



УКРАЇНА

(19) UA (11) 57762 (13) U
(51) МПК (2011.01)
H03K 23/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ МОДУЛЬ

1

2

(21) u201010329

(22) 25.08.2010

(24) 10.03.2011

(46) 10.03.2011, Бюл.№ 5, 2011 р.

(72) МАЛІНОВСЬКИЙ ВАДИМ ІГОРЕВИЧ

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Оптиелектронний модуль, який містить в кожному розряді регенеративний оптрон, загальні для всіх розрядів додатковий регенеративний оптрон, додаткове джерело світла, оптиелектронний ключ, тактовий генератор, лічильний тригер, аналоговий ключ, перший та другий резистори додаткового регенеративного оптрона, перший і другий додаткові фотоприймачі, перший, другий, третій, четвертий та п'ятий перемикачі, в кожному регенеративному оптроні джерело світла включене між першою шиною живлення та колектором транзистора, емітер якого підключений до загальної шини, база - до перших виводів першого і другого фотоприймачів, у регенеративному оптроні першого розряду джерело світла оптично з'єднане з першим фотоприймачем наступного розряду, а перший фотоприймач першого розряду оптично з'єднаний з цифровим оптичним входом модуля у всіх розрядах, крім першого, джерело світла оптично з'єднане з першим фотоприймачем наступного розряду та з другим фотоприймачем попереднього розряду, в оптиелектронному ключі джерело світла включене між першою шиною живлення і колектором транзистора, емітер якого підключений до загальної шини, база - до перших виводів третього резистора і фотоприймача оптиелектронного ключа, другий вивід якого підключений до другої шини живлення, другий вивід третього резистора підключений до першої шини живлення, до якої підключений перший вивід додаткового джерела світла, другий вивід якого підключений до загальної шини, додаткове джерело світла оптично з'єднане з першим фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, джерело світла якого оптично з'єднане з другим фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, фотоприймачем оптиелектронного ключа і першим додатковим фотоприймачем, а також з третім фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, перший вивід якого підключений до бази транзистора додаткового регенеративного оптрона, перший вивід пер-

шого додаткового фотоприймача підключений до першої шини живлення, другий вивід до першого виводу другого додаткового фотоприймача, другий вивід якого підключений до другої шини живлення, до якої підключений другий вивід другого фотоприймача додаткового регенеративного оптрона, джерело світла оптиелектронного ключа оптично з'єднане з другим додатковим фотоприймачем, перші виводи першого і другого резисторів підключені до бази транзистора додаткового регенеративного оптрона, другий вивід другого резистора підключений до загальної шини, другий вивід першого резистора підключений до першого виходу аналогового ключа, до якого підключений перший вивід четвертого резистора регенеративного оптрона кожного розряду, другий вивід четвертого резистора підключений до бази транзистора регенеративного оптрона кожного розряду і до першого виводу п'ятого резистора регенеративного оптрона кожного розряду, другий вивід п'ятого резистора підключений до загальної шини, аналоговий ключ виконаний двовихідним і складається з першого та другого диференціаторів, першого та другого елементів 2I-HI, інвертора, оптиелектронного елемента I, четвертого і п'ятого перемикачів, додаткового резистора, вихід першого елемента 2I-HI підключений до другого виходу аналогового ключа і з'єднаний з другими виводами перших фотоприймачів кожного розряду, перший вхід першого елемента 2I-HI через додатковий резистор підключений до загальної шини і до замикаючого контакту першого перемикача, а другий вхід підключений до виходу другого елемента 2I-HI і до першого входу оптиелектронного елемента I, другий вхід якого з'єднаний з входами першого і другого диференціаторів і перемикаючими контактами четвертого перемикача, замикаючий контакт якого підключений до входу аналогового ключа, вихід першого диференціатора через інвертор підключений до першого входу другого елемента 2I-HI, другий вхід якого підключений до виходу другого диференціатора, другий вивід третього фотоприймача додаткового регенеративного оптрона підключений до перемикаючого контакту третього транзисторного ключового перемикача, замикаючий контакт якого підключений до першої шини живлення, замикаючий контакт п'ятого перемикача підключений до входу скиду першого диференціа-

UA (19) 57762 (13) U

тора, перемикаючий контакт п'ятого перемикача підключений, до загальної шини, а вихід оптоелектронного елемента I з'єднаний з першим виходом аналогового ключа, який **відрізняється** тим, що як перший, другий, четвертий перемикачі використано перший, другий та четвертий транзисторні ключові перемикачі з групами контактів, що відповідають схемам підключення відповідних перемикачів, причому другий вивід першого фотоприймача додаткового регенеративного оптрона підключений до роз'єднувального контакту першого транзисторного ключового перемикача, перемикаючий контакт якого підключений до виходу тактового генератора і до лічильного входу лічильного тригера, встановлювальний вхід якого підключений до шини скиду, а прямий вихід - до перемикаючого контакту першої групи другого транзисторного ключового перемикача, роз'єднувальний контакт якого підключений до другого виводу першого фотоприймача регенеративного оптрона кожного непарного розряду і до замикаючого контакту другої групи другого транзисторного ключового перемикача, інверсний вихід лічильного тригера підключений до перемикаючого контакту третьої групи другого транзисторного ключового перемикача, роз'єднувальний контакт якого підключений до другого виводу першого фотоприймача регенеративного оптрона кожного парного розряду і до замикаючого контакту четвертої групи другого транзисторного ключового перемикача, роз'єднувальний контакт якого підключений до другого виводу другого фотоприймача регенеративного оптрона кожного парного розряду і до замикаючого контакту третьої групи другого транзисторного ключового перемикача, замикаючий контакт першої групи якого підключений до другого виводу другого фотоприймача регенеративного оптрона кожного непарного розряду і до роз'єднувального контакту другої групи другого транзисторного ключового перемикача, перемикаючий контакт якої підключений до перемикаючого контакту четвертої групи другого транзисторного ключового перемикача і до першого виводу другого додаткового фотоприймача, перший вхід першого елемента 2I-НІ через додатковий резистор підключений до загальної шини і до замикаючого контакту першого транзисторного ключового перемикача, другий вхід якого з'єднаний з входами першого і другого диференціаторів і перемикаючим контактом четвертого транзисторного ключового перемикача, замикаючий контакт якого підключений до входу аналогового ключа, роз'єднувальний контакт четвертого транзисторного ключового перемикача підключений до загальної шини, крім того, введено тринадцять сигналь-

них резисторів, перші виводи яких є входами керування оптоелектронним модулем, а другі підключені до баз транзисторів, що входять до складу першого, другого, третього і четвертого транзисторних ключових перемикачів, колектори першого і другого транзисторів четвертого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт четвертого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти першої групи четвертого транзисторного ключового перемикача, бази цих транзисторів підключені до других виводів першого і другого сигнальних резисторів, емітери третього і четвертого транзисторів першого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт першого транзисторного ключового перемикача, а їх колектори - відповідні роз'єднуючі контакти, бази цих транзисторів підключені до других виводів третього і четвертого сигнальних резисторів, колектори п'ятого і шостого транзисторів першої групи другого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт першої групи другого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти першої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів шостого, сьомого і восьмого транзисторів третьої групи другого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт третьої групи другого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти третьої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів шостого, сьомого і восьмого сигнальних резисторів, колектори дев'ятого і десятого транзисторів другої групи другого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт другої групи другого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти другої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів дев'ятого і десятого сигнальних резисторів, а колектори одинадцятого, дванадцятого і тринадцятого транзисторів третьої групи другого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт третьої групи другого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти третьої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів одинадцятого, дванадцятого і тринадцятого сигнальних резисторів відповідно, як джерела світла використано над'яскраві світлодіоди з яскравістю в межах не менше 1 Кд (кандел) і вихідною оптичною потужністю не менше 1 мВт.

