



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38532 (13) U
(51) МПК (2006)
G06K 9/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗЧИТУВАННЯ Й ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ

1

(21) u200809956

(22) 31.07.2008

(24) 12.01.2009

(46) 12.01.2009, Бюл.№ 1, 2009 р.

(72) КОЖЕМ'ЯКО ВОЛОДИМИР ПРОКОПОВИЧ,
UA, ПОПЛАВСЬКИЙ АНАТОЛІЙ ВАЦЛАВОВИЧ,
UA, ПОПЛАВСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙО-
ВИЧ, UA, ТОДОРАШКО НАТАЛІЯ ІВАНІВНА, UA
(73) КОЖЕМ'ЯКО ВОЛОДИМИР ПРОКОПОВИЧ,
UA, ПОПЛАВСЬКИЙ АНАТОЛІЙ ВАЦЛАВОВИЧ,
UA, ПОПЛАВСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙО-
ВИЧ, UA, ТОДОРАШКО НАТАЛІЯ ІВАНІВНА, UA(57) 1. Пристрій для зчитування й обробки зобра-
жень, що містить фотоелектричний перетворювач
у вигляді прямокутної матриці з M*N емісних фо-
тоелементів із зарядовим зв'язком, блок керування
рядковими шинами, виходи якого з'єднані з відпо-
відними рядковими шинами фотоелектричного
перетворювача, блок ключів, що містить N ключів,
вихід кожного з яких з'єднаний з відповідною стов-
бцевою шиною фотоелектричного перетворювача,
а перший і другий входи - відповідно із шиною ну-
льового потенціалу і з шиною опорної напруги,
причому кожен емісний фотоелемент фотоелект-
ричного перетворювача підключений своїми елек-
тродами до відповідної йому рядкової і стовбцевої
шини, який **відрізняється** тим, що він додатково
містить блок проектування зображення, оптичний
затвор, вхід якого оптично з'єднаний з виходом
блока проектування, а вихід - з фотоелектричним
перетворювачем, утворювач імпульсів запуску,
вхід якого є входом запуску пристрою, перший
елемент затримки, вхід якого з'єднаний з виходом
утворювача імпульсів запуску, а вихід - з керуючим
входом оптичного затвора, перший елемент АБО,
перший і другий входи якого зв'язані з входом ски-
дання і виходом утворювача імпульсів запуску
відповідно, а вихід підключений до входу скидання
блока керування рядковими шинами і першим ке-
руючим входом блока ключів, генератор тактових
імпульсів, керований ключ, інформаційний вхід
якого підключений до виходу генератора тактових
імпульсів, лічильник імпульсів, лічильний вхід яко-
го з'єднаний з виходом керованого ключа, другий
елемент затримки, вхід якого підключений до ви-
ходу першого елемента затримки, другий і третій
елементи АБО, перші входи яких з'єднані з вихо-
дами першого і другого елементів затримки відпо-

2

відно, а другі - із входом повторного запуску при-
строю, при цьому вихід другого елемента АБО
підключений до входу початкової установки блока
керування рядковими шинами, а вихід третього
елемента АБО з'єднаний з першим керуючим вхо-
дом керованого ключа і з входом початкової уста-
новки лічильника імпульсів, блок компараторів, що
містить N компараторів, вхід кожного з яких під-
ключений до відповідної стовбцевої шини фото-
електричного перетворювача, а вхід опорної на-
пруги - до входу установки порога бінаризації
пристрою, блок логічних аналізаторів, що містить
N логічних аналізаторів, вхід кожного з яких під-
ключений до виходів відповідного компаратора
блока компараторів, четвертий елемент АБО, пе-
рший, другий і третій входи якого з'єднані відпові-
дно з виходом першого елемента затримки, вхо-
дом скидання і входом повторного запуску
пристрою, а вихід - із входом скидання блока логі-
чних аналізаторів, що керує, вхід якого з'єднаний із
входом задання виду околиці пристрою, а такто-
вий вхід через третій елемент затримки з'єднаний
з виходом керованого ключа, до якого підключені
також тактовий вхід блока керування рядковими
шинами і другий керуючий вхід блока ключів, ко-
мутатор, кожен керуючий вхід якого з'єднаний з
виходом відповідного логічного аналізатора блока
логічних аналізаторів, а інформаційний вхід під-
ключений до першого виходу лічильника імпульсів,
другий вихід якого з'єднаний із другим керуючим
входом керованого ключа і виходом сигналу "Кі-
нець циклу" пристрою, і блок пам'яті, кожен інфор-
маційний вхід якого з'єднаний з відповідним вихо-
дом комутатора, тактовий вхід підключений до
виходу керованого ключа через третій елемент
затримки, а вхід скидання - до входу скидання
пристрою, при цьому вихід блока пам'яті є вихо-
дом пристрою, а виходи компараторів утворюють
групу виходів сигналів силуету зображення.

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що
блок логічних аналізаторів містить N логічних ана-
лізаторів, кожен з яких включає три послідовно
з'єднані D-тригери, D-вхід першого з яких є входом
блока, а D-вхід кожного наступного підключений до
прямого виходу попереднього, R-входи установки
нуля підключені до входу скидання блока, а син-
хронізуючі C-входи - до тактового входу блока,
чотири елементи АБО, елемент I-HI і елемент I,

(13) U

(11) 38532

(19) UA

вихід якого є виходом аналізатора, а перший, другий і третій входи з'єднані з виходом елемента І - НІ, із прямим виходом другого D-тригера цього аналізатора і з тактовим входом блока, другі входи всіх елементів АБО з'єднані з керуючим входом блока, при цьому в кожному j-му логічному аналізаторі перший вхід елемента І-НІ і перші входи першого і другого елементів АБО з'єднані відповідно з прямими виходами другого, третього і першого D-тригерів сусіднього (j-1)-го логічного аналізатора, а виходи першого і другого елементів АБО підключені до другого і третього входів елемента І-НІ, четвертий і п'ятий входи елемента І-НІ з'єднані з прямими виходами перших і третього D-тригерів цього ж логічного аналізатора, перші входи третього і четвертого елементів АБО і восьмий вхід елемента І-НІ з'єднані з прямими виходами відповідно першого, третього і другого D-тригерів сусіднього (j+1)-го логічного аналізатора, а шостий і сьомий входи елемента І-НІ - з виходами третього і четвертого елементів АБО.

3. Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що

блок керування рядковими шинами містить (М+1)-розрядний регістр, що зрушує, вхід скидання, вхід запису в молодший розряд і тактовий вхід якого з'єднані відповідно з входом скидання, входом початкової установки і тактовим входом блока керування рядковими шинами, М елементів І, М елементів АБО, М ключових елементів і інвертор, вихід кожного i-го розряду зсувного регістра, за винятком молодшого, з'єднаний з першим входом відповідного i-го елемента І, вихід якого підключений до першого входу відповідного i-го елемента АБО, до виходу якого приєднаний керуючий вхід відповідного i-го ключового елемента, вихід якого є i-м виходом блока керування рядковими шинами, при цьому другі входи всіх елементів І підключені до виходу інвертора, вхід якого з'єднаний з тактовим входом блока керування рядковими шинами, другі входи всіх елементів АБО з'єднані з входом скидання блока керування рядковими шинами, а перший і другий входи кожного ключового елемента з'єднані відповідно із шиною напруги збереження і із шиною нульового потенціалу.

Корисна модель відноситься до автоматики й обчислювальної техніки і призначена для використання в системах технічного зору промислових робіт.

Відомий пристрій для виділення контуру зображень, який містить двухвходові елементи антиспівпадання, розміщені між фоточутливими елементами, причому елементи АБО розміщені між елементами антиспівпадання, а вихід кожного фоточутливого елемента матриці з'єднаний з відповідними входами елементів антиспівпадання, суміжних з даним фото чутливим елементом, входи кожного елемента АБО підключені до входів елементів антиспівпадання, суміжних з даним елементом АБО [А.с. СССР, №1008757, опубл. в Б.І., 1983, №12, МПК G06K 9/00].

Недоліком даного пристрою є його складне конструктивне виконання, а також значні апаратні затрати на виконання пристрою.

Найбільш близьким до пропонованого за технічною суттю є пристрій для виділення контуру зображень, який містить матрицю, яка включає фоточутливі приймачі, логічні елементи І, АБО, НЕ, при чому кожний фоточутливий приймач матриці з'єднаний з відповідним логічним елементом матриці перших і других логічних елементів НЕ, а кожний другий логічний елемент НЕ матриці з'єднаний з входами відповідних першого і другого логічних елементів І, вихід кожного з логічних елементів І з'єднаний з відповідним логічним елементом АБО, при цьому вхід кожного першого логічного елемента АБО підключений до входу другого, перші логічні елементи НЕ кожного стовпця матриці з'єднані з відповідними першими логічними елементами І [А.с. СССР, №1403080, опубл. в Б.І., 1988, №22, МПК G06K 9/00].

Недоліком даного пристрою є обмежена область застосування, оскільки він дозволяє виділяти лише вертикальну границю переднього фронту зображення, тобто не дозволяє виділяти контур по

всьому периметру зображення.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для зчитування та обробки зображень за рахунок апаратної реалізації операцій виділення контуру зображень.

Поставлена мета досягається тим, що в пристрій, який містить фотоелектричний перетворювач на М x N елементів, блок управління його рядковими шинами і блок ключів, додатково введені блок проєціювання зображень, оптичний затвор, формувач імпульсів запуску, елементи затримки, елементи АБО, блок комутаторів, блок логічних аналізаторів, комутатор, блок пам'яті і лічильник, а також тим, що блок логічних аналізаторів містить N логічних аналізаторів, кожний з яких включає три D-тригери, чотири елементи АБО, елемент І – НІ й елемент І, а блок управління рядковими шинами містить М+1 - розрядний зсувний регістр, М елементів І, АБО, М - ключових елементів і інвертор.

