

Винахід відноситься до імпульсної техніки і може бути використаний в різних пристроях автоматики й обчислювальної техніки.

Аналогом даною пристрою є оптоелектронний модуль [Авторское свидетельство СССР №957437, кл. МПК<sub>7</sub> Н 03 К 23/12, 06.02.81], який містить в кожному і-му розряді джерело світла, транзистор, перший фотоприймач, другий та третій фотоприймачі в послідовному включенні, перші виводи яких підключені до бази транзистора, колектор якого через джерело світла з'єднаний з шиною джерела живлення, а емітер - з загальною шиною, джерело світла попереднього розряду пов'язано з другим фотоприймачем послідуочого розряду, джерело світла якого пов'язане з третім фотоприймачем попереднього розряду, джерело світла кожного розряду пов'язане з першим фотоприймачем того ж розряду, уведені рахунковий тригер, перемикач і у кожний розряд четвертий фотоприймач, причому вихід генератора імпульсів з'єднаний з рахунковим входом тригера, прямий вихід якого приєднано до перемикаючого контакту першої групи перемикачів, а інверсний - до перемикаючого контакту другої групи перемикача, другий вивід другого фотоприймача і-го розряду приєднано до другого виводу першого фотоприймача і-го розряду, до другого виводу першого фотоприймача і+1-го розряду і до розмикаючого контакту першої групи перемикача, другий вивід другого фотоприймача і+1-го розряду приєднано до другого виводу першого фотоприймача і-го розряду, до другого виводу першого фотоприймача і+2-го розряду і до роз'єднуючого контакту другої групи перемикача, другий вивід третього фотоприймача і-го розряду приєднано до другого виводу четвертого фотоприймача і+1-го розряду і до замикаючого контакту другої групи перемикача, перший вивід четвертого фотоприймача і-го розряду приєднано до бази транзистора, другий вивід третього фотоприймача і+1-го розряду приєднано до другого виводу четвертого фотоприймача і-го розряду, до другого виводу четвертого фотоприймача і+2-го розряду і до розмикаючого контакту першої групи перемикача, а джерело світла кожного розряду зв'язано з четвертим фотоприймачем того ж самого розряду.

Недоліками аналога є: низька надійність, різномірність елементної бази, а також граничні функціональні можливості, так як неможливі режими запису та зсуву будь-якої інформації.

Прототипом являється оптоелектронний модуль [Авторское свидетельство СССР №947973, кл. МПК<sub>7</sub> Н 03 К 23/12, 06.02.81], який містить в кожному розряді регенеративний оптрон у вхідному і кожному рахунковому розрядах розрядної лінійки, що ввімкнено між першою шиною-живлення і загальною шиною, що складається з джерела світла, підсилювача, першого фотоприймача, котрий ввімкнено між входом підсилювача та першою вхідною оптичною шиною живлення та оптично зв'язаний з додатковим джерелом світла, другого та третього фотоприймачів, загальні виводи яких підключені до виходу підсилювача, а другі виводи відповідно до першої та другої електричних вхідних шин керування, причому другий фотоприймач пов'язаний з джерелом світла попереднього розряду, а третій фотоприймач - з джерелом світла наступного розряду, другу шину живлення, третю електричну вхідну шину, додаткове джерело світла, оптоелектронний ключ, перший та другий перемикачі та додатковий регенеративний оптрон, в колекторний ланцюг транзистора підсилювача якого ввімкнене джерело світла, база транзистора підсилювача через перший фотоприймач приєднана до першої шини живлення, через третій фотоприймач - до другої шини живлення, через другий фотоприймач, який зв'язаний з додатковим джерелом світла - третьою електричною вхідною шиною, яка підключена до рухомого контакту першого перемикача, перший нерухомий контакт якого з'єднано з першою електричною вхідною шиною та з першим нерухомим контактом другого перемикача, а другий нерухомий контакт - з другою електричною вхідною шиною і з другим нерухомим контактом другого перемикача, джерело світла додаткового регенеративного оптрона оптично пов'язане з його третім фотоприймачем та з фотоприймачем оптоелектронного ключа, перші виводи резистора навантаження та фотоприймача якого приєднані до другої шини живлення, другий вивід фотоприймача оптоелектронного ключа приєднано через резистор до загальної шини та безпосередньо до бази транзистора оптоелектронного ключа, емітер якого приєднано до загальної шини, а колектор - до другого виводу резистора навантаження та до рухомого контакту другого перемикача, а додаткове джерело світла підключено між першою шиною живлення та загальною шиною.

Недоліками прототипу є те, що даний пристрій характеризується недостатньо високою швидкістю, а також низькою контролездатністю як у режимі запису так і в режимі збереження інформації.

В основу винаходу поставлена задача створення оптоелектронного модуля: підвищеною швидкістю є підвищення швидкості за рахунок забезпечення переходу до одично-позиційного ходу після закінчення режиму запису на початку режиму збереження, а також забезпечення контролездатності як у режимі запису, так і в режимі збереження інформації.

Поставлена задача досягається тим, що в оптоелектронний модуль, який містить друге додаткове джерело світла, вузол контролю, тактовний рахунковий тригер, тактовний RS-тригер, перший, другий і третій додаткові фотоприймачі, шина встановлення у вихідний стан, перша і друга оптичні шини, додатковий резистор і в кожен розряд - перший діод, перший вивід якого підключений до шини установки у вихідний стан, а другий - до бази транзистора, у додатковий регенеративний оптрон уведені додаткові: резистор, діод і світлодіод, перша шина живлення через додатковий резистор додаткового регенеративного оптрона підключена до перших виводів додаткового діода і додаткового світлодіода додаткового регенеративного оптрона, другі виводи яких підключені відповідно до колектора транзистора додаткового регенеративного оптрона і до загальної шини, емітер транзистора тактовного рахункового тригера підключений до загальної шини, колектор через джерело світла тактовного рахункового тригера - до першої шини живлення, що через резистор тактовного рахункового тригера підключена до перших виводів першого діода і світлодіода тактовного рахункового тригера, другі висновки яких підключені до колектора транзистора тактовного рахункового тригера і до загальної шини відповідно, база транзистора тактовного рахункового тригера підключена до перших виводів другого діода, першого, другого і третього фотоприймачів тактовного рахункового тригера, другі виводи яких підключені відповідно до шини установки у вихідний стан, до першої шини живлення і другій шині живлення, емітер транзистора тактовного RS-тригера підключений до загальної шини, колектор через джерело світла тактовного RS-тригера до першої шини живлення, що через резистор тактовного RS-тригера підключена до перших виводів першого діода і світлодіода тактовного RS-тригера,

