

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра динамического моделирования и биомедицинской инженерии

Цифровой датчик фотоплетизмограммы
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 461 группы

направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»

факультета нано- и биомедицинских технологий

Маслов Артем Владимирович

Научный руководитель:

профессор, д.ф.- м.н., доцент

В.И.Пономаренко

подпись, дата

Зав. кафедрой:

д.ф.-м.н., доцент

Е.П. Селезнев

подпись, дата

Саратов 2017

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время в странах, где активно развивается наука и распускает свои ветви технологический прогресс, повышенный интерес наблюдается к методам неинвазивного исследования кровеносной системы и внутренних органов человеческого организма.

Методы изучения, которые затрагивают новые направления, включают в себе получение максимального количества информации неинвазивным путем. На сегодняшний день создано большое количество диагностических приборов, ведется разработка множества устройств, позволяющих проводить исследование сердечно-сосудистой системы и получать важную информацию [1,2]. Все больший успех набирают технологии, внедряемые в мобильные устройства, которые позволяют следить за своим здоровьем, их компактность и многозадачность кардинально продвигают развитие данной инфраструктуры [3]. Одним из таких устройств является фотоплетизмограф, его применение и специфика использования позволяют найти способ к созданию более компактной версии данного приспособления.

Фотоплетизмография - это один из методов диагностики состояния сердечно-сосудистой системы. Этот метод базируется на исследовании процесса поглощения света, проходящего через сосуды человека с пульсирующей кровью. Обычно диагностические приборы снимают фотоплетизмограмму на ухе человека или пальце руки. Используется для мониторинга пациентов, определения частоты сердечных сокращений, величины интенсивности пульсации кровотока. Применяется также для неинвазивной оценки количества кислорода в крови, для чего используют специальные приборы, пульсоксиметры [4].

Фотоплетизмография позволяет оценить работу самого сердца и состояние сосудов, что является важным диагностическим фактором при лечении и контроле состояния пациентов. Частота пульсовой волны отражает

работу сердца, а ее форма, величина пиков и их соотношение дает информацию о состоянии стенок сосудов.

Большинство фотоплетизмографических датчиков использует в качестве источника света инфракрасный светодиод и соответствующий фотоприемник [5]. В то же время, для технических нужд в настоящее время часто используют широкополосные фотоприемники. Одно из таких применений – это датчики окружающего света, используемые в смартфонах для подстройки яркости экрана в соответствии с интенсивностью окружающего света. Кроме того, появились мощные и экономичные источники белого света (лазерные светодиоды). Они достаточно дешевы и удобны в использовании, к тому же фотоприемники часто снабжают аналого-цифровым преобразователем, расположенным в одном корпусе со светодиодом и позволяющим передавать уже цифровой сигнал, а не аналоговый, что существенно снижает требования к экранированию от внешних помех.

Таким образом, в рамках этой дипломной работы была поставлена задача создать компактное устройство с цифровым датчиком света, удобным креплением датчика на поверхности тела и передачей данных в Arduino. Сама платформа Arduino имеет возможность передачи данных в компьютер, возможно, также провести предварительную обработку в самом контроллере.

Цель бакалаврской работы – создание фотоплетизмографа на базе датчика освещенности GY-302

Поставленная цель определила **следующие задачи**:

1. Ознакомиться с научной литературой, посвященной методам измерения фотоплетизмограмм, сделать обзор методов измерения фотоплетизмограмм
2. Провести сравнительный анализ различных датчиков фотоплетизмограммы.
3. Разобраться со схемой подключения Arduino Nano и датчика GY-30
4. Освоить программирование программ на языках Wiring.

5. Подключить датчик и написать программу передачи данных об освещённости в компьютер.
6. Сделать схему фотоплетизмографа с использованием цифрового датчика и провести измерения фотоплетизмограмм человека с последующей фильтрацией.

Структура и объём работы. Бакалаврская работа состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников и 3 приложений. Общий объём работы – 42 страниц, из них 34 страницы – основное содержание, включая 24 рисунков и 2 таблицы, список использованных источников информации – 21 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Плетизмография как метод исследования» посвящен терминам и методам касательно фотоплетизмографии.

