

Лекція 5

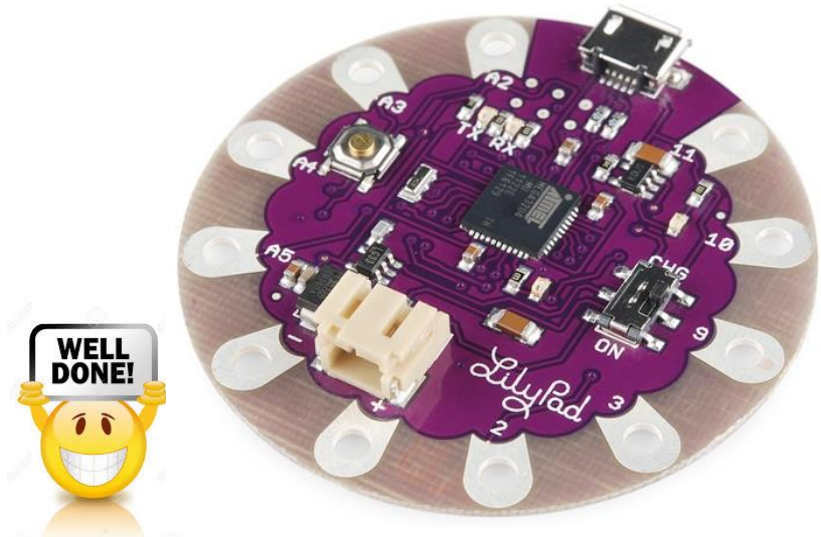
Технології проектування та виробництва друкованих плат

5.1 Основний інструмент проектування - САПР

Системи автоматизованого проектування (САПР) - дуже потужний інструмент. Це програмне забезпечення містить повний необхідний функціонал для проектування чого завгодно. Щодо друкованих плат, то САПР дозволяє автоматизувати розміщення компонентів і трасування, перевіряти плату на наявність схемотехнічних, конструкторських та технологічних помилок, дозволяє керувати промисловими лініями для виготовлення електронної апаратури тощо...

У XXI столітті абсолютно всі етапи розробки електроніки виконуються з використанням САПР.

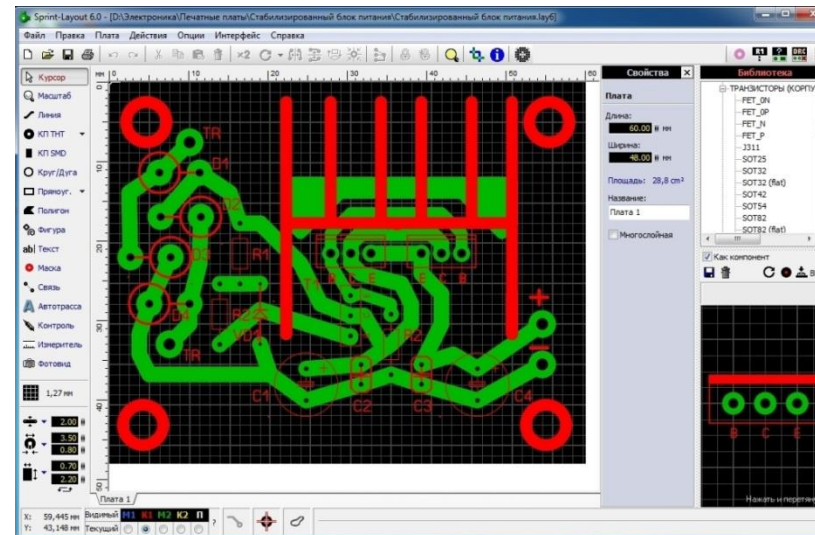
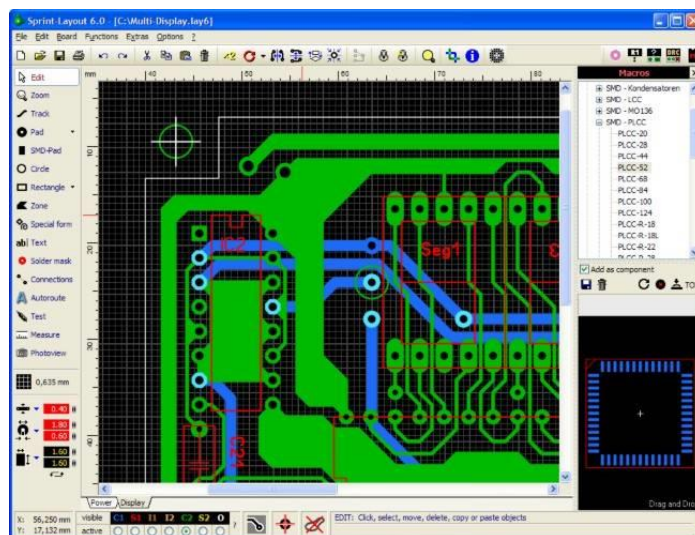
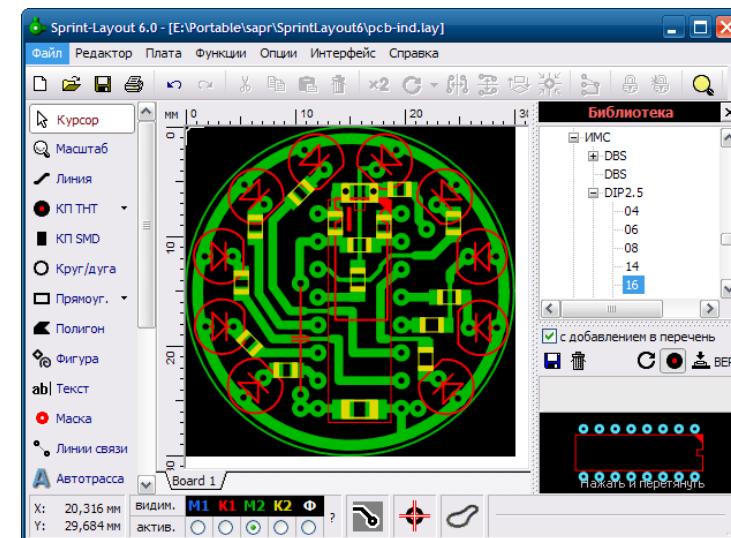
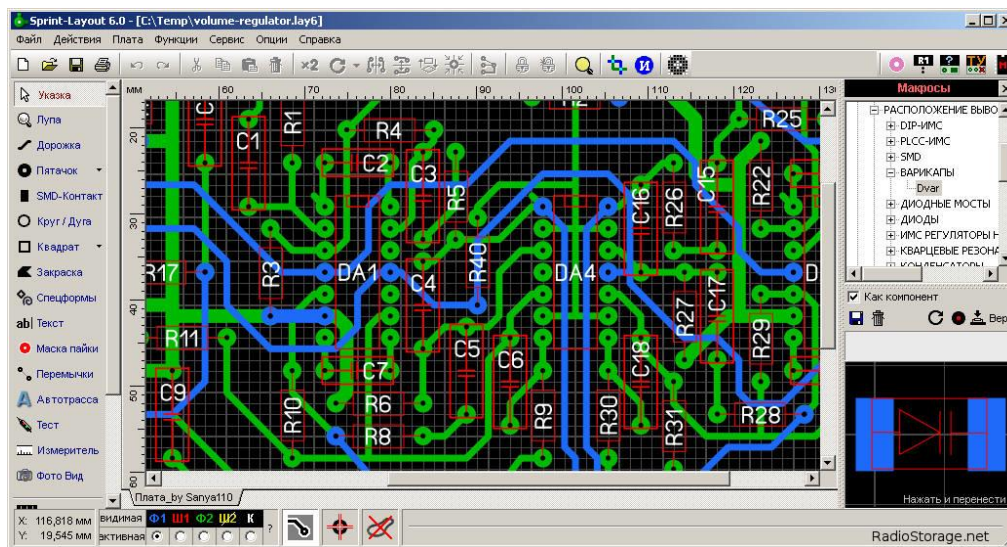
Систем для розроблення друкованих плат є багато. Вони мають в цілому схожий функціонал, проте деякі функції (зокрема, автотрасування) вони виконують дещо по-різному.



Функціонал САПР для проектування друкованих плат

1. Бібліотеки компонентів та корпусів (особливо від провідних виробників ЕРЕ).
2. Тісна інтеграція з САПР для моделювання роботи електричних принципівих схем.
3. Можливість нерозривного з'єднання компонентів (тобто з'єднання не порушується при переміщенні компонентів).
4. Можливість створення нових компонентів та їх повторного використання.
5. Можливість блокування частини схем від змін без втрати зв'язків з іншими частинами схеми.
6. Можливість авторозміщення та автовирівнювання компонентів.
7. Підтримка стандартних сіток (2.54 мм, 1.27 мм, 0.63 мм, і т.д.)
8. Наявність автороутера.
9. Підтримка якомога більшої кількості шарів.
10. Можливість створення провідників з різною шириною.
11. Можливість створювати шини провідників (актуально для розробки цифрових схем).
12. Можливість робити вимірювання довжини провідників та можливість їх автоматичного вирівнювання (актуально для ВЧ- та особливо НВЧ-пристроїв).
13. Підтримка формату GERBER (промисловий стандарт для виготовлення ДП).
14. Можливість створювати фотошаблони.

Sprint Layout

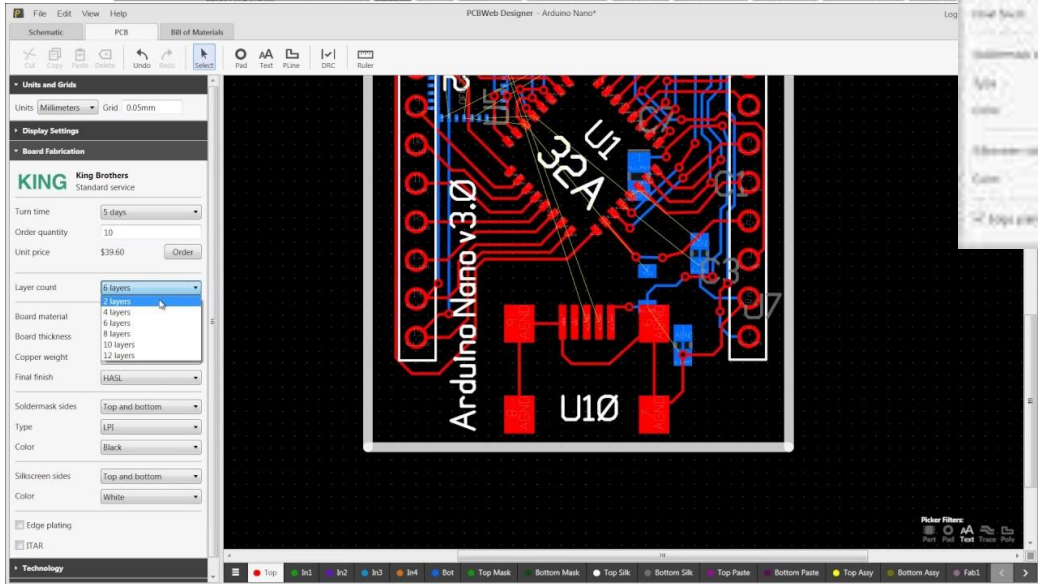
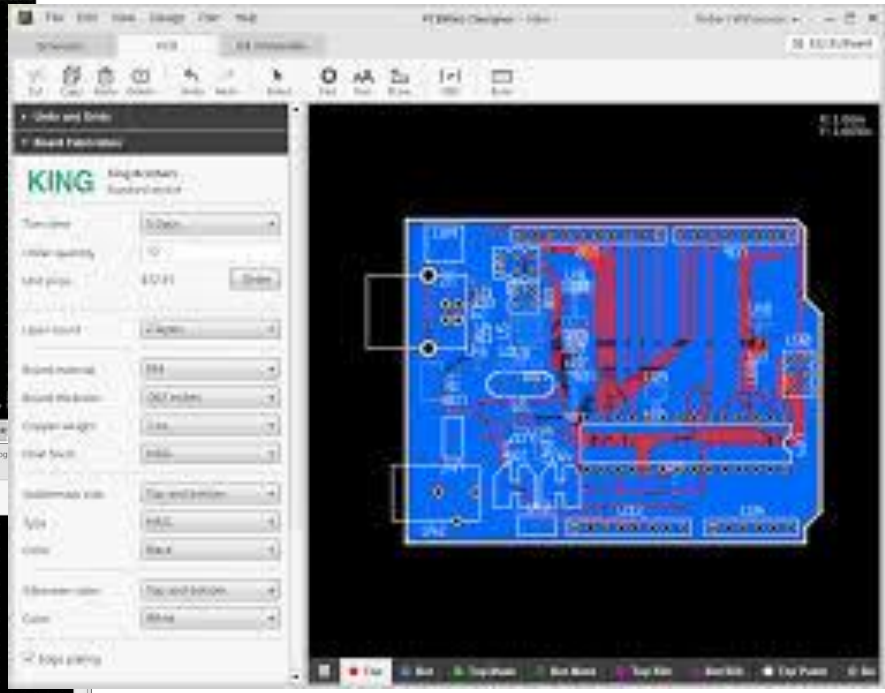
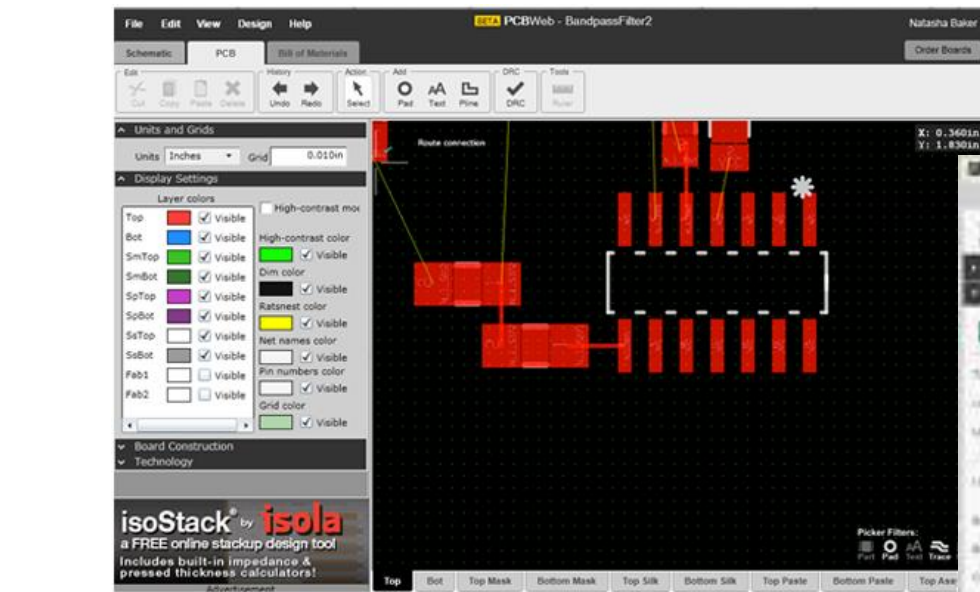


PROs:

- Freeware.
- Дуже невибагливий до апаратного забезпечення.
- Призначений для радіолюбительської практики та виготовлення плат в одиничних екземплярах, і тому має простий інтерфейс та низький поріг входження.

