

УДК 004.31(075.8)

П.Б.Вовк, А.П.Усійчук

Луцький інститут розвитку людини Університету «Україна»

## ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

У даній статті розглянуто особливості проектування креслення печатної плати з допомогою програми Sprint-Layout 5.0. Описані маловідомі можливості програми, що дозволяють в домашніх умовах високоякісно виготовити печатну плату.

Ключові слова: друкована плата, електронний компонент, доріжка, контактна площадка, автотрасувальник, PCB, Sprint-Layout.

**Постановка проблеми.** Друкована плата (на англ. PCB - printed circuit board) – пластина із діелектрика, на якій сформовано (друкованим методом) хоча б одне електропровідне коло. Друкована плата (ДП) призначена для електричного і механічного з'єднання різних електронних компонентів або з'єднання окремих електронних вузлів. Електронні компоненти на ДП з'єднуються своїми виводами з елементами провідного рисунка пайкою, скруткою, склепкою або пресуванням, в результаті чого збирається електронний модуль (або змонтована друкована плата). Розробка креслення ДП, перевірка правильності з'єднань, контроль допустимих струмів, перенесення креслення на фольгу значно спростились із вдосконаленням відповідного програмного інструментарію.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Давно усім відома програма конструювання друкованих плат під назвою Sprint-Layout. Програма досить проста, не потребує багато часу на освоєння, проте дозволяє розробляти плати досить високої якості. Програма має достатньо засобів для технічно-грамотної розробки креслення ДП. Тому розглянемо тонкі засоби розробки креслення плати, представлені програмою Sprint-Layout 5.0.

Насамперед, необхідно ознайомитися із методами і способами конструювання друкованих плат [1], а також з відповідними стандартами.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Програма не потребує встановлення і може бути запущена із будь-якої папки та носія. Після запуску програми слід провести певні налаштування, які додадуть зручності при моделюванні.

Насамперед, у налаштуванні слід відзначити пункт «Віртуальні вузли на лініях», що дозволяє на провіднику, який ми прокладаємо, створювати кілька вузлів (тоненькі сині кружечки), кожен з яких можна пересовувати, тим самим змінювати прокладену доріжку. Програма автоматом додає на ділянках між вузлами ще кілька віртуальних вузлів, що дає можливість подальшого редагування доріжки. Це буває досить зручно, коли доводиться прокладати, наприклад, третю доріжку між двома вже прокладеними. Якщо пункт «Дзеркально макроси і текст на зворотному боці» активований, то при вставці тексту або макросу на плату програма буде сама вирішувати віддзеркалювати його чи ні для того, щоб надалі деталі або написи мали правильне відображення на готовій платі. Пункт «Обмежити висоту шрифту мін. 0,15 мм» обмежує мінімальну висоту літер: не менше ніж 1,5 мм. Якщо треба вставити текст розміром менше ніж 1,5 мм, то рекомендовано цей пункт не активувати. Але при відправці на виробництво це треба врахувати. Не скрізь можуть надрукувати шовкографію настільки малої роздільної здатності. Якщо пункт «Ctrl + миша для запам'ятовування параметрів виділених об'єктів» активований, то з'являється корисна можливість запам'ятовувати властивості вказаного об'єкту з подальшим переносом його властивостей на нові об'єкти. Пункт «Використання кроку 0,3937 замість 0,4» в оригіналі написаний так «HPGL-Skalierung mit Faktor 0.3937 statt 0.4». Цей пункт відповідає за створення HPGL файлу для подальшої передачі на координатний верстат, і залежно від верстата вказує використовувати один знак після коми чи використовувати чотири знаки після коми. У пункті «Ітах» задаємо товщину мідної фольги на нашій платі та передбачувану температуру, щоб вбудований калькулятор показав нам допустимі максимальні струми і напруги, що можуть проходити по провідниках. У властивостях конструйованої плати проставляємо її розміри та вказуємо, чи є плата багатошаровою.

У програмі передбачена можливість використання до семи шарів плати. На екрані вони відображаються у вигляді напівпрозорих рисунків. Верхня і нижня сторони мають по два шари - для створення провідників і для установки компонентів.

Розташування шарів:

- Сторона плати М1 - мідне покриття верхнього шару.
- Сторона плати К1 - компоненти, розміщені на верхньому шарі, або шар шовкографії, який потім можна буде нанести на верхню сторону плати.
- Сторона плати М2 - мідне покриття нижнього шару.
- Сторона плати К2 - компоненти, розміщені на нижньому шарі, або шар шовкографії, який потім можна буде нанести на нижню сторону плати.
- Ф - шар для створення принципової схеми або складного контуру плати.
- В1-внутрішній шар 1 (тільки для багатошарової плати).
- В2-внутрішній шар 2 (тільки для багатошарової плати).

