

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

На правах рукопису

УДК 658.512.011.56:519.682.7

БІЛА Юрій Миколайович

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТРАНСФОРМАЦІЇ
ТОПОЛОГІЇ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ В САПР

Спеціальність 05.13.05 - Системи автоматизації
проектування в
технічних наук

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1996

710 35.273
Роботу виконано на кафедрі САПР НТУУ "КПІ"
та в НДІ "Вектор"

Науковий керівник:

доктор технічних наук,
професор
А. І. Петренко

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук,
професор
Ю. Ф. Зіньковський

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00752250 (L)

кандидат технічних наук,
професор
В. П. Гондюк

Ведуча організація:

ВО "Електронмаш"

Захист відбудеться "16" Вересня 1996 р. о 15 год. 0 хв.
в ауд. 412, корп. 12 на засіданні спеціалізованої Ради
Д.01.02.17 при Національному технічному університеті України
("Київський політехнічний інститут") за адресою: 252056,
м. Київ-56, пр. Перемоги, 37, корпус 12.

Відгук на автореферат у двох примірниках, які завіря
ються печаткою, просимо надсилати за вказаною адресою н
ім'я вченого секретаря спеціалізованої Ради.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці університет

Автореферат розісланий "___" _____ 1996 г.

Вчений секретар
спеціалізованої Ради,
кандидат технічних наук,
професор

Писаренко
Леонід Дмитрович



1. АНОТАЦІЯ

1.1. Мета роботи

Метою дисертаційної роботи є розробка та дослідження методів трансформації топології друкованих плат (ДП) для покращення технологічних та електричних характеристик ДП, а також програмна реалізація підсистеми трансформації для використання в САПР ДП.

1.2. Задачі, що вирішуються

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі вирішувалися такі задачі:

1. Знаходження підходу, який забезпечує виконання усього спектру необхідних трансформацій топології ДП.
2. Розробка рекурсивних алгоритмів асуву провідників, усунення петель, "діагоналізації" топології, зменшення кількості перехідних отворів.
3. Розробка моделей для виконання трансформацій топології багатшарових друкованих плат.
4. Розробка інструментальних засобів задання трансформацій.
5. Програмна реалізація підсистеми трансформації топології для експлуатації у складі САПР ДП на базі малих та персональних ЕОМ.

1.3. Положення, що захищаються

Вирішивши поставлені в дисертаційній роботі задачі, автор захищає:

1. Метод задання трансформацій топології ДП за допомогою граматичних правил.
2. Структуру виконуючого механізму трансформацій - будову адаптованої машини Тьюрінга.
3. Рекурсивні процедури асуву провідників, усунення петель, "діагоналізації" топології, усунення зайвих перехідних отворів.
4. Принципи побудови інструментальних засобів та їх практичну реалізацію, а також реалізацію виконуючої системи трансформації.

2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Актуальність роботи

Відомо, що процес конструкторського проектування друкованих плат складається з кількох етапів. Головними етапами є: компоновка логічних елементів у корпуси мікросхем, розміщення корпусів на поверхні ДП та трасировка з'єднань - синтез топології ДП. В сучасних САПР ДП на завершальному етапі синтезу топології застосовуються також і засоби корекції топології, наприклад, у САПР ДП відомих американських фірм Calay і Mentor Graphics.

Спочатку корекція топології виконувалася тільки з ціллю усунення так званих "вузьких місць" - участків порушень мінімально допустимого зазору між елементами проводячого покриття ДП (площадками та провідниками). Така корекція отримала назву технологічних перетворень. Виконання технологічних перетворень дозволило спростити проектування за рахунок зниження вимог на етапі трасировки, скоротити його строки та суттєво здешевити виробництво ДП завдяки збільшенню виходу придатних виробів.

Далі, із зростанням інтеграції та збільшенням швидкодії компонентів стало потрібним виконувати корективну топологію, яка забезпечує усунення прямих та гострих кутів, ліквідацію "тіней", ліквідацію зайвих перехідних отворів і яка скорочує довжину з'єднань та кількість неоднорідностей (стоньшень та деформацій) і т.п. У цьому зв'язку виявилось актуальним знаходження підходу для комплексного вирішення перелічених задач, які отримали у дисертаційній роботі загальну формулювання як задачі трансформації топології. Існуючі методи розв'язання задачі трансформації топології, які основані на евристичних алгоритмах, не забезпечують у багатьох випадках рішення, які задовольняють кінцевого користувача. Знаходження такого рішення та застосування його в САПР складає актуальну науково-технічну задачу.

