

характеристики диффузионних слоев // Сб. научн. трудов по проблемам микроэлектроники. Хим. серия. Вып. XIX. 1974. С.22–30. 7. Дягилев В.Н., Коледов Л.А., Ганеева Т.П. Условия получения равномерных по толщине и концентрации диффузанта слоев боросиликатного стекла // Сб. научн. трудов по проблемам микроэлектроники. Хим. Серия. Вып. XIX. 1974. С.17–21. 8. Kleijn C.R. A mathematical model of the hydrodynamics and gas-phase reactions in silicon LPCVD in a single-wafer reactor // J. Electrochem. Soc. 1991. Vol.138. No 7. P. 2190–2200. 9. Kuijlaars K.J., Kleijn C.R., van den Akker H.E.A. Modeling of gas-phase and surface chemistry in Phoenix-CVD // The PHOENICS journal of computational fluid dynamics and its applications. 1995. Vol.8. № 4. P.439–454. 10. Борисенко А.И., Новиков В.В., Прихидько Н.Е. и др. Тонкие неорганические пленки в микроэлектронике. Л., 1972. 11. MicroTec Software Package for Two-Dimensional Process and Device Simulation, Version 3. 03 for Windows. - User's Manual, Siborg Systems Inc, 1998. 12. Бубенников А.Н, Садовников А.Д. Физико-технологическое проектирование биполярных элементов кремниевых БИС. М., 1991. 13. Курносов А.И. Материалы для полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М., 1980. С.128–151. 14. Основы технологии кремниевых интегральных схем: Окисление, диффузия, эпитаксия: Пер. с англ. / Под ред. Р. Бургера и Р. Донована. М., 1969. 15. Тихонов А.Я., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М., 1966. 16. Молчанов И.Н. Машинные методы решения прикладных задач. Дифференциальные уравнения. К., 1988.

УДК621.376+681.513

Дунець Р.Б.

Українська академія друкарства

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ БЛОКІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ, ЩО УТВОРЮЮТЬ КРИТИЧНІ ШЛЯХИ

© Дунець Р.Б., 2000

**Запропоновано метод визначення блоків технологічних ліній, що утворюють критичні шляхи, який враховує можливі взаємозв'язки між різними критичними шляхами. Як модель технологічних ліній застосовано матриці суміжностей.**

Все частіше в поліграфії ставиться вимога – випуск продукції за визначений замовником строк. Цю вимогу може задовольнити оперативна поліграфія, технологічні лінії якої комплектуються відносно дешевим обладнанням, що є на ринку в достатньо широкому асортименті [1]. Для забезпечення таких вимог виникає потреба аналізу можливостей технологічної лінії, пошуку найбільш трудомістких технологічних операцій та їх розвантаження паралелізацією виконання. У роботі [2] запропоновано метод оптимізації, що базується на понятті критичного шляху як множини взаємозв'язаних блоків технологічних операцій, що утворює послідовне з'єднання і має максимальний сумарний час їх роботи. Проте цей метод, з одного боку, не враховує можливу появу нових критичних шляхів після паралелізації найбільш трудомістких технологічних операцій, а з другого боку, не завжди дозволяє коректно виявляти блоки при наявності декількох взаємозв'язаних критичних шляхів в технологічній лінії. Запропоновано метод, що не має вказаних недоліків.

### Формалізація задачі

Метод визначення блоків критичних шляхів передбачає, що граф топології схеми описується матрицею суміжності  $A=[a_{ij}]_{n \times n}$ ; час роботи блоків схеми технологічної лінії описується матрицею  $T=[t_i]_n$ , в якій  $t_i$  – це час роботи  $i$ -ого блоку схеми; виконано перетворення графа схеми технологічної лінії у ярусно-паралельну форму, наприклад, так, як описано в роботі [3]. Крім того, метод передбачає, що попередньо визначено сумарну матрицю часів  $T_{\Sigma}=[t_{\Sigma i}]_n$  роботи блоків схеми всіх ярусів, наприклад, способом, запропонованим в роботі [2].