другі виводи яких підключені відповідно до колектора транзистора тактовного RS-тригера і до загальної шини, база транзистора тактовного RS-тригера підключена до першого виводу другого діода, першого, другого і третього фотоприймачів тактовного RS-тригера, другий вивід який підключений відповідно до шини встановлення у вихідний стан, до першої шини живлення і до другої шини живлення, вихід джерела світла тактовного рахункового тригера оптично зв'язаний із входом першого і з першим входом третього фотоприймачів тактовного рахункового тригера, вихід джерела світла тактовного RS-тригера оптично зв'язаний із входом першого і з першим входом третього фотоприймача тактовного RS-тригера, емітер транзистора вузла контролю підключений до загальної шини, колектор через джерело світла вузла контролю - до першої шини живлення, база - до перших виводів першого, другого, третього і четвертого діодів вузла контролю і через перший фотоприймач вузла контролю до першої шини живлення, джерело світла вузла контролю оптично зв'язаний з першим фотоприймачем вузла контролю, другий вивід першого діода вузла контролю підключений до шини встановлення вихідного стану, другий висновок другого діода вузла контролю, підключений до перших виводів другого, третього, четвертого і п'ятого фотоприймачів вузла контролю, другий вивід третього діода вузла контролю підключений до перших виводів шостого, сьомого, восьмого і дев'ятого фотоприймачів вузла контролю, другий вивід четвертого діода вузла контролю підключений до перших виводів десятого й одинадцятого фотоприймачів вузла контролю, другі виводи парних фотоприймачів вузла контролю підключені до першої шини живлення, другі виводи непарних фотоприймачів підключені до другої шини живлення, що переключає контакт першого перемикача підключений до першого виводу першого додаткового фотоприймача і через додатковий резистор - до електричної вхідної шини, другий вивід першого додаткового фотоприймача підключений до загальної шини, до якої підключений перший вивід другого додаткового фотоприймача, другий вивід якого підключений до перемикаючого контакту другого перемикача і через третій додатковий фотоприймач - до другої шини живлення, що замикає контакт першого перемикача приєднаний до контакту другого перемикача, що розмикає, замикаючий контакт якого підключений до розмикаючого контакту першого перемикача, вихід джерела світла додаткового регенеративного оптрона є прямим виходом додаткового регенеративного оптрона й оптично зв'язаний з першим входом десятого фотоприймача вузла контролю, вихід додаткового світлодіода додаткового регенеративного оптрона є інверсним виходом додаткового регенеративного оптрона й оптично зв'язаний із другим входом десятого фотоприймача вузла контролю, з першим входом третього додаткового фотоприймача, з першим входом другого і другим входом третіх фотоприймачів тактовного RS-тригера, вихід джерела світла тактовного рахункового тригера є прямим виходом тактовного рахункового тригера й оптично зв'язаний із другим входом другого фотоприймача тактовного RS-тригера і з першими входами четвертого і дев'ятого фотоприймачів вузла контролю, вихід світлодіода тактовного рахункового тригера є інверсним виходом тактовного тригера й оптично зв'язаний з першим входом другого фотоприймача тактовного рахункового тригера й оптично зв'язаний з першим входом другого фотоприймача тактовного рахункового тригера і з третім входом третього фотоприймача тактовного RS-тригера, з першим входом п'ятого і восьмого фотоприймачів вузла контролю, вихід джерела світла тактовного RS-тригера є прямим виходом тактовного RS-тригера й оптично зв'язаний із другими входами четвертого і дев'ятого фотоприймачів вузла контролю, вихід світлодіода тактовного RS-тригера є інверсним виходом тактовного RS-тригера й оптично зв'язаний із другими входами п'ятого і восьмого фотоприймачів вузла контролю, джерела світла вхідного розряду і всіх парних розрядів оптично зв'язані за допомогою першої оптичної шини з входом другого фотоприймача, входом сьомого фотоприймача, першим входом одинадцятого фотоприймача вузла контролю, джерела світла всіх непарних розрядів оптично зв'язані по засобом другої оптичної шини з третім фотоприймачем, шостим фотоприймачем і другим входом одинадцятого фотоприймача вузла контролю, перше додаткове джерело світла включене між вхідною електричною шиною і загальною шиною в прямому напрямку його світлодіода, друге додаткове джерело світла включене між вхідною електричною шиною і першою шиною живлення в зворотному напрямку його світлодіода, вихід першого додаткового джерела світла оптично зв'язаний із другим входом першого фотоприймача додаткового регенеративного оптрона і з другими входами другого і третього фотоприймачів тактовного рахункового тригера, вихід другого додаткового джерела світла - із другим входом третього додаткового, фотоприймача, вихід джерела світла вузла контролю оптично зв'язаний із входами першого і другого додаткових фотоприймачів.

На Фіг.1 представлена принципова схема оптоелектронного модуля; на Фіг.2-4 - часові діаграми роботи пристрою в різних режимах і для різних типів помилок.

Оптоелектронний модуль (Фіг.1) містить регенеративний оптрон 1 у кожному рахунковому розряді 2.1, 2.2, 2.3 і вхідному розряді 2.4 розрядної лінійки 3, додатковий регенеративний оптрон 4, вхідну електричну шину 5, першу і другу електричні шини 6 і 7 керування, перший і другий перемикачі 8 і 9, перше додаткове джерело 10 світла, першу і другу шини 11 і 12 живлення, у регенеративному оптроні 1 кожного розряду 2.1, 2.2, 2.3 і вхідному розряді 2.4 - транзистор 13, загальну шину 14 пристрою, джерело 15 світла, перший фотоприймач 16, другий і третій фотоприймачі 17 і 18, вхідну оптичну шину 19, транзистор 20 додаткового регенеративного оптрона 4, джерело 21 світла додаткового регенеративного оптрона 4, перший і другий фотоприймачі 22 і 23 додаткового регенеративного оптрона 4, перший вхід 24 першого фотоприймача 22 додаткового регенеративного оптрона 4, вхід 25 другого фотоприймача 23 додаткового регенеративного оптрона 4, вихід 26 першого додаткового джерела 10 світла, що замикає контакт 27 першого перемикача 8, що замикає контакт 28 другого перемикача 9, друге додаткове джерело 29 світла, вузол 30 контролю, тактовний рахунковий тригер 31, тактовний RS-тригер 32, перший - третій додаткові фотоприймачі 33.1 - 33.3, шину 34 встановлення у вихідний стан, першу і другу оптичні шини 35 і 36, додатковий резистор 37, у кожному розряді 2.1-2.4 - перший діод 38, додатковий резистор 39, додатковий діод 40, додатковий світлодіод 41 додаткового регенеративного оптрона 4, транзистор 42 тактовного рахункового тригера 31, джерело 43 світла, резистор 44, перший діод 45, світлодіод 46, другий діод 47, перший - третій фотоприймачі 48-50 тактовного рахункового тригера 31, у тактовному RS-тригері 32 - транзистор 51, джерело 52 світла, резистор 53, перший діод 54, світлодіод 55, другий діод 56, перший-третій фотоприймачі 57-59 тактовного RS-тригера 32, вхід 60 першого фотоприймача 48 тактовного рахункового тригера 31, перший вхід 61 третього фотоприймача 50 тактовного рахункового

тригера 31, вхід 62 першого фотоприймача 57 тактового RS-тригера 32, перший вхід 63 третього фотоприймача 59 тактового RS-тригера 32, у вузлі 30 контролю - транзистор 64, джерело 65 світла, перший - четвертий діоди 66-69, перший - одинадцятий фотоприймачі 70-80 вузла 30 контролю, що переключають контакти 81 і 82 першого і другого перемикачів 8 і 9 відповідно, що розмикають контакти 83 і 84 відповідно другого і першого перемикачів 9 і 8, прямий вихід 85 додаткового регенеративного оптрона 4, перший вхід 86 десятого фотоприймача 79 вузла 30 контролю, інверсний вихід 87 додаткового регенеративного оптрона 4, другий вхід 88 десятого фотоприймача 79 вузла 30 контролю, перший вхід 89 третього додаткового фотоприймача 33.3, перший вхід 90 другого фотоприймача 58 тактового RS-тригера 32, другий вхід 91 третього фотоприймача 59 тактового RS-тригера 32, прямий вихід 92 тактового рахункового тригера 31, другий вхід 93 другого фотоприймача 58 тактового RS-тригера 32, перший вхід 94 четвертого фотоприймача 71 вузла 30 контролю, перший вхід 95 дев'ятого фотоприймача 78, інверсний вихід 96 тактового рахункового тригера 31, перший вхід 97 другого фотоприймача 49, третій вхід 98 третього фотоприймача 59 тактового RS-тригера 32, перший вхід 99 п'ятого фотоприймача 74 вузла 30 контролю, перший вхід 100 восьмого фотоприймача 75 вузла 30 контролю, прямий вихід 101 тактового RS-тригера 32, другий вхід 102 четвертого фотоприймача 71 вузла 30 контролю, другий вхід 103 дев'ятого фотоприймача 78 вузла 30 контролю, інверсний вихід 104 тактового RS-тригера 32, другий вхід 105 п'ятого фотоприймача 74 вузла 30 контролю, другий вхід 106 восьмого фотоприймача 75, вхід 107 другого фотоприймача 72 вузла 30 контролю, вхід 108 сьомого фотоприймача 77 вузла 30 контролю, перший вхід 109 і другий вхід 110 одинадцятим фотоприймача 30, другий вхід 111 першого фотоприймача 22 додаткового регенеративного оптрона 4, вихід 112 другого додаткового джерела 29 світла.

До складу джерел 21, 43 і 52 світла поряд зі світлодіодами 113 можуть входити обмежувальні резистори 114, а до складу джерел 10 і 29 світла поряд зі світлодіодами 115 і 116 можуть входити обмежувальні резистори 117 і 118 відповідно, другий і третій фотоприймачі 49 і 50 тактового рахункового тригера 31 мають другі входи 119 і 120 відповідно, джерело 65 світла вузла 30 контролю має вихід 121, перший і другий додаткові фотоприймачі 33.1 і 33.2 мають входи 122 і 123 відповідно, третій додатковий фотоприймач 33.3 має другий вхід 124, фотоприймачі 75-78 утворюють перше плече, фотоприймачі 71-74 - друге плече, - фотоприймачі 79, 80 - третє плече вузла 30 контролю.

Всі оптичні зв'язки можна реалізувати на основі волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ). Фотоприймачі 22,49,50,58,63,71,74,75,78, що виконують функцію І, можуть бути реалізовані або вибором граничної чутливості фотоприймача, або шляхом включення послідовно двох, трьох (фотоприймача 59) фотоприймачів з одним оптичним входом кожний. Фотоприймачі 33.3, 79 і 80, що реалізують ЧИ функцію, можуть бути реалізовані на основі одновхідного фотоприймача шляхом введення додаткового оптичного входу, тобто чутливість фотоприймача залишається колишньою, а число інформаційних входів збільшується і він збуджується від кожного зі світлових потоків, що прийшли на фотоприймач або шляхом приєднання додатково фотоприймача з одним входом паралельно базовому фотоприймачу (типу фотоприймача 16 з одним входом).

