

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

А.И. Солдатов

Изучение оптического измерителя расстояния  
Методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Измерительные преобразователи в робототехнических комплексах» для студентов направлений  
15.04.06 Мехатроника и робототехника.

Томск 2023

УДК 372.862

ББК 30

С 60

Рецензент:

**Костина М.А.**, доцент каф. управления инновациями ТУСУР,  
канд. техн. наук

**Солдатов, Алексей Иванович**

С 60 Изучение оптического измерителя расстояния: метод. указания по выполнению студентами лабораторных работ/ А.И.Солдатов. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2023. – 24 с.

Методические указания по выполнению студентами лабораторной работы «Изучение оптического измерителя расстояния» разработаны для студентов магистратуры, обучающихся по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника.

Одобрено на заседании научно-методической комиссии ФИТ, протокол № 5 от 28.12.2022 г.

УДК 372.862

ББК 30

© Солдатов А.И., 2023

© Томск.гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2023

## Оглавление

Цель работы .....	2
Задачи .....	2
Краткие теоретические сведения.....	2
Время-импульсный измеритель расстояния .....	3
Фазовый измеритель дистанции.....	5
Частотный метод измерения дальности.....	9
Используемое оборудование.....	14
Описание лабораторной установки.....	18
Предварительное задание.....	20
Программа работы .....	21
Содержание отчета.....	21
Контрольные вопросы .....	21
Источники информации: .....	22

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### Изучение оптического измерителя расстояния

#### **Цель работы**

Изучить принцип измерения расстояния лазерным дальномером

#### **Задачи**

Изучить схему время-импульсного измерителя. Изучить схему фазового измерителя расстояния. Изучить схему оптического измерителя расстояния на принципе линейной частотной модуляции. Изучить характеристики преобразования лазерного дальномера. Изучить чувствительность и разрешающую способность лазерного дальномера. Определение погрешности лазерного преобразователя.

#### **Краткие теоретические сведения**

Дальномер — устройство, предназначенное для определения расстояния от наблюдателя до объекта. Используется в системах ориентации роботов, геодезии, для наводки на резкость в фотографии, в прицельных приспособлениях оружия и т. д [1].

Для построения измерителей дальности можно использовать различные физические поля, одним из широко распространенных вариантов является оптический измеритель дистанции, принцип действия которого основан на законах геометрической оптики. Различают приборы: с постоянным углом и выносной базой (нитяной дальномер, основное применение - теодолиты, нивелиры и т. д.); с постоянной внутренней базой, которые в свою очередь подразделяются на монокулярные и бинокулярные.

По принципу получения первичной информации измерители дальности можно разделить на две большие группы: активные и пассивные. Среди активных измерителей дальности можно выделить звуковые,

оптические, радиоволновые. К пассивным можно отнести измерители дистанции, основанные на оптическом параллаксе, или на сопоставлении объекта какому-либо эталону.

Принцип действия активных измерителей расстояния заключается в измерении времени распространения зондирующего сигнала до отражателя и отраженного сигнала до приемного устройства. Для вычисления удвоенного расстояния измеренное время умножается на скорость распространения сигнала в среде. При этом считается, что скорость распространения сигнала в среде является постоянной на всем пути распространения сигнала и является известной величиной.

Активный оптический дальномер может быть построен на использовании трех методов: время-импульсный, фазовый и частотный. Простейшая схема активного оптического измерителя расстояния включает источник оптического излучения, передающую и приёмную системы, приёмник отраженного сигнала и устройство измерения времени, фазы или частоты в зависимости от используемого метода (рис.1) [2, 3].

## **Время-импульсный измеритель расстояния**

В этом методе измеряется время распространения зондирующего сигнала до отражателя и обратно до приемника. Оптический генератор (ПРД) через оптическую систему (АП) излучает сигнал в среду, в которой расположен отражатель. Управление оптическим генератором осуществляется опорным генератором (С), который вырабатывает последовательность коротких импульсов (диаграмма 1 на рис. 1). Этими же импульсами осуществляется синхронизация блока измерения дальности и индикации (БИД). Оптический генератор (ПРД) формирует световые импульсы, причем их модулируют амплитудой или манипулируют фазой или частотой в соответствии с определенным законом (на диаграмме 2 показаны огибающие видеоимпульса).

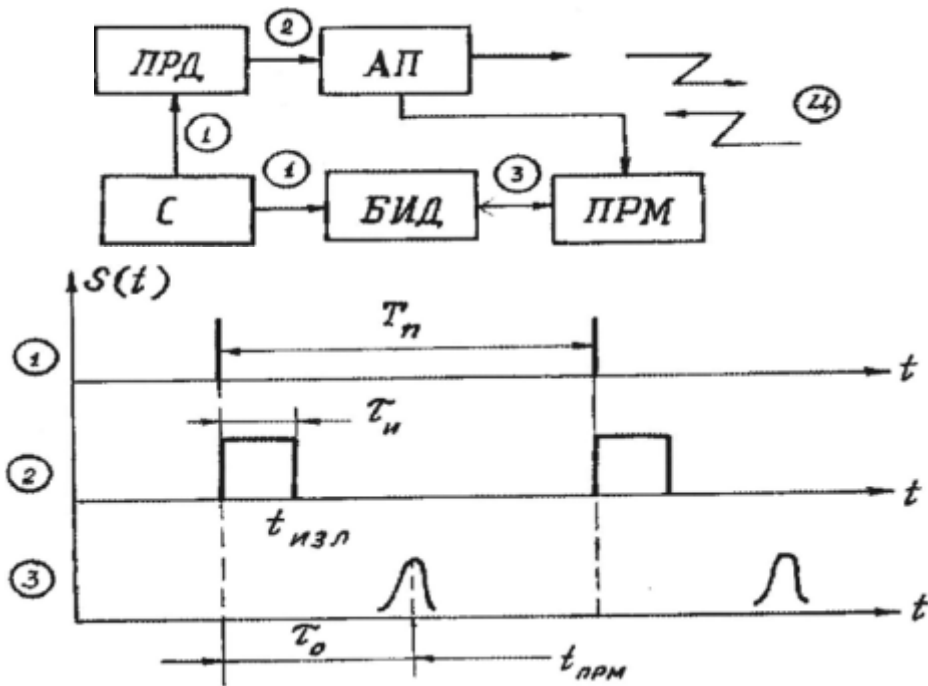


Рис. 1 Структурная схема время-импульсного дальномера (а), диаграммы работы дальномера (б)