На Фіг.1, 2 представлена функціональна схема пристрою для зчитування й обробки зображень; на Фіг.3 - схема одного логічного аналізатора блоку аналізаторів; на Фіг.4 - окіл 3x3 з позначенням логічних змінних, відповідних елементів зображення; на Фіг.5 - функціональна схема одного з варіантів блоку управління рядковими шинами; на Фіг.6 - часові діаграми сигналів, що пояснюють роботу пристрою.

Пристрій (Фіг.1, 2) містить блок 1 проектування зображення, оптичний затвор 2, фотоелектричний перетворювач 3 у вигляді прямокутної матриці ємнісних фотоелементів з переносом заряду з М рядків і N стовпців, кожен елемент 4, якої складається з двох МДН - конденсаторів 5 і 6, між якими існує зарядовий зв'язок, причому електрод першого МДН - конденсатора 5 з'єднаний з відповідною рядковою шиною 7, а другого МДН - конденсатора 6 - з відповідною стовбцевою шиною 8, блок 9 керування ключів, який має N ключів 10₁ - 10_N, блок 11 управління рядковими шинами, блок 12 компа-

раторів, який складається з N компараторів $13_1 - 13_N$, блок 14 логічних аналізаторів, що містить N логічних аналізаторів, $15_1 - 15_N$, комутатор 16, блок 17 пам'яті, утворювач 18 імпульсів запуску, перший 19, другий 20, третій 21 і четвертий 22 елементи АБО, генератор 23 тактових імпульсів, керований ключ 24, лічильник 25 імпульсів, перший 26, другий 27 і третій 28 елементи затримки, вхід 29 початкового запуску, вхід 30 повторного запуску, вхід 31 скидання, вхід 32 установки порога бінаризації, вхід 33 завдання виду околу, групу 34 виходів сигналів бінарного силуету, вихід 35 сигналу "Кінець циклу", вихід 36 пристрою.

Входом пристрою є оптичний вхід блоку 1 проєктування зображень, вихід якого через оптичний затвор 2 оптично з'єднаний із входом фотоелектричного перетворювача 3. Кожна клітинка 4 фотоприймальної матриці 3 містить два МДН-конденсатори 5 і 6, між якими є зарядовий зв'язок. Між сусідніми клітинками матриці зарядовий зв'язок відсутній. Електрод МДН-конденсатора 5 клітинки 4_{ij} з'єднаний з i -ю рядковою шиною 7_i , а електрод МДН-конденсатора 6 клітинки 4 - з j -й стовбцевою шиною 8_j . Кожна стовбцева шина 8_j підключена до виходу j -го ключа 10_j , який входить в блок 9 управління ключів, і до входу j -го компаратора 13_j блоку 12 компараторів. При цьому стовбцеві шини матриці 3 є плаваючими.

Перший контакт кожного ключа 10 з'єднаний із шиною 37 нулевого потенціалу, а другий - із шиною 38 опорної напруги так, що ключ може знаходитися в одному з трьох станів: або вихід з'єднаний із шиною 37 нулевого потенціалу, або із шиною 38 опорного потенціалу, або ключ розімкнутий. Кожна i -та рядкова шина 7_i фотоприймальної матриці 3 підключена до i -го виходу блоку управління рядковими шинами 11. Вихід кожного компаратора 13_j блоку 12 з'єднаний із входом i -го логічного аналізатора 15_j блоку 14 аналізаторів і з j -м виходом у групі 34 виходів сигналів бінарного силуету. Вхід 39 опорної напруги блоку 12 компараторів з'єднаний із входом 32 установки порога бінаризації, і до нього підключені входи опорної напруги всіх компараторів $13_1 - 13_N$. Вихід кожного логічного аналізатора 15_j блоку 14 з'єднаний з j -м входом управління 40 комутатора 16, а керуючий вхід 41 блоку 14 аналізаторів підключений до входу 33 завдання виду околу. Кожен вихід 42_j комутатора 16 з'єднаний з відповідною j -м входом блоку 17 пам'яті, вихід якого є виходом 36 пристрою. Вхід утворювача 18 імпульсів запуску підключений до входу 29 початкового запуску пристрою, а його вихід з'єднаний з одним входом елемента АБО 19 і з входом елемента 26 затримки, вихід якого з'єднаний з першим входом елемента АБО 20, із входом елемента 27 затримки, з першим входом елемента АБО 22 і з входом управління 43 оптичного затвора 2. Інший вхід елемента АБО 19 з'єднаний із входом 31 скидання пристрою, до якого підключені також другий вхід елемента АБО 22 і вхід 44 скидання блоку 17 пам'яті. Вихід елемента АБО 19 з'єднаний із входом 45 скидання блоку 11 управління рядковими шинами і з першим керуючим входом 46 блоку 9 ключів. Вхід 30 повторного запуску пристрою з'єднаний із другими входами

елементів АБО 21 і 20 і з третім входом елемента АБО 22, вихід якого зв'язаний із входом 47 скидання блоку 14 аналізаторів. Вихід елемента АБО 20 підключений до входу 48 початкової установки блоку 11 управління рядковими шинами. Вихід генератора 23 тактових імпульсів підключений до входу керованого ключа 24, вихід якого зв'язаний з підрахунковим входом 49 лічильника імпульсів 25. Перший керуючий вхід 50 ключа 24 і вхід 51 скидання лічильника 25 з'єднані з виходом елемента АБО 21. Перший вихід 52 лічильника 25 підключений до інформаційного входу 53 комутатора 16, а його другий вихід 54 - до другого керуючого входу 55 ключа 24 і до виходу 35 сигналу "Кінець циклу". Вихід ключа 24 з'єднаний з тактовим входом 56 блоку 11 управління рядковими шинами, з другим керуючим входом 57 блоку 9 ключів і з входом елемента 28 затримки, вихід якого підключений до тактових керуючих входів 58 і 59 відповідно блоку 14 аналізаторів і блоку 17 пам'яті. Вхід 60 блоку 11 управління рядковими шинами з'єднаний із шиною напруги зберігання $U_{\text{ж}}$.

Логічний аналізатор 15 блоку 14 (Фіг.3) містить перший 61_1 другий 61_2 і третій 61_3 D-тригери, чотири елементи АБО $62_1 - 62_4$, елемент І-НІ 63 і елемент І 64 . Інформаційний D-вхід тригера 61_1 є входом логічного аналізатора (він підключається до виходу відповідного компаратора 13 блоку компараторів), а його прямий вихід з'єднаний з D-входом тригера 61_2 і з одним із входів елемента І-НІ 63 . R-входи установок нуля тригерів $61_1 - 61_3$ з'єднані з входом 47 скидання блоку аналізаторів. Вихід елемента І-НІ 63 з'єднаний з першим входом елемента І 64 , вихід якого є виходом логічного аналізатора. Другий вхід елемента І 64 з'єднаний із прямим виходом тригера 61_2 , до якого підключений також D-вхід тригера 61_3 . Третій вхід елемента І 64 з'єднаний з тактовим входом 58 блоку аналізаторів, до якого приєднані також синхронізуючі C-входи тригерів $61_1 - 61_3$. Другі входи елементів АБО $62_1 - 62_3$ об'єднані і підключені до керуючого входу 41 блоку аналізаторів. В аналізаторі 15_1 перший вхід елемента І-НІ 63 з'єднаний із прямим виходом D-тригера 61_2 , сусіднього аналізатора 15_{j-1} другий вхід - з виходом елемента 62_1 , третій вхід - з виходом елемента АБО 62_2 , четвертий вхід - із прямим виходом D-тригера 61_3 цього ж аналізатора, п'ятий вхід - із прямим виходом D-тригера 61_1 , цього ж аналізатора, шостий вхід - з виходом елемента АБО 62_3 , сьомий вхід - з виходом елемента АБО 62_4 , восьмий вхід - із прямим виходом D-тригера 61_2 сусіднього логічного аналізатора 15_{j+1} . При цьому перші входи елементів 62_1 , і 62_2 аналізатора 15_j з'єднані відповідно з прямими виходами тригерів 61_1 і 61_3 сусіднього логічного аналізатора 15_{j-1} , а перші входи його елементів 62_3 і 62_4 , з'єднані відповідно з прямими виходами D-тригерів 61_1 і 61_3 сусіднього логічного аналізатора 15_{j+1} .

Блок 11 управління рядковими шинами (Фіг.5) містить зсувний регістр 65 на $M+1$ розрядів, M елементів І $66_1 - 66_m$, M елементів АБО $67_1 - 67_m$, M ключових елементів $68_1 - 68_m$, інвертор 69. Вхід 70 скидання регістра 65 підключений до входу 45 скидання блоку управління рядковими шинами, до якого приєднані також другі входи всіх елементів

АБО 67₁ - 67_м. До входу 48 початкової установки блоку 11 підключений вхід 71 запису в молодший (нульовий) розряд регістра 65, а до третього входу 56 - тактовий вхід 72 регістра 65 і вхід інвертора 69. Вихід 73 кожного і-го розряду регістра 65, починаючи з першого 73₁, з'єднаний з першим входом і-го елемента І 66₁, при цьому вихід 73₀ нульового розряду залишається незадіяним. Другі входи всіх елементів І 66₁ з'єднані з виходом інвертора 69, а вихід кожного елемента І 66 з'єднаний з першим входом відповідного елемента АБО 67_і. Вихід кожного елемента АБО 67_і підключений до керуючого входу 74_і і-го ключового елемента 68, вихід якого є і-м виходом блоку 11, до якого підключається рядкова шина 8_і фотоприймальної матриці. Перший і другий входи кожного ключового елемента 68, з'єднані відповідно з входом 60 блоку 11, що підключений до шини напруги збереження $U_{зб}$, і із шиною 37 нульового потенціалу.

Пристрій працює наступним чином.

