням її обмеженнями).

**SPECSTRA autorouter** – для контурного трасування провідників ДП в автоматичному режимі.

**Додаткові можливості:**

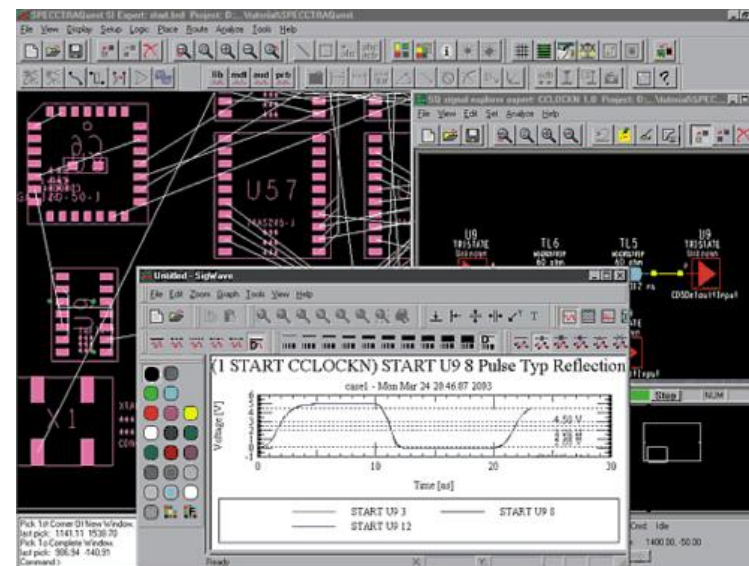
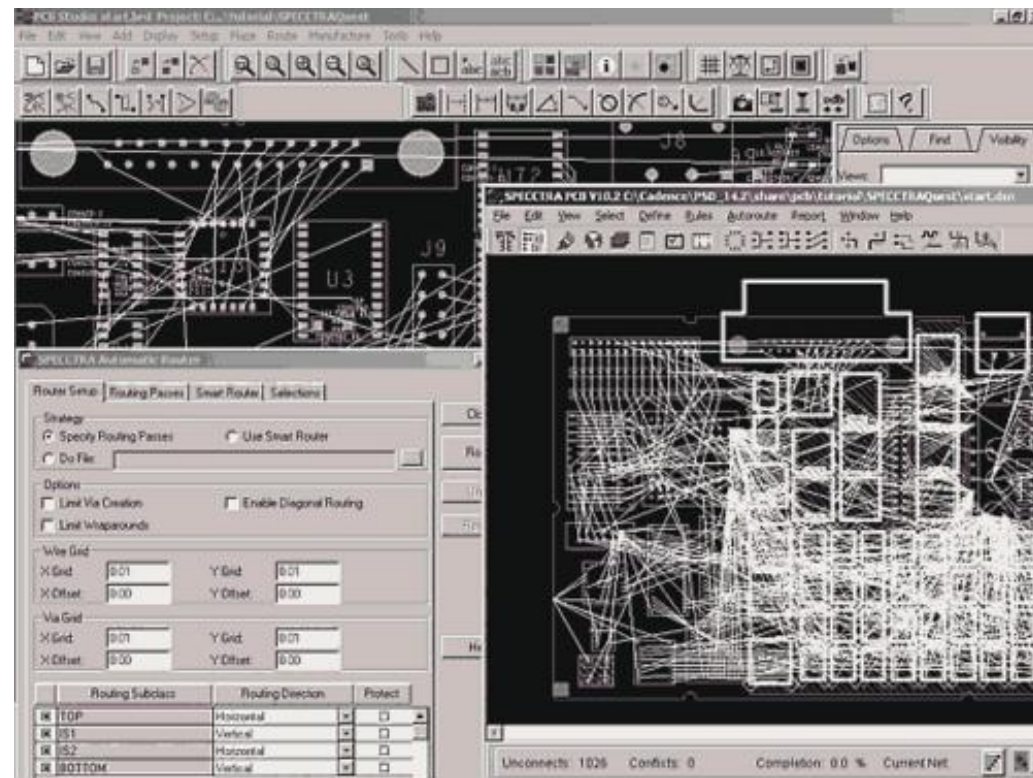
**Allegro Performance Option** – модуль розширеного набору правил проектування високошвидкісних друкованих плат. Включає додаткові мовні засоби SKILL і аналіз тестованості.

**SPECSTRA upgrade** – модуль збільшення числа шарів ДП при автоматичному трасуванні (до 256).

**PSpiceA/D** – модуль моделювання аналогових і змішаних сигналів.

**Variant Design** – підтримка безлічі варіантів конфігурацій проекту ДП від єдиного оригіналу (Concept HDL і Allegro).

**SPECSTRAQuest signal explorer** – аналіз цілісності сигналів і електромагнітної сумісності на основі моделювання топології ДП; проводити аналіз можна на будь-якому етапі розробки, що особливо актуально для швидкодіючих пристроїв.





## Micro-Cap

**Програма Micro-Cap** розроблена фірмою SpectrumSoftware. Програма має зручний графічний редактор, котрий дозволяє створювати й редагувати принципові схеми аналогових й цифрових пристроїв, є професійною програмою аналогового, цифрового та змішаного моделювання та аналізу ланцюгів електронних пристроїв середнього ступеня складності.

Алгоритм роботи включає в себе створення електричного кола в графічному редакторі, завдання параметрів аналізу і вивчення отриманих даних. Програма самостійно складає рівняння ланцюга і проводить моментальний розрахунок. Будь-яка зміна схеми або параметрів елементів призводить до автоматичного оновлення результатів.

Графічний редактор спирається на бібліотеки електронних компонентів, які можна поповнювати на основі експериментальних або довідкових даних за допомогою вбудованого модуля Shape Editor. Всі номінали і параметри елементів можуть бути як постійними, так і залежними від температури, часу, частоти, стану схеми, параметрів інших компонентів. Анімовані деталі (світлодіоди, реле, семисегментний індикатори і деякі інші елементи) змінюють стан відповідно до сигналів, що надходять на них.

Досвідчені користувачі можуть створювати свої макромоделі, які полегшують імітаційне моделювання без втрат інформації. Допускається одночасно використовувати різні стандарти елементів схеми. Повна підтримка SPICE-моделей дозволяє застосовувати проекти з інших програм (DesignLab, OrCAD, P-CAD). З недоліків можна відзначити лише необхідність установки додаткових елементів, так як обсяг бібліотек Micro-Cap (навіть в повній версії) явно недостатній.

