



УКРАЇНА

(19) UA (11) 43261 (13) U
(51) МПК (2009)
G06F 7/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ РАНЖУВАННЯ ЧИСЕЛ

1

2

(21) u200902328

(22) 16.03.2009

(24) 10.08.2009

(46) 10.08.2009, Бюл.№ 15, 2009 р.

(72) МАРТИНЮК ТЕТЯНА БОРИСІВНА, МУСІЙЧУК
ІРИНА ВІКТОРІВНА

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Пристрій для ранжування чисел, що містить n регістрів, де n - кількість сортованих чисел, K схем порівняння, де $n/2 \lceil$ - ціла частина числа $n/2$, n лічильників, виходи розрядів i -го лічильника є виходами рангу i -го числа пристрою, де $i=1, \dots, n$, який відрізняється тим, що в нього введено селектор кодів, комутатор, елемент АБО-НІ, елемент затримки, два елементи АБО, причому перша і друга групи n входів пристрою є відповідно входами елементів вхідного масиву чисел та їхніх початкових рангів, перша група n входів пристрою з'єднана з відповідними інформаційними входами n регістрів, інформаційні виходи яких підключені до інформаційних входів селектора кодів, інформаційні виходи якого попарно з'єднані з входами K схем порівняння, інформаційні входи комутатора з'єднані з виходами ознаки відповідних K схем порівняння, а інформаційні виходи з'єднані з входами інкременту і декременту відповідних n лічильників, інформаційні входи яких підключені до другої групи n входів пристрою, крім першого та n -го лічильників, крім того, інформаційні виходи n лічильників з'єднані з відповідними входами керування селектора кодів і комутатора, а інформаційний вихід першого лічильника з'єднаний з входом елемента затримки, вихід якого з'єднаний з першим входом першого елемента АБО, другий вхід якого з'єднаний з n -м входом другої групи входів пристрою, а вихід з'єднаний з інформаційним входом n -го лічильника, інформаційний вихід якого

з'єднаний з першим входом другого елемента АБО, другий вхід якого з'єднаний з першим входом другої групи входів пристрою, а вихід з'єднаний з інформаційним входом першого лічильника, вхід керування пристрою з'єднаний з входом керування циклічністю роботи селектора кодів, а виходи ознаки K схем порівняння з'єднані з відповідними входами елемента АБО-НІ, вихід якого є виходом сигналу "Кінець" пристрою, причому селектор кодів містить n демультиплексорів, першу і другу групи n елементів АБО, першу і другу групи n елементів I , причому i -й вхід селектора кодів з'єднаний з інформаційним входом i -го демультиплексора відповідно, адресний вхід якого з'єднаний з i -м входом керування селектора кодів, кожний i -й вихід з n виходів j -го демультиплексора (де $j=1, \dots, n$) з'єднаний з j -м входом i -го елемента АБО першої групи, вихід якого з'єднаний з першими входами i -го елемента I першої групи та $(i-1)$ -го елемента I другої групи, крім першого елемента АБО першої групи, вихід якого з'єднаний з першими входами першого елемента I першої групи та $(n-1)$ -го елемента I другої групи, i , крім n -го елемента АБО першої групи, вихід якого з'єднаний з першими входами n -х елементів I першої та другої груп, другий вхід кожного елемента I першої групи та інверсний вхід кожного елемента I другої групи з'єднаний з входом керування циклічністю роботи селектора кодів, виходи i -х елементів I першої та другої груп з'єднані, відповідно, з першими входами i -го та другими входами $(i+1)$ -го елементів АБО другої групи, крім $(n-1)$ -го елемента I другої групи, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента АБО другої групи, а також n -го елемента I другої групи, вихід якого з'єднаний з другим входом n -го елемента АБО другої групи, вихід i -го елемента АБО другої групи є i -м виходом селектора кодів.

Корисна модель відноситься до автоматики та обчислювальної техніки і може бути використана у спеціалізованих пристроях для обробки статистичної інформації.

