

## Компонування КЕ по монтажному простору

1. Основні задачі конструювання
2. Компонування вузлів
3. Постановка задачі компонування та критерії оптимізації
4. Алгоритми компонування:
  - Послідовні алгоритми компонування
  - Ітераційні алгоритми компонування
  - Алгоритми, що використовують цілочислене програмування

## Основні задачі конструювання

Основні задачі конструкторського етапу проектування визначають його місцем в загальному алгоритмі (циклі) розробки апаратури, прийнятої конструкторсько-технологічної бази, реалізації її вузлів та їх міжз'єднань.

Виділені такі задачі:

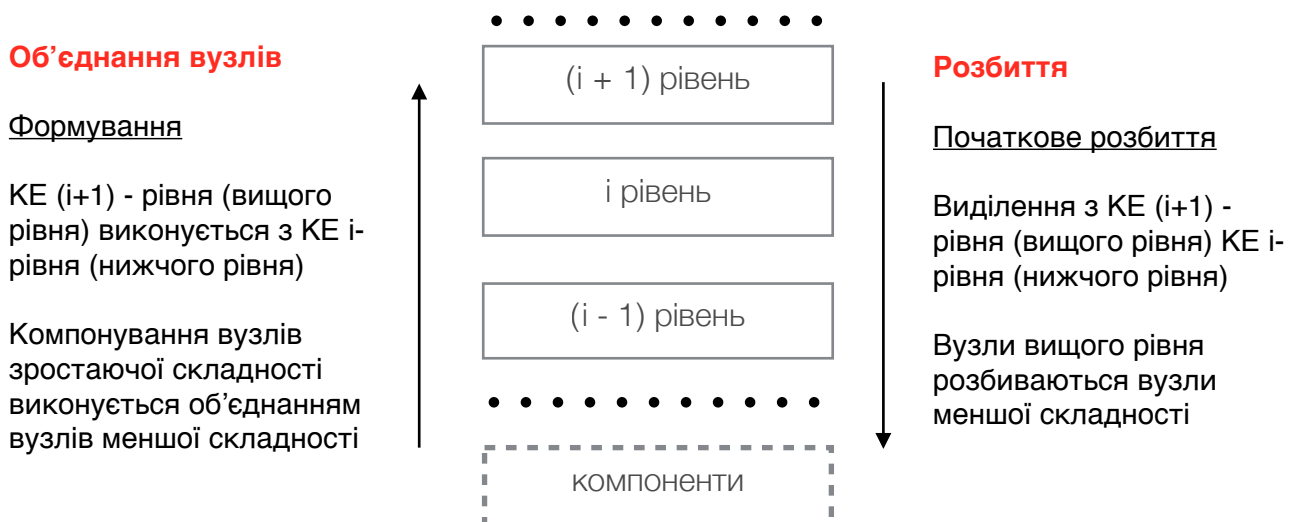
- розподілення елементів схеми по конструктивно-функціональним вузлам різного ієрархічного рівня - задача компоновання
- задача типизації
- розміщення конструктивних вузлів низького рівня в конструктивних вузлах вищого рівня - задача розміщення
- трасування міжз'єднань на всіх рівнях - задача трасування
- отримання конструкторської документації

Є сенс підкреслити про складності отримання глобального критерія якості, тому що ці задачі вирішуються послідовно, а для оптимізації використовуються, як правило, один-два часових критерія оптимізації.

Враховуючи те, що конструкторсько-технологічна база визначає ієрахію модулів, відомі способи реалізації їх з'єднань та ін. ми можемо виділити типові задачі конструювання вищих рівнів, які в змістовному плані аналогічні для вузлів молодшого рівня складності та різної технології виготовлення.

## 2. Компоновка вузлів

Багаторівневий процес компоновання може виконуватися “знизу - в гору” або “зверху - в низ” (ієрархічний метод конструювання).



Таким чином при конструюванні “знизу - в гору” здійснюється послідовне компоновання (формування) вузлів зростаючої складності.

У другому випадку - вузли вищого рівня послідовно розбиваються на функціональні вузли меншої складності.

Як для першого так і для другого випадку визначається склад кожного конструктивного вузла, а також схеми внутрішньовузлових та міжвузлових з'єднань.

*В друкованому вузлі (ДВ), який ви конструювали, це виділенна самостійна схема. В цій схемі ви визначили скільки внутрішньовузлових з'єднань (друкованих провідників), скільки міжвузлових з'єднань.*

Таким чином кожен КЕ меншого (нижчого) рівня є конструктивно закінченим вузлом та вони служать для формування модулів вищого рівня (ДВ - блок; ДВ - панель; ДВ - панель-рама; ДВ - панель-рама-стійка), визначають їх склад та конструкцію - роз'ємна, розкривна. Тобто КЕ (i-1) - рівня є "цеглинкою", з яких утворюються конструкції модулів i-рівня. Ці "цеглинка" складають конструктивний базис складних пристроїв - конструктивну базу даних для складних пристроїв.