Плетизмография – методика, позволяющая вести диагностику и исследование участков ткани и органов, наблюдая изменение их кровенаполнения. Плетизмография предоставляет обширную и важную информацию о состоянии периферических сосудов и их гемодинамике [6].

Принцип плетизмографии включает в себе динамическое изменение объема крови в изучаемом участке ткани или органа. Объем органа – это заполняющая его кровь и объем тканей, из которых он состоит [7].

Существует механическая плетизмография, при использовании которой, участок обследуемой ткани помещается в герметический твердый сосуд, а изменение объема кровенаполнения фиксируется за счет водяной или воздушной передачи, так же применение находит электроплетизмография, демонстрирующая изменение электропроводимости, зависящие от степени заполнения крови в исследуемом участке. Разновидностью электроплетизмографии является: фотоплетизмография, транстрахеальная полисегментарная и др.

Метод фотоплетизмографии заключается в регистрации оптической плотности исследуемой ткани или органа. Участок ткани, выбранный для наблюдения, начинают просвечивать, с помощью источника света, как правило, инфракрасного [8].

Принцип фотоплетизмографии — это изменение интенсивности светового потока. Динамичность света при фотоплетизмографии, вызвана разными условиями и факторами. Все зависит от источника света, а точнее от длины волны излучаемой им и так же от схемы наблюдения.

Измерения проводятся, располагая датчика и светодиода параллельно, на фаланге пальце руки или ноги, а также возможен вариант размещения на мочке уха человека.

Данный метод располагает достаточно большой информативностью, является неинвазивным и занимает малое количество времени, для проведения обследования пациента.

Второй раздел «Виды датчиков и их применение» посвящен обзору датчиков и их применению.

Фотоэлектрические датчики – это такие устройства, которые занимаются преобразованием потока света в электрическую величину для последующей обработки. Они нашли свое применение в автоматике, оптике, биомедицине и других отраслях научных исследований [9].

Существует множество разновидностей таких фотоэлектрических датчиков в зависимости от цели и способа их применения.

- 1) Фотоэлектрические датчик работающие по принципу изменения светового потока посредством изменения размера, объекта управления или его смещения в различные стороны. Такой принцип работы используется в датчиках длины, площади и т.д.
- 2) Фотоэлектрический датчик, работающий по принципу отражения потока света на светочувствительный элемент, от объекта управления изображенный. Такой принцип работы датчиков используется в приборах

считывающих и кодирующих информацию графических и текстовых документов, гигрометрах и т.д.

3) Фотоэлектрический датчик, работающий по принципу, излучения светового потока объектом управления. Такой принцип работы датчиков используется в приборах, измеряющих температуру, лучистую энергию и т.д.

4) Фотоэлементы с внешним фотоэффектом такими являются вакуумные и газонаполненные фотоэлементы, они обладают высокой линейностью световой характеристики, стабильностью температурных характеристик.

5) Фоторезисторы, имеющие широкое применение в фотодатчиках, с дискретной световой характеристикой. Фоторезисторы обладают достаточно высокой чувствительностью, долгим сроком службы, возможность работы на малом и переменном токе и имеют малые размеры

Датчики освещенности в основном предназначены определять уровень внешней освещенности. Информация, поступающая в виде аналогового сигнала, преобразовывается с помощью аналого-цифрового преобразователя и обрабатывается специальным программным обеспечением [10].

Цифровой датчик освещенности GY-30 изображенный на (рис.1) используемый в данной дипломной работе и имеющий следующие характеристики. Интерфейс I2C, большой интервал измерений от 1 до 65535 люксов и спектр чувствительности, который приближен к спектру человеческого глаза. Модуль выполнен на базе такого же чипа типа BH1750 [11].



Рис.1 Датчик освещенности

Использование данного датчика позволяет создать устройство для получения сигнала путем просвета пальца источником света.

Третий раздел «Микроконтроллеры и платформа Arduino» посвящен описанию микроконтроллеров и плат Arduino.