Слід звернути увагу: сторона плати 1 - верх плати, сторона плати 2 - низ плати. Встановлювати елементи слід так, наче плата прозора.

Компоненти та тексти на нижній стороні плати (сторона 2) повинні бути дзеркальні (за замовчуванням програма їх так і ставить). Тільки один з шарів може бути активним на даний момент. Це означає, що всі нові елементи будуть поміщені в активний шар. Якщо шар міді активний, весь малюнок буде зроблений у вигляді провідників. Якщо активний шар компонентів, рисунок буде зроблений непровідними лініями. У нижній частині екрану можна обирати активність і видимість шарів.

Кнопки М1, К1, М2, К2, В1, В2 і Ф перемикають відповідні видимі / невидимі шари. Поточний активний шар завжди бачимо. Кнопки з установкою точки вибирають активний шар. Значком "?" викликається інформація про шари. Перевірити правильність розташування компонентів у відповідних шарах можна з допомогою інструменту «Фотовигляд».

Інструмент «Фотовигляд» дозволяє оцінити вигляд ДП після виготовлення, або зробити фото плати. А ще на ньому добре роздивлятися паяльну маску, де вона є, а де її немає. Можна і шовкографію роздивитись. Також дозволяє виловити помилки із дзеркальним відображенням букв /компонентів або щось помилково розташували не на тому шарі.

Усі контактні площадки та вузли доріжок прив'язуються до вузлів координатної сітки. Обираємо крок сітки - один із семи пунктів, які кратні основному кроку сітки 1/10 дюйма (2,54 мм). Також в налаштуванні сітки можна додати і свої розміри: достатньо натиснути «Додати крок сітки ...» і ввести свої параметри.

Активний на даний момент крок сітки відображається галочкою. Також можна і видалити зазначений крок сітки або взагалі вимкнути прив'язку до сітки - досить зняти виділення по відповідному пункту. А якщо рухати компоненти з натиснутою клавішею Ctrl, то крок сітки ігнорується. Це зручно, коли треба щось посунути не по сітці.

Початкову точку контуру плати слід змістити відносно нуля лінійки хоча б на 1 мм зверху і зліва. Обумовлено це тим, що в подальшому плата буде виготовлятися або за допомогою методу ЛУТ або за допомогою фоторезисту, а в останньому необхідно, щоб на шаблоні були негативні доріжки, тобто білі доріжки на темному фоні, щоб потім готовий шаблон легше було вирізати або зробити кілька копій на одному аркуші. Та й сама плата при такому підході виглядає набагато красивішою. Крім того, відразу ж забудьте проставити кріпильні отвори на платі, які потім без переробки рисунка плати поставити буде важко.

Монтажні отвори компонентів та контактні площадки можна поставляти вручну за допомогою відповідних інструментів або обирати відповідний макрос із бібліотеки компонентів.

За допомогою опції «Бібліотека» ми відкриємо в правій частині екрану вікно з макросами, з допомогою якого можемо вибрати готові посадочні місця деталей та їх контактні площадки для подальшої вставки у плату. Бібліотека містить макроси основних зарубіжних компонентів, доповнена вітчизняними компонентами (папка компонентів \Sprint-Layout 5.0\Makros \назва компонента.lmk) чи власними розробками макросів. Для зручності пошуку необхідного компонента потрібно розташовувати компоненти за видами у різних вкладених папках папки Makros.

Для створення нових макросів корисний пункт «Створення макросів», який дозволяє нарисувати складний корпус, такий наприклад як SSOP, MLF, TQFP за кілька хвилин. При натисканні на цей пункт відкриється віконце.

Тут можемо вибрати і налаштувати рисування нашого корпусу, відповідно до даних з технічного паспорту на ту чи іншу мікросхему. Вибираємо тип контактних площадок, відстань між ними, тип розташування. І отримаємо на платі готовий набір контактів. Залишилося їх тільки оформити на шарі шовкографії (наприклад, обвести в рамочку) і зберегти як макрос у відповідну папку.

Щоб надати красивий і естетичний вигляд ДП, потрібно акуратно і красиво вирівняти усі деталі. Для цього потрібно виділити кілька деталей і вибрати вирівнювання по лівому краю і все акуратно вирівнюється по крайній лівій деталі.

Компоненти на платі корисно маркувати, щоб не заплутатись у їх нумерації. Маркування відображається тільки на екрані при наведенні курсору на компонент, а на рисунку шарів плати не відображається. Крім того, слід звірити відстані між ніжками реального компонента і контактними площадками для нього. Для цього слід скористатись інструментом «Вимірювач», що дозволяє виміряти відстань від точки до точки, та кут, під яким ці точки розташовані.