Корисна модель відноситься до області імпульсної та обчислювальної техніки і може бути використана для побудови швидкодіючих обчислювальних структур для обчислень у реальному часі.

Відомий оптоелектронний модуль [А.С. СРСР № 947973 А1, М. кл. Н 03 К 23/12, опубл. 28.11.80, бюл. № 28], який містить в кожному розряді реге-

неративний оптрон, включений між першою шиною живлення і загальною шиною, який складається з джерела світла, підсилювача, першого фотоприймача, який включений між входом підсилювача і першою шиною живлення і оптично зв'язаний з джерелом світла, другого і третього фотоприймачів, загальні виводи яких підключені до

входу підсилювача, а інші виводи відповідно до першої і другої електричним вхідним шинам, причому другий фотоприймач зв'язаний з джерелом світла попереднього розряду, а третій фотоприймач с джерелом світла наступного розряду, новизна даного пристрою полягає у введенні другої шини живлення, третьої електричної вхідної шини, додаткового джерела світла, оптоелектронного ключа, першого і другого перемикачів і додаткового регенеративного оптрона, у колекторну ланку транзистора підсилювача включене джерело світла, база транзистора підсилювача через перший фотоприймач підключена до першої шини живлення, через третій фотоприймач другої шини живлення, через другий фотоприймач, що зв'язаний з додатковим джерелом світла до третьої електричної вхідної шини, що підключена до рухливого контакту першого перемикача, перший нерухомий контакт якого з'єднаний з першою електричною вхідною шиною і 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 зв'язане з його третім фотоприймачем і з фотоприймачем оптоелектронного ключа, перші виводи навантажувального резистора транзистора і фотоприймача підключені до другої шини живлення, другий вивід фотоприймача оптоелектронного ключа підключений через резистор до загальної шини і безпосередньо до бази транзистора оптоелектронного ключа, емітер якого підключений до загальної шини, а колектор - до другого виводу навантажувального резистора і до рухливого контакту другого перемикача, а додаткове джерело світла підключене між першою шиною живлення і загальною шиною.

Недоліками даного пристрою є вузькі функціональні можливості, що обмежують сферу його застосування, за рахунок відсутності можливості швидкісних обчислень і роботи як з аналоговими так і з цифровими сигналами в реальному часі.

Відомий оптоелектронний модуль [А.С. СРСР, № 1119181, М. кл. Н 03 К 23/12, опубл. 03.06.83, бюл. № 38, 1984], який містить в кожному розряді регенеративний оптрон, загальні для всіх розрядів додатковий регенеративний оптрон, джерело світла, оптоелектронний ключ, перемикачі, у кожному регенеративному оптроні джерело світла включене між першою шиною живлення і колектором транзистора, емітер якого підключений до загальної шини, база - до перших виводів першого, другого і третього фотоприймачів, у регенеративному оптроні кожного розряду другий вивід першого фотоприймача підключений до першої шини живлення, джерело світла в першому розряді оптично зв'язане с першим фотоприймачем свого розряду і з другим фотоприймачем наступного розряду, у всіх розрядах, крім першого, джерело світла оптично зв'язане з першим фотоприймачем свого розряду, із другим фотоприймачем наступного розряду і з третім фотоприймачем попереднього розряду, в оптоелектронному ключі джерело світла включене між першою шиною живлення і колектором транзистора, емітер якого підключений до загальної

шини, база - до перших виводу першому резистора і фотоприймача оптоелектронного ключа, у додатковому регенеративному оптроні джерело світла оптично зв'язане з першим фотоприймачем, другий вивід третього фотоприймача підключений до другої шини живлення, третій фотоприймач додаткового регенеративного оптрона оптично зв'язаний із джерелом світла додаткового регенеративного оптрона, що також оптично зв'язаний з фотоприймачем оптоелектронного ключа, додаткове джерело світла включене між першою шиною живлення і загальною шиною й оптично зв'язаний з другим фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, в модуль введено генератор імпульсів (в подальшому тактовий генератор), лічильний тригер, аналоговий ключ, перші і другий додаткові фотоприймачі, другий і третій резистори і у кожний регенеративний оптрон - четвертий і п'ятий резистори, перші виводи яких підключені до бази транзисторів регенеративного оптрона, другий вивід п'ятого резистора підключений до загальної шини, другий вивід четвертого резистора підключений до виходу аналогового ключа і до першого виводу другого резистора, другий вивід якого підключений до бази транзистора додаткового регенеративного оптрона і до першого виводу третього резистора, другий вивід якого підключений до загальної шини, другий вивід другого фотоприймача додаткового регенеративного оптрона підключений до розмикаючого контакту першого перемикача, замикаючий контакт якого підключений до керуючого входу аналогового ключа, сигнальний вхід якого підключений до аналогового входу пристрою, контакт першого перемикача підключений до виходу генератора імпульсів і до лічильного входу лічильного тригера, встановлювальний вхід якого підключений до входу скиду, прямий вихід лічильного тригера підключений до перемикаючого контакту першої групи другого перемикача, розмикаючий контакт першої групи якого підключений до другого виводу другого фотоприймача регенеративного оптрона кожного непарного розряду і до замикаючого контакту другої групи другого перемикача, інверсний вихід лічильного тригера підключений до перемикаючого контакту третьої групи другого перемикача, розмикаючий контакт якої підключений до другого виводу другого фотоприймача регенеративного оптрона кожного парного розряду і до замикаючого контакту четвертої групи другого перемикача, розмикаючий контакт якої підключений до замикаючого контакту третьої групи другого перемикача і до другого виводу третього фотоприймача регенеративного оптрона кожного парного розряду, перемикаючі контакти другої і четвертої груп другого перемикача підключені до перших виводів першого і другого додаткових фотоприймачів, другі виводи яких підключені до першої і другої шинам живлення відповідно, перший додатковий фотоприймач оптично зв'язаний із джерелом світла додаткового регенеративного

оптрона, що також оптично зв'язаний із третім фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, другий додатковий фотоприймач оптично зв'язаний із джерелом світла оптоелектронного ключа, другий вивід фотоприймача якого підключений до другої шини живлення, а другий вивід першого резистора - до першої шини живлення, до якої підключений замикаючий контакт третього перемикача, що переключає контакт якого підключений до другого виводу першого фотоприймача додаткового регенеративного оптрона.

Недоліками даного модуля є низька інформативність, за рахунок чого відсутні можливості обробки аналогових сигналів, а також можливості швидкісного оброблення даних в реальному часі, за рахунок використання перемикачів режимів роботи і введення інформації з рухомими контактами.

