

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники  
(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»  
(наименование кафедры)

27.03.04 Управление в технических системах  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы и технические средства автоматизации и управления  
(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Регистратор параметров электрической энергии с поддержкой карт-памяти

Студент

Шарипов Сергей Андреевич

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Глибин Евгений Сергеевич

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

«    » июня 2018 г.

Тольятти 2018

## АННОТАЦИЯ

Общий объем выпускной квалификационной работы - 61 стр., рисунки – 32 шт, таблиц – 8шт.

В работе представлен регистратор параметров электрической энергии с поддержкой карт-памяти.

Структура работы представлена десятью разделами, заключением и списком литературы.

Определены актуальность темы, цели и задачи. В заключение сделаны выводы о проделанной работе.

Объект работ – устройство, позволяющее измерять и записывать на носитель, такие параметры электрической энергии, как силу постоянного тока, напряжение и мощность использующее в качестве измерительного элемента датчик тока и напряжения. Показания с помощью специального модуля регистрируются на карту памяти в реальном времени. Источником питания в данном устройстве служит блок питания.

Цель – разработать компактный регистратор параметров электроэнергии более дешевый, чем представленные на рынке аналоги, использующий относительно новый технологичный компонент.

В работе предьявлена структурная схема электронного устройства. Обоснованно выбраны все элементы электрической схемы. Показан алгоритм работы управляющей программы.

Представлена принципиальная схема, структурная, схема соединений и описан весь порядок разработки устройства.

Выполнен подсчет стоимости всех комплектующих используемых в проекте и проведено ценовое сравнение с аналогичными устройствами, находящимися в продаже.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1 Актуальность использования регистратора параметров электроэнергии.....	7
2. Обзор рынка регистраторов тока.....	9
2.1 Регистратор LR8515 .....	9
2.2 Регистратор HIOKI LR8410-20 .....	12
2.3 Регистратор MR8875 .....	14
2.4 Регистратор параметров Fluke-1750.....	17
2.5 Регистратор тока XL421 .....	21
3 Разработка структурной схемы устройства.....	24
4 Выбор электронных компонентов .....	25
5 Подключение компонентов .....	51
5.1 Подключение LCD шилда .....	44
5.2 Подключение датчика тока .....	47
5.3 Подключение часов реального времени .....	49
5.4 Подключение кард-ридера .....	50
6 Создание управляющей программы.....	51
7 Разработка схемы электрической соединений .....	54
8 Разработка принципиальной схемы .....	55
9 Блок-схема алгоритма работы программы .....	56
10 Экономический анализ проекта.....	57
Заключение.....	58
Список используемой литературы .....	59

## Введение

Электрические измерения - это методы, приборы и расчеты, используемые для измерения электрических величин. Измерение электрических величин может быть проведено для измерения электрических параметров системы. Электрические параметры относятся к измеряемым электрическим значениям или явлениям, которые характеризуют поведение электронных схем, компонентов или полупроводников.

Используя преобразователи, физические свойства, такие как температура, давление, поток, сила и многие другие, могут быть преобразованы в электрические сигналы, которые затем могут быть удобно измерены и записаны. Высокоточные лабораторные измерения электрических величин используются в экспериментах для определения основных физических свойств, таких как заряд электрона или скорость света, и в определении единиц для электрических измерений с точностью в некоторых случаях порядка нескольких частей на миллион. Меньше точных измерений требуется каждый день в промышленной практике. Электрические измерения - это отрасль науки метрологии.

Измеримые независимые и полунезависимые электрические величины включают:

- Напряжение
- Электрический ток
- Электрическое сопротивление и электропроводность
- Электрическое реактивное сопротивление и восприимчивость
- Магнитный поток
- Электрический заряд с помощью электрометра
- Магнитное поле с помощью датчика Холла
- Электрическое поле
- Электрическая мощность с помощью счетчика электроэнергии
- S-матрица с помощью сетевого анализатора (электрический)
- Спектр электрической мощности с помощью анализатора спектра
- Измеримые зависимые электрические величины включают:

- Самоиндукция
- Емкость
- Электрическая проводимость , обратная электрическому импедансу
- Фаза между током и напряжением и соответствующим коэффициентом мощности
- Электрическая спектральная плотность
- Электрический фазовый шум
- Электрический амплитудный шум
- Усиление электрической мощности
- Текущий прирост
- Частота
- Задержка распространения

Международная система единиц (СИ) универсальна для всех электрических измерений. Электрические измерения в конечном счете основаны на сравнениях с реализациями, то есть эталонными стандартами различных единиц СИ. Эти эталонные стандарты поддерживаются национальными лабораториями и институтами по стандартизации многих стран.

Измерения тока включают в себя измерения сопротивления, напряжения и тока в цепях, в которых поддерживается устойчивый ток. Сопротивление определяется как отношение напряжения к току. Для многих проводников - это соотношение почти постоянное, но в различной степени зависит от температуры, напряжения и других условий окружающей среды. Лучшие стандартные резисторы изготавливаются из проводов специальных сплавов, отобранных для низкой зависимости от температуры и устойчивости.

Регистратор данных - это электронный инструмент, который записывает информацию в течение определенного периода времени для последующего использования. Тип записанной информации определяется пользователем, например, такими

физическими параметрами, как температура, относительная влажность, давление, напряжение, уровень воды и т.д.

С недавним внедрением новых технологий стало возможным создавать миниатюрные электронные устройства, которые работают от батареи, и могут автоматически записывать информацию для последующего поиска с помощью компьютера. Чтобы минимизировать затраты и размер, полный контроль и работа регистратора данных достигается за счет использования персонального компьютера с программным обеспечением регистрации данных или же обработки данных записанных на флеш накопителе. Регистратор данных будет собирать измерения, такие как температура, относительная влажность, давление, напряжение, уровень воды и т. Д. С периодическими интервалами и записывать их в хронологическом порядке в памяти регистратора данных для последующего извлечения. Регистраторы данных различаются по точности и функциональности.