Блок 1 проектування зображень формує світловий потік оброблюваного зображення, що надходить на оптичний затвор 2, який знаходиться в закритому стані у відсутності напруги на керуючому вході 43. Тому світловий потік зображення не проходить через затвор 2. Для запуску пристрою подається сигнал (наприклад, імпульс напруги) на вхід 29 початкового запуску, звідки він проходить на вхід формувача 18 імпульсів запуску. При цьому формувач 18 виробляє прямокутний імпульс напруги тривалістю $T_{зат}$, що надходить на вхід елемента 26 затримки і на вхід 45 скидання блоку 11 управління рядковими шинами і на перший керуючий вхід 46 блоку 9 ключів. Це призводить до того, що блок 11 управління рядковими шинами встановлює нульову напругу на всіх рядкових шинах 7₁ - 7_м, а виходи ключів 10₁, - 10_п з'єднуються на час імпульсу запуску $T_{зат}$ з шиною 37 нульового потенціалу, так що на всіх стовбчикових шинах 8₁ - 8_п також встановлюється нульовий потенціал. З рядкових і стовбчикових шин нульовий потенціал надходить на електроди МДН-конденсаторів 5 і 6 і заряди, які були в цих конденсаторах, (неосновні носії), що залишилися від попереднього циклу роботи або шумові, інжектуються в підкладку, у результаті чого клітинки фотоприймальної матриці звільняються від зарядів, і матриця готується до сприйняття нового зображення. Інкєкція зарядів у підкладку (стирання раніше записаного зображення) відбувається за час $\tau_{інк}$. Імпульс запуску затримується елементом 26 затримки на час $T_{з1}$ і з його виходу надходить на керуючий вхід 43 оптичного затвора 2, що під дією цього імпульсу відкривається і протягом його тривалості $T_{зат}$ пропускає світловий потік зображення на фотоприймальну матрицю 3 і на входи елементів АБО 20 і 22 і елемента 27 затримки. З виходу елемента АБО 20 імпульс запуску приходить на вхід 48 початкової установки блоку 11 управління рядковими шинами, у результаті чого на рядкових шинах 7₁ - 7_м встановлюється напруга збереження $U_{зб}$. По закінченні імпульсу запуску на вході 46 (тобто після закінчення часу $T_{зат}$) ключі 10₁ - 10_п переходять у свій нормальний стан, у якому їхні виходи підключені до шини 38 опорної напруги, і на стовбцеві

шини 8₁ - 8_п подається опорна напруга $U_{оп}$, що є також напругою збереження для стовбцевих МДН-конденсаторів 6. Напруги $U_{зб}$ і $U_{оп}$ задовольняють співвідношенню

$$U_{зб} > U_{оп} > U_0,$$

де - U_0 гранична напруга МДН-структур.

Тепер на рядкових шинах присутня напруга збереження $U_{зб}$, на стовбцевих шинах - напруга $U_{оп}$ і оброблюване зображення проектується на фотоприймальну матрицю 3. Під дією напруг на рядкових і стовбцевих шинах під електродами МДН-конденсаторів 5 і 6 виникають потенційні ями, причому глибина потенційної ями під рядковим електродом 5 більше, ніж під стовбцевим електродом (тому що $U_{зб} > U_{оп}$). Світловий потік зображення, що пропускається оптичним затвором 2 протягом часу $T_{зат}$, впливає на фоточутливі клітинки 4 фотоелектричного перетворювача 3 і викликає генерацію в них носіїв заряду, причому неосновні носії залишаються в клітинках і збираються в більш глибокій потенційній ямі під рядковим електродом. Величина заряду, накопиченого в кожній клітинці 4 за час проєціювання зображення, пропорційна кількості світла, що надійшла на неї, тобто яскравості відповідного елемента зображення. Таким чином, за час проєціювання зображення записується в матриці 3 фотоприймальних клітинки 4 у вигляді розподілу заряду по клітинках (зарядового рельєфу).

Так як до початку проектування поточного зображення на матрицю вона повинна бути підготовлена до його сприйняття, тобто очищена від зарядів, то тривалість імпульсу запуску $T_{зат}$, протягом якого відбувається стирання зарядового рельєфу, повинна перевищувати час інжекції $\tau_{інк}$:

$$T_{зат} \geq \tau_{інк}$$

Проектувати зображення на матрицю 3 для його сприйняття потрібно коли матриця вже підготовлена до цього (тобто спочатку здійснюється стирання попереднього зображення, а потім проєціювання нового). Тому час затримки $T_{з1}$ елемента 26 задовольняє співвідношенню:

$$T_{з1} \geq T_{зат},$$

при якому затвор 2 відкривається тоді, коли матриця 3 уже підготовлена до сприйняття зображення.

За час проектування зображення $T_{зат}$, повинно відбуватися його сприйняття фотоелектричним перетворювачем 3. Тому тривалість імпульсу запуску $T_{зат}$ визначається співвідношенням

$$T_{зат} \geq \tau_{зат},$$

де $\tau_{зат}$ - час сприйняття зображення фотоелектричним перетворювачем (час запису зображення), що залежить від властивостей матеріалу фотоприймальної матриці, її структури, інтенсивності світлового потоку.

По закінченні імпульсу на керуючому вході 43 оптичний затвор 2 закривається, і надходження світлового потоку зображення на фотоприймальну матрицю припиняється. До цього моменту сприйняття зображення завершується, тобто воно вже записано в матриці.

Імпульс запуску, що прийшов на елементи АБО 20 і 22, проходить з виходу елемента АБО 20 на вхід 48 початкової установки блоку управління

рядковими шинами і встановлює його у вихідний стан, а з виходу елемента АБО 22 - на вхід 47 скидання блоку аналізаторів і викликає їх скидання у вихідний стан.

Імпульс запуску з виходу елемента 26 затримки приходить на вхід елемента 27 затримки і затримується ним на час T_{32} , рівний часу проєкціювання зображення на фотоприймальну матрицю, тобто:

$$T_{32} = T_{3\text{ат.}}$$

Затриманий елементом 27 імпульс запуску, через елемент АБО 21 надходить на перший керуючий вхід 50 ключа 24 і на вхід 51 скидання лічильника 25. При цьому останній встановлюється у вихідний стан, а ключ 24 переходить у відкритий стан і залишається в ньому. З цього моменту ключ 24 пропускає на свій вихід тактові імпульси, які створює генератор 23 імпульсів. Тривалість тактового імпульсу генератора 23 дорівнює τ_u , а тривалість паузи між імпульсами - τ_u . Тепер починається власне зчитування записаного в матриці 3 зображення.

Тактові імпульси з виходу ключа 24 надходять на тактовий вхід 56 блоку 11 управління рядковими шинами і на другий керуючий вхід 57 блоку 9 ключів. При цьому в кожній такті відбувається вибірка і зчитування одного рядка фотоприймальної матриці 3, причому рядок зчитується паралельно (тобто зчитуються одночасно всі її елементи), а рядки вибираються по одній послідовно, починаючи з першого. Так, у нульовому такті (нумерація тактів ведеться з нуля) зчитується перший рядок, у першому - другий, у i -му - $(i+1)$ -й, в $(M-1)$ -му - M -тий рядок матриці. Зчитування здійснюється по методу рівнобіжної інжекції.

Розглянемо цей процес вибірки.

В нульовому такті (перший тактовий імпульс, що пройшов через ключ 24) тактовий імпульс, що надійшов на керуючий вхід 57 блоку 9 ключів, переводить ключі $10_1 - 10_N$ у стан, в якому вихід ключа з'єднаний із входом 38 опорної напруги. В цьому стані ключі залишаються протягом тривалості тактового імпульсу τ_i . При цьому опорна напруга $U_{оп}$ через ключі $10_1 - 10_N$ подається на стовбцеві шини $8_1 - 8_N$ фотоелектричного перетворювача 3, до яких підключені електроди стовбцевих конденсаторів 6 клітинок матриці. Таким чином, за час τ_i тактового імпульсу на стовбцевих шинях встановлюється опорна напруга $U_{оп}$ (внаслідок підключення до нього стовбцевих конденсаторів 6 клітинок матриці). Одночасно з цим тактовий імпульс, що надійшов на тактовий вхід 56 блоку 11 управління рядковими шинами, спричинює проходження сигналів з виходу ключа 24 на перший вихід блоку 11, до якого підключена перша рядкова шина 7_1 . При цьому під час тактового імпульсу на шині 7_1 , як і на інших шинях $7_2 - 7_M$, залишається висока напруга $U_{3б}$.

Після закінчення першого тактового імпульсу на час паузи τ_n між тактовими імпульсами на першому виході блоку 11 встановлюється нульова напруга, що надходить на шину 7_1 і з неї на електроди рядкових конденсаторів 5 першого рядка фотоприймальної матриці 3. По закінченні тактового імпульсу на керуючому вході 57 блоку 9 ключів

чів встановлюється на час паузи нульова напруга, унаслідок чого ключі $10_1 - 10_N$ розмикаються і залишаються розімкнутими протягом усієї паузи; при цьому стовбцеві шини $8_1 - 8_N$ стають плаваючими (тому що вони відключені від джерела напруги).

Таким чином, під час паузи нульового такту, на рядковій шині 7_1 зберігається нульова напруга, на шинях $7_3 - 7_M$ - висока напруга збереження $U_{3б}$, стовбцеві шини $8_1 - 8_N$ відключені від джерела напруги і є плаваючими. При цьому під електродами конденсаторів 5 клітинок першого рядка потенційні ями зникають, в клітинках всіх інших рядків змін не відбувається. Під час тактового імпульсу стовбцеві конденсатори 6 всіх клітинок матриці були заряджені до опорної напруги $U_{оп}$. Тому під час паузи, коли шини $8_1 - 8_N$ є плаваючими, під електродами цих конденсаторів присутні потенційні ями, глибина яких визначається напругою $U_{оп}$, причому в клітинках першого рядка глибина ями під електродом 6 клітинки більше, ніж під електродом 5, тому що на шині 7_1 - нульова напруга. У результаті в клітинках першого рядка відбувається перетікання накопиченого заряду, що знаходився під електродом 5, у більш глибоку потенційну яму під електродом 6, причому заряд перетікає повністю. Це призводить до того, що потенціал кожної стовбцевої шини 8_j зменшується на величину, рівну сигнальному зарядові (який накопичений в клітинці j у даному такті перетік під електрод конденсатора 6) у відповідній j -й клітинці першого рядка, поділений на повну ємність стовбцевої шини. Цей потенціал зберігається протягом паузи між тактовими імпульсами на плаваючій стовбцевій шині 8_j і знімається з неї.