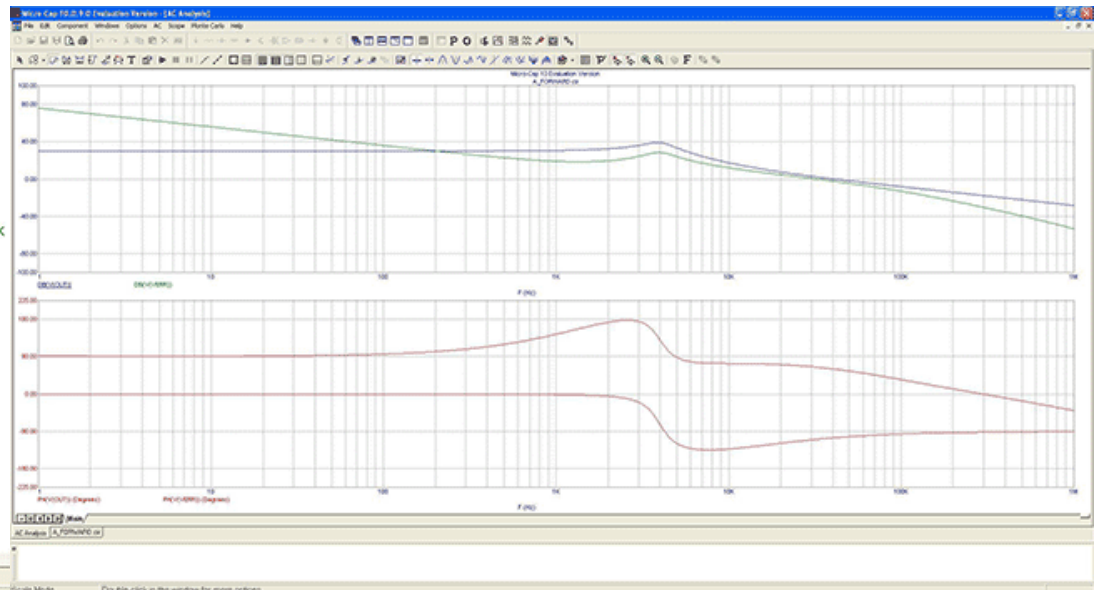
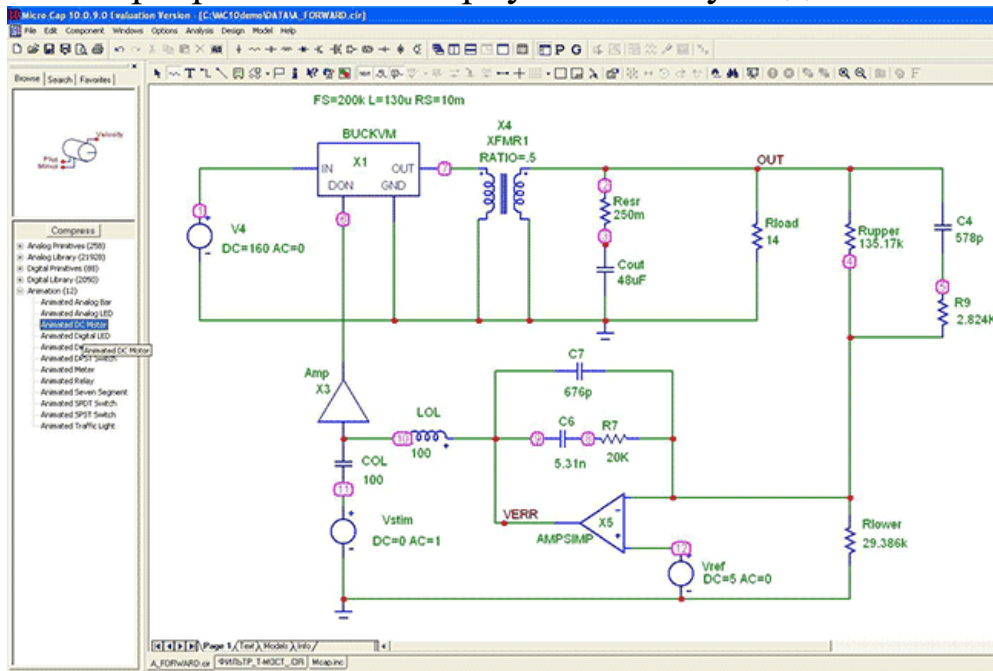
### Основні види аналізу:

- розрахунок статистичного режиму по постійному струму ;
- розрахунок частотних характеристик лінеаризованого ланцюга;
- розрахунок реакції по часовій області при довільних вхідних впливах;
- аналіз шумів й параметричної чутливості;
- багатоваріантний аналіз, включаючи статистичний аналіз методом Монте-Карло;

Серед основних можливостей програми можна виділити:

- багатосторінковий графічний редактор принципів схем, що підтримує ієрархічні структури;
- поведінкове моделювання аналогових і цифрових компонентів, можливість опису цифрових компонентів за допомогою логічних виразів:

- бібліотека компонентів, що включає в себе найбільш популярні цифрові інтегральні схеми дискретної логіки й аналогові компоненти типу діодів, біполярних, польових і МОН- транзисторів, магнітних сердечників і т.д.
  - макромоделі компонентів можуть бути представлені у вигляді принципових електричних схем або в текстовому вигляді;
  - при наявності помилок інформація про них миттєво з'являється на екрані;
  - електронна документація й контекстно-орієнтовані засоби допомоги;
  - 2-D або 3-D графіки результатів моделювання виводяться в процесі моделювання або після його закінчення на вибір користувача, є сервісні можливості обробки графіків;
  - різноманітний аналіз при варіації параметрів і статистичний аналіз по методу Монте-Карло.
- Програма має обширну бібліотеку моделей компонентів провідних фірм США, Європи й Японії.



Вартість Мікро-Сар становить кілька тисяч доларів, проте на сайті розробника можна завантажити вільно поширювану Evaluation Version, яка володіє багатьма можливостями повнофункціональної. Основні відмінності - це не більше 50 елементів в схемі, урізана бібліотека компонентів, обмеження на побудову ряду графіків і повільна швидкість роботи.



## **Altium Designer - система наскрізного проектування (*Protel DXP*)**

Програмні продукти Altium Ltd., такі як Altium Designer, P-CAD, Tasking, широко відомі в світі.

Одна з основних розробок компанії, САПР P-CAD, призначена для проектування багатошарових друкованих плат обчислювальних і радіоелектронних пристроїв. Ця програма надзвичайно популярна серед російських фахівців, однак її функціональні можливості вже не в повній мірі відповідають потребам сучасного розробника радіоелектронної апаратури.

У 2008 році фірма Altium офіційно заявила про припинення поставок P-CAD і запропонувала використовувати програму Altium Designer, яка з'явилася в 2000 році і спочатку називалася Protel. Поточна версія пакету отримала назву Altium Designer Summer 09. Ліцензованих користувачів P-CAD компанія запевняє, що завдяки розвиненим засобам конверсії форматів даних вони не будуть відчувати незручностей при переході з однієї системи на іншу.

### **P-CAD**

Потужна система автоматизованого проектування друкованих плат радіоелектронних і обчислювальних пристроїв.

Програма здатна виконати весь цикл розробки друкованих плат, інтерактивне розміщення елементів і автотрасування провідників, пошук помилок на будь-якій стадії проекту, підготовку документації, перевірку цілісності всіх сигналів, аналіз перехресних спотворень. Зручна довідкова система і призначений для користувача інтерфейс знижують "порог входження" для новачків.

P-CAD складається з двох автономних модулів - Schematic (редактор електричних схем) і PCB (редактор друкованих плат). Проекти схем можуть містити до 999 аркушів, а проекти плат - до 999 шарів розміром 60x60 дюймів. Існують можливості інтерактивної розводки диференціальних пар для мінімізації електромагнітних завад, мультимаршрутна трасування по заданих параметрах, ортогональне перетягування провідників. Крім основних підпрограм P-CAD має допоміжні: Library Executive (менеджер бібліотек), Symbol Editor (редактор символів елементів), Pattern Editor (редактор посадкових місць, корпусів елементів) і деякі інші. Бібліотеки P-CAD зберігають більше 27 тисяч елементів, сертифікованих за стандартом ISO 9001. Повністю підтримуються формати Gerber і ODB ++.