## **1 Актуальность использования регистратора параметров электро-энергии**

Датчик INA219 используемый в устройстве, может измерять напряжение от 0 до 26 В постоянного тока и ток от -3,2 А до + 3,2 А. Это хорошо подходит для измерения расхода батареи, так как напряжение составляет от 3,2 до 4,2 вольта. Текущий ток будет меньше 1,6 ампер. Сам регистратор питается, как от блока питания 12 вольт, так через USB порт, который также предоставляет информацию ПК через последовательный интерфейс. Данные передаются один раз в секунду. Данные могут быть импортированы в электронную таблицу, такую как Excel или Numbers, чтобы графики могли быть нарисованы. Сам измеритель имеет дисплей для отображения различной информации, такой как текущее напряжение, ток и потребление энергии.

Стоимость проекта составит около 2000 рублей, но может быть более или менее в зависимости от того, какие используются комплектующие. Если нужно купить все, как показано в приведенном ниже списке, общая стоимость будет составлять 1700 рублей. Еще один способ сэкономить деньги на этом проекте - это совершить покупки по более выгодным ценам или найти меньше источников для деталей. Просто что чем больше поставщиков, тем больше будут затраты на доставку, которые можно сберечь для иных целей.

Для измерения напряжения, тока и мощности используется специализированная микросхема монитора тока/мощности шины питания (Zero-Drift, Bi-directional Current/Power Monitor) INA219 компании Texas Instruments. Микросхема INA219 следя за падением напряжения на резисторе шунта и напряжением питания шунта, вычисляет мощность. Она снабжена цифровым коммуникационным интерфейсом I2C, выпускается в корпусах SOT23 и SO-8, что обеспечивает компактность схем цифрового измерения напряжения и тока в серверах, ноутбуках, источниках питания, схемах заряда, а также автомобильном и телекоммуникационном оборудовании. Высокая точность в сочетании с 12-битным разрешением обеспечивает пользователям возможность работы с минимальным падением напряжения на резисторе

шунта, тем самым минимизируя потери, снижая рассеивание тепла и занимаемое место на печатной плате. Микросхема работает от одного источника питания напряжением от 3.0 В до 5.5 В и оптимизирована для работы со сверхэкономичными микроконтроллерами MSP430 компании Texas Instruments.

В качестве устройства отображения данных используется графический дисплей LCD keypad shield. Данный дисплей со встроенной подсветкой выполнен на контроллере Philips PCD8544, имеет разрешение 16x2 символов и интерфейс управления I2C. Пользователи могут самостоятельно модифицировать программный код микроконтроллера и реализовать любой формат вывода данных на дисплей.

Благодаря использованию микросхемы INA219 конструкция модуля измерения напряжения и тока значительно упрощается

В данном варианте прошивки на дисплее отображаются значения напряжения, тока и мощности.

Программный код датчика написан на Си++ с использованием шаблонов для управления индикатором, микросхемой INA219 и интерфейсом I2C. Коммуникация по I2C и SPI реализована программно.

Регистратор может применяться в различных отраслях промышленности в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами. Например, в АСУТП где используется протокол HART с используемым током от 4 до 20 мА и напряжением до 24 в. На протоколе HART работают всевозможные датчики, клапаны, измерители, индикаторы, анализаторы и т.д. Возможна запись значений электрической энергии более до нескольких месяцев с записью пиковых значений в память носителя. Поддерживается обмен информацией с ПК-совместимым компьютером по интерфейсу USB.

## 2 Обзор рынка регистраторов тока

### 2.1 Регистратор LR8515



Рисунок 2.1.1 Регистратор температуры и напряжения постоянного тока 2-канальный LR8515

**Производитель:** HIOKI, Япония

Компактный двухканальный регистратор для сбора результатов измерений по беспроводной связи Bluetooth® температуры и напряжения постоянного тока. Например, регистрация температуры и выходного напряжения аккумулятора.

#### **Особенности:**

- Один прибор для измерений и регистрации температуры и напряжения постоянного тока
- Связь с планшетом или ПК для скачивания результатов измерений с поддержкой беспроводной технологии Bluetooth® или измерения в реальном времени с модулем LR8410
- Три способа электропитания: от сети 220 В 50 Гц, от батарей AA или от внешнего источника напряжения пост. тока от 3 до 13,5 В

- Запись во внутренней памяти до 500 000 результатов измерений на канал

#### Комплект поставки:

- Компакт CD-R (инструкции, программное обеспечение)
- Руководства по эксплуатации
- Две щелочные батареи AA (LR6)

Таблица 2.1.1 Основные технические характеристики регистратора LR8515

Число каналов	1 канал измерений напряжения пост. тока 1 канал измерений температуры от термопары К или Т
Диапазон измерений	Напряжение: $\pm(50 \text{ мВ} \dots \pm 50) \text{ В}$ , макс. разрешение 0,01 мВ Температура: $-200 \text{ }^\circ\text{С} \dots 999,9 \text{ }^\circ\text{С}$ , термопары К или Т, макс. разрешение 0,1 $^\circ\text{С}$
Пределы допускаемой основной погрешности	Напряжение: $\pm 0,05 \text{ мВ}$ Температура: $\pm 0,8 \text{ }^\circ\text{С}^*$ *компенсация свободного спая: переключаемый между внутренним и внешним *погрешность компенсации свободного спая $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{С}$ (добавить к основ. погрешности при использовании внутренней компенсации) *погрешность перевода по температурным характеристикам: добавить к основ. погрешности $\pm 0,08 \text{ }^\circ\text{С} / \text{ }^\circ\text{С}$
Отображаемые параметры	Результаты измерений, дата, время, количество записанных данных, макс./мин./среднее значения
Запись результатов измерений	Емкость: 500000 результатов измерений для каждого канала Режим: мгновенные значения Интервал: от 0,1 с до 30 с, от 1 мин до 60 мин, 16 градаций
Время непрерывной записи (емкость 500000 измеренных значений для каждого канала) (при 23 $^\circ\text{С}$ )	2,5 месяца (интервал записи в 1 мин, функция Bluetooth® выкл.) 7 дней (интервал записи в 1 с, функция Bluetooth® вкл.) 2 дня (интервал записи от 0,1 с, измерения в режиме реального времени с LR8410)

