



УКРАЇНА

(19) UA (11) 79992 (13) C2
(51) МПК (2006)
G01C 3/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ЦИФРОВИЙ ВИМІРЮВАЧ ДАЛЬНОСТІ

1

(21) а200504022

(22) 27.04.2005

(24) 10.08.2007

(46) 10.08.2007, Бюл. № 12, 2007 р.

(72) Кондратов Владислав Тимофійович, Руденський Олександр Миколайович

(73) ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ.В.М.ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ

(56) SU, а.с. №1811263, G01C3/08, публ. 27.06.1996.

US, патент №5214483, G01C3/08, публ. 25.05.1993.

(57) 1. Цифровий вимірювач дальності, що містить лічильник імпульсів з інтерфейсом зв'язку, генератор електричних імпульсів високої частоти, вихід якого підключений до лічильного входу лічильника імпульсів, фотоприймач, електричну лінію затримки, першу напівпрозору пластину, першу та другу фокусуючі лінзи, остання з яких через першу напівпрозору пластину оптично з'єднана з об'єктом дослідження, лазерний генератор оптичних імпульсів, який оптично з'єднаний через першу напівпрозору пластину з першим відбивним дзеркалом, при цьому вихід фотоприймача підключений до першого входу формувача імпульсів, другий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, вихід формувача імпульсів підключений до входу електричної лінії затримки, який відрізняється тим, що додатково введені мікроконтролер, оперативний запам'ятовуючий пристрій, постійний перепрограмований запам'ятовуючий пристрій, перший та другий перетворювачі "код-переміщення" та автоматичний перемикач оптичного випромінювання, які з'єднані між собою та з мікроконтролером через загальну шину, до якої підключені виходи інтерфейсу зв'язку лічильника імпульсів, тригер, апертурна діафрагма, блок логічних елементів 3І-АБО-НІ, набірне поле з інтерфейсом зв'язку, рідкокристалічний індикатор з інтерфейсом зв'язку, перша та друга діафрагми, що жорстко з'єднані з першим та другим перетворювачами "код-переміщення" відповідно, блок оптичних ліній затримки, третя фокусуюча лінза, друга напівпрозора пластинка, вхід якої оптично з'єднаний через першу фокусуючу лінзу з входом фотоприймача, вхід другої напівпрозорої пластинки оптично з'єднаний через послідовно розташовані на основній оптичній осі автоматичний перемикач оптичного випроміню-

2

вання і блок оптичних ліній затримки з виходом другої фокусуючої лінзи, при цьому перша діафрагма встановлена між першим і другим відбивними дзеркалами, останнє з яких оптично з'єднане з другою напівпрозорою пластинкою, друга діафрагма встановлена на основній оптичній осі між першою напівпрозорою пластинкою і апертурною діафрагмою, один з паралельних портів "вводу-виводу" мікроконтролера з'єднаний з набірним полем через його інтерфейс зв'язку, другий паралельний порт підключений до рідкокристалічного індикатора через його інтерфейс зв'язку, вихід першого розряду третього паралельного порту з'єднаний з першим та другим входами першого та першим входом другого логічних елементів І блока логічних елементів 3І-АБО-НІ, інверсний вихід якого підключений до входу керування лазерного генератора оптичних імпульсів, вихід другого розряду третього паралельного порту підключений до третього входу першого логічного елемента І, вхід-вихід третього розряду третього паралельного порту мікроконтролера з'єднаний з другим входом другого логічного елемента І блока логічних елементів 3І-АБО-НІ та підключений до з'єднаних між собою інверсного виходу тригера та входу "припинення рахування імпульсів" лічильника імпульсів, вихід четвертого розряду третього паралельного порту мікроконтролера з'єднаний з входом "установки нуля" тригера, прямий вихід якого підключений до входу "рахування імпульсів" лічильника імпульсів, лічильний вхід тригера з'єднаний з виходом формувача імпульсів та через електричну лінію затримки підключений до об'єднаних між собою входу послідовного порту мікроконтролера і третього входу другого логічного елемента І блока 3І-АБО-НІ.

2. Цифровий вимірювач дальності за п. 1, який відрізняється тим, що додатково містить оптичний канал візуалізації зображення об'єкта дослідження, до складу якого входять оптично з'єднані між собою плоскопаралельна пластинка з візором, третя фокусуюча лінза, третє відбивне дзеркало та формувач зображення, який включає оптично з'єднані між собою четверте відбивне дзеркало і четверту фокусуючу лінзу і який жорстко з'єднаний з виконавчим механізмом, вхід керування якого підключений до загальної шини, причому формувач зображення встановлюється на основній

(13) C2

(11) 79992

(19) UA

оптичній осі між апертурною діафрагмою та першою діафрагмою тільки під час візуалізації зобра-

ження зазначеного об'єкта.

Відомий цифровий вимірювач дальності [див. Криксунов Л.З. Системы передачи информации с оптическими квантовыми генераторами. К., 1970. - С.196], який включає в себе оптичний квантовий генератор, модулятор, лінзу, приймач променевої енергії, підсилювач, відзеркалювач, генератор імпульсів, децимальний лічильник дальності, імпульс збросу, мультівібратор, бінарний лічильник, тригер, схему формування, що з'єднані між собою відповідним чином.

Відомому цифровому вимірювачу дальності присутня недостатня точність вимірювання, обумовлена впливом на результат вимірювання середньоінтегрального значення показника заломлення навколишнього середовища (повітря) вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі до досліджуваного об'єкта та додаткових похибок оптичного тракту передачі оптичних імпульсів. Крім того, недостатня точність обумовлена тим, що відомий вимірювач реалізує спосіб вимірювання, що не виключає систематичних похибок вимірювання дальності. В цьому цифровому вимірювачі дальності відсутній оптичний канал візуалізації зображення об'єкта дослідження, що також приводить до додаткових похибок по наведенню цифрового вимірювача дальності на об'єкт. Відомий цифровий вимірювач дальності не забезпечує визначення оптичної дальності та середньоінтегрального значення показника заломлення навколишнього середовища (повітря) вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі до досліджуваного об'єкта. Це звужує його функціональні можливості.

Відомий цифровий вимірювач дальності [див. А.с. №1811263, кл. G01C3/08, пул. 27.06.1990. / В.А.Данильченко, В.М.Камнев, А.В.Семєненко. Импульсный лазерный дальномер], що містить лічильник імпульсів з інтерфейсом зв'язку, генератор електричних імпульсів високої частоти, чий вихід підключений до лічильного входу лічильника імпульсів, фотоприймач, електричну лінію затримки, першу напівпрозору пластину, першу та другу фокусуючі лінзи, остання з яких через першу напівпрозору пластину оптично з'єднана з об'єктом дослідження, лазерний генератор оптичних імпульсів, який оптично з'єднаний через першу напівпрозору пластину з першим відбивним дзеркалом, при цьому вихід фотоприймача підключений до першого входу формувача імпульсів, другий вхід якого з'єднаний з земляною шиною, вихід формувача імпульсів підключений до входу електричної лінії затримки.

Відомому цифровому вимірювачу дальності присутня недостатня точність вимірювання дальності та обмежені функціональні можливості. Це обумовлено тим, що відомий вимірювач реалізує прямий метод вимірювання, який не забезпечує виключення систематичних похибок вимірювання,

які обумовлені нестабільністю функції перетворення першого та другого фотоприймачів. Крім того, відомий цифровий вимірювач дальності не враховує впливу середньоінтегрального значення показника заломлення навколишнього середовища вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі на результат визначення дальності. Як зазначають самі автори, максимальна дальність (≈ 20 км) забезпечується багатогабаритних об'єктів, типу міських будівель, при нормальних метеорологічних умовах видимості. Слід зазначити, що у відомому цифровому вимірювачі дальності відсутній оптичний канал візуалізації зображення досліджуваного об'єкта, що також приводить до додаткових похибок по наведенню цифрового вимірювача дальності на об'єкт.