У наступному першому такті тактовий імпульс надходить на входи 56 і 57 відповідно блоку 11 управління рядковими шинами і блоку 9 ключів, у результаті чого на першому виході блоку 11 знову встановлюється напруга зберігання $U_{3б}$, сигнали з виходу ключа 24 передаються на другий вихід блоку 11, ключі $10_1 - 10_N$ переключаються в стан, у якому їхні виходи з'єднані з входом 38 опорної напруги $U_{оп}$. При цьому на рядковій шині 7_1 встановлюється напруга $U_{3б}$, на шині 7_2 під час тактового імпульсу залишається напруга $U_{3б}$ (як і на інших рядкових шинях), на стовбцевих шинях $8_1 - 8_N$ встановлюється опорна напруга $U_{оп}$, причому $U_{оп} < U_{3б}$. Це призводить до того, що в клітинках першого рядка відбувається зворотне перетікання сигнальних зарядів з-під стовбцевих електродів 6 під рядкові електроди 5 (у більш глибокі потенційні ями), що відбувається за час тактового імпульсу τ_i . Так що в першому рядку сигнальні заряди знову зберігаються під електродами рядкових конденсаторів 5 і можуть бути знову перелічені в майбутньому.

Потім під час паузи першого такту виконується зчитування другого рядка матриці, що відбувається аналогічно зчитуванню першого рядка: стовбцеві шини $8_1 - 8_N$ на час паузи відключуються від джерел напруги розімкнутими ключами $10_1 - 10_N$ і є плаваючими, причому під час тактового імпульсу на них встановилася опорна напруга, до якої заряджаються стовбцеві конденсатори 6, на шині 7_2 на час паузи встановлюється нульова напруга,

відбувається перетікання сигнальних зарядових пакетів в клітинках другого рядка під електроди стовбцевих конденсаторів 6, внаслідок чого на j -й стовбцевій шині 8_j наводиться зміна напруги, пропорційна величині сигнального заряду в j -й клітинці другого рядка. Описаний процес зчитування виконується послідовно для всіх рядків матриці, так що в кожнім такті зчитується один рядок (в нульовому такті зчитується перший рядок, у першому - другий, у i -м ($i+1$)-й, у ($M-1$)-ім - M -ий рядок). При цьому в i -м такті за час тактового імпульсу відбувається встановлення на стовбцевих шинах $8_1 - 8_N$ опорної напруги $U_{оп}$ і зворотний перенос зарядових пакетів з-під стовбцевих електродів 6 під рядкові електроди 5 у i -м рядковій матриці (тому що на стовбцевих шинах присутня опорна напруга, а на рядкових напругу збереження), а під час паузи - перетікання зарядових пакетів у ($i+1$)-м рядковій з-під рядкових електродів 5 під стовбцеві електроди 6 (тому що стовбцеві шини $8_1 - 8_N$ відключені ключами $10_1 - 10_N$ від джерела напруги і є плаваючими, а на рядковій шині 8_{i+1} присутня нульова напруга, яка надходить з ($i+1$)-го виходу блоку управління рядковими шинами 11), внаслідок чого на плаваючих стовбцевих шинах $8_1 - 8_N$ наводиться зміна потенціалу, пропорційна величині зарядових пакетів у відповідних клітинках (на шині 8_j наводиться зміна потенціалу, пропорційна зарядові в клітинці 4_{i+1j}).

В процесі зчитування, управління стовбцевими шинами $8_1 - 8_N$ здійснюється за допомогою ключів $10_1 - 10_N$, що переключаються під дією тактових імпульсів, по черзі подаючи на шини опорну напругу $U_{оп}$ відключаючи їх від джерела напруги, а управління рядковими шинами $7_1 - 7_M$ - за допомогою блоку 11 управління рядковими шинами.

Блок 11 працює наступним чином.

На початку циклу роботи імпульс запуску, з виходу блоку 18 через елемент АБО 19 надходить на вхід 45 блоку скидання 11, звідки попадає на вхід 70 регістра скидання 65 і викликає встановлення всіх розрядів регістра в нульовий стан. Цей же імпульс з виходу 45 надходить на другі входи елементів АБО $67_1 - 67_M$, внаслідок чого на їхніх виходах з'являються імпульси напруги високого рівня тривалості $T_{зап}$, що впливають на керуючі входи $74_1 - 74_M$ відповідних ключових елементів $68_1 - 68_M$. При цьому ключі $68_1 - 68_M$ переходять на час цього імпульсу в стан, у якому їхні виходи з'єднані з другими входами, тобто із шиною 37 нульового потенціалу. Таким чином, на час $T_{зап}$ імпульсу, що запускає, на рядкові шини $7_1 - 7_M$ матриці подається нульова напруга, чим забезпечується інжекція зарядів клітинок у підкладинку і стирання інформації в матриці 3. Потім, після закінчення імпульсу на вході 45, на виходах елементів АБО $67_1 - 67_M$ устанавлюється нульова напруга, що надходить на входи $74_1 - 74_M$ ключових елементів $68_1 - 68_M$, переводячи їх у стан, у якому їхні виходи з'єднані із шиною 60 напруги збереження (при цьому на рядкові шини $7_1 - 7_M$ подається напруга збереження $U_{зб}$ і здійснюється сприйняття зображення накопичених зарядів в клітинках матриці 3).

Після закінчення імпульсу на вході 45 затри-

маний імпульс, що запускає, надходить на вхід 48 блоку 11 і з його на вхід 71 запису в молодший розряд регістра 65, внаслідок чого в молодший (нульовий) розряд регістра 65 записується одиниця. Під час проєціювання зображення стан блоку 11 управління рядковими шинами зберігається таким: у молодшому розряді регістра 65 утримується «1», а в інших розрядах - нулі, на виходах елементів И $67_1 - 67_M$ присутні напруги логічного нуля, що, надходячи на входи відповідних ключових елементів $68_1 - 68_M$, підтримує них у стані, у якому на їхні входи подається напруга збереження (напруга збереження надходить на рядкові шини $7_1 - 7_M$ чим забезпечується сприйняття зображення). Потім, що запускає імпульс надходить з елемента 27 затримки через елемент АБО 21 на керуючий ключ 24 і відкриває його при цьому тактові імпульси генератора 23 проходять через нього і по ступають на тактовий вхід 56 блоку 11 і з його на тактовий вхід 72 регістра 65 і на вхід інвертора 69. Під дією кожного тактового імпульсу (по його передньому фронті) відбувається зрушення інформації, записаної в регістрі 65 на один розряд (так у нульовому такті одиниця з нульового розряду регістра 65 зрушується в перший розряд і з'являється на виході 73₄, а в нульовий (молодший) розряд заноситься нуль; у першому такті одиниця переноситься в другий розряд; у i -м такті - у ($i+1$)-й розряд регістра 65). Напруга з виходу i -го розряду регістра 65 надходить на перший вхід елемента И 66, на другий вхід якого надходять з виходу інвертора 69 проінвертовані тактові імпульси. При цьому у i -м такті маємо: на ($i+1$)-м виході регістра 65 є присутнім напруга логічної одиниці, під час тактового імпульсу на других входах елементів И $66_1 - 66_M$ є присутнім напруга логічного нуля (тому що тактові імпульси інвертуються інвертором 69), а під час паузи - напруга логічної одиниці; у результаті цього в i -м такті під час тактового імпульсу на виході ($i+1$)-го елемента И 66 є присутнім логічний нуль (тому що на другому вході присутній логічний нуль - проінвертований імпульс), а під час паузи - логічна одиниця (тому що на перший вхід надходить одиниця з ($i+1$)-го виходу регістра, а на другий вхід - проінвертована пауза між тактовими імпульсами), на виходах інших елементів И залишається логічний нуль.

Таким чином, у i -м такті на виходах всіх елементів АБО 67, за винятком ($i+1$)-го, є присутнім напруга логічного нуля, а на виході елемента 67_{i+1} під час тактового імпульсу присутній нульова напруга, а під час паузи цього такту - напруга логічної одиниці. З елементів АБО сигнали надходять на керуючі входи 74 відповідних ключів 68, внаслідок чого в i -м такті всі ключові елементи, крім ($i+1$)-го, знаходяться в стані, у якому на їхні виходи подається напруга збереження з перших входів, а елемент 68_{i+1} під час тактового імпульсу також знаходиться в цьому стані і під час паузи i -го такту переходить у стан, у якому на його вихід подається з другого входу нульовий потенціал. Таким чином, у i -м такті на рядкову шину 7_{i+1} матриці 3 під час тактового імпульсу подається напруга збереження, а під час паузи - нульовий потенціал, чим і забезпечується зчитування інформації з ($i+1$)-й

рядка матриці 3, як описано вище.

Для забезпечення нормального процесу зчитування зображення з матриці тривалості тактового імпульсу і паузи повинні задовольняти таким умовам: за час імпульсу повинний відбуватися встановлення опорної напруги на стовбцевих шинах, тобто заряд МДН - конденсаторів 6 до $U_{оп}$, а також одночасно з цим зворотний перенос зарядових пакетів з-під стовбцевих електродів конденсаторів 6 ліченого рядка під рядкові електроди 5, так що

$$\tau_u \geq \max \{ \tau_{вст}, \tau_{звор.} \},$$

де $\tau_{вст}$ - час встановлення опорної напруги на стовбцевих шинах;

$\tau_{звор.}$ - час зворотного переносу зарядів під рядкові електроди;

а також за час паузи повинний відбуватися зчитування елементів обраного рядка, тобто перенос зарядових пакетів під стовбцеві електроди 6 клітинок цього рядка і зміна напруги на що плавають стовбцевих шинах, так що

$$\tau_n \geq \tau_{зч.ел},$$

де $\tau_{зч.ел}$ - час зчитування елемента зображення.

У процесі зчитування виконується послідовна вибірка рядків матриці, у якій записане зображення таким чином, що в i -м такті (рахунок тактів ведеться з нуля) зчитується $(i+1)$ -ий рядок матриці, причому значення яскравості елементів зображення представляються змінами величини напруги на відповідних стовбцевих шинах $8_1 - 8_n$ матриці 3, тобто в остаточному підсумку амплітудою імпульсу напруги на стовбцевій шині 8 під час паузи відповідного такту (амплітуда імпульсу відраховується щодо рівня опорної напруги).