Продолжение таблицы 2.1.1

Другие функции	Сигнализация, масштабирование, удержание, предупреждение ошибочных действий, функция записи замечаний, функция экономии энергии, функция проверки подлинности
Внешняя поддержка	При использовании регистратора как отдельного измерителя: ПК с ОС Windows или планшет с ОС Windows (диск CD-R с программным обеспечением в комплекте). Android-смартфона или планшета Android-терминал (приложения скачиваются с Google Play). Дальность связи Bluetooth® зависит от производительности компьютера или планшета (в пределах прямой видимости на расстоянии до 30 м). Регистраторы могут быть использованы совместно с модулем LR8410 для беспроводной записи Bluetooth® и отображения данных в реальном времени до 7-ми регистраторов с удалением до 30 м.
Электропитание	От сети: адаптер Z2003 (100...240 В, 50 Гц/60 Гц) От батарей: две щелочные батареи AA (LR6) От внешнего источника: напряжение пост. тока от 5 до 13,5 В (питание может также осуществляться от шины USB питание через кабель-переходник)
Габаритные размеры	85 × 75 × 38 мм
Масса	125 г (без батарей)

## 2.2 Регистратор HIOKI LR8410-20



Рисунок 2.2.1 HIOKI LR8410-20 - многоканальный регистратор с беспроводным базовым блоком

**Производитель:** HIOKI, Япония

Для регистрации по беспроводной связи сигналов напряжения постоянного тока, преобразователей температуры (термометров сопротивления и термопар), электрического сопротивления.

### **Особенности:**

- От 15-ти до 105-ти входных изолированных каналов
- Интервал регистрации минимум 100 мс
- Графическое отображение сигналов
- Запись в реальном времени на SD карту памяти или USB-флэш
- Интерфейс USB / LAN

## Комплектация:

- Руководство по эксплуатации
- Руководство по измерениям
- SD карта памяти (2 ГБ) Z4001
- CD-R (программа сбора данных “Утилита Logger”)
- USB-кабель, адаптер переменного тока Z1008

Таблица 2.2.1 Основные технические характеристики регистратора LR8410-20

Измерительные каналы	до 105 беспроводных измерительных каналов(макс подключение семь модулей LR8510 или LR8511, минимальное подключение - один модуль), базовый блок принимает сигналы по Bluetooth беспроводной связи
Интервалы записи	16 интервалов записи от 100 мс(*), 200 мс до 1 часа (все входные каналы проверяются на высокой скорости в течение каждого интервала записи) (* ) - параметр не доступен, если произойдет обрыв (перегорание), или отсутствие термопары
Хранения данных	внутренняя память: 16 МБ, SD-карта памяти или USB флэш-накопитель (хранение данных гарантируется только в подлинной HIOKI SD карте памяти)
Интерфейс связи	LAN: 100BASE-TX, функции: сбор данных с помощью входящего в комплект программного обеспечения ПК, FTP-сервер, FTP-клиент, функции сервера HTTP, или E-mail USB: USB 2.0 серии мини-B розетка, функции: сбор данных с помощью входящего в комплект программного обеспечения ПК, передача данных от карт памяти SD на ПК через USB интерфейс
Дисплей	5,7-дюймовый цветной TFT ЖК-дисплей с разрешением 640x480 пикс.
Функции	сохранение результатов измерений в режиме реального времени на карту памяти SD или USB-флэш, численное значение расчетов, формы расчетов, 4-канальный выход сигнала тревоги (не изолированные), и другие

## Продолжение таблицы 2.2.1

Электропитание	АС адаптер: с помощью адаптера переменного тока Z1008 (от 100 до 240 В, 50/60 Гц), 45 В·А макс. (включая адаптер), 15 В·А макс. (без адаптера) Внутренняя батарея: аккумулятор Z1007 (опция), 3 часа непрерывной работы при 23 °С данные, 7 В·А макс. Внешнее питание: от 10 до 28 В пост. тока, 15 В·А макс. (свяжитесь с специалистами ЗАО «Теккноу» для заказа кабеля питания)
Габаритные размеры, масса	230 × 125 × 36 мм, 0,7 кг (без аккумулятора)

## 2.3 Регистратор MR8875



Рисунок 2.3.1 Регистратор MR8875 MR8875 - цифровой многоканальный регистратор (до 16-ти каналов)

**Производитель:** HIOKI, Япония

Регистратор предназначен для измерений и записи в память значений силы тока, напряжения и формы сигналов. Одновременно мониторинг можно вести по 16

аналоговым, 8 логическим (цифровым) и 2 импульсным каналам. При установке модуля MR8902 число регистрирующих каналов увеличивается до 60.

**Особенности:**

- Устойчив к сильным вибрациям и колебаниям температуры
- Компактный размер (прибор можно держать одной рукой)
- Одновременная регистрация множества смешанных каналов
- Питание от сети переменного тока, от внешнего источника постоянного тока, от встроенного аккумулятора
- Все данные в реальном времени сохраняются на SD-карту памяти
- Изолированные входы, безопасное измерение до 100 В переменного/постоянного тока
- Сенсорный экран высокого разрешения

Таблица 2.3.1 Основные технические характеристики регистратора MR8875

Число входных модулей	одновременная установка 4-х модулей
Число входных каналов	максимум 16 аналоговых каналов (60 каналов при установке модуля MR8902) + 8 логических (цифровых) + 2 импульсных канала. примечание: Аналоговые модули изолированы друг от друга и от заземления прибора MR8875, модули CAN, логические входы или стандартные импульсные входы, имеют общее заземление.
Диапазон измерений	5 мВ/дел. до 10 В/дел., 11 диапазонов, высота/полная шкала экрана 20 делений разрешение: 1/1250 диапазона (при использовании MR8901)
Макс. напряжение	между входами: 150 В (переменного тока) между входом и заземлением: 100 В переменного/постоянного тока (при использовании MR8901)
Полоса частот	от постоянного тока до 100 кГц, неравномерность АЧХ $\pm 3$ дБ (при использовании MR8901)