Для цифровой обработки информации и обмена цифровой и аналоговой информации часто применяют микроконтроллеры. Это такие устройства, которые обладают собственной оперативной и постоянной памятью, центральным процессором, средствами вывода и ввода информации [12]. Для удобства разработки существует целый ряд платформ, которые уже представляют собой смонтированное на плате устройство с микроконтроллером, микросхемой питания, интерфейсом связи с компьютером и выводами для подключения. Одна из наиболее распространенных и дешевых платформ – это Arduino.

Arduino – это смонтированная печатная плата с уже имеющимся собственным процессором и памятью. На плате расположены разъемы, к которым можно подключить различные компоненты, датчики, светодиоды и т.д.

Основной причиной и одним из главных преимуществ использования данных печатных плат является возможность самостоятельно собрать их из требуемых компонентов для поставленной задачи. Чертежи и исходные схемы являются общедоступными к применению по усмотрению и целям работы [13].

Arduino Uno, используемая в дипломной работе продемонстрированная на (рис.2). Печатная плата включает в себя микроконтроллер ATmega328. Данная платформа располагает 14 цифровых и 6 аналоговых входа/выхода, генератор 16МГц, разъем для подключения USB, ICP разъем и кнопку перезагрузки. Для запуска платы нужно подключить её к компьютеру с помощью кабеля USB, или обеспечить питанием от аккумулятора [14].

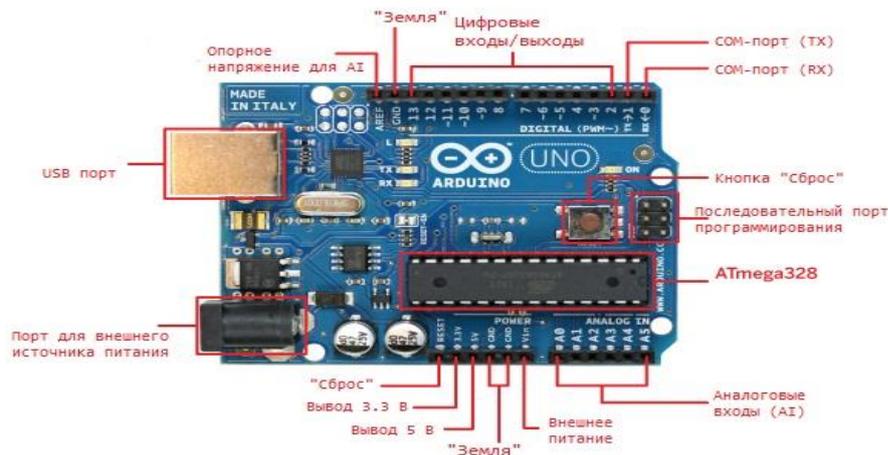


Рис.2 Arduino Uno

Четвертый раздел «Программное обеспечение, использованное при работе» посвящен описанию программного обеспечения задействованного в работе

Среда разработки Arduino включает в себе редактор кода программы, область, выдающую сообщения о корректности работы кода и самой платы, окна вывода текста и инструментальные панели управления, а так же меню. Язык программирования Arduino является стандартным C++. Для совершения загрузки программы, среда разработки подключается к аппаратной части Arduino [15,16].

Для проектирования крепления датчика в работе использована система **T-FLEX CAD**. С ее помощью была создана модель крепления, затем изготовлена на 3D-принтере.

T-Flex CAD – это программа позволяющая вести проектирование в 2D и 3D, а так же позволяет выполнять работу с 3D печатью [17]. Особенностью данного программного обеспечения, является возможность упрощённого и максимально автоматизированного проектирования [18].

Проектирования можно вести в любой последовательности, проектируя отдельные детали и создавая из них сборку, либо создавать отдельные проекты и применять их уже в имеющейся сборке. Программа позволяет использовать два способа одновременно [19].

Lazarus — это среда для разработки программного обеспечения на языке Object Pascal. Огромное преимущество данной среды разработки заключается в возможности работы и создания программ для различных операционных систем, а так же возможность создания графического интерфейса [20].

Пятый раздел «Экспериментальная часть» посвящен реализации целей поставленных в работе.

В первую очередь стоило разобраться в схеме подключения Arduino Uno и цифрового датчик освещенности BH1750FVI GY-30, приведенную в таблице.1, а так же подключить светодиод, схема приведена в таблице.2.