2.2. Методи дослідження

При розв'язанні поставлених задач у дисертаційній роботі був застосований математичний апарат формальних графіків та вирішувачів автоматів, а також апарат обчислювальної

математики.

2.3. Наукова новизна

Різні моделі та методи трансформації топології друкованих плат розглянуті у роботах авторів: Абрамова А.І., Атаєва Ю.Ю., Бородіної Е.В., Герасименко Е.П., Гринюса С.Л., Жилівчуса В.А., Зюзіна Ю.В., Каллана Л.М., Кота В.І., Мискіна В.В., Ойхмана Е.Г., Фінка В.Л., Хомицького М.Г., Ясеницького О.З. та інш. При розв'язанні різних окремих задач трансформації автори застосовують евристичні алгоритми, які не охоплюються єдиним підходом.

Наукова новизна роботи полягає у наступному:

1. Запропоновано синтаксичний (структурний) підхід для розв'язання задачі трансформації топології, який передбачає вибір алфавіту непохідних елементів для зображення топології та задання граматичних правил для виконання трансформації;

2. Розроблено формалізований опис виконуючого механізму трансформацій - адаптованої машини Тьюрінга, яка призначена до роботи, на рівниці від класичної моделі, з двоірними й багаточаровими зображеннями об'єктів. Також показано зв'язок між описом роботи машини й описом трансформацій на рівні граматичних правил.

Для задання граматичних правил у дисертаційній роботі застосовується спеціально розроблена синтаксична конструкція - породжуюча формула.

2.4. Практична цінність та впровадження результатів

Практична цінність дисертаційної роботи:

1. Розроблена структура підсистеми трансформації топології, яка включає виконуючу систему трансформацій, бібліотеку трансформацій та засоби налаштування та управління;

2. Розв'язані у рамках підсистеми часткові задачі трансформації топології: ліквідації зайвих перехідних отворів, усунення петель, "діагоналізації" топології, асуву у вузьких місцях провідників від контактних площадок (КП) та перехідних отворів (ПО) й "підрізки" КП та ПО із завуженням провідника у місцях, де асув провідника неможливий, та інш;

3. Здобуті рішення використані у пакеті програм АРМ-ПЛАТ (комплекс АРМ2-01) та системі САКТ-М (ІЕМ РС); що

забезпечило значне поліпшення технологічних та електричних характеристик проектуємих ДП, а також підвищення ефективності процесу проектування топології ДП у цілому.

На цей час програмні засоби трансформації топології, які були розроблені в процесі виконання дисертаційної роботи, експлуатуються в Київському об'єднанні "Електронмаш", у Київському державному КБ "Луч", інституті "АВТОМАТУГЛЕРОДПРОМ" (м.Конотоп), ПНИЭИ (м.Пенза), СКБ ВНИИМСО (м.Екатеринбург), та ряді інших організацій країн СНД, які використовують комплекс АРМ2-01 із пакетом програм автоматизованого проектування друкованих плат АРМ-ПЛАТ або систему САКТ-М для IBM PC.

2.5. Апробація роботи та публікації

Головні положення дисертаційної роботи доповідалися: на республіканській конференції "Автоматизированные рабочие места и системы проектирования и контроля средств вычислительной техники", м. Київ, жовтень 1985 р.; на щорічній науково-технічній конференції "Автоматизация проектирования РЭА и ЭВА", м. Пенза, 1990, 1991 і 1992 рр.

Матеріали дисертаційної роботи відбито в 7-ми друкованих працях.

2.6. Структура та розмір роботи

Дисертаційна робота складається з вступу, трьох глав та висновку, які викладені на 145 сторінках машинописного тексту та ілюстровані 19 малюнками та 8 таблицями, списку літератури й двох додатків.

У першій главі дисертаційної роботи дана розгорнута постановка задачі, виконаний аналіз застосованих методів трансформації та виконана класифікація задачі трансформації топології, яка дозволяє віднести її до класу задач розпізнавання образів і застосувати новий (синтаксичний) підхід для її розв'язання.