Продолжение таблицы 2.3.1

Шкала времени	200 мкс до 5 мин/дел, 21 диапазон, период выборки: 1/100 диапазона возможна внешняя выборка
Макс. скорость выборки	[опция MR8901] 2 мкс период, (одновременно все каналы) [опция MR8902] 10 мс (все входные каналы сканируются на высокой скорости в течении всего интервала записи) [опция MR8903] 5 мкс период, (одновременно все каналы) внешняя выборка: 5 мкс период
Интервалы записи	от 100 мкс до 1 мин, 19 диапазонов (одновременная выборка на всех каналах)
Функции измерений	функция High-speed (быстрая запись)
Объем внутренней памяти	64 МБ примечание: память может быть распределена в зависимости от используемых каналов
Внешняя память	слот под SD-карту × 1, вход под USB 2.0 накопитель × 1
Дисплей	8,4-дюймовый, сенсорный SVGA-TFT цветной LCD (800 × 600 точек)
Интерфейс	LAN: 100BASE-TX (DHCP, поддержка DNS, FTP сервер/клиент, WEB сервер, отсылка E-mail сообщений, управление командами) USB: совместим с USB2.0, серии mini-B ×1 (настройка / измерение при помощи команд управления, передача файлов с SD-карты на ПК)
Электропитание	Z1002 блок питания: 100...240 В, 50/60 Гц Z1003 аккумулятор: 7,2 В, 3,6 А·ч; до 1 часа работы; время подзарядки 3 часа внешний источник питания DC: 10 до 28 В (кабель поставляется по запросу)
Условия эксплуатации	от -10 °С до +50 °С, относительная влажность не более 80 %
Габаритные размеры	224 × 298 × 84 мм (выс. х шир. х толщ.)
Масса	3,5 кг (с четырьмя модулями MR8901 и аккумулятором)
Комплект поставки	руководство по эксплуатации × 1, руководство по проведению измерений × 1, блок питания Z1002 × 1, защитная пленка × 1, USB кабель × 1, ремень × 1, диск с прикладным ПО (WaveViewer Wv, communication commands table, CAN Editor) × 1

## 2.4 Регистратор параметров Fluke-1750



Рисунок 2.4.1 Регистратор параметров электроэнергии Fluke-1750

Трехфазный измеритель и регистратор параметров электроэнергии позволяет зарегистрировать и устранить трудноуловимые проблемы качества электроэнергии.

Долговременный анализ: Выявление редких, кратковременных и трудноуловимых событий; наблюдение за ответственным оборудованием; захват нарушений показатель качества электроэнергии.

Исследование параметров качества электроэнергии: Подготовка профессиональных подробных отчетов.

Соответствие качества обслуживания: Проверка качества поступающей электроэнергии на вводе.

Установка оборудования/ввод в эксплуатацию: Проверка системы электропитания перед установкой оборудования.

Регистратор автоматически обнаруживает, масштабирует измерения, а также осуществляет питание токовых пробников без батарей. Необходимы только однополюсные вольтовые соединения упрощающие подключение и повышающие безопасность. Как только прибор подключен к исследуемой сети, автоматически начинается запись, и светодиоды указывают на состояние прибора: состояние питания прибора и сохранение параметров в допустимых пределах.

Уникальный алгоритм, гарантирующий захват всех событий без утомительных настроек и "слепых" промежутков, связанных с параллельными режимами работы оборудования.

Беспроводной интерфейс прибора на КПК обеспечивает быструю настройку и наблюдение за формой сигнала, измеренными значениями и фазовыми диаграммами.

Встроенный беспроводной передатчик обеспечивает удалённое управление несколькими приборами, не требующее дополнительных средств (например, ноутбук). Однако ноутбук так же может быть использован, при необходимости комплексного анализа системы электроэнергетики

Каждый период в всех одновременно сэмплируемых каналах обеспечивается анализ параметров качества электроэнергии, гармоник и мощности. Межканальная система коммутации токов и напряжений захватывает события на всех входах одновременно, вне зависимости от того, на каком канале произошло событие. Возможно снятие скриншотов формы кривой с заданным интервалом времени. Даже сигналы постоянного напряжения могут быть записаны.

#### **Основные преимущества:**

- Обследование качества электроэнергии: количественная оценка качества электроэнергии во всем объекте, документирование результатов в виде профессиональных отчетов.
- Соответствие качества услуг: проверка качества поступающей на абонентский ввод электроэнергии.

- Монтаж/приёмка оборудования: анализ качества энергосети до ввода оборудования в эксплуатацию.
- Стандарты: Все измерения производятся в соответствии со стандартом IEC61000-4-30 для правильной оценки всех величин, включая напряжение, ток, мощность, гармоники, фликер и т.д.
- Быстрая и надежная конфигурация: Беспроводной "интерфейс передней панели " в виде КПК отображает окно регистратора прибора, что позволяет быстро настраивать и контролировать прибор даже когда он сам недоступен.
- Использование без установленных пределов: установите граничные значения после того, как данные собраны программным обеспечением, и не волнуйтесь о пропущенной информации из-за неправильной установки.
- Захват всех данных: межканальные и пусковые токи каждого измерения, в каждом канале, все время.
- Интуитивное программное обеспечение: Легко анализировать данные и автоматически создавать отчеты стандарта EN50160.
- Plug And Play: быстрая настройка благодаря самоопределяющимся токовым датчикам и однопроводному соединителю напряжения.
- Нет необходимости переключать провода: автоматическое переключение каналов с беспроводных КПК или ПК при неправильном подключении.
- Измерение каждого параметра: Напряжение и ток по трем фазам, нейтрали и заземлению.
- Захват осциллограмм 5 МГц, 8000 Впик: возможность получить подробную картину даже самых коротких событий.
- Быстрое извлечение данных: с помощью SD карты памяти или через высокоскоростную сеть Ethernet 100BaseT.

#### **Технические характеристики:**

- Входы: 4 канала напряжения (AC/DC); 5 каналов тока.
- Входной импеданс: 2 МОм/20 пФ.
- Одновременное цифровое сэмплирование напряжения и тока.