Так, у нульовому такті на шині 8 наводиться зміна напруги, що відповідає елементові зображення, записаній в клітинки $4_{1,j}$, у i -м такті - елементові зображення, записаному в клітинки $4_{i+1,j}$. Стовбцеві шини $8_1 - 8_n$ фотоприймальній матриці 3 підключені до виходів відповідних компараторів $13_1 - 13_n$ блоку 12 компараторів, так що напруга з цих шин надходить на входи відповідних компараторів 13, входи опорної напруги яких з'єднані з входом 39 опорної напруги блоку 12 компараторів, що з'єднаний із входом 32 установки порога бінаризації. На вхід 32 пристрою подається постійна напруга U_0 , що визначає поріг бінаризації зображення і відповідає деякому граничному рівню яскравості. Кожен компаратор 13_j порівнює з опорною напругою $U_{оп}$, напруга, що надходить на його вхід із шини 8, тобто в i -м такті виконується порівняння напруги, що відповідає осередкові $4_{i+1,j}$ з опорною напругою $U_{оп}$, тобто порівняння яскравості елемента зображення $4_{i+1,j}$ із граничним рівнем яскравості. При цьому через те, що яскравість елемента зображення представляється зміною напруги на стовбцевій шині щодо опорної напруги (тобто амплітудою імпульсу під час паузи щодо цього рівня), значення напруг порівнюються щодо рівня опорної напруги $U_{оп}$. Це значить, що яскравість елемента зображення (i,j) представляється пропорційною їй амплітудою імпульсу напруги $U_{i,j}$, відлічуваної від рівня $U_{ж}$, тобто на шині 8 під час зчитування цього елемента присутній напруга $U_{ел,i,j} = U_{оп} - U_{i,j}$, і від-

повідно, граничний рівень яскравості пропорційний різниці напруги $U'_0 = U_{оп} - U_0$.

Порівняння яскравості елемента зображення з граничним рівнем виконується компараторами в таким чином: якщо в $(i-1)$ -м такті напруга $U_{ел,i,j}$, яка відповідає елементу зображення (i,j) , менше, ніж U_0 (тобто амплітуда $U_{i,j}$ імпульсу на шині 8_j більше, ніж $U_0 = U_{оп} - U_0$, і, відповідно, яскравість елемента перевищує граничний рівень), то на виході компаратора 13 з'являється імпульс напруги високого рівня (логічної одиниці), а в іншому випадку на виході компаратора присутня напруга логічного нуля:

$$U_{kj}^{i-1} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } U_{ел,i,j} \leq U_0 \\ 0, \text{ якщо } U_{ел,i,j} \geq U_0, \end{cases}$$

де U_{kj}^{i-1} - вихідна напруга j -го компаратора 13_j у $(i-1)$ -м такті (при зчитуванні i -го рядка).

Таким чином, у процесі описаного паралельно-послідовного зчитування елементам зображення за допомогою компараторів $13_1 - 13_n$ привласнюється значення "1", якщо їхня яскравість перевищує заданий граничний рівень, і "0" у протилежному випадку, тобто виконується бінаризація зображення і виділяється його силует, причому поріг бінаризації (граничний рівень яскравості) задається опорною напругою $U_{оп}$. При цьому кожен рядок зчитується й обробляється паралельно в одному такті (i -й рядок - у $(i-1)$ -му такті), а рядки обробляються послідовно, так що кожен компаратор 13_j послідовно обробляє елементи j -го стовпця матриці, і на його виході послідовно з'являються їхні значення. У i -му такті на виходах блоку компараторів з'являються бінаризовані значення елементів $(i+1)$ -го рядка матриці у виді імпульсів напруги. З виходів блоку компараторів сигнали елементів бінаризованого зображення надходять на виходи 34 сигналів бінарного препарату, з яких вони можуть зніматися відомими методами для обробки, запам'ятовування або відображення на екрані дисплея (наприклад, вони можуть зчитуватися за допомогою швидкодіючого буферного регістра).

З виходів компараторів $13_1 - 13_n$ сигнали елементів зображення надходять на входи відповідних логічних аналізаторів $15_1 - 15_n$ блоку 14 аналізаторів (з компаратора 13_j на вхід аналізатора 15_j). Блок 14 аналізаторів у процесі паралельно-послідовного зчитування зображення виконує виділення контурних елементів бінаризованого блоком компараторів зображення (силуету), тобто таких елементів силуету, що мають хоча б один сусідній елемент, який не належить силуетові. На блок 14 аналізаторів у кожному такті надходить паралельно один відповідний рядок бінаризованого зображення (рядок нулів і одиниць) з виходів блоку 12 компараторів (на кожен аналізатор 15_j надходить j -й елемент цього рядка) і блок аналізаторів виконує аналіз елементів відповідної записаної в ньому рядка бінарного препарату на приналежність їх контурові силуету. Це здійснюється за допомогою того, що кожний логічний аналізатор 15_j у $(i+1)$ -м такті аналізує околиця 3×3 елементи зображення (i,j) і визначає приналежність його контурові силуету, для чого обчислюється логічна

функція від елементів околиці 3×3 елементи (i, j) , що приймає значення "1", якщо елемент є контурним, і "0" у протилежному випадку. Таким чином, блок 14 аналізаторів виконує в процесі паралельно-послідовного зчитування зображення виділення контурів бінарного силуету зображення, тобто формування контурного препарату бінарного силуету, для чого привласнює значення "1" тим елементам силуету, що є контурними, і "0" всім іншим. У $(i+1)$ -му такті тактовий імпульс з виходу елемента 28 затримки надходить на тактовий керований вхід 58 блоку аналізаторів і під дією його аналізатори $15_1 - 15_n$ сприймають відповідні елементи $(i+1)$ -го рядка і виконують аналіз елементів i -го рядка, записаної раніше в блоці аналізаторів. При цьому, якщо елемент (i, j) є контурним, то на виході аналізатора 15_j з'являється у відповідному такті імпульс напруги високого рівня, а в іншому випадку - напруга логічного нуля.

Блок 14 логічних аналізаторів працює в таким чином. Імпульс, що запускає, через елемент АБО 22 попадає на вхід скидання 47 блоку 14, з якого надходить на R-входи установки нуля тригерів $61_1 - 61_3$ всіх аналізаторів $15_1 - 15_n$ і встановлює їх у нульовий стан. Потім у процесі зчитування зображення на входи аналізаторів $15_1 - 15_n$ з виходів компараторів надходять елементи рядків бінаризованого зображення, що сприймаються ними й обробляються.

У вихідному нульовому такті відбувається зчитування елементів першого рядка (під час паузи), що бінаризується блоком компараторів, і з деякою затримкою з'являються сигнали на виході блоку 14 компараторів, коли на входах логічних аналізаторів установилися напруги елементів першого рядка, а на тактовий вхід 58 блоку аналізаторів приходить імпульс нульового такту, затриманий елементом 28 затримки. Тактовий імпульс надходить із входу 58 на С-входи тригерів $61_1 - 61_3$, аналізаторів блоку 14, а на D-входах з перших тригерів 61_1 , присутні напруги елементів бінаризованого першого рядка, тому бінаризований перший рядок записується в тригери 61_1 аналізаторів $15_1 - 15_n$ (у тригер 61_{1-j} записується j -й елемент). Запис відбувається по передньому фронту тактового імпульсу. У наступному, першому такті, під час паузи відбувається зчитування з матриці другого рядка, напруги бінаризованих елементів якої з'являються на виходах компараторів $13_1 - 13_n$ і надходять на D-входи перших тригерів 61_1 аналізаторів $15_1 - 15_n$. При надходженні затриманого тактового імпульсу першого такту на вхід 58 блоку 14 і з його на С-входи тригерів другий рядок бінаризованого зображення записується в перші тригери 61_1 аналізаторів $15_1 - 15_n$, а перший рядок переписується з тригерів 61_1 у тригери 61_2 аналізаторів, тому що їхні D-входи підключені до прямих виходів тригерів 61_1 . Ланцюжок тригерів $61_1 - 61_3$ у кожнім аналізаторі являє собою синхронний трьохрозрядний зсувний регістр. У процесі паралельно-послідовного зчитування зображення відбувається послідовний запис рядків бінаризованого зображення в тригери $61_1 - 61_3$ логічних аналізаторів, причому в аналізаторах у кожнім такті записані три послідовні рядки: у нульовому такті в тригерах 61_1 аналізаторів за-

писується перший рядок, а в інших тригерах - нулі; у першому такті перший рядок переписується в тригери 61_2 - аналізаторів, тригери 61_1 сприймають другий рядок, у тригерах 61_3 , записані нулі; у другому такті в тригери 61_1 записується третій рядок бінаризованого зображення, а в тригери 61_2 і 61_3 записується відповідно перший і другий рядки, у i -му такті в тригери 61_1 заноситься $(i+1)$ -ий рядок, у тригери 61_2 заноситься i -й рядок, а в тригери 61_3 - $(i-1)$ -й рядок бінаризованого зображення.

Таким чином, у кожнім такті в логічних аналізаторах записані три послідовні рядки бінаризованого зображення й у трьох послідовних аналізаторах 15_{j-1} , 15_j і 15_{j+1} записана околиця 3×3 елементи силуету зображення, що утримується в тригері 61_2 аналізатора 15_j , так у $(i+1)$ -м такті в тригері 61_2 аналізатора 15_j записаний елемент (i, j) , а в інших тригерах цього аналізатора й аналізаторів 15_{j-1} і 15_{j+1} утримуються елементи околиці 3×3 ці елементи: тригер 61_1 аналізатора 15_{j-1} - елемент $(i+1, j-1)$, тригер 61_2 аналізатора 15_{j-1} - елемент $(i, j-1)$, тригер 61_3 аналізатора 15_{j-1} - елемент $(i-1, j-1)$, тригер 61_1 аналізатора 15_j - елемент $(i+1, j)$, тригер 61_2 аналізатора 15_j - елемент (i, j) , тригер 61_3 аналізатора 15_j - елемент $(i-1, j)$, тригер 61_1 аналізатора 15_{j+1} - елемент $(i+1, j+1)$, тригер 61_2 аналізатора 15_{j+1} - елемент $(i, j+1)$, тригер 61_3 аналізатора 15_{j+1} - елемент $(i-1, j+1)$.