Отраженный сигнал поступает на вход приемника (ПРМ) и далее в блок измерения и индикации дальности (БИД), который измеряет время  $t_0$  распространения этих импульсов до отражателя и обратно (диаграмма 3). Дистанция до отражателя и время распространения сигнала до отражателя и обратно связаны соотношением:

$$L = \frac{ct_0}{2} \quad (1)$$

Такой измеритель дистанции способен измерять расстояние до нескольких отражателей, расположенных на разных дистанциях. Это возможно, если принятые сигналы не накладываются друг на друга, при этом выполняется условие:

$$\frac{L_1}{c} - \frac{L_2}{c} > t_{\text{и}} \quad (2)$$

где  $L_1$  и  $L_2$  - расстояния до первого и второго отражателей соответственно,  $t_{\text{и}}$  - длительность принятого импульса,  $c$  - скорость распространения сигнала в среде.

Из выражений (1) и (2) можно определить разрешающую способность по дальности оптического измерителя расстояний:

$$l_{min} > t_{и}c \quad (3)$$

Эта же формула позволяет вычислить «мертвую зону» или «зону нечувствительности» (минимальная измеряемая дистанция) импульсного измерителя расстояния.

Максимальная измеряемая дистанция  $L_{max}$  определяется периодом повторения зондирующих импульсов  $T_{п}$ :

$$L_{max} < \frac{cT_{п}}{2} \quad (4)$$

Для однозначного определения дистанции должно выполняться условие:

$$t_{max} \leq T_{п} \quad (5)$$

где  $t_{max}$  максимальное время распространения сигнала до отражателя и обратно,  $T_{п}$  период повторения зондирующих импульсов.

Если условия (3), (4) и (5) не выполняются, то возникает погрешность измерения, которая кратна величине  $\frac{cT_{п}}{2}$ .

Рассмотренный дальномер обладает несколькими достоинствами: простая схема, возможность контролировать дистанцию до нескольких объектов. Однако ей присущи и некоторые недостатки, среди которых следует отметить наличие «мертвой зоны» и отсюда невозможность измерения очень малых расстояний, для измерения больших дистанций необходима большая излучаемая мощность.

## **Фазовый измеритель дистанции**

В фазовом измерителе дистанции оптическое излучение модулируется синусоидальным сигналом. Для этого в схеме оптического измерителя дистанции имеется модулятор. Функцию модулятора выполняет электрооптический кристалл, изменяющий свои свойства под воздействием

электрического сигнала. В качестве сигнала, воздействующего на электрооптический кристалл, используют высокочастотный сигнал в диапазоне 10...150 МГц синусоидальной формы. Фотоприемник принимает отраженный от отражателя сигнал, прошедший через приемную оптическую систему. За счет запаздывания принятый сигнал имеет другую фазу относительно излученного сигнала, которая изменяется при изменении дистанции. Дистанция до объекта будет прямо пропорциональна разности фаз между излученным и принятым сигналами. Длина волны зондирующего сигнала при этом не изменяется. Разность фаз между излученным и принятым сигналами можно измерить с помощью фазометра. При этом дистанцию до отражателя можно определить по формуле:

$$L = \frac{c}{2f} \frac{\varphi}{2\pi} \quad (6)$$

где  $c$  — скорость распространения оптического излучения в среде,  $f$  — частота оптического излучения,  $\varphi$  — фазовый сдвиг между принятым и отраженным оптическими сигналами.

Формулу (6) можно использовать только в том случае, если дистанция до отражателя меньше  $\frac{\lambda}{2}$ :

$$L < \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f} \quad (7)$$

где  $\lambda$  - длина волны оптического излучения в среде,  $c$  – скорость распространения оптического излучения в среде,  $f$  - частота оптического излучения.

Простейшие расчеты показывают, что при частоте излучения 10МГц, максимальная измеряемая дистанция может составлять 15 метров. Варьирование дистанции в диапазоне 0 ... 15 метров приведет к изменению разности фаз в диапазоне 0 ... 360 градусов. Соответственно одному градусу сдвига фаз соответствует изменение дистанции на 4 см.

Если расстояние превышает 15 м, то возникает неоднозначность, невозможно определить целое количество длин волн в измеренной



дистанции. Одним из возможных способов решения этой проблемы является измерение дистанции на двух длинах волн зондирующего сигнала. Это позволяет составить систему двух уравнений с двумя неизвестными величинами:

$$\begin{cases} L = \frac{c}{2f_1} \frac{\varphi_1}{2\pi} \\ L = \frac{c}{2f_2} \frac{\varphi_2}{2\pi} \end{cases} \quad (8)$$

Решая эту систему, находят расстояние до отражателя.

Второй способ также основан на использовании двух длин волн. На большей длине волны определяют дистанцию до отражателя с большой погрешностью, на маленькой длине волны определяют расстояние с нужной точностью.

Для измерения фазового сдвига используют широко распространенные фазометры, позволяющие с высокой точностью измерять разность фаз. При этом погрешность определения дистанции не превышает 0,5 мм. Поэтому в прецизионных измерителях дистанции используется фазовый метод, как наиболее точный. Такие измерители дистанции используются в геодезии, робототехнике, лазерных измерителях и т.д.

Фазовый метод измерения дистанции имеет и свои недостатки: мощность оптического генератора, работающего в непрерывном режиме существенно меньше, чем у оптического генератора, работающего в импульсном режиме, соответственно и измеряемая дистанция тоже меньше. Кроме того, фазовый измерители дистанции обладают меньшим быстродействием по сравнению с время-импульсными измерителями дистанции из-за большого времени измерения фазы.