Найбільш близьким до запропонованого є оптоелектронний модуль [Патент України № 22800, М. кл. Н 03 К 23/00, опубл. 25.04.2007, бюл. № 5], який містить в кожному розряді регенеративний оптрон, загальні для всіх розрядів додатковий регенеративний оптрон, додаткове джерело світла, оптоелектронний ключ, тактовий генератор, лічильний тригер, аналоговий ключ, перший та другий резистори додаткового регенеративного оптрона, перший і другий додаткові фотоприймачі, в кожному регенеративному оптроні джерело світла включене між першою шиною живлення та колектором транзистора, емітер якого підключений до загальної шини, база – до перших виводів першого і другого фотоприймачів, у регенеративному оптроні першого розряду джерело світла оптично з'єднане з першим фотоприймачем наступного розряду, а перший фотоприймач першого розряду оптично з'єднаний з цифровим оптичним входом модуля у всіх розрядах, крім першого, джерело світла оптично з'єднане з першим фотоприймачем наступного розряду та з другим фотоприймачем попереднього розряду, в оптоелектронному ключі джерело світла включене між першою шиною живлення і колектором транзистора, емітер якого підключений до загальної шини, база - до перших виводів третього резистора і фотоприймача оптоелектронного ключа, другий вивід якого підключений до другої шини живлення, другий вивід третього резистора підключен до першої шини живлення, до якої підключений перший вивід додаткового джерела світла, другий вивід якого підключений до загальної шини, додаткове джерело світла оптично з'єднане з першим фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, джерело світла якого оптично з'єднане з другим фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, фотоприймачем оптоелектронного ключа і першим додатковим фотоприймачем, а також з третім фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, перший вивід якого підключений до бази транзистора додаткового регенеративного оптрона, перший вивід першого додаткового фотоприймача підключений до першої шини живлення, другий вивід до першого виводу другого додаткового фотоприймача, другий вивід якого підключений до другої шини живлення, до якої підключений другий

вивід другого фотоприймача додаткового регенеративного оптрона, джерело світла оптоелектронного ключа оптично з'єднане з другим додатковим фотоприймачем, другий вивід першого фотоприймача додаткового регенеративного оптрона підключений до роз'єднувального контакту першого перемикача, перемикаючий контакт якого підключений до виходу тактового генератора і до лічильного входу лічильного тригера, встановлювальний вхід якого підключений до шини скиду, а прямиий вихід - до перемикаючому контакту першої групи другого перемикача, роз'єднувальний контакт якої підключений до другого виводу першого фотоприймача регенеративного оптрона кожного непарного і до замикаючого контакту другої групи другого перемикача, інверсний вихід лічильного тригера підключений до перемикаючого контакту третьої групи другого перемикача, роз'єднувальний контакт якої підключений до другого виводу першого фотоприймача регенеративного оптрона кожного парного розряду і до замикаючого контакту четвертої групи другого перемикача, роз'єднувальний контакт якої підключений до другого виводу другого фотоприймача регенеративного оптрона кожного парного розряду і до замикаючого контакту третьої групи другого перемикача, замикаючий контакт першої групи якого підключений до другого виводу другого фотоприймача регенеративного оптрона кожного непарного розряду і до роз'єднувального контакту другої групи другого перемикача, перемикаючий контакт якої підключений до перемикаючого контакту четвертої групи другого перемикача і до першого виводу другого додаткового фотоприймача, другий вивід третього фотоприймача додаткового регенеративного оптрона підключений до перемикаючому контакту третього перемикача, замикаючий контакт якого підключений до першої шини живлення, до бази транзистора додаткового регенеративного оптрона підключені перші виводи першого і другого резисторів, другий вивід другого резистора підключений до загальної шини, другий вивід першого резистора підключений до першого виходу аналогового ключа до якого підключений перший вивід четвертого резистора регенеративного оптрона кожного розряду, другий вивід якого підключений до бази транзистора регенеративного оптрона кожного розряду і до першого виводу п'ятого резистора регенеративного оптрона кожного розряду другий вивід якого підключений до загальної шини, всі джерела світла побудовані на базі над'яскравих світлодіодів з яскравістю до 270 мКд, аналоговий ключ виконаний двовихідним і складається з першого та другого диференціаторів, першого та другого елементів 2I-HI, інвертора, оптоелектронного елемента I, четвертого і п'ятого перемикачів, додаткового резистора, вихід першого елемента 2I-HI підключений до другого виходу аналогового ключа і з'єднаний з другими виводами перших фотоприймачів кожного розряду, перший вихід першого елемента 2I-HI через додатковий резистор підключений до загальної шини і до замикаючого контакту першого перемикача, а другий вхід підключений до виходу другого елемента 2I-HI і до першого входу оптоелектронного елемента I, дру-

гий вхід якого з'єднаний з входами першого і другого диференціаторів і перемикаючим контактам четвертого перемикача, замикаючий контакт якого підключений до входу аналогового ключа, вихід першого диференціатора через інвертор підключений до першого входу другого елемента 2I-II, другий вхід якого підключений до виходу другого диференціатора, замикаючий контакт п'ятого перемикача підключений до входу скиду першого диференціатора, перемикаючий контакт п'ятого перемикача і роз'єднувальний контакт четвертого перемикача підключені до загальної шини, а вихід оптоелектронного елемента I з'єднаний з першим виходом аналогового ключа.

Недоліками даного оптоелектронного модуля є низька швидкодія процесу оброблення сигналів в реальному часі, яка обумовлена застосуванням перемикачів режимів роботи і введення-виведення інформації з рухомими контактами з часом перемикачів мілісекундного діапазону $t=1-10$ мс ($\sim 10^{-3}$ с), що зменшує швидкодію пристрою в цілому, хоча оптико-електронні тракти і вузли пристрою здатні працювати з високою швидкістю. Крім того даний оптоелектронний модуль має вузькі функціональні можливості, за рахунок відсутності процесорного управління пристроєм, що актуально в сучасній техніці оброблення інформації.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення швидкодії роботи оптоелектронного модуля та можливості швидкісного оброблення як аналогових так і цифрових даних у реальному часі, а також розширення функціональних можливостей за рахунок можливості процесорного управління пристроєм. Підвищення швидкодії роботи досягається за рахунок використання в пристрої транзисторних ключових перемикачів, що дозволяють комутацію і перемикачів режимів роботи з часом перемикачів в межах $t=10$ пс - 1 нс ($10 \cdot 10^{-12}$ - $1 \cdot 10^{-9}$ с), а також використання джерел світлового випромінювання з підвищеною вихідною оптичною потужністю, оскільки, оптична потужність оптико-електронних елементів обернено пропорційна часу рекомбінації носіїв інформації в елементах, і прямопропорційна швидкодії таких елементів. Збільшивши оптичну потужність і яскравість джерел в оптико-електронних системах можливо зменшити час реакції оптоелектронних елементів в цих системах і збільшивши швидкодію.

Поставлена задача досягається тим, що в оптоелектронний модуль, який містить в кожному розряді регенеративний оптрон, загальні для всіх розрядів додатковий регенеративний оптрон, додаткове джерело світла, оптоелектронний ключ, тактовий генератор, лічильний тригер, аналоговий ключ, перший та другий резистори додаткового регенеративного оптрона, перший и другий додаткові фотоприймачі, перший, другий, третій, четвертий та п'ятий перемикачі, в кожному регенеративному оптроні джерело світла включене між першою шиною живлення та колектором транзистора, емітер якого підключений до загальної шини, база - до перших виводів першого і другого фотоприймачів, у регенеративному оптроні першого розряду джерело світла оптично з'єднане з першим фотоприймачем наступного розряду, а пер-