Відомий цифровий вимірювач дальності не забезпечує визначення оптичної дальності та середньоінтегрального значення показника заломлення навколишнього середовища (повітря) вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі до досліджуваного об'єкта. Все це знижує точність вимірювання та звужує функціональні можливості вимірювача.

В основу винаходу покладена задача створення такого цифрового вимірювача дальності, який би забезпечував розширення функціональних можливостей та підвищення точності вимірювання оптичної та геометричної дальностей за рахунок врахування впливу середньоінтегрального значення показника заломлення навколишнього середовища вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі та виключення систематичних похибок на результат вимірювання дальності, у тому числі й температурних похибок оптичних каналів. Крім того, підвищення точності вимірювання та розширення функціональних можливостей вимірювача дальності повинно забезпечуватися також шляхом введенням оптичного каналу візуалізації зображення об'єкта дослідження, що забезпечить виключення похибок наведення цифрового вимірювача дальності на об'єкт дослідження.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у цифровий вимірювач дальності, що містить лічильник імпульсів з інтерфейсом зв'язку, генератор електричних імпульсів високої частоти, чий вихід підключений до лічильного входу лічильника імпульсів, фотоприймач, електричну лінію затримки, першу напівпрозору пластину, першу та другу фокусуючі лінзи, остання з яких через першу напівпрозору пластину оптично з'єднана з об'єктом дослідження, лазерний генератор оптичних імпульсів, який оптично з'єднаний через першу напівпрозору пластину з першим відбивним дзеркалом, при цьому вихід фотоприймача підключений до першого входу формувача імпульсів, другий вхід якого з'єднаний з земляною шиною, вихід форму-

вача імпульсів підключений до входу електричної лінії затримки, за винаходом, додатково введені мікроконтролер, оперативний запам'ятовуючий пристрій, постійний перепрограмовуючий запам'ятовуючий пристрій, перший та другий перетворювачі "код-переміщення" та автоматичний перемикач оптичного випромінювання, які з'єднані між собою та з мікроконт-ролером через загальну шину, до якої підключені і виходи інтерфейсу зв'язку лічильника імпульсів, тригер, апертурна діафрагма, блок логічних елементів "3І-АБО-НІ", набірне поле з інтерфейсом зв'язку, рідинно-кристалевий індикатор з інтерфейсом зв'язку, перша та друга діафрагми, що жорстко з'єднані з першим та другим перетворювачами "код - переміщення" відповідно, блок оптичних ліній затримки, третя фокусуюча лінза, друга напівпрозора пластина, вхід якої оптично з'єднаний через першу лінзу, що фокусує, зі входом фотоприймача, вхід другої напівпрозорої пластини оптично з'єднаний, через послідовно розташовані на основній оптичній вісі автоматичний перемикач оптичного випромінювання і блок оптичних ліній затримки, з виходом другої лінзи, що фокусує, при цьому перша діафрагма встановлена між першим і другим відбиваючими дзеркалами, останнє з яких оптично з'єднано з другою напівпрозорою пластиною, друга діафрагма встановлена на основній оптичній вісі між першою напівпрозорою пластиною і апертурною діафрагмою, один з паралельних портів "вводу-виводу" мікроконтролера з'єднаний з набірним полем через його інтерфейс зв'язку, другий паралельний порт підключений до рідинно-кристалевого індикатора через його інтерфейс зв'язку, вихід першого розряду третього паралельного порту з'єднаний з першим та другим входами першого та першим входом другого логічних елементів "І" блока логічних елементів "3І-АБО-НІ", чий інверсний вихід підключений до входу керування лазерного генератора оптичних імпульсів, вихід другого розряду третього паралельного порту підключений до третього входу першого логічного елемента "І", вхід-вихід третього розряду третього паралельного порту мікроконтролера з'єднаний з другим входом другого логічного елемента "І" блока логічних елементів "3І-АБО-НІ" та підключений до з'єднаних між собою інверсного виходу тригера та входу "припинення рахування імпульсів" лічильника імпульсів, вихід четвертого розряду третього паралельного порту мікроконтролера з'єднаний зі входом "установки нуля" тригера, прямий вихід якого підключений до входу "рахування імпульсів" лічильника імпульсів, лічильний вхід тригера з'єднаний з виходом формувача імпульсів та, через електричну лінію затримки, підключений до об'єднаних між собою входу послідовного порту мікроконтролера і третього входу другого логічного елемента "І" блока "3І-АБО-НІ".

2. Цифровий вимірювач дальності додатково містить оптичний канал візуалізації зображення об'єкта дослідження, у склад якого входять оптично з'єднані між собою плоскопаралельна пластина з візиром, третя лінза, що фокусує, третє відбивне дзеркало та формувач зображення, який включає у собі оптично з'єднані між собою четверте відбив-

не дзеркало і четверту лінзу, що фокусує, та жорстко з'єднаний з виконавчим механізмом, вхід керування якого підключений до загальної шини, причому формувач зображення встановлюється на основній оптичній вісі між апертурною діафрагмою та першою діафрагмою тільки під час візуалізації зображення зазначеного об'єкта.

Цифровий вимірювач дальності забезпечує досягнення зазначеного технічного результату за рахунок введення нових функціональних блоків та їх зв'язків між ними та з відомими функціональними блоками вимірювача, а також за рахунок реалізації запропонованого авторами методу надлишкових вимірювань.

На рисунку наведена структурна схема вимірювача дальності, де 1 - лазерний генератор оптичних імпульсів; 2 і 3 - перша і друга напівпрозорі пластини; 4 - об'єкт дослідження; 5 - апертурна діафрагма; 6 і 7 - перша і друга діафрагми; 8 і 9 - перший і другий перетворювачі "код - переміщення"; 10 - формувач зображення; 11, 12, 13 і 14 - перше, друге, третє і четверте відбивні дзеркала; 15, 16, 17 і 18 - перша, друга, третя і четверта лінзи, що фокусують; 19 - плоскопаралельна пластина з візиром (з сіткою ниток); 20 - блок оптичних ліній затримки; 21 - автоматичний перемикач; 22 - фотоприймач; 23 - формувач імпульсів; 24 - тригер; 25 - електрична лінія затримки; 26 - лічильник імпульсів з інтерфейсом зв'язку; 27 - генератор електричних імпульсів високої частоти; 28 - набірне поле з інтерфейсом зв'язку; 29 - мікроконтролер; 30 - рідинно-кристалевий індикатор з інтерфейсом зв'язку; 31 - постійний перепрограмовуючий запам'ятовуючий пристрій; 32 - оперативний запам'ятовуючий пристрій; 33 - блок логічних елементів "3І-АБО-НІ"; 34 - виконавчий механізм; 35 - загальна шина.

При цьому, лазерний генератор 1 оптичних імпульсів, який оптично з'єднаний через першу напівпрозору пластину 2 з першим відбивним дзеркалом 11, яке через відбиваюче дзеркало 12 оптично з'єднано з другою напівпрозорою пластиною 3. Вихід напівпрозорої пластини 3 оптично з'єднаний через лінзу 15 зі входом фотоприймача 22. Вхід другої напівпрозорої пластини 3 оптично з'єднаний, через послідовно розташовані на основній оптичній вісі автоматичний перемикач 21 оптичного випромінювання, блок оптичних ліній затримки 20 і другу лінзу 16, що фокусує, з виходом напівпрозорої пластини 2. Вхід напівпрозорої пластини 2 оптично з'єднаний через формувач зображення 10 і апертурну діафрагму 5, або безпосередньо через апертурну діафрагму 5 із об'єктом дослідження 4.