Точность измерения фазового измерителя дистанции определяется точностью измерения разности фаз. Для измерения разности фаз можно использовать аналоговый или цифровые методы. Аналоговые методы измерения фаз существенно проще цифровых, но обладают меньшей

точностью по сравнению с цифровыми методами. Однако цифровые методы не подходят для измерения разности фаз высокочастотных сигналов, т.к. временная задержка между излученным и принятым сигналами составляет единицы наносекунд.

Для решения этой проблемы переносят спектр излученного и принятого сигналов в более низкочастотную область путем смешивания с сигналом близкой частоты от опорного генератора, называемого гетеродином. Различие частот гетеродина и зондирующего сигналов может составлять сотни килоггерц или единицы мегагерц. После смешивания этих сигналов на выходе смесителя получается два сигнала: суммарный и разностный. Полезным является разностный сигнал, он выделяется полосовым фильтром. При таком преобразовании сигналов разность фаз между ними остается неизменной. Далее разность фаз уже низкочастотных сигналов измеряется цифровыми методами, например, преобразовать в двоичный код с помощью АЦП и затем обработать в микроконтроллере или измерить задержку с помощью двоичного счетчика и полученный двоичный код обработать в микроконтроллере. Структурная схема оптического фазового измерителя дистанции с гетеродинным преобразованием сигналов приведена на рис.2

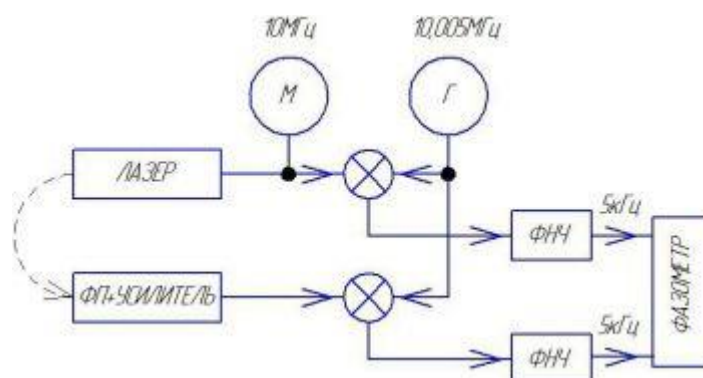


Рис.2. Структурная схема оптического фазового измерителя дистанции с гетеродинным преобразованием сигналов

## Частотный метод измерения дальности

Для измерения дистанции можно применить частотную модуляцию. При этом модулятор по некоторому закону изменяет частоту зондирующего сигнала. Излученный сигнал проходит путь от излучателя до отражателя и обратно. За это время частота зондирующего сигнала изменится на некоторую величину. Измерив разность частот между излученным и принятым сигналами можно вычислить дистанцию до отражателя. Такой способ измерения дальности имеет высокую точность и разрешающую способность. Кроме того, использование непрерывного излучения позволяет использовать доплеровский метод для измерения скорости движения отражателя. Структурная схема простейшего частотного измерителя дальности состоит из модулятора, генератора высокочастотных сигналов, оптического излучателя, оптического приемника, смесителя, частотомера и индикатора (рис. 3).

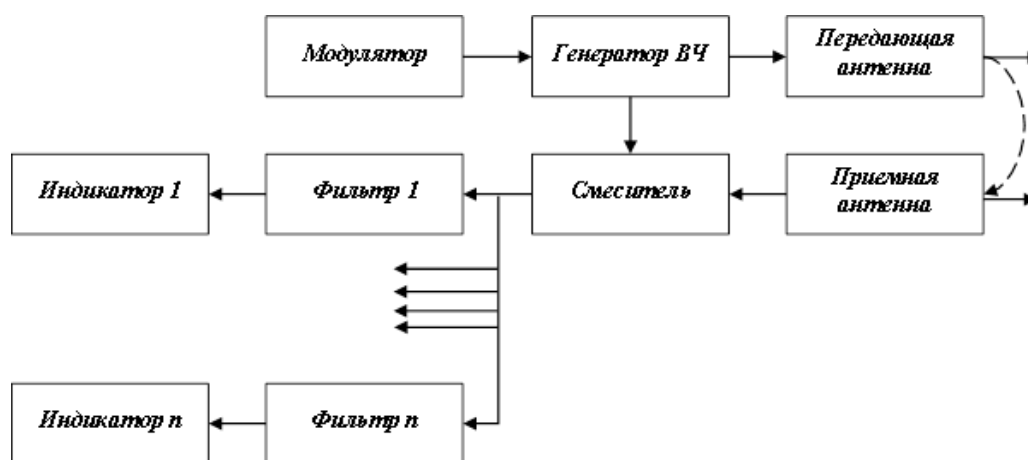


Рис.3. Структурная схема частотного дальномера

Сигнал на выходе генератора высокочастотных колебаний изменяется по периодическому закону под воздействием модулятора (рис.6.4 сплошная линия). Зависимость частоты отраженного сигнала от времени будет такая же как и у излученного, но только сдвинута по временной оси на время запаздывания  $t_D$ , равное времени распространения оптического излучения

до отражателя и обратно. На рис.4.а изменение частоты отражённого сигнала показано штриховой линией. Принятый и зондирующий сигналы поступают на смеситель, на выходе которого разностная частота (рис.4.б) прямо пропорциональна измеряемому расстоянию. Частота излучения описывается выражением:

$$f_{\text{изл}} = f_0 + \frac{\Delta f_M}{T_M} t, \quad (9)$$

где  $f_{\text{изл}}$  - частота излучённого сигнала,  $f_0$  - минимальная частота излученного сигнала,  $\Delta f_M$  - изменение частоты зондирующего сигнала,  $T_M$  - период модулирующего сигнала,  $t$  - время.