CONTRAs:

- Автороутер вміє розводити лише по одній трасі.
- Плати можуть мати не більше двох шарів.
- Дуже багато компонентів від багатьох виробників відсутні (але є можливість створити свій компонент).
- Немає інтеграції з якоюсь програмою для моделювання роботи електричних принципових схем (і таким чином немає можливості перевірити плату на наявність схемотехнічних помилок).



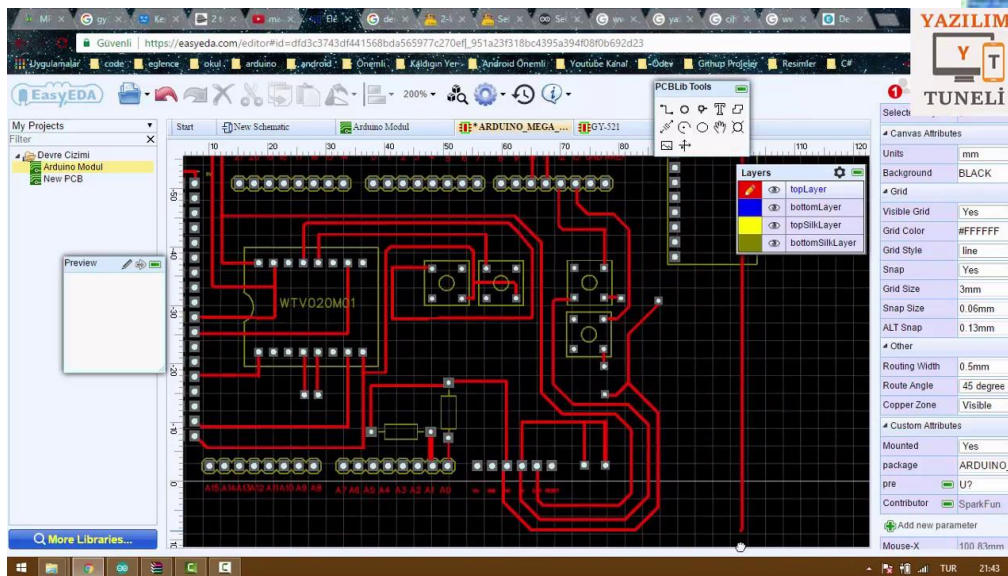
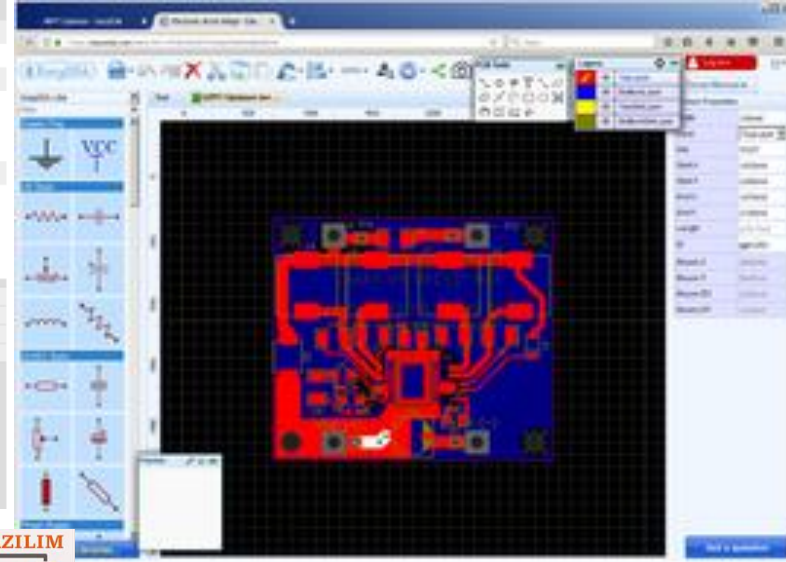
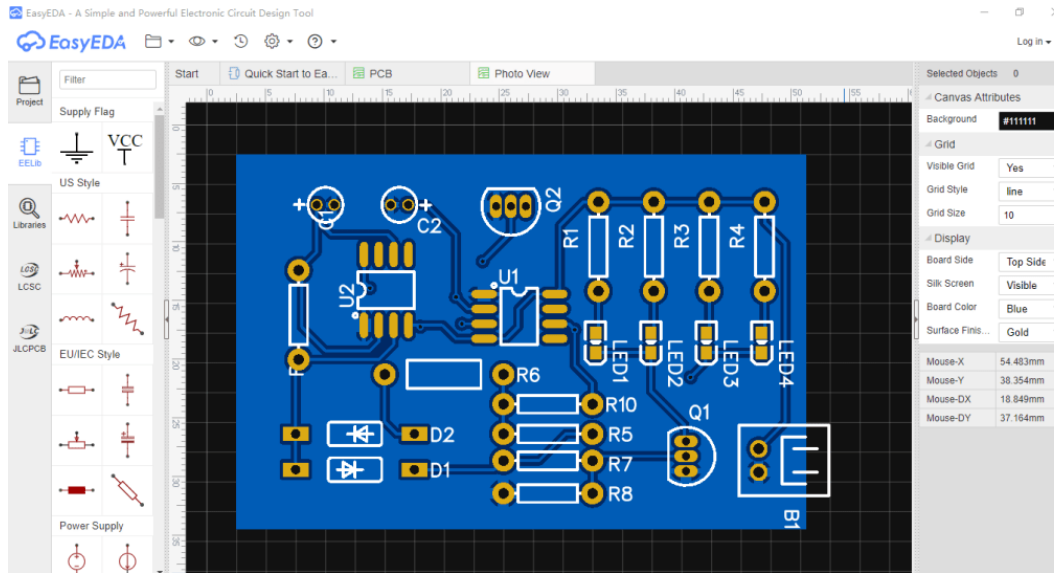
<https://www.pcbweb.com>

PROs:

- Freeware, web-додаток.
- Складається з трьох частин: Schematic, PCB та Bill of Materials.
- Підтримується компанією Digi-Key, яка є одним з найбільших дистриб'юторів EPE у світі (і тому має доволі велику бібліотеку компонентів).
- Підтримка GERBER.

CONTRAs:

- Web-додаток, тому для роботи вимагає швидкого і стабільного інтернету.
- Для роботи потребує встановлення Microsoft Silverlight (тому з-під Linux або MacOS може працювати криво).
- На форумах є скарги на лаги, кривий автороутер, відсутність можливості прокрутки робочої області (лише перетягування), деякі помилки при експорті готової плати у GERBER.



<https://easyeda.com/>

PROs:

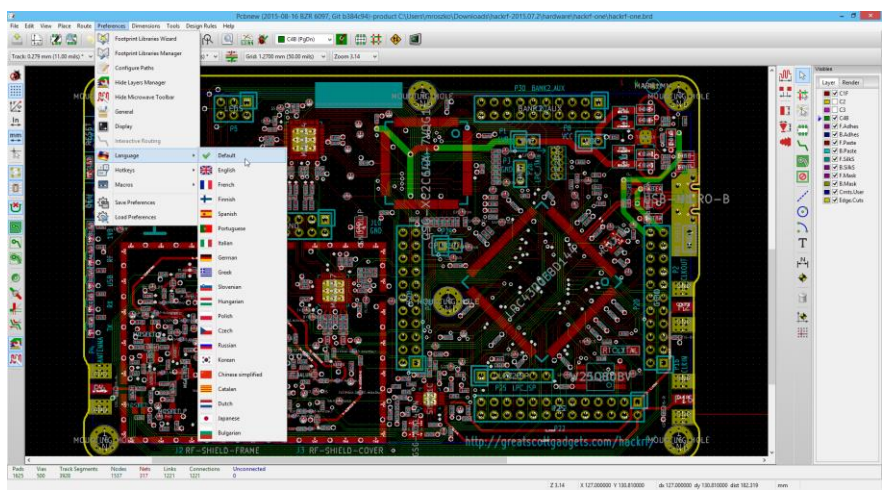
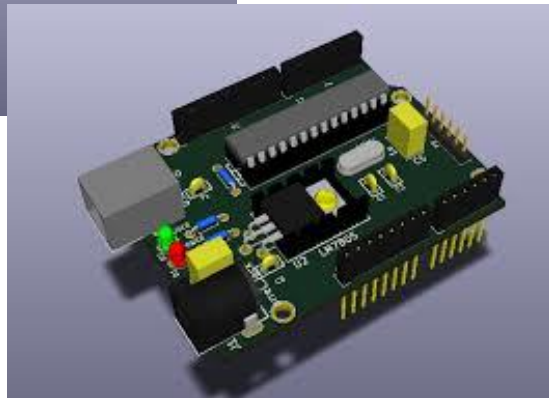
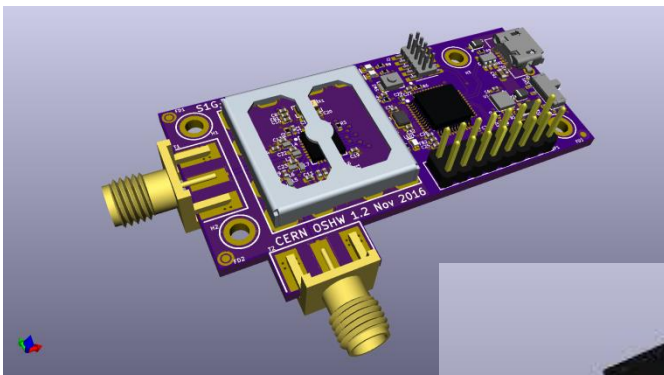
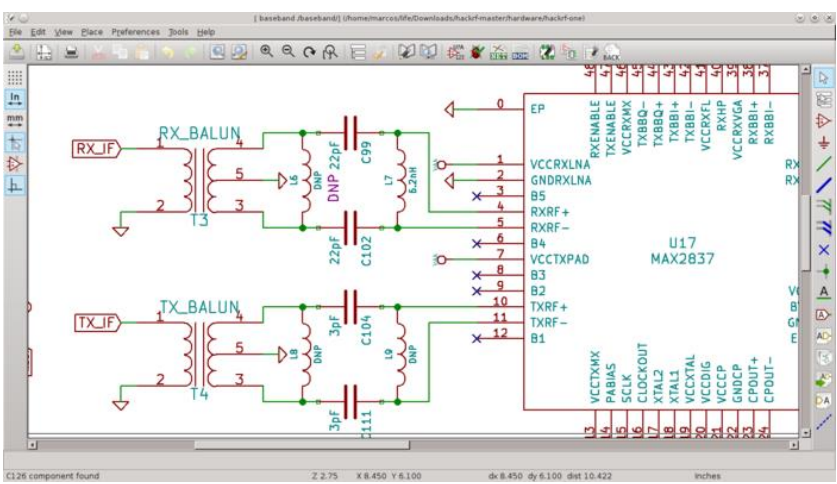
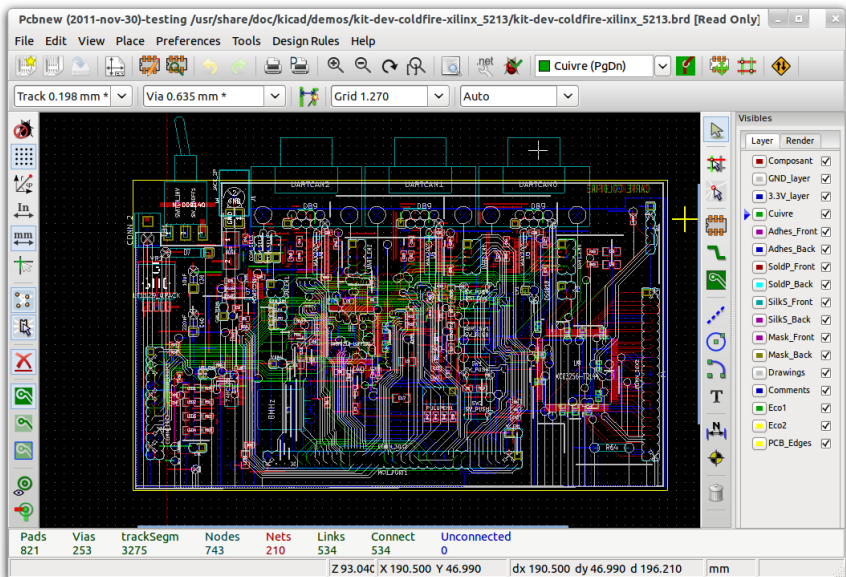
- Web-додаток, працює в будь-якому браузері з підтримкою HTML5, ніяких додаткових розширень ставити не треба.
- Має вбудований SPICE**-симулятор.
- Повна підтримка GERBER (експорт та перегляд).
- Зберігає файли на сервері, з проектів можна робити форки.
- Має вбудовану систему замовлення друкованих плат.
- Є можливість імпортувати файли з AltiumDesigner, Eagle, KiCad та LTspice.