Таким чином компонування ЕВА є процес формування конструктивних одиниць вищого рівня (i) з елементів нижчого (i-1) у відповідності до електричної схеми та конструкторсько-технологічним вимогам. При цьому формування здійснюється розбиттям i-рівня на (i-1) або об'єднанням (i-1) рівня до i-рівня.

Розрізняють дві основні задачі компонування:

1. Компонування ЕОЗ конструктивно-уніфікованими елементами, але розділеними на типи по функціональним ознакам (задача розбиття). ДВ уніфіковані, наприклад, по розмірам, типу роз'ємів, ..., але відрізняються по функціональному призначенню.

В цьому випадку розбивається складна схема на вузли заданого розміру (панель, блок, рама) (по кількості КЕ та кількості зовнішніх виводів) та має місце при компонуванні конструктивних одиниць вищого рівня. В цьому випадку функціональна уніфікація, як правило, відсутня - виконати складно.

2. В задачах компонування другого типу, крім конструктивних характеристик (конструктивної уніфікації) формуємих конструктивних одиниць, також є суттєвими (вагомими) їх функціональні характеристики.

Функціональна уніфікація. Дана задача зводиться до призначення елемента логічної схеми до типових модулів з заданого набору. Набір типових модулів повинен володіти властивостями повноти, тобто забезпечувати реалізацію будь-якої логічної схеми (серія IC). Ця задача більш складна.

Кожен виділений функціональний вузол (ФУ) характеризується своїм монтажним простором (МП). В залежності від рівня складності: двовірні (X, Y) або трьохвірні (X, Y, Z).

Ми з вами раніше виділили математичні моделі монтажного простору для кожного конструктивного рангу.

В загальному випадку, МП модуля i-го рангу називається деяка область, обмежена габаритними розмірами цього модуля. МП є метричним, в якому розміщуються модулі меншого рівня та виконується їх електричне об'єднання та механічне кріплення.

Відрізняють регулярні та не регулярні МП.

Регулярні МП характеризуються кінцевою кількістю заздалегідь заданих посадкових місць. (ПМ) для розміщення КЕ (i-1)-го рівня та кількістю шарів, в яких розміщуються траси з'єднувальних провідників. В цьому МП координати ПМ визначаються розмірами, формою модулів, ....

Сам МП часто, як правило, має прямокутну форму (або приводиться до прямокутної форми), а ПМ розташовується з кроком (dX, dY) або (dX, dY, dZ).

В нерегулярному МП неможна заздалегідь визначити координати позицій ПМ, тому що компоненти, що розміщуються мають різні розміри та форму. Розміри та форма визначаються в процесі вирішення задачі.

3. Постановка задачі розбиття. Критерії оптимізації.

*Задача об'єднання більш складна з математичної точки зору. В теорії графів задача розбиття вирішена.*

Маємо взвишений граф схеми  $G(X, V)$  (матриця зв'язку). Потрібно розрізати його (розбити глечики) на частини (підграфи) таким чином, щоб кількість ребер, що об'єднують окремо виділенні підграфи, була мінімальною. Таким чином задача розбиття розглядається (інтерпретується) як задача розрізання  $G(X, V)$  на підграфи  $G_i(x_i, v_i), G_j(x_j, v_j), \dots, G_k(x_k, v_k)$  з мінімальною зв'язністю.

При розбитті графа задаються наступними обмеженнями (одним або декількома):

- початковий граф розбити на визначену (задану) кількість підграфів, кожен з яких включає максимальну кількість вершин
- мінімальна кількість зв'язків (зовнішніх) між кожним виділеним підграфом ( $m = v_{ij}$  між  $G_i(x_i, v_i)$  та  $G_j(x_j, v_j)$ )
- визначена вершина (декілька вершин) повинна знаходитися (бути закріпленою) в заданому підграфі

При розбитті повинні виконуватися наступні умови:

1. кожен виділений підграф не повинен бути пустим (виділений модуль повинен містити КЕ):  $G_i(x_i, v_i) \neq 0$
2. перетин виділених підграфів  $G_i(x_i, v_i) \cap G_j(x_j, v_j) = 0$  - вершина та зв'язок повинні належати одному підграфу
3. об'єднання виділених  $k$ -підграфів повинно дати початковий граф:  $\bigcup_{i=1}^k G_i(x_i, v_i) = G(X, V)$
4. Осередок (сота/ячейка), розмір якої вибирається виходячи з вимог уніфікації, технології та ін., може містити визначену кількість модулів меншої розмірності:

$$|x_i| \leq n_i$$

$$k = \frac{N}{n_i},$$

$n_i$  - максимально допустима кількість вершин в підграфі  $G_i(x_i, v_i)$

$N$  - кількість вершин в початковому графі  $G(X, V)$

$k$  - кількість підграфів, на яку розбивається початковий граф (кількість модулів меншої розмірності, що входить в пристрій  $G(X, V)$ )

Задача розбиття графа на підграфи відноситься до задач комбінаторного типу. В цих задачах оптимальне рішення зв'язане з більшим перебором різних варіантів розбиття. При цьому виділяють два способи розбиття: **впорядковане** та **невпорядковане**.

При впорядкованому розбитті  $G(X, V)$  на підграфи  $G_i(x_i, v_i)$  для отримання підграфів установлюється визначений порядок.

Кількість упорядкованих розбиттів  $P_y G(X, V)$ ,  $|x_i| = n_i$  на  $k$  - підграфів

$G_i(x_i, v_i), G_j(x_j, v_j), \dots, G_k(x_k, v_k)$  з кількістю вершин в кожному підграфі відповідно

$$|x_1| = n_1, |x_2| = n_2, \dots, |x_k| = n_k \text{ та } n_1 + n_2 + \dots + n_k = \sum_{i=1}^k n_i = n$$

визначається як:

$$P_y = n_1! n_2! \dots n_k!$$

Наприклад для графа, що містить 9 вершин та розбивається на 3 підграфа по три вершини в кожному, то  $P_y = 3!3!3! = 216$  -кількість впорядкованих розбиттів

Кількість неупорядкованих розбиттів  $P_n$  цього ж графа дорівнює:

$$P_n = P_y \prod_{j=1}^n \frac{1}{P_{ij}!},$$

$P_{ij}$  - кількість підграфів, що мають однакову кількість вершин для  $i$ -го розбиття графа.

$\prod \frac{1}{P_{ij}}$  введено для урахування еквівалентності розбиттів "зв'язаних" з упорядкуванням

підграфів  $G_i$  в  $G$ . Наприклад, комбінації вершин  $(x_1, x_2)$  та  $(x_2, x_1)$  при розбитті  $G(X, V)$  на два підграфа  $G_1(x_1, v_1)$  та  $G_2(x_2, v_2)$  є еквівалентними неупорядкованими розбиттями та розцінювати їх різними недоцільно.

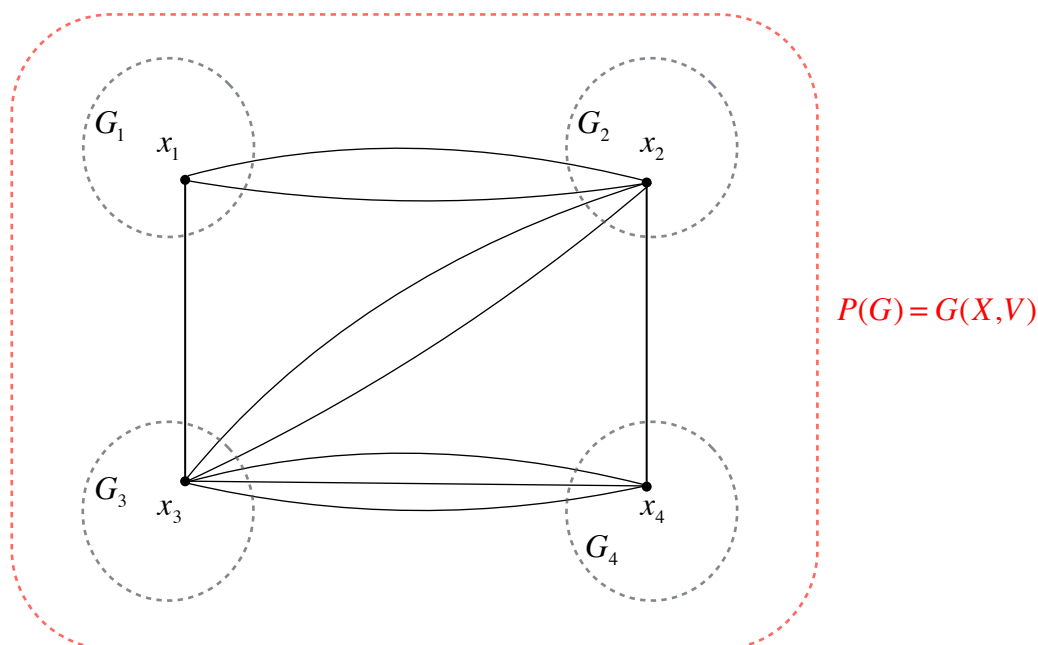
$$P_n = \frac{n_1! n_2! n_3!}{\prod_{j=1}^n P_{ij}!} = \frac{216}{3!} = 36$$