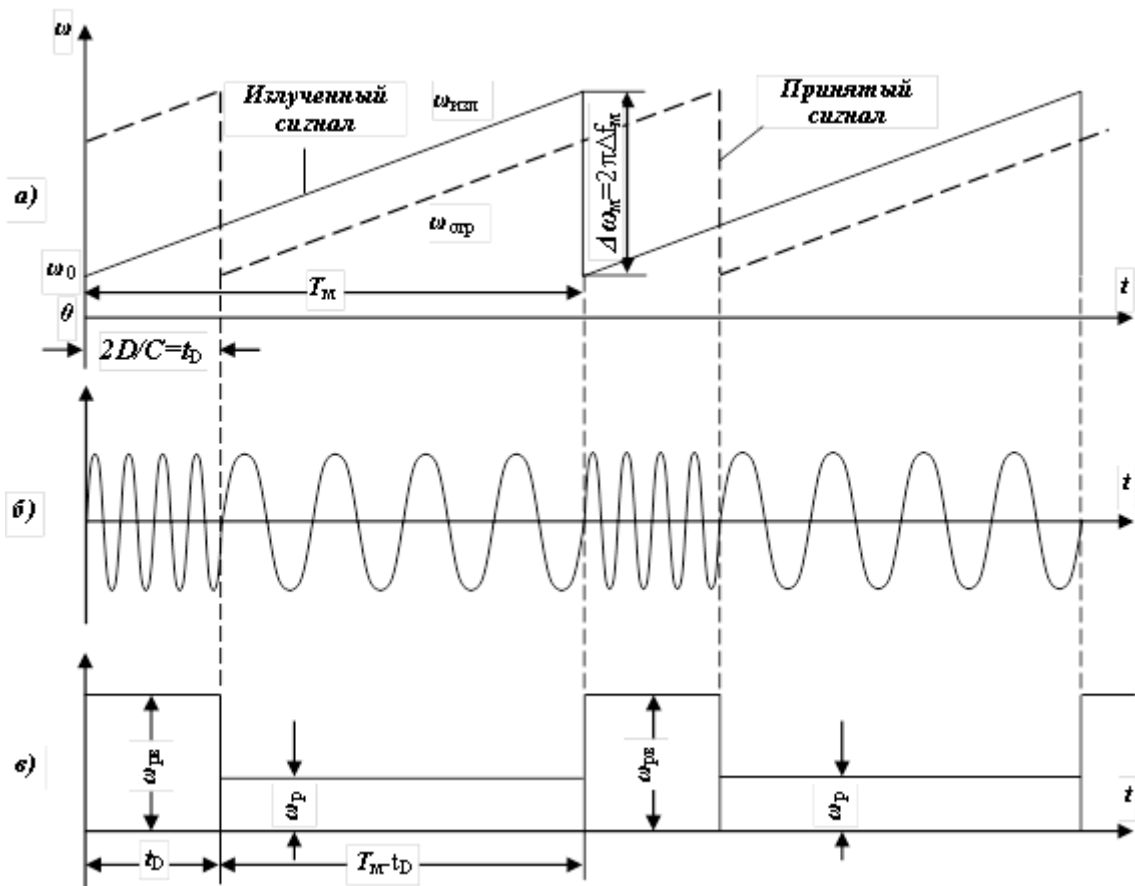


Рис. 4. Диаграмма работы частотно-модулированного измерителя расстояния

- а) – диаграмма изменения частоты излучённого и принятого сигналов;
- б) – диаграмма разностного сигнала;
- в) – диаграмма изменения частоты разностного сигнала.

Отраженный от неподвижного отражателя сигнал будет иметь частоту, описываемую следующим выражением:

$$f_{\text{отр}} = f_0 + \frac{\Delta f_M}{T_M} (t - t_D) = f_0 + \frac{\Delta f_M}{T_M} \left( t - \frac{2D}{c} \right), \quad (10)$$

где

Разностная частота на выходе смесителя будет иметь вид, описываемый формулой (6.3):

$$f_p = f_{\text{изл}} - f_{\text{отр}} = \frac{2\Delta f_M}{cT_M} D = \frac{4\pi F_M \Delta f_M}{c} D \quad (11)$$

Из выражения (6.3) можно определить дистанцию до отражателя:

$$D = \frac{cf_p T_M}{2\Delta f_M} = \frac{cf_p}{2F_M \Delta f_M} \quad (12)$$

Определение величины разности частот излучения и приема можно использовать перестраиваемый полосовой фильтр или набор полосовых фильтров с разной резонансной частотой. Кроме того, можно использовать двоичные счетчики, который подсчитывают количество периодов за 1 секунду.

Измерители дистанции с частотной модуляцией способны работать на очень малых дистанциях и с малыми мощностями излучения. Это их основные достоинства.

К недостаткам относят использование либо двух оптических систем для излучения и приема, либо устройств разделения излучаемых и принимаемых сигналов, а также сложность обеспечения линейности изменения частоты.

Другая группа оптических измерителей дистанции относится к пассивной группе. Принцип работы таких измерителей дистанции заключается в вычислении высоты равнобедренного треугольника, если известны угол и противолежащая сторона (рис.5). При этом либо угол, либо противолежащая сторона должны быть константой, а другая изменяемой. По этим двум признакам оптические измерители дистанции подразделяются на оптические измерители дистанции с постоянным углом

и оптические измерители дистанции с постоянной базой. Геометрическая схема оптического измерителя дистанции показана на рис.5. В точке С размещается оптический измеритель дистанции. На расстоянии  $h$  от прибора разместим линейку АВ, так чтобы линия  $h$  была перпендикулярна линейке АВ и пересекала линейку АВ в центре. Треугольник АВС получился равнобедренный. Тогда можно записать:

$$h = \frac{l}{2} \operatorname{ctg} \left( \frac{\beta}{2} \right) = l \cdot \operatorname{ctg}(\beta) \quad (13)$$

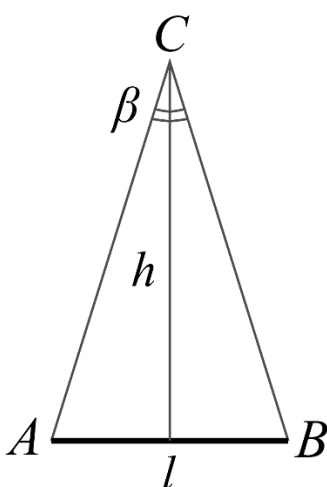


Рис.5. Принцип измерения высоты в равнобедренном треугольнике,  $l$  — базис оптического измерителя дистанции, С — оптический измеритель дистанции,  $h$  — расстояние между оптическим измерителем дистанции и объектом наблюдения

В оптическом измерителе дистанции с неизменным углом измеряют отрезок  $l$ . Угол  $\beta$  называется диастимометрическим углом.

