



УКРАЇНА

(19) UA (11) 39377 (13) A

(51) 7 G06F7/548

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ГРАФІЧНИЙ СПЕЦПРОЦЕСОР ДЛЯ СИСТЕМ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

(21) 2000063637

(22) 23.06.2000

(24) 15.06.2001

(33) UA

(46) 15.06.2001, Бюл. № 5, 2001 р.

(72) Гусятін Володимир Михайлович, Янковський
Олександр Аркадійович, Філімончук Михайло Ана-
толійович, Чаговець Ярослав Васильович(73) Харківський державний технічний університет
радіоелектроніки

(57) Графічний спецпроцесор для систем візуалізації, що містить блок завдання вхідних параметрів, блок керування, перший, другий, третій блоки перетворення координат, перший, другий, третій логарифмічні перетворювачі, перший, другий функціональні перетворювачі, перший, другий адресні формувачі, блок формування сигналу "Обрій", перший інформаційний вихід блоку завдання вхідних параметрів з'єднаний із дев'ятьма входами першого, другого, третього блоків перетворення координат, другий інформаційний вихід з'єднаний з одинадцятьма входами першого і другого адресних формувачів, від першого до четвертого керуючі виходи з'єднані з відповідними входами першого, другого і третього блоків перетворення координат, четвертий також зв'язаний із дев'ятьма входами першого і другого адресних формувачів, треті і четверті входи яких зв'язані відповідно з п'ятим і шостим виходами блоку завдання вхідних параметрів, перший вхід якого з'єднаний із п'ятим виходом блоку керування, перший вихід блоку керування зв'язаний із другими входами першого, другого, третього логарифмічних перетворювачів і блоку формування сигналу "Обрій", п'ятьма входами першого, другого і третього блоків перетворення координат, третіми входами першого і другого функціональних перетворювачів, шостими входами першого і другого адресних формувачів, від другого до четвертого виходи блоку керування з'єднані відповідно із шостими, сьомими і восьмими входами першого, другого, третього блоків перетворення координат, третій вихід блока керування також з'єднаний із третіми входами першого, другого і третього логарифмічних перетворювачів, сьомими входами першого і другого адресних формувачів, шостими входами першого і другого функціональних перетворювачів і третім входом блоку сигналу "Обрій", а четвертий вихід блоку керування з'єднаний також із десятима входами першого і другого адрес-

них формувачів, перший вихід першого блоку перетворення координат з'єднаний із першим входом першого логарифмічного перетворювача, перші і другі виходи якого через перший функціональний перетворювач з'єднані з першим і другим входами першого адресного формувача, перший вихід другого блоку перетворення координат з'єднаний із першими входами другого логарифмічного перетворювача і блоку формування сигналу "Обрій", перший вихід третього блоку перетворення координат з'єднаний із першим входом третього логарифмічного перетворювача, перший і другий виходи якого через другий функціональний перетворювач з'єднані з першим і другим входами другого адресного формувача, другі виходи першого і третього блоків перетворення координат з'єднані з п'ятьма входами відповідно першого і другого адресних формувачів, перший і другий виходи другого логарифмічного перетворювача з'єднані відповідно з четвертими і п'ятьма входами першого та другого функціональних перетворювачів, другий вихід другого блоку перетворення координат з'єднаний із восьмими входами першого і другого адресних формувачів, який відрізняється тим, що в нього введений блок зберігання та розпаковки сцени, що містить чотири оперативних запам'ятовувачих пристрої, три блоки розпаковки, блок вибору кольору, п'ять мультиплексорів-селекторів, три адресних регістри, при цьому, вхід першого оперативного запам'ятовувачого пристрою, перші входи першого блоку розпаковки і першого регістра з'єднані з першим входом пристрою, вихід першого регістра з'єднаний із першими входами другого блоку розпаковки і другого регістра і входом другого оперативного запам'ятовувачого пристрою, вихід якого зв'язаний з першим входом третього та з другим входом першого мультиплексора-селектора, вихід якого зв'язаний з другим входом другого блоку розпаковки, четвертий вихід якого зв'язаний з першим входом другого мультиплексора-селектора, вихід якого зв'язаний з другим входом третього блоку розпаковки, вихід другого регістра з'єднаний із першими входами третього блоку розпаковки і третього регістра і входом третього оперативного запам'ятовувачого пристрою, вихід якого зв'язаний з другим входом другого та з першим входом четвертого мультиплексора-селектора, вихід третього регістра з'єднаний із входом четвертого оперативного запам'ятовувачого пристрою, другий вхід першого блоку роз-

(19) UA (11) 39377 (13) A

паковки з'єднаний із виходом першого оперативного запам'ятовуючого пристрою, вихід першого оперативного запам'ятовуючого пристрою з'єднаний з другим і третім входами першого блоку розпаковки та через другий вхід третього мультиплексора-селектора з другим входом четвертого мультиплексора-селектора, вихід якого з'єднаний з другим входом п'ятого мультиплексора-селектора, вихід якого зв'язаний з дев'ятим входом блоку вибору кольору, вихід якого є виходом спецпроцесора, а десятим вхід зв'язаний з блоком формування сигналу "Обрій", треті входи першого і другого мультиплексорів-селекторів з'єднані відповідно з бітом переходу на наступний рівень першого і другого оперативних запам'ятовуючих пристроїв, треті входи другого і третього блоку розпаковки з'єднані

відповідно з бітом переходу на наступний рівень другого і третього оперативних запам'ятовуючих пристроїв, четверті входи першого, другого і третього блоку розпаковки, другі входи першого, другого і третього регістрів, одинадцятий вхід блоку вибору кольору з'єднані з третім входом блоку запам'ятовування та розпаковки сцени, перший, другий і третій входи першого і другого блоку розпаковки і перший і другий входи третього блоку розпаковки з'єднані відповідно з 1-8 входами блоку вибору кольору, треті входи третього, четвертого і п'ятого мультиплексорів-селекторів з'єднані відповідно з бітом переходу на наступний рівень першого, другого і третього оперативних запам'ятовуючих пристроїв.

Винахід відноситься до обчислювальної техніки, тренажерів різноманітного призначення, а також може бути використаний в телевізійній техніці.

Відомий пристрій для формування динамічних зображень (див. А.С. СРСР № 1109785 за МПК G09G 1/08, бюл. № 31, 1984), що містить блок завдання вхідних параметрів і синхронізації, два блоки перетворення координат, формувач керуючих імпульсів, шини керуючого і вихідного сигналів.

Найбільш близьким за сукупністю ознак є пристрій для обчислення швидких геометричних перетворень (див. пат. РФ № 2020557 за МПК G06F 7/548, бюл. № 18, 1994). Пристрій містить блок завдання вхідних параметрів, перший, другий, третій блоки перетворення координат, блок пам'яті, блок керування, перший, другий, третій логарифмічні перетворювачі, перший, другий функціональні перетворювачі, перший, другий адресні формувачі, блок формування сигналу "Обрій".

Описані аналог і прототип не забезпечують високий ступінь деталізації та якість відображення об'єктів сцени через відсутність запам'ятовуючого пристрою, що зберігає сцену з різним ступенем деталізації та пристрою розпаковки, що дозволяє розпаковувати об'єкти сцени із запам'ятовуючого пристрою при їх відображенні.

В основу винаходу поставлено завдання створення графічного спецпроцесора для систем візуалізації, що за рахунок уведення блока зберігання та розпаковки сцени замість блока пам'яті і нових зв'язків забезпечував би високоякісне відображення об'єктів.