Відомий пристрій для формування масиву (а.с. СРСР №1365097, кл. G 06 F 15/40, 1988р., Бюл. №1), який містить перший і другий блоки пам'яті, блок порівняння, комутатор і блок керування, перший і другий виходи якого з'єднані з входами син-

(19) UA (11) 43261 (13) U

хронізації відповідно першого і другого блоків пам'яті, вихід ознаки порівняння блока порівняння з'єднаний з входом аналізу ознаки порівняння блока керування, виходи першої групи комутатора з'єднані з інформаційними входами другого блока пам'яті, блоки пам'яті містять n регістрів кожний, де n - кількість чисел у початковому масиві, перший і третій виходи блока керування з'єднані відповідно з першим і другим входами керування блока порівняння, i -й вихід рівності якого, де $i = 1, 2, \dots, n$, з'єднаний з входом устанавлення у нульовий стан i -го регістра першого блока пам'яті, інформаційні входи n -го регістра якого підключені до виходів другої групи комутатора, перший і другий входи керування якого підключені відповідно до виходу ознаки порівняння блока порівняння і другого виходу блока керування, вхід запуску якого є входом запуску пристрою, виходи розрядів першого регістра другого блока пам'яті з'єднані з інформаційними входами комутатора, i -й інформаційний вхід пристрою з'єднаний з устанавлюючими входами i -х регістрів першого і другого блоків пам'яті, виходи розрядів яких з'єднані з i -ми інформаційними входами відповідно першої і другої груп блока порівняння, третій вхід керування якого підключений до входу логічної одиниці пристрою, входи синхронізації першого і другого блоків пам'яті є входами синхронізації всіх регістрів відповідно першого і другого блоків пам'яті, інформаційні входи j -х регістрів першого і другого блоків пам'яті, де $j = 1, 2, \dots, (n-1)$, підключені до виходів розрядів $(j+1)$ -х регістрів відповідно першого і другого блоків пам'яті.

Недоліком даного пристрою є недостатня швидкодія через те, що в процесі сортування чисел виконується їхній перезапис у першому блоці пам'яті шляхом послідовного циклічного зсуву чисел у другому блоці пам'яті.

Найбільш близьким за технічною суттю є пристрій для ранжування чисел (а.с. СРСР №1363184, кл. G 06 F 7/06, 1987р., Бюл. №48), який містить розподільвач імпульсів, n регістрів, n схем порівняння, в подальшому K схем порівняння, де n - кількість сортованих чисел, $K = \lfloor n/2 \rfloor$ - ціла частина числа $n/2$, групи елементів I перезапису чисел, вузол підрахунку кількості одиниць, проміжний регістр, n тригерів, n елементів I аналізу першої групи, причому виходи розрядів i -го регістра, де $i = 1, \dots, n$, з'єднані з входами першої групи i -ої схеми порівняння, входи другої групи якої з'єднані з виходами розрядів проміжного регістра, перший вихід підключений до першого входу i -го елемента I аналізу першої групи, другий вхід якого з'єднаний з прямим виходом i -го тригера, вхід встановлення в одиничний стан якого з'єднаний з i -м виходом розподільвача імпульсів і входами керування елементів I перезапису чисел i -ої групи, тактовий вхід розподільвача імпульсів підключений до тактового входу пристрою, крім того пристрій містить n елементів I аналізу другої групи, n груп елементів I перезапису рангу і n лічильників, причому інформаційні входи пристрою з'єднані з інформаційними входами відповідних елементів I перезапису чисел $(n+1)$ -ої групи, входи керування яких підключені до тактового входу пристрою, а виходи з'єднані з ін-

формаційними входами проміжного регістра, виходи розрядів якого з'єднані додатково з відповідними інформаційними входами елементів I перезапису чисел i -х груп, виходи елементів I перезапису чисел i -ої групи з'єднані з інформаційними входами i -го регістра, другий вихід i -ої схеми порівняння підключений до першого входу i -го елемента I аналізу другої групи, другий вхід якого з'єднаний з прямим виходом i -го тригера, а вихід з'єднаний з входом лічби i -го лічильника, виходи розрядів якого є виходами рангу i -го числа пристрою, а інформаційні входи з'єднані з виходами відповідних елементів I перезапису рангу i -ої групи, входи керування яких підключені до i -го виходу розподільвача імпульсів, виходи елементів I аналізу першої групи з'єднані з входами вузла підрахунку кількості одиниць, виходи якого з'єднані з інформаційними входами відповідних елементів I перезапису рангу всіх груп.