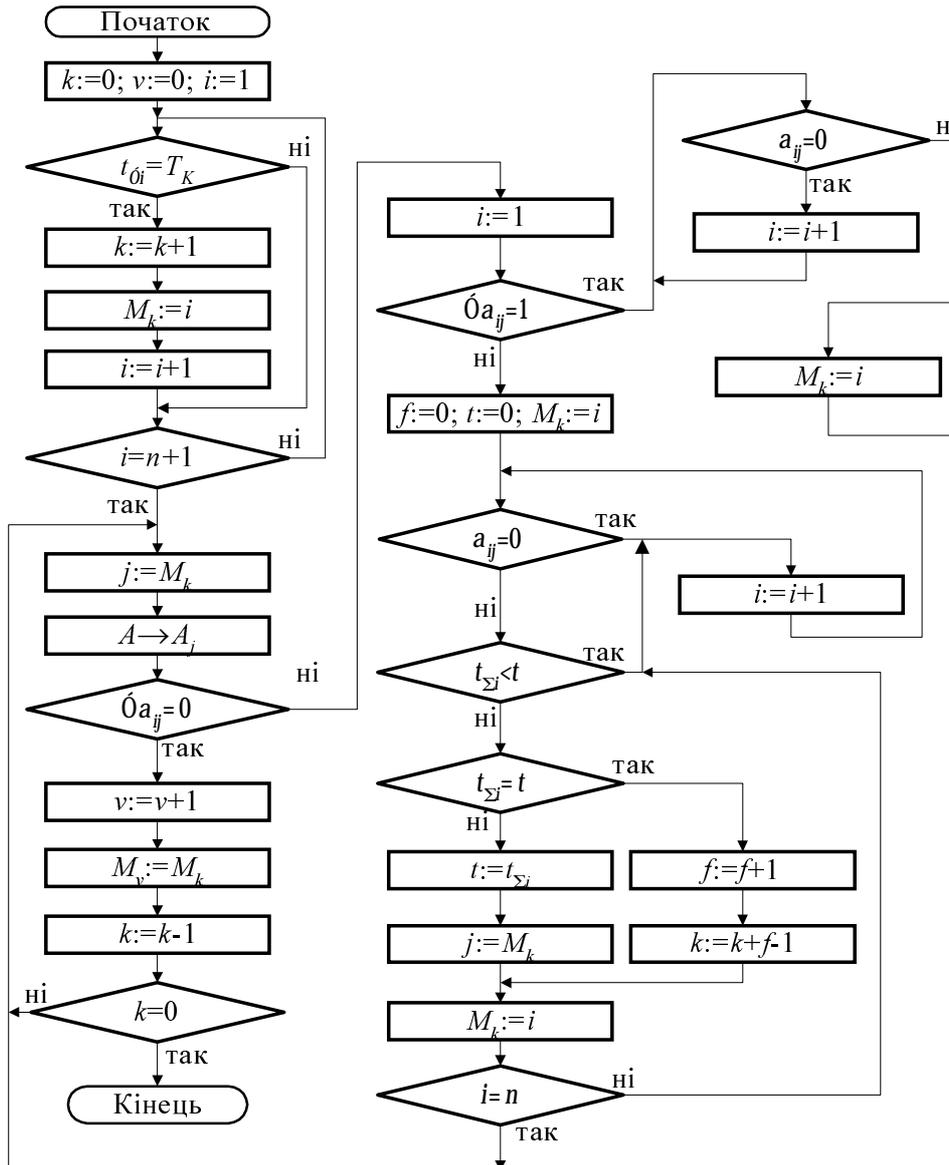


Рис. 1. Алгоритм визначення блоків критичних шляхів:

$i$  – порядковий номер блоку;  $j, f$  – проміжні змінні;  $k$  – порядковий номер маршруту критичного шляху, в якому виявляються блоки, що його утворюють;  
 $v$  – порядковий номер критичного шляху, всі блоки якого є вже виявлені;  
 $M_k$  – масив блоків критичного шляху, що опрацьовується (утворюється за магазинним принципом організації стеку);  
 $M_v$  – масив всіх виявлених блоків критичного шляху (теж утворюється за магазинним принципом організації стеку);  
 $A \rightarrow A_i$  – утворення  $i$ -го рядка-мінору

Суть методу полягає в тому, що спочатку визначається початкова кількість критичних шляхів. Під початковою кількістю критичних шляхів розуміють кількість елементів матриці  $T_{\Sigma}$  з максимальним значенням. Залежно від топології критичних шляхів може виявитися, що початкова кількість критичних шляхів не дорівнює максимальній кількості критичних шляхів. На рис.1 наведено алгоритм реалізації методу.