Такий технічний результат може бути досягнутий, якщо в графічний спецпроцесор для систем візуалізації, що містить блок завдання вхідних параметрів, блок керування, перший, другий, третій блоки перетворення координат, перший, другий, третій логарифмічні перетворювачі, перший, другий функціональні перетворювачі, перший, другий адресні формувачі, блок формування сигналу "Обрій", перший інформаційний вихід блока завдання вхідних параметрів з'єднаний із дев'ятьма входами першого, другого, третього блоків перетворення координат, другий інформаційний вихід, з'єднаний з одинадцятьма входами першого і другого адресних формувачів, від першого до четвертого керуючі виходи з'єднані з відповідними вхо-

дами першого, другого і третього блоків перетворення координат, четвертий також зв'язаний із дев'ятьма входами першого і другого адресних формувачів, треті і четверті входи яких зв'язані відповідно з п'ятим і шостим виходами блока завдання вхідних параметрів, перший вхід якого з'єднаний із п'ятим виходом блока керування, перший вихід блока керування зв'язаний із другими входами першого, другого, третього логарифмічних перетворювачів і блока формування сигналу "Обрій", п'ятьма входами першого, другого і третього блоків перетворення координат, третіми входами першого і другого функціональних перетворювачів, шостими входами першого і другого адресних формувачів, від другого до четвертого виходи блока керування з'єднані відповідно із шостими, сьомими і восьмими входами першого, другого, третього блоків перетворення координат, третій вихід блока керування також з'єднаний із третіми входами першого, другого і третього логарифмічних перетворювачів, сьомими входами першого і другого адресних формувачів, шостими входами першого і другого функціональних перетворювачів і третім входом блока формування сигналу "Обрій", а четвертий вихід блока керування з'єднаний також із десятима входами першого і другого адресних формувачів, перший вихід першого блока перетворення координат з'єднаний із першим входом першого логарифмічного перетворювача, перші і другі виходи якого через перший функціональний перетворювач з'єднані з першим і другим входом першого адресного формувача, перший вихід другого блока перетворення координат з'єднаний із першими входами другого логарифмічного перетворювача і блока формування сигналу "Обрій", перший вихід третього блока перетворення координат з'єднаний із першим входом третього логарифмічного перетворювача, перший і другий виходи якого через другий функціональний перетворювач з'єднані з першим і другим входами другого адресного формувача, другі виходи першого і третього блоків перетворення координат з'єднані з п'ятьма входами відповідно першого і другого адресних формувачів, перший і другий виходи другого логарифмічного перетворювача з'єднані відповідно з четвертими і п'ятьма входами першого та другого функціональних перетворювачів, другий вихід другого блока перетворення

координат з'єднаний із восьмими входами першого і другого адресних формувачів, згідно з винаходом, в нього введений блок зберігання та розпаковки сцени, що містить чотири оперативних запам'ятовуючих пристрої, три блоки розпаковки, блок вибору кольору, п'ять мультиплексорів-селекторів, три адресних регістри, при цьому вхід першого оперативного запам'ятовуючого пристрою, перші входи першого блока розпаковки і першого регістра з'єднані з першим входом пристрою, вихід першого регістра з'єднаний із першими входами другого блока розпаковки і другого регістра і входом другого оперативного запам'ятовуючого пристрою, вихід якого зв'язаний з першим входом третього та з другим входом першого мультиплексора-селектора, вихід якого зв'язаний з другим входом другого блока розпаковки, четвертий вихід якого зв'язаний з першим входом другого мультиплексора-селектора, вихід якого зв'язаний з другим входом третього блока розпаковки, вихід другого регістра з'єднаний із першими входами третього блока розпаковки і третього регістра і входом третього оперативного запам'ятовуючого пристрою, вихід якого зв'язаний з другим входом другого та з першим входом четвертого мультиплексора-селектора, вихід третього регістра з'єднаний із входом четвертого оперативного запам'ятовуючого пристрою, другий вхід першого блока розпаковки з'єднаний із виходом першого оперативного запам'ятовуючого пристрою, вихід першого оперативного запам'ятовуючого пристрою з'єднаний з другим і третім входами першого блока розпаковки та через другий вхід третього мультиплексора-селектора з другим входом четвертого мультиплексора-селектора, вихід якого з'єднаний з другим входом п'ятого мультиплексора-селектора, вихід якого зв'язаний з дев'ятим входом блоку вибору кольору, вихід якого є виходом спецпроцесора, а десятий вхід зв'язаний з виходом блоку формування сигналу "Обрій", треті входи першого і другого мультиплексорів-селекторів з'єднані відповідно з бітом переходу на наступний рівень першого і другого оперативних запам'ятовуючих пристроїв, треті входи другого і третього блока розпаковки з'єднані відповідно з бітом переходу на наступний рівень другого і третього оперативних запам'ятовуючих пристроїв, четверті входи першого, другого і третього блока розпаковки, другі входи першого, другого і третього регістрів, 11 вхід блоку вибору кольору з'єднані з третім входом блока запам'ятовування та розпаковки сцени, перший, другий і третій виходи першого і другого блока розпаковки і перший і другий виходи третього блока розпаковки з'єднані відповідно з 1-8 входами блоку вибору кольору, треті входи мультиплексорів-селекторів 3-5 з'єднані відповідно з бітом переходу на наступний рівень першого, другого і третього оперативних запам'ятовуючих пристроїв.

На фіг. 1 зображена структурна схема графічного спецпроцесора для систем візуалізації, на фіг. 2 зображена структурна схема блоку зберігання та розпаковки сцени, на фіг. 3 зображена структурна схема блоку розпаковки, на фіг. 4 зображена структурна схема блоку вибору кольору, на фіг. 5 зображений формат слова оперативного запам'ятовуючого пристрою, на фіг. 6, 7, 8 приведені

геометричні елементи для пояснення роботи блоку розпаковки.

Графічний спецпроцесор для систем візуалізації містить блок 1 завдання вхідних параметрів, блок 2 керування, перший 3, другий 4, третій 5 блоки перетворення координат, перший 6, другий 7, третій 8 логарифмічні перетворювачі, перший 9, другий 10 функціональні перетворювачі, перший 11, другий 12 адресні формувачі, блок 13 формування сигналу "Обрій", блок 14 зберігання та розпаковки сцени.

Блок 14 зберігання та розпаковки сцени (БЗРС) містить перший 15, другий 16, третій 17 блоки розпаковки (БР), перший 18, другий 19, третій 20, четвертий 21 і п'ятий 22 мультиплексори-селектори, перший 23, другий 24, третій 25 і четвертий 26 оперативні запам'ятовуючі пристрої (ОЗП), блок 27 вибору кольору (ВБК), перший 28, другий 29 і третій 30 адресні регістри. Вхід 1 є входом адресу, вхід 2 є входом сигналу "Обрій", вхід 3 є входом синхроімпульсів, що управляють обчислювальним конвеєром у блоці.

Пристрій працює таким чином. Роботу пристрою розглянемо з моменту появи на другому і третьому виходах блоку 2 керування імпульсів "Рядковий імпульс, що гасить (РІГ)" і "Кадровий імпульс, що гасить (КІГ)", що встановлюють пристрій у вихідний стан, а також "Обмін", що ініціює передачу параметрів із блоку 1 завдання вхідних параметрів (БЗВП). Кожний параметр, що виставляється БЗВП 1 на інформаційних виходах 1 і 2, супроводжується парою керуючих сигналів по керуючих виходах: перший установлює відповідний регістр у режим "Прийом", другий синхросигнал "Запис" надходить на синхровходи усіх регістрів, призначених для зберігання параметрів, забезпечуючи їхній запис у регістри. По закінченні дії сигналу "КІГ" блок 2 керування починає видавати на одному із своїх виходів серію синхроімпульсів, що управляють обчислювальним конвеєром у пристрої. Частота цих синхроімпульсів відповідає темпу промальовування пікселів на екрані телевізійного приймача. На кожний синхроімпульс на виході блоку 14 зберігання та розпаковки сцени з'являється інформація, що відповідає пікселю екрана. Після відображення чергового рядка блок 2 керування виробляє сигнал "РІГ", що установлює вузли пристрою в стан, що відповідає початку рядка, а потім формування кадру закінчується появою на виходах 2 і 3 блоку 2 керування сигналів відповідно "РІГ" і "КІГ". Кожний із трьох блоків перетворення координат (БПК) 3, 4, 5 обчислює координату проекційного променя. Логарифмічні перетворювачі 6, 7, 8 здійснюють апаратну реалізацію функції двійкового логарифма. Призначення функціональних перетворювачів 9, 10 полягає у формуванні на першому виході значення функції 2^x , а на другому виході D. Адресні формувачі (АФ) 11, 12 призначені для обчислення координат проекції елемента екрана на предметну площину. Блок 2 керування призначений для синхронізації функціонування усього пристрою: ініціює передачу вхідних параметрів БЗВП, коли з'являється КІГ, і виробляє серію синхроімпульсів CI, що керують конвеєром протягом часу формування кадру.