CONTRAs:

- Web-додаток, тому для роботи вимагає швидкого і стабільного інтернету.

* EDA - *Electronic Design Automation*

** SPICE - *Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*



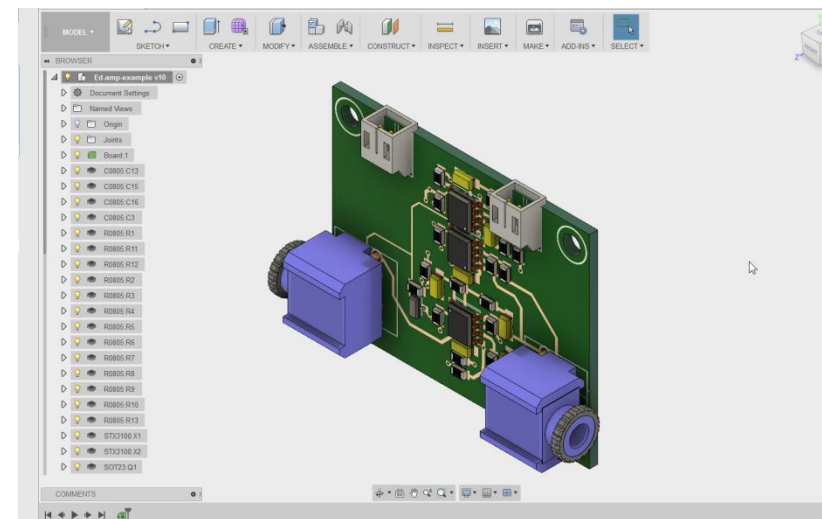
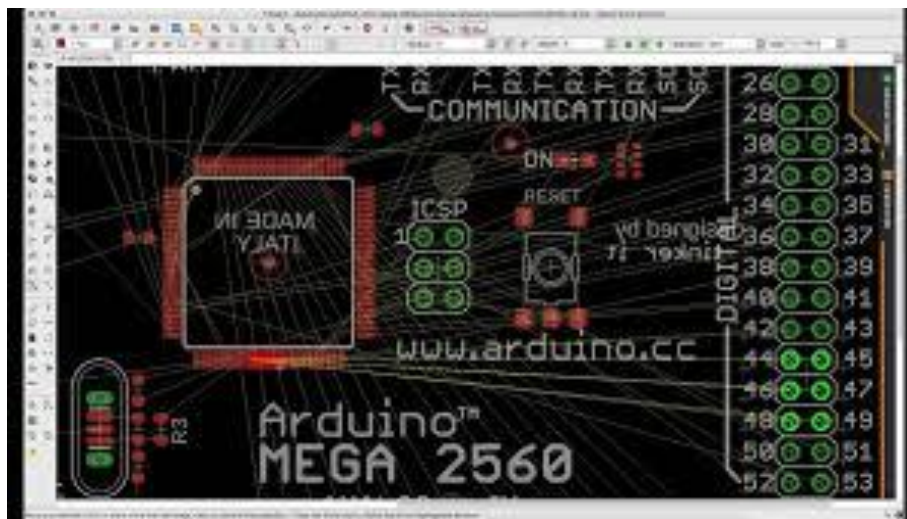
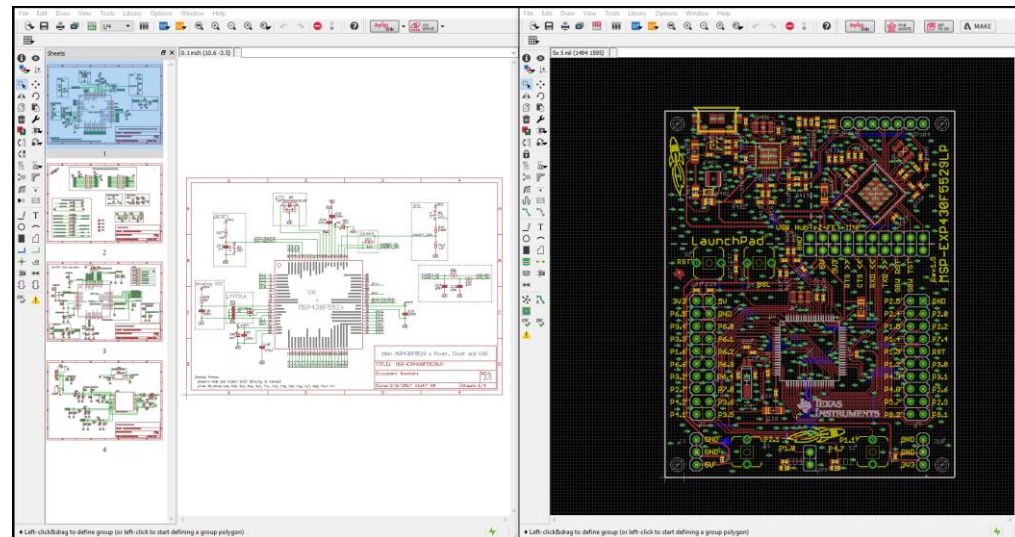
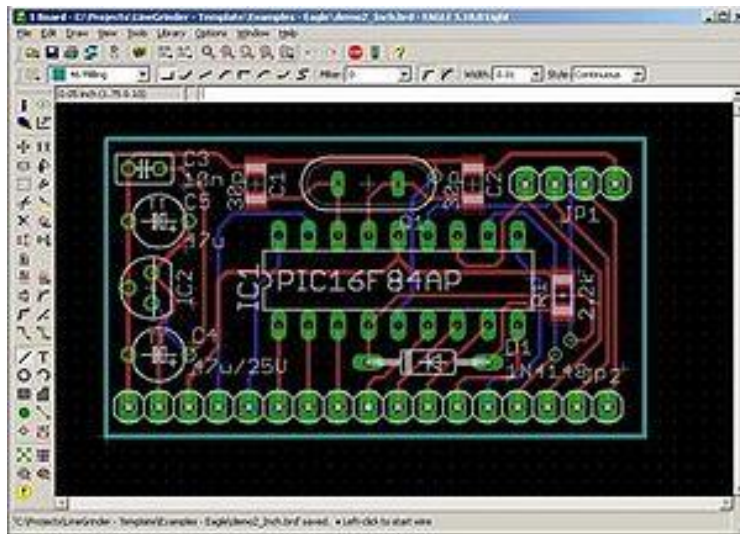
www.kicad-pcb.org

PROs:

- Freeware
- Повна підтримка GERBER (експорт та перегляд).
- Кросплатформеність (Linux, Windows, Mac OS X).
- Підтримує до 16 шарів міді та до 12 технічних шарів (шовкографія, паяльна маска тощо).
- Можливість 3D-візуалізації розробленої плати.
- Можливість експорту схеми у формат SPICE для симуляції.

CONTRAs:

- Хоча і позиціонується як **система повного циклу розробки**, але вбудованого симулятора роботи електричної схеми немає.
- Дехто нарікає на незручний та неінтуїтивно зрозумілий інтерфейс.



<https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>

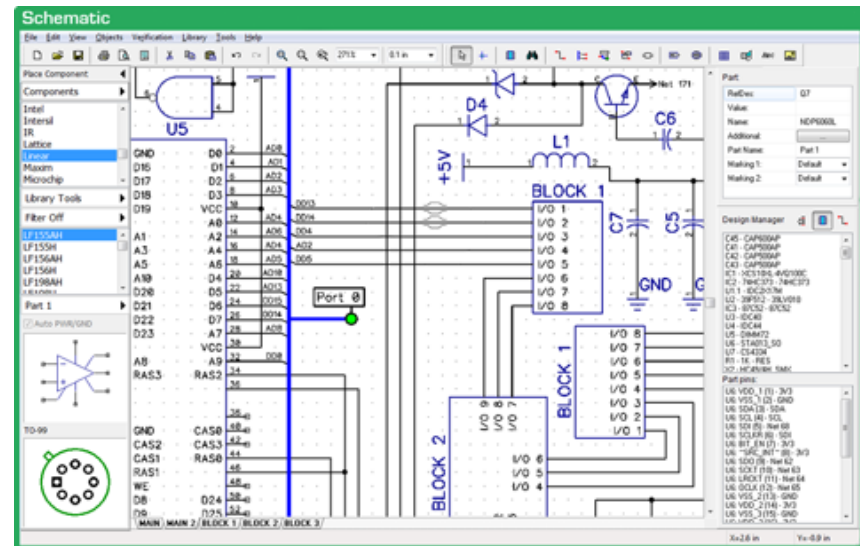
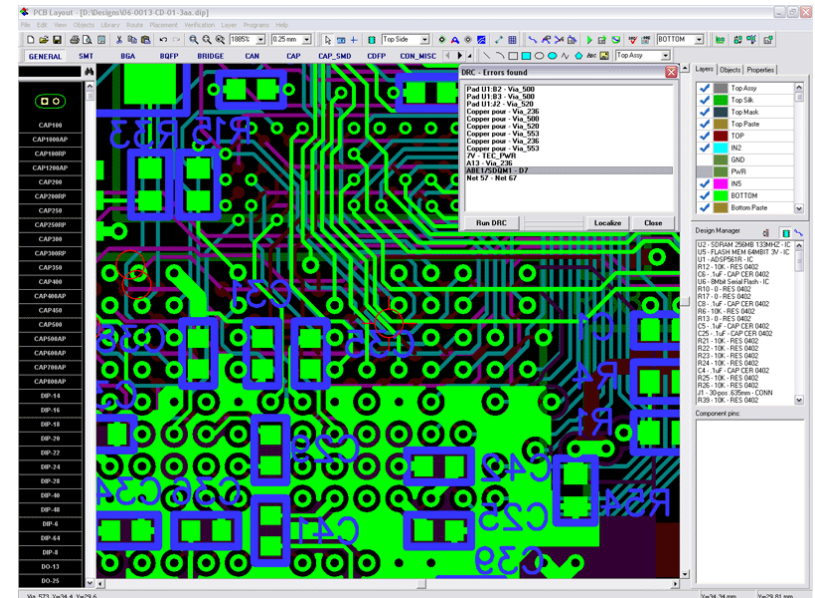
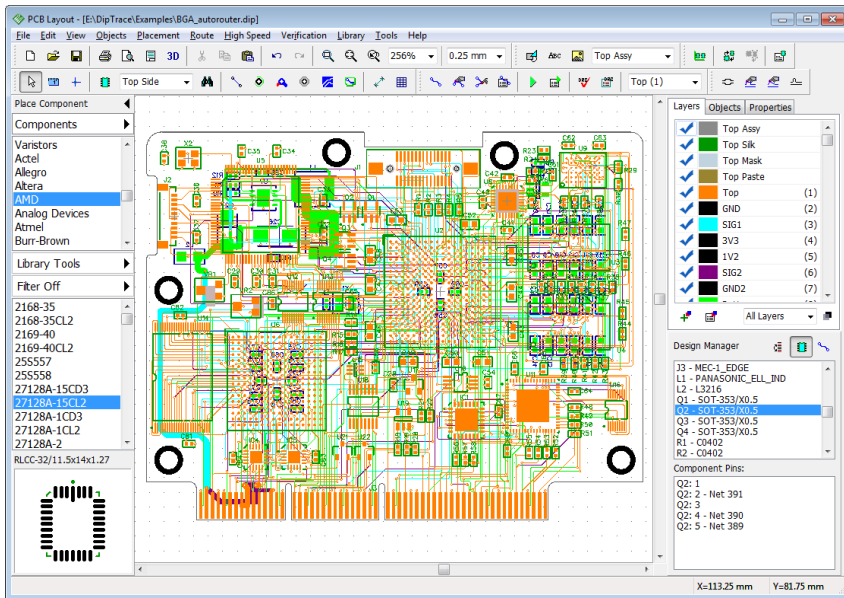
PROs:

- Freeware
- Повна підтримка GERBER (експорт та перегляд).
- Можливість 3D-візуалізації розробленої плати.
- Кросплатформеність (Linux, Windows, Mac OS X).
- Має вбудований САМ-процесор (для виготовлення ДП).
- Має безкоштовну пробну версію.

CONTRAs:

- Немає. Безумовний світовий лідер серед дешевого САПР для розробки ДП.