Доріжки між контактними площадками можна прокладати вручну або напівавтоматично. Для напівавтоматичного трасування інструментом «Зв'язки» включаємо режим «повітряного» з'єднання. Вказуємо, між якими контактними площадками потрібно зробити зв'язок. Після цього з'явиться тоненька лінія, яку дехто хто використовує для того, щоб показати на платі перемички, які потім треба буде запаяти. Ось такі перемички я б робити не радив. Справа в тому, що вони не дають зв'язку при електричній перевірці. Найкраще перемички робити доріжками на другому шарі, з'єднуючи їх через наскрізні металізовані отвори. У цьому випадку електрична перевірка покаже контакт.

Після цього інструментом «Автотраса» вказуємо на зв'язок і програма знаходить можливий найкоротший шлях. Він крокує по сітці, і якщо хочете, щоб працював краще - зробіть сітку дрібнішою. Автотрасувальник є досить примітивним і не дає бажаного результату. Втім, іноді може допомогти знайти доріжку в хитрому місці. Все одно доведеться завершувати трасування вручну.

Встановивши ширину провідника (нехай 0,8 мм), інструментом «Провідник» почнемо прокладати доріжку. Початок доріжки фіксується лівою кнопкою миші (ЛКМ) на одній контактній площадці компонента, потім прокладаємо лінію до іншої площадки (згідно принципової схеми), фіксуємо її ЛКМ. Після того, як довели провідник (доріжку) туди, куди потрібно, обриваємо його правою кнопкою миші (ПКМ) - доріжка не буде більше продовжуватися.

При перевірці розведення завдяки інструменту «Електричний контроль» можна знайти всі електрично з'єднані доріжки. Особливо при складному розведенні очі втомлюються і відмовляються сприймати рисунок. А так, вказавши тестером на доріжку, все з'єднання підсвітилося. Особливо корисно переглядати кола «землі» та «живлення». Головне перемички робити не через "Зв'язки", а через інший шар.

Після успішного розведення доріжок, проект плати потрібно перевірити за заданими параметрами. Суть DRC-контролю контролю ось у чому. Ставимо, наприклад, мінімальний зазор в 0,3 мм і мінімальну ширину доріжки не менше ніж 0,2 мм і при DRC перевірці програма знайде всі місця, де ці норми не витримуються. А раз не виконуються, то можуть бути проблеми при виготовленні плати. Наприклад, доріжки склеяться або виникне розрив доріжки. Також тут відбувається перевірка діаметрів отворів та інші геометричні параметри.

Насамкінець, невикористані ділянки плати можна залити міддю (інструмент «Полігон»), або скористатись опцією «Металізація». При цьому програма заливає всю вільну область плати міддю, залишаючи зазори навколо нарисованих провідників. Ці зазори нам можуть іноді дуже стати в нагоді, та й плата за такого підходу виходить красивішою, естетичнішою, а також зменшити кількість травильного розчину. Треба зазначити, що зазор виставляється для кожної лінії окремо! Тобто марно клацати лічильником зазору. Треба виділити всю плату (або конкретний провід) і тільки тоді регулювати. Іншим інструментом (заштрихований прямокутник) можна стирати покриття металом, тобто зможемо звільнити від заливки на платі ту область, яку оберемо.

Тут правда є одна особливість. Якщо ми спробуємо з'єднати нашу заливку провідником, то у нас нічого не вийде, бо заливка буде розбігатися в сторони від провідника. Вирішується просто - прокладаємо від точки «земля» до заливки доріжку і робимо для неї зазор рівний нулю.

На заливці можна зробити негативний надпис. Теж робиться просто - кладемо напис на заливку (заливка розбігається від напису в різні сторони), а потім у властивостях ставимо галочку "Без зазору". Все, напис став у вигляді прорізів в заливці.

Корисним є пункт меню «Таблиця отворів», який відображає кількість отворів на платі, діаметр потрібних свердел, хоча його можна використати для того, щоб привести до єдиного показника всі отвори на контактних площадках для подальшого свердління (зазвичай їх діаметр 0,8 мм).

Прозорість теж досить цікавий інструмент (рис.1), який дозволяє одночасно бачити усі шари плати, особливо корисний коли розробляється багатошарова плата і дуже багато доріжок на кожному шарі, і якщо натиснути цю кнопку, то всі шари, стають ніби прозорими, і можна бачити один шар через інший.

Інструмент «Маска» дозволяє подивитися як буде виглядати маска для пайки, якщо в подальшому доведеться замовляти ДП на виробництві. Можна в цьому режимі відкривати або навпаки закривати окремі місця маскою, просто вказуючи по контактах. Якщо контакт підсвічується білим кольором - значить відкрито.

Дуже зручний пункт «Шаблон», який дозволяє поставити картинку заднім фоном на робоче поле у програмі, де ми рисуємо плату. Нехай маємо зображення плати, знайденого в журналі чи на просторах Інтернету, і по ньому необхідно зробити розведення плати.