Блок 14 зберігання та розпаковки сцени при-

значений для зберігання сцени та визначення кольору точки місцевості, з якою має пересічення проєкційний промінь.

У кожній комірці ОЗП зберігається слово, що описує графічний примітив, що відображає певну ділянку місцевості, а також інформацію про колір кожної із трьох можливих областей ділянки місцевості. Адреси розташування графічних примітивів в ОЗП відповідають координатам розташування ділянок місцевості. Формат слова, що зберігається в комірці ОЗП, показаний на фіг. 5, де d_0 - перестановка координат, d_1 - інверсія координати X, d_2 - інверсія координати Y, d_3 , d_4 - зсув координати Y, d_5 , d_6 - нахил координати Y, d_7 - роздвоєння, NL - перехід на наступний рівень, C_1 , C_2 , C_3 - колір першої, другої і третьої областей комірки місцевості. Довжина слова складає 18 біт.

Блок розпаковки містить: п'ятнадцять регістрів, у тому числі, три вхідних реєстри координат і коду графічного примітива (ГП), сім проміжних регістрів збереження результатів перетворення координат, чотири проміжних реєстри збереження коду ГП, вихідний реєстр збереження результатів порівняння, два мультиплексори-селектори, мультиплексор, зсувач, два суматори, дві схеми порівняння перетворених координат, два елементи "логічна нерівнозначність", диз'юнктор.

При цьому, перший вхід БР з'єднаний із входами першого і другого регістрів, другий вхід БР з'єднаний із входом третього регістра, третій вхід БР з'єднаний із третім входом диз'юнктора, четвертий вхід БР з'єднаний із другими входами 1-15 регістрів, виходи першого і другого регістрів з'єднані відповідно з першими входами першого і другого елементів "логічна нерівнозначність", вихід третього регістра з'єднаний із другими входами першого і другого елементів "логічна нерівнозначність", третіми входами першого і другого мультиплексорів-селекторів і входом шостого регістра, вихід першого елемента "логічна нерівнозначність" з'єднаний із першим входом першого мультиплексора-селектора і другого входу другого мультиплексора-селектора, вихід другого елемента "логічна нерівнозначність" з'єднаний із першим входом другого мультиплексора-селектора і першим входом другого мультиплексора-селектора, виходи першого і другого мультиплексорів-селекторів з'єднані, відповідно, з входами четвертого і п'ятого регістрів, вихід четвертого регістра з'єднаний із першим входом першого мультиплексора, вихід п'ятого регістра з'єднаний із входом восьмого регістра, вихід шостого регістра з'єднаний із входом дев'ятого регістра і другого входу першого мультиплексора, вихід першого мультиплексора з'єднаний із входом сьомого регістра, вихід сьомого регістра з'єднаний із першими входами першого і другого суматорів і першого входу другого мультиплексора, вихід дев'ятого регістра з'єднаний із другими входами першого і другого суматорів, третім входом другого мультиплексора і входом тринадцятого регістра, виходи першого і другого суматорів з'єднані відповідно з входами десятого й одинадцятого регістрів, вихід другого мультиплексора з'єднаний із входом тринадцятого регістра, вихід восьмого регістра з'єднаний із входом дванадцятого регістра, виходи десятого й одинадцятого регістрів з'єднані, відповідно, з першими вхо-

дами першої і другої схем порівняння, вихід дванадцятого регістра з'єднаний із другими входами першої і другої схем порівняння, вихід тринадцятого регістра з'єднаний із першим входом п'ятнадцятого регістра, вихід п'ятнадцятого регістра є четвертим виходом БР, перші виходи першої і другої схем порівняння з'єднані з першим і другим входами регістра збереження результатів порівняння, другі виходи першої і другої схем порівняння з'єднані відповідно з першим і другим входами диз'юнктора, вихід диз'юнктора з'єднаний із третім входом регістра збереження результатів порівняння, перший, другий і третій виходи регістра збереження результатів порівняння є відповідно першим, другим і третім виходами БР.

На фіг. 3 показана структурна схема блоку розпаковки.

Блок вибору кольору містить три дешифратори інформації, що надходить від першого, другого і третього блоків розпаковки, три реєстри для збереження декодованої інформації, реєстр для збереження інформації про кольори оброблюваної ділянки місцевості, якій належить дана точка місцевості, реєстр для збереження коду обраного кольору, комбінаційну схему керування реєстрами, в яку входять інвертор і два логічних елементи Шефера, шифратор коду відображуваної кольорової області ділянки місцевості, мультиплексор-селектор кольору точки місцевості, що відповідає даній області ділянки місцевості.

Перший і другий входи БВК з'єднані відповідно з першим і другим входами першого дешифратора, третій вхід БВК з'єднаний із четвертим входом першого регістра і з першими входами першого і другого логічних елементів Шефера, четвертий і п'ятий входи БВК з'єднані відповідно з першим і другим входами другого дешифратора, шостий вхід БВК з'єднаний із входом інвертора і другим входом другого логічного елемента Шефера, сьомий і восьмий входи БВК з'єднані відповідно з першим і другим входами третього дешифратора, перший, другий і третій входи дешифраторів з'єднані відповідно з першим, другим і третім входами першого, другого і третього регістрів, вихід інвертора з'єднаний із другим входом першого логічного елемента Шефера, виходи першого і другого логічних елементів Шефера з'єднані відповідно з четвертими входами другого і третього регістрів, виходи першого, другого і третього регістрів з'єднані відповідно з першим, другим і третім входами шифратора, десятий вхід БВК з'єднаний із входом четвертого регістра, одинадцятий вхід БВК з'єднаний із п'ятима входами 1-3 регістрів і з другими входами четвертого і п'ятого регістрів, вихід четвертого регістра з'єднаний із першим, другим і третім входами мультиплексора-селектора, на четвертий вхід мультиплексора-селектора подається код кольору неба, п'ятий і шостий входи мультиплексора-селектора з'єднані відповідно з першим і другим виходами шифратора, вихід мультиплексора-селектора з'єднаний із першим входом п'ятого регістра. Вихід п'ятого регістра є виходом блоку вибору кольору.

Структурна схема блоку вибору кольору показана на фіг. 4.

При проектуванні цифрових систем візуалізації для тренажерів транспортних засобів виникає

проблема оперативного збереження і відображення з необхідною точністю зображень на великій площі. Так, наприклад, для авіаційних тренажерів необхідно мати "без підкачування" в оперативній пам'яті (ОП) інформацію про зображення на площі не менше:

$$S = l_x \times l_y = 2^{16} \times 2^{16} \text{ м} \quad (1)$$

де l_x, l_y - довжини сторін площі.

При цьому, щоб зменшити ступінчастість малювання ліній графічних примітивів (ГП), дискретність відображення лінійного розміру повинна складати $\Delta = 2^{-6} - 2^{-8}$ м. Таким чином, ємність пам'яті досягає проблематичних розмірів:

$$E = 2^{n_x} \cdot 2^{n_y} = 2^{(n_x + n_y)} = 2^{44-48} \text{ біт} \quad (2)$$

де,

$$n_x = \log_2 \frac{l_x}{\Delta l_x}; n_y = \log_2 \frac{l_y}{\Delta l_y}; \quad (3)$$

Рішення проблеми досягається створенням багаторівневої ієрархічної структури ОП, використовуючи так називаний комірний метод (Іванов В.Б., Батраков А.С. Трехмерная компьютерная графика. - М.: Радио и связь, 1995.- 224 с.) запам'ятовування складних зображень.