Аналіз 8-зв'язаної околиці 3×3 елементи (i, j) на приналежність його контурові здійснюється за допомогою обчислення логічної функції $F = X_0 X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8$ від елементів околиці, де $X_0 - X_8$ - логічні перемінні, що позначають елементи околиці $X_k = 1$, якщо елемент X_k належить бінаризованому зображенню, $X_k = 0$ у протилежному випадку. Функція F приймає значення "1" ($F = 1$), якщо елемент X_0 є контурним (тобто $X_0 = 1$, а серед елементів $X_1 - X_8$ хоча б один нульовий), і значення "0" ($F = 0$) у протилежному випадку. Вид околиці 3×3 з позначеннями елементів представлений на Фіг.3. Має місце наступна відповідність між елементами околиці елемента (i, j) і перемінними $X_0 - X_8$: X_0 - елемент (i, j) , X_1 - елемент $(i+1, j+1)$, X_2 - елемент $(i, j+1)$, X_3 - елемент $(i-1, j+1)$, X_4 - елемент $(i+1, j)$, X_5 - елемент $(i-1, j)$, X_6 - елемент $(i+1, j-1)$, X_7 - елемент $(i, j-1)$, X_8 - елемент $(i-1, j-1)$.

Аналіз 4-зв'язаної околиці 3×3 здійснюється шляхом обчислення логічної функції $F_1 = X_0 X_2 X_4 X_5 X_7$, тобто виключенням перемінних $X_1 X_3 X_6 X_8$ з функції F . Розглянемо спочатку аналіз 8-околиці елемента зображення. У цьому режимі на вхід 33 завдання виду околиці подається напруга логічного нуля, що надходить на керуючий вхід 41 блоку аналізаторів і з його - на другі входи елементів АБО $62_1 - 62_4$ усіх логічних аналізаторів. У кожнім j -м логічному аналізаторі в $(i+1)$ -м такті на входи елемента І-НІ 63 надходять значення перемінних X_2 (із тригера 61_2 аналізатора 15_{j+1}), X_4 і X_5 (із тригерів 61_1 і 61_3 аналізатора 15_j відповідно), X_7 (із тригера 61_2 аналізатора 15_{j-1}), а перемінні X_1 , X_3 (із тригерів 61_1 і 61_3 аналізатора 15_{j+1}) і X_6 , X_8 (із тригерів 61_1 і 61_3 аналізатора 15_{j-1}) надходять на входи елементів І-НІ 63 через елементи АБО $62_1 - 62_4$ відповідно (тому що на других входах цих елементів присутній логічний "0" з керуючого входу 41, то ці елементи не роблять впливу на перемінні X_1 ,

X_3, X_6, X_8).

Таким чином, на входи елемента И-НІ 63 надходять на $(j+1)$ -м такті значення перемінних $X_1 - X_8$ околиці елемента зображення (i, j) , а перемінна X_0 із прямого виходу тригера 61₂ аналізатора 15 надходить на другий вхід елемента И 64, на перший вхід якого приходить вихідний сигнал елемента И-НІ 63, а на третій вхід - тактовий імпульс із входу 58. На виході елемента И 64, що є виходом аналізатора, з'являється результат обчислення логічної функції

$$F = TX_0X_1X_2X_3X_4X_5X_6X_7X_8,$$

де T - перемінна, що позначає тактові сигнали ($T = 1$ під час імпульсу, $T = 0$ у паузі).

Таким чином, під час тактового імпульсу (у $(i+1)$ -м такті) ($T = 1$) кожен логічний аналізатор 15_j виконує обчислення функції F над елементами 8-околиці 3х3 елементи (i, j) , що визначає приналежність цього елемента контурові виділеного силуету. Якщо елемент (i, j) є контурним, то $F = 1$, і під час керуючого тактового імпульсу на виході даного логічного аналізатора 15_j з'являється імпульс напруги логічної "1", а в іншому випадку залишається напруга логічного нуля. Описаний процес аналізу здійснюється послідовно для всього зображення в міру надходження рядків, що зчитуються.

Аналіз 4-околиці 3х3 елементи зображення виконується аналогічно описаному вище аналізу 8-околиці, з тією лише різницею, що для здійснення цього режиму на вхід 33 вибору конфігурації околиці подається логічна "1", що надходить на керуючий вхід 41 блоку аналізаторів. Напруга логічної "1" при цьому з входу 41 впливає на другі входи елементів АБО 62₁ - 62₄ всіх аналізаторів 15₁ - 15_N, унаслідок чого на виходах цих елементів протягом усього циклу зчитування присутнє логічна "1" незалежно від значень перемінних X_1, X_3, X_6, X_8 , що надходять на їхні перші входи. У результаті перемінні X_1, X_3, X_6 , виключаються (вони дорівнюють одиниці і не впливають на значення функції F) і кожним аналізатором 15_j у $(i+1)$ -м такті обчислюється функція $F_1 = T \cdot X_0 \cdot X_2 \cdot X_4 \cdot X_5 \cdot X_7$, що визначає, як і вище, приналежність контурові елемента зображення (i, j) , але вже для 4-околучності.

Аналіз елементів деякого рядка виконується тільки після її зчитування, тобто затриманий i -й тактовий імпульс з елемента 28 затримки повинний надходити на блок 14 аналізаторів після завершення зчитування $(i+1)$ -го рядка. Звідси для затримки $T_{\text{зат.}}$ елемента 28 затримки впливає умова:

$$T_{\text{зат.}} = T_0,$$

де T_0 - період проходження тактових імпульсів.

Таким чином, блок аналізаторів керується тактами, затриманими стосовно тактів зчитування на один такт. У результаті виходить, що в i -м такті під час імпульсу аналізується $(i-1)$ -й рядок і зчитується (під час паузи) $(i+1)$ -й рядок, причому аналіз $(i-1)$ -го рядка виконується в $(i-1)$ -м затриманому такті (під дією затриманого $(i-1)$ -го тактового імпульсу). При цьому в першому такті, коли лічений в попередньому нульовому такті, перший рядок матриці, заноситься в тригери 61₁ у тригерах 61₂ аналізаторів 15₁ - 15_N утримуються нулі, так що аналізується

фіктивний нульовий рядок матриці, що складає з нулів.

Одночасно зі зчитуванням і обробкою рядків зображення лічильник 25 веде рахунок тактових імпульсів, що надходять на його рахунковий вхід 48 з виходу керованого ключа 24. Затриманий елементами 26 і 27 імпульс, що запускає, одночасно надходить на відкриваючий вхід 50 ключа 24 і на вхід 51 початкової установки лічильника 25. При цьому ключ 24 відкривається, а лічильник 25 встановлюється в початковий стан і потім веде рахунок тактових імпульсів, змінюючи свій стан на одиницю, по передньому фронту кожного надходить на його рахунковий вхід 49 тактового імпульсу. Рахунок ведеться таким чином, що під час обробки i -й рядка зображення на виході 52 лічильника присутній код числа i (тобто номер аналізованого рядка). Оскільки переключення лічильника 25 у новий стан відбувається по передньому фронту тактового імпульсу, а аналіз рядка відбувається і завершується протягом тактового імпульсу, то до моменту появи на виходах логічних аналізаторів результатів аналізу рядка на виході 52 лічильника вже присутній код номера цього рядка, що надходить на інформаційний вхід 53 комутатора 16. На керуючі входи 40₁ - 40_N надходять сигнали з виходів відповідних логічних аналізаторів 15₁ - 15_N, що являють собою результат аналізу елементів рядка зображення, тобто значення функції F приналежності елементів зображення контурові. Як було показано вище, сигналом контурного елемента є імпульс напруги логічної одиниці, що з'являється на виході відповідного логічного аналізатора під час аналізу цього елемента. Так, якщо елемент (i, j) є контурним елементом бінаризованого зображення, то в $(i+1)$ -м такті (під час імпульсу), коли аналізується i -й рядок, на виході аналізатора 15_j з'являється імпульс напруги високого рівня, що показує, що елемент (i, j) є контурним.

При надходженні імпульсів напруги високого рівня з виходу j -го логічного аналізатора 15_j на j -й керуючий вхід 40 комутатора 16, інформаційний вхід 53 комутатора з'єднується з його j -м виходом і присутній на вхід 53 код передається на цей вихід комутатора. Так, якщо елементи (i, k) і $(i, 1)$, що лежать у i -му рядкові, є контурними, то в $(i+1)$ -м такті, коли аналізується i -й рядок, з аналізаторів 15_k і 15₁ імпульси надходять на k -й і 1-й входи комутатора, у результаті чого код числа i (номер аналізованого рядка), який є на виході 52 лічильника 25, надходить на k -й і 1-й входи комутатора 16 і є присутнім там.

З виходів 42₁ - 42_N комутатора 16 сигнали надходять на відповідні входи блоку 17 пам'яті, на керуючий вхід 59 якого надходять затримані тактові імпульси з елемента 28 затримки. По задньому фронту керуючого тактового імпульсу на вхід 59 блок 17 пам'яті сприймає і записує присутній на його входах у цей час код. Так, у $(i+1)$ -м такті коду аналізується i -й рядок, на виходах 42_k і 42₁ комутатора 17 є присутнім код числа i (номер рядка), що по задньому фронту тактового імпульсу на вхід 59 сприймається блоком 17 пам'яті по відповідній k -му і 1-му входах. Блок 17 пам'яті має секційну

організацію і містить по одній секції на кожен стовпець матриці, причому j -й вхід блоку пам'яті є входом j -ої секції. Таким чином, у кожну j -ю секцію блоку пам'яті записуються послідовно в міру аналізу рядків ординати контурних елементів бінаризованого зображення, що лежать у j -м стовпці фото приймальної матриці. У результаті, в блоці пам'яті, виявляється записаним контурне бінаризоване зображення, що представлено у виді матриці координат контурних клітинок, у якій абсциса (координата X) контурної крапки дорівнює номеру секції блоку пам'яті, у яку вона записана (тобто номеру стовпця, у якому лежить ця крапка), а ордината Y дорівнює числу, записаному в даній секції блоку пам'яті (координата Y є номер рядка, у якій лежить дана контурна крапка). Оскільки в процесі зчитування в блоці пам'яті фіксуються координати тільки контурних крапок, то виходить значний стиск інформації.