Недоліком цього пристрою є недостатня швидкодія, оскільки він сортує числа з ранжуванням в процесі їхнього послідовного подання у пристрій.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для ранжування чисел, в якому за рахунок введення нових вузлів та зв'язків між ними досягається зменшення часу сортування масиву чисел, що сприятиме підвищенню швидкодії пристрою для ранжування чисел.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрій для ранжування чисел, який містить n регістрів, де n - кількість сортованих чисел, K схем порівняння, де $K = \lfloor n/2 \rfloor$ - ціла частина числа $n/2$, n лічильників, виходи розрядів i -го лічильника є виходами рангу i -го числа пристрою, де $i = 1, \dots, n$, введено селектор кодів, комутатор, елемент АБО-НІ, елемент затримки, два елементи АБО, причому перша і друга групи n входів пристрою є відповідно входами елементів вхідного масиву чисел та їхніх початкових рангів, перша група n входів пристрою з'єднана з відповідними інформаційними входами n регістрів, інформаційні виходи яких підключені до інформаційних входів селектора кодів, інформаційні виходи якого попарно з'єднані з входами K схем порівняння, інформаційні входи комутатора з'єднані з виходами ознаки відповідних K схем порівняння, а інформаційні входи з'єднані з входами інкременту і декременту відповідних n лічильників, інформаційні входи яких підключені до другої групи n входів пристрою, крім першого та n -го лічильників, крім того, інформаційні виходи n лічильників з'єднані з відповідними входами керування селектора кодів і комутатора, а інформаційний вихід першого лічильника з'єднаний з входом елемента затримки, вихід якого з'єднаний з першим входом першого елемента АБО, другий вхід якого з'єднаний з n -м входом другої групи входів пристрою, а вихід з'єднаний з інформаційним входом n -го лічильника, інформаційний вихід якого з'єднаний з першим входом другого елемента АБО, другий вхід якого з'єднаний з першим входом другої групи входів пристрою, а вихід з'єднаний з інформаційним входом першого лічильника, вхід керування пристрою з'єднаний з входом керування циклічністю роботи селектора кодів, а виходи

ознаки K схем порівняння з'єднані з відповідними входами елемента АБО-НІ, вихід якого є виходом сигналу "Кінець" пристрою, причому селектор кодів містить n демультиплексорів, першу і другу групи n елементів АБО, першу і другу групи n елементів I , причому i -й вхід селектора кодів з'єднаний з інформаційним входом i -го демультиплексора відповідно, адресний вхід якого з'єднаний з i -м входом керування селектора кодів, кожний i -й вихід з n виходів j -го демультиплексора (де $j=1, \dots, n$) з'єднаний з j -м входом i -го елемента АБО першої групи, вихід якого з'єднаний з першими входами i -го елемента I першої групи та $(i-1)$ -го елемента I другої групи, крім першого елемента АБО першої групи, вихід якого з'єднаний з першими входами першого елемента I першої групи та $(n-1)$ -го елемента I другої групи, і крім n -го елемента АБО першої групи, вихід якого з'єднаний з першими входами n -х елементів I першої та другої груп, другий вхід кожного елемента I першої групи та інверсний вхід кожного елемента I другої групи з'єднаний з входом керування циклічністю роботи селектора кодів, виходи i -х елементів I першої та другої груп з'єднані відповідно з першими входами i -го та другими входами $(i+1)$ -го елементів АБО другої групи, крім $(n-1)$ -го елемента I другої групи, вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента АБО другої групи, а також n -го елемента I другої групи, вихід якого з'єднаний з другим входом n -го елемента АБО другої групи, вихід i -го елемента АБО другої групи є i -м виходом селектора кодів.

На Фіг.1 представлено блок-схему пристрою для ранжування чисел; на Фіг.2 представлено топологію з'єднань елементів масиву чисел, яку реалізує селектор кодів для парної розмірності масиву n чисел; на Фіг.3 наведено функціональну схему селектора кодів.

