

Практична робота 3. Архітектура комп'ютерних конвеєрних систем

Мета: Аналіз структур конвеєрних обчислювальних систем

Теоретичні відомості

Конвеєр являє собою процесор, розділений на P частин (шарів, рядків), виконуючих послідовно етапи кожної обчислювальної задачі (операції). В той час як j -й шар процесора виконує j -й етап деякої k -ї задачі, $(j-1)$ -й шар може виконувати $(j-1)$ -й етап $(k+1)$ -ї задачі, $(j-2)$ -й шар може виконувати $(j-2)$ -й етап $(k+2)$ -ї задачі і так далі, тобто 1 -й шар може у цей же час виконувати 1 -й етап $(i+j-1)$ -ї задачі (де $j=2, \dots, P$).

Таким чином, кожна задача або операція виконується за P етапів при проходженні усіх P шарів конвеєрного процесора. В обчислювальних системах (ОС) з конвеєрним процесором може виконуватися одночасно декілька (P) операцій по перетворенню даних, що відповідає визначенню обчислюваної системи. Проте ці операції в будь-який момент часу обов'язково знаходяться на різних етапах виконання й у принципі не можуть починатися всі одночасно.

Конвеєрні системи з роздільним керуванням, орієнтовані на паралелізм незалежних гілок (тип $K1$). На рис. 5.1 зображена конвеєрна система з роздільним керуванням. Вона складається з P пристроїв керування (ПК) – по кількості шарів, на які розділений конвеєрний процесор. Принципово важливим є наявність P роздільних вузлів формування адреси наступної інструкції.

Пристрій керування приєднаний до шарів конвеєрного процесора через кільцевий комутатор. Комутатор влаштований так, що в 1 -му такті роботи ОС до 1 -го шару процесора підключено 1 -й ПК, який починає виконувати свої задачі (операції); в 2 -му такті 1 -й ПК переключається на 2 -й шар процесора, а до 1 -го шару підключається 2 -й ПК і т.д. У p -му такті 1 -й ПК підключено до P -го шару процесора, де завершується виконання 1 -ї задачі (операції), до $(P-1)$ -го шару підключається 2 -й ПК, ..., до 1 -го шару підключено P -й ПК. Після закінчення 1 -ї

задачі (операції) 1-й ПК в $(p+1)$ -му такті 1-й пристрій знову підключається до 1-го шару процесора, де починається виконання 2-ї задачі (операції) і т.д.