У числі останніх поліпшень P-CAD - додавання потужного трасувальника Situs з середовища проектування Altium Designer, пакета CAMtastic для підготовки друкованої плати до виробництва і пакетів аналогового і цифрового моделювання nVisage і Xspice.

У 1996 році компанія ACCEL Technologies представила публіці першу версію P-CAD під назвою ACCEL EDA. Продукт придбав популярність серед проектувальників цифрових пристроїв. 17 січня 2000 року ACCEL Technologies була поглинена провідним розробником САПР Protel International. У березні 2000 року ACCEL EDA змінила назву на P-CAD. На сьогоднішній день вона є найзнаменитішою в Росії середовищем проектування. В Інтернеті існує маса інформації про цю програму.

Система автоматизованого проектування використовує англomовний інтерфейс. Перевірених або офіційних русифікаторів немає. Використання шрифтів True Type дозволяє робити написи російською мовою.

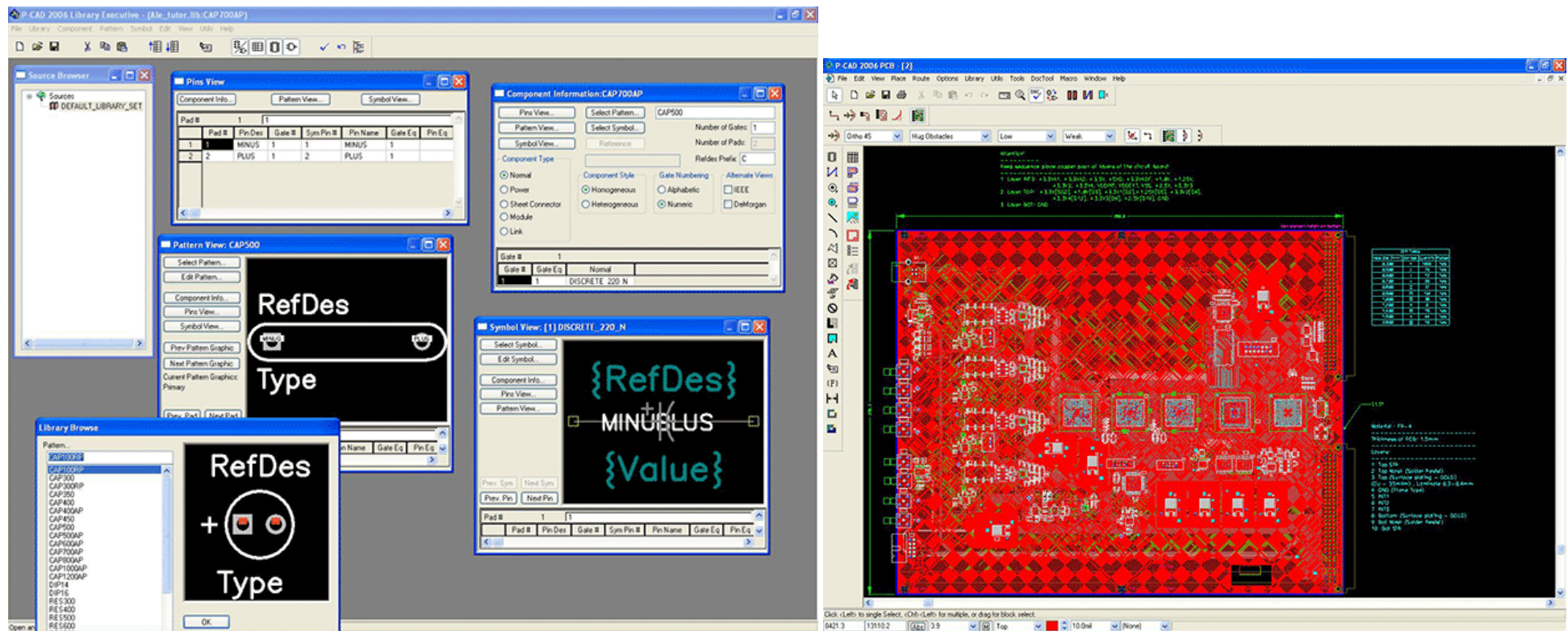
Влітку 2006 року власник програми австралійська компанія Altium офіційно заявила, що припиняє розвиток P-CAD. Розробникам було запропоновано перейти на Altium Designer - більш потужний продукт компанії. Навесні 2008 року компанія оголосила про припинення фірмової (англomовної) технічної підтримки. Після 30 червня 2008 року легально придбати P-CAD можна.

Останньою офіційною версією стала P-CAD 2006 SP2 вийшла в 2006 році.

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

Система P-CAD 2006 виконує повний цикл проектування друкованих плат, а саме:

- графічне введення електричних схем;
- змішане аналого-цифрове моделювання на основі ядра SPICE3;
- упаковку схеми на друковану плату;
- інтерактивне розміщення компонентів;
- інтерактивне і автоматичне трасування провідників;
- контроль помилок в схемі і друкованій платі;
- випуск документації;
- аналіз цілісності сигналів і перехресних спотворень;
- підготовку файлів Gerber і NC Drill для виробництва друкованих плат;
- підготовку бібліотек символів, топологічних посадкових місць і моделей компонентів.



## Altium Designer

Altium Designer являє собою систему наскрізного автоматизованого проектування електронних засобів (РЕЗ) на базі друкованих плат і програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). Принцип наскрізного проектування має на увазі передачу результатів одного етапу проектування на наступний етап в єдиній проектній середовищі (Altium Designer використовує інтегровану платформу Design Explorer). При цьому зміни, що вносяться на будь-якому етапі, повинні відображатися у всіх частинах проекту. Такий принцип дозволяє розробнику контролювати цілісність проекту, відслідковувати зміни і синхронізувати їх.

Пакет складається з двох продуктів, які базуються на єдиній платформі Design Explorer (DXP):

- Altium Designer Custom Board Front-End Design — Проектування ПЛІС, схемотехнічне проектування та моделювання.
- Altium Designer Custom Board Implementation — Проектування ДП та ПЛІС.

## **Містить наступні модулі:**

**Редактор схем.** Одним з основних напрямків роботи Altium Designer є побудова ієрархічних схем. Це дозволяє легко перетворювати величезні складні схеми в набір найпростіших підсхем і використовувати готові напрацювання. Пристрої на базі ПЛІС можна уявити і як VHDL-опис, і у вигляді принципової схеми з використанням бібліотек готових логічних пристроїв. Всі підсхеми ієрархічної структури «прив'язані» до певної області на платі (Room), що значно спрощує роботу конструктора.

При розробці електричних принципових схем існує можливість ставити конструктивні параметри майбутньої плати - наприклад, формувати класи ланцюгів, групи компонентів, описувати диференціальні пари. На створені класи ланцюгів і диференціальні пари можна відразу встановити обмежувальні правила, такі як довжина і товщина провідника, а також значення імпедансу.

**Редактор бібліотек.** Бібліотеки програми містять більше 90 000 компонентів, які постійно оновлюються. Передбачено імпорт готових бібліотек з P-CAD 200X та інших програм. Крім того, існує можливість створювати власні бібліотеки символів, посадочних місць, тривимірних моделей і текстових SPICE-моделей.

Створювати бібліотечні елементи можна за допомогою спеціального Майстра: послідовно вводячи інформацію, ви швидко отримаєте готовий компонент.

Дуже зручна функція Altium Designer дозволяє витягувати з готового проекту інформацію про компоненти і формувати бібліотеки на її основі. Цей інструмент особливо корисний при роботі з проектами, які отримані від сторонніх розробників, що використовують власні бібліотеки компонентів.