- Цифровая синхронизация, внутренний эталон частоты (используется при бросках напряжения).

#### **Диапазоны измерения:**

- Постоянное напряжение до 1000 В ( $\pm 10\%$  сверх диапазона), крест-фактор  $< 3$  погр. ( $\pm 0,2\%U_{\text{изм.}} \pm 0,1\%$  шкалы) / ( $\pm 0,5\%U_{\text{изм.}} \pm 0,2\%$  шкалы);
- Постоянный и переменный ток - в зависимости от токового пробника., крест-фактор  $< 4$ .
- Коэффициент реактивной мощности -1,000...1,000 ( $\pm 0,5\%$  изм. знач.  $\pm 2\%$  шкалы + 1 e.m.p.).

#### **Параметры качества электроэнергии:**

- Установившееся отклонение напряжения (3ф3п/3ф4п).
- Размах изменения напряжения (снятие формы кривой переходных процессов): диапазон до 8000 В (пик), разрешающая способность 200 нс, погрешность  $\pm 5\%U_{\text{изм.}} \pm 20$  В.
- Доза фликера.
- Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения.
- Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения (гармоники 1...50).
- Коэффициент несимметрии напряжений.
- Отклонение частоты.
- Длительность провала напряжения.

#### **Интерфейсы:**

- LAN интерфейс (RJ-45; 10/100 Base-T, auto MDIX; TCP/IP).
- Bluetooth (2,4 ГГц; до 700 кбит/с).

#### **Память:**

- Встроенная память мин. 2 Гб.
- Максимальный период записи 31 день, автоматический контроль периода записи.
- Максимальное число событий - ограничено только размером памяти.

### **Защита:**

- Максимальное рабочее напряжение: 1100 В (с.к.з.) / 5550 В <1 мин. (между выводами напряжения, выводами тока и напряжения, выводами напряжения и корпусом).
- Степень защиты IP30.

### **Параметры питания:**

- Питание 100...240 В ( $\pm 10\%$ ), 47...63 Гц.
- Потребляемая мощность 40 Вт.
- Автономная работа - 5 минут после прерывания (максимум до 60 минут).

### **Общее:**

- Встроенные часы и календарь
- Габаритные размеры: 310x215x35 мм.
- Масса: 6,3 кг.

## **2.5 Регистратор тока XL421**



Рисунок 2.5.1 XL421 - регистратор тока (однофазный)

### **Производитель: НТ Italia**

Предназначен для записи в память измеренных значений силы переменного тока до 2500 А.

Прибор измеряет силу переменного тока и сохраняет их значения во внутренней памяти для последующей передачи данных на ПК. Регистратор имеет встроенные токоизмерительные клещи.

**Особенности:**

- Измерение силы переменного тока в среднеквадратических значениях (True RMS)
- Возможность записи значений сигнала в течение долгого времени до 6 месяцев
- Связь с ПК (RS-232)
- Хранение данных в памяти даже при отсутствии батарей
- Индикация разряда батарей, работоспособность прибора в условиях высокой влажности и низких температур

**Комплектация:**

- Клещи токоизмерительные 3000 А
- ПО DATALINK
- RS-232 соединительный кабель
- Сумка для переноса
- Батареи 2 шт.
- Руководство по эксплуатации

Таблица 2.5.1 Основные технические характеристики регистратора тока XL421

Тип электрических сетей	однофазные
Диапазон измерений	сила переменного тока 0...2500 А, разрешение 1 А
Погрешность	$\pm(1,0 \% \text{ ИВ} + 1 \text{ е.м.р.})$ при температуре $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и отн. влаж. воздуха не более 60 %
Рабочая частота	50 Гц $\pm 6 \%$ , 60 Гц $\pm 6 \%$
Полоса частот	до 3200 Гц

Продолжение таблицы 2.5.1

Интервал измерений	1 с, 6 с, 30 с, 1 мин, 5 мин
Память	1 МБ, продолжительность записи в зависимости от интервала измерений:
	5 дней (1 с), 34 дня (6 с), 170 дней (30 с), 364 дня (1 мин), 1820 дней (5 мин)
Интерфейс связи	RS-232
Электропитание	2 батареи×1,5 В, щелочные LR6 (AA)
Условия эксплуатации	от -20 до 60 °С, отн. влаж. воздуха от 0 до 100 %
Габаритные размеры, масса	120×80×43 мм, 0,5 кг макс. диаметр клещей 174 мм

Стоимость вышеуказанных приборов регистрации составляет в среднем примерно 7 000 рублей

### 3 Разработка структурной схемы устройства

На рисунке 3.1 представлена структурная схема регистратора параметров электрической энергии с поддержкой карт памяти.