Пристрій для ранжування чисел (Фіг.1) містить n регістрів $1_1, \dots, 1_n$, де n - кількість сортованих чисел (елементів у масиві чисел), K схем порівняння $2_1, \dots, 2_k$, де $K = \lfloor n/2 \rfloor$ - ціла частина числа $n/2$, n лічильників $3_1, \dots, 3_n$, селектор кодів 4 і комутатор 5. Крім того, пристрій містить входи $6_1, \dots, 6_n$, та $7_1, \dots, 7_n$ пристрою, які є відповідно входами елементів вхідного масиву чисел та їхніх початкових рангів, виходи $8_1, \dots, 8_n$ рангів пристрою. Входи $6_1, \dots, 6_n$ пристрою з'єднані з інформаційними входами регістрів $1_1, \dots, 1_n$, виходи яких підключені до інформаційних входів $9_1, \dots, 9_n$ селектора кодів 4, інформаційні виходи $10_1, \dots, 10_n$ якого попарно з'єднані з входами схем порівняння $2_1, \dots, 2_k$.

Інформаційні входи комутатора 5 з'єднані з входами ознаки відповідних схем порівняння $2_1, \dots, 2_k$, а інформаційні виходи з'єднані з входами інкременту і декременту відповідних лічильників $3_1, \dots, 3_n$, інформаційні входи яких, крім лічильників $3_1, 3_n$, підключені до входів $7_2, \dots, 7_{n-1}$ пристрою. Крім того, інформаційні виходи лічильників $3_1, \dots, 3_n$ є виходами $8_1, \dots, 8_n$ рангів пристрою і з'єднані з входами $11_1, \dots, 11_n$ керування селектора кодів 4 і відповідними входами керування комутатора 5, вхід 12 керування пристрою з'єднаний з входом керування циклічністю роботи селектора кодів 4, а виходи ознаки схем порівняння $2_1, \dots, 2_k$ з'єднані також з відповідними входами елемента АБО-НІ

13, вихід якого є виходом 14 сигналу "Кінець" пристрою. Крім того, інформаційні виходи 8_i лічильника 3_i з'єднаний з входом елемента затримки 15, вихід якого і вхід 7_n з'єднані через елемент АБО 16 з інформаційним входом n -го лічильника 3_n , інформаційний вихід 8_n якого і вхід 7_1 пристрою з'єднані через елемент АБО 17 з інформаційним входом першого лічильника 3_1 .

Селектор кодів 4 (Фіг.3) містить інформаційні входи $9_1, \dots, 9_n$, інформаційні виходи $10_1, \dots, 10_n$, входи $11_1, \dots, 11_n$ керування, вхід 12 керування циклічністю роботи, n демультиплексорів $18_1, \dots, 18_n$, n елементів АБО $19_1, \dots, 19_n$, n елементів I $20_1, \dots, 20_n$, n елементів I $21_1, \dots, 21_n$, n елементів АБО $22_1, \dots, 22_n$. Вхід 9_i (де $i=1, \dots, n$) з'єднаний з інформаційним входом i -го демультиплексора 18_i відповідно, адресним входом якого є вхід 11_i керування селектора кодів 4. Кожний i -й вихід Q_i з n виходів демультиплексора 18_i ($j=1, \dots, n$) з'єднаний з j -м входом i -го елемента АБО 19_i , вихід якого з'єднаний з першим входом i -го елемента I 20_i , а також з першим входом $(i-1)$ -го елемента I 21_i , крім першого елемента АБО 19_1 , вихід якого з'єднаний з першими входами першого елемента I 20_1 і $(n-1)$ -го елемента I 21_{n-1} , і крім n -го елемента АБО 19_n , вихід якого з'єднаний з першими входами n -х елементів I 20_n та I 21_n . Другий вхід кожного елемента I 20_i та інверсний вхід кожного елемента I 21_i з'єднаний з входом 12 керування циклічністю роботи селектора кодів 4. Виходи i -х елементів I 20_i та I 21_i з'єднані відповідно з першими входами i -го АБО 22_i та другими входами $(i+1)$ -го елемента АБО 22_{i+1} , крім $(n-1)$ -го елемента I 21_{n-1} , вихід якого з'єднаний з другим входом першого елемента АБО 22_1 , а також n -го елемента I 21_n , вихід якого з'єднаний з другим входом n -го елемента АБО 22_n , вихід i -го елемента АБО 22_i є i -м виходом 10_i селектора кодів 4.

Сортування масиву чисел шляхом попарного обміну без використання рангів виконують в такий спосіб. У першому і всіх непарних циклах попарно порівнюють сусідні елементи масиву чисел у $(2k-1)$ -х і $2k$ -х позиціях і більший з них за значенням переміщують або залишають у $2k$ -й позиції, а менший переміщують або залишають у $(2k-1)$ -й позиції, де $k=1, \dots, K$.