**Моделювання.** До складу Altium Designer Summer включена програма моделювання, яка дозволяє аналізувати аналогові, цифрові та змішані схеми. Цифро-аналогове моделювання на базі SPICE/XSpice, до якого можна приступати відразу ж після закінчення створення принципової схеми, дозволяє розробнику аналізувати схему, змінювати параметри і проводити статистичний аналіз.

Результати комп'ютерного аналізу, як правило, ідентичні результатам, отриманим при макетуванні, а змодельована поведінка пристроїв в точності відтворює роботу реального виробу. У розрахунку враховуються майже всі реальні параметри (для цифрових схем - затримка поширення, час установки і утримання, облік навантаження на всіх виводах пристроїв і т.д.). Для всебічного тестування і аналізу схеми користувачеві надано більше 20 000 математичних моделей.

**Аналіз цілісності сигналів (Signal Integrity).** На рівні створення принципової схеми може бути виконаний попередній розрахунок імпедансу і можливих відображень. Ця функція дозволяє уникнути можливих проблем

ще до початку компоновання і трасування друкованої плати. Імпеданс, відображення і можливі перехресні відображення можуть бути уточнені і на заключних етапах розробки, при контролі топології. Аналіз цілісності сигналів може бути проведений при верифікації (функція DRC) топології безпосередньо в редакторі плат. Критерії оцінки якості сигналів задаються спеціальними правилами проектування з категорії Signal Integrity. При пакетній перевірці запускається система моделювання сигналів в провідниках плати і, якщо паразитний сигнал перевищує певний рівень, генерується і заноситься до звіту інформація про порушення. Надалі це порушення є підставою для більш детального аналізу електромагнітної сумісності.

**Редактор друкованих плат.** Система Altium Designer пропонує користувачеві достатній набір інструментів, що дозволяють виконувати трасування друкованих плат як в автоматичному, так і напівавтоматичному (інтерактивному) режимі.

У режимі інтерактивної трасування використовуються наступні технології:

Push and Shove, що дозволяє розштовхувати вже прокладені провідники і перехідні отвори;

Walkaround, що веде траси максимально близько до існуючих;

Hugging, ущільнює існуючу топологію знову прокладаємою доріжкою.

Наявність такого інструменту, як **Electrical Grid**, дозволяє прокладати сегменти провідників безпосередньо з центрів електричних об'єктів (контактних майданчиків, перехідних отворів) або решт існуючих провідників, що значно спрощує трасування посадочних місць, створених в різних системах виміру.

Для автоматичного трасування плат до складу пакета вбудований топологічний трассировщик Situs, основною перевагою якого є повністю керований і налаштовуваний вручну алгоритм. Процес трасування плати управляється складними наборами правил проектування, що регламентують зазори між провідниками на різних шарах плати, їх ширину, типи перехідних отворів, пріоритетний напрямок на шарі і багато іншого.

Топологічні алгоритми трасування дозволяють ефективно виконувати розведення плати навіть при використанні компонентів складної форми. Одночасно здійснюється безперервний контроль правил проектування DRC, що дозволяє розробнику більш повно зосередитися на проекті.

Система Altium Designer має потужні засоби автоматичного й інтерактивного розміщення компонентів.

**Робота з тривимірними моделями.** У Altium Designer існує можливість перегляду тривимірного виду проектованої плати. Розробник може вивести на монітор реальний вигляд плати з компонентами, оцінити її сполучення з механічними деталями конструкції і внести необхідні зміни. Існує можливість розробки друкованої



плати в тривимірному вигляді з імпортом / експортом даних в механічні САПР (SolidEdge, SolidWorks, AutoCAD, ProEngineer).

**Можливості імпорту.** Перенесення проекту електронного виробу з одного середовища проектування в інше завжди був одним із найскладніших завдань. Якщо розробник одночасно працює з іншого САПР або отримує проект від сторонніх розробників, йому просто необхідна можливість імпорту схеми або проекту плати в систему Altium Designer. Вбудований майстер імпорту проектів перетворює бібліотеки, схеми та плати з систем OrCAD, PCAD, Allegro PCB, PADs, DxDesigner в роботи Altium Designer незалежно від кодування (бінарної або ASCII). Пакет Altium Designer дозволяє вести роботу з моделями в форматі STEP і таким чином додавати деталі, створені в будь-якій з програм твердотільного моделювання (SOLIDWORKS, ProE, КОМПАС і т.д.).

Altium Designer підтримує практично всі існуючі формати вихідних файлів: DXF, Gerber, NC Drill, ODB ++, VHDL, IPC-D-356 і багато інших.

**Модуль CAMtastic.** Готовий проект друкованої плати у вигляді наборів Gerber- і NC Drill-файлів передається в спеціальний модуль CAMtastic, де здійснюється первинна підготовка виробництва. Тут реалізована можливість технологічного аналізу топології і автоматичного усунення більшості помилок. CAMtastic дозволяє редагувати топологію, виконувати мудбтплікацію і випускати керуючі файли для апаратури електроконтролю і монтажу компонентів.

**Вихідна документація.** Заключний етап проектування – випуск конструкторської документації. Редактор друкованих плат Altium Designer має традиційними можливостями імпорту / експорту файлів в стандартних форматах DWG і DXF, що дозволяє додавати на креслення заздалегідь заготовлені елементи оформлення або контур друкованої плати і передавати проект в механічні САПР (AutoCAD, nanoCAD і ін.) Для подальшого оформлення документації. Існує також ряд профільних програм, які спрощують випуск креслень відповідно до ЕСКД та вимогами ГОСТ (nanoCAD Механіка і ін.).