У другій главі розглянуті різні аспекти застосування синтаксичного (структурного) підходу для розв'язання задачі трансформації. На початку глави коротко викладається головні положення теорії формальних граматики та вирішуючих автоматів. Потім показується, що процес трансформації є частиною процесу породження образів і також описується у рамках викладеної теорії. Засобами апарату формальних граматики у главі

розв'язуються окремі задачі трансформації топології: зсув групи провідників, усунення петіль, "діагоналізація" топології, усунення зайвих ПО. Також у главі наводиться формальний опис структури виконуючого механізму трансформацій - машини Тьюрінга, і наводиться процедура одержання опису функціонування машини на основі задання граматичних правил, які описують трансформацію.

Третя глава присвячена програмній реалізації засобів задання та виконання трансформацій. У ній розглянута структура підсистеми трансформації топології САПР ДП, даний опис інструментальних засобів задання трансформацій та опис виконуючої системи трансформацій. Описані програмні засоби були розроблені в ході виконання дисертаційної роботи для експлуатації в складі САПР ДП на базі малих (СМ 1420) і персональних (ІВМ РС) ЕОМ.

У висновку дисертаційної роботи відзначаються головні результати, які були отримані автором. Наводяться дані за виступами на науково-технічних конференціях, публікаціям та впровадженню результатів. Викладаються перспективи застосування отриманих результатів у САПР.

Додатки включають тексти програм на інструментальному язику задання трансформацій Матрикс і документи, які підтверджують впровадження розроблених програмних засобів на промислових підприємствах.

3. ГОЛОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

При формальній постановці задача трансформації топології полягає у зміні положення та форми елементів проводячого покриття ДП з метою поліпшення визначеного критерію. Найважливіше на ДП компонентів, які фіксують контактні площадки друг відносно друга, а також наявність зон, які заборонені для трасировки, виступають як обмеження до виконання трансформацій. У дисертаційній роботі розглядаються трансформації, які попускають тільки зміну розміщення трас, хоча розроблені методи принципово дозволяють здійснювати трансформації також із зміненням розміщення компонентів.

У запропонованих раніше підходах розглядалися, як правило, лиш окремі випадки розв'язання задачі трансформації топології, наприклад, виконання технологічних коректувань (технологічні перетворення). Але і в цих випадках рішення

мали обмежений характер: коректуванню підлягали тільки найбільш прості конфігурації друкованих елементів (КДЕ), які склалися з невеликої кількості елементів. Головні труднощі викликають виконання шукання і правильна трансформація конфігурацій, які враховують усю фактичну різноманітність конфігурацій. Головним недоліком запропонованих раніше підходів, на думку автора, є те, що в них не аналізувалася структура з'єднань топології ДП. У дисертаційній роботі для розв'язання поставленої задачі був запропонований синтаксичний (структурний) підхід, який ґрунтується на аналізі структури образів і базується на математичній теорії формальних грамастик та вирішуючих автоматів. Даний підхід дозволив правильно виконувати трансформації КДЕ лобої складності.

В рамках синтаксичного підходу вважається, що образи будуються із з'єднаних різним способом підобразів, а підобрази із ще більш простих підобразів, і так далі аж до неділимим (непохідним) елементів, подібно тому, як фрази й речення будуються із слів, а слова із букв. З цієї причини даний підхід називають також лінгвістичним. Очевидно, що такий підхід може бути застосований, якщо розпізнавати обрані найпростіші підобрази (непохідні елементи) буде легше, ніж самі образи. Оскільки вибір непохідних елементів є довільним, будемо рахувати, що у нашому випадку це має місце.

У дисертаційній роботі доводиться, що кожна трансформація вихідної КДЕ у результуючу може бути представлена у вигляді упорядкованої послідовності елементарних трансформацій із скінченої множини елементарних трансформацій. Така можливість випливає з умови скінченності застосованного до опису образів алфавіту. Аналогічно тому, як множина образів, не будучи скінченною, может бути побудована на основі скінченної множини елементарних підобразів, множина трансформацій може бути одержана за допомогою скінченної множини елементарних трансформацій.