У другому і всіх парних циклах попарно порівнюють сусідні елементи масиву чисел у $2k$ -х і $(2k+1)$ -х позиціях, а також перший і n -й елементи масиву, і більший з них за значенням переміщують або залишають у $(2k+1)$ -й позиції, а менший переміщують або залишають у $2k$ -й позиції або першій позиції.

Сортування шляхом попарного обміну з введенням рангів елементів масиву чисел має такий вигляд.

1. Перед сортуванням усім елементам масиву чисел присвоюють ранги, які відповідають номерам їхніх позицій у масиві.

2. Формують групу пар із сусідніх елементів масиву чисел незалежно від кількості n елементів масиву за таким правилом: а) у всіх непарних циклах кожна пара елементів складається з $(2k-1)$ -х і $2k$ -х елементів ($k=1, \dots, K$); б) у всіх парних циклах кожна пара елементів складається з $2k$ -х і $(2k+1)$ -х

елементів, а також першого та n-го елементів масиву чисел.

3. У кожній парі елементів масиву чисел за результатом порівняння виконують такі дії: а) якщо елемент молодшої позиції менший за значенням, ніж елемент старшої позиції, то ранги елементів не змінюють; б) якщо елемент молодшої позиції більший за значенням, ніж елемент старшої позиції, то ранги змінюють таким чином: ранг елемента молодшої позиції збільшують на одиницю, ранг елемента старшої позиції зменшують на одиницю, а також ранги елементів першої і n-ої позицій міняються місцями.

4. Перевіряють умову відсутності будь-якої зміни рангів у всіх парах елементів масиву чисел. Якщо ця умова виконується і це не перший цикл, то виконують перехід до п. 5; якщо ця умова не

виконується, а також якщо це перший цикл, то виконують перехід до п. 2.

5. Процес сортування закінчено.

Приклади сортування масиву чисел без ранжування і з введенням рангів елементів масиву показано у табл. 1 і 2 відповідно. Тут застосовано такі умовні позначення: $\lceil \rfloor$ - ознака пари елементів, що порівнюють; \updownarrow - ознака переміщення (транспозиції) елементів у відповідній парі, $\left[\right]$ - ознака зменшення або збільшення відповідних рангів елементів. Елементи масиву чисел взято з діапазону цілих додатних чисел (0, 9). Масив рангів елементів масиву чисел складається з діапазону цілих чисел від 1 до 6. Наприкінці сортування виконують один контрольний цикл.

Таблиця 1

| Цикли сортування | Позиція елементів у парах | Обміни у парах елементів |
|------------------|--|--|
| 1 | $\begin{matrix} 1 \rfloor \\ 2 \rfloor \\ 3 \rfloor \\ 4 \rfloor \\ 5 \rfloor \\ 6 \rfloor \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 7 \rfloor \\ 9 \rfloor \\ 1 \rfloor \\ 5 \rfloor \\ \updownarrow 4 \rfloor \\ \updownarrow 2 \rfloor \end{matrix}$ |
| 2 | $\begin{matrix} 1 \rfloor \\ 2 \rfloor \\ 3 \rfloor \\ 4 \rfloor \\ 5 \rfloor \\ 6 \rfloor \end{matrix}$ | $\begin{matrix} \left[7 \right] \\ \left[9 \right] \\ \left[1 \right] \\ \left[5 \right] \\ \left[2 \right] \\ \left[4 \right] \end{matrix}$ |
| 3 | $\begin{matrix} 1 \rfloor \\ 2 \rfloor \\ 3 \rfloor \\ 4 \rfloor \\ 5 \rfloor \\ 6 \rfloor \end{matrix}$ | $\begin{matrix} \updownarrow 4 \rfloor \\ \updownarrow 1 \rfloor \\ \updownarrow 9 \rfloor \\ \updownarrow 2 \rfloor \\ 5 \rfloor \\ 7 \rfloor \end{matrix}$ |
| 4 | $\begin{matrix} 1 \rfloor \\ 2 \rfloor \\ 3 \rfloor \\ 4 \rfloor \\ 5 \rfloor \\ 6 \rfloor \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 1 \rfloor \\ \updownarrow 4 \rfloor \\ \updownarrow 2 \rfloor \\ \updownarrow 9 \rfloor \\ \updownarrow 5 \rfloor \\ 7 \rfloor \end{matrix}$ |
| 5 | $\begin{matrix} 1 \rfloor \\ 2 \rfloor \\ 3 \rfloor \\ 4 \rfloor \\ 5 \rfloor \\ 6 \rfloor \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 1 \rfloor \\ 2 \rfloor \\ 4 \rfloor \\ 5 \rfloor \\ \updownarrow 9 \rfloor \\ \updownarrow 7 \rfloor \end{matrix}$ |
| 6 | $\begin{matrix} 1 \rfloor \\ 2 \rfloor \\ 3 \rfloor \\ 4 \rfloor \\ 5 \rfloor \\ 6 \rfloor \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 1 \rfloor \\ 2 \rfloor \\ 4 \rfloor \\ 5 \rfloor \\ 7 \rfloor \\ 9 \rfloor \end{matrix}$ |