Пристрій працює в такий спосіб. Для готовності оптоелектронного модуля до запису інформації на шини 11 і 12 подається позитивна і негативна напруга живлення, на вхідну оптичну шину 19 подається світловий потік тривалістю т, достатній для порушення вхідного розряду.

У режимі "Додавання" перший перемикач 8 переводиться в праве положення, при цьому замикаються контакти 81 і 84, а другий перемикач 9 переводиться в ліве положення, при цьому замикаються контакти 82 і 83. На вхідну шину 5 подаються імпульси позитивної полярності, що надходять через резистор 37 і перший перемикач 8 на шину 6. При подачі світлового потоку на вході другого фотоприймача 17 (i-1)-го розряду й імпульсу позитивної полярності на шину 6 у збуджений стан переходить (i-1)-й розряд. При подачі чергових імпульсів позитивної полярності на шину 5 послідовно збуджуються i-й, (i+1)-й і т.д розряди.

У режимі "Віднімання" після запису в оптоелектронний модуль зменшуваного числа перемикач 8 переводиться в ліве положення, при цьому замикаються, контакти 27 і 81, а перемикач 9 переводиться в праве положення, при цьому замикаються контакти 28 і 82. На шину 5 подаються імпульси позитивної полярності, які через перемикач 8 надходять на шину 7. Якщо був збуджений (i+1)-й розряд, то світловий потік надходить на вхід третього фотоприймача 18 i-го розряду і при наявності імпульсів позитивної полярності збуджується 1-й розряд. При подачі чергових імпульсів позитивної полярності послідовно збуджуються (i-1)-й (i-2)-й і т.д. розряди.

Резистори 114 і 39 (також як резистори 114 і 44, 114 і 53) вибираються зі співвідношень

$$R_{114} \geq \frac{U_{жив} - U_{F1} - U_{k7}}{I_{F1}} ;$$

$$R_{39} \geq \frac{U_{жив} - U_{F2}}{I_{F2}} ;$$

$$I_{k \max} \geq I_{F1} + \frac{U_{жив} - U_{F7} - U_{д}}{R_{39}} ;$$

де  $U_{k7}$  - напруга колектор - емітер відкритого транзистора 20 (42, 51);

$R_{114}$  - номінал резистора 114;

$R_{39}$  - номінал резистора 39 (44,53);

$U_{F1}$  - напруга запалювання світлодіода 113;

$U_{F2}$  - напруга запалювання світлодіода 41 (46,55);

$I_{F1}$  - струм світлодіода 113;

$I_{F2}$  - струм світлодіода 41 (46,55);

$I_{д}$  - пряме спадання напруги діода 40 (45,54);

$I_{k \max}$  - гранично припустиме значення струму транзистора 20 (42,51).

Третій 117 і четвертий 118 резистори вибираються зі співвідношення

$$R_{117} \geq \frac{U^1}{I_{F115}}$$

$$R_{118} \geq \frac{U_{\text{жив}} - U^0}{I_{F116}}$$

де  $R_{117}$  - номінал резистора 117;

$R_{118}$  - номінал резистора 118;

$U^1$  - напруга "1";

$U^0$  - напруга "0";

$I_{F115}$  - струм світлодіода 115;

$I_{F116}$  - струм світлодіода 116.

Додатковий резистор 37 вибирається зі співвідношення:

$$R_{37} \leq \frac{U^1 - U^0}{I_{17} \cdot n + I_{33.1}}$$

де  $U^1$  - напруга "1";

$U^0$  - напруга "0";

$I_{17}$  - струм фотоприймача 17;

$n$  - число розрядів розрядної лінійки 1;

$I_{33.1}$  - струм першого додаткового фотоприймача 33.1.

Нехай у збудженому стані знаходиться світлодіод 113, тоді через перший резистор 114 протікає струм  $I_{F113} > I_{\text{пор}}$  і із (де  $I_{\text{пор} 113}$  - граничний струм світлодіода 113), транзистор 20 (42,51) відкритий і через відкритий діод 40 (45,54) протікає струм резистора ,39 (44,53). Напруга  $U_{k7} + U_d < U_{F 41(46.55)}$  і світлодіод 4 (46,55) не збуджений ( $U_{k7}$ ) відкритого транзистора 41 (46, 55) - десять частки вольт,  $U_d$  - пряме спадання напруги діода,  $U_{F 41(46.55)}$  - напруга запалювання світлодіода 4. При запиранні транзистора 20 (42, 51) напруга, підвищується, діод 40 (45,54) також закривається, і світлодіод 113 гаситься, а через резистор 39 (44,53), світлодіод 41 (46,55) протікає струм  $U_{F 41(46.55)} > U_{\text{пор} 41(46.55)}$  (де  $U_{\text{пор} 41(46.55)}$  - граничний струм світлодіода 41 (46,55)). Струм через резистор 39 (44,53) у першому випадку перевищує струм у другому випадку. Таким чином, якщо збуджений один світлодіод, то інший обнуляється і навпаки.

При наявності світлового потоку на вході 25 фотоприймача 23 додаткового регенеративного оптрона (ДРО) відкривається транзистор 20 і збуджується світлодіод 113, потім збуджується його фотоприймач 22 (він необхідний для зменшення часу включення регенеративного оптрона. При зникненні світлового потоку на вході 25 другого фотоприймача 23 і на вході 111 фотоприймача 22 транзистор 20 додаткового регенеративного оптрона 4 виключається, зникає світловий потік на прямому виході 25 і виникає світловий потік на інверсному виході 87 додаткового регенеративного оптрона 4.

Тактовий рахунковий тригер 31 працює в такий спосіб. Нехай у збудженому стані знаходиться другий світлодіод 46 і на входах 119 і 120 фотоприймачів 49 і 50 немає світлового потоку з виходу 26 першого додаткового джерела 10 світла. З приходом світлового потоку на ці входи збуджується фотоприймач 49 і починає відкриватися транзистор 42, збуджується перший світловипрмінювач 113, що збуджує фотоприймач 48, світлодіод 46 відключається і переводить у не збуджений стан фотоприймач 49, тому що на його вході 97 відсутній світловий потік з виходу світлодіода 46. Якщо світловий потік з виходу 26 першого додаткового джерела 10 світла припиниться, рахунковий тригер 31 залишиться в одиничному стані, якщо ж він продовжує бути присутнім, то збуджується фотоприймач 50, транзистор 42 починає закриватися, світлодіод 113 переходить у не збуджений стан, світлодіод 46 збуджується, фотоприймач 50 переходить у не збуджений стан, тому що на його вході 61 відсутній світловий потік з виходу світлодіода 113. Подальша його робота аналогічна.

RS-тригер працює в такий спосіб.

При відсутності світлового потоку з інверсного виходу 87 додаткового регенеративного оптрона 4 на входах 90 і 91 фотоприймачів 58 і 59 тригер залишається в колишньому стані (тобто якщо був збуджений, залишається в збудженому стані, якщо був у нульовому - залишається в нульовому стані). З приходом світлового потоку з інверсного виходу 87 додаткового регенеративного оптрона 4 RS-тригер у залежності від того, який світловий потік із прямого чи інверсного виходів 92 і 96 надходить з рахункового тригера 31, переводиться в одиничний чи нульовий стан відповідно.

Позначимо час збудження й установки в нуль тригерів 31 і 32 і додаткового регенеративного оптрона 4- $\tau$ , час порушення регенеративного оптрона 1 розрядної лінійки 3- $\tau$ .

Час установки в нуль регенеративних оптронів розрядної лінійки 3 знаходиться в межах від 1,5 $\tau$  до 2 $\tau$ .

Тривалість вхідних імпульсів -  $\tau_0$ , тривалість паузи -  $\tau_n$ , час переключення додаткового регенеративного оптрона 4 -  $\tau_{д.р.о.4}$ , час переключення рахункового тригера  $\tau_{ст.31}$  час переключення RS-тригера -  $\tau_{RS32}$  і  $\tau_{д.р.о.4} = \tau_{ст.31} = \tau_{RS32} = \tau$ .

У залежності від тривалості паузи можливі три режими роботи.

А. При  $t$  паузи  $< \tau$  - одинично-нормальний код (шторочний).

Б. При  $t$  паузи  $= \tau$  - двійково-позиційний код (увесь час порушені 2 поруч розташованих розряда під час запису).

В. При  $t$  паузи  $> \tau$  - одинично-позиційний код (маркерний).

Позначимо сигнал на вході електричної вхідної шини 5 Y. Сигнал на виході 26 першого додаткового джерела 10 світла позначимо Y1, на виході 112 другого додаткового джерела 21 світла - Y2. Сигнали прямого й інверсного виходів 85 і 87 додаткового регенеративного оптрона 4 позначимо L і  $\bar{L}$  відповідно. Сигнали на

прямому й інверсному виходах 92 і 96 рахункового тригера 31 позначимо  $G$  і  $\bar{G}$ . Сигнали на прямому й інверсному виходах 101 і 104 тактовного RS-тригера 32 позначимо  $Q$  і  $\bar{Q}$ . Сигнал на виході вузла 30 контролю позначимо  $Z$ . Сигнал на виході першої оптичної шини 35  $H1$ , на виході другої оптичної шини 36 -  $H2$ .