Нехай перший рівень ОП має:

$$E_1 = 2^{n_{1x}} \cdot 2^{n_{1y}}$$

комірок пам'яті, де:

$$n_{1x} = \log_2 \frac{l_x}{\Delta l_x}; n_{1y} = \log_2 \frac{l_y}{\Delta l_y}; \quad (3a)$$

$\Delta l_x, \Delta l_y$ - дискретність розбивки лінійного розміру площі S на першому рівні або лінійні розміри комірки першого рівня. Далі кожна комірка пам'яті першого рівня ділиться на необхідну кількість комірок другого рівня:

$$E_2 = 2^{n_{2x}} \cdot 2^{n_{2y}}$$

де:

$$n_{2x} = \log_2 \frac{\Delta l_{1x}}{\Delta l_{2x}}; n_{2y} = \log_2 \frac{\Delta l_{1y}}{\Delta l_{2y}}; \quad (3b)$$

$\Delta l_{2x}, \Delta l_{2y}$ - лінійні розміри комірки другого рівня. При загальному числі рівнів k кожна комірка $(k-1)$ рівня ділиться на число комірок k -го рівня:

$$E_k = 2^{n_{kx}} \cdot 2^{n_{ky}}$$

де

$$n_{kx} = \log_2 \frac{\Delta l_{(k-1)x}}{\Delta l_{kx}}; n_{ky} = \log_2 \frac{\Delta l_{(k-1)y}}{\Delta l_{ky}}; \quad (3в)$$

$\Delta l_{(k-1)x}, \Delta l_{(k-1)y}$ - дискретність розбивки лінійного розміру площі комірки $(k-1)$ -го рівня або лінійні розміри комірки k -го рівня. Кількість рівнів запам'ятовування зображення k , а також їхня розрядність n_{ix} ,

n_{iy} істотно залежать від складності синтезованого зображення. Кількість рівнів, що заповнюються для запам'ятовування даного фрагмента сцени визначається необхідною деталістю його відображення.

Розбивка на рівні здійснюється так, що:

$$\begin{aligned} n_x &= n_{1x} + n_{2x} + \dots + n_{(k-1)x} + n_{kx} \\ n_y &= n_{1y} + n_{2y} + \dots + n_{(k-1)y} + n_{ky} \end{aligned} \quad (4)$$

При такому засобі запам'ятовування інформації виникає проблема відображення ГП, що зберігаються на перших рівнях із точністю k -го рівня, на якому ступінчасте представлення ліній ГП практично не видно, тому що знаходиться на рівні спроможності ока людини. Відомі алгоритми креслення ГП (наприклад, алгоритми Брезенхема і т.п. (Фоли Дж. Основы интерактивной машинной графики: Пер. с англ. - М.: Мир, 1985. - Т.1.- 367 с., Т.2. - 368 с.)) є ітераційними і, в основному, можуть бути використані при векторному засобі формування зображення. Ці алгоритми погано адаптовані для растрової графіки формування зображення в реальному масштабі часу (Фоли Дж. Основы интерактивной машинной графики: Пер. с англ. - М.: Мир, 1985. - Т.1. - 367 с., Т.2. - 368 с.).

При комірному засобі синтезу складного зображення в одній комірці в найпростішому випадку зберігається код сторони, що розділяє стичні багатокутники, а також коди кольору цих багатокутників. У процесі формування растра спецпроцесор, що виконує центропроективні перетворення вихідного зображення (Патент № 2020557 МКИ5 G06F 7/548 Устройство для вычисления быстрых геометрических преобразований), розраховує для кожного пікселя екрана адрес пересічення (x_p, y_p) променя, що проектує (ПП) із поверхнею предметів відображуваної сцени. На фіг. 6 показаний фрагмент плоского зображення, що зберігається в одній комірці у виді квадрата, розділеного на дві області різного кольору 1 і 3 і які є частиною стичних через сторону 2 деяких багатокутників. Показано точку пересічення $P(x_p, y_p)$ променя, що проектує, із поверхнею зображення. На фіг. 7 показаний варіант плоского зображення, що зберігається в одній комірці у виді квадрата, розділеного на три області різного кольору 1, 2 і 3. Область 2 утвориться в результаті роздвоєння сторони стичних багатокутників (сторона 2 на фіг. 6). Кольори областей 1, 2 і 3 задаються відповідно полями слова ОЗП C_1, C_2 і C_3 (фіг. 5).

Можливі такі випадки обробки зображення на деякому рівні (фіг. 6).

Випадок 1. Координата y_p більша або менша відповідної координати сторони 2. У цьому випадку пікселу присвоюється колір відповідно області 1 або 3.

Випадок 2. Координата y_p дорівнює відповідній координаті сторони 2. Тоді варто перейти на наступний рівень. Розглянуті два випадки можливі на будь-якому рівні.

При такому засобі присвоювання кольору пікселу процес розфарбовування областей багатокутників є результатом пошуку межі між двома кольорами. Лінія межі при цьому не викреслюється.

При роздвоєнні сторони 2 (фіг. 7) в обробці

бере участь паралельно з y_p координата $y_p' = y_p + d_7$.

Надалі обробку інформації на будь-якому i -му рівні і перехід, якщо це необхідно, до $i+1$ -го рівня ОП у процесі синтезу зображення, назвемо операцією розпаковки, або просто розпаковкою. Можливий випадок, коли ГП запам'ятовується тільки на першому рівні. Проте, для того, щоб відобразити такий ГП із ступінчастістю k -го рівня, необхідно виконати для даного ГП у процесі його відображення, операцію розпаковки від 1-го до k -го рівня, так називану "наскрізну розпаковку".

Формалізуємо метод наскрізної розпаковки й визначимо алгоритм виконання операції розпаковки. Лінія межі між двома областями різного кольору є пряма.

Рівняння прямої, що проходить через задану $M(x_1, y_1)$:

$$y - y_1 = b(x - x_1). \quad (5)$$

Введемо ряд обмежень на побудову прямої.

Обмеження 1. Завжди $y > 0$, $x > 0$, тобто пряма викреслюється в першому квадранті.

Обмеження 2. Кутовий коефіцієнт b приймає такі значення:

$$b = 2^i \quad (6)$$

де $i = -\infty \dots 0$. Практично достатньо, щоб i приймав значення $i = -3 \dots 0$.

Обмеження 3. Координати точки M можуть бути задані тільки з кроком дискретної розбивки всіх k -рівнів розпаковки. Практично виявляється достатньо обмежитися при завданні координат точки M тільки дискретністю того рівня, у якому викреслюється пряма. Введення обмежень істотно не впливає на складність синтезованого зображення.

Перетворимо (5) до виду:

$$y = bx + c \quad (7)$$

де $c = (y_1 - bx_1)$.

Введення обмежень 1, 2, 3 спрощує розрахунків (7) до простих операцій додавання і зсуву. Проте, із співвідношень (1, 2) випливає, що розрядність операндів такого обчислювача може досягати $n=24$ і більше. Відомо, що зі збільшенням числа розрядів збільшується час обчислення арифметичних операцій.

На фіг. 8 подані суцільними лініями деякі можливі типи прямих, що можуть бути отримані зі співвідношення (7) з урахуванням прийнятих обмежень.

Показано комірну структуру i -го рівня, для якого $n_{ix}=8$, $n_{iy}=8$.

Приведені типи прямих, що назвемо вихідними, позначені на фіг. 8 відповідно Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 . Кутові коефіцієнти для вихідних прямих відповідно рівні $b_1=1$, $b_2=0,5$, $b_3=0,25$.

З вихідних прямих можуть бути отримані інші прямі (похідні) шляхом зміни коефіцієнта "с" із дискретністю даного рівня, інверсією значень x , y і їхньою взаємною перестановкою (на фіг. 8 показані пунктиром). Надалі тип j -ї прямої задається кодом K_j :

$$K_j = (d_7 d_6 d_5 d_4 d_3 d_2 d_1 d_0) \quad (8)$$

де прийняте таке значення розрядів:

$d_0=1$, якщо x і y взаємно переставлені і $d_0=0$ у протилежному випадку;

$d_2=d_1=1$, якщо відповідно x , y інвертовані і $d_2=d_1=0$ у протилежному випадку;

d_4, d_3 задається значення i ;

d_6, d_5 задається значення коефіцієнта "с";

d_7 задається роздвоєння прямої.

Тоді, коди вихідних прямих мають значення при двійковій і десятковій основі системи числення: $K_1=0$; $K_2=00001000_2=8_{10}$; $K_3=00010000_2=16_{10}$; $K_4=00011000_2=24_{10}$.