Таблиця 2

| Цикли сортування | Позиція елементів у парах | Порівняння у парах елементів | Ранги елементів масиву чисел |
|------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 1 2 3 4 5 6 | 7 9 1 5 4 2 | 1 2 3 4 5 6 |
| 2 | 1 2 3 4 5 6 | 7 9 1 5 4 2 | 1 2 3 4 5 6 |
| 3 | 1 2 3 4 5 6 | 7 9 1 5 4 2 | 6 3 2 5 1 4 |
| 4 | 1 2 3 4 5 6 | 7 9 1 5 4 2 | 6 4 1 5 2 3 |
| 5 | 1 2 3 4 5 6 | 7 9 1 5 4 2 | 6 5 1 4 3 2 |
| 6 | 1 2 3 4 5 6 | 7 9 1 5 4 2 | 5 6 1 4 3 2 |

Розглянемо сортування масиву чисел, який складається, наприклад, з шести чисел {7,9,1,5,4,2} (табл.2). Ці числа записують по входах $6_1, \dots, 6_6$ пристрою у відповідні регістри $1_1, \dots, 1_6$. Одночасно по входах $7_1, \dots, 7_6$ пристрою у лічильники $3_1, \dots, 3_6$ записують масив початкових рангів елементів масиву чисел у вигляді послідовності номерів позицій відповідних елементів у масиві, а саме {1,2,3,4,5,6}. Після цього з подачею зі входу 12 керування пристрою відповідного сигналу (наприклад, одиничного) на вхід керування циклічності роботи селектора кодів 4 і з урахуванням початкових рангів елементів на його входах $11_1, \dots, 11_6$ керування виконують перший (непарний) цикл сортування, який починають з формування відповідних пар сусідніх елементів масиву чисел (п.2а) селектором кодів 4, які подають на його інформаційні входи $9_1, \dots, 9_6$. Сформовані пари чисел з виходів $10_1, \dots, 10_6$ селектора кодів 4 подають на попарні входи відповідних схем порівняння $2_1, \dots, 2_3$, причому принцип формування пар елементів у

непарних і парних циклах графічно подано на Фіг.2.

За результатом попарного порівняння на виходах ознаки схем порівняння $2_1, \dots, 2_3$ одиниця формується у тих випадках, коли не виконується умова (п.3а), а виконується умова (п.3б). Ці одиничні сигнали, проходячи через комутатор 5, формують одиничні сигнали на входах інкременту і декременту відповідних лічильників $3_1, \dots, 3_6$, тобто збільшують або зменшують на одиницю їхній стан. Ці значення рангів з виходів лічильників $3_1, \dots, 3_6$ фіксують на входах $11_1, \dots, 11_6$ керування селектора кодів 4 і відповідних входах керування комутатора 5 перед початком наступного циклу сортування.

Одночасно перевіряють виконання умови (п.4), тобто наявність одиничного сигналу на виході 14 елемента АБО-НІ 13, що можливо при відсутності одиничних сигналів на виходах ознаки всіх схем порівняння $2_1, \dots, 2_3$. Оскільки для першого циклу це не суттєво, тому змінюють сигнал на вході 12 керування пристрою на протилежний (нульовий).