Цикл зчитування зображення завершується аналізом останнього M -ого рядка фотоприймальної матриці 3 і займає усього $M+2$ тактів з нульового по $(M+1)$ -й, тому що потрібно по одному додатковому такту на перший і M -й рядок, тому що для того, щоб бути проаналізованими, вони повинні бути занесені в тригери 61_2 логічних аналізаторів, на що іде по одному такту (у нульовому такті аналізується фіктивний нульовий рядок матриці, а в тактах M і $M+1$ для занесення M -й рядок в тригери 61_2 "зчитуються" фіктивні $(M+1)$ -й і $(M+2)$ -й рядки). Цикл зчитування формується лічильником 25 імпульсів. Цей лічильник на початку циклу встановлюється у вихідний стан і потім веде рахунок тактових імпульсів; після надходження на його вхід $M+2$ імпульсів (тобто в $(M+1)$ -м такті зчитування з нульового) на його другому виході 54 з'являється напруга високого рівня, що надходить на другий керуючий вхід 55 ключа 24 і закриває його. У результаті проходження тактових імпульсів через ключ 24 припиняється і цикл роботи і зчитування зображення закінчується. Напруга з виходу 54 лічильника надходить також на вихід 35 сигналу "Кінець циклу" пристрою і сигналізує про закінчення циклу обробки зображення.

Як було показано вище, номер фактичного такту роботи пристрою на одиницю більше, ніж число, що є присутнім на виході 52 лічильника 25, тобто під час i -го такту на виході 52 є присутнім число $(i-1)$. Така робота лічильника може бути реалізована різними способами. Може використовуватися циклічний лічильник з попередньою установкою, при цьому на початку циклу лічильник встановлюється в стан на одиницю менше максимального, потім у нульовому такті він переходить у максимальний стан, у першому такті встановлюється в нульовий стан і далі вважає такти так, що його вихідний код на одиницю менше числа відданих імпульсів; у такий спосіб лічильник вважає $(M+1)$ тактів, тобто до стану $(M+1)$, код якого може виділятися логічною схемою (наприклад, АБО), по досягненні якого виробляється сигнал на виході 54 лічильника. Можлива реалізація на лічильнику, який рахує тактові імпульси від 0 до $M+1$, тобто в i -м такті приймає стан i , а його вихідний код (число i) перетворюється в код номера аналізованого ряд-

ка (число і-логічною схемою (наприклад, комбінаційною схемою або програмувальною логічною матрицею).

Оскільки на виході 52 лічильника 25 є присутнім багаторозрядний код, то його вихід 52 і, відповідно, інформаційний вхід 53 комутатора 16, його виходи і входи блоку 17 пам'яті є багаторозрядними, причому розрядність визначається числом рядків у матриці 3 (наприклад, якщо в матриці 256 рядків, то число розрядів дорівнює 8).

Виходячи з опису роботи лічильника 25, його коефіцієнт перерахування дорівнює $M+2$.

Таким чином, після закінчення циклу роботи пристрою, в блоці 17 пам'яті записані координати контурних елементів бінаризованого по заданому порозі зображення, а в матриці 3 зберігається вихідне зображення (у виді розподілу зарядових пакетів по клітинках).

Можливе виконання повторного циклу зчитування того самого зображення (наприклад, зі зміненим порогом бінаризації). Для цього подається імпульс напруги високого рівня на вхід 29 повторного запуску пристрою. Цей імпульс через елемент АБО 20 надходить на вхід 48 початкової установи блоку 11 управління рядковими шинами і підготує його до нового циклу, через елемент АБО 22 попадає на вхід 47 скидання блоку 14 логічних аналізаторів і встановлює тригери 61 аналізаторів $15_1 - 15_N$ у нульовий стан, через елемент АБО 21 попадає на перший керуючий вхід 50 ключа 24 і на вхід початкової установи лічильника 25. При цьому лічильник 25 встановлюється у вихідний стан, а ключ 24 відкривається і пропускає на свій вихід тактові імпульси, під дією яких проходить описаний вище процес паралельно-послідовного зчитування й обробки записаного в матриці 3 зображення.

Поріг бінаризації зображення змінюється за допомогою зміни опорної напруги U_0 на вході 32 пристрою. Вид аналізованої околиці задається напругою на вході 33 пристрою (при напрузі логічного нуля аналізується 8-з'язана околиця 3×3 , а при напрузі логічної одиниці - 4-з'язана околиця 3×3).

Скидання пристрою здійснюється подачею імпульсу на вхід 31 скидання. Цей імпульс надходить на вхід 45 скидання блоку управління рядковими шинами і на керуючий вхід 46 блоку 9 ключів. При цьому з виходів блоку 11 на рядкові шини $7_1 - 7_M$ подається нульова напруга, виходи ключів $9_1 - 9_N$ з'єднуються із шиною 37 нульового потенціалу, так що на стовпцеві шини $8_1 - 8_N$ також подається нульова напруга. У результаті відбувається інжекція в підкладку фотоприймальної матриці 3 утримуються в її клітинках 4-зарядових пакетів елементів зображення і стирання зображення (очищення матриці 3). Тривалість імпульсу повинна перевищувати час інжекції. Крім того, імпульс скидання надходить також через елемент АБО 22 на вхід 47 скидання блоку 14 аналізаторів і скидає тригери 61 у нуль, а також на вхід 44 скидання блоку 17 пам'яті і викликає його скидання (стирання раніше записаної інформації і підготовка до сприйняття нової інформації).

Описана вище робота пристрою пояснюється

тимчасовими діаграмами (Фіг.6). На діаграмі 6а показаний імпульс запуску блоку 18 тривалістю $T_{\text{зат}}$, початок якого (момент t_0) є початком циклу обробки. На діаграмі 6б показаний затриманий імпульс запуску на виході елемента 26 затримки, протягом якого зображення проектується на матрицю (з моменту t_1 до моменту t_2). На діаграмі 6в показаний імпульс, що запускає, на виході елемента затримки, по задньому фронті якого (момент t_3) починається власне зчитування зображення. На діаграмі 6г показані тактові імпульси на виході ключа 24. На діаграмі 6д показана напруга на j -й стовбцевій шині 7_j ; до початку зчитування і під час тактових імпульсів на шині присутня опорна напруга $U_{\text{оп}}$, під час паузи між імпульсами на шині, що у цей час є що плаває, установлюється напруга, обумовлене яскравістю елемента зображення, що зчитується, $U_{\text{еп.ij}}$; рівень напруги, що задає поріг бінаризації, показаний пунктирною лінією. На діаграмах 6е показані сигнали на рядкових шинах фотоприймальної матриці, які подаються з виходів блоку управління рядковими шинами; під час паузи такту, у якому зчитується даний рядок, на шині присутня нульова напруга, а в інший час - напруга збереження $U_{\text{зб}}$. На діаграмі 6ж показані вхідні імпульси j -го компаратора 15 $_j$; імпульси на виході компаратора з'являються, коли під час зчитування відповідного елемента зображення (клітинки матриці 3) напруга $U_{\text{еп.ij}}$ виявляється менше опорного U_0 (тобто амплітуда імпульсу U_{ij} у перевищує граничний рівень $U_{\text{оп}} - U_0$). На діаграмі 6з, показаний сигнал "Кінець циклу" на виході лічильника 25, що представляє собою імпульс напруги високого рівня.

Полярність робочих напруг фотоелектричного перетворювача (матриці 3) визначається типом провідності підкладки матриці. Так, якщо підкладка матриці 3 має провідність n -типу, то робочі напруги (напруга збереження $U_{\text{зб}}$, і опорна напруга $U_{\text{оп}}$) мають негативну полярність, а при використанні підкладки p -типу робочі напруги мають позитивну полярність (на Фіг.6 показані тимчасові діаграми напруг позитивної полярності, тобто для підкладки p -типу провідності). Інші напруги мають полярність, обумовлену типом використовуваної елементної бази.

У пропонованому пристрої фотоелектричний перетворювач, (матриця) працює при нульовому зсуві на підкладці (при зчитуванні і при записі зображення відповідні шини знаходяться під нульовою напругою за рахунок з'єднання із шиною 37 нульового потенціалу). Це приводить до значного впливу на якість роботи геометричного шуму (наслідок неоднорідного темного струму по площі матриці) і зниженню чутливості матриці і точності пристроїв. Для зменшення впливу геометричного шуму на підкладку необхідно подати деякий постійний зсув $U_{\text{пз.}}$, завдяки якому у фоточуттєві осередки матриці вводиться невеликий фоновий заряд, що постійно є присутнім у них. Фоновий заряд вирівнює темновий струм, насичує поверхневі стани (пастки напівпровідникової пластини) і за рахунок цього істотно поліпшує параметри пристрою. При роботі з ненульовим зсувом $U_{\text{зс.}}$ напруга на матриці змінюється не до нуля, а тільки до $U_{\text{зс.}}$. Зсув на матрицю можна організувати різними методами, наприклад, подати його на шину 37 замість нульового потенціалу.