Коди для похідних прямих одержують шляхом модифікації кодів вихідних прямих.

Так, наприклад, $K_5=K_2+1=9$, тобто $d_0=1$; $K_6=K_3+64=80$, тобто $d_6=1$.

У змістовному значенні код прямої указує на те, які з кроків алгоритму розпаковки повинні бути виконані.

Роздивимося алгоритм розпаковки.

На фіг. 8 показана точка пересічення P проєкційного променя, координати котрої x_p, y_p обчислені спецпроцесором центропроективних перетворень (Патент № 2020557 МКИ5 G06F 7/548 Устройство для вычисления быстрых геометрических преобразований) і є адресою пам'яті, заданої співвідношенням (2). Відповідно до (4) із повної кількості розрядів n_x, n_y координат X_p, Y_p виділяється група старших розрядів n_{1x}, n_{1y} , які утворюють адресу X_{p1}, Y_{p1} першого рівня ОП. Аналогічний поділ розрядів n_x, n_y на групи розрядів здійснюється для всіх рівнів ОП.

Робота алгоритму розпаковки (надалі просто алгоритм) починається з першого рівня. За адресою X_p, Y_p вибирається код K_j і далі починається розпаковка даного коду на першому рівні. При цьому виконуються такі операції:

1. Інверсія координат, тобто, якщо $d_1=1$, то $X_{p1} = \overline{X}_{p1}$; $d_2=1$, то $Y_{p1} = \overline{Y}_{p1}$.

2. Взаємна перестановка X_{p1}, Y_{p1} , якщо $d_0=1$.

3. Зсув координати, що виконує роль аргументу на i розрядів вправо. Позначимо отримане число f_1 .

4. Додавання числа f_1 , отриманого по п.3 до числа, поданого у коді K_j розрядами $d_6 d_5$. Позначимо отримане число j_2 .

5. Порівняння тієї з координат X_{p1}, Y_{p1} , яка після виконання п.1 не є аргументом (позначимо її f_p), з числом, що отримане в п.4 - з f_2 . Якщо $f_p \neq f_2$, то пікселю надається колір відповідно вище сторони 3 (фіг. 6), тобто колір області 1, або нижче сторони 3, тобто колір області 2. Якщо $f_p = f_2$, то виконується п.6.

6. Реалізується модифікація коду K_j шляхом виконання операції присвоєння розрядам $d_6 d_5$ значень відповідно з такими правилами:

- якщо $b=0,5$, то $d_6=0$, $d_5=0$;

- якщо $b=0,25$, то $d_6=\alpha_0$, $d_5=0$.

7. Далі алгоритм виконує п. 1 - п.7, оперуючи координатами X_{p2}, Y_{p2} другого рівня ОП, а також кодом K_j , модифікованим в п. 7 попереднього рівня розпаковки. Аналогічні кроки алгоритм виконує включно до останнього k -го рівня ОП.

У спецпроцесорі, що описується, кількість рівнів оперативної пам'яті дорівнює чотирьом.

БР виконують перетворення координат місцевості (адреса ОЗП) відповідно до коду графічного

примітива і наступного порівняння їх між собою. ОЗП призначені для збереження інформації про комірки місцевості. Перший 18 і другий 19 мультиплексори-селектори призначені для комутації коду графічного примітива, що надходить з ОЗП або БР попереднього рівня. Третій 20, четвертий 21 і п'ятий 22 мультиплексори-селектори призначені для комутації даних ОЗП при переході на наступний рівень, перший 28, другий 29 і третій 30 адресні регістри призначені для проміжного збереження адрес ОЗП на кожному такті роботи конвеєра. Блок 27 вибору кольору області комірки місцевості на основі даних, отриманих від БР.

На вхід 1 БЗРС надходить 48-розрядна адреса, 24 розряди по координаті X і 24 розряди по координаті Y. Ця адреса логічно розділяється на чотири групи адрес по 12 розрядів у кожній (6 розрядів по координаті X і 6 розрядів по координаті Y), що відповідають чотирьом рівням оперативної пам'яті. Причому, порядок угруповання такий, що до першої групи відносяться старші розряди, до четвертої - молодші.

Перша група адрес надходить на вхід першого ОЗП, із виходу якого частина слова, що відповідає коду графічного примітива (фіг. 5), надходить на другий вхід першого БР, на перший вхід якого з входу 1 БЗРС надходить друга група адрес. Перший БР здійснює перетворення адреси відповідно до коду графічного примітива, а також модифікацію коду ГП, якщо це потрібно. З виходів 1-3 першого БР результат порівняння надходить на 1-3 входи БВК. Третій вхід першого БР призначений для примусової установки третього виходу першого БР у значення «дорівнює» при переході на наступний рівень оперативної пам'яті. З цієї ціллю третій вхід першого БР з'єднаний із відповідним розрядом виходу першого ОЗП. Друга, третя і четверта групи адрес записуються в перший адресний регістр.

Друга група адрес із виходу першого адресного регістра надходить на вхід другого ОЗП, із виходу якого частина слова, що відповідає коду графічного примітива, надходить на другий вхід другого БР, на перший вхід якого з виходу першого адресного регістра надходить третя група адрес. Другий БР здійснює перетворення адреси відповідно до коду графічного примітива, а також модифікацію коду ГП, якщо це потрібно. З виходів 1-3 БР 2 результат порівняння надходить на 4-6 входи БВК. Третій вхід другого БР призначений для примусової установки третього виходу БР у значення "дорівнює" при переході на наступний рівень оперативної пам'яті. З цієї ціллю третій вхід БР сполучений із відповідним розрядом виходу другого ОЗП. Третя і четверта групи адрес записуються в другий адресний регістр.

Третя група адрес із виходу другого адресного регістра надходить на вхід третього ОЗП, із виходу якого частина слова, що відповідає коду графічного примітива, надходить на другий вхід третього БР, на перший вхід якого з виходу другого адресного регістра надходить четверта група адрес. Третій БР здійснює перетворення адреси відповідно до коду графічного примітива. З виходів 1 і 2 БР 3 результат порівняння надходить на 7-8 входи БВК. Четверта група адрес записується в третій

адресний регістр.

Четверта група адрес із виходу третього адресного регістра надходить на вхід четвертого ОЗП. Виходи 1-4 ОЗП каскадовані через 3-5 мультиплексори-селектори таким чином, що на вхід 9 БВК надходить інформація з виходу того ОЗП, що відповідає рівню деталізації для даної точки місцевості. Якщо на виході першого ОЗП відповідний розряд переходу на наступний рівень ОП встановлений у «0», то третій мультиплексор-селектор, на третій вхід якого залучений цей розряд, на свій вихід комутує інформацію з виходу першого ОЗП. У іншому випадку, якщо розряд переходу на наступний рівень встановлений у «1», третій мультиплексор-селектор на свій вихід комутує інформацію з виходу другого ОЗП. Якщо на виході другого ОЗП відповідний розряд переходу на наступний рівень ОП встановлений у «0», то четвертий мультиплексор-селектор, на третій вхід якого залучений цей розряд, на свій вихід комутує інформацію з виходу третього мультиплексора-селектора. В іншому випадку, якщо розряд переходу на наступний рівень встановлений у «1», четвертий мультиплексор-селектор на свій вихід комутує інформацію з виходу третього ОЗП. Якщо на виході третього ОЗП відповідний розряд переходу на наступний рівень ОП встановлений у «0», то п'ятий мультиплексор-селектор, на третій вхід якого залучений цей розряд, на свій вихід комутує інформацію з виходу четвертого мультиплексора-селектора. В іншому випадку, якщо розряд переходу на наступний рівень встановлений на «1», п'ятий мультиплексор-селектор на свій вихід комутує інформацію з виходу четвертого ОЗП.

На вхід 2 БЗРС надходить сигнал із виходу блоку формування сигналу «Обрій». З входу 2 БЗРС сигнал «Обрій» подається на вхід 10 блоку 27 вибору кольору.

На вхід 3 БЗРС надходять синхроімпульси від блоку 2 управління для забезпечення роботи конвеєра. З входу 3 синхроімпульси подаються на другі входи адресних регістрів, на четверті входи БР і на одинадцятий вхід БВК.