В оптическом измерителе дистанции с постоянной базой измеряют угол  $\beta$ . Угол  $\beta$  называется параллактическим углом; отрезок  $l$  имеет постоянную известную длину и называется базисом.

Особенности конструкции и принцип работы оптического измерителя дистанции.

Источником оптического излучения в оптическом измерителе дистанции является лазер. При этом оптическое излучение представляет

собой короткий световой импульс. Твердотельные лазеры способны работать с частотой повторения одиночных импульсов в диапазоне 50...100 Гц. Полупроводниковые лазеры способны работать на более высоких частотах повторения: 10 кГц...100 кГц. Для получения коротких оптических импульсов в твердотельном лазере применяют механический, электрооптический или акустооптический затворы. Возможна комбинация этих затворов. Для получения коротких оптических импульсов в инжекционных лазерах используют ток инжекции.

В оптических измерителях дистанции в качестве источников оптического излучения используют вакуумные лампы накаливания, газоразрядные лампы, полупроводниковые светодиоды и все типы лазеров. Дальность действия оптического измерителя дистанции составляет 2...5 км, если в качестве источника излучения используется полупроводниковый светодиод. Если в качестве источника оптического излучения используется газовый лазер, то дальность действия оптического измерителя дистанции может достигать 100 км при зеркальном отражении оптического излучения. Если отражение диффузное, то дальность действия уменьшается до 0,8 км. Если в качестве источника оптического излучения используется полупроводниковый лазер, то дальность действия оптического измерителя дистанции составляет 15 км при зеркальном отражении и 0,3 км при диффузном.

В качестве фотоприемного устройства в время-импульсных оптических измерителях дистанции применяются фотодиоды. В фазовых оптических измерителях дистанции в качестве фотоприемного устройства применяют фотоэлектронные умножители. Чувствительность оптического измерителя дистанции зависит от чувствительности фотоприемника и может быть увеличена на несколько порядков за счет переноса спектра частот принятого оптического сигнала. Это можно осуществить с помощью оптического гетеродина. Максимальная измеряемая дальность такого

оптического измерителя дистанции зависит от длины когерентности излучающего источника оптического излучения и составляет 0,2 км.

Измерение временных интервалов в оптических измерителях дистанции как правило осуществляется счётно-импульсным методом.

## Используемое оборудование

Специальный стенд с возможностью подключения оптического датчика. Лабораторный стенд с микроконтроллером ARDUINO работает в программной среде Arduino IDE. Работа в этой среде обычно включает в себя следующие шаги:

1. Подключите Arduino-плату к компьютеру через USB-порт.
2. Для создания нового проекта откройте Arduino IDE. Для этого на рабочем столе ПК найдите пиктограмму, показанную на ри.6.

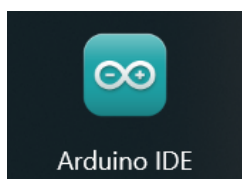


Рис. 6. Пиктограмма программы Arduino IDE

3. Создайте новый файл проекта, выбрав пункт «File» -> «New» в верхнем меню (рис.7).

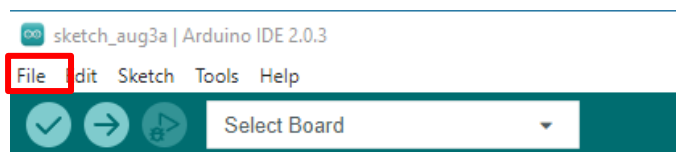


Рис.7. Вкладка «File» программы Arduino IDE

4. Откроется окно с основной структурой вашей программы (рис.8).