Кожна елементарна трансформація може бути записана у вигляді правила підстановки однієї композиції елементарних підобразів на місце другої. Об'єднання скінченного алфавіту елементарних підобразів та скінченної кількості правил підстановки, по суті, складає граматику, котра задає відображення множини вихідних образів у множину результуючих

Таким чином, застосування синтаксичного підходу для

ров'язання задачі трансформації топології ДП з позицій математичної теорії буде полягати у виконанні слідуєчих двох етапів:

- ідентифікації на топології ДП непохідних елементів із попередньо обраного алфавіту непохідних елементів і складання опису топології, тобто побудові відповідної моделі топології;

- задання відповідних граматики для знаходження та трансформації на моделі необхідних множин конфігурацій друкованих елементів.

Формальна граMATика G визначається як четвірка $G = (V_T, V_N, P, S)$, де V_T та V_N - основний та допоміжний словники (алфавіти) граматики G відповідно. Символ P позначає скінченну множину правил виводу або правил підстановки, які позначаються $\alpha \rightarrow \beta$, де α і β - ланцюжки (композиції) символів із $V = V_T \cup V_N$. Вказаним правилом виконується заміна ланцюжка α на ланцюжок β . Символ $S \in V_N$ - початковий символ.

Основний словник V_T є словником непохідних елементів (термінальних символів, елементарних підобразів), з котрих будуються речення (образи) язика, який породжений граMATикою G . Речення будуються у вигляді ланцюжків (або інших композицій) елементарних підобразів. Допоміжний словник V_N є словником допоміжних символів, котрі використовуються у процесі виводу ланцюжка поряд з термінальними символами, однак відсутні у ланцюжках, які є реченнями язика. Язик образів, який породжений граMATикою G , позначається $L(G)$.

$$L(G) = \{x / S \xrightarrow{*} x, x \in V_T^*\}.$$

Правило підстановки, яке містить у лівій частині початковий символ S , відкриває процес виводу. Завершення виводу відбувається у результаті застосування кількох правил підстановки до отримання ланцюжка, у котрого усі допоміжні символи є замінені основними, термінальними символами.

Всього виділяють чотири типи граматики (ієрархія Хомського):

- тип 0: необмежена граMATика;
- тип 1: граMATика безпосередньо складових;
- тип 2: безконтекстна граMATика;
- тип 3: регулярна граMATика.

Відомо, що язики, які породжуються переліченими типами

граматик, співвідносяться як $L_3 \subset L_2 \subset L_1 \subset L_0$, де L_i - сімейство, яке поєднує усі язики типу $i=0-3$. Отже, вибір граматики типу 1 для задання образів покриває можливість задання образів за допомогою граматик типів 2 і 3.

Що стосується граматики типу 0, то для використання цей клас враховується надто широким. Будь-які можливі образи, у тому числі й образи КДЕ, породжуються граматиками типу 1. Необмежені граматики не породжують образів з новими властивостями. Однак відсутність обмежень на вид правил підстановки дозволяє задавати правила, які передбачають перестановку термінальних символів та усунення символів. Ця особливість дозволяє характеризувати подібні правила виводу як трансформаційні, тобто правила виводу, які дозволяють аміювати (трансформувати) образи.

У теорії формальних граматик процес породження ланцюжків розглядається як процес "розвитку" початкового символу S , який оточений пустими символами. Якщо розглядати випадок, коли S оточений непустими символами, можна абудувати процес змінення контексту символу S , тобто процес трансформації множини вихідних ланцюжків у множину результатуючих. Формальні граматики, які вирішують задачу змінення образів, звуться трансформаційними.

Вихідним язиком трансформаційної граматики буде язик:

$$L_S(G) = \{ \varphi / \varphi \in V_T^+, \varphi = \varphi_1 \varphi_2, \varphi_1 S \varphi_2 \xrightarrow{*} \psi, \psi \in V_T^* \}.$$

Породжений язик:

$$L_R(G) = \{ \psi / \psi \in V_T^*, \varphi = \varphi_1 \varphi_2, \varphi \in V_T^+, \varphi_1 S \varphi_2 \xrightarrow{*} \psi \}.$$

Синтаксичний розбір із застосуванням трансформаційної граматики виконується як процес установлення належності язика тільки для вихідних ланцюжків. У ході цього процесу одночасно вирішується проблема належності та виконується породження нових, трансформованих ланцюжків. Якщо такий процес вдається закінчити, тобто, якщо вдається виконати заміну усіх допоміжних символів основними символами граматики, то значить досліджуваний ланцюжок належить до множини вихідних образів, а породжений ланцюжок до множини трансформованих образів. У протилежному випадку досліджуваний ланцюжок не є вихідним для застосованої граматики.