Dip Trace

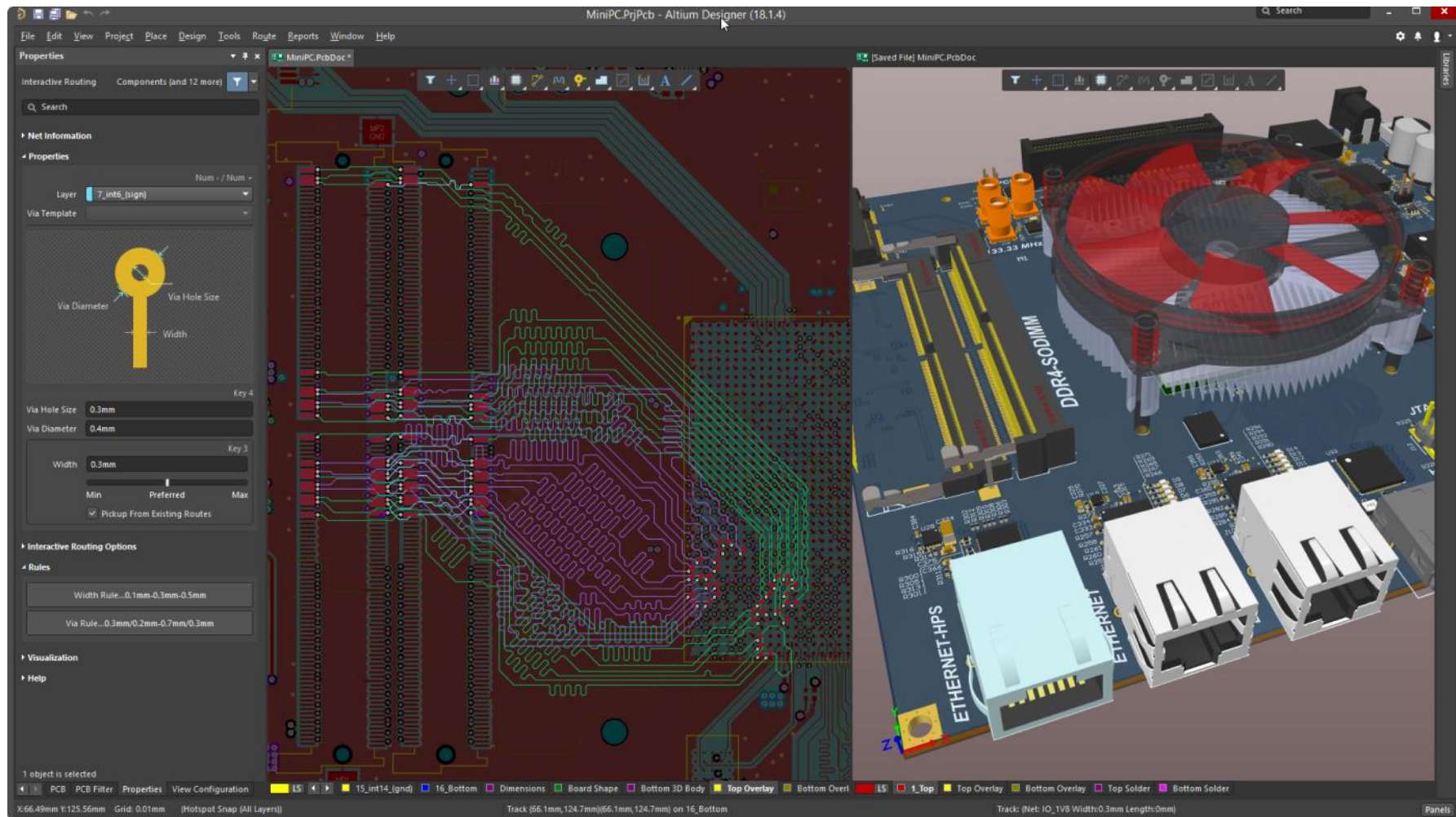


PROs:

- Повна підтримка GERBER (експорт та імпорт).
- Можливість 3D-візуалізації розробленої плати.
- Має кілька вбудованих автороутерів + зручність їх налаштування.
- Доступний у різних цінових категоріях для різних об'ємів розробки.
- Має дуже простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс (вважається однією з найпростіших в освоєнні EDA-систем).

CONTRAs:

- Погано сумісний з іншими системами - зокрема, немає можливості перевірити роботу схеми в якомусь симуляторі.



WIFI_miniPCle.PjPcb - Altium Designer (18.0.10)

Projects

- Allium Content Vault
- KC7A100T-1FGG484I
- Workspacet_DonWik
- MiniPC-PjPcb *
- Source Documents
- MiniPC_PcbDoc *
- MiniPC_Func.SchDoc
- MiniPC_board_assembly.PCBdwr
- MiniPC_Drill.PCBdwr
- MiniPC_BomDoc
- Settings
- Libraries
- Generated
- Components
- Nets
- WIFI_miniPCle.PjPcb
- Source Documents
- Connector_Wifi.SchDoc
- WIFI.PcbDoc *
- WIFI.PCBdwr
- WIFI_miniPCle.BomDoc
- WIFI_panel.PcbDoc
- WIFI_panel.PCBdwr

Properties

Board Components (and 12 more)

Selection Filter

All objects

Components 3D Bodies Keepouts Tracks Arcs

Pads Vias Regions Polygons Fills Texts

Rooms Other

Snap Options

Snap to Grids

Snap to Guides

Snap to Object Axes

Snap to Object Hotspots SHIFT+E

All Layers Current Layer OFF

Snap to Board Outline

Snap Distance: 0.1mm

Board Information

Board Size

Horizontal: 175mm Vertical: 155mm

Components		Primitives & Others	
Total:	1046	Arcs:	227
Top:	368	Fills:	574
Bottom:	678	Pads:	6010
Layers:	Total: 16	Strings:	35
	Signal: 16	Tracks:	48284
		Vias:	4032
Nets:	Total: 877	Polygons:	67
	Unrouted: 0	Pad/Via Hole:	4286
		DRC Violations:	1673

Grid Manager

Guide Manager

Other

0 of 1 objects are displayed

PCB PCB Rules And Violations Projects

1.5x 1 Top 2_int1_gnd 3_int2_ipower 4_int3_gnd 5_int4_sigrn 6_int5_ipower 7_int6_sigrn 8_int7_ipower 9_int8_gnd 10_int9_sigrn 11_int10_gnd 12_int11_sigrn

3.38.24mm Y:79.84mm Grid: 0.01mm (Hotspot Snap (All Layers))

Track (37.5mm,79.725mm)(38.592mm,79.725mm) on 1_Top

Track (Net: DDR4_SODIMM_A3 Width:0.25mm Length:1.092mm)

Altium Designer

File Edit View Project Place Tools Window Help

Properties X56SOM_carrier_board.PcbDoc X56SOM_carrier_board_for_screenshot.PCBdwt

Document Options

Q Search

General Parameters Page Options

General

Grid Size 1.0000mm

Show Grid

Snapping Shift+E

- Snap to Grid
- Snap to Vertices
- Snap to Boundaries
- Snap to Line centers
- Snap to Circle centers
- Snap to Visible primitives

Snapping Distance 3.0000mm

Document Font Arial, 14

Sheet Border

Sheet Color

Variants Display MeshBox

Pattern

Source

PCB Document X56SOM_carrier_board

Variants [All Variants]

Scale 1:1

Line Styles

Name	Value	Appearance
Solid		
Dashed	2,5,1,2,5	
Phantom	12,5,2,5,2,5,2,5,2,5,2,5	
Chain	12,5,2,5,2,5,2,5	
Center	30,2,5,2,5,2,5	
Stitch	1,1,2,5	

Line Thicknesses

Name	Value	Appearance
Thin	0.1000mm	
Normal	0.2000mm	
Thick	0.5000mm	

1 object is selected

Projects Properties

X: 426.385mm, Y: 401.960mm

Top View (1:1)

View from Right side (Scale 1:100)

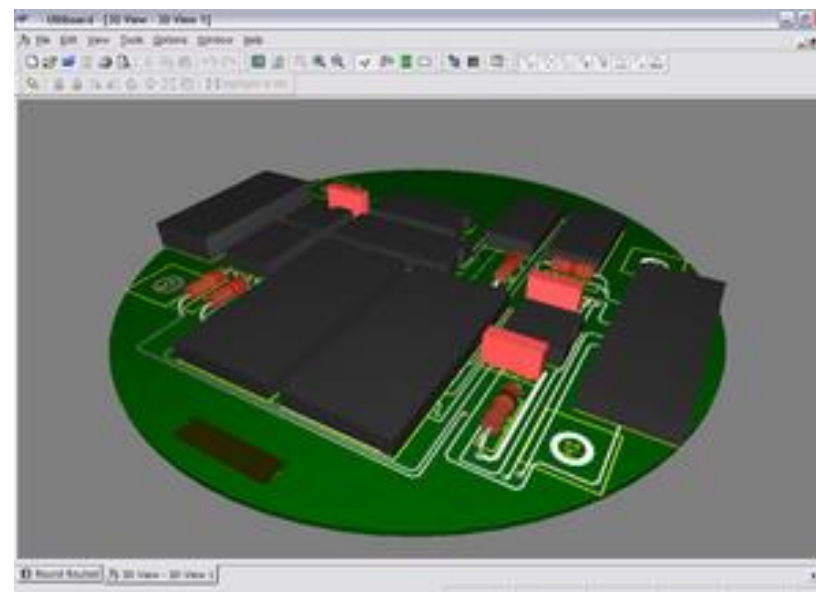
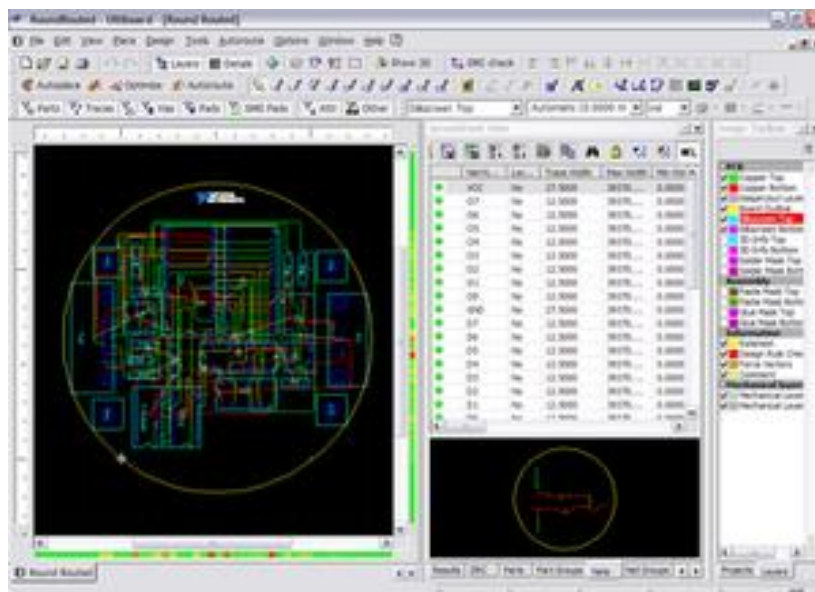
Layer Stack Legend

Material	Layer	Thickness	Dielectric Material	Type	Order
Copper Internal	Top Overlay	0.178mm	FR-4	Layer	010
Copper Internal	Top Solder	0.050mm	FR-4	Layer	011
Prepreg	Pre Layer	0.100mm	FR-4	Dielectric	012
Core	Core	0.850mm	Cow-042	Dielectric	013
Prepreg	Pre Layer	0.100mm	FR-4	Dielectric	014
Copper Internal	Bottom Solder	0.050mm	FR-4	Layer	015
Copper Internal	Bottom Overlay	0.178mm	FR-4	Layer	016
Total Thickness		1.375mm			

Transmittance Line Structure Table

Implementation of Transmission Line	Target Impedance	Calculated Impedance	Trace Layer	Lower Trace Width	Upper Trace Width	Predefined Layer	Substrate
1. Coarse Microstrip	50.00	50.00	Top Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
2. Edge-Coupled Coarse Microstrip	50.00	50.00	Top Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
3. Edge-Coupled Coarse Microstrip	50.00	50.00	Top Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
4. Edge-Coupled Coarse Microstrip	50.00	50.00	Top Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
5. Edge-Coupled Coarse Microstrip	50.00	50.00	Top Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
6. Coarse Microstrip	50.00	50.00	Bottom Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
7. Coarse Microstrip	50.00	50.00	Bottom Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
8. Edge-Coupled Coarse Microstrip	50.00	50.00	Bottom Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
9. Edge-Coupled Coarse Microstrip	50.00	50.00	Bottom Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
10. Edge-Coupled Coarse Microstrip	50.00	50.00	Bottom Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
11. Edge-Coupled Coarse Microstrip	50.00	50.00	Bottom Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack
12. Edge-Coupled Coarse Microstrip	50.00	50.00	Bottom Layer	0.150mm	0.150mm	SP-0.150mm-D	Board Layer Stack

Snapping: Enabled



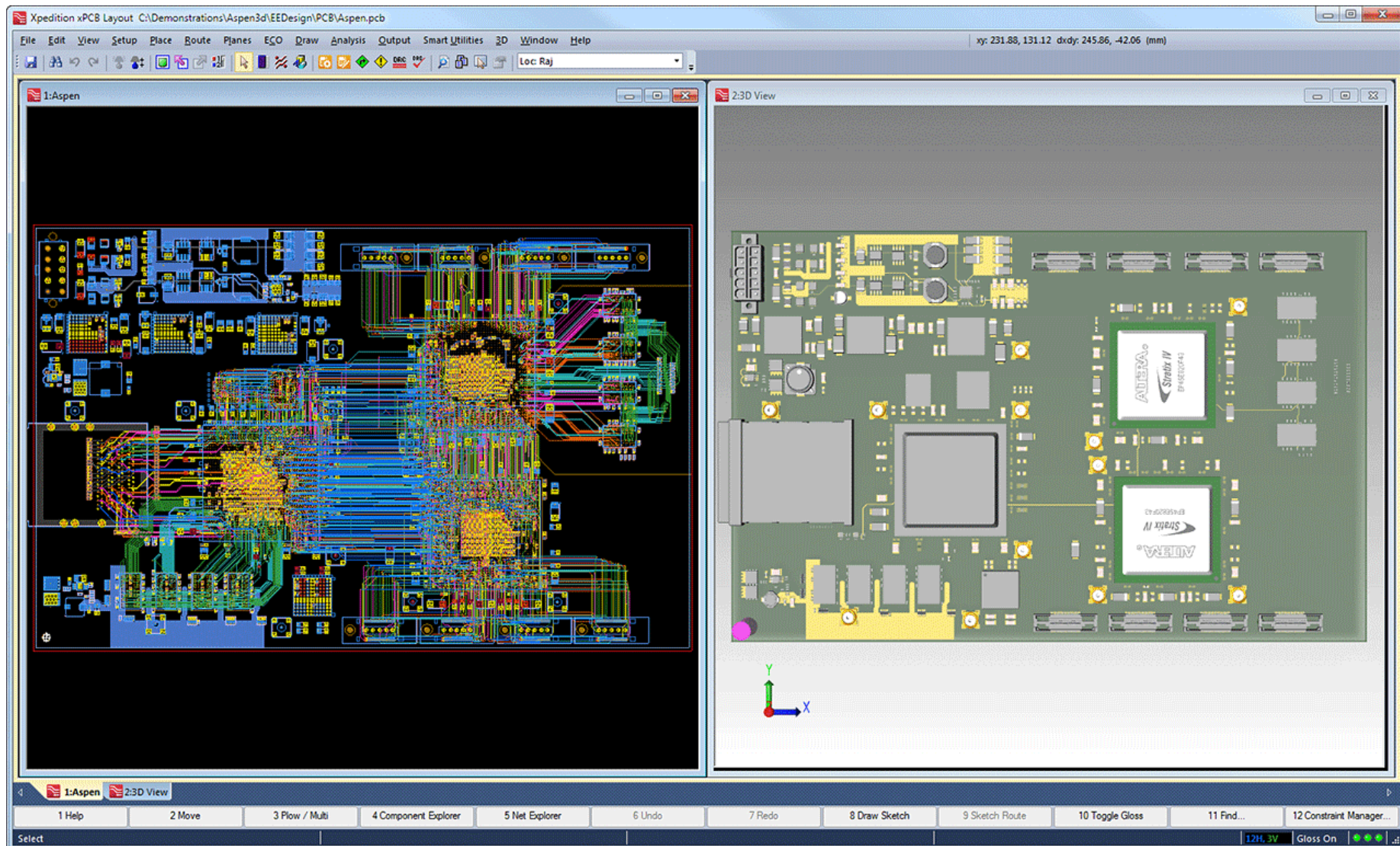
Є доповненням до NI Multisim.