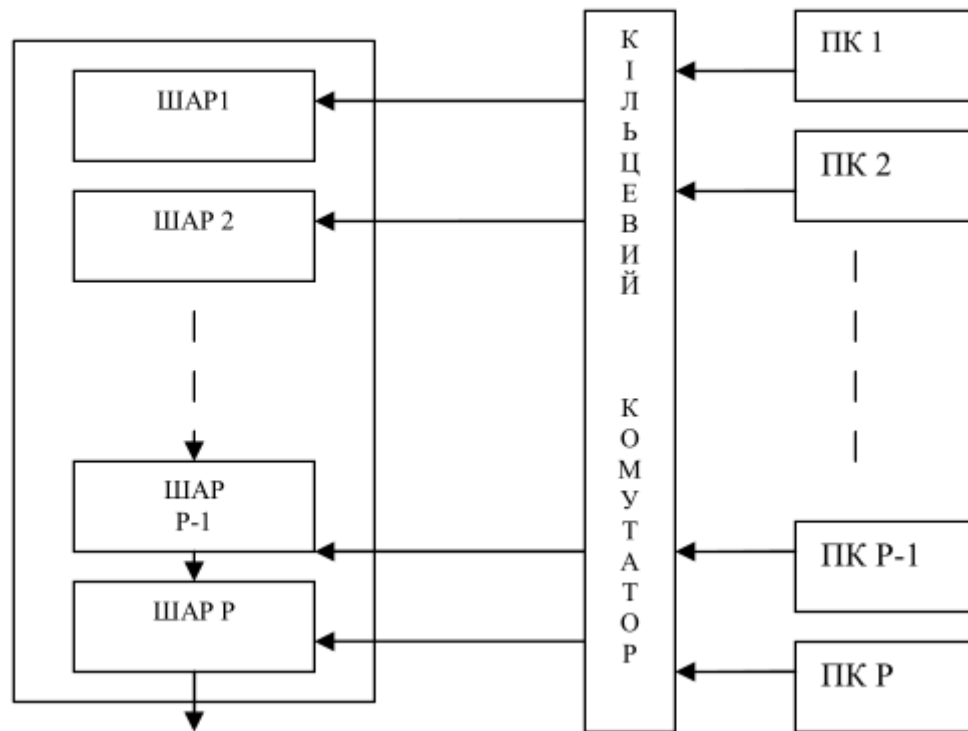


Рисунок 3.2 – Конвеєрна система з роздільним керуванням

Розглянутий конвеєрний процесор є багатофункціональним, тобто дозволяє виконувати одночасно різні операції. Проте при цьому тривалість такту роботи шарів процесора залежить від виконуваних операцій та буде визначатися часом виконання самої тривалої операції.

Конвеєрні системи з загальним керуванням, орієнтовані на використання паралелізму суміжних операцій. Пристрій керування (рис. 5.2) один, але регістрів для збереження інструкцій (РГІ) стільки ж, скільки шарів є в процесорі. 1-ша інструкція програми зчитується в РГІ(1), та в 1-му шарі процесора починається виконання. В наступному такті 1-ша інструкція передається в РГІ(2), її виконання продовжує 2-й шар процесора, а до РГІ(1) зчитується 2-а інструкція програми та в 1-му шарі конвеєрного процесора починається її виконання і т.д.

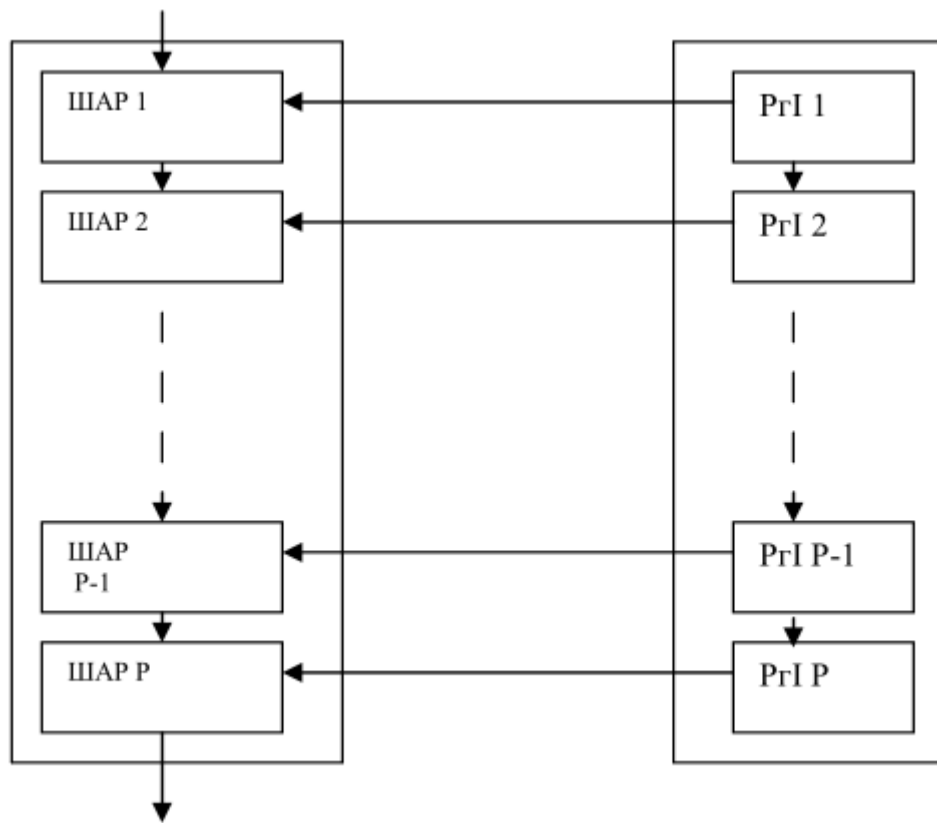


Рисунок 3.2 – Конвеєрна система з загальним керуванням

Розглянутий конвеєрний процесор системи типу К2 теж є багатофункціональним. Будемо розрізняти динамічну та статичну перебудови процесора для виконання різних операцій.