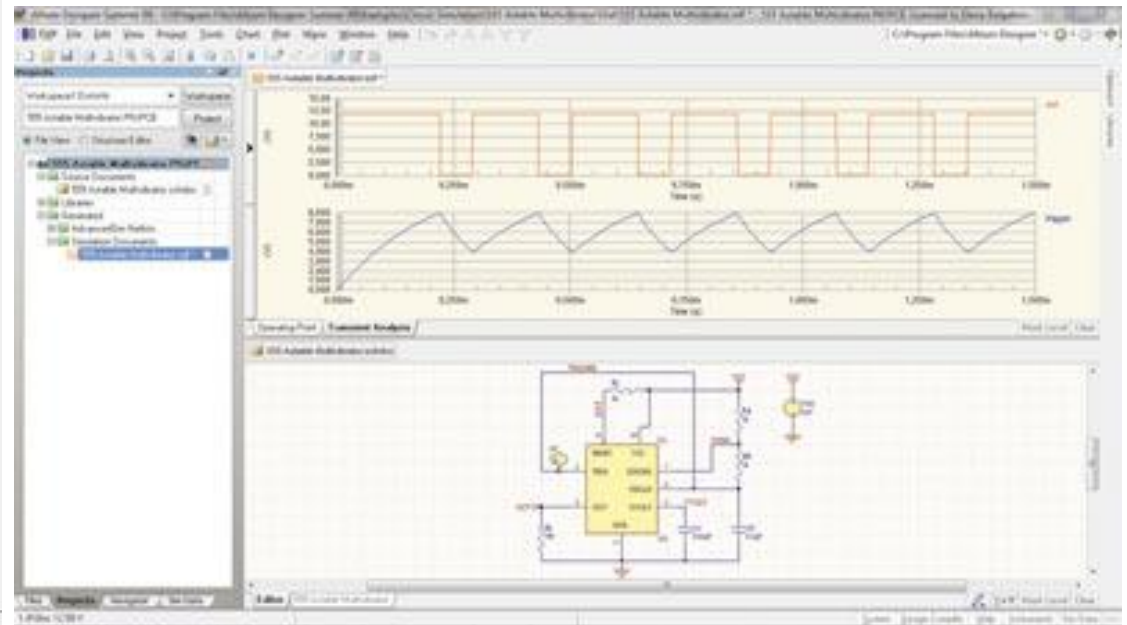
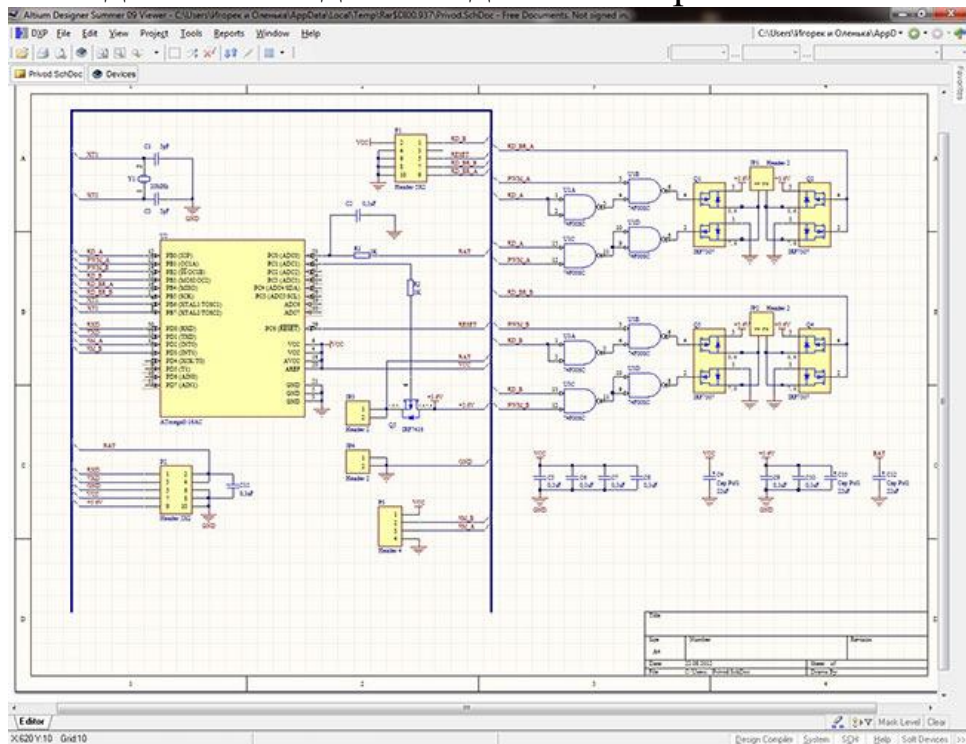
Система Altium Designer надає користувачеві широкий набір засобів генерації різних звітів, в тому числі BOM (Bill of Material). На його основі досить просто оформити переліки елементів і специфікації по ЕСКД за допомогою утиліт вітчизняної розробки (Документатор, TDD і ін.).

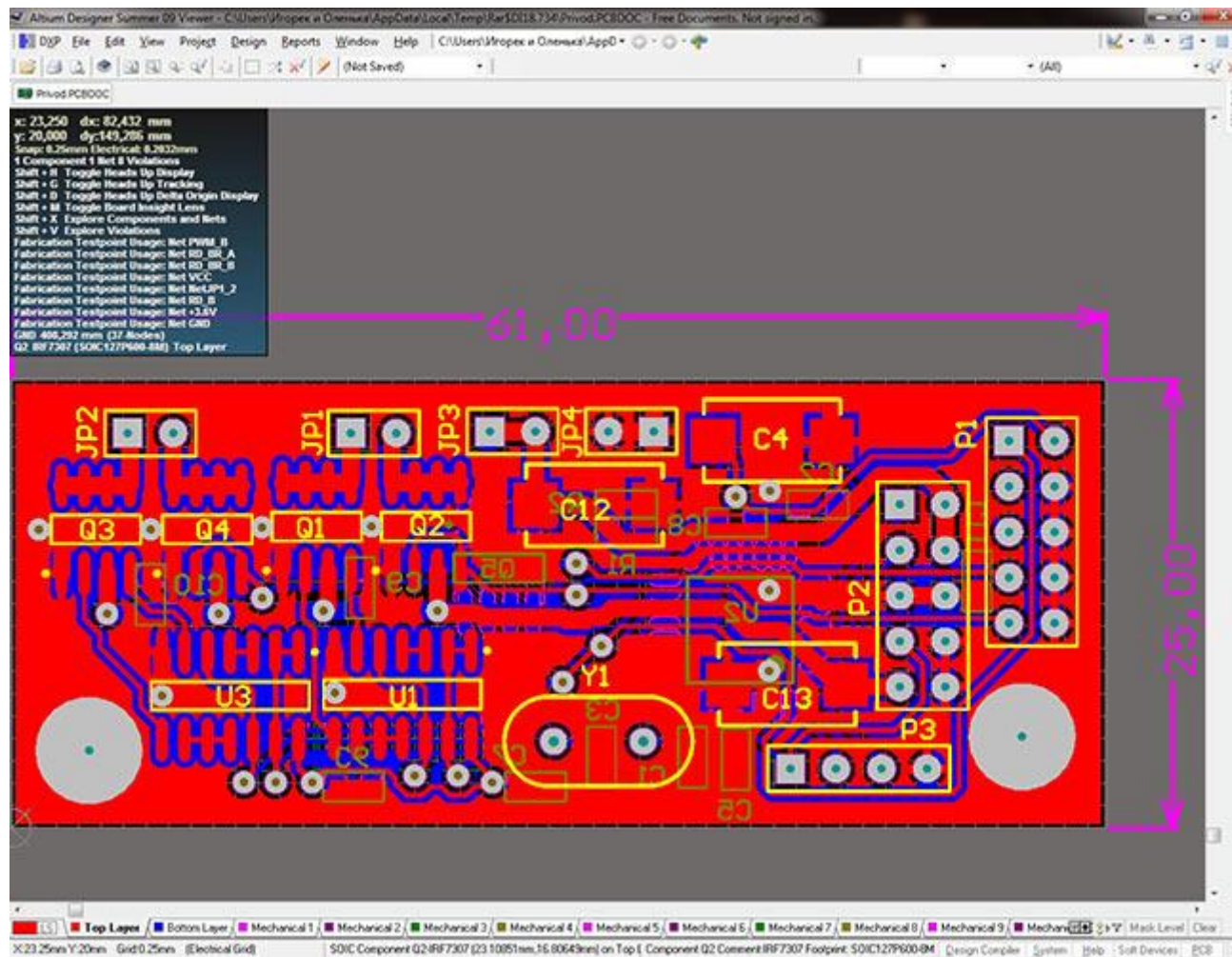
Крім того в складних проектах, що містять кілька РСВ-документів, звіти можуть бути сформовані як для окремих плат, так і для проекту в цілому.

Altium Designer підтримує два монітори з рекомендованим роздільною здатністю 1280 × 1024 (рис. 9). Для використання другого монітора необхідно вибрати в налаштуваннях екрану опцію Розширити робочий стіл на

другий монітор. Після цього можна використовувати один монітор для роботи з Altium Designer, а другий для інших додатків. Також є можливість відкрити різні додатки Altium Designer на двох екранах: наприклад, на одному моніторі схему, а на іншому плату ...