вий), який подають на вхід керування циклічністю роботи селектора кодів 4, в результаті чого починають виконання другого (парного) циклу сортування. Він складається з формування відповідних пар сусідніх елементів масиву чисел (п.2б) селектором кодів 4, попарного порівняння у схемах порівняння $2_1, \dots, 2_3$, комутації сигналів ознаки з виходів ознаки схем порівняння $2_1, \dots, 2_3$ комутатором 5, формування рангів чисел масиву у лічильниках $3_1, \dots, 3_6$. Причому у лічильниках $3_2, \dots, 3_5$ формування рангів виконується в процесі збільшення або зменшення їхнього стану, а у лічильниках 3_1 і 3_6 виконується перезапис рангів між ними. Причому спочатку записується ранг з виходу лічильника 3_6 у лічильник 3_1 через елемент АБО 17, а потім у лічильник 3_6 через елемент затримки 15 і елемент АБО 16 записується ранг з виходу лічильника 3_1 . Змінені значення рангів з виходів лічильників $3_1, \dots, 3_6$ знову подають на входи $11_1, \dots, 11_6$ керування селектора кодів 4 і на відповідні входи керування комутатора 5 перед початком наступного циклу сортування.

Процес сортування з ранжуванням елементів масиву чисел по циклах представлено у табл.2. Після кожного циклу сортування перевіряють умову (п.4) у вигляді наявності чи відсутності одиничного сигналу на виході 14 елемента АБО-НІ 13. Якщо одиничний сигнал на виході 14 елемента АБО-НІ 13 відсутній, то змінюють сигнал на вході 12 керування пристрою на протилежний і починають виконання наступного парного/непарного циклу сортування.

Так виконується процес сортування з ранжуванням. Він закінчується з появою одиничного сигналу на виході 14 сигналу "Кінець" пристрою. Отже, у лічильниках $3_1, \dots, 3_6$ сформовано відповідні ранги елементів відсортованого масиву чисел, а саме, найбільшому за значенням елементу масиву чисел відповідає максимальний ранг, а найменшому - мінімальний (одиничний) ранг. Сформовані ранги в подальшому використовують для зчитування чисел з регістрів $1_1, \dots, 1_6$ або за збільшенням, або за зменшенням їхніх значень, тобто формують відсортований масив чисел за зростанням/спаданням.

Таким чином, для наведеного сортування чисел мінімальна кількість циклів сортування дорівнює двом, а максимальна - n , де n - кількість елементів у масиві чисел, тобто:

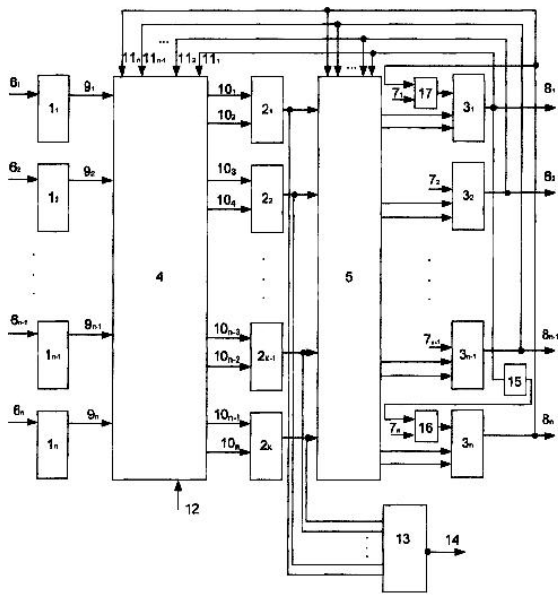
$$N_{\min}=2, N_{\max}=n.$$

При відсутності зміни рангів у першому циклі необхідно виконати ще один цикл для контролю.

Селектор кодів 4 (Фіг.3) працює у такий спосіб. На інформаційний вхід 9_i селектора кодів 4, а отже на інформаційний вхід i -го демультимплексора 18_i спочатку подається відповідний i -й елемент масиву чисел, а на його адресний вхід, який з'єднаний з входом 11_i керування селектора кодів 4, відповідний ранг i -го елемента в масиві чисел. Тобто на i -му виході Q_i , кожного j -го демультимплексора 18_j ($j=1, \dots, n$) з'явиться відповідне число масиву з i -м початковим рангом, яке подається на j -й вхід i -го елемента АБО 19_i і далі з його виходу проходить на перший вхід i -го елемента 20_i , (де $i=1, \dots, n$), а також на перший вхід $(i-1)$ -го елемента 21_i , крім першого елемента АБО 19_1 , з виходу якого відповідне число масиву подається на перший вхід першого елемента 20_1 і на перший вхід $(n-i)$ -го елемента 21_{n-1} і крім n -го елемента АБО 19_n , з виходу якого відповідне число масиву подається на перші входи n -х елементів 20_n та 21_n .