Вихід фотоприймача 22 підключений до першого входу формувача 23 імпульсів, другий вхід якого з'єднаний з земляною шиною 35. Вихід формувача 23 імпульсів підключений до з'єднаних між собою входів електричної лінії затримки 25 і тригера 24.

Мікроконтролер 29, оперативний запам'ятовуючий пристрій 31, постійний перепрограмовуючий запам'ятовуючий пристрій 32, перший та другий перетворювачі "код-переміщення" 8 і 9 та автоматичний перемикач 21 оптичного випромінювання

з'єднані між собою та з мікроконтролером 29 через загальну шину 35, до якої підключені і виходи інтерфейсу зв'язку лічильника імпульсів 26.

Крім того, з першим та другим перетворювачами "код - переміщення" 8 і 9 жорстко з'єднані, відповідно, перша та друга діафрагми 6 і 7.

При цьому перша діафрагма 6 встановлена між першим і другим відбиваючими дзеркалами 11 і 12 відповідно. Друга діафрагма 7 встановлена на основній оптичній вісі між першою напівпрозорою пластиною 2 і апертурною діафрагмою 5.

Один з паралельних портів "вводу-виводу" мікроконтролера 29 з'єднаний з набірним полем 28 через його інтерфейс зв'язку. Другий паралельний порт підключений до рідинно-кришталєвого індикатора 30 через його інтерфейс зв'язку.

Вихід першого розряду третього паралельного порту з'єднаний з першим (1) та другим (2) входами першого логічного елемента "І" та з першим (1) входом другого логічного елемента "І" блока логічних елементів "ЗІ-АБО-НІ" 33. Інверсний вихід блока логічних елементів "ЗІ-АБО-НІ" 33 підключений до входу керування лазерного генератора 1 оптичних імпульсів.

Вихід другого розряду третього паралельного порту мікроконтролера 29 підключений до третього входу першого логічного елемента "І" блока логічних елементів "ЗІ-АБО-НІ" 33. Вхід-вихід третього розряду третього паралельного порту мікроконтролера 29 з'єднаний з другим входом другого логічного елемента "І" блока логічних елементів "ЗІ-АБО-НІ" 33 та підключений до з'єднаних між собою інверсного виходу тригера 24 та входу "припинення рахування імпульсів" лічильника імпульсів 26.

Вихід четвертого розряду третього паралельного порту мікроконтролера 29 з'єднаний зі входом "установки нуля" тригера 24, прямий вихід якого підключений до входу "рахування імпульсів" лічильника імпульсів 26.

Вихід електричної лінії затримки 25 підключений до об'єднаних між собою входу послідовного порту мікроконтролера 29 і третього входу другого логічного елемента "І" блока "ЗІ-АБО-НІ" 33.

У оптичний канал візуалізації зображення об'єкта дослідження входять оптичне з'єднані між собою плоскопаралельна пластина 19 з візором, третя лінза 17, що фокусує, третє відбивне дзеркало 13 та формувач зображення 10. Останній включає у собі оптично з'єднані між собою четверте відбивне дзеркало 14 і четверту лінзу 18, що фокусує. Він жорстко з'єднаний з виконавчим механізмом 34, вхід керування якого підключений до загальної шини 35. Причому формувач зображення 10 встановлюється на основній оптичній вісі між апертурною діафрагмою 5 та першою діафрагмою 7 по команді з мікроконтролера 29 тільки під час візуалізації зображення об'єкта дослідження 4.

Відомо, що геометрична та оптична дальності зв'язані між собою рівнянням величин

$$D_x = \frac{L_x}{\langle n_{cp} \rangle},$$

де L_x - оптична дальність; $\langle n_{cp} \rangle$ - середньоінтегральне значення показника заломлення навко-

лишнього середовища (повітря) вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі; D_x - геометрична дальність.

Розглянемо сутність роботи цифрового вимірювача дальності. Априорі у пам'ять постійного перепрограмовуючого запам'ятовуючого пристрою 31 априорі записуються коди чисел $\{L_1\}$, $\{L_2\}$ і $\{L_3\}$ оптичних дальностей та коди чисел $\{D_1\}$, $\{D_2\}$ і $\{D_3\}$ геометричних дальностей відповідно, що відповідають, при заданій центральній довжині хвилі λ_0 спектру коротких оптичних імпульсів лазерного генератора 1, оптичним дальностям першої, другої та третьої оптичних ліній затримки, які входять до складу блока 20 оптичних ліній затримки. Крім того, у постійний перепрограмовуючий запам'ятовуючий пристрій 31 записується заданий код числа N_{pd} рециркуляції чи запусків лазерного генератора 1 оптичних імпульсів (наприклад, $N_{pd}=10(50)$); коди чисел N_{01} , N_{02} і N_{03} середньоінтегральних значень показників заломлення, відповідно, першої, другої і третьої оптичних ліній затримки з оптичними дальностями L_1 , L_2 , L_3 ; код числа N_0 , що дорівнює рівним між собою за значеннями середньоінтегральних коефіцієнтів заломлення матеріалу в оптичних лініях затримки, а також код N_{T_0} часу T_0 рециркуляції імпульсів запуску генератора 1.

По команді з мікроконтролера 29 перша діафрагма 6 і формувач зображення 10 автоматично встановлюються у початкове положення, як показано на рисунку. Друга діафрагма 7 закривається. Автоматичний перемикач 21 оптичного випромінювання встановлюється в перше положення, при якому до оптичного каналу підключається вихід першої оптичної лінії затримки блока 20 оптичних ліній затримки, тобто лінія затримки з заданим часом t_{01} затримки оптичного імпульсу.

Рідинно-кришталєвий індикатор 30 показує нульове значення дальності або висвітлює надпис "готов до візуалізації зображення".

При цьому на перший та другий входи першого логічного елемента "І" блока 33 з виходу першого розряду четвертого порту мікроконтролера 29 поступає сигнал логічного нуля, що забороняє проходження будь-якого імпульсу з інверсного виходу блока логічних елементів "ЗІ-АБО-НІ" 33 на вхід керування лазерним генератором 1 оптичних імпульсів.

Одночасно на вхід "установки нуля" тригера 24 з виходу третього розряду четвертого порту мікроконтролера 29 поступає сигнал, що встановлює тригер 24 у положення, при якому на лічильник імпульсів 26 електричні імпульси з виходу генератора 27 не поступають. По команді з мікроконтролера 29 на лічильник імпульсів 26 через загальну шину 35 поступає сигнал, що здійснює обнуління лічильника імпульсів 26.

Вихідний сигнал логічного нуля з прямого виходу тригера 24 поступає на другий вхід другого логічного елемента "І" і додатково забороняє проходження будь-якого імпульсу з інверсного виходу блока логічних елементів "ЗІ-АБО-НІ" 33 на вхід керування лазерним генератором 1 оптичних імпульсів. Тобто здійснюється подвійний захист ла-

зерного генератора 1 оптичних імпульсів від несанкціонованого включення.

Перша діафрагма 7 у початковому стані закрита для того, щоб заборонити проходження оптичного імпульсного випромінювання від лазерного генератора 1 у бік каналу візуалізації зображення і захистити око оператора від пошкодження.