Таблица 1. Схема подключения Arduino Uno и датчика освещенности GY-30

| Gy-30 | Arduino Uno |
|--------------|--------------------|
| Vcc | +5V |
| GND | GND |
| SCL | A5 |
| SDA | A4 |

Таблица 2. Схема подключения Arduino Uno и светодиода

| Светодиод | Arduino Uno |
|-------------------------|--------------------|
| Положительный электрод. | GND |
| Отрицательный электрод | 3v3 |

Для корректной работы датчика, мною была произведена его калибровка. Был применен сторонний источник света и мобильное устройство с уже имеющимся датчиком освещенности.

На данном эксперименте источник света находился параллельно датчикам на расстоянии 15 см, результаты приведены на (рис.4).

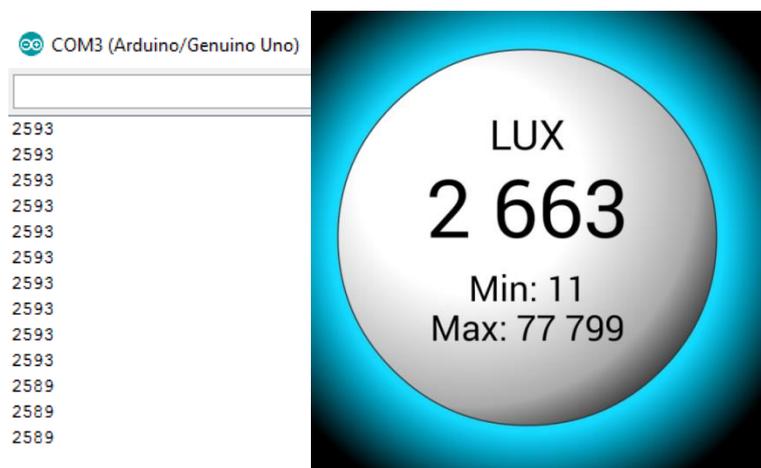


Рис.4 Показания датчика gy-30 и мобильного устройства

Сверив показания датчиков, было установлено, что датчик освещенности работает нормально и можно приступать к измерениям и опытам.

Установив корректную работу датчика, следующим шагом данной дипломной работы, стала регистрация данных через просвечиваемый палец и установления определенной интенсивности света, для сбора корректных данных.

Первым опытом был просвет пальца светодиодом в полуминуты, с частотой дискретизации 120гц, получение данных и записи их в файл. Далее для визуализации данных в среде Lazarus был построен график отображающий изменение интенсивности потока света изображенный на (рис.5).

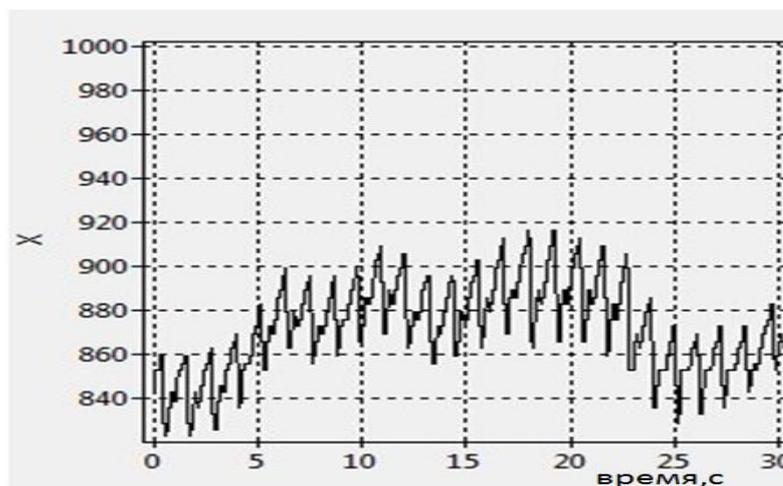


Рис.5 График изменения интенсивности потока света

Для удобства использования датчика в данной дипломной работе, было разработано крепление, для фиксации на конечностях. Для изготовления данного приспособления была применена технология 3D- печати. Для начала были установлены все размерности, чтобы крепление могло подойти как для детей, так и для взрослого человека. После чего начался процесс проектирования.