Цифро-аналогове моделювання враховує майже всі реальні параметри і надає в розпорядження конструктора величезна кількість різних аналізів, включаючи аналізи перехідних процесів, частотний, шумів, передавальних функцій, Фур'є, методом Monte-Carlo, зі зміною значень температури. На схемотехническом рівні перевіряються і усуваються різні імпеданс і перехресні відображення. Редактор друкованих плат програми містить унікальні засоби для автоматичного (програми Statistical Placer, Cluster Placer) і інтерактивного розміщення компонентів. Топологічний трасировщик Situs використовує повністю настроюється алгоритм для вирішення завдань розводки друкованих плат з великою щільністю установки елементів. Він може працювати по неортогональній напрямками і з самостійним вибором шарів. Постійно оновлювані бібліотеки програми зберігають понад 90 тисяч компонентів. Багато з них мають моделі посадочних місць, IBIS і SPICE-моделі, а також 3D-моделі. Кожну з них можна створити за допомогою програми самостійно з мінімальними витратами часу шляхом послідовного введення відомостей про компоненті.





## DipTrace

Простий і зручний DipTrace не вимагає часу на освоєння і відмінно підходить для невеликих електронних виробів. Програма складається з наступних модулів:

- Schematic (для створення багатолстових багаторівневих схем з вбудованим найпростішим симулятором),
- PCB Layout (для розробки плат за допомогою ручного або автоматичного трасування і систем оптимізації розташування компонентів і розмірів плат),
- Pattern Editor і Component Editor (для редагування корпусів і компонентів відповідно).

DipTrace містить мінімально можливу кількість керуючих елементів, при роботі редаговані об'єкти підсвічуються, що дозволяє наочно оцінювати ситуацію. Зміна одного елемента схеми або плати відбивається на всіх залежних від нього об'єктах. Автотрасувальник непогано справляється зі складними багат шаровими платами, що мають різні типи радіодеталей, а підтримка файлів Specstra DSN/SES дає можливість підключити сторонні розводки. Програма проводить численні перевірки проекту (нових елементів в бібліотеці, допустимості і цілісності з'єднань, зазорів, розмірностей) на різних етапах роботи, що дозволяє виявити і виправити помилки «на льоту».

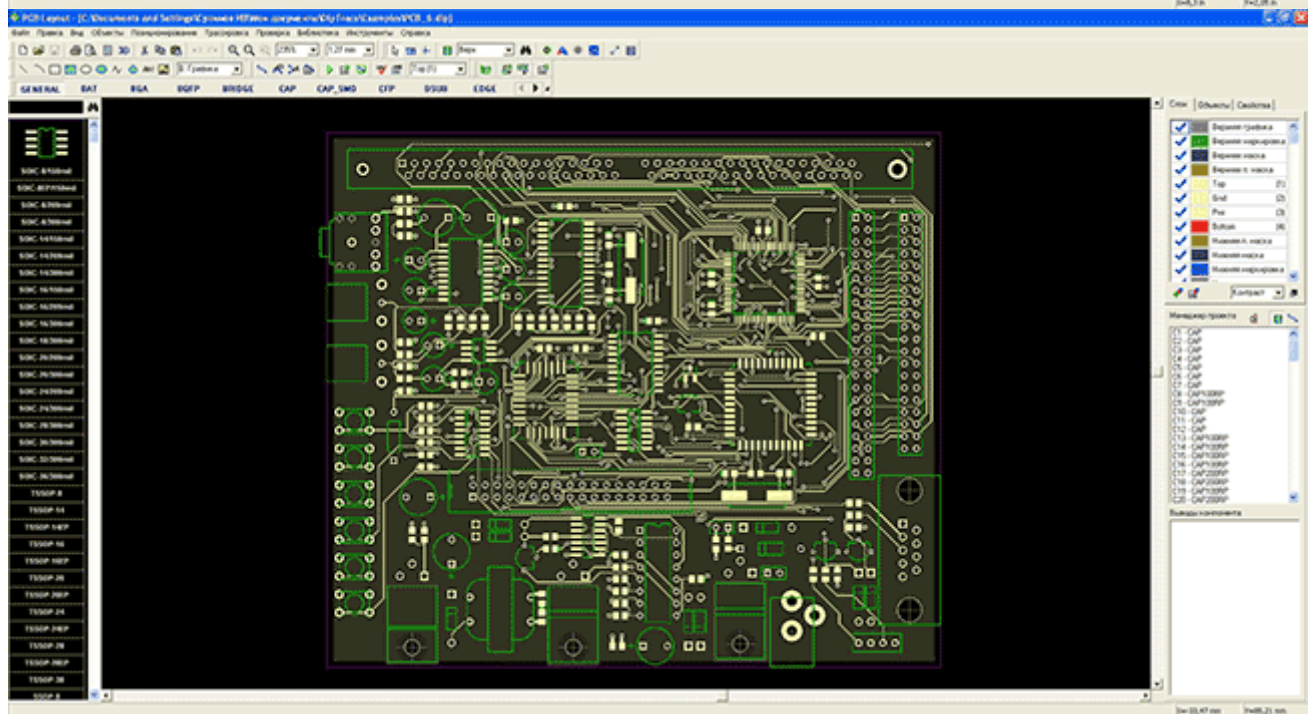
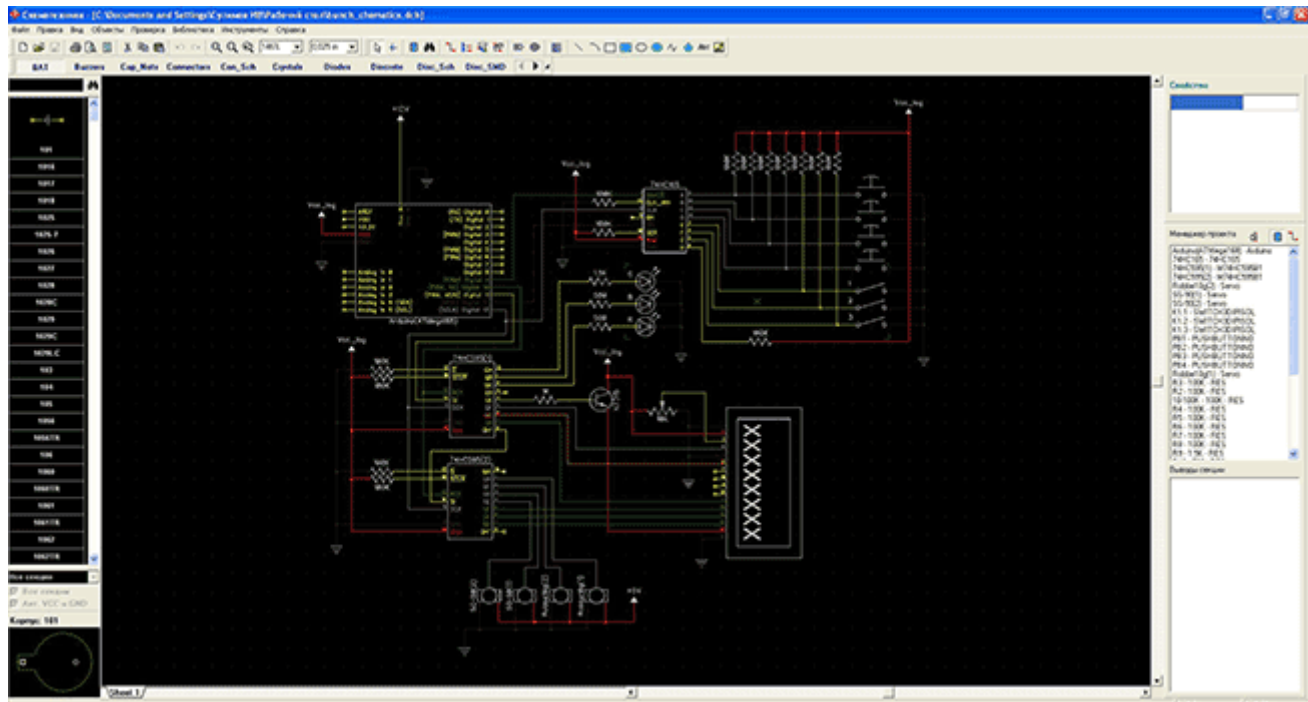
Створення SPICE netlist дозволяє промоделювати проект на будь-якому зовнішньому симуляторі, функції експорту/імпорту уможливають продовжити роботу в інших додатках (P-CAD, PADS, OrCAD, Eagle), а також використовувати нетлісти Accel, Mentor, Allegro, Tango і Protel.