Далі в матриці  $T_{\Sigma}$  проводиться пошук першого елемента з максимальним значенням. Порядковий номер цього елемента в матриці  $T_{\Sigma}$  є номером останнього блоку даного критичного шляху. Відповідно до порядкового номеру блоку, наприклад,  $i$ , з матриці  $A$  утворюється рядок-мінор  $A_i$ . У цьому рядку-мініорі одиничний його елемент відповідає блоку, що входить до критичного шляху.

Якщо в рядку-мініорі таких елементів є два і більше, то для кожного з цих елементів матриці  $T_{\Sigma}$  аналізується час роботи. Для формування наступного рядка-мініору серед тих елементів вибирається той одиничний елемент, для якого час роботи є максимальним. Якщо декілька елементів мають однаковий час в матриці  $T_{\Sigma}$ , то це означає, що ці блоки входять до різних критичних шляхів, але спільним у цих критичних шляхах є блок  $i$ . Подальший пошук блоків проводиться окремо для кожного із блоків, що мають відповідні одиничні елементи в рядку-мініорі.

Процес утворення та аналізу рядків-мініорів проводиться до тих пір, поки новий рядок-мінор не буде мати лише нульові елементи.

#### Приклад визначення блоків критичних шляхів

Задана схема технологічної лінії, граф якої наведено на рис.2, а час роботи блоків заданий такою матрицею:

$$T = | 3 \ 5 \ 5 \ 4 \ 3 \ 3 \ 4 \ 8 \ 2 \ 10 \ 5 \ 5 |.$$

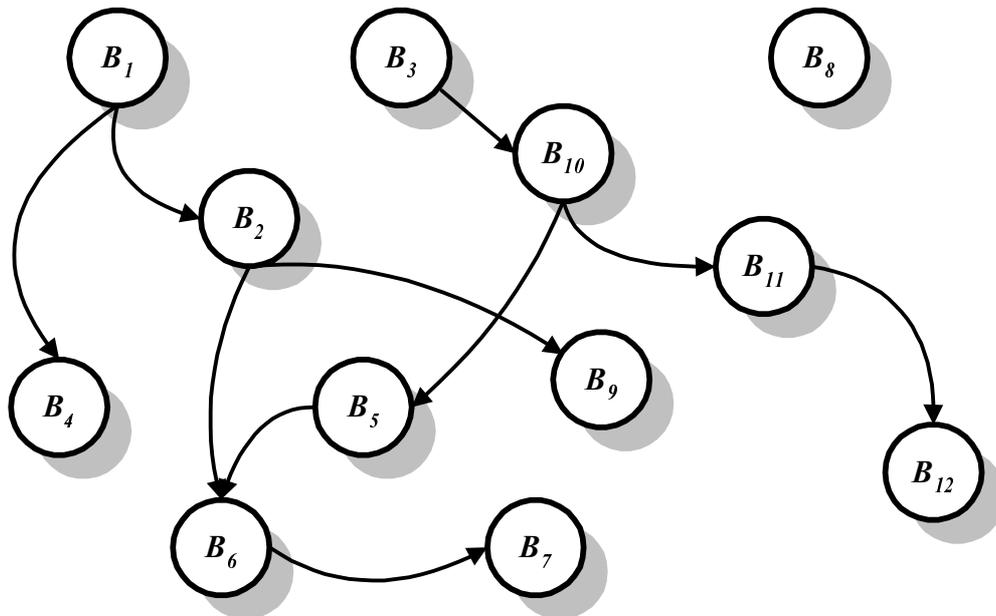


Рис.2. Приклад графа технологічної лінії

Визначимо із врахуванням зв'язків між блоками та значеннями часу роботи кожного блоку матрицю сумарних часів  $T_{\Sigma}$ . Цю процедуру найкраще виконувати після перетворен-

ня графа в ярусно-паралельну форму. Якщо блок має декілька входів, то при підрахунку сумарного часу вибирається той шлях, у якого сумарний час є найбільшим.

Для даного прикладу схеми матриця сумарних часів буде такою

$$T_{\Sigma} = | 3 \ 8 \ 5 \ 7 \ 18 \ 21 \ 25 \ 8 \ 10 \ 15 \ 15 \ 25 |.$$

Аналізуючи значення матриці  $T_{\Sigma}$ , можна зауважити, що в ній максимальне значення – 25, має сьомий та дванадцятий її елемент, що відповідає блоку  $B_7$  і блоку  $B_{12}$ . Тобто є два попередні критичні шляхи. Перший критичний шлях закінчується блоком  $B_7$ , а другий – блоком  $B_{12}$ .