Эксперимент: снятие фотоплетизмограммы с уха и указательного пальца

Первым опытом моего исследования стали снятия показаний с указательного пальца. Первым опытом моего исследования стали снятия показаний с указательного пальца. Закрепив крепление на фаланге, подключив Arduino к компьютеру, и начинаю передавать данные получаемые с датчика, путем просвета пальца. Запись ведется в течение 1-ой минуты, частота дискретизации составляет 120гц. Закончив запись вывожу данные на график (рис.6) с помощью Lazarus. Для этого использовался метод скользящего среднего [21]. Так же было произведено дискретное преобразование Фурье находящееся на (рис.7), для построения спектра временного ряда данного сигнала. Вторым опытом моего исследования стало снятие показаний с мочки уха. Параметры применялись те же что и для указательного пальца. График, выведенный методом скользящего среднего, изображен на (рис.8), а дискретное преобразование Фурье (рис.9).

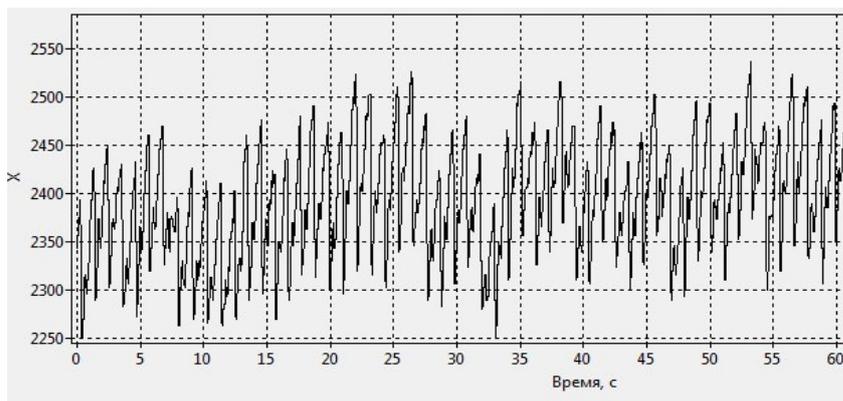


Рис.6 Показания с указательного пальца

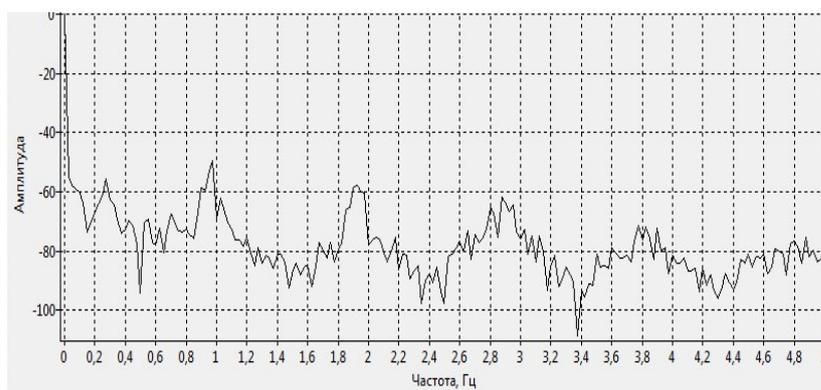


Рис.7 Дискретное преобразование Фурье показаний с пальца

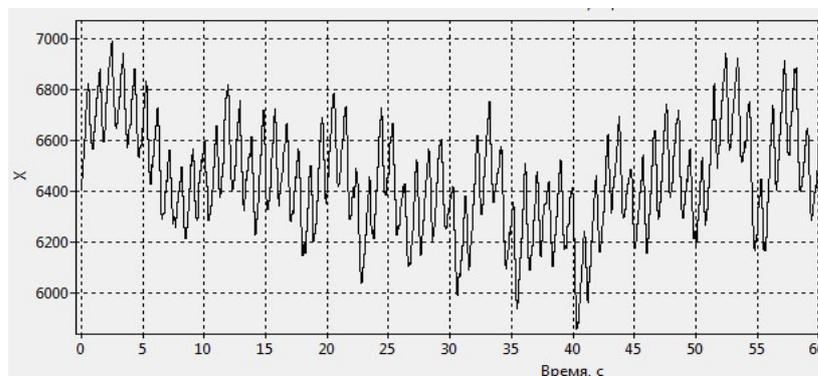


Рис.8 Показания с мочки уха

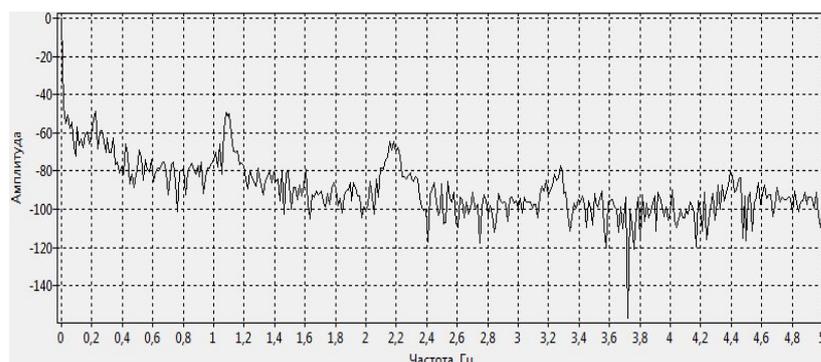


Рис.9 Дискретное преобразование Фурье показаний с мочки уха

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в рамках данной работы был изготовлен фотоплетизмограф на базе датчика GY-302. Он позволяет передавать данные в компьютер по интерфейсу USB с частотой 120 Гц. Поскольку датчик освещенности достаточно компактный, это устройство можно сделать беспроводным, добавив модуль bluetooth hc-05 или аналогичный. Кроме того, была разработана программа для визуализации записанных данных и для построения частотного спектра.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Камышко И. В. Медицинские приборы. Разработка и применение. – М. – Медицинская книга, 2004.
2. Агаханян Т. М. Электронные устройства в медицинских приборах: Учебное пособие / Т. М. Агаханян, В. Г. Никитаева. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.