Якщо середньоінтегральне значення показника заломлення $\langle n_{cp} \rangle$ навколишнього середовища (повітря) вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі не відомо, то у постійний перепрограмовувачий запам'ятовувачий пристрій 31 записується електронна таблиця відповідних кодів чисел N_{icp} показника $\langle n_{cp} \rangle$ для різного стану атмосфери поблизу земної поверхні та при різних значеннях температури, тиску тощо, і які попередньо були визначені відомими способами.

Якщо перед вимірюваннями дальності середньоінтегральне значення показника заломлення $\langle n_{cp} \rangle$ навколишнього середовища (повітря) вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі відомо (наприклад, обчислених тим чи іншим способом по відомій за розміром дальності), то оператором, за допомогою набірному поля 28, записується відповідний код числа $N_{дср}$ у оперативний запам'ятовувачий пристрій 32.

Для того, щоб здійснити вимірювання дальності з високою точністю, необхідно цифровий вимірювач дальності навести на об'єкт дослідження 4. Тому опишемо спочатку роботу оптичного каналу візуалізації зображення об'єкта дослідження 4, який введено у цифровий вимірювач дальності.

Для здійснення операції візуалізації зображення об'єкта дослідження 4, натискають кнопку "Візуалізація" на набірному полі 28. За командою з мікроконтролера 29 на вхід керування виконавчого механізму 34 подається цифровий сигнал, за допомогою якого формує зображення 10 встановлюється у верхнє положення, яке зображено на рисунку пунктирними лініями.

В результаті об'єкт дослідження 4 за допомогою четвертої фокусуючої лінзи 18 проектується на третє відбивне дзеркало 14, відбивається від нього, поступає на третє відбивне дзеркало 13, знову відбивається та поступає через третю фокусуючу лінзу 17 і плоскопаралельну пластину 19 з візором на око оператора. Оператор переміщує цифровий вимірювач дальності до моменту появи центра зображення об'єкта 4 у центрі візира плоскопаралельної пластини 19.

Після цього, шляхом натискання кнопки "Вимір" на набірному полі 28, на мікроконтролер 29 подається команда-дозвіл на початок вимірювання дальності. В результаті на входи керування виконавчого механізму 34 поступає цифровий сигнал, при якому формує зображення 10 встановлюється у початкове положення, що зображено на рисунку. Далі здійснюється процес вимірювання дальності протягом апріорі визначеного часу вимірювання.

Робота цифрового вимірювача дальності складається з чотирьох тактів вимірювання та одного такту обчислення результату вимірювання дальності. За допомогою кнопки "Пуск", що знахо-

диться на набірному полі 28, на мікроконтролер 29 подається команда "початок вимірювання".

У першому такті по команді з мікроконтролера 29 автоматичний перемикач 21 оптичного випромінювання встановлюється в перше положення, при якому вхід фотоприймача 22 оптично підключається до виходу першої оптичної лінії затримки блока 20 оптичних ліній затримки. Ця лінія затримки відповідає проходженню імпульсним оптичним сигналом нормованої за розміром оптичної дальності L_1 . Значення оптичної дальності L_1 , що забезпечує перша оптична лінія затримки, вибирається таким, щоб воно відповідало нормованої за розміром геометричної дальності D_1 .

Згідно із записаною програмою на першому виході розрядів четвертого паралельного порту формується сигнали логічної "одиниці", який поступає на перший та другий входи першого та на перший вхід другого логічних елементів "І" блока "ЗІ-АБО-НІ" 33. На другому виході розрядів четвертого паралельного порту формується імпульсний сигнал логічної "одиниці", тривалість τ_3 якого достатня для включення (чи запуску) генератора 1 оптичних імпульсів. В результаті, через входи першого логічного елемента "І" блока логічних елементів "ЗІ-АБО-НІ" 33, на вхід керування лазерного генератора 1 оптичних імпульсів поступає сигнал у вигляді логічного "нуля" заданої тривалості τ_3 .

Після запуску генератора 1 на перший та другий входи першого логічного елемента блока 33 з виходу першого розряду четвертого порту мікроконтролера 29 поступає сигнал логічного "нуля", що забороняє проходження будь-якого імпульсу з першого логічного елемента "І" блока логічних елементів "ЗІ-АБО-НІ" 33 на вхід керування лазерним генератором 1 оптичних імпульсів.

Після запуску лазерний генератор 1 формує короткий оптичний імпульс. Цей імпульс через першу напівпрозору пластину 2 поступає на відбивне дзеркало 11. Відбивається від нього і поступає на друге відбивне дзеркало 12. Відбитий від нього оптичний імпульс поступає на напівпрозору пластину 3, відбивається від неї і, через першу лінзу 15, що фокусує оптичне випромінювання, поступає на вхід фотоприймача 22. На виході фотоприймача 22 формується відповідний електричний імпульс. Цей імпульс поступає на перший вхід формує імпульсів 23, на другий вхід якого поступає нульовий сигнал.

В результаті на виході формує імпульсів 23 формується імпульсний сигнал логічної "одиниці" і заданої тривалості τ_3 (нормованої вольт-секундної площини), достатньої для включення (чи запуску) генератора 1 оптичних імпульсів.

Електричний імпульс з виходу формує імпульсів 23 поступає на лічильний вхід тригера 24 і на вхід електричної лінії затримки 25. При цьому на прямому виході тригера 24 встановлюється сигнал логічної "одиниці", що дозволяє проходження імпульсів високої частоти з виходу генератора 27 на лічильний вхід лічильника імпульсів 26. Сигнал логічного "нуля" з інверсного виходу тригера 24 поступає також на другий вхід другого логічного елемента "І" блока 33 логічних елементів "ЗІ-

АБО-НІ" для виключення появи нового імпульсу запуску генератора 1 протягом часу проходження оптичного імпульсу через першу лінію затримки на фотоприймач 22. На третім вході другого логічного елемента "І" також знаходиться сигнал логічного "нуля" протягом часу затримки електричного імпульсу у лінії затримки 25.

Одночасно потужний короткий оптичний імпульс, що формується лазерним генератором 1, відбивається від напівпрозорої пластини 2 і поступає на діафрагму 7, що знаходиться в закритому положенні. Далі цей імпульс відбивається від діафрагми 7 і через послідовно розташовані першу напівпрозору пластину 2 та другу лінзу 16 поступає на вхід першої оптичної лінії затримки блока 20 оптичних ліній затримки. Відбитий оптичний імпульс з виходу першої оптичної лінії затримки блока 20 через автоматичний перемикач 21, другу напівпрозору пластину 3 і першу лінзу 15 фокусується на вхід фотоприймача 22. Вихідний електричний сигнал фотоприймача 22 поступає на формувач імпульсів 23. З виходу формувача імпульсів 23 імпульс заданої вольт-секундної площини знову поступає на лічильний вхід тригера 24 і на вхід електричної лінії затримки 25.

При цьому на прямому виході тригера 24 встановлюється сигнал логічного "нуля", який забороняє проходження імпульсів високої частоти з виходу генератора 27 на лічильний вхід лічильника імпульсів 26. Сигнал логічної "одиниці" з інверсного виходу тригера 24 поступає на третій розряд четвертого порту мікроконтролера 29 і тим самим формує команду на запис у оперативний запам'ятовувачий пристрій 30 коду числа імпульсів з виходу лічильника імпульсів 26, а також команду на формування сигналу логічної "одиниці" на виході першого розряду четвертого порту мікроконтролера 29. Цей сигнал логічної "одиниці" поступає на перший та другий входи першого та на перший вхід другого логічних елементів блока 33 логічних елементів "3І-АБО-НІ".

Одночасно сигнал логічної "одиниці" з інверсного виходу тригера поступає на другий вхід другого логічного елемента "І" блока 33 логічних елементів "3І-АБО-НІ".