У дисертаційній роботі доводиться наступна теорема: будь-який язик типу 0 може бути породжений граматикою, у якій усі правила підстановки мають у лівій частині по одному

допоміжному символу.

Ця теорема дозволила розробити синтаксичну конструкцію правил підстановки трансформаційних граматики стосовно до топології ДП. Така конструкція отримала назву породжуючої формули (ПФ). Синтаксис ПФ викладемо у формі нотацій Векуса-Наура (БНФ). Для цього використаємо розширення БНФ, у якому $\{d\}_m^n$ означає повторення ланцюжка d від m до n разів. По умовчанню $m=0, n=\infty$.

Структура породжуючої формули:

<породжуюча формула>::-<ліва частина> → <права частина>

<допоміжний символ>

<ліва частина>::-----
{<композиція основних символів>}¹

<права частина>::-{{<компог.символів>{V<компог.символів>}}¹

{<композиція допоміж.символів>}¹

<компог.символів>::-----
{<композиція основних символів>}¹

<композиція допоміж.символів>::- $\left\{ \begin{array}{l} \text{<номер шару>}¹ \\ \text{<допоміжний символ>} \\ \text{<напрямок>}¹ \end{array} \right\}_1$

де <допоміжний символ> - одна з великих букв латинського алфавіту; <номер шару> - додатне число; <напрямок> - комбінація букв П,Л,В,Н, яка задає величину і напрямок зміщення; <композиція основних символів> - деякий підобраз, який складено з непохідних елементів. У випадках, коли ці композиції в обох частинах ПФ співпадають, розуміється, що підстановка допоміжних символів виконується у контексті. Інакше, рахується, що виконується підстановка із зміненням контексту, тобто - трансформація.

Приклад. Зсув групи друкованих провідників від контактної площадки. Зсув виконується з метою збільшення ізолюючого зазору між КП і провідником. У таблиці 1 уміщені ПФ, які використані у даній трансформації. Процес застосування ПФ відкривається ПФ з номером 1. Зсув виконується у результаті

послідовного аналізу на можливість перетворення кожного з провідників праворуч від КП. Першим перетворюється найправіший провідник, звільняючи місце для зсуву провідника, який розташований від нього ліворуч. Кожен перетворений звільняє місце слідуючому, поки перетворення не зазнають усі провідники групи (мал.1). Стрілки на малюнку вказують точки застосування ПФ.

Між переліченими типами формальних граматик та існуючими типами вирішувачих автоматів встановлена відповідність. Дана відповідність дозволяє, якщо задана граматика визначеного типу, збудувати відповідний вирішувачий автомат, котрий допускає мову, яку породжується граматиною. Справедливо і зворотне. Так, відомо, що граматином типу 0 відповідають машини Тьюрінга.

У дисертаційній роботі розв'язується задача адаптації машини Тьюрінга для роботи з топологією ДП. У цьому випадку здійснюється заміна одномірної стрічки машини Тьюрінга на двомірні площини шарів ДП. Для запису нетермінальних символів та композицій термінальних символів, які зазнають трансформацію, застосовується магазинна пам'ять.

Магазинна пам'ять адаптованої машини Тьюрінга ділиться на дві ділянки: ліву та праву. На лівій ділянці записуються нетермінальні символи, а на правій ділянці - композиції термінальних символів. До усіх символів та композицій, які поміщуються у пам'ять машини, додаються зазначення позиції на площині та номеру шару. Виняток складають два спеціальні символи: символ продовження режиму та символ переключення режиму. Вони застосовуються для узгодження двох режимів роботи машини: режиму трансформації та режиму відновлення. Ці символи заносяться у лівий магазин разом із значенням вершини правого магазину, яке дорівнює числу зайнятих осередків магазину.