DipTrace експортує плати в необхідні для виробництва формати DXF, Gerber RS-274X (з підтримкою TrueType шрифтів і растрових монохромних зображень), Excellon N/C Drill. Стандартні бібліотеки програми включають в себе більше 100000 елементів від найбільш відомих виробників, а зручні засоби розробки дозволяють за кілька хвилин самостійно виготовити радіодеталі будь-якого розміру і складності. Завдяки набору тривимірних моделей корпусів можлива побудова обертається в просторі 3D-зображення зовнішнього вигляду кінцевого виробу.

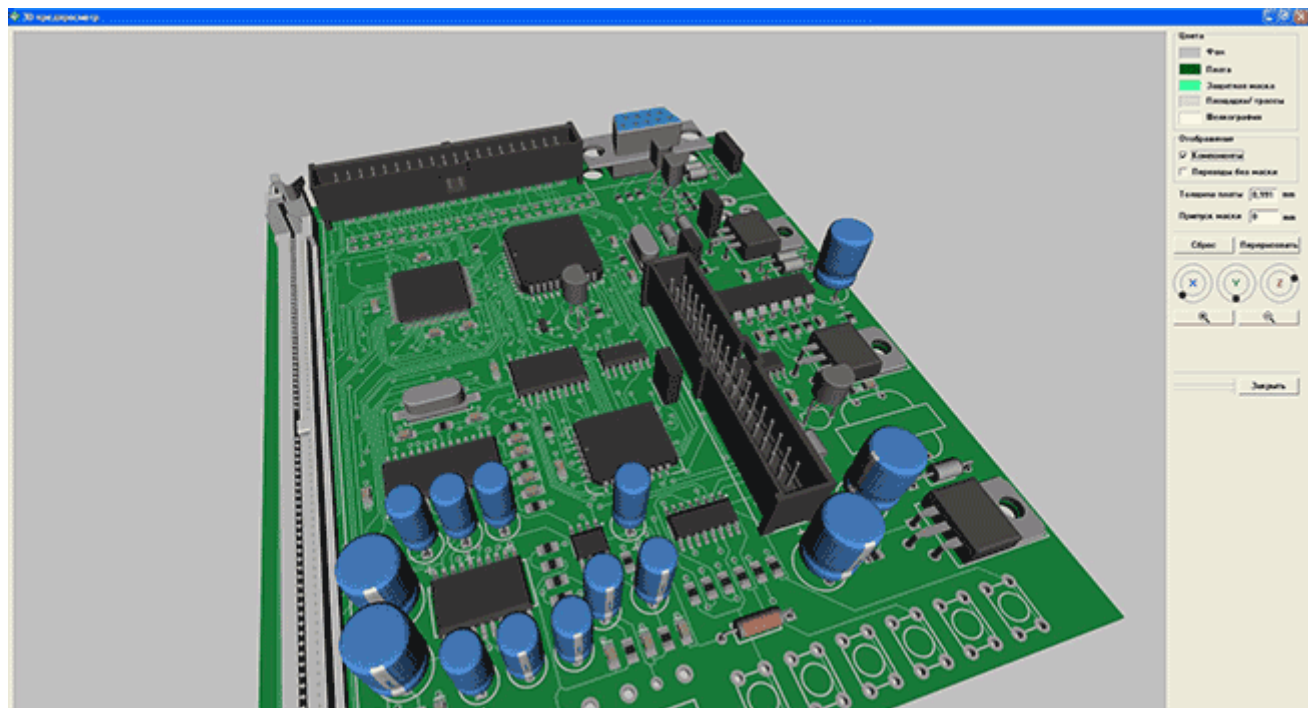
Оскільки розробкою DipTrace займалися вітчизняні програмісти, то цілком очікувано, що сама програма, підручник, довідка та інші додаткові матеріали повністю російською мовою. DipTrace була створена фахівцями ТОВ «Новарм» і поширюється в Росії через партнера компанії ЗАТ «Софтлайн».

Крім максимальної версії DipTrace Full, існують версії Extended, Standard, Lite і Starter розрізняються кількістю доступних виводів, сигнальних шарів і, зрозуміло, ціною. Щоб оцінити можливості програми можна завантажити 30-денну пробну версію. Там же знаходиться русифікатор програми, розширена бібліотека 3D-моделей корпусів і докладний підручник від виробника російською мовою, який покроково описує всі етапи розробки плати. Крім цього, існує спеціальна безкоштовна версія програми DipTrace Freeware з обмеженням в 300 виводів і двома шарами.









# Kicad

(Knowledge Infrastructure for Collaborative Product Development) - це програма для розробки електронних схем і друкованих плат, яка поширюється на умовах ліцензії GPL.

Підтримуються операційні системи Linux, Windows NT 5.x, FreeBSD і Solaris.

Вона повністю безкоштовна і доступна в широкому користуванні.