Затриманий в електричній лінії затримки 25 на час $\tau_{лз}$ короткий імпульс логічної "одиниці" з виходу електричної лінії затримки 25 поступає, через третій вхід другого елемента "І" логічного елемента "3І-АБО-НІ" 33, на вхід лазерного генератора 1 у вигляді сигналу логічного "нуля" і знову запускає його. Одночасно короткий імпульс логічної "одиниці" поступає на вхід послідовного порту мікроконтролера 29, за допомогою якого здійснюється підрахунок числа імпульсів запуску лазерного генератора 1 оптичних імпульсів і порівняння його з встановленим (заданим) числом $N_{рц}$.

Процес рециркуляції імпульсів запуску та лічильних імпульсів повторюється $N_{рц}$ раз. Після цього на першому і другому виходах четвертого паралельного порту мікроконтролера 29 формується сигнал логічного "нуля". Процес запуску лазерного генератора імпульсів оптичного випромінювання 1 припиняється. На четвертому виході четвертого паралельного порту формується сиг-

нал логічного "нуля", який, шляхом встановлення тригера 24 в нуль, припиняє підрахунок імпульсів від генератора високої частоти 27. У першому такті у лічильник імпульсів 26 за $N_{рц}$ циклів записується код числа

$$N_1 = N_{рц} \frac{N_{01} \cdot \{S'_л\}}{\{L_1\}} - \Delta N \quad (1)$$

де N_{01} - середньоінтегральне значення показника заломлення першої оптичної лінії затримки з нормованою за розміром оптичною дальністю L_1 ; $S'_л$ - параметр реальної функції перетворення фотоприймача; L_1 - оптична дальність; ΔN - похибка визначення дальності.

По загальній шині 35 цифровий код числа N_1 (1) поступає в оперативний запам'ятовувачий пристрій 32, де й запам'ятовується. При необхідності результат першого такту вимірювання може бути виданий на рідинно-кристалевий індикатор 30. Для цього натискається відповідна кнопка на набірному полі 28.

У другому такті по команді з мікроконтролера 29 автоматичний перемикач 21 оптичного випромінювання встановлюється в друге положення, при якому вхід фотоприймача 22 оптичне підключається до виходу другої оптичної лінії затримки блока 20 оптичних ліній затримки. Ця лінія затримки відповідає проходженню імпульсним оптичним сигналом оптичної дальності L_2 . Значення оптичної дальності L_2 , що забезпечує друга оптична лінія затримки, вибирається таким, щоб воно відрізнялося від значення оптичної дальності L_1 на нормовану за розміром величину ΔL , тобто $\{L_2\} = \{L_1\} + \{\Delta L\}$.

Процес запуску лазерного генератора 1 здійснюється, як й у першому такті, по команді з мікроконтролеру 29 шляхом встановлення на другому виході четвертого паралельного порту сигналу логічної "одиниці" тривалістю τ_3 . В результаті лазерний генератор 1 імпульсного оптичного випромінювання формує короткий імпульс оптичного випромінювання, який через напівпрозору пластину 2 поступає на відбивне дзеркало 11. Відбивається від нього і поступає на друге відбивне дзеркало 12. Відбитий від нього оптичний імпульс поступає на напівпрозору пластину 3, відбивається від неї і, через першу лінзу 15, що фокусує оптичне випромінювання, поступає на вхід фотоприймача 22. На виході фотоприймача 22 формується відповідний електричний імпульс. Цей імпульс поступає на перший вхід формувача імпульсів 23, на другий вхід якого поступає нульовий сигнал.

В результаті на виході формувача імпульсів 23 формується короткий електричний імпульс заданої тривалості τ_3 (нормованої вольт-секундної площини). Цей імпульс поступає на лічильний вхід тригера 24 і на вхід електричної лінії затримки 25. При цьому на прямому виході тригера 24 встановлюється сигнал логічної "одиниці", що дозволяє проходження імпульсів високої частоти з виходу генератора 27 на лічильний вхід лічильника імпульсів 26. Сигнал логічного "нуля" з інверсного виходу тригера 24 поступає також на другий вхід другого логічного елемента "І" блока 33 логічних елементів

"31-АБО-Н1" для виключення появи нового імпульсу запуску генератора 1 протягом часу проходження оптичного імпульсу через другу лінію затримки на фотоприймач 22.

На третьому вході другого логічного елемента "I" знаходиться сигнал логічного "нуля".

Одночасно потужний короткий оптичний імпульс, що формується лазерним генератором 1, відбивається від напівпрозорої пластини 2 і поступає на діафрагму 7, що знаходиться в закритому положенні. Цей імпульс відбивається від діафрагми 7 і через послідовно розташовані першу напівпрозору пластину 2 та другу лінзу 16 поступає на вхід другої оптичної лінії затримки блока 20 оптичних ліній затримки. Відбитий оптичний імпульс з виходу другої оптичної лінії затримки блока 20 через автоматичний перемикач 21, другу напівпрозору пластину 3 і першу лінзу 15 фокусується на вхід фотоприймача 22. Вихідний електричний сигнал фотоприймача 22 поступає на формувач імпульсів 23. З виходу формувача імпульсів 23 імпульс заданої вольт-секундної площини знову поступає на лічильний вхід тригера 24 і на вхід електричної лінії затримки 25.

При цьому на прямому виході тригера 24 встановлюється сигнал „логічного нуля“, який забороняє проходження імпульсів високої частоти з виходу генератора 27 на лічильний вхід лічильника імпульсів 26. Сигнал логічної "одиниці" з інверсного виходу тригера 24 поступає на третій розряд четвертого порту мікроконтролера 29 і тим самим формує команду на запис у оперативний запам'ятовуючий пристрій 30 коду числа імпульсів з виходу лічильника імпульсів 26, а також команду на формування сигналу логічної "одиниці" на виході першого розряду четвертого порту мікроконтролера 29. Цей сигнал логічної "одиниці" поступає на перший та другий входи першого та на перший вхід другого логічних елементів "I" блока 33 логічних елементів "31-АБО-Н1".

Одночасно сигнал логічної "одиниці" з інверсного виходу тригера поступає на другий вхід другого логічного елемента "I" блока 33 логічних елементів "31-АБО-Н1".

Затриманий в електричній лінії затримки 25 на час $\tau_{\text{лз}}$ короткий імпульс логічної "одиниці" з виходу електричної лінії затримки 25 поступає, через третій вхід другого елемента "I" логічного елемента "31-АБО-Н1" 33, на вхід лазерного генератора 1 у вигляді сигналу логічного "нуля" і знову запускає його. Одночасно короткий імпульс логічної "одиниці" поступає на вхід послідовного порту мікроконтролера 29, за допомогою якого здійснюється підрахунок числа імпульсів запуску лазерного генератора 1 оптичних імпульсів.

Процес рециркуляції імпульсів запуску та лічильних імпульсів повторюється $N_{\text{рц}}$. Після цього на першому та другому виходах четвертого паралельного порту мікроконтролера 29 формується сигнал логічного "нуля". Процес запуску лазерного генератора імпульсів оптичного випромінювання 1 припиняється. На четвертому виході четвертого паралельного порту формується сигнал логічного "нуля", який встановлює тригер 24 в нуль і тим самим припиняє підрахунок імпульсів від генера-

тора високої частоти 27. У другому такті у лічильник імпульсів 26 за $N_{\text{рц}}$ циклів записується код числа

$$N_2 = N_{\text{рц}} \frac{N_{02} \cdot \{S'_n\}}{\{L_1\} + \{\Delta L\}} - \Delta N \quad (2)$$

де N_{02} - середньоінтегральне значення показника заломлення першої оптичної лінії затримки з нормованою за розміром оптичною дальністю L_2 ; ΔL - нормована за значенням оптична дальність малого розміру.