ший фотоприймач першого розряду оптично з'єднаний з цифровим оптичним входом модуля у всіх розрядах, крім першого, джерело світла оптично з'єднане з першим фотоприймачем наступного розряду та з другим фотоприймачем попереднього розряду, в оптоелектронному ключі джерело світла включене між першою шиною живлення і колектором транзистора, емітер якого підключений до загальної шини, база - до перших виводів третього резистора і фотоприймача оптоелектронного ключа, другий вивід якого підключений до другої шини живлення, другий вивід третього резистора підключений до першої шини живлення, до якої підключений перший вивід додаткового джерела світла, другий вивід якого підключений до загальної шини, додаткове джерело світла оптично з'єднане з першим фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, джерело світла якого оптично з'єднане з другим фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, фотоприймачем оптоелектронного ключа і першим додатковим фотоприймачем, а також з третім фотоприймачем додаткового регенеративного оптрона, перший вивід якого підключений до бази транзистора додаткового регенеративного оптрона, перший вивід першого додаткового фотоприймача підключений до першої шини живлення, другий вивід до першого виводу другого додаткового фотоприймача, другий вивід якого підключений до другої шини живлення, до якої підключений другий вивід другого фотоприймача додаткового регенеративного оптрона, джерело світла оптоелектронного ключа оптично з'єднане з другим додатковим фотоприймачем, перші виводи першого і другого резисторів підключені до бази транзистора додаткового регенеративного оптрона, другий вивід другого резистора підключений до загальної шини, другий вивід першого резистора підключений до першого виходу аналогового ключа до якого підключений перший вивід четвертого резистора регенеративного оптрона кожного розряду, другий вивід четвертого резистора підключений до бази транзистора регенеративного оптрона кожного розряду і до першого виводу п'ятого резистора регенеративного оптрона кожного розряду, другий вивід п'ятого резистора підключений до загальної шини, аналоговий ключ виконаний двовихідним і складається з першого та другого диференціаторів, першого та другого елементів 2I-II, інвертора, оптоелектронного елемента I, четвертого і п'ятого перемикачів, додаткового резистора, вихід першого елемента 2I-II підключений до другого виходу аналогового ключа і з'єднаний з другими виводами перших фотоприймачів кожного розряду, перший вхід першого елемента 2I-II через додатковий резистор підключений до загальної шини і до замикаючого контакту першого перемикача, а другий вхід підключений до виходу другого елемента 2I-II і до першого входу оптоелектронного елемента I, другий вхід якого з'єднаний з входами першого і другого диференціаторів і перемикаючим контактам четвертого перемикача, замикаючий контакт якого підключений до входу аналогового ключа, вихід першого диференціатора через інвертор підключений до першого входу другого елемента 2I-II,

другий вхід якого підключений до виходу другого диференціатора, другий вивід третього фотоприймача додаткового регенеративного оптрона підключений до перемикаючого контакту третього транзисторного ключового перемикача, замикаючий контакт якого підключений до першої шини живлення, замикаючий контакт п'ятого перемикача підключений до входу скиду першого диференціатора, перемикаючий контакт п'ятого перемикача перемикача підключений до загальної шини, а вихід оптоелектронного елемента I з'єднаний з першим виходом аналогового ключа, введено в якості першого, другого, четвертого перемикачів використано перший, другий та четвертий транзисторні ключові перемикачі з групами контактів, що відповідають схемам підключення відповідних перемикачів, причому другий вивід першого фотоприймача додаткового регенеративного оптрона підключений до роз'єднувального контакту першого транзисторного ключового перемикача, перемикаючий контакт якого підключений до виходу тактового генератора і до лічильного входу лічильного тригера, встановлювальний вхід якого підключений до шини скиду, а прямиий вихід - до перемикаючого контакту першої групи другого транзисторного ключового перемикача, роз'єднувальний контакт якого підключений до другого виводу першого фотоприймача регенеративного оптрона кожного непарного розряду і до замикаючого контакту другої групи другого транзисторного ключового перемикача, інверсний вихід лічильного тригера підключений до перемикаючого контакту третьої групи другого транзисторного ключового перемикача, роз'єднувальний контакт якого підключений до другого виводу першого фотоприймача регенеративного оптрона кожного парного розряду і до замикаючого контакту четвертої групи другого транзисторного ключового перемикача, роз'єднувальний контакт якого підключений до другого виводу першого фотоприймача регенеративного оптрона кожного парного розряду і до замикаючого контакту третьої групи другого транзисторного ключового перемикача, замикаючий контакт першої групи якого підключений до другого виводу другого фотоприймача регенеративного оптрона кожного непарного розряду і до роз'єднувального контакту другої групи другого транзисторного ключового перемикача, перемикаючий контакт якої підключений до перемикаючого контакту четвертої групи другого транзисторного ключового перемикача і до першого виводу другого додаткового фотоприймача, перший вхід першого елемента 2I-II через додатковий резистор підключений до загальної шини і до замикаючого контакту першого транзисторного ключового перемикача, другий вхід якого з'єднаний з входами першого і другого диференціаторів і перемикаючим контактом четвертого транзисторного ключового перемикача, замикаючий контакт якого підключений до входу аналогового ключа, роз'єднувальний контакт четвертого транзисторного ключового перемикача підключений до загальної шини, крім того, введено тринадцять сигнальних резисторів, перші виводи яких є входами керування оптоелектронним модулем, а другі - підключені до баз транзисторів, що

входять до складу першого, другого, третього і четвертого транзисторних ключових перемикачів, колектори першого і другого транзисторів четвертого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт четвертого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти першої групи четвертого транзисторного ключового перемикача, бази цих транзисторів підключені до других виводів першого і другого сигнальних резисторів, емітери третього і четвертого транзисторів першого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт першого транзисторного ключового перемикача, а їх колектори - відповідні роз'єднуючі контакти, бази цих транзисторів підключені до других виводів третього і четвертого сигнальних резисторів, колектори п'ятого і шостого транзисторів першої групи другого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт першої групи другого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти першої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів п'ятого і шостого сигнальних резисторів, колектори сьомого і восьмого транзисторів третьої групи другого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт третьої групи другого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти третьої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів шостого, сьомого і восьмого сигнальних резисторів, колектори дев'ятого і десятого транзисторів другої групи другого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт другої групи другого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти другої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів дев'ятого і десятого сигнальних резисторів, колектори одинадцятого, дванадцятого і тринадцятого транзисторів третьої групи другого транзисторного ключового перемикача об'єднані і утворюють перемикаючий контакт третьої групи другого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти третьої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів тринадцятого, дванадцятого і тринадцятого сигнальних резисторів відповідно, в якості джерел світла використано над'яскраві світлодіоди з яскравістю в межах не менше 1 Кд (кандел) і вихідною оптичною потужністю не менше 1 мВт.

На кресленні зображено схему оптоелектронного модуля.

Оптоелектронний модуль містить у кожному розряді 1.1, 1.2, 1.3 і 1.4 регенеративний оптрон, загальні для всіх розрядів додатковий регенеративний оптрон 2, додаткове джерело світла 3, оптоелектронний ключ 4, тактовий генератор 5, лічильний тригер 6, перший 7 і другий 8 резистори додаткового регенеративного оптрона, перший 9 і другий 10 додаткові фотоприймачі, у кожному регенеративному оптроні джерело світла 11 включене між першою шиною живлення 12 і колектором транзистора 13 додаткового регенеративного опт-