На картинці вказані розміри плати. За цими розмірами намалюємо контур на шарі Ф. Після того за допомогою графічного редактора приберемо лишні деталі на зображенні і збережемо у файл з розширенням BMP. Якщо скануємо зображення з картинки, то краще сканувати з роздільною здатністю 600 dpi і також зберігати у файл BMP. Після того в програмі переходимо на шар К2 натискаємо на іконку ШАБЛОН.

Завантажуємо вибраний рисунок як фоновий, та змінюючи параметри у віконцях Розмір, Зсув X, Зсув Y, підганяємо зображення до прийнятного критерію. Тепер просто обмальовуємо деталями цю картинку. Цілком можливі випадки, коли деталі можуть не потрапляти з 100% на намальоване на картинці, головне є картинка на фоновому шарі і набір макросів з фіксованим розміром.

Тепер трохи пояснень щодо друку дзеркального / не дзеркального зображення. Зазвичай проблема виникає з ЛУТом, коли через недосвідченість друкуємо зображення не в тому відображенні. Проблема вирішується насправді просто.

У всіх програмах розведення плат прийнято, що текстоліт "прозорий", тому прокладаємо доріжки, дивлячись ніби крізь плату. Так простіше, в тому сенсі, що нумерація виводів мікросхем у нас виходить природною, а не дзеркальною і не виникає плутанини. Так от, нижній шар вже у нас є дзеркальним. Його друкуємо як є.

А ось верхній шар треба віддзеркалювати. Так що коли будете робити двосторонні плати (хоча не раджу, більшу частину плат можна розвести по одній стороні), то її верхню сторону треба буде вже віддзеркалювати при друку.

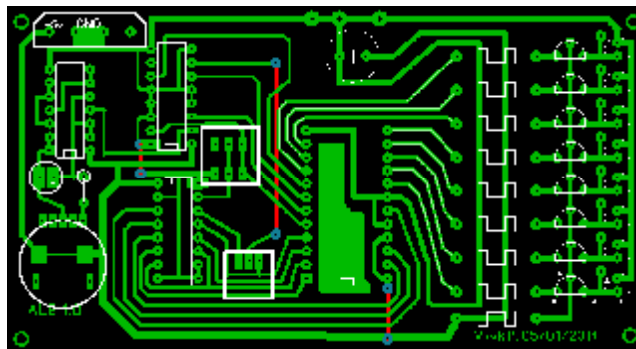


Рис.1. Фотовигляд проекту печатної плати зі сторони фольги при ввімкненні режиму прозорості шарів

Тепер залишилось зменшити загальний розмір робочого поля і вивести плату на друк. Друкуємо зображення на глянцевому папері. Якщо ви друкує для ЛУТу або як фотошаблон для фоторезисту, то треба, щоб колір був максимально темний і непрозорий. А доріжки у нас по замовчуванню зелені і при друці будуть сірими (рис.1). Це легко вирішується вибором чорного кольору для друку. Також треба виключити всі інші шари, такі як шовкографія і зворотний бік плати.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.** Отже, Sprint-Layout - простий і зручний редактор для розведення та компонування одно - і двосторонніх друкованих плат (РСВ). Це одна з кращих програм свого класу. Програмне забезпечення постачається з усіма функціями, необхідними для повного управління проектом. Надаючи користувачеві потужні можливості багатьох професійних програм, Sprint-Layout зберігає надзвичайно легкий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Це дозволяє працювати швидко і без проблем навіть непідготовленому користувачеві. Готовий проект може бути конвертований у формати BMP, Excellon, Gerber і др, можна також підготувати до друку розроблений рисунок розводки плати та виготовити її в домашніх умовах.

1. Sprint Layout 5. Подробное руководство [Электронный ресурс] : Электроника для всех / Sailanser, DI HALT. – Режим доступа до ресурсу <http://easyelectronics.ru/sprint-layout-5-podrobnoe-rukovodstvo.html>
2. Бабич Николай Павлович. Компьютерная схемотехника. Методы построения и проектирования: Учеб. пособие / Н.П. Бабич, И.А. Жуков. –К.: «МК-Пресс», 2004. -576с., ил. ISBN 966-96415-2-7
3. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры / Л.Н. Кечиев – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 616 с.: ил. (Библиотека ЭМС). ISBN 978-5-94833-024-2
4. Медведев А. Печатные платы. Конструкции и материалы. / А. Медведев. – М.: Техносфера, 2005. -304с. ISBN 5-94836-026-1.
5. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. / Е.В. Пирогова. – М.: ФОРУМ, 2005. -560с. ISBN 5-8199-0138-X
6. Уваров А.С. Автотрассировщики печатных плат. / А. С. Уваров. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 288с., ил. ISBN 5-94074-089-8.