По загальній шині 35 цифровий код числа N_2 (2) поступає в оперативний запам'ятовуючий пристрій 32, де й запам'ятовується. При необхідності результат другого такту вимірювання також може бути виданий на рідинно-кристалекий індикатор 30. Для цього попередньо натискається відповідна кнопка на набірному полі 28.

У третьому такті по команді з мікроконтролера 29 діафрагма 7 встановлюється у відкрите положення за допомогою перетворювача "код - переміщення" 9. Автоматичний перемикач 21 оптичного випромінювання встановлюється у третє положення, при якому вхід фотоприймача 22 оптично підключається до виходу третьої оптичної лінії затримки блока 20. Ця лінія затримки забезпечує проходження імпульсним оптичним сигналом нормованої за значенням оптичної дальності ΔL (або геометричної дальності ΔD).

Згідно із записаною програмою на першому виході розрядів четвертого паралельного порту формуються сигнали логічної "одиниці", які поступають на перший та другий входи першого та на перший вхід другого логічних елементів "I" блока "31-АБО-Н1" 33. На другому виході розрядів четвертого паралельного порту формується імпульсний сигнал логічної "одиниці", тривалість τ_3 якого достатня для включення (чи запуску) генератора 1 оптичних імпульсів. В результаті, через входи першого логічного елемента "I" блока логічних елементів "31-АБО-Н1" 33, на вхід керування лазерного генератора 1 оптичних імпульсів поступає сигнал у вигляді логічного "нуля" заданої тривалості τ_3 .

Після запуску генератора 1 на перший та другий входи першого логічного елемента "I" блока 33 з виходу першого розряду четвертого порту мікроконтролера 29 поступає сигнал логічного "нуля", що забороняє проходження будь-якого імпульсу з першого логічного елемента "I" блока логічних елементів "31-АБО-Н1" 33 на вхід керування лазерним генератором 1 оптичних імпульсів.

В результаті лазерний генератор 1 формує короткий оптичний імпульс. Цей імпульс через першу напівпрозору пластину 2 поступає на відбивне дзеркало 11. Відбивається від нього і поступає на друге відбивне дзеркало 12. Відбитий від нього оптичний імпульс поступає на напівпрозору пластину 3, відбивається від неї і, через першу лінзу 15, що фокусує оптичне випромінювання, поступає на вхід фотоприймача 22. На виході фотоприймача 22 формується відповідний електричний імпульс. Цей імпульс поступає на перший вхід формувача імпульсів 23, на другий вхід якого поступає нульовий сигнал.

В результаті на виході формувача імпульсів 23 формується короткий електричний імпульс заданої тривалості τ_3 (нормованої вольт-секундної площини), достатньої для включення (чи запуску) генератора 1 оптичних імпульсів.

Цей імпульс поступає на лічильний вхід тригера 24 і на вхід електричної лінії затримки 25. При цьому на прямому виході тригера 24 встановлюється сигнал логічної "одиниці", що дозволяє проходження імпульсів високої частоти з виходу генератора 27 на лічильний вхід лічильника імпульсів 26. Сигнал логічного "нуля" з інверсного виходу тригера 24 поступає також на другий вхід другого логічного елемента "І" блока 33 логічних елементів "3І-АБО-НІ" для виключення появи нового імпульсу запуску генератора 1 протягом часу проходження оптичного імпульсу до та від об'єкта дослідження та через третю лінію затримки на фотоприймач 22. На третьому вході другого логічного елемента "І" знаходиться сигнал "логічного нуля".

Одночасно потужний короткий оптичний імпульс, що формується лазерним генератором 1, відбивається від напівпрозорої пластини 2 і поступає на об'єкт дослідження 4 з невідомою оптичною дальністю L_x до нього. Відбитий від об'єкта дослідження 4 оптичний імпульс через послідовно розташовані першу напівпрозору пластину 2, лінзу 16, третю оптичну лінію затримки блока 20, перемикач 21 та напівпрозору пластину 3 поступає на вхід фотоприймача 22. Час τ_{x1} затримки цього імпульсу залежить як від відстані до об'єкта 4, так й від часу затримки його у третій лінії затримки. Вихідний електричний сигнал фотоприймача 22 поступає на формувач імпульсів 23. З виходу формувача імпульсів 23 імпульс заданої вольт-секундної площини знову поступає на лічильний вхід тригера 24 і на вхід електричної лінії затримки 25.

При цьому на прямому виході тригера 24 встановлюється сигнал логічного "нуля", який забороняє проходження імпульсів високої частоти з виходу генератора 27 на лічильний вхід лічильника імпульсів 26. Сигнал логічної "одиниці" з інверсного виходу тригера 24 поступає на третій розряд четвертого порту мікроконтролера 29 і тим самим формує команду на запис у оперативний запам'ятовуючий пристрій 32 коду числа імпульсів з виходу лічильника імпульсів 26, а також команду на формування сигналу логічної "одиниці" на виході першого розряду четвертого порту мікроконтролера 29. Цей сигнал логічної "одиниці" поступає на перший та другий входи першого та на перший вхід другого логічних елементів "І" блока 33 логічних елементів "3І-АБО-НІ".

Одночасно сигнал логічної "одиниці" з інверсного виходу тригера поступає на другий вхід другого логічного елемента "І" блока 33 логічних елементів "3І-АБО-НІ".

Затриманий в електричній лінії затримки 25 на час $\tau_{лз}$ короткий імпульс логічної "одиниці" з виходу електричної лінії затримки 25 поступає, через третій вхід другого елемента "І" логічного елемента "3І-АБО-НІ" 33, на вхід лазерного генератора 1 у вигляді сигналу логічного "нуля" і знову запускає його. Одночасно короткий імпульс логічної "одиниці" поступає на вхід послідовного порту мікроконт-

ролера 29, за допомогою якого здійснюється підрахунок числа імпульсів запуску лазерного генератора 1 оптичних імпульсів.

Процес рециркуляції імпульсів запуску та лічильних імпульсів повторюється N_{pc} . Після цього на першому і другому виходах третього паралельного порту мікроконтролера 29 формується сигнал логічного "нуля". Процес запуску лазерного генератора імпульсів оптичного випромінювання 1 припиняється. На четвертому виході третього паралельного порту формується сигнал логічного "нуля", який, шляхом встановлення тригера 24 в нуль, припиняє підрахунок імпульсів від генератора високої частоти 27. У третьому такті у лічильник імпульсів 26 за N_{pc} циклів записується код числа

$$N_3 = N_{pc} \frac{\left\{ \frac{S_l}{\{L_x\} + \{\Delta L\}} \right\}}{\langle n_4 \rangle + N_{03}} - \Delta N \quad (3)$$

де N_{03} - середньоінтегральне значення показника заломлення третьої оптичної лінії затримки з нормованою за розміром оптичною дальністю ΔL , $\langle n_4 \rangle$ - середньоінтегральне значення показника заломлення повітря для невідомої оптичної дальності L_x .

По загальній шині 35 цифровий код числа N_3 (3) поступає в оперативний запам'ятовуючий пристрій 32, де й запам'ятовується. При необхідності результат першого такту вимірювання може бути виданий на рідинно-кристалекий індикатор 30. Для цього натискається відповідна кнопка на набірному полі 28.

У четвертому такті по команді з мікроконтролера 29 автоматичний перемикач 21 оптичного випромінювання встановлюється в четверте положення, при якому вхід фотоприймача 22 оптичне підключається до виходу четвертої оптичної лінії затримки блока 20. Остання представляє собою лінію затримки з нульовим часом затримки оптичного випромінювання, що поступає з виходу лінзи 16 на вхід фотоприймача 22.