Можливі різні варіанти конструктивного виконання матриці фотоелектричного перетворювача. Так, у кожному фоточутливому осередкові один або обидва МДН-конденсатори 5 і 6 можуть мати прозорий електрод, фоточуттєвою областю якого може бути також сам напівпровідник клітинки. Можливе використання покриття із пропущенням визначеної довжини хвилі світла, що забезпечує спектральну селективність матриці. Крок матриці і розмір фоточуттєвої клітинки складає величину порядку 20-50мкм, що дозволяє одержати роздільну здатність до 40-50лін/мм. Пристрій може бути реалізований на існуючій елементній базі. Блок 1 проєціювання зображення представляє собою оптичну систему (об'єктив). Оптичний затвор 2 може бути механічним або електрооптичним (наприклад, рідкокристалічним, дефлекторним і ін.). Керовані ключі 10 є електронними і можуть бути виконані на польових транзисторах, що забезпечують достатню швидкість і дуже високий опір, необхідне для створення режиму стовбцевих шин, що плавають, керований ключ може бути побудований на основі транзисторних комутаторів і керованого мультиплексора.

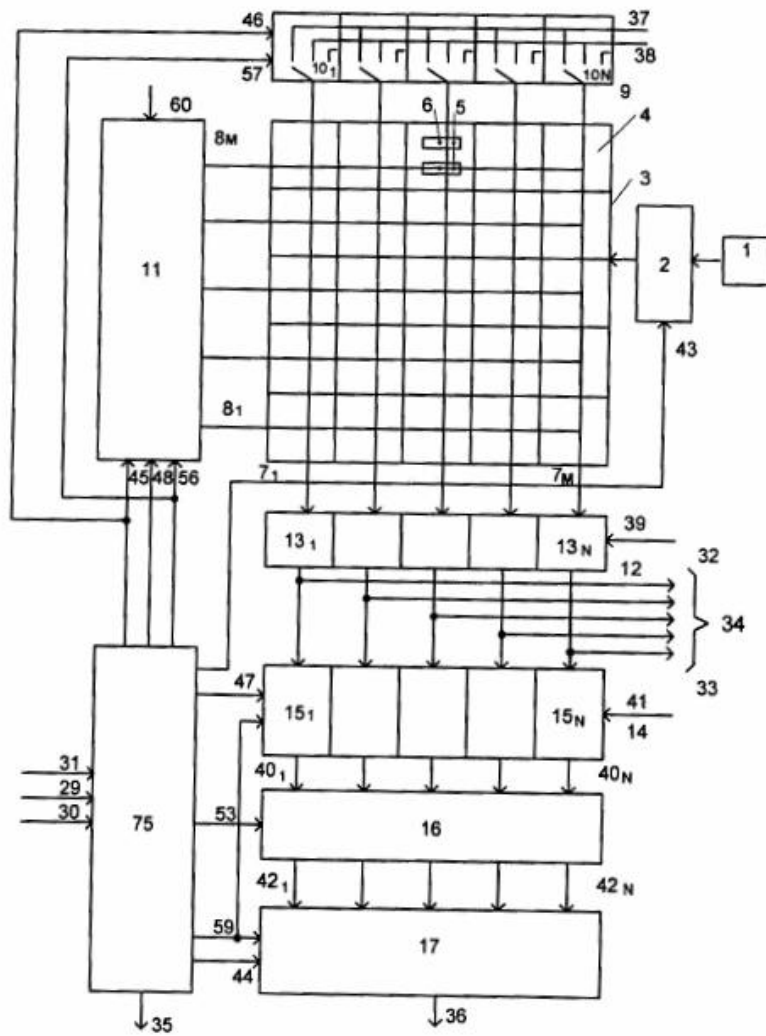
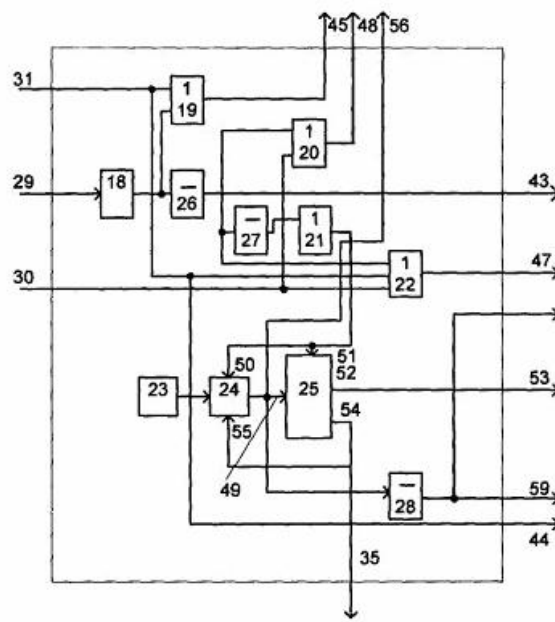
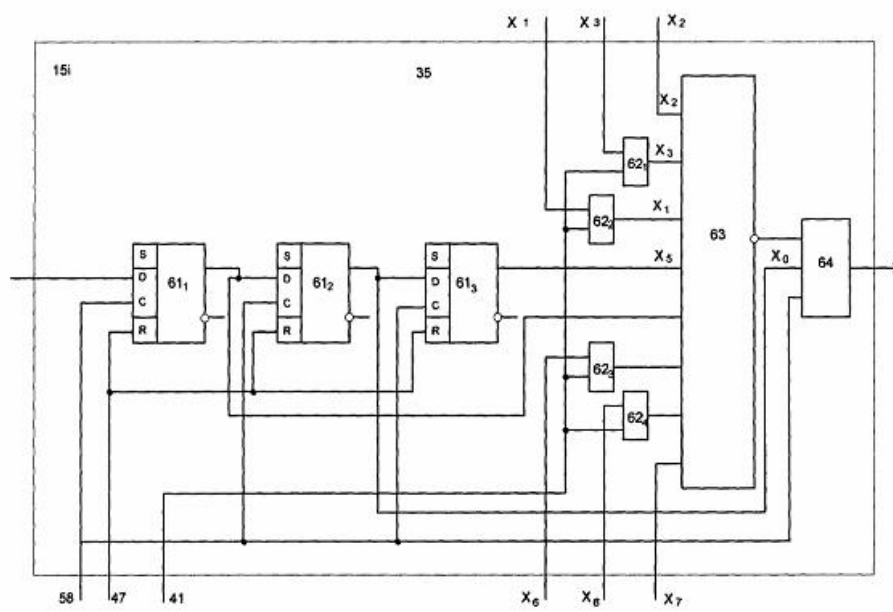


Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

X_1	X_2	X_3
X_4	X_0	X_5
X_6	X_7	X_8

Fig. 4

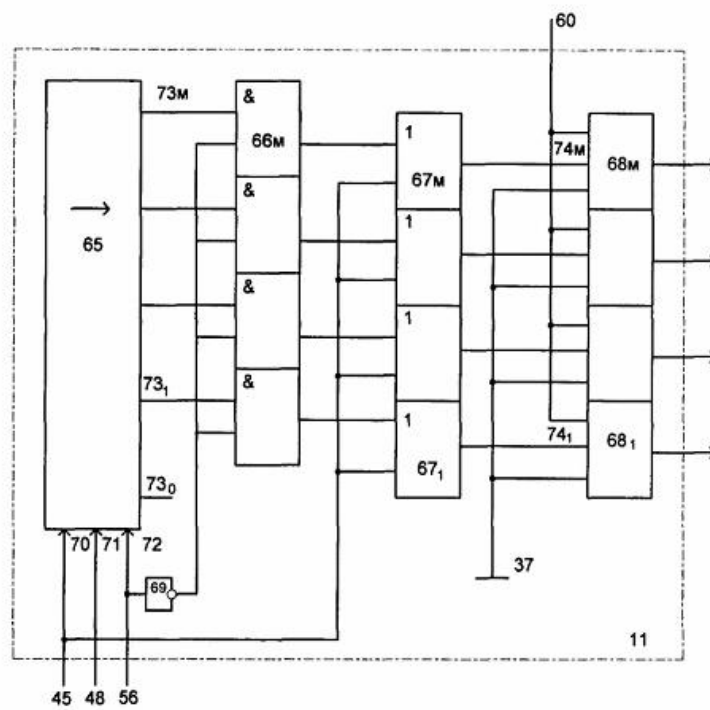
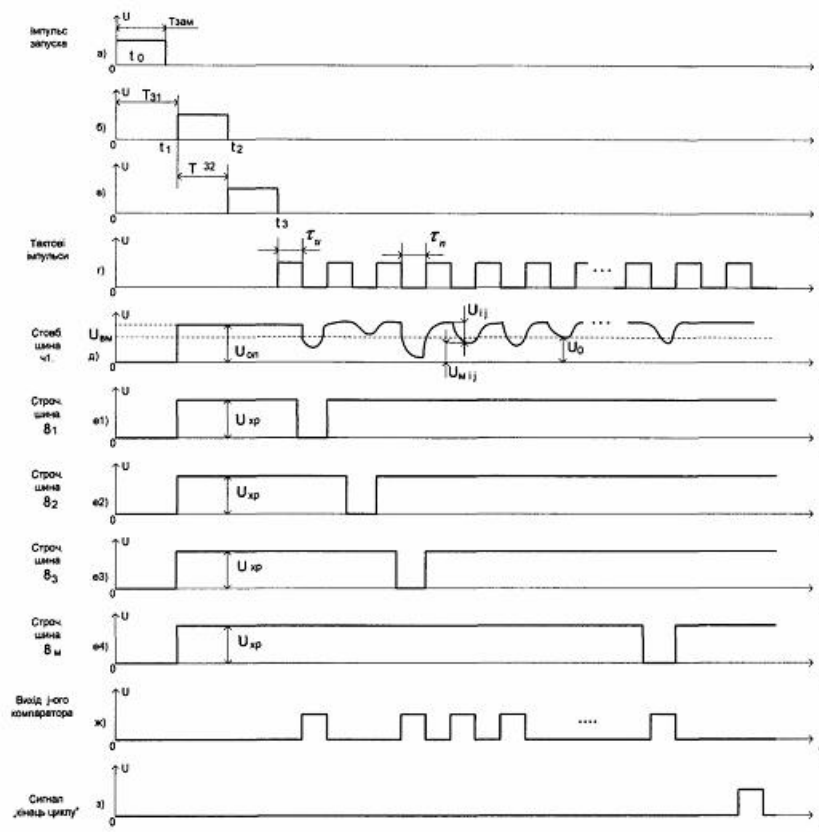


Fig. 5



Фіг. 6