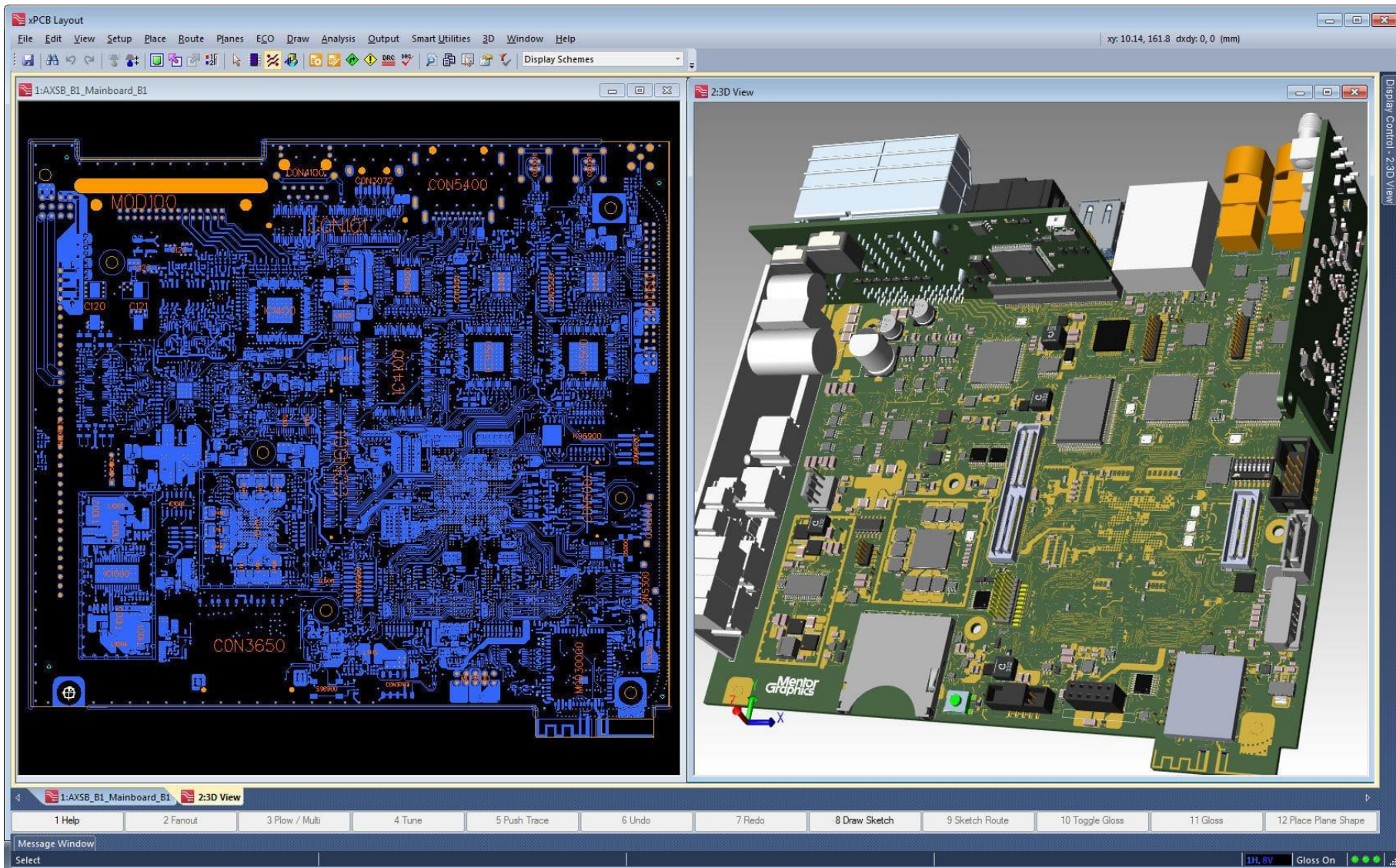
PROs:

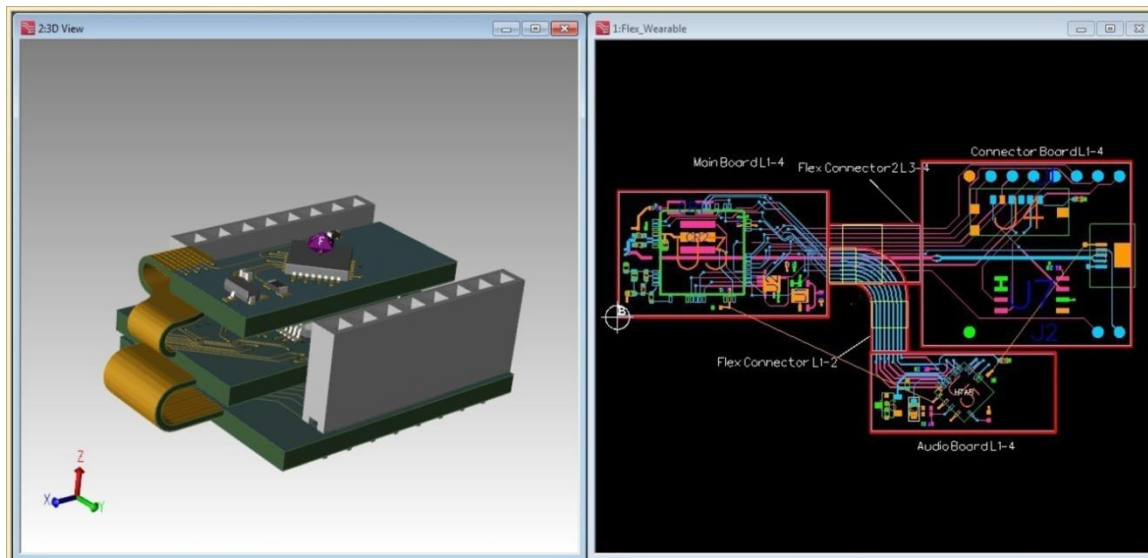
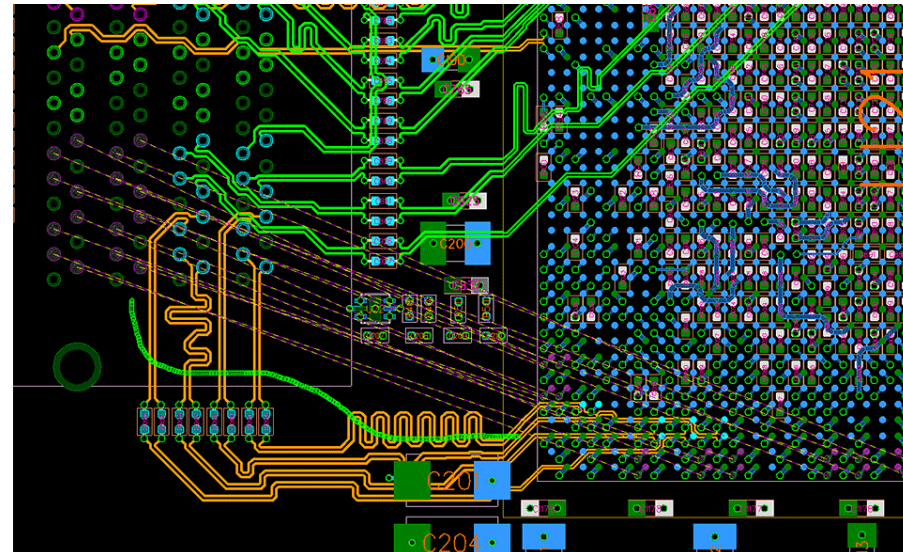
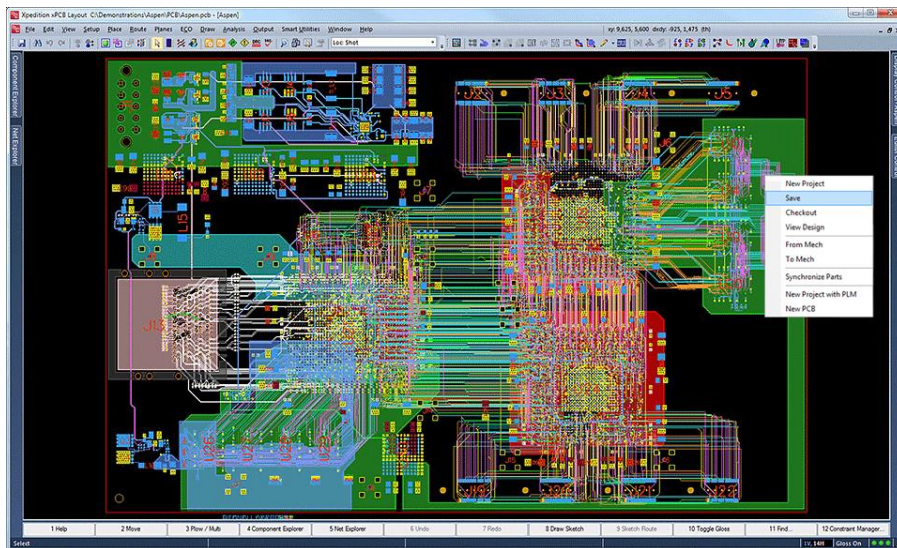
- Повна підтримка GERBER (експорт та імпорт).
- Можливість 3D-візуалізації розробленої плати.

CONTRAS:

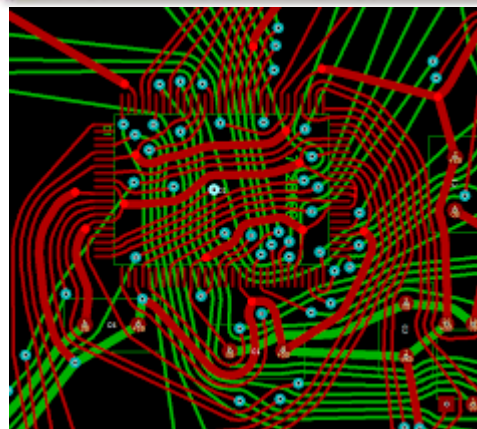
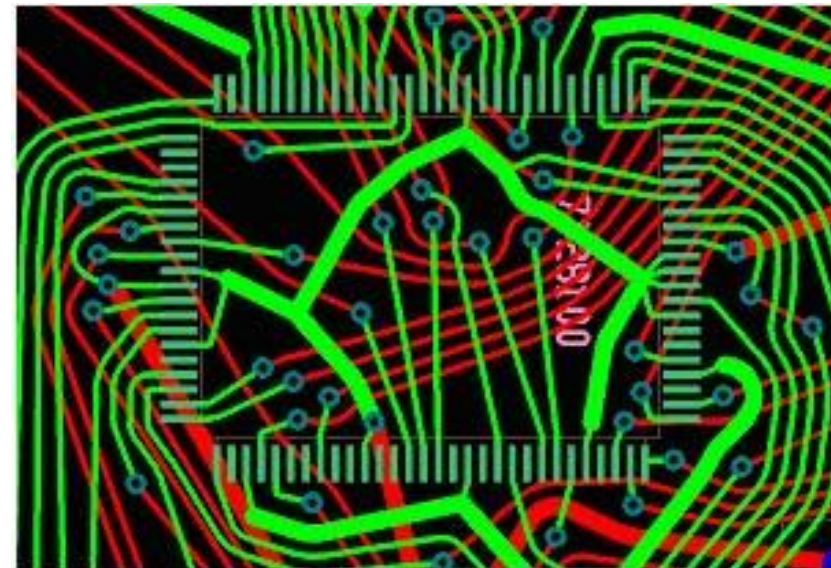
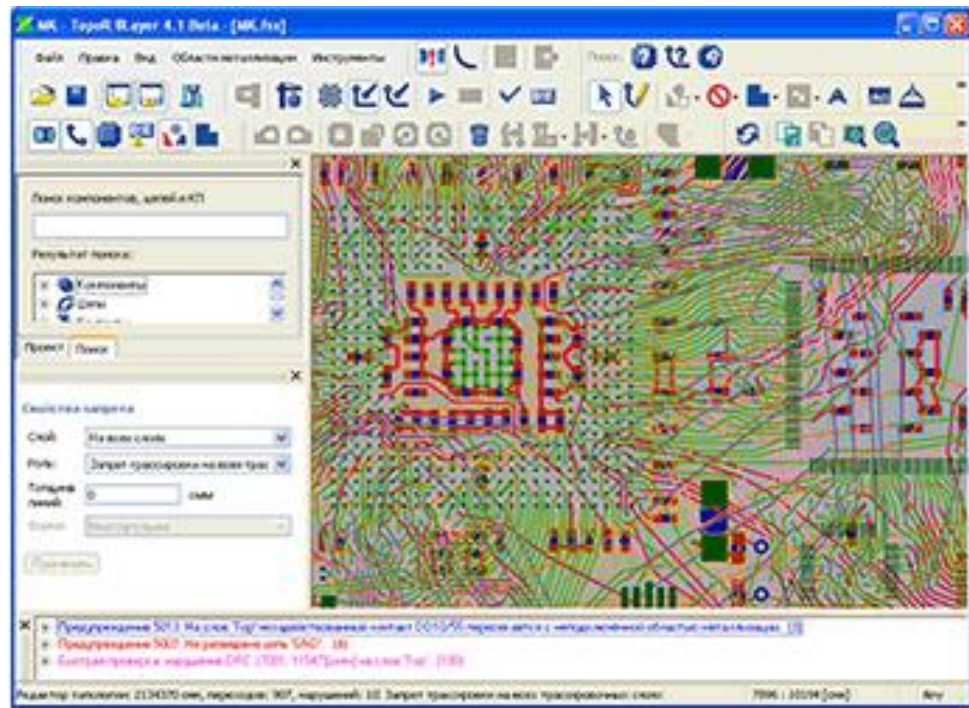
- Незважаючи на широкий функціонал та зручність використання, не є вельми поширеним.