рона 2, емітер якого підключений до загальної шини 14, база підключена до перших виводів першого 15 і другого 16 фотоприймачів, у регенеративному оптроні першого розряду 1.1 джерело світла 11 оптично з'єднане з першим фотоприймачем 15 наступного розряду 1.2, а перший фотоприймач 15 першого розряду 1.1 оптично з'єднаний з цифровим оптичним входом 17 модуля у всіх розрядах 1.2...1.4, крім першого 1.1, джерело світла 11 оптично з'єднане з першим фотоприймачем 15 наступного розряду і з другим фотоприймачем 16 попереднього розряду, в оптоелектронному ключі 4 джерело світла 18 включене між першою шиною живлення 12 і колектором транзистора 19, емітер якого підключений до загальної шини 14, база - до перших виводів третього резистора 20 і фотоприймача 21 оптоелектронного ключа, другий вивід якого підключений до другої шини живлення 22, другий вивід третього резистора 20 підключений до першої шини живлення 12, до якої підключений перший вивід першого додаткового джерела світла 3, другий вивід якого підключений до загальної шини 14, додаткове джерело світла 3 оптично з'єднане з першим фотоприймачем 15 додаткового регенеративного оптрона 2, джерело світла 11 якого оптично з'єднане з другим фотоприймачем 16 додаткового регенеративного оптрона 2, фотоприймачем 21 оптоелектронного ключа 4 і першим додатковим фотоприймачем 9, а також з третім фотоприймачем 23 додаткового регенеративного оптрона 2, перший вивід якого підключений до бази транзистора 13 додаткового регенеративного оптрона 2, перший вивід першого додаткового фотоприймача 9 підключений до першої шини живлення 12, другий вивід до першого виводу другого додаткового фотоприймача 10, другий вивід якого підключений до другої шини живлення 22, до якої підключений другий вивід другого фотоприймача 16 додаткового регенеративного оптрона 2, джерело світла 18 оптоелектронного ключа 4 оптично з'єднане з другим додатковим фотоприймачем 10, другий вивід першого фотоприймача 15 додаткового регенеративного оптрона 2 підключений до роз'єднуючого контакту 24 першого транзисторного ключового перемикача 25, перемикаючий контакт 26 який підключений до виходу тактового генератора 5 і до лічильного входу 27 лічильного тригера 6, встановлювальний вхід 28 якого підключений до шини скиду 29, а прямий вихід 30 - до перемикаючого контакту 31 першої групи 32 другого транзисторного ключового перемикача 33, роз'єднуючий контакт 34 підключений до другого виводу першого фотоприймача 15 регенеративного оптрона кожного непарного розряду 1.1, 1.3 і до замикаючого контакту 35 другої групи 36 другого транзисторного ключового перемикача 33, інверсний вихід 37 лічильного тригера 6 підключений до перемикаючого контакту 38 третьої групи 39 другого транзисторного ключового перемикача 33, роз'єднуючий контакт 40 підключений до другого виводу першого фотоприймача 15 регенеративного оптрона кожного парного розряду 1.2, 1.4 та до замикаючого контакту 41 четвертої групи 42 другого транзисторного ключового перемикача 33, роз'єднуючий контакт 43 підключений до другого ви-

воду другого фотоприймача 16 регенеративного оптрона кожного парного розряду 1.2, 1.4 та до замикаючого контакту 44 третьої групи 39 другого транзисторного ключового перемикача 33, замикаючий контакт 45 першої групи 32 підключений до другого виводу другого фотоприймача 16 регенеративного оптрона кожного непарного розряду 1.1, 1.3 та до роз'єднуючого контакту 46 другої групи 36 другого транзисторного ключового перемикача 33, перемикаючий контакт 47 підключений до перемикаючого контакту 48 четвертої групи 42 другого транзисторного ключового перемикача 33 та до першого виводу другого додаткового фотоприймача 10, другий вивід третього фотоприймача 23 додаткового регенеративного оптрона 2 підключений до перемикаючого контакту 49 третього перемикача 50, замикаючий контакт 51 підключений до першої шини 12 живлення, до бази транзистора 13 додаткового регенеративного оптрона 2 підключені перші виводи першого 7 і другого 8 резисторів, другий вивід другого резистора 8 підключений до загальної шини 14, другий вивід першого резистора 7 підключений до першого виходу аналогового ключа 52, до якого підключений перший вивід четвертого резистора 53, регенеративного оптрона кожного розряду 1.1, 1.4, другий вивід якого підключений до бази транзистора 13 регенеративного оптрона кожного розряду 1.1, 1.4 та до першого виводу п'ятого резистора 54 регенеративного оптрона кожного розряду 1.1, ..., 1.4, другий вивід якого підключений до загальної шини 14. Аналоговий ключ 52 містить перший 55 і другий 56 диференціатори, перший 57 і другий 58 елементи 2I-НІ, інвертор 59, шостий резистор 60, оптоелектронний елемент I 61. У регенеративному оптроні кожного розряду 1.1 ... 1.4 фотоприймач 62 позитивного зворотного зв'язку підключений анодом до бази транзистора 13 регенеративного оптрона кожного розряду 1.1 ... 1.4, джерело світла 11 оптично зв'язане з фотоприймачем 62 позитивного зворотного зв'язку, катод якого підключений до шини 63 позитивного зворотного зв'язку, що підключена до другого виходу аналогового ключа 52, підключеного до виходу першого елемента 2I-НІ 57, перший вхід якого підключений до замикаючого контакту 64 першого транзисторного ключового перемикача 25 і до першого виводу додаткового резистора 60, другий вивід якого підключений до загальної шини 14, другий вхід першого елемента 2I-НІ 57 підключений до виходу другого елемента 2I-НІ 58, перший вхід якого підключений до виходу інвертора 59, вхід якого підключений до колектора складеного транзистора 65 першого диференціатора 55, база складеного транзистора 65 кожного диференціатора 55 і 56 підключена до перших виводів першого 66 і другого 67 резисторів кожного диференціатора 55 і 56, другий вивід першого резистора 66 кожного диференціатора 55 і 56 підключений до першої шини живлення 12, другий вивід другого резистора 67 кожного диференціатора 55 і 56 підключений до загальної шини 14, до якої підключений емітер складеного транзистора 65 кожного диференціатора 55 і 56, колектор якого підключений до першого виводу навантажувального резистора 68 кожного диференціатора 55 і 56, другий

вивід якого підключений до першої шини живлення 12, база складеного транзистора 65 кожного диференціатора 55 і 56 підключена до першої обкладинки конденсатора 69 кожного диференціатора 55 і 56, друга обкладинка якого підключена до перемикаючого контакту 70 четвертого транзисторного ключового перемикача 71, роз'єднуючий контакт 72 підключений до загальної шини 14, замикаючий контакт 73 четвертого транзисторного ключового перемикача 71 підключений до клемки вхідного аналогового сигналу 74, колектор складеного транзистора 65 другого диференціатора 56 підключений до другого входу другого елемента 2I-HI 58, вихід якого підключений до першого виводу другого додаткового джерела світла 75 оптоелектронного елемента I 61, другий вивід якого підключений до загальної шини 14, до якої підключений перший вивід резистора 76 оптоелектронного елемента I 61, другий вивід якого підключений до першого виходу аналогового ключа 52 та до емітеру транзистора 77 оптоелектронного елемента I 61, колектор якого підключений до першої шини живлення 12, база транзистора 77 оптоелектронного елемента 161 підключена до першого виводу фотоприймача 78, другий вивід якого підключений до другої обкладинки конденсатора 69 диференціаторів 55 і 56, друге додаткове джерело світла 75 оптоелектронного аналогового ключа 61 оптично з'єднаний з фотоприймачем 78, база складеного транзистора 65 першого диференціатора 55 підключена до виходу скиду першого диференціатора 55 і до замикаючого контакту 79 п'ятого перемикача 80, перемикаючий контакт 81 якого підключений до загальної шини 14. Оптоелектронний модуль також містить тринадцять сигнальних резисторів 80-92, перші виводи яких є входами керування оптоелектронним модулем, а другі підключені до баз транзисторів 93-105, що входять до складу першого 25, другого 33, четвертого 71 транзисторних ключових перемикачів, колектори першого 104 і другого 105 транзисторів четвертого транзисторного ключового перемикача 71 об'єднані і утворюють перемикаючий контакт 70 четвертого транзисторного ключового перемикача 71, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти 72 і 73 першої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів першого 80 і другого 81 сигнальних резисторів, емітери третього 102 і четвертого 103 транзисторів першого транзисторного ключового перемикача 25 об'єднані і утворюють перемикаючий контакт 64 першого транзисторного ключового перемикача 25, а їх колектори - відповідні роз'єднуючі контакти 26 і 24, бази цих транзисторів підключені до других виводів третього 82 і четвертого 83 сигнальних резисторів, колектори п'ятого 93 і шостого 94 транзисторів першої групи другого транзисторного ключового перемикача 33 об'єднані і утворюють перемикаючий контакт 31 першої групи другого транзисторного ключового перемикача 33, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти 34 і 45 першої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів п'ятого 84 і шостого 85 сигнальних резисторів, колектори шостого 95, сьомого 96 і восьмого 97 транзисторів третьої групи другого транзисторного ключового перемикача