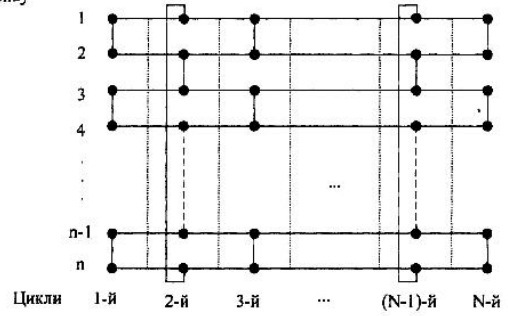
При наявності одиничного сигналу на вході 12 керування циклічністю роботи селектора кодів 4, що відповідає виконанню непарних циклів сортування, число з виходу i -го елемента 20_i проходить на перший вхід елемента АБО 22_i (де $i=1, \dots, n$) і з'являється на відповідному виході 10_i селектора кодів 4. Якщо на вході 12 керування циклічністю роботи селектора кодів 4 присутній нульовий сигнал, що відповідає виконанню парних циклів сортування, то відповідне число масиву з виходу i -го елемента 21_i проходить на другий вхід елемента АБО 22_{i+1} (де $i=1, \dots, n-2$) і з'являється на відповідному виході 10_{i+1} селектора кодів 4, крім числа з виходу $(n-1)$ -го елемента 21_{n-1} , що приходить на другий вхід першого елемента АБО 22_1 і з'являється на відповідному виході 10_1 селектора кодів 4, і крім числа з виходу n -го елемента 21_n , що приходить на другий вхід елемента АБО 22_n і з'являється на відповідному виході 10_n селектора кодів 4.

У запропонованому пристрої зменшення тривалості сортування масиву чисел досягається за рахунок їх ранжування, що приводить в процесі попарного перегляду елементів масиву чисел до зміни значень рангів на одиницю (інкремент/декремент) замість переміщення (транспозиції) елементів у парах, яке виконують як мінімум за три такти. В якості значень рангів елементів може використовуватися не тільки послідовність чисел від 1 до n , де n - кількість елементів у масиві чисел, але й послідовність адреси цих елементів при їхньому записі у пам'ять.

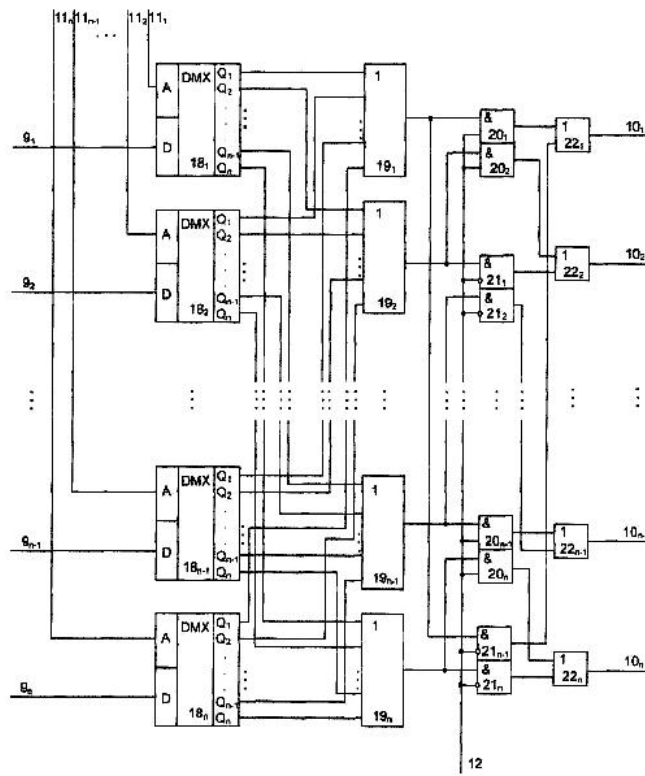


Фіг. 1

Позиція елементів масиву



Фіг. 2



Фіг. 3