#### *Структурная схема*

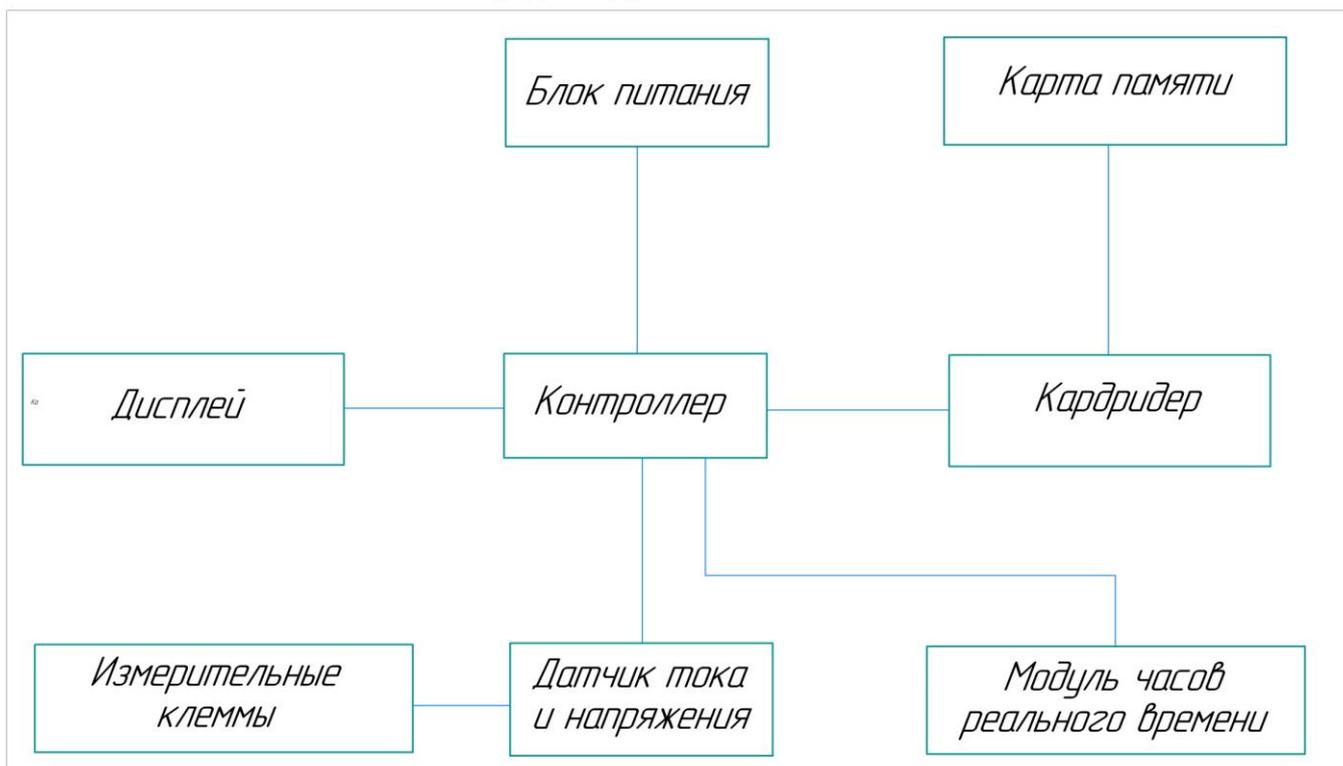


Рисунок 3.1 – Структурная схема регистратора параметров электрической энергии с поддержкой карт памяти

Питание регистратора осуществляется от внешнего блока питания, который подаёт напряжение 12 вольт на контроллер. Для учёта даты и времени в системе используется модуль часов реального времени (RTC). Этот модуль позволяет хранить данные о текущий дате и времени при помощи аккумуляторной батареи типа CR. Напряжение питания батареи должно быть в диапазоне 3,3 В — 2,75 В.

Для отображения информации используется LCD дисплей с 6 клавишами управления. Объектом измерения данной системы является постоянный ток. Для измерения значений тока нам потребуется датчик постоянного тока.

## 4 Выбор электронных компонентов

- Arduino UNO R3 на базе процессора ATmega328p
- Модуль часов реального времени RTC DS1302
- Клеммы KF301-2P.
- Дисплей с модулем клавиатуры LCD 1602
- Датчик тока, напряжения и мощности INA 219
- Модуль кард-ридера MicroSD SPI
- Макетная плата 30x10 Breadboard Half
- MicroSD карта
- Провода соединительные АПВ 1x10
- Диод Шоттки SR330 (SR303) , 3A, 30V, DO-27
- Блок питания 12V 1.5A

В данном приспособлении регистрации значений тока в роли измеряющего и записывающего показания устройства используется Arduino UNO на базе микроконтроллера ATmega 328p (рисунок 4.1).

Выбор именно микроконтроллера, а не одноплатного компьютера обосновывается поставленной перед системой задачей, а именно записью параметров тока. Так как микроконтроллеры могут выполнять задачу, заданную программой пользователя, в нашем случае это запись показаний, а одноплатные компьютеры исполняют несколько программ в рамках операционной системы, то нет необходимости использовать данные более сложные, мощные и дорогостоящие платформы. Поэтому в данном проекте будет использоваться микроконтроллер Arduino UNO. Также, платформа Arduino имеет очень удобную среду программирования Arduino IDE, которая позволит измерить и записать силу тока, напряжение и мощность объекта измерения.

На контроллере мы задействуем одиннадцать цифровых выходов. Три выхода для передачи сигнала на LCD дисплей и ещё семь на модуль часов реального времени и модуль кард-ридера. Для обмена данными с дисплеем будут использоваться RX-TX выходы. Два пин-разъёма для подключения датчика тока. Помимо, необходим выход GND (земля) и пин питания 5v (вольт). Сам контроллер должен питаться от напряжения 12 Вольт. Исходя из вышеописанного, наилучшим вариантом для использования будет плата - контроллер Arduino Uno. Конкурентом ей может стать плата Arduino Mega, но данная плата дороже Uno по цене, при этом имеет несколько дополнительных функций, не используемых в этом проекте и габариты Mega чуть больше платы Uno. На рисунке 4.1 изображена плата Arduino Uno.

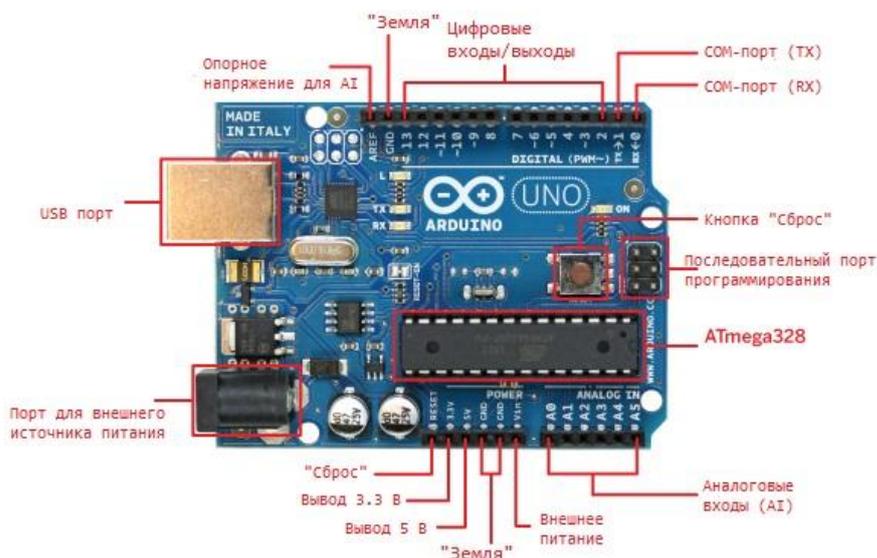


Рисунок 4.1- Плата Arduino Uno

Максимальный ток на выводах Arduino Uno составляет 40мА. Этого достаточно для питания всех модулей проекта. Для отображения информации будет использоваться шилд - плату расширения Arduino позволяющая сделать конструкцию более компактной, с установленным на ней LCD дисплеем и шестью установленными на ней клавишами управления: Select - выбор, left - влево, right – вправо, Up – вверх, Down – назад и Reset – сброс, как показано на Рисунке 4.2