Динамічна перебудова конвеєра (тип К2.1) дозволяє виконувати різні операції одночасно в різних шарах конвеєра. Але так само, як і для систем типу К1, такт конвеєра в кожний момент часу буде визначатися часом виконання самої тривалої операції (у випадку використання конвеєра зі змінним тактом) або часом виконання самої тривалої з усіх операцій, на виконання якої орієнтовано даний багатофункціональний конвеєр (у випадку використання конвеєра з постійним тактом).

У випадку статичної перебудови конвеєра (тип К2.2) на виконання нової операції необхідно дочекатися звільнення конвеєра від попередньої операції та тільки після цього завантажувати наступну операцію (якщо вона відрізняється від виконуваної).

У випадку конвеєра з постійним тактом його тривалість дорівнює часу виконання найтривалішої операції, яка в принципі може бути виконана багатофункціональним конвеєром.

Критерії ефективності конвеєрної системи. Як критерії ефективності розв'язання задачі (обчислення арифметичних виразів) будемо розглядати:

- коефіцієнт прискорення

$$K_n = T_0/T_N, \quad (1)$$

де T_0 – час розв'язання задачі в традиційній ЕОМ (однопроцесорній), який дорівнює сумі часу виконання операцій додавання, множення та ділення;

T_N – час розв'язання задачі в конвеєрній системі;

- коефіцієнт завантаження конвеєра

$$K_3 = T_0/(N*T_n), \quad (2)$$

де N – кількість шарів в конвеєрі.

Приклад. Зробимо аналіз функціонування конвеєрних ОС різних типів для заданого арифметичного виразу

$$(A+B)+C/D+G*(K/L+M+N) \quad (3)$$

Будь-який арифметичний вираз із змінними можна графічно подати у вигляді дерева.

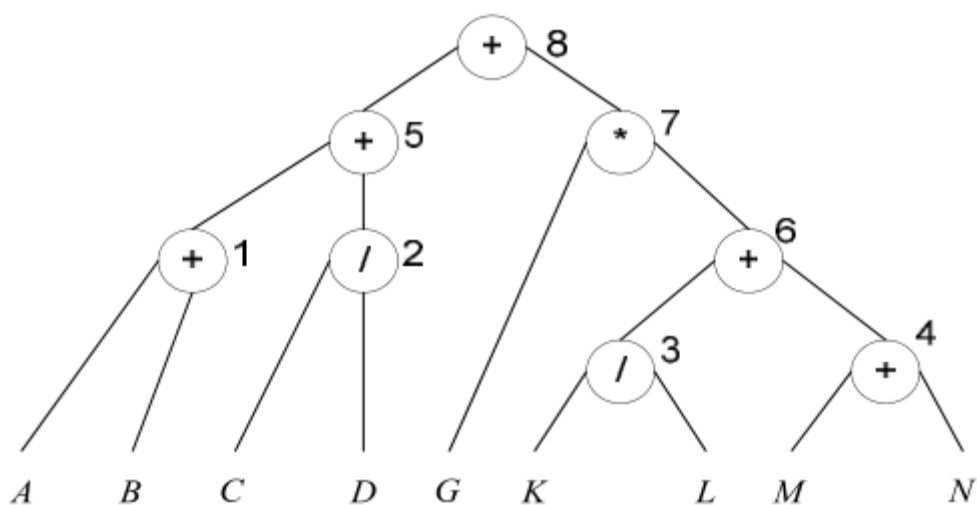


Рисунок 3.3 – Дерево арифметичного виразу

Час обчислення даного арифметичного виразу в традиційній ЕОМ можна визначити таким чином:

$$T_0 = 5T_C + 2T_g + T_m,$$

де T_C – час операції додавання, T_g – час операції ділення, T_m – час операції множення.

Нехай задано $\tau_c = 1$, $\tau_g = 5\tau_c$, $\tau_m = 2\tau_c$,

де τ_c – час операції додавання в одному шарі конвеєра, τ_g – час операції ділення в одному шарі конвеєра, τ_m – час операції множення в одному шарі конвеєра.