3. Baura G. Medical Device Technologies: A Systems Based Overview Using Engineering Standards (Academic Press Series in Biomedical Engineering). – 2011.
4. Шурыгин И. А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. СПб.: "Невский Диалект"; М.: "Издательство БИНОМ", 2000.
5. Ильясов Л. В. Биомедицинская измерительная техника: Учеб. пособие для вузов/Л. В. Ильясов. – М.: Высш. шк., 2007.
6. Няшин Ю. И., Лохов В.А. Основы биомеханики: учебное пособие. – Пермь: Изд-во Пермского государственного технического университета, 2007.
7. Алдонин Г. М, Системы и устройств в кардиологии: учеб. Пособие / Г. М. Алдонин, С. П. Желудько. – Красноярск: Сиб. Федер. Ун-т, 2014.
8. Мошкевич В. С. Фотоплетизмография: (Аппаратура и методы исследования). - Москва : Медицина, 1970.
9. Виглеб Г. Датчики: пер с нем. – М.:Мир, 1989.
- 10.Федотов А. А., Акулов С.А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. – М.: Радио и связь, 2013.
- 11.Иго Том - Arduino, датчики и сети для связи устройств.- Санкт-Петербург,2014.
- 12.Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2014.

13. Блум Джереми - Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015.
14. Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/>, свободный.
15. Ревич Ю. В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера. – 3-е изд., испр – СПб.: БХВ - Петербург, 2014.
16. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino: Пер. с нем. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016.
17. T-FLEX CAD [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tflexcad.ru>, свободный.
18. Бунаков П. Ю. Сквозное проектирование в T-FLEX. – М.: ДМК Пресс, 2009.
19. Большаков В. П. Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС 3D. Практикум. – СПб.: БХВ – Петербург, 2010.
20. Программирование – это так просто, программирование – это так сложно. Современный учебник программирования. – М.: МЦНМО, 2015.
21. Культин Н. Б. Turbo Pascal в задачах и примерах. – СПб.: БВХ – Санкт-Петербург, 2000.