33 об'єднані і утворюють перемикаючий контакт 38 третьої групи другого транзисторного ключового перемикача, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти 40, 44 третьої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів шостого 86, сьомого 87 і восьмого 88 сигнальних резисторів, колектори дев'ятого 98 і десятого 99 транзисторів другої групи другого транзисторного ключового перемикача 33 об'єднані і утворюють перемикаючий контакт 47 другої групи другого транзисторного ключового перемикача 33, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти 30, 35 і 46 другої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів дев'ятого 89 і десятого 90 сигнальних резисторів, а колектори одинадцятого 100, дванадцятого 101 і тринадцятого 102 транзисторів третьої групи другого транзисторного ключового перемикача 33 об'єднані і утворюють перемикаючий контакт 48 третьої групи другого транзисторного ключового перемикача 33, а їх емітери - відповідні роз'єднуючі контакти 42, 43 та 46 третьої групи, бази цих транзисторів підключені до других виводів одинадцятого 91, дванадцятого 92 і тринадцятого 93 сигнальних резисторів відповідно.

Пристрій працює наступним чином. Оптоелектронний модуль може працювати в цифровому та аналоговому режимах. Розглянемо роботу оптоелектронного модуля в цифровому режимі.

Для готовності оптоелектронного модуля до запису інформації на шини 12 і 22 подається позитивна і негативна напруга живлення, лічильний тригер 6 встановлюється в нульовий стан шляхом подачі на його вхід 28 по шині скиду 29 потенціалу, що відповідає рівню логічної одиниці, контакти 24 і 26 першого транзисторного ключового перемикача 25, 72 та контакт 70 четвертого транзисторного ключового перемикача 71-у замкнутому стані, оскільки замикаючий контакт 64 першого перемикача 25 у незамкнутому стані, що обумовлено тим що на керуючі входи через сигнальні резисторів від зовнішньої системи процесорного управління надійшли відповідні сигнали на третій 103 і четвертий 102 транзистори першого транзисторного ключового перемикача 25 та перший 105 і другий 104 транзистори четвертого транзисторного ключового перемикача 71, що утворює відкриття їх в такому положенні, щоб забезпечувалося замикання відповідних контактів. Тоді на перший вхід першого елемента 2I-HI 57 надходить нульовий потенціал із загальної шини 14 через шостий резистор 60, що призводить до появи на виході першого елемента 2I-HI 57 позитивного потенціалу логічної одиниці. У режимі "Підсумовування" другий перемикач 33 встановлюється так, що його контакти 31 і 34, 38 і 40, 46 і 47, 43 і 48 замкнуті, контакти 49 і 51 перемикача 50 - замкнуті. З виходу тактового генератора 5 через контакти 24 і 26 першого перемикача 25 на перший фотоприймач 15 додаткового регенеративного оптрона 2 подаються імпульси позитивної полярності. При подачі світлового потоку на перший фотоприймач 15 регенеративного оптрона першого розряду 1.1 з оптичного цифрового входу 17 і імпульсу позитивної полярності на другий вивід першого фотоприймача 15 додаткового регенеративного оптрона 2 і лічильний вхід

27 лічильного тригера 6 у збуджений стан переходять регенеративний оптрон першого розряду 1.1 і додатковий регенеративний оптрон 2, спрацьовує оптоелектронний ключ 4, джерело світла 18 не випромінює оптичного сигналу, а джерело світла 11 додаткового регенеративного оптрона 2 подає оптичний сигнал на перший додатковий фотоприймач 9, що відповідає "високому" позитивному потенціалу на об'єднаних виводах додаткових фотоприймачів 9 і 10, причому, якщо тривалість паузи між імпульсами тактового генератора 5 така, що додатковий регенеративний оптрон 2 не встиг обнулитись через освітлений другий фотоприймач 16 додаткового регенеративного оптрона 2, то при записі наступної одиниці інформації з об'єднаних виводів додаткових фотоприймачів 9 і 10 також знімається "високий" позитивний потенціал. При подачі наступного імпульсу на прямому виході 30 лічильного тригера 6 знаходиться "низький" рівень, що відповідає логічному нулю, а на інверсному виході 37 - "високий" рівень, що відповідає логічній одиниці. Це дає можливість протікання струму через освітлений перший фотоприймач 15 регенеративного оптрона другого розряду 1.2 у базу транзистора 13 регенеративного оптрона другого розряду 1.2, у колекторному ланцюзі цього транзистора починає протікати струм, що приводить до включення джерела світла 11 регенеративного оптрона другого розряду 1.2, зворотний опір фотодіода 62 позитивного зворотного зв'язку регенеративного оптрона другого розряду 1.2 різко зменшується й у базу транзистора 13 цього розряду починає протікати додатковий струм, що приводить до стабілізації збудженого регенеративного оптрона другого розряду 1.2. При надходженні наступного імпульсу з тактового генератора 5 на виході 30 лічильного тригера 6 з'являється "високий" рівень, а на виході 37 - "низький", що дає можливість спрацьовувати оптрону третього розряду 1.3 і т.д. Обнулення оптронів першого 1.1 і другого 1.2 розрядів не відбувається, тому що при записі інформації в модуль з об'єданого виводу додаткових фотоприймачів 9 і 10 знімається "високий" рівень позитивного потенціалу.

Після завершення запису інформації в модуль, тобто припинення надходження імпульсів з виходу тактового генератора 5, додатковий регенеративний оптрон 2 обнулюється через освітлений другий фотоприймач додаткового регенеративного оптрона 2, переключачється оптоелектронний ключ 4 і з його джерела світла 18 надходить оптичний сигнал на другий додатковий фотоприймач 10, а на перший додатковий фотоприймач 9 оптичний сигнал з виходу джерела світла 11 додаткового регенеративного оптрона 2 не надходить, що відповідає "високому" негативному потенціалу на об'єднаних виводах додаткових фотоприймачів 9 і 10, при цьому відбувається обнулення регенеративних оптронів усіх збуджених розрядів модуля шляхом подачі на базу транзистора 13 негативного потенціалу через освітлений другий фотоприймач 16, крім останнього збудженого розряду, тому що відсутній світловий потік на його другому фотоприймачі 16 з оптичного виходу наступного розряду.