Тоді формули функціонування зазначених вузлів мають вид;

для першого додаткового джерела 10 світла.

$$Y1=Y,$$

для другого додаткового джерела 29 світла,

$$Y2=\bar{Y},$$

для додаткового регенеративного оптрона 4

$$L^{n+1}=Y1;$$

для рахункового тригера 31

$$G^{n+1} = Y1 \cdot \bar{G}^n \cdot V \bar{Y}1 G^n;$$

для тактованого RS-тригера 32

$$Q^{n+1} = LQ^n \bar{L}G;$$

для вузла 30 контролю

$$Z = \begin{cases} 0, \text{ якщо } (H1 + GQ) - (H2 + \bar{G}\bar{Q}) = 0 \\ (L + \bar{L}) - (H1 + H2) \leq 0 \\ 1, \text{ якщо } (H1 + GQ) - (H2 + \bar{G}\bar{Q}) \geq 1 \end{cases}$$

чи

$$(L + \bar{L}) - (H1 + H2) = 1$$

Фізичний зміст виразу  $L^{n+1}=Y1$  - стан додаткового регенеративного оптрона 4 у момент часу  $n+\tau$  визначається значенням вхідного сигналу  $Y1$  у момент часу  $n$ .

Фізичний зміст виразу  $H1$  - це сумарний світловий потік нульового і парного розрядів, а  $H2$  - сумарний світловий потік непарних розрядів розрядної лінійки 3.

$$H1=0p+2p+4p+6p+8p,$$

$$H2=1p+3p+5p+7p+9p;$$

$Kp$  -  $k$ -й розряд.

Розряди	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H1	H2
Режим А												
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1
3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2
4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	3	2
5	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	3	3
Режим Б												
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Режим В												
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

Таким чином, для модуля, що має десять розрядів,  $H1$  і  $H2$  можуть приймати значення від 0 до 5.

При порушенні цієї умови чи умови  $H1+H2=0$  вузол 30 контролю переходить у збуджений стан і оптичний сигнал з його виходу 121 збуджує додаткові фотоприймачі 33.1 і 33.2, у результаті чого на контактах 81 і 82 першого і другого перемикачів 8 і 9 буде потенціал, близький до нуля, а це значить, що в регенеративні оптрони 1 розрядної лінійки 3 запис інформації не виробляється. Для подальшої роботи необхідно подати на шину 34 установки у вихідний стан низький потенціал, зануляючи тригери 31 і 32, вузол 30 контролю, розряди 2.1, 2.2, 2.3, і збудити вхідний розряд 2.4 розрядної лінійки 3. Оптоелектронний модуль готовий до роботи.

У режимі "Додавання" на початку в збудженому стані знаходяться нульовий розряд 2.4 розрядної лінійки 3, друге додаткове джерело 29 світла, інверсні виходи 96 і 104 рахункового тригера 31 і RS-тригера 32. Тоді збуджений третій додатковий фотоприймач 33.3, тому що на його входах 89 і 124 присутні світлові потоки, і високий негативний потенціал присутній на шині 7.

Розглянемо режим А ( $t_n < \tau$ ) (Фіг.2а). У нульовий момент часу і всі тригери встановлені в нульовий стан і збуджений вхідний розряд 2.4. Тому  $H1=1$ , тому що нульовий розряд збуджений,  $H2=0$  (жоден непарний розряд не збуджений) і  $f_1=1+0.0=1$ ,  $f_2=0+1.1=1$ , тобто в першому плечі вузла 30 контролю збуджений фотоприймач 77 ( $H1=1$ ) і приймач 75 ( $\bar{G}$  і  $\bar{Q}=1$ ), у другому плечі збуджений фотоприймач 72 ( $H1$ ), фотоприймач 74 ( $\bar{G}$  і  $\bar{Q}=0$ ). Тому в цих плечах фотострум у верхній частині плеч врівноважується фотострумом нижньої частини плеч і вузол контролю не збуджений. Запис інформації в таблиці, часові діаграми й опис у тексті відповідають моментам  $t=n\tau$  ( $n=1,2,3$ ).

З приходом першого імпульсу тривалістю  $\tau < t < 2\tau$  на шину 5 через час  $\tau$  обнуляється друге додаткове джерело 29 світла і збуджується перше додаткове джерело 10 світла, що переводить в одиничний стан ДРО 4 і рахунковий тригер 31 і в одиничний стан переходить розряд 2.1 розрядної лінійки 3. Тому  $H1=1$  (розряд 2.4 збуджений). Отже,  $f_1=1+0.1=1$  і  $f_2=1+1.0=1$ , тому фотострум фотоприймачів 72 і 76 врівноважується фотострумами фотоприймачів 74 і 77 в обох плечах і вузол 30 контролю не збуджений,  $L=1$ ,  $G=1$ ,  $\bar{Q}=1$ .

У третім плечі діод 69 замкнений, тому що в розрядній лінійці 3 є присутнім інформація. Тривалість паузи між імпульсами  $\tau_n < \tau_{д.р.0.4}$  додатковий регенеративний оптрон 4 не встиг обнулитися й у збудженому стані знаходиться його прямий оптичний вихід 85, тобто хоча і відбувається засвітлення третього додаткового фотоприймача 33.3 другим додатковим джерелом 29 світла під час паузи, але час, що третій додатковий фотоприймач 33.3 знаходиться в збудженому стані ( $\tau_n$ ) менше часу обнуління регенеративного оптрона, що не приводить до обнуління вхідного розряду 2.4 і в розрядній лінійці 3 порушені вхідний і перший розряди 2.4 і 2.1. Тому ситуація на виході вузла 30 контролю не міняється.

З приходом другого одиничного імпульсу на шину 5 через час  $\tau$  знову збуджується перше додаткове джерело світла 10, що переводить рахунковий тригер 31 у протилежний стан (у нульовий стан), збуджується другий розряд 2.2 розрядні лінійки 3, тобто  $\bar{G}=1$ ,  $L=1$ ,  $\bar{Q}=1$ ,  $H1=2$  (вхідний розряд 2.4 і другий розряд 2.2 порушені),  $H2=1$  (перший розряд 2.1 збуджений),  $\bar{G} \cdot \bar{Q}=1$ , отже,  $f_1=H1+G \cdot Q=2+0=2$ ,  $f_2=H2+\bar{G} \cdot \bar{Q}=1+1=2$  і в першому плечі сумарний фотострум фотоприймача 76 ( $H2=1$ ) і фотострум фотоприймача 75 ( $\bar{G} \cdot \bar{Q}=1$ ) врівноважуються фотострумом третього фотоприймача 77 ( $H1=2$ ). В другому плечі фотострум фотоприймача 72 ( $H1=2$ ) компенсується сумарним фотострумом фотоприймача 73 ( $H2=1$ ) і фотоприймача 74 ( $\bar{G} \cdot \bar{Q}=1$ ). У третім плечі діод 69 також замкнений тому що інформація в розрядній лінійці 1 не загублена. Вузол контролю не збуджений.

З приходом третього імпульсу через час  $\tau$  рахунковий тригер 31 переходить в одиничний стан, тобто  $G=1$ , і збуджується третій розряд у розрядній лінійці,  $H1=2$  (вхідний і другий розряди 2.4 і 2.2 порушені),  $H2=2$  (перший і третій розряди 2.1 і 2.3 порушені),  $f_1=H1+G \cdot Q=2+1.0=2$ ,  $f_2=H2+\bar{G} \cdot \bar{Q}=2+0.1=2$ , у першому і другому плечах фотострум фотоприймачів 76 і 72 компенсується фотострумом фотоприймачів 77 і 73 відповідно і вузол контролю не збуджений.

Аналогічно відбувається робота і при подальшому надходженні імпульсів.

Наприклад, при п'ятому імпульсі  $G=1$ ,  $\bar{Q}=1$  - збуджується п'ятий розряд і  $H1=3$ ,  $H2=3$ ;  $G \cdot Q=1 \cdot 0=0$ ;  $\bar{G} \cdot \bar{Q}=0.1=0$  і  $f_1=H1+G \cdot Q=3+0=3$ ;  $f_2=H2+\bar{G} \cdot \bar{Q}=3+0=3$ . Виходить,  $f_1=f_2$  і вузол контролю не збуджений.

Для прикладу складемо таблицю для запису числа 5.

$$f_1 = \begin{cases} 0, & \text{якщо } H1+H2 \geq 1, \\ 1, & \text{якщо } H1+H2 = 0 \end{cases}$$

Тому що  $\tau_n < \tau_{д.р.0.4}$  оптоелектронному модулі не відбувається за час такої паузи змін, то занесемо в таблицю тільки стан модуля в момент  $\tau_n = \tau$ ,  $z$  - це сигнал виходу 121 вузла 30 контролю.