## Основні модулі:

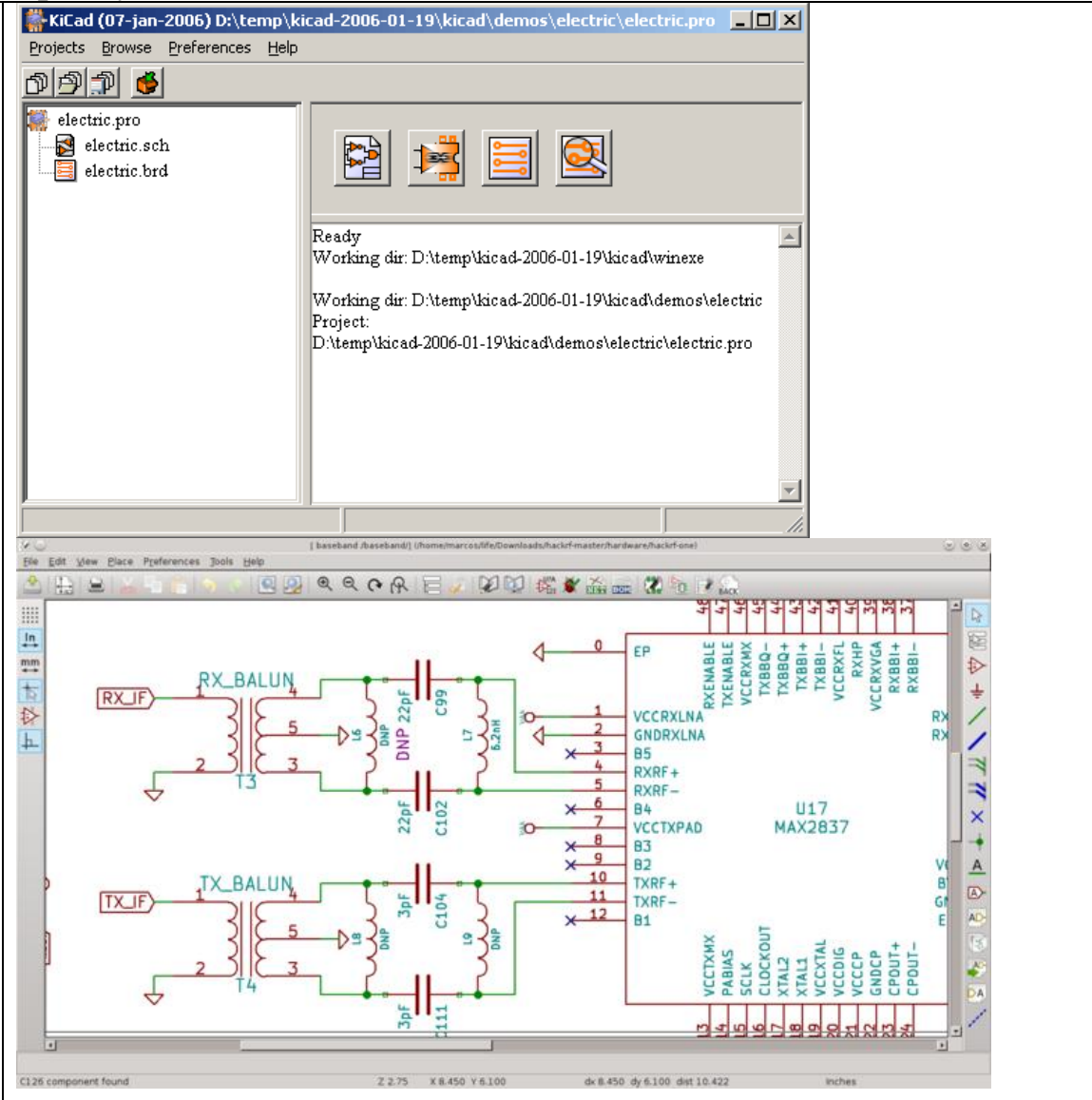
**kicad** – менеджер проектів;

**eeschema** – редактор електричних схем; вбудований редактор символів схем (бібліотечних компонентів);

Редактор eeschema дозволяє створювати багатолістові ієрархічні схеми і проводити їх перевірку на відповідність електричним правилам. У ньому ж створюються переліки елементів у вигляді таблиці і netlist-список для моделювання схеми в редакторі друкованих плат. Додаткова опція дозволяє зберегти netlist в популярному форматі Spice і провести симуляцію схеми в сторонньому додатку.

**pcbnew** – редактор друкованих плат; вбудований редактор образів посадочних місць (бібліотечних компонентів); Редактор дозволяє створювати креслення багатошарових (до 16 провідних і 12 технічних шарів) плат. Під технічними шарами маються на увазі такі, як шар маркування, захисний шар і ін. Потім Pcbnew створює файли, необхідні для побудови друкованої плати (GERBER-файли для фотоплоттера і файли розміщення компонентів).

Для виведення шарів друкованого монтажу можна використовувати лазерні принтери PostScript. Існує можливість використовувати зовнішні трасувальники, наприклад FreeRouter і TopoR, присутній калькулятор друкованих плат і опція автоматичного і ручного розміщення компонентів.



**3D Viewer** – 3D-переглядач друкованих плат на базі OpenGL (частина pcbnew);

**Додаткові можливості:**

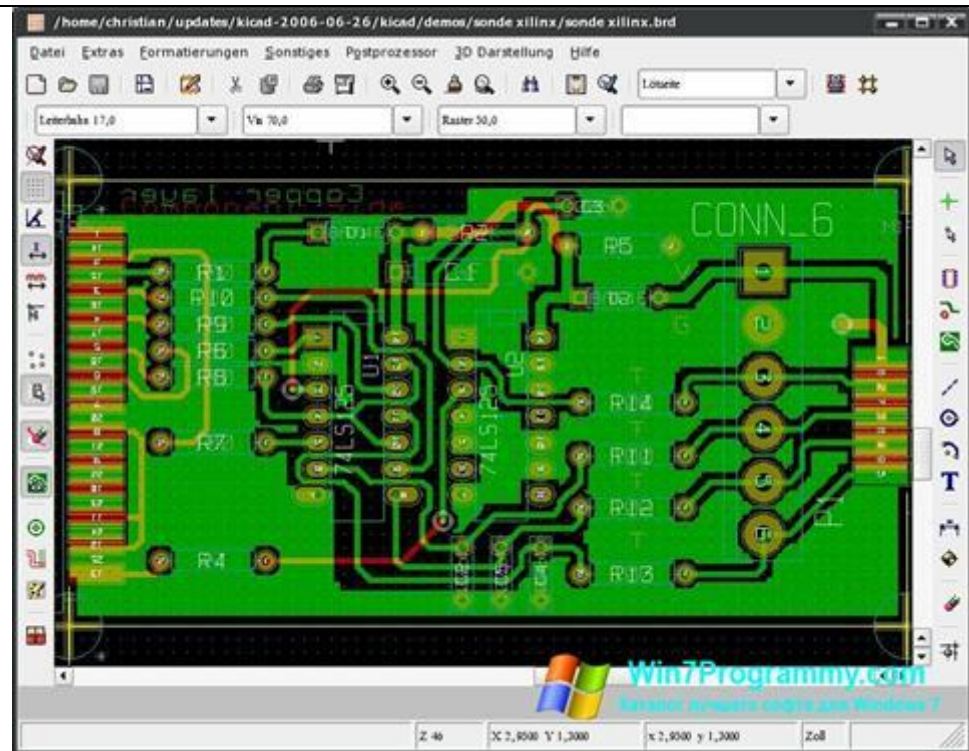
**gerbview** – переглядач файлів Gerber (фотошаблонів);

**svpcb** – програма для вибору посадкових місць, відповідних компонентів на схемі;

**wyeditor** – текстовий редактор для створення та перегляду звітів.

До модулів можна звертатися як незалежно один від одного, так і з центрального модуля Kicad, що відіграє роль менеджера проекту.

KiCAD створює списки компонентів для замовлення, а також логотип розробника на платі, може експортувати креслення в форматах DXF і PDF.



До модулів Eeschema і Pcbnew додається менеджер бібліотек, редактори компонентів і проекцій. Елементи бібліотеки забезпечуються супровідною документацією (поставляються в комплекті з Kicad – в форматі PDF), а також ключовими словами для полегшення їх пошуку в базі даних.

Розмір схеми або плати в KiCad не обмежений, на будь-якому етапі роботи можна повернутися назад, внести зміни, а потім легко перенести їх далі.

На жаль, основні формати тривимірних моделей компонентів, що представляються виробниками, \*.iges і \*.step - програма не підтримує.

До недоліків системи проектування варто віднести незручний і не інтуїтивний інтерфейс. Програму складно освоїти без читання відповідної документації.