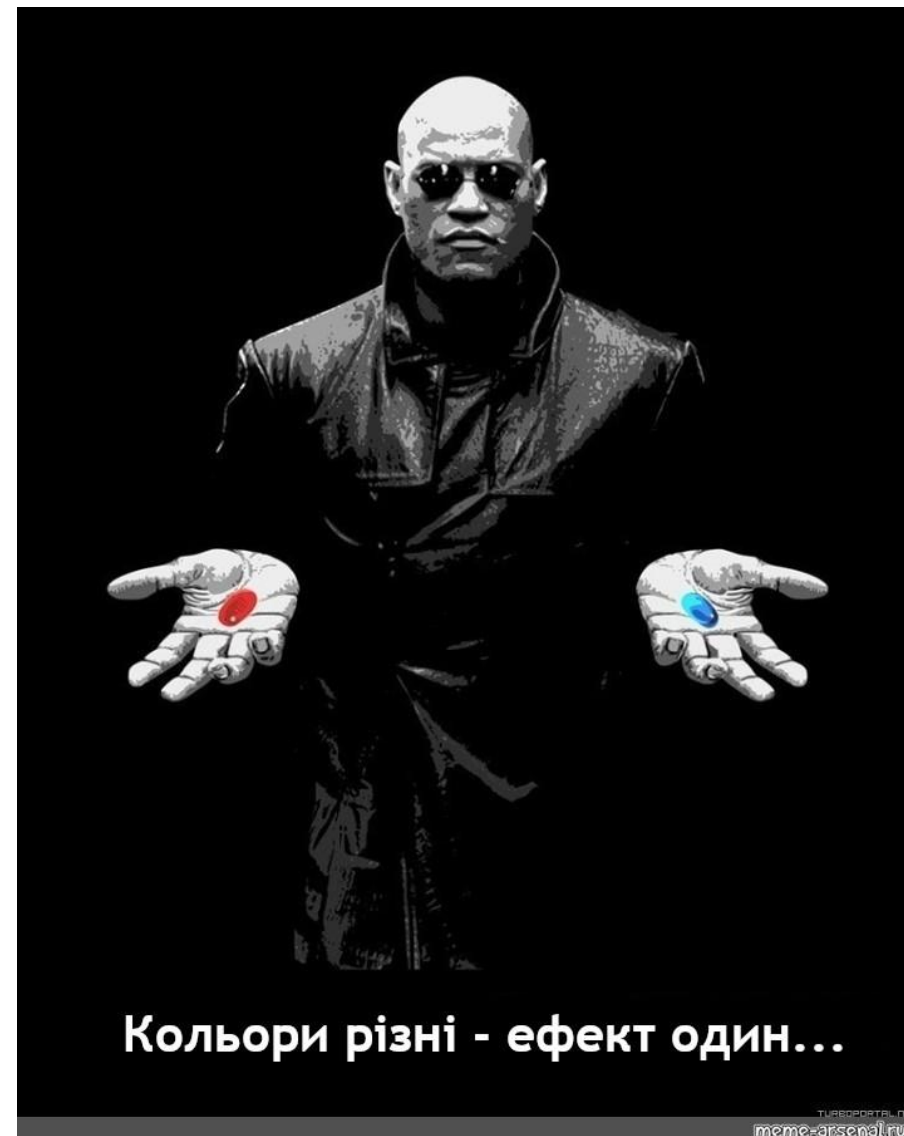
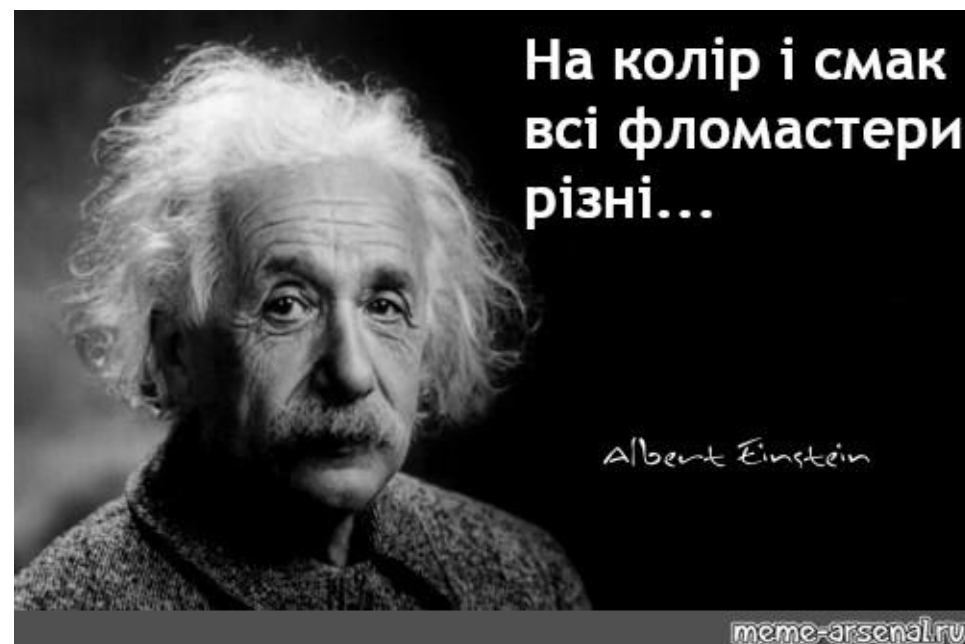






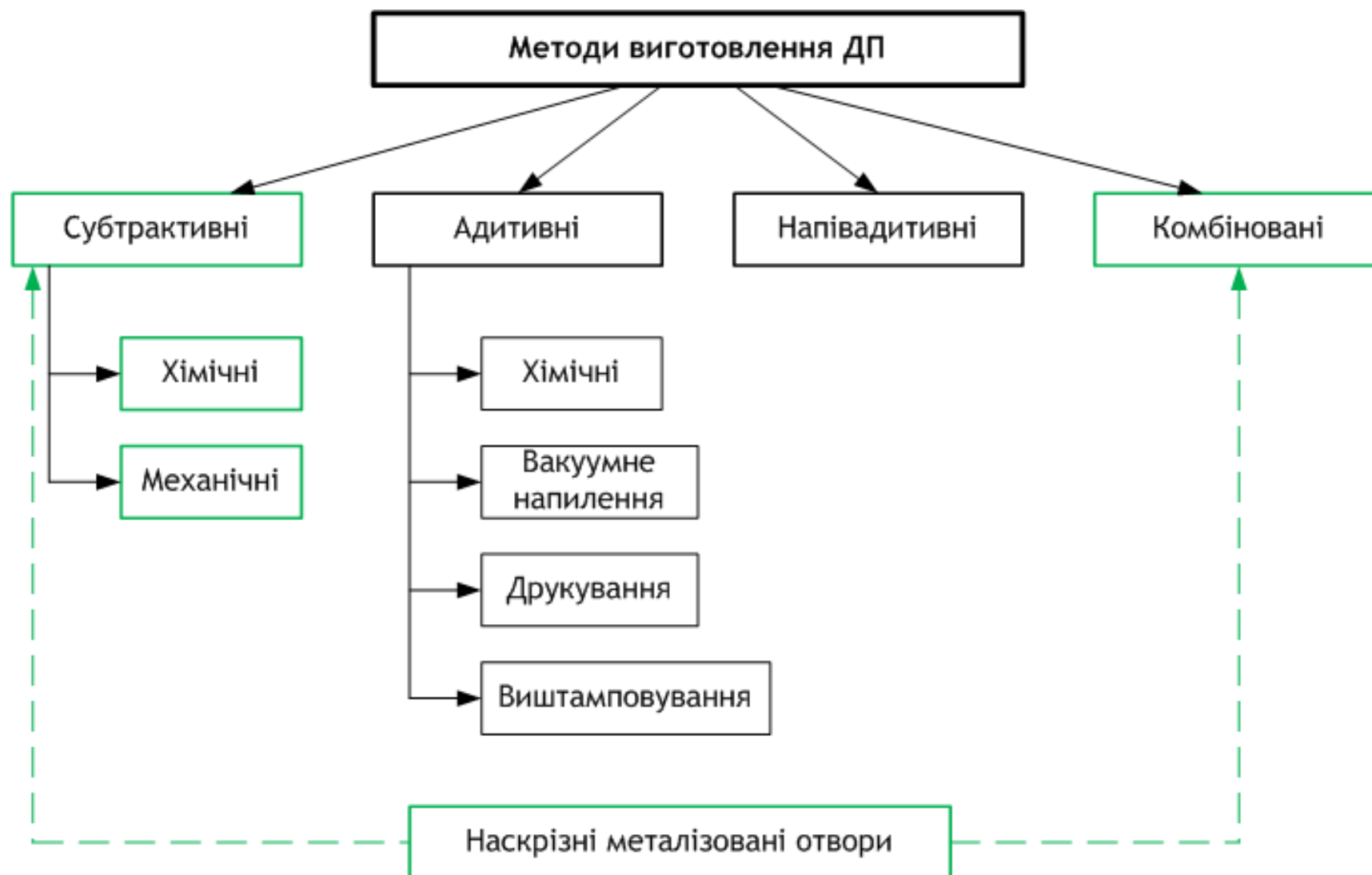
Найдорожчий та найфункціональніший пакет програм для розробки електроніки. Використовується винятково для проектування процесорів, материнських плат та ще більш складних пристроїв...





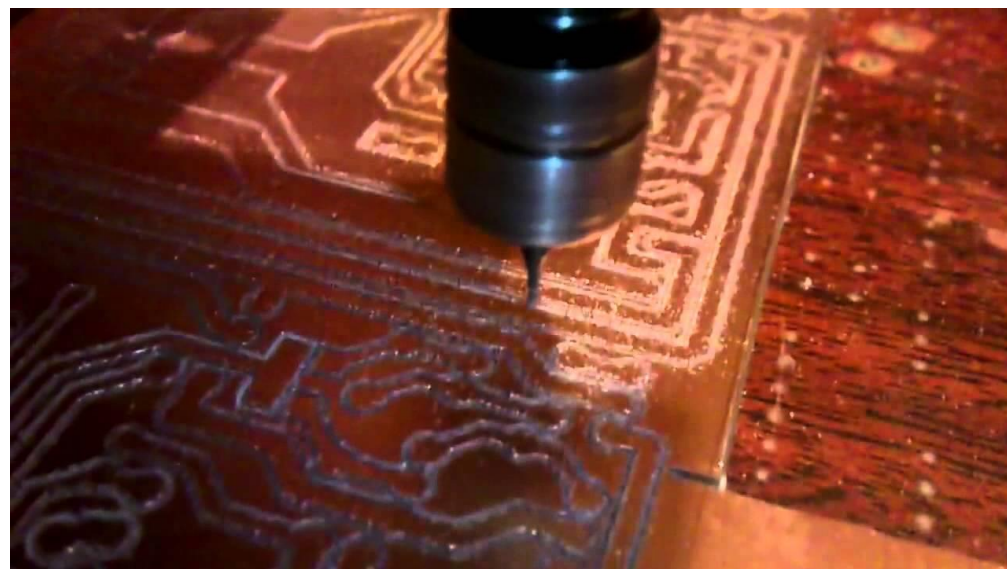
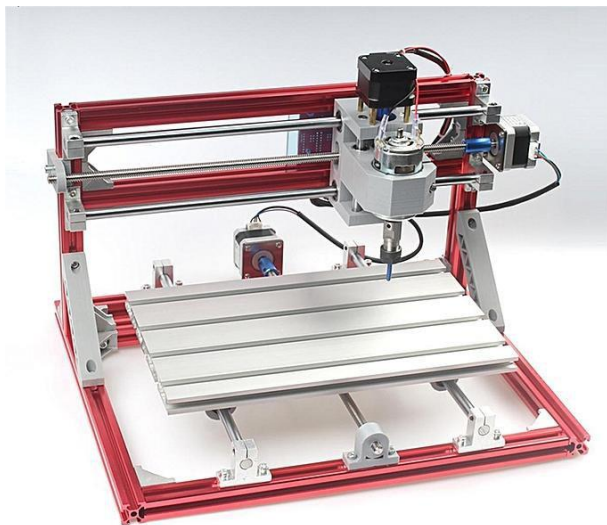
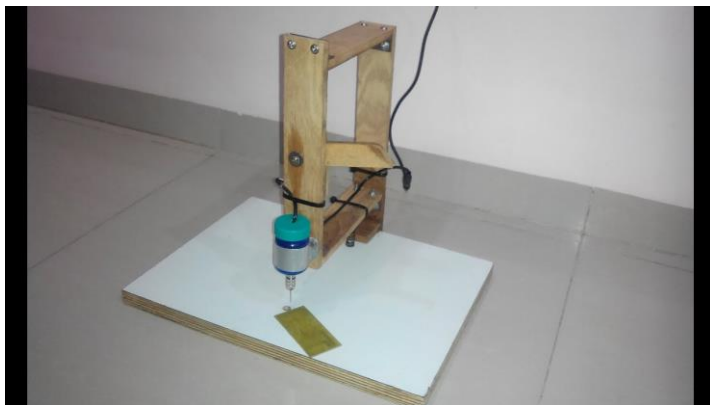
5.2 Виробництво ДП