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Z
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0
1	2	1	1	0	1	0	0	1	0	1	2	2	0	0
1	2	2	1	0	1	0	1	0	0	1	2	2	0	0
1	3	2	1	0	1	0	0	1	0	1	3	3	0	0
1	3	3	1	0	1	0	1	0	0	1	3	3	0	0
0	3	3	0	1	0	1	1	0	0	1	3	3	0	0
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0

Після третього одиничного імпульсу на вхідну шину 5 подача одиничних імпульсів припиняється і за наступний проміжок часу  $\tau_{max}=2\tau$  відбудеться обнуління всіх розрядів, крім другого 2. Крім того, до кінця першого  $t$  після закінчення третього одиничного імпульсу в нульовий стан перейде додатковий регенеративний оптрон 4,  $I=1$ ,  $\bar{G}=1$ ,  $Q=1$ ,  $H1=2$  (4-й і 2-й розряди 2.5 і 2.2),  $H2=2$  (5-й і 3-й розряди 2.6 і 2.3),  $f_1=H1+G \cdot Q=2$ ;  $f_2=H2+\bar{G} \cdot \bar{Q}=2$ . Вхідні сигнали на входах вузла 30 контролю не змінилися, за винятком того, що зник світловий потік на вході 86 й з'явився на вході 88 фотоприймача 79, і вузол 30 контролю залишається в колишньому не збудженому стані. До кінця другого  $\tau$  у нульовий стан переходить RS-тригер і обнуляються всі

розряди, крім другого розряду 2.2,  $\bar{L}=1$ ,  $\bar{G}=1$ ,  $\bar{Q}=1$ ,  $H1=1$  (2-й розряд 2.2),  $H2=0$ ,  $f_1=H+G\cdot Q=1+0\cdot 0=1$ ,  $f_2=H2+\bar{G}\cdot\bar{Q}=0+1\cdot 1=1$ . У першому плечі вузла 30 контролю струм, що протікає через фотоприймач 75, компенсується струмом, що протікає через фотоприймач 77, і третій діод 68 замкнений. В другому плечі вузла 30 контролю струм, що протікає через фотоприймач 72, компенсується струмом, що протікає через фотоприймач 74, і діод 67 замкнений. У третьому плечі вузла 30 контролю п'ятий діод 69 замкнений, тому що втрати інформації в розрядній лінійці 3 немає.

Складемо таблицю вираховання: з числа 5 числа3.

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Z
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
1	1	2	1	0	1	0	1	0	1	1	2	2	0	0
1	2	2	1	0	1	0	0	1	1	0	2	2	0	0
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0

При роботі в одинично-нормальному коді даний модуль може виявляти помилки.

1. Втрата інформації (повна втрата інформації). При цьому  $H1=0$ ,  $H2=0$ , тому що жоден з розрядів не збуджений. Це приводить до того, що фотоприймач 80 не засвічений і завдяки порушенню фотоприймача 79 діод 69 відкривається, збуджуючи вузол 30 контролю ( $Z=1$ ).

2. Зміна на M розрядів, об'єднаних у H1, і зміна на K розрядів, об'єднаних у H2 ( $M \neq K$ ). Тому що H1 - це об'єднання входів нульового і рахункового розрядів, то зміна на M означає, що число збуджених розрядів (нульового і парних разом) стане на M одиниць відмінним від вихідного, то ж стосується і K в відношенні H2. Приміром, якщо в розрядній лінійці 3 було записане число 5 ( $H1=3$ ,  $H2=3$ ), а потім відбувся збій і збудилися розряди від вхідного по дев'ятий 2.10 і одинадцятий розряд 2.12 (якщо число розрядів не менш одинадцяти), тоді  $M=2$  (6-й і 8-й розряди 2.7 і 2.9) і  $K=3$  (7, 9, 11 розряди 2.8, 2.10, 2.12). Якщо K чи M менше нуля, наприклад  $K=1$ , це значить, що в розрядній лінійці 3 відбулася втрата інформації в одному з непарних розрядів 2.1, 2.3, а якщо K і M більше нуля, те це означає появу зайвих сигналів у розрядній лінійці 3 відповідно в непарних, парних і нульових розрядах.

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Z
0	3	3	0	1	0	1	1	0	0	i	3	3	0	0
0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	i	0	0	1	1
0	4	5	0	1	0	1	1	0	0	i	4	5	0	1

Нехай помилка виникає протягом першої паузи тривалістю  $\tau$  після закінчення запису числа 5 (Фіг.2е) і відбулося помилкове порушення 6-го, 7-го, 9-го розрядів 2.7, 2.8, 2.10 ( $M=1$ ,  $DO=2$ ),  $\bar{L}=1$ ,  $G=1$ ,  $\bar{Q}=1$ , вхідний 1-й -9-й розряди 2.4, 2.1 - 2.10 порушені,  $H1=4$ , (0-й, 2-й, 4-й, 6-й розряди),  $H2=5$  (1-й, 3-й, 5-й, 7-й, 9-й розряди),  $f_1=H1+G\cdot Q=4+1\cdot 0=4$ ;  $f_2=H2+\bar{G}\cdot\bar{Q}=5+0\cdot 1=5$ .

У першому плечі п'ятикратний світловий потік, що падає на фотоприймач 76, і чотириразовий світловий потік, що падає на фотоприймач 77, утворюють не скомпенсований струм, що викликає порушення вузла 30 контролю.

За дуге  $\tau$ :

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Z	
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	Вірний запис числа 5 (друге $\tau$ )
0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	Втрата інформації
0	2	2	0	1	0	1	1	0	1	0	3	2	0	1	$K=1, M=2$ .

Нехай помилка виникла протягом другої паузи тривалістю  $\tau$  після закінчення запису (Фіг.2ж), наприклад відбулося помилкове порушення 6-го, 7-го, 8-го розрядів 2.7, 2.8, 2.9 ( $M=2$ ,  $K=1$ ), тоді до кінця другої паузи в збудженому стані будуть  $\bar{L}=1$ ,  $G=1$ ,  $Q=1$ , 5-й, 6-й, 7-й, 8-й розряди 2.6, 2.7, 2.8, 2.9,  $H1=2$  (6-й, 8-й розряди 2.7, 2.9)  $H2=2$  (5-й і 7-й розряди 2.6 і 2.8),  $f_1=H1+G\cdot Q=2+1\cdot 1=3$ ,  $f_2=H2+\bar{G}\cdot\bar{Q}=2+0\cdot 0=2$ . В результаті в другому плечі утвориться сумарний струм - 2-кратний на фотоприймачі 72 і одиничний на четвертому фотоприймачі 73. Вузол 30 контролю збуджується.

В інверсному модулі час, що йде на запис інформації в регенеративних оптронах, складе:

$$\tau_{\text{зв}}=(\tau_u+\tau_n)\cdot n-\tau_n+\tau_{\text{обн.д.р4}}+\tau_{\text{n.ок}}+\tau_{\text{max}}$$

Де  $\tau_{\text{обн.д.р4}}$  - час обнуління додаткового регенеративного оптрона 4;

$\tau_{\text{n.ок}}$  - час переключення оптоелектронного ключа.

У запропонованому модулі час, що йде на запис інформації в регенеративних оптронах, складе:

$$\tau_{\text{предл.}}=(\tau_u+\tau_n)\cdot n-\tau_n+\tau_{\text{max}},$$

Вважаючи, що  $\tau_u=\tau$ ;  $\tau_n=0,5\tau$ ;  $\tau_{\text{обн.д.р4}}=\tau_{\text{max}}=2\tau$ ,  $\tau_{\text{n.ок}}=\tau$ , те вираш по швидкодії при записі інформації в  $\eta$  розрядів модуля в порівнянні з відомим складе

$$\frac{1.5 \cdot \tau \cdot n + 4.5 \cdot \tau}{1.5 \cdot \tau \cdot n + 1.5 \tau}$$

разу. Якщо оптоелектронний модуль, наприклад, складається з десяти регенеративних оптронів, то виграш по швидкодії при записі інформації в 10 розрядів модуля в порівнянні з відомим складе

$$\frac{1.5 \cdot \tau \cdot n + 4.5 \cdot \tau}{1.5 \cdot \tau \cdot n + 1.5 \tau} = 1,19 \text{ разів}$$

Таким чином, при записі інформації в модуль він працює в одинично-нормальному коді, а при завершенні запису інформації перетворюється у відповідний одинично-позиційний код.

Якщо  $\tau_n = \tau$  (режим В), то оптоелектронний модуль функціонує в двоїчно-позиційному коді (у збудженому стані знаходяться два розряди одночасно), причому комутація режимів "Додавання" і "Віднімання" відбувається аналогічним чином.

Розглянемо запис числа 3 у режимі Б (Фіг.3а). У нульовий момент часу всі тригери встановлені в нульовий стан,  $\bar{L}=1$ ,  $\bar{G}=1$ ,  $\bar{Q}=1$ , нульовий розряд збуджений. Таким чином, вихідна ситуація аналогічна вихідній ситуації режиму А.