Згідно із записаною програмою на першому виході розрядів четвертого паралельного порту формуються сигнали логічної "одиниці", які поступають на перший та другий входи першого та на перший вхід другого логічних елементів "І" блока "3І-АБО-НІ" 33. На другому виході розрядів четвертого паралельного порту формується імпульсний сигнал логічної "одиниці", тривалість τ_3 якого достатня для включення (чи запуску) генератора 1 оптичних імпульсів. В результаті, через входи першого логічного елемента "І" блока логічних елементів "3І-АБО-НІ" 33, на вхід керування лазерного генератора 1 оптичних імпульсів поступає сигнал у вигляді логічного "нуля" заданої тривалості τ_3 .

Після запуску генератора 1 на перший та другий входи першого логічного елемента "І" блока 33 з виходу першого розряду четвертого порту мікроконтролера 29 поступає сигнал логічного "нуля", що забороняє проходження будь-якого імпульсу з першого логічного елемента "І" блока логічних елементів "3І-АБО-НІ" 33 на вхід керування лазерним генератором 1 оптичних імпульсів.

В результаті лазерний генератор 1 формує короткий оптичний імпульс. Цей імпульс через першу напівпрозору пластину 2 поступає на відбивне дзеркало 11. Відбивається від нього і поступає на друге відбивне дзеркало 12. Відбитий від нього оптичний імпульс поступає на напівпрозору пластину 3, відбивається від неї і, через першу лінзу 15, що фокусує оптичне випромінювання, поступає на вхід фотоприймача 22. На виході фотоприймача 22 формується відповідний електричний імпульс. Цей імпульс поступає на перший вхід формувача імпульсів 23, на другий вхід якого поступає нульовий сигнал.

В результаті на виході формувача імпульсів 23 формується короткий електричний імпульс заданої тривалості τ_3 (нормованої вольт-секундної площини), достатньої для включення (чи запуску) генератора 1 оптичних імпульсів.

Цей імпульс поступає на лічильний вхід тригера 24 і на вхід електричної лінії затримки 25. При цьому на прямому виході тригера 24 встановлюється сигнал логічної "одиниці", що дозволяє проходження імпульсів високої частоти з виходу генератора 27 на лічильний вхід лічильника імпульсів 26. Сигнал логічного "нуля" з інверсного виходу тригера 24 поступає також на другий вхід другого логічного елемента "І" блока 33 логічних елементів "31-АБО-НІ" для виключення появи нового імпульсу запуску генератора 1 протягом часу проходження оптичного імпульсу до та від об'єкта дослідження та через третю лінію затримки на фотоприймач 22. На третьому вході другого логічного елемента "І" знаходиться сигнал "логічного нуля".

Одночасно потужний короткий оптичний імпульс, що формується лазерним генератором 1, відбивається від напівпрозорої пластини 2 і поступає на об'єкт дослідження 4 з невідомої оптичною дальністю L_x до нього. Відбитий від об'єкта дослідження 4 оптичний імпульс через послідовно розташовані першу напівпрозору пластину 2, лінзу 16, четверту оптичну лінію затримки блока 20, перемикач 21 та напівпрозору пластину 3 поступає на вхід фотоприймача 22. Вихідний електричний сигнал фотоприймача 22 поступає на формувач імпульсів 23. З виходу формувача імпульсів 23 імпульс заданої вольт-секундної площини знову поступає на лічильний вхід тригера 24 і на вхід електричної лінії затримки 25.

При цьому на прямому виході тригера 24 встановлюється сигнал логічного "нуля", який забороняє проходження імпульсів високої частоти з виходу генератора 27 на лічильний вхід лічильника імпульсів 26. Сигнал логічної "одиниці" з інверсного виходу тригера 24 поступає на третій розряд четвертого порту мікроконтролера 29 і тим самим формує команду на запис у оперативний запам'ятовуючий пристрій 32 коду числа імпульсів з виходу лічильника імпульсів 26, а також команду на формування сигналу логічної "одиниці" на виході першого розряду четвертого порту мікроконтролера 29. Цей сигнал логічної "одиниці" поступає на перший та другий входи першого та на перший вхід другого логічних елементів "І" блока 33 логічних елементів "31-АБО-НІ".

Одночасно сигнал логічної "одиниці" з інверсного виходу тригера поступає на другий вхід другого логічного елемента "І" блока 33 логічних елементів "31-АБО-НІ".

Затриманий в електричній лінії затримки 25 на час $\tau_{лз}$ короткий імпульс логічної "одиниці" з виходу електричної лінії затримки 25 поступає, через третій вхід другого елемента "І" логічного елемента "31-АБО-НІ" 33, на вхід лазерного генератора 1 у вигляді сигналу логічного "нуля" і знову запускає його. Одночасно короткий імпульс логічної "одиниці" поступає на вхід послідовного порту мікроконтролера 29, за допомогою якого здійснюється підрахунок числа імпульсів запуску лазерного генератора 1 оптичних імпульсів.

Процес рециркуляції імпульсів запуску та лічильних імпульсів повторюється N_{pc} . Після цього на першому і другому виходах третього паралельного порту мікроконтролера 29 формується сигнал логічного "нуля". Процес запуску лазерного генератора імпульсів оптичного випромінювання 1 припиняється. На четвертому виході третього паралельного порту формується сигнал логічного "нуля", який, шляхом встановлення тригера 24 в нуль, припиняє підрахунок імпульсів від генератора високої частоти 27.

У четвертому такті у лічильник імпульсів 26 за N_{pc} циклів рециркуляції записується код числа

$$N_4 = N_{pc} \frac{\{ \begin{smallmatrix} < n_4 > \\ \{ S_n \} \end{smallmatrix} \}}{\{ L_x \}} - \Delta N \quad (4)$$

По загальній шині 35 цифровий код числа N_4 (4) поступає в оперативний запам'ятовуючий пристрій 32, де й запам'ятовується. При необхідності результат першого такту вимірювання може бути виданий на рідинно-кристалекий індикатор 30. Для цього натискається відповідна кнопка на набірному полі 28.

У п'ятому такті визначається дійсне значення оптичної дальності L_x шляхом обробки результатів чотирьох тактів вимірювання N_1 (1), N_2 (2), N_3 (3) і N_4 (4) згідно з рівняннями числових значень

$$\{ L_x \} = \sqrt{\left(\frac{\{ \Delta L \}}{k_2} \right)^2 \cdot \left(\frac{\{ < n_4 > \}}{N_{03}} \right)^2 - \{ S_n \} \cdot \frac{\{ \Delta L \}}{N_4 - N_3} \cdot \frac{\{ < n_4 > \}}{N_{03}} - \frac{\{ \Delta L \}}{k_2} \cdot \frac{\{ < n_4 > \}}{N_{03}}} \quad (5)$$

де $k_2=2$, а

$$\{ S_n \} = \frac{\{ L_1 \} (\{ L_1 \} + \{ \Delta L \}) (N_1 - N_2)}{N_{pc} (N_{01} (\{ L_1 \} + \{ \Delta L \}) - \{ L_1 \} N_{01})} \quad (6)$$

Дійсне значення геометричної дальності визначається згідно з рівняннями числових значень

$$N_{Dx} = \{ D_x \} = \frac{\{ L_x \}}{\{ < n_4 > \}} \quad (7)$$

При цьому, середньоінтегральне значення показника заломлення повітря вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі $\{ < n_4 > \}$ може бути вибрано як з електронних таблиць, - для різного стану атмосфери поблизу земної поверхні, що попередньо записані в постійний запам'ятовуючий пристрій 31, так і шляхом його визначення іншими способами.