Класифікація методів виготовлення



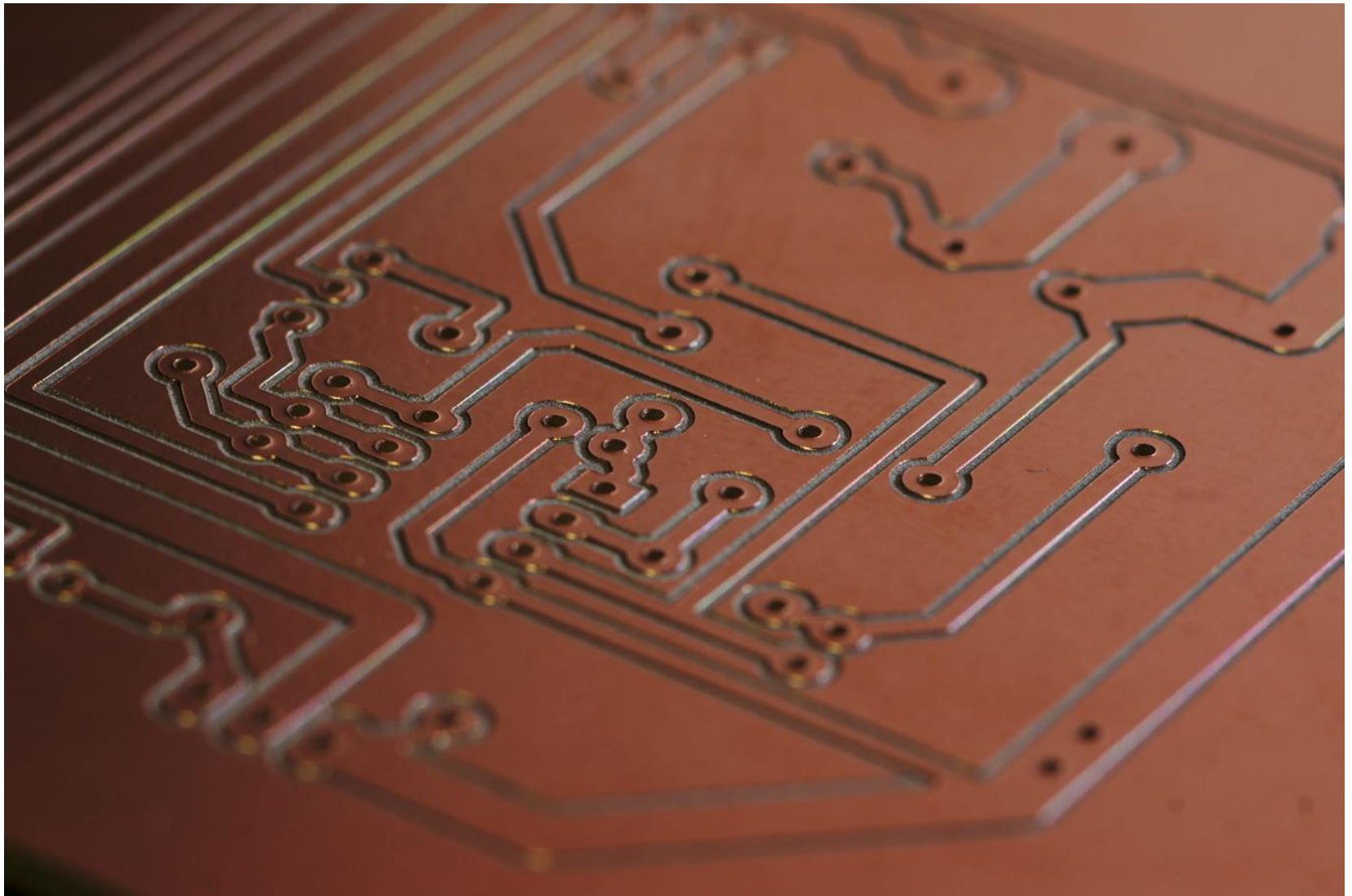
Субтрактивні методи Механічний

Гравірування та фрезерування



Субтрактивні механічні методи

Результат



Переваги:

1. Простота підготування заготовки
2. Виготовлення ДП будь-якого класу точності

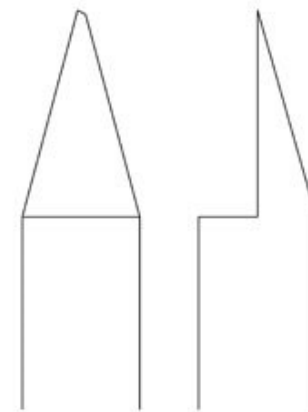
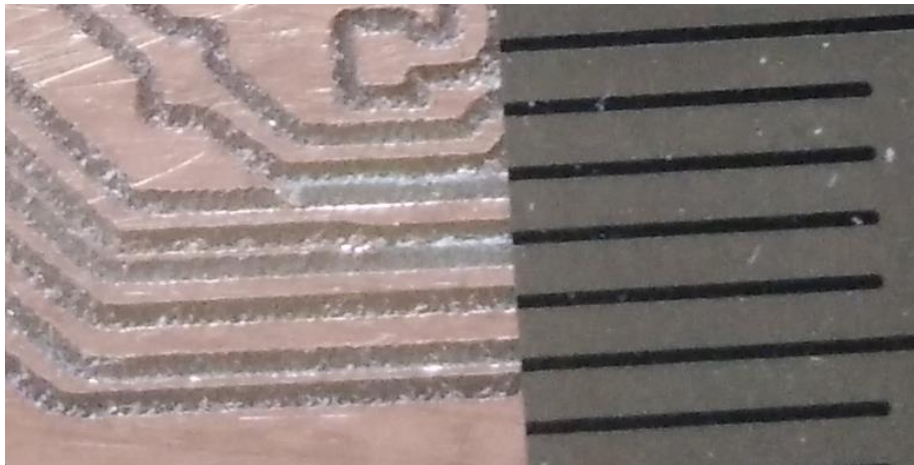
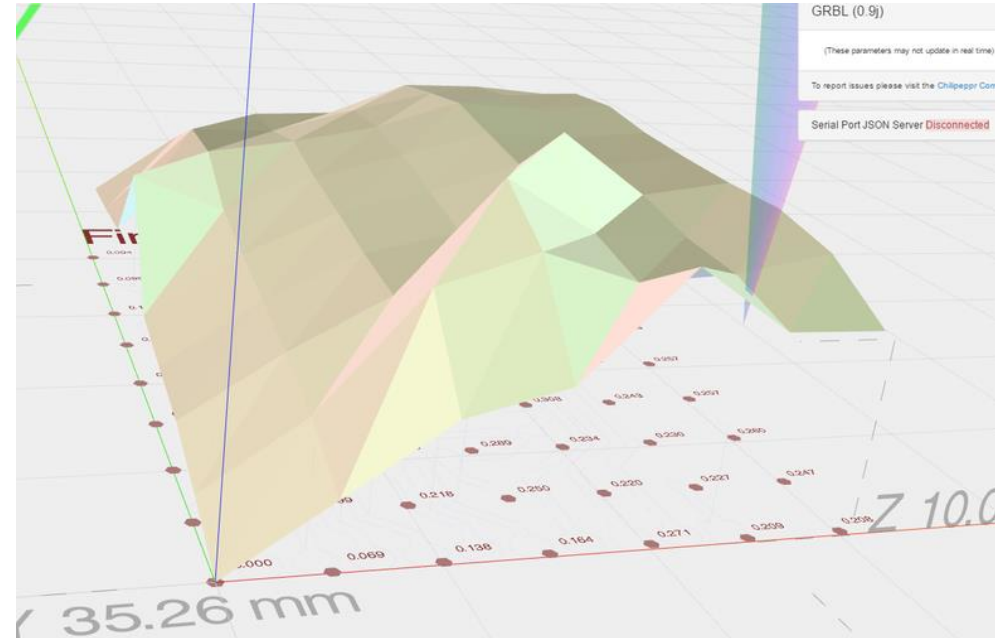
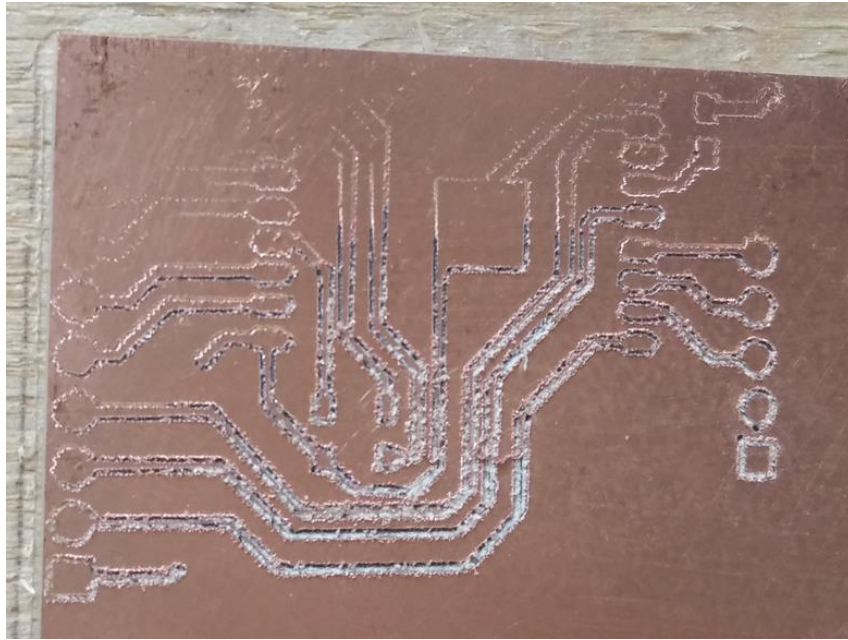
Недоліки:

1. Неможливість швидкого виготовлення великих партій
2. На результат дуже сильно впливає нерівність поверхні заготовки
3. Не всякий фрезер підходить для такої роботи - для вибирання міді потрібно не менше 30000...50000 об/хв.
4. Шум та утворення пилу під час роботи

Резюме:

При наявності правильного фрезера метод ідеально підходить для малих об'ємів виробництва. При наявності рівного матеріалу також можливе виготовлення багатошарової ДП шляхом склеювання кількох шарів. Наскрізну металізацію отворів доводиться робити окремо.

Механічний метод виготовлення ДП “Підводні камені”



Найбільш поширений на сьогоднішній день. Є можливість одразу виконати наскрізну металізацію отворів. Однаково підходить як для одиничних виробів, так і для масового виробництва.

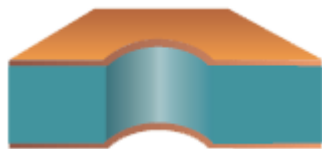
Етапи:



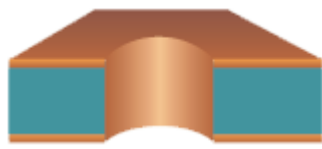
1. Підготування заготовки



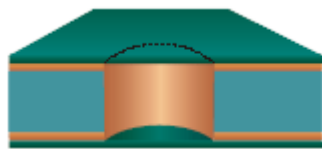
2. Свердління отворів



3. Зачистка отворів



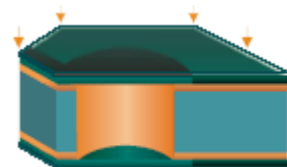
4. Хімічне осадження тонкого шару міді на отвори



5. Нанесення плівкового фоторезисту



6. Суміщення шаблону фотопозитиву



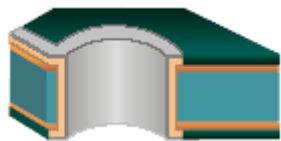
7. Експонування (засвітлення) фоторезиста



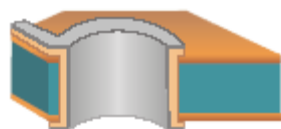
8. Проявлення фоторезиста



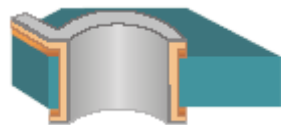
9. Гальванічне (електрохімічне) осадження міді на внутрішню поверхню стінок наскрізно металізованих отворів



10. Гальванічне осадження металорезисту (для захисту від травлення)



11. Видалення фоторезисту (на отворах та провідниках залишається металорезист)



12. Травлення міді



13. Видалення металорезисту



14. Нанесення паяльної маски
15. Залужування

Переваги:

1. Виготовлення ДП до 4-го класу точності включно
2. Можливість одразу виконати наскрізну металізацію отворів
3. Універсальний метод - однаково підходить для одиничних та серійних виробів
4. Існує багато модифікацій цього методу (фоторезистивний позитивний та негативний, метод лазерної праски, метод трафаретів, метод друкованої маски...)