Машина Тьюрінга починає свою роботу у режимі трансформації. В момент початку роботи основна головка машини Тьюрінга знаходиться у деякій вихідній позиції, відносно якої надалі визначається її положення на площині. Головка пам'яті у початковий момент зчитує зміст першого осередку лівого магазину. У режимі трансформації основна головка машини Тьюрінга здійснює переміщення на площині з однієї позиції у другу, зчитування, ідентифікацію та запис композицій

термінальних символів. Кожне зчитування композиції супроводжується записом зчитаної композиції у вільні осередки пам'яті правого магазину. Також машина Тьюрінга виконує зчитування та запис магазинних символів у лівому магазині. При зчитуванні спеціального символу продовжування режиму машина Тьюрінга продовжує роботу в режимі трансформації. При зчитуванні спеціального символу переключення режиму машина Тьюрінга припиняє виконання трансформацій, а тільки виконує послідовне зчитування символів з лівого магазину. Це продовжується до тих пір, поки не відбудеться зчитування символу продовжування режиму. Після цього виконання трансформацій поновлюється. Якщо на якомусь кроці машина Тьюрінга не змогла ідентифікувати зчитану на площині композицію, вона переходить у режим відновлення.

У режимі відновлення відбувається зворотній процес: зчитування з правого магазину записаних раніше композицій та запис їх у відповідні позиції на площині на відповідному шарі. Цей процес продовжується до тих пір, поки вершина правого магазину не знизиться до значення, яке було вказане в останнім зчитаним з лівого магазину спеціальним символом (не важливо яким). Також у режимі відновлення машина Тьюрінга здійснює читання магазинних символів з лівого магазину. Усі магазинні символи, за винятком спеціальних символів, при цьому пропускаються. У випадку, якщо був зчитаний спеціальний символ продовжування режиму, режим роботи машини не змінюється. Якщо ж був зчитаний символ переключення режиму, машина Тьюрінга поновлює роботу у режимі трансформації.

Машина Тьюрінга завершує свою роботу при спустошенні лівого магазину. Результатом її роботи на топології і, завдяки режиму відновлення, завжди буде являтися або повністю трансформована конфігурація - результуюча КДЕ, або конфігурація без будь-яких змін - вихідна КДЕ.

Демо формальний опис адаптованої машини Тьюрінга.

Машина Тьюрінга є сімка $T = (\Sigma, Q, \Gamma, K, \delta, q_0, Z_0, X, Y, F)$, де:

Σ - скінченна множина термінальних символів топології ДП;

Q - скінченна множина станів;

Γ - скінченна множина магазинних символів лівого магазину;

K - скінченна множина композицій термінальних символів,

які сприймаються основною головкою машини Тьюрінга,

$K = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, K \in \Sigma^+$;

Q. - початковий стан;
Z. - початковий символ, який перший з'являється у магазинній пам'яті;

X - символ продовжування режиму;

Y - символ переключення режиму;

F - множина заключних станів;

δ - відображення $Q \times (K \cup \{\lambda\}) \times \Gamma \times (K \cup \{\lambda\})$ у множину $Q \times (K \cup \{\lambda\}) \times ((\Gamma - \{X, Y\}) \times \Delta^* \times L) \cup \{X, Y\}^* \times (K \cup \{\lambda\})$, де λ - пустий ланцюжок (композиція), а $\Delta = \{A, B, H\}$. L - кількість шарів топології ДП.

У дисертаційній роботі показано, що для будь-якої трансформаційної граматики, яка задана за допомогою множини ПФ, може бути збудована детермінована адаптована машина Тьюрінга, яка виконує на моделі топології задані трансформації.

Далі у дисертаційній роботі розглядається проблема вибору алфавіту непохідних елементів для топології ДП. При цьому стараються виконати наступні дві вимоги:

1. Непохідні елементи повинні служити основними елементами образів та забезпечувати адекватний й стислий опис вихідних даних.

2. Оскільки структурна інформація в непохідних елементах не важлива, і вони рахуються простими й компактними образами, їх виділення та розпізнавання повинні легко здійснюватися існуючими несинтаксичними методами.

В якості можливих варіантів алфавітів у дисертаційній роботі аналізуються векторний, позиційний та растровий алфавіти.