У режимі "Додавання" із приходом першого одиничного імпульсу на вхідну шину 5 у збуджений стан переходить перший розряд 2.1 (у початковому стані нульовий розряд 2.4 був збуджений), а також перше додаткове джерело 10 світла, що переводить в одиничний стан рахунковий тригер 31 і додатковий регенеративний оптрон 4,  $L=1$ ,  $G=1$ ,  $\bar{Q}=1$ ,  $H1=1$  (вхідний розряд 2.4 збуджений),  $H2=1$ , (1-й розряд 2.1

збуджений),  $f_1=H1+G \cdot Q=1+1 \cdot 0=1$ ,  $f_2=H2+\bar{G} \cdot \bar{Q}=1+0 \cdot 1=1$ . Після закінчення одиничного імпульсу тривалістю  $\tau$  впливає пауза тривалістю  $\tau$ , протягом якої на шину 7 подається високий негативний потенціал через третій додатковий фотоприймач 33.3 (тому що після закінчення одиничного імпульсу збуджується друге додаткове джерело 29 світла 17), і до кінця паузи в не збуджений стан переходить додатковий регенеративний оптрон 4,

$H1=1$  (збуджений нульовий розряд 2.4),  $H2=1$  (збуджений перший розряд 2.1),  $\bar{L}=1$ ,  $Z=1$ ,  $\bar{Q}=1$ . Стан входів вузла 30 контролю не змінилося в порівнянні з кінцем тривалості першого імпульсу.

Протягом усього цього часу фотоприймач 33.3 знаходиться в збудженому стані - під час дії вхідного імпульсу протягом  $\tau$  інверсний вихід 87 ДРО 4 знаходиться в збудженому стані, а під час паузи тривалістю  $\tau$  цей фотоприймач збуджується другим додатковим джерелом 29 світла. Таким чином, у режимі Б на шині 7 увесь час є присутнім високий негативний потенціал.

З приходом другого одиничного імпульсу другої додаткове джерело 29 світла обнуляється, але в не збудженому стані знаходиться додатковий регенеративний оптрон 4 і, отже, на шину 7 продовжує подаватися високий-негативний потенціал, створюються умови для обнуління вхідного розряду, у той же час до кінця дії одиничного імпульсу в одиничний стан переходять додатковий регенеративний оптрон 4, другий розряд 2.2 розрядної лінійки 3, і тому що протягом часу  $\tau$  на входи 90 і 93 і на вхід фотоприймача 58 RS-тригера 32 одночасно діють світлові потоки з інверсного виходу 27 додаткового регенеративного оптрона 4 і з прямого виходу 92 рахункового тригера 31, RS-тригер 32 переключається в одиничний стан, а рахунковий тригер 31 до

кінця дії цього одиничного імпульсу переходить у нульовий стан,  $L=1$ ,  $G=1$ ,  $\bar{Q}=1$ . Отже,  $H1=1$  (збуджений другий розряд 2.2, нульовий розряд 2.4 вже обнулився),  $H2=1$  (збуджений перший розряд 2.1),

$f_1=H1+G \cdot Q=1+0 \cdot 1=1$ ;  $f_2=H2+\bar{G} \cdot \bar{Q}=1+1 \cdot 0=1$ , тому в обох плечах фотострум фотоприймача 76 (72) компенсується фотострумом фотоприймача 77 (73). Після другої паузи тривалістю  $\tau$  ДРО 4 обнулився,  $\bar{L}=1$ ,

$\bar{G}=1$ ,  $Q=1$ , тому  $H1=1$ ,  $H2=1$ ,  $\bar{G} \cdot \bar{Q}=1 \cdot 0=0$ ,  $G \cdot Q=0 \cdot 1=0$  і  $f_1=H1=1$ ,  $f_2=H2=1$ , виходить, фотострум фотоприймача 76 (72) і третього фотоприймача 77 (73) взаємно компенсуються в обох плечах. З приходом третього імпульсу

через час  $\tau$  збуджується третій розряд 2.3 і обнуляється перший розряд 2.1 розрядної лінійки 3,  $G \cdot 1=1$ ,  $\bar{Q} \cdot 1=1$  і  $H1=1$  (другий розряд 2.2 збуджений),  $H2=1$  (третій розряд 2.3 збуджений і перший розряд 2.1 обнулився),  $f_1=H1+G \cdot Q=1+1 \cdot 0=1$ ;  $f_2=H2+G \cdot Q=1+0 \cdot 1=1$ . У цьому випадку фотострум фотоприймача 76 (72) компенсується фотострумом фотоприймача 77 (73).

Складемо таблицю для запису числа 3, у якій послідовно чергуються одиничні і нульові імпульси на вхідній шині 5.

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Z	
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	Нормальний запис числа 0
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	Перший одиничний імпульс
0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	Перша пауза
1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	Другий одиничний імпульс
0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	Друга пауза
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	Третій одиничний імпульс
0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	Третя пауза
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	Кінець запису



У режимі "Віднімання" модуль після відповідної, комутації працює аналогічно. При роботі в двоїчно-позиційному коді модуль може виявляти ті ж типи помилок.

При записі числа 3

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Z	
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	Вірний запис числа 3
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	Втрата інформації
1	3	2	1	0	1	0	1	0	0	1	3	2	0	1	M=2 K=1

Нехай помилка виникає при записі в третьому імпульсі (Фіг.3,б). Припустимо, що під час запису в 4-м, 5-м, 6-м розрядах 2.5, 2.6, 2.7 відбулася помилкова поява сигналів (M=2, K=1), коли до кінця третього імпульсу тривалістю  $\tau$  у збудженому стані будуть G=1 і Q=1 2-й, 3-й, 4-й, 5-й, 6-й розряди 2.2, 2.3, 2.5, 2.6, 2.7. Тому H1=3 (2-й, 4-й, 6-й розряди 2.2, 2.5, 2.7), H2=2 (3-й, 5-й розряди 2.3, 2.6), f<sub>1</sub>=H1+G·Q=3+1·0=3, f<sub>2</sub>=H2+ $\bar{G}$ · $\bar{Q}$ =2+0·1=2. Фотоприймач 72 другого плеча, освітлених триразовим світловим потоком (H1=3) і фотоприймач 73, освітлений дворазовим світловим потоком (H2=2), створюють некомпенсований фотострум, що збуджує діод 67. Зводиться вузол 30 контролю. Якщо під час запису числа 3 відбулася повна втрата інформації, то незалежно від стану ДРО 4 і тригерів 31 і 32 у третім плечі вузла 30 контролю збуджений фотоприймач 79 (L+ $\bar{L}$ ) і не збуджений фотоприймач 80 (H1=0, H2=0) створять некомпенсований фототек, що відкриває діод 69, що збуджує вузол 30 контролю (Фіг.3,в). Якщо відбувся запис числа 3 і за нею впливає пауза (Фіг.3,г), то до кінця цієї паузи тривалістю  $\tau$  у збудженому стані будуть  $\bar{L}$ =1, G=1,  $\bar{Q}$ =1, другий і третій розряди 2.2 і 2.3, H1=1, H2=1, f<sub>1</sub>=H1+G·Q=1+1·0=1, f<sub>2</sub>=H2+ $\bar{G}$ · $\bar{Q}$ =1+0·1=1. Отже, під час першої паузи після закінчення запису порушені фотоприймачі 76 і 77, 72 і 73 і їхні фотоструми взаємно компенсуються. До кінця другої паузи тривалістю  $\tau$  порушені  $\bar{L}$ =1, G=1, Q=1, 3-й розряд 2.3, H1=0, H2=1, f<sub>1</sub>=H2+G·Q=0+1·1=1; f<sub>2</sub>=H2+ $\bar{L}$ =1+0·0=1. У цьому випадку в першому плечі фотострум фотоприймача 76 компенсується фотострумом фотоприймача 78, а в другому плечі фото струм фотоприймача 71 компенсується фотострумом фотоприймача 73. Вузол 30 контролю не збуджений.

При роботі в двоїчно-позиційному коді після останнього одиничного імпульсу, що надходить на вхідну шину 5, за проміжок часу  $\tau_{\max}=2\tau$  даний модуль виявляє ті ж помилки.

За перше  $\tau$ :

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Z	
0	0	1	0	1	0	1	1	0	i	0	1	1	0	0	Вірний запис числа 3 (перше $\tau$ )
0	0	0	0	1	0	1	1	0	i	0	1	0	1	1	Втрата інформації
0	1	0	0	1	0	1	1	0	i	0	2	0	0	1	M=2 K=-1

Нехай відбулося помилкове включення четвертого і шостого розрядів 2.5 і 2.7 і не збудився (обнулявся) третій розряд 2.3 (M=2, K=-1) (Фіг.3,д).