Блок розпаковки містить перший 31, другий 32, третій 33, четвертий 38, п'ятий 39, шостий 40, сьомий 42, восьмий 43, дев'ятий 44, десятий 48, одинадцятий 49, дванадцятий 50, тринадцятий 51, чотирнадцятий 55 і п'ятнадцятий 56 регістри, перший 34 і другий 35 блоки елементів "логічна нерівнозначність", перший 36 і другий 37 мультиплексори-селектори, блок 47 модифікації коду графічного примітива, зсувач 41, перший 45 і другий 46 суматори, першу 52 і другу 53 схеми порівняння, диз'юнктор 54, вхід 1 - адресний вхід, вхід 2 - вхід коду графічного примітива, вхід 3 - вхід сигналу переходу на наступний рівень пам'яті, вхід 4 - вхід синхронізації.

Призначення БР складається в перетворенні координат місцевості (адрес ОЗП) відповідно до коду графічного примітива і наступного порівняння їх між собою, а також модифікації коду графічного примітива відповідно до п. 7 приведенного вище алгоритму. Результат порівняння надходить у блок 27 вибору кольору, а модифікований код - у БР наступного рівня.

Адресний вхід з'єднаний із входами першого і другого регістрів, причому, 6 розрядів координати

У надходять на перший регістр, а 6 розрядів координати X надходять на другий регістр, вхід коду графічного примітива з'єднаний із входом третього регістра, вхід сигналу переходу на наступний рівень пам'яті з'єднаний із третім входом диз'юнктора, вхід синхронізації з'єднаний із другими входами регістрів 31-33, 38-40, 42-44, 48-51, 56 і четвертим входом регістра 55. Виходи першого і другого регістрів з'єднані відповідно з першими входами першого і другого блоків "логічна нерівнозначність". На другий вхід першого блока "логічна нерівнозначність" з виходу третього регістра подається біт d_2 , на другий вхід другого блока "логічна нерівнозначність" з виходу третього регістра подається біт d_1 . Вихід першого блоку "логічна нерівнозначність" з'єднаний із першим інформаційним входом першого мультиплексора-селектора і другим інформаційним входом другого мультиплексора-селектора, вихід другого блока "логічна нерівнозначність" з'єднаний із першим інформаційним входом другого мультиплексора-селектора і другим інформаційним входом першого мультиплексора-селектора. Третій адресний вхід першого і другого мультиплексорів-селекторів з'єднаний із бітом d_0 виходу третього регістра. Виходи першого і другого мультиплексорів-селекторів і вихід третього регістра з'єднані відповідно з входами четвертого, п'ятого і шостого регістрів. Вихід четвертого регістра з'єднаний з інформаційним входом 1 зсувача, на керуючий вхід 2 зсувача залучені біти d_3 , d_4 із виходу шостого регістра. Виходи зсувача, п'ятого і шостого регістрів з'єднані відповідно з входами сьомого, восьмого і дев'ятого регістрів. Вихід сьомого регістра з'єднаний із входами першого операнда 1 першого і другого суматорів, біти d_5 і d_6 із виходу дев'ятого регістра з'єднані з входами другого операнда 2 першого і другого суматорів, вхід 3 вхідного переносу другого суматора з'єднаний із бітом d_7 із виходу дев'ятого регістра. Два молодших розряди з виходу сьомого регістра подаються на перший вхід блоку 47 модифікації коду ГП, на другий вхід якого залучені біти d_3 і d_4 із виходу дев'ятого регістра, а на третій вхід - біти d_5 і d_6 із виходу дев'ятого регістра. Виходи першого і другого суматорів з'єднані відповідно з входами десятого й одинадцятого регістрів, вихід восьмого регістра з'єднаний із входом дванадцятого регістра. З виходу блоку 47 модифікації коду ГП модифіковані біти d_5 і d_6 надходять на вхід тринадцятого регістра, туди ж надходять інші біти коду ГП із виходу дев'ятого регістра. Виходи десятого й одинадцятого регістрів з'єднані з першими входами відповідно першої і другої схем порівняння, на другі входи яких залучений вихід дванадцятого регістра. Перший вихід першої схеми порівняння з'єднаний із першим входом чотирнадцятого регістра, перший вихід другої схеми порівняння з'єднаний із другим входом чотирнадцятого регістра. Другі виходи обох схем порівняння з'єднані відповідно з першим і другим входами диз'юнктора 54, на третій вхід якого залучений третій вхід БР. Вихід диз'юнктора з'єднаний із третім входом чотирнадцятого регістра. Перший, другий і третій виходи чотирнадцятого регістра з'єднані відповідно з першим, другим і третім входами БР. Вихід тринадцятого регістра з'єднаний

із першим входом п'ятнадцятого регістра. Вихід п'ятнадцятого регістра з'єднаний із четвертим входом БР.

12-бітна група адрес подається на вхід першого і другого регістрів, причому, 6 розрядів координати Y на перший регістр, 6 розрядів координати X - на другий. Блоки 34 і 35 елементів "логічна нерівнозначність" здійснюють або ні, у залежності від значення бітів d_1 і d_2 коду ГП, інверсію координат Y і X відповідно. Якщо $d_1=1$, то блок 34 елементів "логічна нерівнозначність" інвертує координату Y. Також, якщо $d_2=1$, то блок 35 елементів "логічна нерівнозначність" інвертує координату X. У випадку $d_2=d_1=0$ блоки 34 і 35 передають на свій вихід координати без змін. Перший і другий мультиплексори-селектори комутують на свій вихід інформацію з першого інформаційного входу, якщо значення біта d_0 коду ГП, залученого на адресні входи першого і другого мультиплексорів-селекторів, дорівнює 0, і комутують на свій вихід інформацію з другого інформаційного входу при $d_0=1$.

Зсувач 41 здійснює нахил прямої шляхом зсуву координати Y управо на кількість розрядів, обумовлену бітами d_3 і d_4 коду ГП. Логіка роботи зсувача показана в табл.1. Регістри 31-33, 38-39, 42-44, 48-51, 55, 56 служать для проміжного збереження даних конвеєра.

Перший і другий суматори здійснюють зсув прямої шляхом підсумовування координати Y із таким числом: $0d_6d_5000$. Другий суматор враховує також біт d_7 коду ГП, що надходить на вхід вхідного переносу другого суматора, тобто підсумовування координати Y із числом $0d_6d_500d_7$. Це необхідно для роздвоєння прямої.

Блок 47 модифікації коду ГП служить для модифікації бітів d_6 і d_5 коду ГП у залежності від кута нахилу прямої для правильної роботи наступного рівня розпаковки. Логіка роботи блоку 47 показана в табл. 2, тут і далі знаком "x" позначений невідзначений стан.

Схема порівняння 52 здійснює порівняння перетвореної координати Y із координатою X, а схема порівняння 53 здійснює порівняння перетвореної з урахуванням біта роздвоєння d_7 координати Y із координатою X. Кожна зі схем порівняння має перший вихід «менше» і другий вихід «дорівнює». На виході «менше» буде логічна 1, якщо операнд на першому вході схеми порівняння менше операнда на другому вході. На виході «дорівнює» буде логічна 1, якщо операнди на входах схеми порівняння рівні. Виходи «дорівнює» обох схем порівняння і вхід 3 БР об'єднані диз'юнктором, тому при рівності координат або наявності сигналу переходу на наступний рівень (вхід 3 БР) блок 27 вибору кольору аналізує дані від БР наступного рівня.

Блок вибору кольору містить перший 57, другий 58 і третій 59 дешифратори, інвертор 60, перший 61 і другий 62 логічні елементи Шефера, перший 63, другий 64, третій 65, четвертий 66 і п'ятий 69 регістри, шифратор 67, мультиплексор-селектор 68. Входи 1, 2 - входи першого і другого умов «менше» від першого БР, вхід 3 - вхід умови «дорівнює» від першого БР, входи 4, 5 - входи першого і другого умов «менше» від другого БР, вхід 6 - вхід умови «дорівнює» від другого БР, вхо-

ди 7, 8 - входи умов «менше» від третього БР, вхід 9 - вхід даних про колір від ОЗП відповідного рівня, вхід 10 є вхід сигналу «Обрій», вхід 11 - вхід синхронізації конвеєра.