Незважаючи на обмежене застосування (тільки для регулярної топології), для реалізації підходу у середовищі ОС РВ (комплекс АРМ2-01) був обраний другий варіант алфавіту, як той, що довів свою ефективність при розв'язанні задачі синтезу топології. Даний вибір дозволив експериментально перевірити отримані теоретичні результати й здійснити розробку підсистеми трансформації топології для експлуатації на малих ЕОМ вітчизняного виробництва. Для реалізації підходу у середовищі MS DOS (IBM PC) був обраний векторний алфавіт, що дозволило здійснювати трансформацію й нерегулярної топології ДП.

Розв'язання задачі трансформації топології ДП в САПР

адійснюється шляхом включення до САПР підсистеми трансформації топології, яка складається з трьох головних частин: виконуючої системи трансформацій, бібліотеки трансформацій та інструментальних засобів настроювання й управління. Підсистема призначена для застосування на завершальному етапі проектування топології для внесення змін, які забезпечують покращення технологічних та електричних характеристик ДП, а також спрощують сам процес проектування.

Виконуюча система трансформацій будується у відповідності до принципів функціонування адаптованої машини Тьюрінга, алгоритм роботи котрої визначається набором ПФ. При цьому можливі два варіанти побудови виконуючої системи: у вигляді універсальної машини Тьюрінга та у вигляді машини Тьюрінга із незмінним набором команд. У першому варіанті множину команд отримують шляхом трансляції вихідного опису трансформацій, який готується на спеціалізованому язикі. При другому варіанті множину команд формують засобами звичайних язиків програмування. Перший варіант був застосований при розробці підсистеми трансформації топології для експлуатації на ЕОМ СМ 1420, та є більш універсальним, але й більш складним у реалізації. У ході його реалізації було розроблено інструментальний язик задання трансформацій Матрикс. Другий варіант був застосований при розробці підсистеми трансформації топології для експлуатації на ПЕОМ. Перевагою другого варіанту є те, що він дозволяє вводити додаткові параметри настроювання окремих-процедур трансформації й цим розширити їх експлуатаційні можливості.

До бібліотеки трансформацій, яка була розроблена під час виконання дисертаційної роботи, увійшли такі головні процедури трансформації:

- зменшення кількості перехідних отворів;
- усунення петіль;
- "діагоналізації" топології;
- асуву провідників від контактних площадок;
- огладжування провідників;
- "підрізки" КІ і ПО та стоньшення провідників.

Підсистема трансформації топології була реалізована у середовищі операційних систем ОС РВ та MS DOS для експлуатації на малих та персональних ЕОМ у складі пакету програм АРМ-ПЛАН та системи САКТ-М.

4. ГОЛОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Виконана постановка задачі трансформації топології ДП та проведений аналіз існуючих методів та алгоритмів її розв'язання;

2. Запропонований синтаксичний (структурний) підхід для розв'язання задачі трансформації топології, у рамках якого розроблені рекурсивні процедури зсуву провідників, усунення петель, "діагоналізації" топології та зменшення кількості перехідних отворів;

3. Розроблений формалізований опис виконуючого механізму трансформацій - адаптованої машини Тьюрінга, та показаний зв'язок між описом роботи машини та описом трансформацій на рівні граматичних правил.

4. Розроблена структура підсистеми трансформації топології, яка містить виконуючу систему трансформацій, бібліотеку трансформацій та інструментальні засоби налаштування та управління.

5. Здійснена розробка моделей для виконання трансформацій топології багатопланових друкованих плат на різних обчислювальних платформах: позиційної моделі для ЕОМ СМ 1420 та впорядкованої векторної моделі для ПЕОМ.

6. Виконана програмна реалізація підсистем трансформації топології для експлуатації у складі САПР ДП АРМ-ПЛАТ та САКТ-М на базі малих та персональних ЕОМ.

5. МАТЕРІАЛИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ У СЛІДУЮЧИХ ДРУКОВАНИХ РОБОТАХ

1. Автоматизированное редактирование топологии плат печатного монтажа / Г.Ю.Вепринский, Е.Ш.Райг, Ю.Н.Била // ЗЕМ в проектировании и производстве. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. - Вып.3. - С.366-372.