У режимі "Віднімання" другий перемикач 33 установлюється так, щоб були замкнуті контакти 31 і 45, 38 і 44, 35 і 47, 41 і 48, контакти 24 і 26 першого транзисторного ключового перемикача 25, а контакти 49 і 51 третього перемикача 50 знаходились у замкнутому стані, що забезпечується шляхом подачі необхідної комбінації рівнів високих і низьких сигналів на входи керування оптоелектронного модуля і відповідно на бази транзисторів першого 25, четвертого 71 і другого 33 транзисторних ключових перемикачів. На виході першого елемента 2I-II 57 як і раніше є присутнім "високий" позитивний потенціал, що відповідає логічній одиниці. З'являється позитивний імпульс на виході тактового генератора 5. Якщо регенеративний оптрон третього розряду 1.3 модуля знаходився у збудженому стані, то при подачі позитивних електричних імпульсів послідовно збуджуються регенеративні оптрони другого 1.2 і першого 1.1 розрядів. Після завершення запису інформації відбувається обнулення додаткового регенеративного оптрона 2, переключачється оптоелектронний ключ 4, з виходу джерела світла 18 надходить оптичний сигнал на другий додатковий фотоприймач 10, що призводить до появи на об'єднаних виводах додаткових фотоприймачів 9 і 10 "високого" потенціалу. На базу транзистора 13 усіх збуджених регенеративних оптронів надходить "високий" негативний потенціал через освітлений перший фотоприймач 15. Відбувається обнуління всіх збуджених розрядів модуля, крім крайнього лівого збудженого розряду, на перший фотоприймач 15 не надходить оптичний сигнал з попереднього розряду.

Таким чином, при записі інформації в модуль він працює в одинично-нормальному коді, а при завершенні запису інформації код перетворюється в відповідний одинично-позиційний. Якщо тривалість вхідних імпульсів t_i , а тривалість паузи між імпульсами t_n , то модуль функціонує в зазначеному режимі, якщо $t_n < T_{з.д.р.о.}$, де $T_{з.д.р.о.}$ - час обнуління додаткового регенеративного оптрона 2, який залежить від часу спрацьовування другого 16 і третього 23 фотоприймачів додаткового регенеративного оптрона 2.

Якщо $t_n \geq T_{з.д.р.о.}$, то модуль функціонує в одинично-позиційному коді, причому комутація режимів "Підсумовування" і "Віднімання" відбувається аналогічним чином. Час спрацьовування першого 25, другого 33 і четвертого 71 транзисторних ключових перемикачів, які встановлюють відповідний режим процесу функціонування оптоелектронним модулем знаходиться в межах $t=10$ пс - 1 нс ($10 \cdot 10^{-12}$ - $1 \cdot 10^{-9}$ с, оскільки постійна часу оптоелектронних елементів схеми пристрою $A \sim 10^{-12}$ с), що на 9 порядків менше за час комутації перемикачами на основі рухомих контактів ($t=1-10$ мс ($\sim 10^{-3}$ с)), що значно підвищує швидкість роботи оптоелектронного модуля та робить можливим аналогових цифрових сигналів у реальному часі, що є особливо важливим зокрема при зміні режиму функціонування. Крім того забезпечується можливість зовнішнього процесорного управління оптоелектронним модулем.

У режимі "Підсумовування" при подачі світлового потоку на перший фотоприймач 15 оптрона третього розряду 1.3, регенеративний оптрон розряду 1.2 знаходиться в збудженому стані, і при появі наступного імпульсу позитивної полярності на виході тактового генератора 5, лічильному вході 27 лічильного тригера 6, на його прямому виході 30 з'являється потенціал, що відповідає рівневі логічної одиниці: у збуджений стан переходить регенеративний оптрон третього розряду 1.3 і додатковий регенеративний оптрон 2, причому в паузі між імпульсами додатковий регенеративний оптрон 2 обнуляється, оскільки $t_n \geq T_{з.д.р.о.}$ переключаючи оптоелектронний ключ 4. Отже, з об'єднаного виводу додаткових фотоприймачів 9 і 10 знімається "високий" рівень потенціалу і створюються умови для обнулення регенеративного оптрона другого розряду 1.2.

У режимі "Віднімання", якщо регенеративний оптрон третього розряду 1.3 знаходиться в збудженому стані, то при подачі чергового імпульсу збуджується регенеративний оптрон другого розряду 1.2 і додатковий регенеративний оптрон 2, причому в паузі між імпульсами додатковий регенеративний оптрон 2 обнуляється, так як $t_n \geq T_{з.д.р.о.}$ перемикаючи оптоелектронний ключ 4. Відповідно, з об'єднаних виводів додаткових фотоприймачів 9 і 10 знімається "високий" негативний потенціал і створюються умови для обнулення регенеративного оптрона третього розряду 1.3.

Розглянемо роботу оптоелектронного модуля в аналоговому режимі.

Для роботи оптоелектронного модуля в даному режимі необхідно подати відповідні команди керування від зовнішнього процесорного блоку на входи керування оптоелектронним модулем, щоб відбулось замикання контактів 26 і 64 першого транзисторного ключового перемикача 25, та розімкнулись контакти 49 і 51 третього перемикача 50, замкнулись контакти 70 і 73 четвертого транзисторного ключового перемикача 71, а контакти 31 і 38 другого транзисторного ключового перемикача 33 знаходилися в проміжному положенні, контакти 34 і 40 відповідно розімкнуті, а контакти 45 і 44 - замкнуті. Це забезпечується шляхом подачі необхідної кодової послідовності високого рівня на входи керування оптоелектронним модулем, що є першими входами сигнальних резисторів 80-92.

Усі розряди 1.1...1.4 модуля за допомогою подільника напруги, що складається з двох резисторів 53 і 54, налаштовуються на визначене порогову напругу $U_{пор}$. Додатковий регенеративний оптрон 2 за допомогою резисторів 7 і 8 налаштовуються на порогову напругу самого молодшого розряду 1.1, який має мінімальну граничну напругу, а додатковий регенеративний оптрон 2 збуджується тоді, коли на першому виході аналогового ключа 52 присутня мінімальна порогова напруга $U_{пор. min}$. Контакти 47 і 48 другого транзисторного ключового перемикача 33 встановлюються так, що вони замкнуті з контактами 46 і 43 відповідно. Імпульси з виходу тактового генератора 5 надходять через замкнуті контакти 26 і 64 першого транзисторного ключового перемикача 25 на додатковий

резистор 60 і на перший вхід першого елемента 2I-НІ 57.

Напругу на базі складеного транзистора 65 першого диференціатора 55 за допомогою високоомного подільника, що складається з резисторів 66 і 67, обрано таким чином, щоб складений транзистор 65 першого диференціатора 55 був у відкритому стані і на вході інвертора 59 була напруга логічного нуля, але щоб насичення складеного транзистора 65 було мінімальним і він знаходився на порозі активного режиму. Напруга на базі складеного транзистора 65 другого диференціатора 56 за допомогою високоомного подільника напруги, що складає з резисторів 66 і 67, обрано таким чином, щоб складений транзистор 65 другого диференціатора 56 був у закритому стані, але на порозі активного режиму, і на другий вхід другого елемента 2I-НІ 58 надходить напруга логічної одиниці. Конденсатор 69 разом з опором, утвореним паралельно з'єднанням резисторів 66, 67 і опору складеного транзистора 65 з боку бази кожного диференціатора 55 і 56, утворюють диференціюючу RC-ланку.

Якщо на клемі вхідного аналогового сигналу 74 є присутня нульова або ненульова незмінна

$$\frac{dU_{вх}}{dt} = 0$$

аналогова напруга $U_{вх}$, тобто $\frac{dU_{вх}}{dt} = 0$, то на виході такої диференціюючої RC-ланки напруга відсутня і транзистори 65 диференціаторів 55 і 56 знаходяться в режимах, заданих резисторами 66 і 67.