Рисунок 4.2- Шилд LCD keypad 1602 d1

Эта плата одна из самых популярных плат расширения для Arduino, которая может существенно упростить работу с жидкокристаллическими экранами и их управлением, позволяя разработчику сосредоточиться на других задачах.

Также у платы есть возможность регулировки контрастности дисплея прямо на плате с помощью подстроечного резистора. Плата снабжена разъемами, в которые могут быть подключены другие устройства, например модули и датчики. Для работы с экраном используются пины 4-10, для определения нажатия кнопок — только один аналоговый пин A0. Свободными являются цифровые пины 0-3, 11-13 и аналоговые пины A1-A5. Работающий LCD шилд показан на рисунке 4.3

## Технические характеристики:

- Тип дисплея: LCD 1602, символьный, 4-х битный режим.
- Разрешение: 16×2 (две строки по 16 символов каждая). Знакоместо 5×8 точек.
- Цвет дисплея: синий (возможны варианты с желтым и зеленым цветом). Буквы белого цвета.
- Технология: STN, Transflective, Positive.
- Контроллер дисплея: HD44780U.
- Предельная частота обновления экрана: 5Гц
- Питание дисплея: 5 Вольт
- Кнопки: 6 кнопок (5 кнопок управления и Reset).
- Дополнительные элементы: регулировка яркости подсветки (потенциометр).
- Рабочая температура экрана: от -20 °С до +70 °С;
- Температура хранения экрана: от -30 °С до +80 °С.

## Дополнительные элементы шилда:

- Индикаторный светодиод (включается при подключении питания к плате).
- Контактные площадки для подключения аналоговых устройств (GND, VSS, пин данных).
- Потенциометр для регулирования контрастностью экрана.



Рисунок 4.3 LCD шилд в работе

Таблица 4.1 Описание контактов шилда

<b>Контакт дисплея LCD 1602</b>	<b>Описание</b>	<b>Контакт на LCD Shield</b>
<b>Пины LCD экрана</b>		
GND	Земля	
VDD	Питание 5В	
Contrast	Управление контрастом	Потенциометр
RS	Команды/Данные	8
R/W	Чтение/Запись	
Enable	Включение (активирование)	9
DB0	Не используется	
DB1	Не используется	
DB2	Не используется	
DB3	Не используется	
DB4	Дата 1	4
DB5	Дата 2	5
DB6	Дата 3	6
DB7	Дата 4	7
Back LED +	Включение подсветки	10

Продолжение таблицы 4.1

Back LED —	Питание подсветки	
<b>Пины для кнопок</b>		
Кнопка UP	Управляющая кнопка	A0
Кнопка DOWN	Управляющая кнопка	A0
Кнопка LEFT	Управляющая кнопка	A0
Кнопка RIGHT	Управляющая кнопка	A0
Кнопка SELECT	Управляющая кнопка	A0
Reset	Перезагрузка платы	Reset
ICSP	ICSP для перепрошивки встроенного микроконтроллера HD44780U	
UART	Контакты для UART соединения	0, 1

Основные области применения шилда: создание управляющих модулей, реализующих настройки устройства с помощью интерфейса меню и предназначен для «классического» Arduino, такого как Uno, Duemilanove, Diecimilla и т.д. Экран шилда можно использовать для вывода информации, получаемой с датчиков, с возможностью выполнения пользователем каких-либо действий путем нажатия на встроенные кнопки.

**Плюсы LCD Шилда:**

- Упрощает подключение жидкокристаллического экрана.

- Уменьшает общие размеры устройства, т.к. убирает выступающие провода и монтажные платы.
- Сокращает количество ошибок, связанных с неправильным монтажом и подключением.
- Добавляет функциональность кнопочного управления, если на плате установлены кнопки (LCD Keypad shield).

### Недостатки:

- Стоимость шилда выше, чем стоимость отдельного экрана.
- Не всегда нужна дополнительная функциональность в виде кнопок.
- Шилд потребляет больше энергии, чем отдельные элементы платы.

С помощью датчика тока показания тока будут передаваться на контроллер Arduino Uno. Модуль датчика тока INA219 решит все ваши проблемы с мониторингом мощности. Вместо того, чтобы бороться с двумя мультиметрами, можно использовать этот датчик для измерения как напряжения, так и постоянного тока на I2C с точностью до 1%. На рисунке 4.4 представлен внешний вид модуля INA219.