Входи першого і другого умов «менше» від БР 1 з'єднані з першим і другим входами першого дешифратора, вхід умови «дорівнює» від БР 1 з'єднаний із входом установки в третій стан першого регістра і перших входів першого і другого елементів Шефера. Входи першого і другого умов «менше» від БР 2 з'єднані з першим і другим входами другого дешифратора, вхід умови «дорівнює» від БР 2 з'єднаний із входом інвертора і другим входом другого елемента Шефера. Входи першого і другого умов «менше» від БР 3 з'єднані з першим і другим входами третього дешифратора. Вхід даних про колір з'єднаний з інформаційним входом четвертого регістра. Вхід синхронізації конвеєра з'єднаний із п'ятьма входами першого, другого і третього регістрів і з другими входами четвертого і п'ятого регістрів. Перший, другий і третій виходи першого, другого і третього дешифраторів з'єднані відповідно з першим, другим і третім інформаційними входами першого, другого і третього регістрів. Виходи першого і другого елементів Шефера з'єднані відповідно з входами установки в третій стан другого і третього регістрів. Перший, другий і третій виходи першого, другого і третього регістрів сполучені через монтажну диз'юнкцію відповідно з першим, другим і третім входами шифратора, четвертий вхід якого з'єднаний із входом сигналу «Обрій». Перший і другий виходи шифратора з'єднані з першим і другим адресними входами мультиплексора-селектора. Перший, другий і третій інформаційні входи мультиплексора-селектора з'єднані з відповідними розрядами виходу четвертого регістра. На четвертий вхід мультиплексора-селектора подається код кольору неба. Вихід мультиплексора-селектора з'єднаний із першим входом п'ятого регістра, вихід

якого з'єднаний із виходом блоку перетворення кольору.

У залежності від сигналів, що присутні на входах дешифраторів, на одному із виходів дешифраторів буде рівень логічної 1. Ця залежність показана в табл. 3 (вхідна комбінація 10 не може виникнути за логікою роботи БР).

Значення "1" на одному із виходів дешифратора відповідає одній з областей комірки місцевості, як показано в табл. 3. Виходи дешифраторів через регістри 63-65 за допомогою монтажною диз'юнкції залучені на входи шифратора 67, на четвертий вхід якого подається сигнал «Обрій» із 10 входу БВК. Кожний із регістрів 63-65 може переключатися в z-стан, якщо на четвертому вході регістра є присутнім рівень логічної 1, або видавати на свій вихід інформацію від дешифратора, якщо на четвертому вході регістра є присутнім рівень логічного 0. На логічних елементах 60-62 реалізована логіка переключення регістрів 63-65 у третій стан (z-стан), робота якого задається в табл. 4.

На вхід шифратора подається унітарний код, що відповідає одній з трьох областей комірки місцевості (входи 1-3) або небу (вхід 4). Шифратор здійснює перетворення вхідного унітарного коду в двійковий код, що подається на адресні входи мультиплексора-селектора 68. На перший, другий і третій інформаційні входи мультиплексора-селектора через регістр 66 із входу 9 надходить інформація з ОЗП про кольори областей поточної комірки місцевості, причому, на перший вхід надходить код кольору першої області, на другий вхід надходить код кольору другої області, на третій вхід надходить код кольору третьої області. На четвертий вхід мультиплексора-селектора подається постійний код кольору неба. Мультиплексор-селектор на вихід БВК через п'ятий регістр комутує колірний код із 1-4 входів відповідно до коду на адресних входах.

Таблиця 1

d ₄	d ₃	Вихід зсувача
0	0	Y
0	1	Y/2
1	0	Y/4
1	1	1

Таблиця 2

y ₁	y ₀	d ₄	d ₃	d ₆	d ₅
*	*	0	0	d ₆	d ₅
*	0	0	1	0	0
*	1	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	1
1	0	1	0	1	0
1	1	1	0	1	1
*	*	1	1	d ₆	d ₅

Таблиця 3

Входи дешифратора		Виходи дешифратора			Обрана область
1	2	1	2	3	
0	0	1	0	0	C ₁
0	1	0	1	0	C ₂
1	1	0	0	1	C ₃

Таблиця 4

Вхід	Вхід	Виходи регистрів			Рівень ОП
3	4	63	64	65	
0	*	дані	z	z	1
1	0	z	дані	z	2
1	1	z	z	дані	3,4