Тоді наприкінці першої паузи тривалістю в збудженому стані будуть  $\bar{L}$ =1, G=1,  $\bar{Q}$ =1, 2-й, 4-й, 6-й розряди 2.2, 2.5, 2.7, H1=3, H2=0, f<sub>1</sub>=H1+G·Q=3+1·0=3, f<sub>2</sub>=H2+ $\bar{G}$ · $\bar{Q}$ =0+0·1=0, т.е. в другому плечі триразовий фотострум фотоприймача 72 (H1=3) не компенсується фотострумами фотоприймача 73 і 74 через відсутність у них збудливих впливів. Відкривається діод 67, збуджуючи вузол 30 контролю.

За друге  $\tau$ :

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Z	
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	Вірний запис числа 3 (другу $\tau$ )
0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	Втрата інформації
0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	2	0	0	1	M=1, K=-1

Наприклад, збудилися 4-й і обнулився 3-й розряди 2.5 і 2.3 відповідно (M=1, K=-1), тоді до кінця другої паузи тривалістю  $\tau$  у збудженому стані будуть  $\bar{L}$ =1, G=1, Q=1, 2-й, 4-й розряди 2.2, 2.5, H2=0 (3-й розряд 2.3 обнулився), H1=2 (2-й і 4-й розряди 2.2 і 2.5), f<sub>1</sub>=H1+G·Q=2+1·1=3; f<sub>2</sub>=H2+ $\bar{G}$ · $\bar{Q}$ =0+0=0. Тому в другому плечі сумарний двократний фотострум фотоприймача 72 (H1=2) і одиничний фотострум фотоприймача 71 (G·Q=1) не компенсуються фотострумом фотоприймачів 73 і 74 через відсутність у них збудливих впливів, збуджується вузол 30 контролю, що сигналізує про помилку (Фіг.3,е).

У відомому модулі подібний режим роботи (двійково-позиційний) спостерігається при  $\tau_n = \tau$  і  $\tau_n = 4\tau$ .

Запис у n розрядів:

$$\tau_{\text{від}} = (\tau + 4\tau)n - 4\tau + 5\tau;$$

$$T_{\text{гран}} = (\tau + \tau)n - \tau + 2\tau;$$

виграш по швидкодії в порівнянні з відомим при n=10 складе:

$$\frac{5\tau \cdot n - 4\tau + 5\tau}{2\tau \cdot n - \tau + 2\tau} = \frac{50\tau + \tau}{20\tau + \tau} = 2,4 \text{ раз}$$

Таким чином, при записі інформації в модуль він може працювати в двоїчно-позиційному коді, а при завершенні запису інформації перетвориться у відповідний одинично-позиційний код.

Якщо  $\tau_n > \tau_{\text{д.р.о.4}}$  (режим В), то оптоелектронний модуль функціонує в одинично-позиційному коді, причому комутація режимів "Додавання" і "Віднімання" відбувається аналогічним чином.

Розглянемо запис числа 3 у режимі В,  $\tau_n = 2\tau > \tau_{\text{д.р.о.4}}$  (Фіг.4а). У нульовий момент часу всі тригери встановлюються в нульовий стан,  $\bar{L} = 1, \bar{G} = 1, \bar{Q} = 1$ .

У режимі "Додавання" із приходом першого одиничного імпульсу на вхідну шину 5 у збуджений стан переходить перший розряд 2.1, а також перше додаткове джерело 10 світла рахунковий тригер, що переводить в одиничний стан, 31 і додатковий регенеративний оптрон 4,  $L = 1, G = 1, Q = 1, H1 = 1$  (вхідний розряд

2.4),  $H2 = 1$  (1-й розряд 2.1),  $f_1 = H1 + G \cdot Q = 1 + 1 \cdot 0 = 1$ ;  $f_2 = H2 + \bar{G} \cdot \bar{Q} = 1 + 0 \cdot 1 = 1$ . Після закінчення одиничного імпульсу тривалістю  $\tau$  впливає пауза, протягом якої на шину 7 подається високий негативний потенціал через третій додатковий фотоприймач 33.3, через час  $\tau$  у незбуджений стан переходить додатковий регенеративний оптрон 4 і створюються умови для обнуління вхідного розряду 2.4. Після першої паузи тривалістю  $\tau$  порушені

$\bar{L} = 1, G = 1, \bar{Q} = 1$ , вхідний, 1-й розряди 2.4, 2.1,  $H1 = 1$  (вхідний розряд 2.4),  $H2 = 1$  (1-й розряд 2.1),

$f_1 = H1 + G \cdot Q = 1 + 1 \cdot 0 = 1$ ;  $f_2 = H2 + \bar{G} \cdot \bar{Q} = 1 + 0 \cdot 1 = 1$ , і фотоструми фотоприймачів 76 і 77, 72 і 73 взаємно компенсуються. Вузол 30 контролю не збуджений. Після другої паузи тривалістю в збудженому стані

знаходяться  $L = 1, G = 1, Q = 1$ , 1-й розряд 2.1,  $H1 = 0, H2 = 1, H2 = 1, f_1 = H1 + G \cdot Q = 0 + 1 \cdot 1 = 1, f_2 = H2 + \bar{G} \cdot \bar{Q} = 1 + 0 = 1$ . У першому плечі фотострум фотоприймача 76 ( $H2 = 1$ ) компенсується фотострумом фотоприймача 79 ( $G \cdot Q = 1$ ). В другому плечі фототек фотоприймача 71 ( $G \cdot Q = 1$ ) компенсується фотострумом фотоприймача 74 ( $H2 = 1$ ) і

вузол 30 контролю не збуджений. Після другого імпульсу тривалістю  $\tau$  порушені  $L = 1, \bar{G} = 1, Q = 1$ , 1-й, 2-й розряди 2.1, 2.2,  $H1 = 1$  (2-й розряд 2.2) і  $H2 = 1$  (1-й розряд 2.1),  $f_1 = H1 + G \cdot Q = 1 + 0 \cdot 1 = 1$ ;  $f_2 = H2 + G \cdot Q = 1 + 1 \cdot 0 = 1$ , і фотоструми фотоприймачів 76 і 77, 72 і 73 взаємно компенсуються. Після першої паузи тривалістю  $\tau$  порушені

$\bar{L} = 1, Q = 1, \bar{G} = 1$ , перший, другий розряди 2.1, 2.2,  $H1 = 1$  (2-й розряд 2.2),  $H2 = 1$  (1-й розряд 2.1),

$f_1 = H1 + G \cdot Q = 1 + 0 \cdot 1 = 1, f_2 = H2 + \bar{G} \cdot \bar{Q} = 1 + 1 \cdot 0 = 1$ , і фотоструми фотоприймачів 76 і 77, 72 і 73 взаємно компенсуються. Після другої паузи  $\bar{L} = 1, \bar{G} = 1, \bar{Q} = 1$ , 2-й розряд 2.2 збуджений.  $H1 = 1$  (2-й розряд 2.2),  $H2 = 0$

(немає збуджених розрядів),  $f_1 = H1 + G \cdot Q = 1 + 0 \cdot 0 = 1, f_2 = H2 + \bar{G} \cdot \bar{Q} = 0 + 1 \cdot 1 = 1$ . У першому плечі фотострум фотоприймача 75 компенсується фотострумом фотоприймача 77, у другому плечі фотострум фотоприймача 72 компенсується фотострумом фотоприймача 74. Вузол 30 контролю не збуджений. Після третього імпульсу ситуація аналогічна ситуації, що виникла після першого імпульсу.

З приходом другого одиничного імпульсу створюються умови для порушення другого розряду 2.2 розрядної лінійки 3.

Для прикладу покажемо запис числа 3.

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Z	
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	Початковий стан
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	
0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	Записана 1
1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	
0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	Записана 2
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	
0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	Записана 3

При роботі в одинично-позиційному коді модуль може виявляти при записі інформації помилки.

1. Втрата інформації (Фіг.4,6).

2. У збудженому стані знаходиться більш 2 розрядів.

3. У збудженому стані знаходяться 2 розряди, але порушені обоє парних чи обоє непарних.

Для прикладу покажемо запис числа 3.

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	Z	
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	Вірний запис числа 3

1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	Втрата інформації
1	1	2	1	0	1	0	1	0	0	1	1	2	0	1	Збуджено більш 2 розрядів
1	2	1	1	0	1	0	1	0	0	1	2	1	0	1	Збуджено більш 2 розрядів
1	2	0	1	0	1	0	1	0	0	1	2	0	0	1	Збуджено 2 парних розрядів чи вхідний та парний
1	0	2	1	0	1	0	1	0	0	1	0	2	0	1	Збуджені 2 непарних розрядів

Розглянемо, коли порушено більш 2 розрядів.