Якщо вхідна $U_{вх}$ аналогова напруга зростає

$$\frac{dU_{вх}}{dt} > 0$$

, то на виході диференціюючих RC-ланок утворюється деяка позитивна напруга, що ще більше закриває складений транзистор 65 першого диференціатора 55 і на вході інвертора 59 як і раніше зберігається напруга логічного нуля і відкриває складений транзистор 65 другого диференціатора 56, внаслідок його великого коефіцієнта підсилення, що призводить до появи напруги логічного нуля на другому вході другого елемента 2I-НІ 58. Якщо вхідна аналогова напруга $U_{вх}$ спадає

$$\frac{dU_{вх}}{dt} < 0$$

, то на виході диференціюючих RC-ланок утворюється деяка негативна напруга, що призводить до закриття складеного транзистора 65 першого диференціатора 55 внаслідок його великого коефіцієнта підсилення, появі на вході інвертора 59 напруги логічної одиниці, і ще більшому запиранню складеного транзистора 65 другого диференціатора 56 так, що на другому вході другого елемента 2I-НІ є присутнім напруга логічної одиниці (таблиця).

$\frac{dU_{вх}}{dt}$	Вихід першого диференціатора 55, X_1	Вихід другого диференціатора 56, X_2	Функція керування *f
=0	0	1	0
>0	0	0	1
<0	1	1	1

Функція керування записується у вигляді:

$$f^* = 1, \text{ якщо } \frac{dU_{\text{вх}}}{dt} \geq 0,$$

$$f^* = 1, \text{ якщо } \frac{dU_{\text{вх}}}{dt} \leq 0,$$

$$f^* = 0, \frac{dU_{\text{вх}}}{dt} = 0$$

Виходячи з таблиці, функція керування описується виразом: $f = \overline{X_1} \cdot X_2$, що реалізується інвертором 59 і другим елементом 2I-НІ 58.

Розглянемо роботу модуля в режимі одинично-нормального коду.

В даному режимі контакти 79 і 81 п'ятого перемикача 80 замкнуті, тому на базі складеного транзистора 65 першого диференціатора 55 є присутнім нульовий потенціал, цей складений транзистор 65 закритий і на вході інвертора 59 присутня напруга логічної одиниці, тому функція керування $f^*=1$. Позитивна напруга логічної одиниці з виходу другого елемента 2I-НІ 58 надходить на друге додаткове джерело світла 75 і вмикає його. Опір фотоприймача 78 оптоелектронного елемента І 61 значно зменшується, і на шині аналогової напруги з'являється аналогова напруга $U=U_{\text{вх}}-\Delta U_{\text{о.а.к.}}$, де $U_{\text{вх}}$ - вхідна аналогова напруга; $U_{\text{о.а.к.}}$ - падіння напруги на оптоелектронному елементі І, яке є незначним. Напруга логічної одиниці з виходу другого елемента 2I-НІ 58 надходить також на другий вхід першого елемента 2I-НІ 57, що призводить до появи імпульсів на шині 63 позитивного зворотного зв'язку. Коли на шині аналогового сигналу присутня аналогова напруга U , а 50 на шині 63 позитивного зворотного зв'язку - позитивний імпульс, то збуджується один з молодших розрядів 1.1 ... 1.і пристрою, порогова напруга якого $U_{\text{пор.}} \leq U$. Спрацьовує додатний зворотний зв'язок і з шини 63 через освітлені фотодіоди 62 позитивного зворотного зв'язку протікає додатковий струм у бази транзисторів 13 регенеративного оптрона і-х збуджених розрядів 1.1, ..., 1.і, що призводить до стабілізації його режиму.

По закінченні імпульсу на шині 63 позитивного зворотного зв'язку на ній з'являється напруга логічного нуля. Фотодіоди 62 позитивного зворотного зв'язку виявляються включеними в прямому напрямку і відбувається обнулення їх молодших збуджених розрядів 1.1 ... 1.і, і оптоелектронний модуль знову готовий до запису аналогової інформації на наступному такті. У такий спосіб за допомогою імпульсів на шині 63 позитивного зворотного зв'язку здійснюється тимчасова дискретизація вхідного аналогового сигналу. Оскільки на першому виході аналогового ключа 52 увесь час присутня деяка напруга $U=U_{\text{вх}}-\Delta U_{\text{о.а.к.}}$, то додатковий регенеративний оптрон 2 весь час збуджений, що призводить до появи на об'єднаних виводах додаткових фотоприймачів 9 і 10 постійного "високого" позитивного потенціалу.

Розглянемо роботу модуля в режимі одиничного нормально-позиційного коду. У даному режи-

мі контакти 79 і 81 п'ятого перемикача 80 розімкнуті.

Якщо вхідна аналогова напруга на клемі 74

$$\frac{dU_{\text{вх}}}{dt} \approx 0$$

змінюється, тобто $\frac{dU_{\text{вх}}}{dt}$, то на виході другого елемента 2I-НІ 58 функція збудження $f = 1$, і модуль функціонує в одинично-нормальному коді.

Якщо вхідна аналогова напруга $U_{\text{вх}}$ збільшилась і досягло деякого рівня, $U_{\text{вх}}=\text{const}$, і відповідає молодшим збудженим розрядам 1.1 ... 1.і, то

$$\frac{dU_{\text{вх}}}{dt} = 0$$

оскільки $\frac{dU_{\text{вх}}}{dt}$, на виході другого елемента 2I-НІ 58 з'являється напруга логічного нуля, тому на шині 63 позитивного зворотного зв'язку встановлюється постійна напруга логічної одиниці. Оскільки друге додаткове джерело світла 75 вимкнене, опір фотоприймача 78 оптоелектронного аналогового сигналу напруга стає рівною нулеві. Додатковий регенеративний оптрон 2 обнуляється, переключається оптоелектронний ключ 4, що приводить до появи "високого" негативного потенціалу на об'єднаних виводах додаткових фотоприймачів 9 і 10. Відбувається обнулення молодших (і-1) збуджених розрядів 1.1 ... 1.(і-1) негативним потенціалом, що надходить на бази транзисторів 13 другого регенеративного оптрону 2 цих розрядів через освітлені другі фотоприймачі 16. Останній і-й збуджений розряд обнулюватись не буде, тому що відсутній світловий потік на його другий фотоприймач 16 від джерела 11 світла наступного розряду. Збуджений розряд 1.і залишається в збудженому стані, поки не буде змінюватися вхідний аналоговий сигнал. Як тільки вхідний аналоговий сигнал змінюється, на виході другого елемента 2I-НІ 58 з'являється напруга логічної одиниці, на шині 63 позитивного зворотного зв'язку почнуть надходити імпульси, і в першій паузі між імпульсами відбудеться обнулення і-го збудженого розряду 1.і, тому що фотодіод 62 позитивного зворотного зв'язку даного розряду виявиться включеним у прямому напрямку. Модуль знову готовий до запису інформації.

Таким чином, у даному режимі модуль відображає аналоговий сигнал, що змінюється, в одинично-нормальному коді й аналоговий сигнал, що не змінюється, в одинично-позиційному коді. Час спрацьовування першого 25, другого 33 і четвертого 71 транзисторних ключових перемикачів, які встановлюють відповідний режим процесу функціонування оптоелектронним модулем знаходиться в межах $t = 10 \text{ пс} - 1 \text{ нс}$ ($10 \cdot 10^{-12} - 1 \cdot 10^{-9} \text{ с}$), що на 9 порядків менше за час комутації перемикачами на основі рухомих контактів ($t = 1-10 \text{ мс}$ ($\sim 10^{-3} \text{ с}$)), що значно підвищує швидкість роботи оптоелектронного модуля та робить можливим аналогових цифрових сигналів у реальному часі, що є особливо важливим зокрема при зміні режиму функціонування.