Недоліки:

1. Потреба у спеціальній утилізації хімічних розчинів
2. Потреба у контролі температури та концентрації травильного розчину (ці параметри сильно впливають на результат)
3. Потреба у спеціально обладнаних приміщеннях (обов'язкова наявність витяжки)



<https://jlcpcb.com/>

FR-4

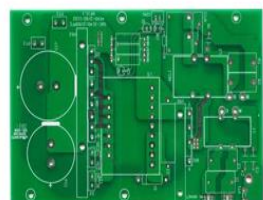


Copper
Prepreg
(epoxy resin & glass fiber fabric)
Copper

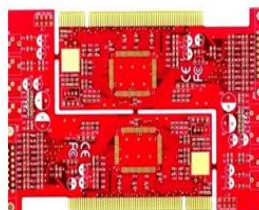
4 Layer PCB:



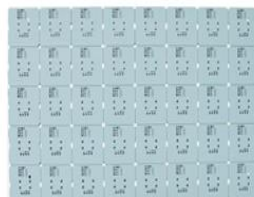
Top Layer : 10Z/0.035mm
Layer 2
Layer 3
Bottom Layer : 10Z/0.035mm



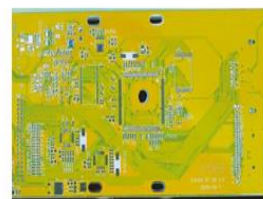
Green



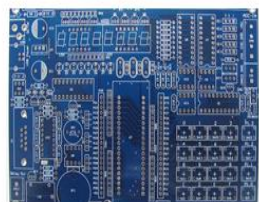
Red



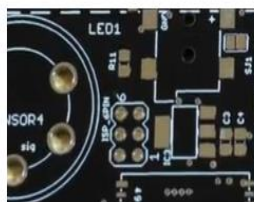
White



Yellow



Blue

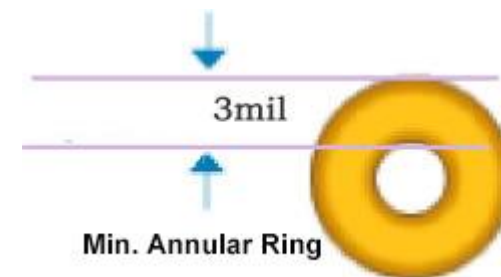
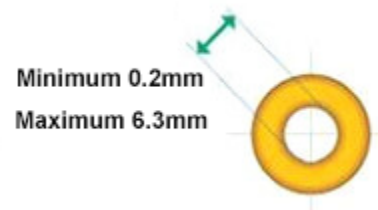
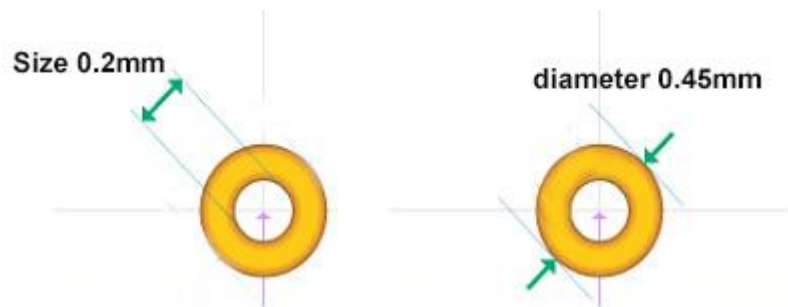
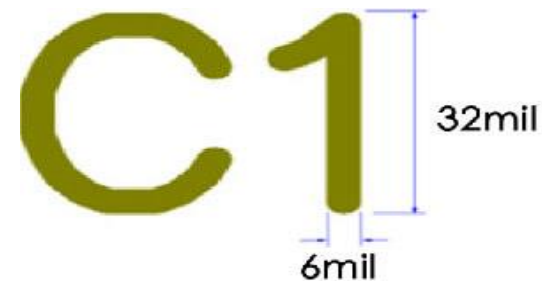
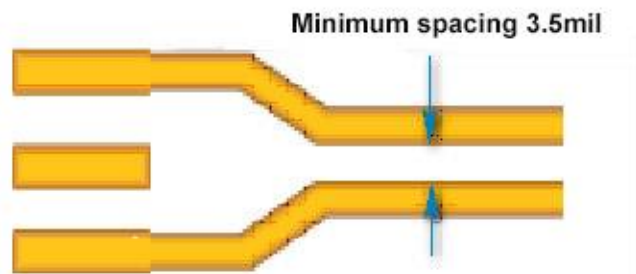
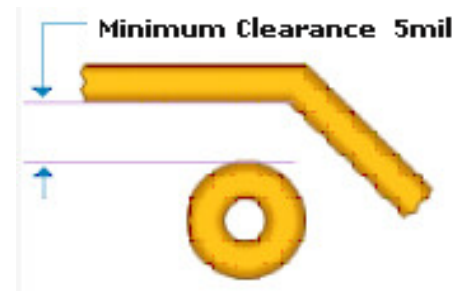
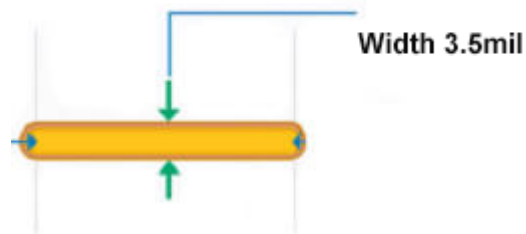


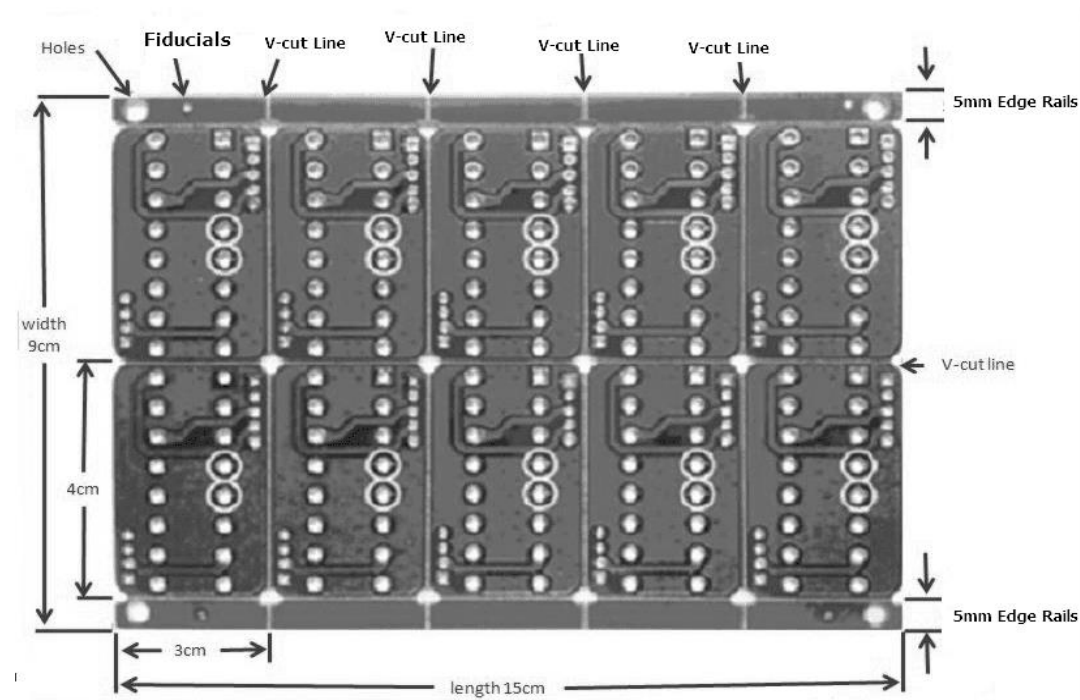
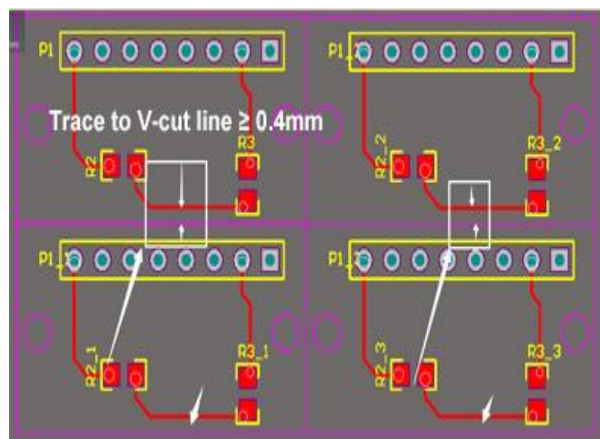
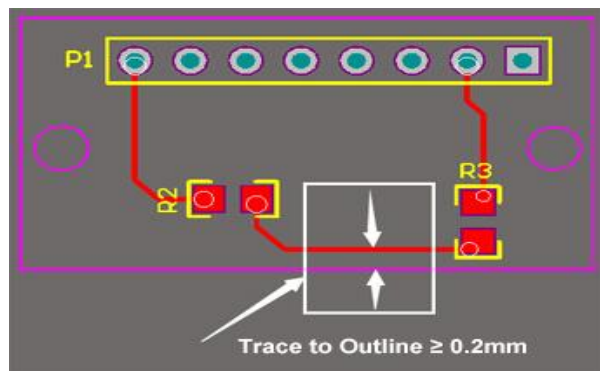
Black

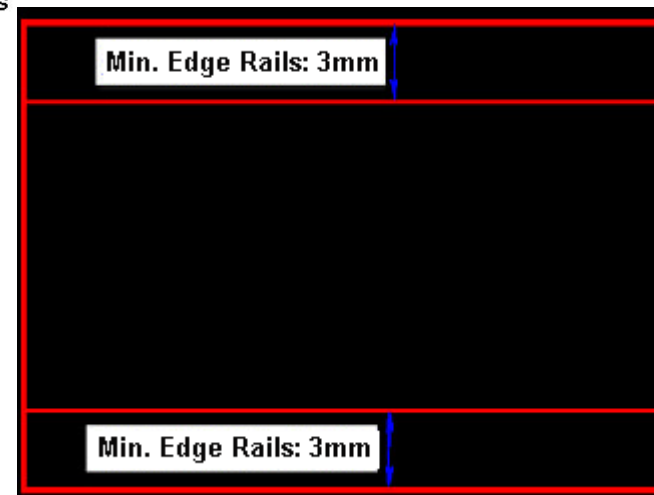
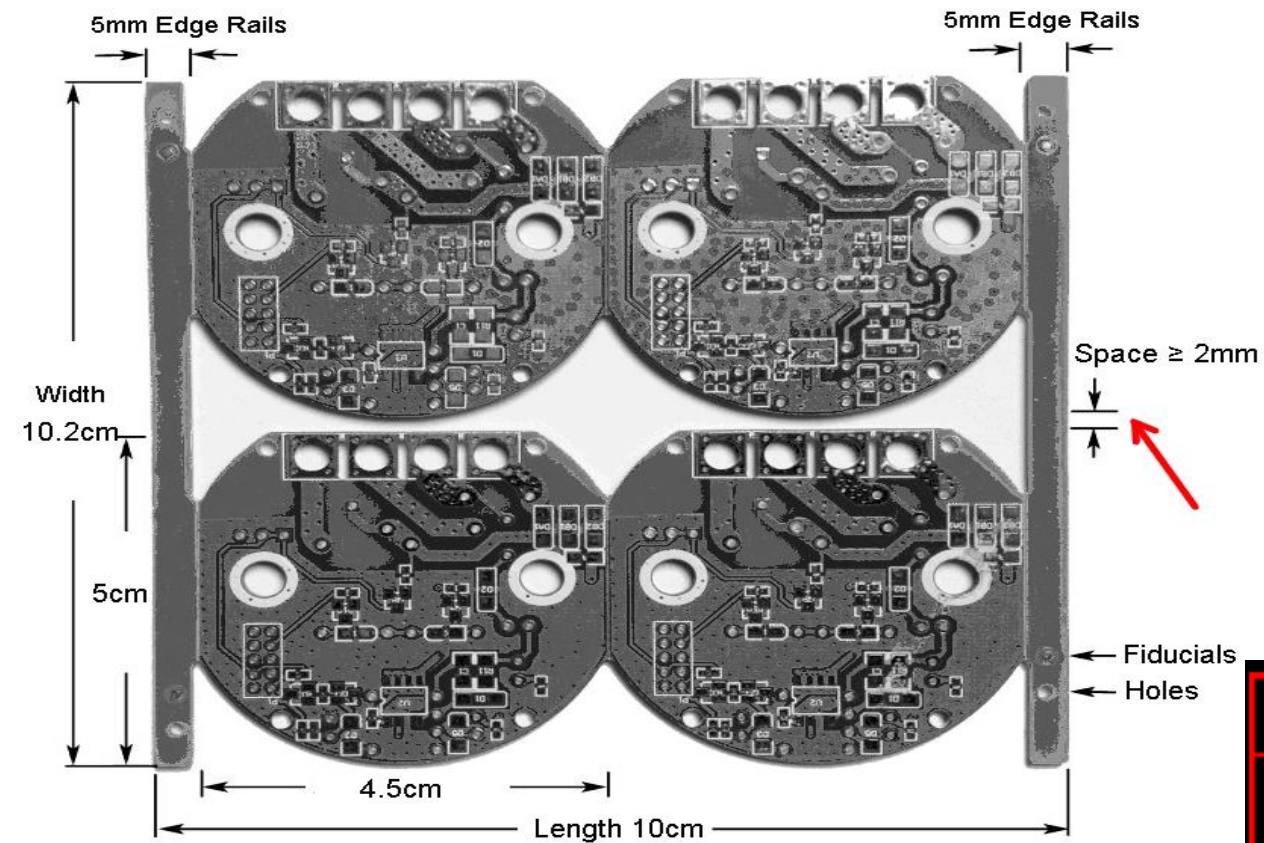
4 Layer PCB:



Top Layer
Layer 2 : 0.5oz/0.017mm
Layer 3 : 0.5oz/0.017mm
Bottom Layer







Найбільш поширені методи виготовлення друкованих плат - субтрактивні (механічний та хімічний). Їхня поширеність обумовлена технологічністю (простотою, зручністю та дешевизною виготовлення).



9GAG is your best source of fun.



Далі буде...

...Корпуси електрорадіоелементів