Топологія такої схеми буде описуватися такою матрицею суміжності:

$$A = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Спочатку виявимо всі інші блоки, що входять до першого критичного шляху  $K_1 = \{B_7\}$ . Для цього з матриці суміжності  $A$  виділимо сьомий її рядок і отримаємо такий рядок-мінор

$$A_7 = | 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 |.$$

У ньому є тільки один одиничний елемент, що відповідає блоку  $B_6$  схеми технологічної лінії. Цей блок і треба включити в перший критичний шлях  $K_1 = \{B_7, B_6\}$ . Далі з матриці суміжності  $A$  виділимо шостий її рядок і при цьому отримаємо такий рядок-мінор

$$A_6 = | 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 |.$$

У цьому рядку-мініорі є два одиничні елементи, що відповідають блокам  $B_2$  і  $B_5$ . Порівнюючи значення другого і п'ятого елементів матриці  $T_{\Sigma}$ , зауважимо, що другий елемент має значення 8, а п'ятий – 18. Вибирається той елемент, що має більше значення, а відповідний йому блок входить до складу критичного шляху. В нашому прикладі  $K_1 = \{B_7, B_6, B_5\}$ . Далі отримаємо

$$A_5 = | 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 |$$

і  $K_1 = \{B_7, B_6, B_5, B_{10}\}$ ;

$$A_{10} = | 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 |$$

і  $K_1 = \{B_7, B_6, B_5, B_{10}, B_3\}$ ;

$$A_3 = | 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 |.$$

Оскільки в рядку-мініорі  $A_3$  всі елементи дорівнюють нулю, то процес виявлення блоків даного критичного шляху завершився. У результаті отримали перший критичний шлях, що складається з блоків  $K_1 = \{B_7, B_6, B_5, B_{10}, B_3\}$ .

Аналогічно визначаємо другий критичний шлях, першим блоком якого є  $V_{12}$ , а саме:

$$A_{12} = | 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 |,$$

$$K_2 = \{V_{12}, V_{11}\};$$

$$A_{11} = | 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 |,$$

$$K_2 = \{V_{12}, V_{11}, V_{10}\};$$

$$A_{11} = | 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 |,$$

$$K_2 = \{V_{12}, V_{11}, V_{10}, V_3\};$$

$$A_3 = | 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 |.$$

Отже,  $K_2 = \{V_{12}, V_{11}, V_{10}, V_3\}$ .

### Висновок

Запропонований метод визначення блоків критичних шляхів технологічних ліній, що базується на подані топології матрицями суміжностей і введених операціях над цими матрицями, найбільш пристосований для реалізації його у вигляді підпрограми топологічного аналізу як складової частини системи проектування. Метод дозволяє визначити блоки всіх критичних шляхів з врахуванням можливих взаємозв'язків між ними.

1. Лазаренко О.В., Рак Ю.П., Ралко В.М. та ін. Як вибрати технологію та устаткування для міні-друкарні? Львів, 1999. 2. Рак Ю.П. Малі друкарські системи: прогнозування, аналіз, синтез. К., 1999. 3. Дунець Р., Дунець Б. Алгоритм перетворення графів в ярусно-паралельну форму на основі операцій алгебри логіки // Поліграфія і видавнича справа. 1997. Вип.33. С.17–24.

### УДК 519.68

Держко Р.М., Керницький А.Б., Мошківський Д.В., Муштук А.В., Стех Ю.В.  
 НУ “Львівська політехніка”, кафедра САПР

## АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-ПОШУКОВА СИСТЕМА УСТАВОК РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ І АВТОМАТИКИ РЕГІОНАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄДНАНЬ

© Держко Р.М., Керницький А.Б., Мошківський Д.В., Муштук А.В., Стех Ю.В., 2000

**Розглянуто призначення, вимоги, функції і архітектура автоматизованої інформаційно-пошукової системи уставок релейного захисту і автоматики енергетичних об'єднань.**

Релейний захист автоматично ліквідує пошкодження і ненормальні режими роботи в електричній частині енергосистем, чим забезпечує їх надійну і стійку роботу\* [1]. У сучасних енергетичних системах релейний захист має особливо важливе значення внаслідок бурхливого зростання потужності енергосистем, об'єднання їх в єдині системи в межах декількох областей, всієї країни і навіть декількох держав.

Сучасні енергосистеми складаються із регіональних енергетичних об'єднань. У віданні цих об'єднань знаходяться десятки регіональних підприємств з розгалуженими вироб-

\* Чернобровов Н.В. Релейная защита. М., 1975.