Відповідно $T_C = N \cdot \tau_c$; $T_g = N \cdot 5 \cdot \tau_c$; $T_m = N \cdot 2 \cdot \tau_c$.

Тоді при послідовному виконанні всіх операцій даного виразу в конвеєрі з $N=4$, де N – кількість шарів конвеєра

$$T_0 = 5 \cdot 4 \cdot \tau_c + 2 \cdot 4 \cdot 5 \cdot \tau_c + 4 \cdot 2 \cdot \tau_c = 68\tau_c.$$

1) Розглянемо діаграму роботи конвеєра з динамічною перебудовою, наведеного на рис. 3.3, для випадку з $N=4$ (рис. 3.4).

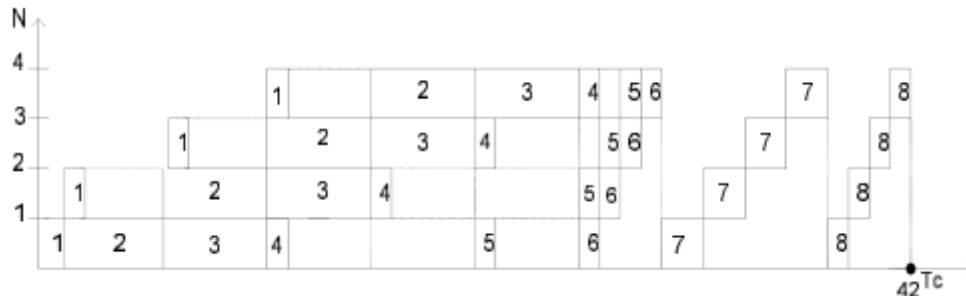


Рисунок 3.4 – Діаграма роботи конвеєра з динамічною перебудовою

Використовуючи вирази (1) та (2), визначимо коефіцієнти прискорення та завантаження:

$$K_{\dot{\gamma}} = T_0 / T_{\dot{\gamma}} = \frac{68\tau_{\dot{\gamma}}}{42\tau_{\dot{\gamma}}} \approx 1,62$$

$$K_{\zeta} = T_0 / (N \cdot T_{\dot{\gamma}}) = \frac{68\tau_{\dot{\gamma}}}{4 \cdot 42\tau_{\dot{\gamma}}} \approx 0,405$$

2) Розглянемо діаграму роботи конвеєра зі статичною перебудовою (рис. 3.5).

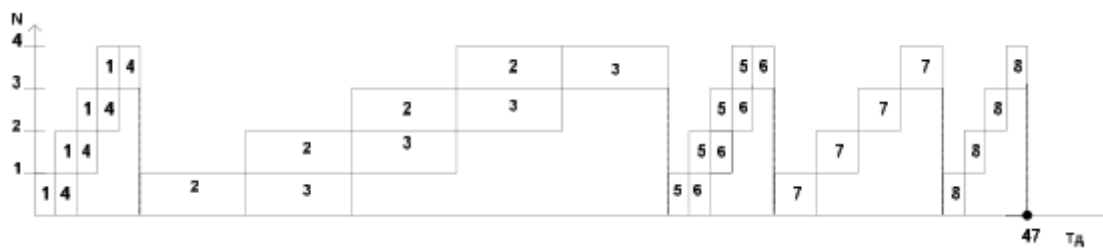


Рисунок 3.5 – Діаграма роботи конвеєра зі статичною перебудовою

Використовуючи вирази (1) та (2), визначимо коефіцієнти прискорення та завантаження:

$$K_i = T_0 / T_{\text{аєі}} = \frac{68\tau_{\bar{n}}}{47\tau_{\bar{n}}} \approx 1,45$$

$$K_c = T_0 / (N \cdot T_{\text{аєі}}) = \frac{68\tau_{\bar{n}}}{4 \cdot 47\tau_{\bar{n}}} \approx 0,362$$

3) Розглянемо діаграму роботи конвеєра з постійним тактом (рис. 3.6).