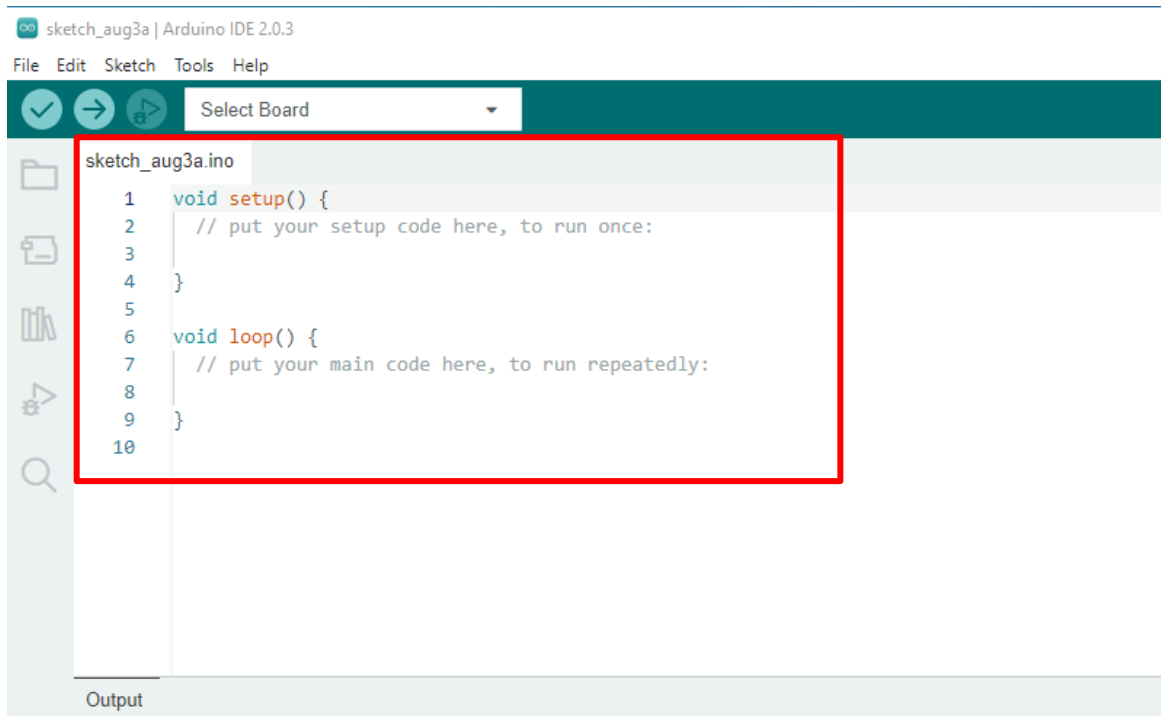


Рис. 8. Окно редактора Arduino IDE

5. Напишите код вашей программы в окне редактора Arduino IDE, используя вышеуказанные функции, команды и конструкции языка C/C++.

Используйте встроенные библиотеки Arduino, чтобы расширить возможности вашей программы. Интересующие библиотеки можно найти в разделе «Library Manager» в Arduino IDE (пункт «Sketch» -> «Include Library») или на панели слева (рис.9)).

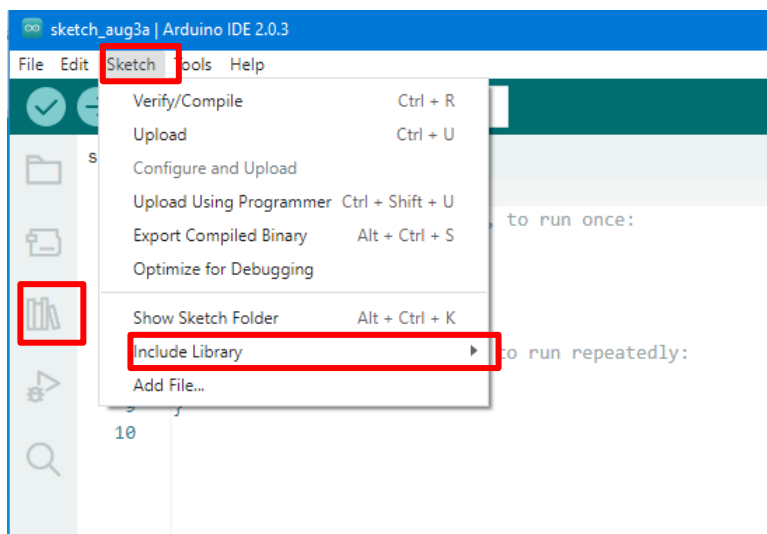


Рис.9. Вкладка «Sketch» для выбора встроенных библиотек Arduino

6. Проверьте синтаксис вашего кода, нажав кнопку «Verify» (галочка) в верхней панели Arduino IDE (рис.10).

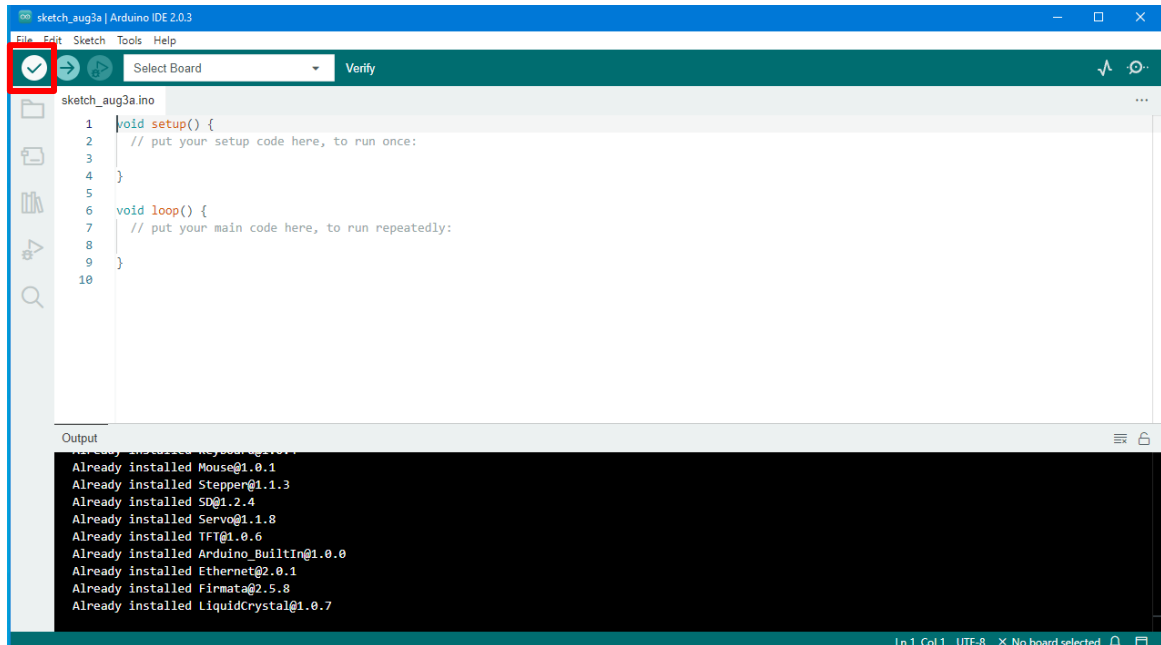


Рис.10. Кнопка «Verify» программы Arduino IDE

Если нет ошибок, ваш код будет успешно скомпилирован в машинный код, готовый для загрузки на Arduino-плату.

7. Убедитесь, что выбрана правильная плата и порт коммуникации в меню «Tools» (рис.11).