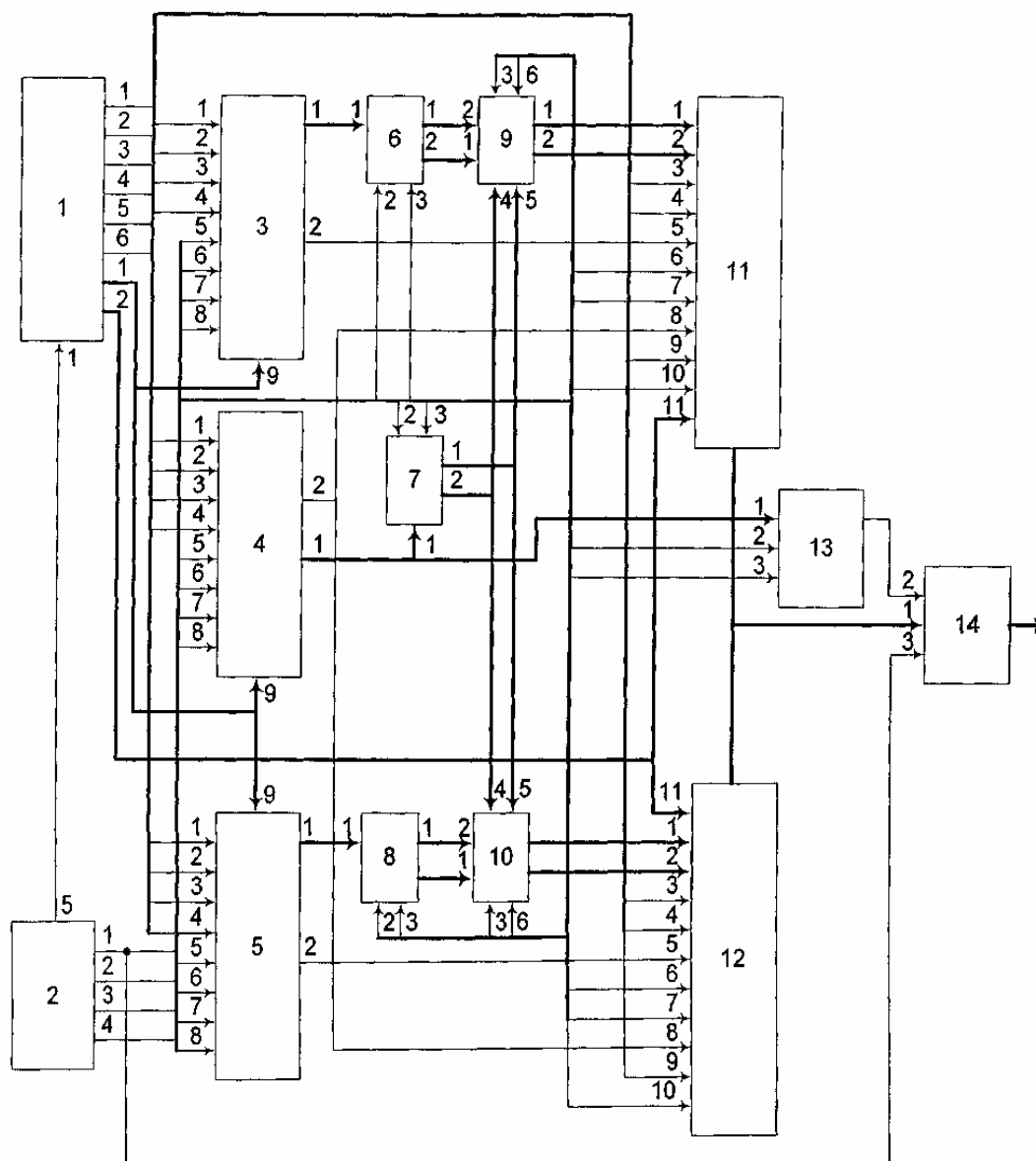
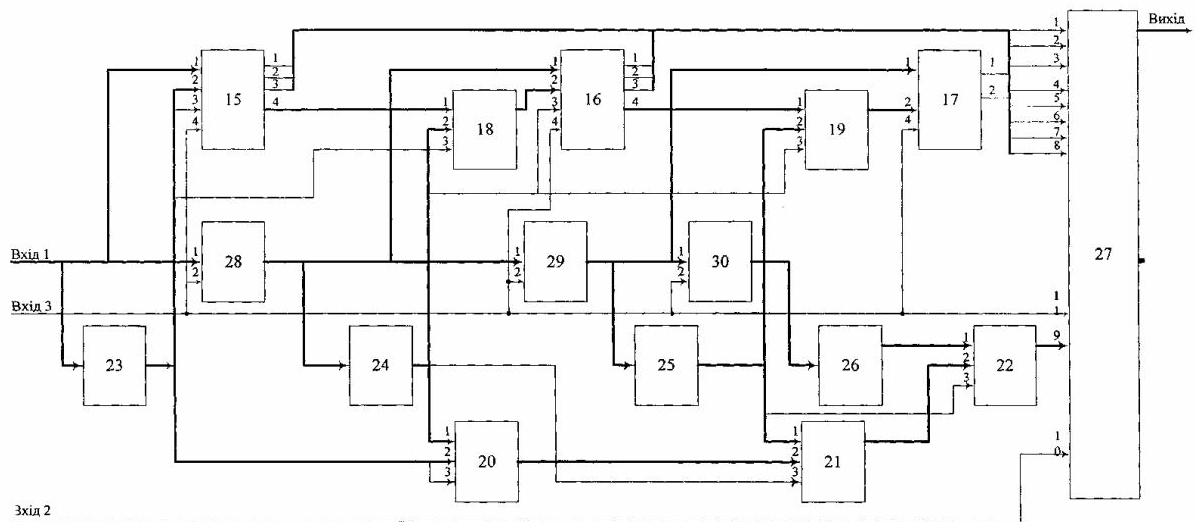
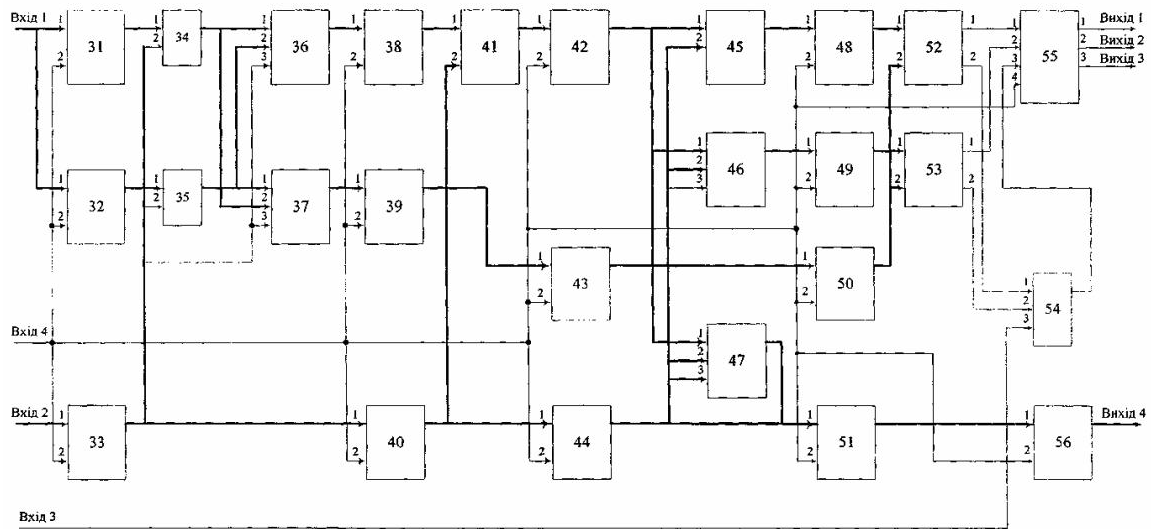


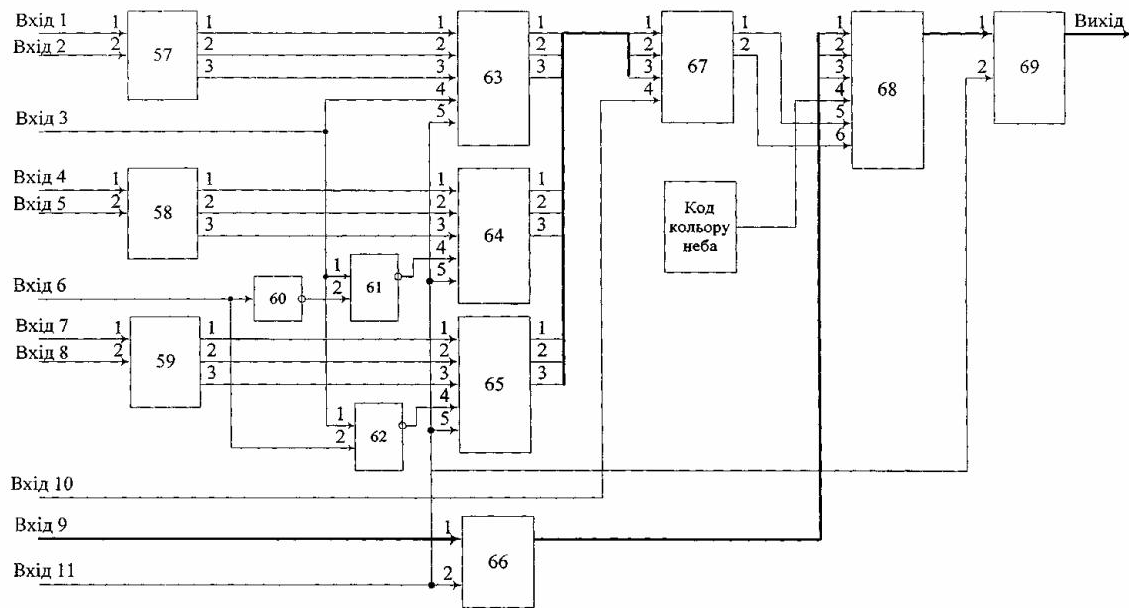
Fig.1



Фіг.2



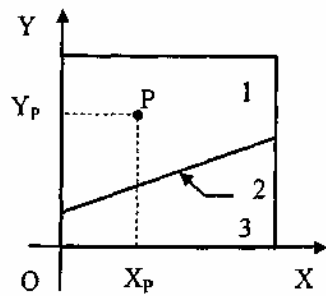
Фіг.3



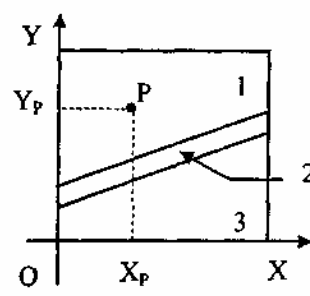
Фіг.4

17	16							9	8							0
NL	d7	d6	d5	d4	d3	d2	d1	d0	C ₁	C ₂	C ₃					

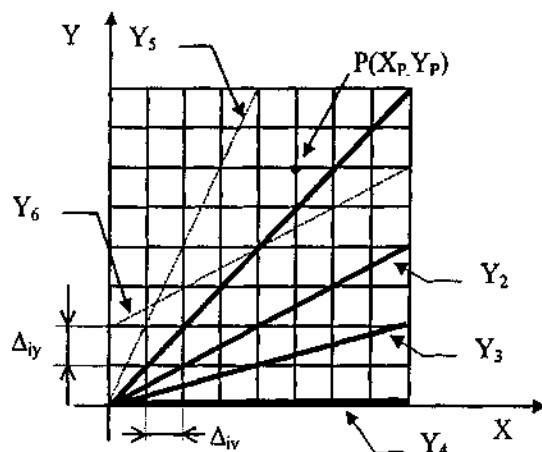
Фіг.5



Фіг.6



Фіг.7



Фіг.8

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
 Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
 (044) 268-25-22