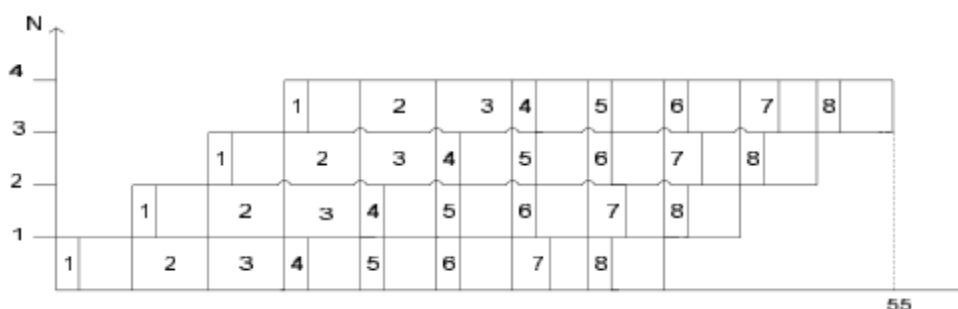


Рисунок 3.6 – Діаграма роботи конвеєра з постійним тактом

Використовуючи вирази (1) та (2), визначимо коефіцієнти прискорення та завантаження:

$$K_i = T_0 / T_{\text{аєі}} = \frac{68\tau_{\bar{n}}}{55\tau_{\bar{n}}} \approx 1,24$$

$$K_c = T_0 / (N \cdot T_{\text{аєі}}) = \frac{68\tau_{\bar{n}}}{4 \cdot 55\tau_{\bar{n}}} \approx 0,309$$

В табл. 3.1 наведено значення коефіцієнтів прискорення та завантаження під час розв'язання задачі обчислення арифметичного виразу в конвеєрах різних типів.

Значення коефіцієнтів прискорення та завантаження

Тип конвеєра	K_n	K_z
З динамічною перебудовою K2.1	1,62	0,405
Зі статичною перебудовою K2.2	1,45	0,362
З постійним тактом K1	1,24	0,309

Аналіз результатів ефективності конвеєрів різних типів під час розв'язання задачі, що розглядається, дозволяє зробити такі висновки:

- використання конвеєру типу K2.1 дозволяє розв'язати задачу за мінімальний час;
- за ступенем використання обладнання (завантаження конвеєра) перевагу слід віддати конвеєру типу K1.

Хід роботи

1. Накреслити дерево заданого арифметичного виразу.
2. Визначити час T_0 обчислення виразу в традиційній ЕОМ.
3. Виконати задачу оптимальної завантаженості (задачу планування обчислень) для кожного типу конвеєрних ОС, що розглядаються.
4. Обчислити значення для типів конвеєру, що розглядаються, та звести їх у таблицю
5. Зробити аналіз функціонування конвеєрів різних типів на підставі коефіцієнтів

Завдання

Варіант	N	τ_m	τ_g	Вираз
1	3	2	3	$(A+B+C)*(D+G)/E+L*K/F$
2	2	3	4	$A*B+C*D+G*K(L+H)*E$
3	3	2	4	$(A+B/C*G)*(K+E+L)/R+D$
4	2	3	5	$A*B/C+D*E(G+K/L)+M$
5	4	2	5	$A+B+C/D+G*(K/L+M+N)$
6	2	2	4	$A+B*(C+D*E*(G+L/K))+N$
7	3	4	5	$A*(B+C/D)+G*K*L+M/N$
8	2	3	5	$A/B+(C+D*E)*(G+K/L*M)$
9	4	2	3	$(A*B+C/D+G*K)(M+N+E)$
10	4	2	4	$A/B+C/D+G*(K+L*(M+N))$
11	3	2	4	$A+B*C+D/E+F(G+H)+K/L$
12	3	3	4	$A*B*C+D*E+F(G+H)+K+L$
13	4	2	3	$(A+B)/(C+D)*E*F+G/H+K/L$
14	3	2	4	$(A+B)/(C+D*E)+F+(G+H)/K*L$
15	2	3	4	$A/B*(C+D)+E*F*G*H+K/L$
16	3	3	5	$A+B*C(D+E/F)+G*H/(K+L)$
17	4	2	4	$(A+B*C+D*E)/(F+G*H+K*L)$
18	3	3	4	$A*B+C*D+E*F+G*H+K/L$
19	3	2	3	$A+B+C+D+E/(F+G/(H+K*L))$
20	4	2	4	$A(B+C(D+E(F+G(H+K/L))))$