Автором виконана експериментальна перевірка можливості використання синтаксичного (структурного) підходу для виконання технологічних перетворень за допомогою позиційної моделі топології ДП.

2. Гетельбаум А.Я., Била Ю.Н. Повышение технологичности печатного монтажа в САПР // Автоматизация проектирования в электронике: Респ.межвед.науч.-техн.сб. - 1988. - Вып.38. - С.95-103.

Автором виконаний аналіз основних підходів до розв'язання задачі технологічних перетворень та запропоновано виконувати перетворення на позиційній моделі топології за допомогою механізму пар матриць та набору орієнтованих графів застосування матриць, що поклало основи розробці спеціального язика задання трансформацій Матрикса.

3. Вила Ю.Н. Трансформация топологии плат печатного монтажа // Управляющие системы и машины. - 1992. - №3/4. - С.47-52.

4. Тетельбаум А.Я., Вила Ю.Н. Синтаксический подход к трансформации топологии печатных плат // Автоматизация проектирования в электронике: Респ.межвед.науч.-техн.сб. - 1993. - Вып.47. - С.41-50.

Автором доведено, що задача трансформації топології належить до класу задач розпізнавання образів, і що образи в топології ДП породжуються у рамках граматики типу 1, а для їх трансформації потрібна граMATика типу 0. Останнє означає, що трансформація образів на моделі топології може виконуватися тільки за допомогою машини Тьюрінга.

5. Тетельбаум А.Я., Вила Ю.Н. Трансформация топологии печатных плат // Автоматизация проектирования РЭА и ЭВА: сб. тезисов докладов к зональной конференции, г.Пенза. - 1990. - С.53-54.

Автором виконана постановка задачі трансформації топології ДП та запропонований синтаксичний підхід до її розв'язання.

6. Вила Ю.Н. Лингвистический подход к синтезу топологии ПП // Автоматизация проектирования РЭА и ЭВА: сб. тезисов докладов к зональной конференции, г.Пенза. - 1991. - С.61-63.

Била Ю.Н. Разработка и исследование методов трансформации топологии печатных плат в САПР. Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 - системы автоматизации проектирования по техническим наукам. Национальный технический университет Украины, Киев, 1996 г.

Защищается 6 научных работ, которые содержат результаты разработки и исследования методов трансформации топологии печатных плат (ПП) для улучшения технологических и электрических характеристик ПП, а также информацию о программной реализации подсистемы трансформации топологии для использования в САПР ПП. При решении поставленной задачи в диссертационной работе применяется синтаксический (структурный) подход, базирующийся на теории формальных грамматик и решающих автоматов. В частности, применены трансформационные грамматики для задания трансформаций и предложена структура адаптированной машины Тьюринга для их выполнения на модели топологии ПП. Осуществлено промышленное внедрение разработанных программных средств на предприятиях стран СНГ.

Bila Y.N. Elaboration and research of methods for transformation of printed circuit board topology in CAD. Manuscript. Dissertation for a candidates degree in technical science on speciality 05.13.05 - computer aided design in technical science. National Technical University of the Ukraine, Kiev, 1996.

It is defended 6 scientific works which include the results of elaboration and research of methods for transformation of printed circuit board (PCB) topology for improvement of technological and electrical characteristics of PCB, the information about program realization of subsystem for transformation of PCB topology in CAD is included too. The solution of the task was achieved by use of syntactic (structural) approach which is based on a theory of formal grammar and automaton. Particularly, there was used a transformational grammar and proposed structure of adapted Turing machine for making the transformations on the model of PCB topology. The introduction of designed program applications is made on the enterprises of the CIS.

Ключові слова: вирішувачий автомат, машина Тьюрінга, технологічні перетворення, топологія друкованої плати, трансформаційна граматика, язик.

Ав 35.273

Підп. до друку *11.06.85*. Формат 60×84^{1/16}.
Папір друк. № *1*. Спосіб друку офсетний. Умови друк. арк. *9,23*.
Умови фарбо-відб. *1,04*. Обл.-вид. арк. *1,0*.
Тираж *20*. Зам. № *Б-2543*.

Фірма «ВІПОЛ»
252151, Київ, вул. Волинська, 60.