Нехай під час запису в четвертому і вхідному розрядах 2.5 і 2.4 відбулася помилкова поява сигналу ( $M=2, K=0$ ) (Фіг.4,в). Тоді наприкінці третього імпульсу тривалістю  $\tau$  у збудженому стані буде  $G=1, \bar{Q}=1$ , вхідний, 2-й, 3-й, 4-й розряди 2.4, 2.2, 2.3, 2.5. Тому  $H1=3$  (вхідний, 2-й, 4-й розряди 2.4, 2.2, 2.5 порушені),  $H2=1$  (3-й розряд 2.3 збуджений),  $f_1=H1+G\cdot Q=3+1\cdot 0=3$ ;  $f_2=H2+G\cdot \bar{Q}=1+0\cdot 1=1$ . Фотоприймач 72, освітлений трьома одиницями світлового потоку ( $H1=3$ ), і фотоприймач 73, освітлений одним світловим потоком ( $H2=1$ ) (фотоприймачі 71 і 84 не порушені), створюють не скомпенсований фотострум завбільшки 2 одиниці, що збуджує вузол 30 контролю. Якщо ж відбувся успішний запис числа 3 (Фіг.4,г) і за нею впливає пауза тривалістю  $\tau$ , те в збудженому стані знаходяться  $G=1, \bar{Q}=1$ , 2-й, 3-й розряди 2.3, 2.2,  $H1=1, H2=1$ , отже,  $f_1=H1+G\cdot Q=1+1\cdot 0=1$ ,  $f_2=H2+\bar{G}\cdot \bar{Q}=1+0\cdot 1=1$ , таким чином, фотоприймачі 76 і 77, 72 і 73 порушені і їхній фотоструми взаємно компенсуються. До кінця другої паузи тривалістю  $\tau$  порушені  $\bar{L}=1, G=1, Q=1$  і 3-й розряд 2.3,  $H1=0, H2=1$ ,  $f1=H1+G\cdot Q=0+1\cdot 1=1$ ,  $f_2=H2+\bar{G}\cdot \bar{Q}=1+0\cdot 0=1$ , у цьому випадку в першому плечі фотострум фотоприймача 76 компенсується фотострумом фотоприймача 78, а в другому плечі фотострум фотоприймача 71 компенсується фотострумом фотоприймача 73. Вузол 30 контролю не збуджений.

При роботі в одинично-позиційному коді після одиничного імпульсу, що надходить на шину 5 за проміжок часу  $\tau_{max}=2\tau$ , даний модуль виявляє за перше  $\tau$  ті ж помилки, що й у момент запису. За друге  $\tau$  виявляється:

1. Втрата інформації.
  2. Вимір на  $M$  розрядів, об'єднаних у  $H2$ , зміна на  $K$  розрядів, об'єднаних за умови  $M-K \neq 0$ .
- Наприклад:

U5	H1	H2	Y1	Y2	L	$\bar{L}$	G	$\bar{G}$	Q	$\bar{Q}$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	Z	
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	Вірний запис числа 3 (друге $\tau$ )
	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	Втрата інформації
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	2	1	0	1	$M=1 K=1$
0	0	2	0	1	0	1	1	0	1	0	1	2	0	1	$M=0 K=1$
0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	2	0	0	1	$M=1 K=-1$

Розглянемо, коли помилка виникає протягом першої паузи тривалістю  $\tau$  після закінчення запису (Фіг.4д). Нехай відбулося порушення п'ятого розряду 2.6 ( $M=0, K=1$ ). Тоді наприкінці першої паузи тривалістю  $\tau$  у збудженому стані будуть  $G=1, \bar{Q}=1$ , 2-й, 3-й, 5-й розряди 2.2, 2.3, 2.6, тому  $H1=1$  (2-й розряд 2.2),  $H2=2$  (3-й, 5-й розряди 2.3, 2.5),  $f_1=H1+G\cdot Q=1+1\cdot 0=1$ ,  $f_2=H2+\bar{G}\cdot \bar{Q}=2+0\cdot 1=2$ . У першому плечі двократний фотострум фотоприймача 76 ( $H2=2$ ) і однократний фотострум фотоприймача 77 ( $H1=1$ ) породжують не скомпенсований одиничний фотострум, що збуджує вузол 30 контролю. Якщо ж відбулася помилка протягом другої паузи тривалістю  $\tau$  після закінчення запису, наприклад збудився 4-й і обнулився 3-й розряд 2.5 і 2.3 відповідно ( $M=1, K=-1$ ), тоді наприкінці другої паузи тривалістю  $\tau$  у збудженому стані будуть  $G=1, Q=1$ , 2-й, 4-й розряди 2.2 і 2.5,  $H1=2, H2=0$ ,  $f_1=H1+G\cdot Q=2+1\cdot 1=3$ ,  $f_2=H2+G\cdot \bar{Q}=0+0\cdot 0=0$ .

Отже, у другому плечі сумарний подвійний фотострум фотоприймача 72 і одиничний фотострум фотоприймача 71, нічим не компенсуючи, збудять вузол 30 контролю (Фіг.4е).

У режимі "Віднімання" після відповідної комутації модуль працює аналогічно.

У відомому модулі подібний режим роботи (одинично-позиційний) можливий при  $\tau_u=\tau, \tau_n \geq 5\tau$

$$T_{видоме}=(\tau+5\tau)\cdot n-5\tau+5\tau$$

У пропонованому модулі цей режим можливий при  $\tau_u=2\tau, \tau_n=\tau$ . Для визначеності  $\tau_u=2\tau$ .

$$T_{видоме}=(\tau+2\tau)\cdot n-2\tau+2\tau$$

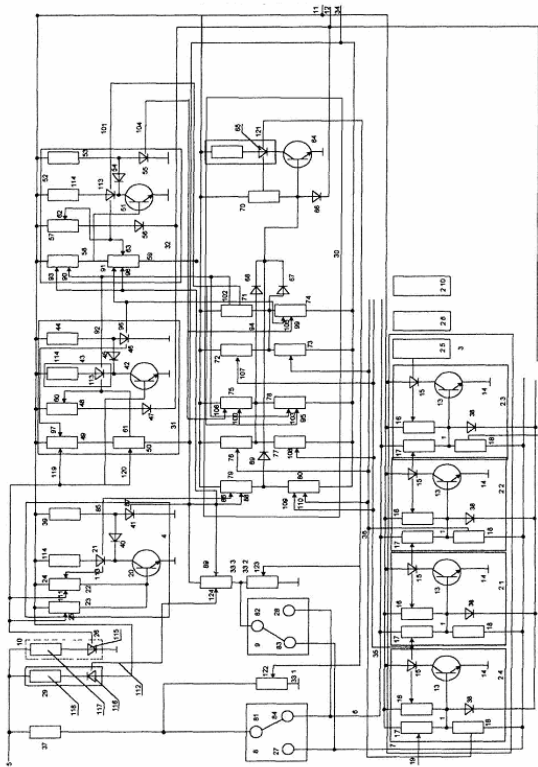
$$\frac{6\tau \cdot 10}{3\tau \cdot 10} = 2,0 \text{ рази}$$

У такому випадку виграш по швидкодії буде (при  $n=10$ ) у

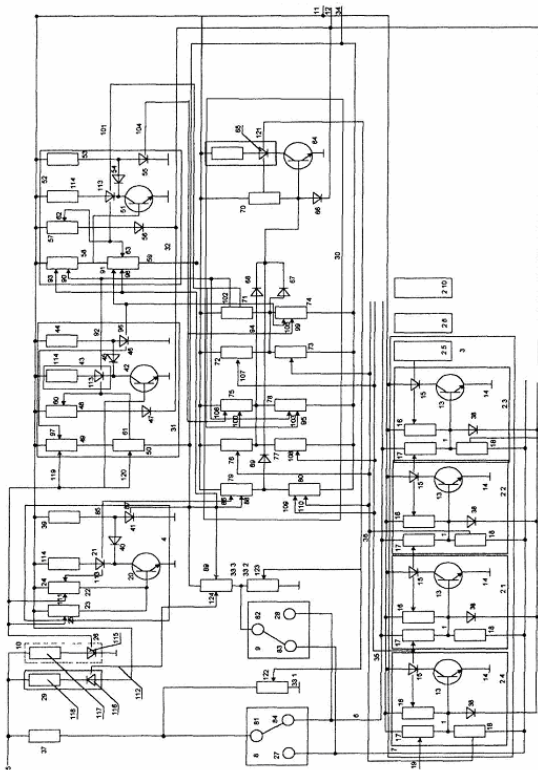
Поставлена задача (поліпшення контролю) досягається введенням рахункового тригера і RS-тригерів і вузла контролю, а також другого плеча випромінюючої системи додаткового регенеративного оптрона і двох

оптичних шин, у той час як у відомому модулі немає можливості контролювати роботу цього модуля.

Підвищення швидкодії досягається тим, що відразу після закінчення дії останнього одиничного імпульсу на третій додатковий фотоприймач 33.3 починає надходити світловий потік із другого додаткового джерела 23 світла, а через час  $\tau$  починає надходити світловий потік з інверсного виходу 87 додаткового регенеративного оптрона на 4.



Фиг.1



Фиг.2