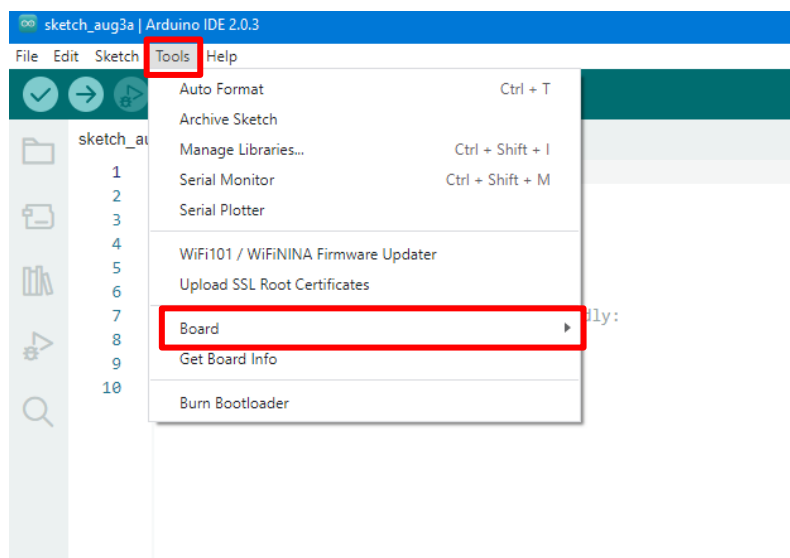


Рис.11. Вкладка «Tools» для выбора платы

8. Нажмите кнопку «Upload» (стрелка вниз) в верхней панели Arduino IDE, чтобы загрузить скомпилированный код на Arduino (рис.12).

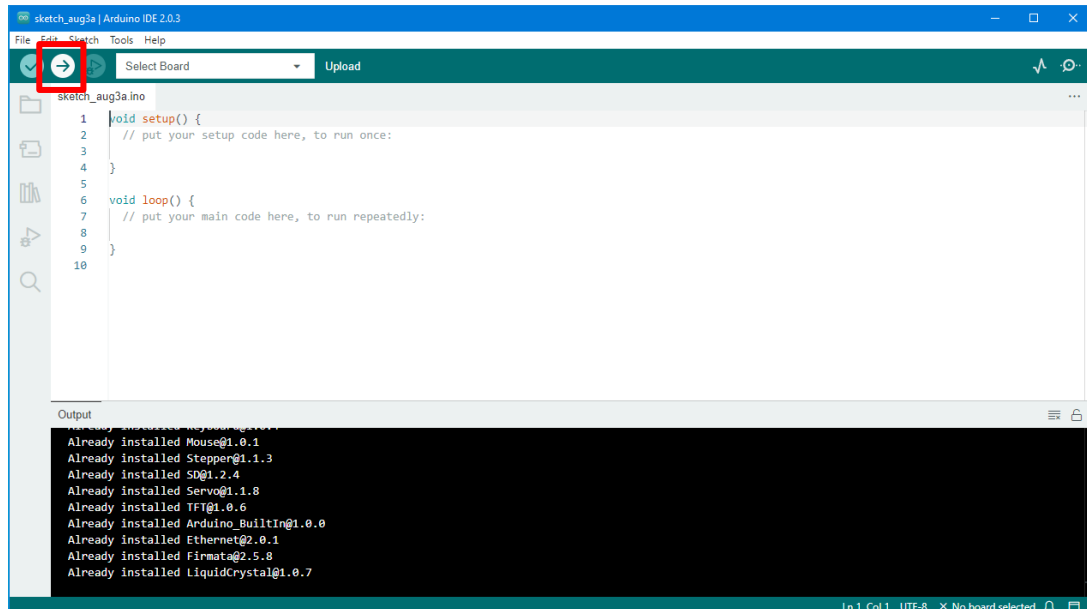


Рис.12. Кнопка «Upload» программы Arduino IDE

Плата будет перезагружена и начнет выполнять Вашу программу.

9. Откройте монитор порта, выбрав пункт «Tools» -> «Serial Monitor» в верхнем меню или плоттер по последовательному соединению, выбрав пункт «Serial Plotter» (рис.13).

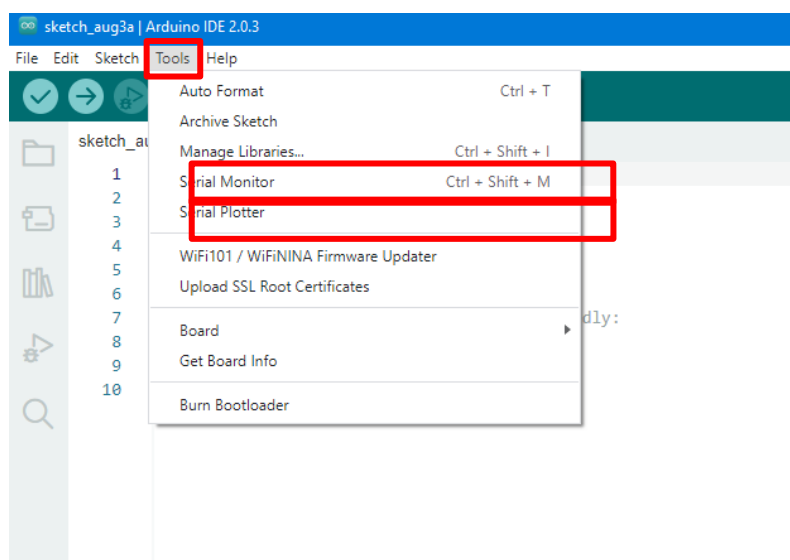


Рис.13. Вкладка «Tools» для выбора просмотра полученных данных

В мониторе порта вы сможете просматривать числовые данные, выводимые вашей программой, а в плоттере по последовательному соединению данные отображаются в графическом виде.

Для правильной работы лабораторного стенда необходимо загрузить программу работы микроконтроллера для измерения напряжения.

## Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из модуля лазерного датчика, микроконтроллера АРДУИНО и индикаторного табло (рис.14).

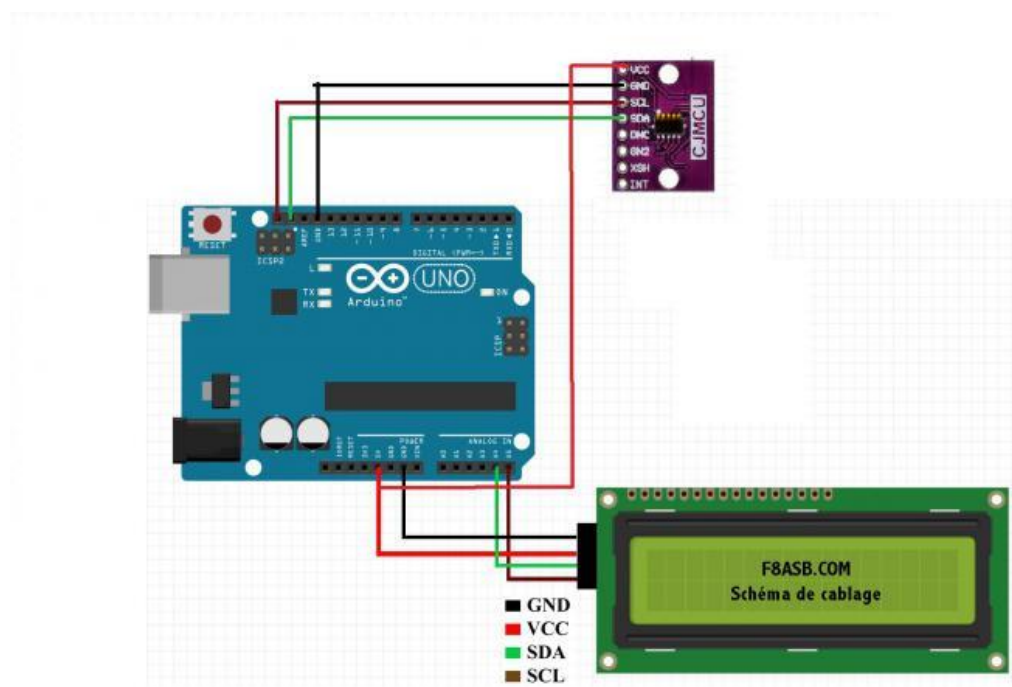


Рис.14. Стенд для исследования лазерного измерителя дистанции

Для запуска микроконтроллера в него нужно загрузить программу, представленную ниже:

```

#include <Wire.h>
#include <VL53L0X.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

VL53L0X sensor;
// Set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);
int pinPosition = 10;

void setup()
{
  setupLCD();
  setupSensor();
  setupLed();
}

void setupLed(){
  pinMode(pinPosition, OUTPUT);
}

void setupLCD()
{
  // initialize the LCD
  lcd.begin();

  // Turn on the backlight and print a message.
  lcd.backlight();
  lcd.print("Hello, world!");
}

void setupSensor()
{
  //скорость передачи данных
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();

  sensor.init();
  sensor.setTimeout(500);

  // Start continuous back-to-back mode (take readings as
  // fast as possible). To use continuous timed mode
  // instead, provide a desired inter-measurement period in
  // ms (e.g. sensor.startContinuous(100)).

```

```

    sensor.startContinuous();
}
// void checkDistanceAlarm(int distance){
    if(distance > 1000)
    {
        digitalWrite(pinPosition, HIGH);
    }else{
        digitalWrite(pinPosition, LOW);
    }
}

void printDistance(int distance){
    lcd.clear();
    lcd.print(distance + " mm");
}

void loop()
{
    Serial.print(sensor.readRangeContinuousMillimeters());
    if (sensor.timeoutOccurred()) { Serial.print(" TIMEOUT"); }

    int distance = sensor.readRangeContinuousMillimeters();
    printDistance(distance);
    checkDistanceAlarm(distance);
    /*-----*/

    Serial.println();
}

```

## **Предварительное задание**

1. Изучить разделы курса и краткие теоретические сведения.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
3. Ознакомиться с рабочим заданием, методическими указаниями к работе.
4. Подготовить бланк отчёта.

## **Программа работы**

1. Получить у преподавателя допуск к работе.
2. Подключить датчик к микроконтроллеру АРДУИНО.
3. Подать напряжение питания.
4. Запустить программу в среде отладки.
5. Установить отражатель поочередно на 10 разных дистанциях.

Снять показания.

6. Повторит п.5 три раза и найти среднее значение для каждой дистанции.
7. На основе полученных данных построить график.
8. Оформить отчёт по проделанной работе.

## **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Описание лабораторной установки.
3. Программа работы.
4. Заполнить Таблицу экспериментальных данных и построить зависимость.
5. Сделать выводы.
6. Привести ответы на контрольные вопросы.

## **Контрольные вопросы**

1. Кратко опишите принцип работы время-импульсного дальномера.
2. Кратко опишите принцип работы фазового дальномера.
3. Кратко опишите принцип работы частотного дальномера.

4. В каких случаях возникает неоднозначность измерения дистанции в фазовом дальномере?
5. Какими способами устраняется неоднозначность измерения дистанции в фазовом дальномере?
6. Чем определяется максимальная дальность время-импульсного дальномера?
7. На каком принципе строятся прецизионные дальномеры?
8. В каком диапазоне частот работают оптические измерители расстояния?

## **Источники информации:**

1. Лазерный дальномер – [Электронный ресурс] – Режим доступа [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B4%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80) – Заглавие с экрана (дата обращения 17.10.2022).
2. Лебедько, Е. Г. Системы импульсной оптической локации : учебное пособие / Е. Г. Лебедько. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1588-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211532> (дата обращения: 17.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Латыев, С. М. Конструирование точных (оптических) приборов : учебное пособие / С. М. Латыев. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 560 с. — ISBN 978-5-8114-1734-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211937> (дата обращения: 17.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.