При розбитті  $G$  схеми на конструктивно закінченні частини потрібно враховувати еквівалентність розбиттів, тому що упорядкування підграфів не призводить до зміни кількості зовнішніх ребер. Тому розглядаються тільки неупорядковані розбиття. Оскільки кількість можливих розбиттів достатньо велика, то виникає задача - визначення такого розбиття, при якому або мінімальна кількість міжвузлових з'єднань  $m$ , або максимальний коефіцієнт розбиття  $\Delta G$ .

Введемо такі плани розбиття:

1. Поелементе розбиття

В цьому випадку в кожен підграф  $G_i(x_i, v_i)$  попадає по одній вершині  $G(X, V)$



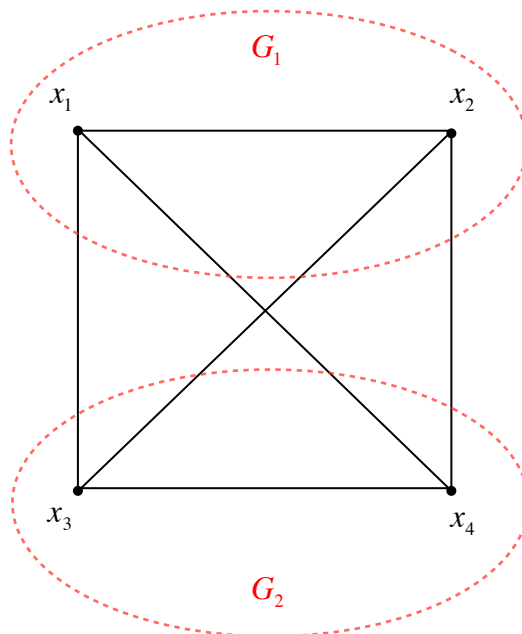
В цьому випадку  $m$  дорівнює кількості ребер графа  $m = 9$ .

2. Ціле розбиття  $P(G) = G(X, V)$

В цьому випадку  $m = k$ ,  $G_1 = G$ , то  $m = 0$ ,  $v_{ii} = 9$

3. Кожна вершина графу має однакову кількість зв'язків

$m_1 = m_2 = m_3 = m_4$  і т.д.  $v_{ii} = 1$



Варіанти розбиття повного графу по кількості з'єднувальних ребер - рівноцінні.

Ми з вами будемо розбивати неповні графи.

Різноманіття конструкцій ЕВС (ЕВА), різноманіття рівнів конструкторської ієрархії, для яких вирішується задача компоновання, визначають різні критерії оптимізації.

Виділемо основні такі критерії:

1. Кількість зовнішніх зв'язків ( $m$ ) між модулями  $G_i$  та  $G_j$  (блоками) повинно бути мінімальним:  $[m_{ij} = \min = v_{ij}]$
2. Кількість модулів (блоків), на які розбивається схема, повинна бути мінімальною:  $[k = \min]$
3. Кількість типів модулів (блоків) повинна бути мінімальною. Задача типизації - чим вище функціональна типизація, тим менше ЗІП, вище ремонтно придатність, налаштування, виробництво.
4. Кожен модуль (блок) повинен містити найбільше  $n_i$  КЕ та  $m_i$  зовнішніх виводів (небільше)
5. Загальна кількість з'єднань між КЕ в модулі  $G_i$  повинна бути максимальною  $[v_{ii} = \max]$
6. Кількість зовнішніх виводів  $m_i$  в кожному модулі повинно бути мінімальним:  $[m_i = \min]$
7. Кожен модуль (блок) повинен бути з бібліотеки конструкторської бази даних (задача покриття)
8. Повинні виконуватися обмеження на всі затримки проходження сигналу
9. Максимальні затримки сигналу повинні бути мінімальними:  $t_z = \min$
10. Ремонт та тестування кожного блоку повинні виконуватися з найменшими затратами:  $T_B = \min$

По критеріям можна зробити наступні висновки:

- вони приватні та емпіричні, тому що нема формул, згідно до яких можливо було б визначити закономірності, а головне точно вирішити задачу згідно визначеного критерію
- Носять протирічний характер, тобто одні критерії протирічать іншим

Тому, зазвичай, розбиття вокунується так, щоб задовольнялося одне або декілька вище (ніжче?) названих умов

Найбільше розповсюдження отримали два перших критерія.