Обробка результатів проміжних вимірювань згідно з рівняннями числових значень (7) забезпе-

чує виключення впливу абсолютних значень параметрів функції перетворення фотоприймача 23, а також їх зміни в часі та за температурою, відносно номінальних значень.

Якщо перші три оптичні лінії затримки виконані з одного і того ж матеріалу, то в цьому випадку забезпечується виконання наступної рівності

$$\langle n_1 \rangle = \langle n_2 \rangle = \langle n_3 \rangle = \langle n_0 \rangle \quad (8)$$

або $N_{01} = N_{02} = N_{03} = N_0$.

Значення N_0 , що відповідає значенню коефіцієнту заломлення матеріалу в оптичних лініях затримки, записується у постійний перепрограмовувачий запам'ятовувачий пристрій 31. При цьому визначення оптичної дальності здійснюється згідно з рівнянням числових значень

$$\left\{ \frac{\Delta L}{k_2} \right\} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{k_2} \right)^2 \cdot \left(\frac{\langle n_{cp} \rangle}{N_0} \right)^2 - \left\{ \frac{\Delta L}{N_4 - N_3} \right\} \cdot \left\{ \frac{\Delta L}{N_0} \right\} \cdot \langle n_{cp} \rangle} - \frac{\langle n_{cp} \rangle}{N_0} \quad (9)$$

де k_2 - коефіцієнт пропорційності ($k_2=2$),

$$\left\{ \frac{\Delta L}{N_0} \right\} = \frac{N_1 - N_2}{N_0} \cdot \left(\frac{\{L_1\}^2}{\{\Delta L\}} + \{L_1\} \right) \quad (10)$$

При зазначених умовах дійсне значення геометричної дальності визначається згідно з рівнянням числових значень

$$N_{D'x} = \left\{ \frac{L_x}{\langle n_{cp} \rangle} \right\} \quad (11)$$

де середньоінтегральне значення показника заломлення повітря вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі позначено через $\langle n_{cp} \rangle$, тобто $\langle n_4 \rangle = \langle n_{cp} \rangle$.

При урахуванні значення коефіцієнта поглинання середовища $\langle n_4 \rangle$ можливе виключення і похибок, обумовлених розбіжністю прийнятого і дійсного значення коефіцієнта поглинання світлового потоку середовищем. Одним з варіантів високоточного визначення дійсного середньоінтегрального значення показника заломлення повітря вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі $\langle n_4 \rangle$ є його визначення згідно з рівнянням числових значень

$$\langle n_4 \rangle = \sqrt{\left(\frac{\{L_4\} \cdot (N_4 - N_3)}{k_2 \cdot \{S_e'\}} \right)^2 - \frac{\{L_4\}}{\{\Delta L\}} \cdot \frac{N_{03} \cdot (N_4 - N_3)}{\{S_e'\}} - \frac{\{L_4\} \cdot (N_4 - N_3)}{k_2 \cdot \{S_e'\}} \quad (12)$$

при заздалегідь заданій з високою точністю геометричної дальності $D_4\{D_4\}=\{D_x\}$ до відомого об'єкта, який розташований по трасі вимірювання дальності до невідомого об'єкта.

У запропонованому технічному рішенню цифрового вимірювача дальності позитивний ефект отриманий завдяки додатковому введенню в пристрій нових функціональних блоків (мікроконтролера, оперативного запам'ятовувачого пристрою, постійного перепрограмовувачого запам'ятовувачого пристрою, першого та другого перетворювача "код-переміщення", автоматичного перемикача оптичного випромінювання, логічного елемента "31-АБО-НІ", набірної поля, рідинно-кристалового індикатора, першої та другої діафрагми, блока з чотирьох оптичних ліній затримки, чотирьох дзеркал тощо) та їх зв'язків між собою та з іншими блоками цифрового вимірювача дальності.

Завдяки реалізації у цифровому вимірювачі дальності нового методу надлишкових вимірювань дальності та обчислення результатів проміжних вимірювань по запропонованим рівнянням числових значень (5), (7) і (8), чи (9)...(12), дало можливість забезпечити підвищення точності вимірювання оптичної та геометричної дальностей за рахунок автоматичного виключення систематичних похибок вимірювання, які пов'язані з нестабільністю функції перетворення фотоприймача 22, лінії затримки 25 та температурних похибок оптичних каналів, а також за рахунок визначення або врахування впливу середньоінтегрального значення показника заломлення навколишнього середовища вздовж траєкторії розповсюдження електромагнітної хвилі. Додаткове введення оптичного каналу візуалізації зображення об'єкта дослідження також підвищує точність вимірювання за рахунок виключення похибок наведення цифрового вимірювача дальності на об'єкт дослідження.

Таким чином, запропонований цифровий вимірювач дальності забезпечує вирішення зазначеної технічної задачі.

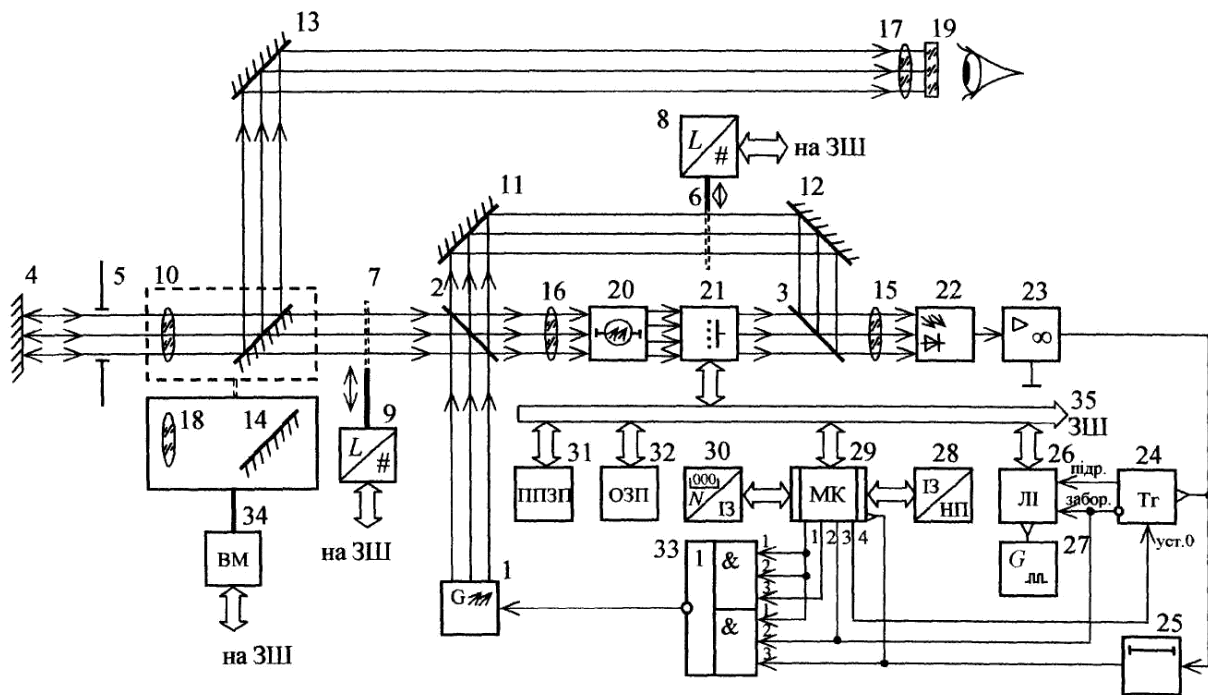


Рисунок. Структурна схема цифрового вимірювача дальності