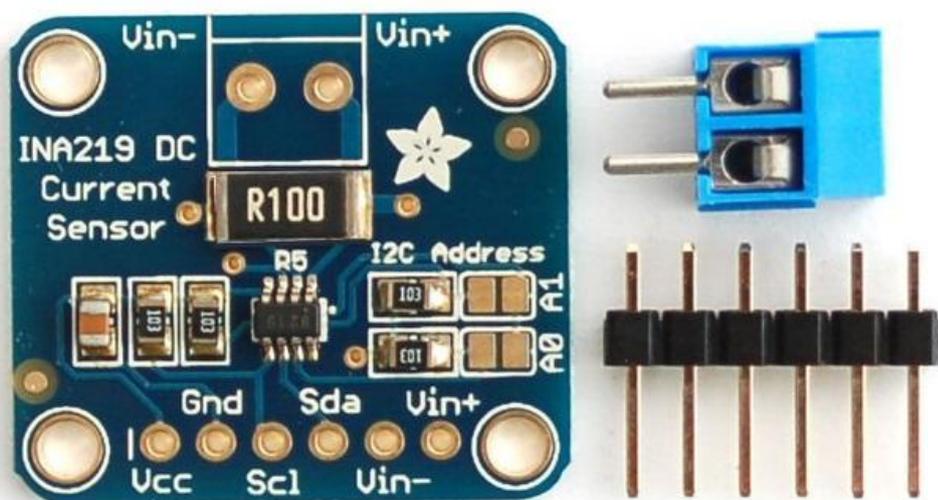


Рисунок 4.4 – Модуль INA219 и клеммы KF301-2P

Цифровой датчик тока и напряжения Zero GY-219 предназначен для измерения таких параметров постоянного тока как напряжение, ток и потребляемая мощность. Модуль выполнен на микросхеме INA219 – измерителем тока и напряжения с нулевым дрейфом и обладает малыми размерами и весом при очень больших возможностях и высокой точности измерений.

Микросхема измеряет параметры протекания тока в любом направлении с автоматическим переключением полярности измерения. Применить модуль можно в системах, контролирующих процесс заряда/разряда аккумуляторных батарей, источниках питания с контролем напряжения и потребляемого нагрузкой тока. Возможности изменения I2C адреса измерителя позволяют подключить на одну шину до 4-х таких устройств. Для увеличения точности измерений предусмотрен регистр калибровки.

#### **Технические характеристики:**

- Тип модуля: INA219
- Рабочая температура: от -40С до 85С
- Дрейв в рабочем температурном диапазоне: 100мкВ
- Максимальный измеряемый ток: 3,2А
- Точность измерения тока: 0,8мА
- Разрешение измерителя: 12-бит
- Интерфейс: I2C
- Скорость интерфейса: 3,4МГц
- Максимальное измеряемое напряжение: +-26 В
- Калибровка: калибровочный регистр
- Внутренние данные: измеренный ток и мощность
- Фильтрация: x128 отсчетов
- Напряжение питания: от 3В до 5В

Модуль питается от напряжения 3 либо 5 Вольт, которые подаются на выход VCC модуля через преобразователь напряжения. Выход GND –это земля (минус питания). SCL - последовательная шина времени, а SDA – последовательная шина даты. A0 и A1 – адресные пины. На Клеммы Vin- и Vin+ подаётся измеряемый ток. Плюс к Vin+ и минус к Vin-.

За сохранение даты и времени после отключения источника питания контроллера будет отвечать модуль часов реального времени. Модуль представлен на рисунке 4.5

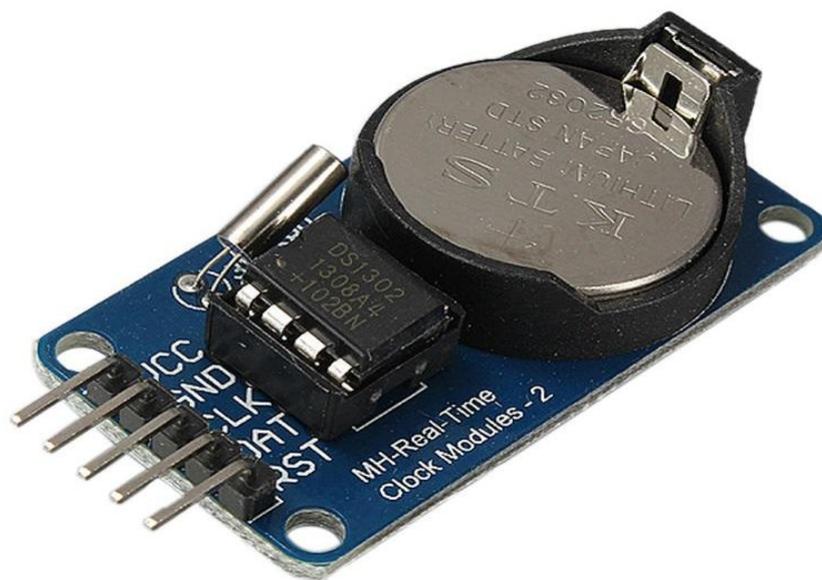


Рисунок 4.5 Модуль часов реального времени DS1302

Real-Time Clock MH Модуль - 2 основана на «интегрированной DS1302, внутри которого есть часы реального времени / календарь и 31 байт статического ОЗУ. Интегрированная модель похожа на DS1307, от которой она отличается от DS1302 по некоторым особенностям:

- DS1302 имеет интерфейс SPI, а DS1307 имеет интерфейс I2C
- DS1302 может заряжать батарею, а DS1307 - нет.
- DS1307 оснащен программируемым прямоугольным выходом
- DS1302 Chip Time Chip Chip

Чип связывается с микропроцессором через последовательный интерфейс. RTC предоставляет: секунды, минуты, часы, день, дату, информацию месяц и год. Для интерфейса в дополнение к мощности требуются только три провода: CE (RST), I / O (данные линии) и SCLK (последовательные часы). Данные могут быть переданы в / из 1 байт / RAM 1 байт за один раз или в Inico отправляют до 31 байта.

DS1302 предназначен для работы с очень низким энергопотреблением и для хранения данных и данных часов с меньшей мощностью 1 мкВт. DS1302 имеет два штырька питания, первичный (контакт № 1 № 4) и другой для резервного аккумулятора (контакт № 8 # 4), ток 260 мАч, без перезаряжаемой батареи. время удерживания теоретических данных составляет более 10 лет. В этом приложении, например, первичный источник питания поставляется Arduino, а вторичный - с аккумулятором типа CR2032.

Электрическая схема модуля часов реального времени DS1302, VCC настроена на прием первичного источника питания, как правило, 3,3 В, но может использовать 5 В. Рекомендуется не применять более 7 В, так как это может повредить устройство. VBAT используется для резервного питания, поставляемого с аккумуляторами 3,3 В CR2032. Кристалл кварца помещается между контактами № 2 и № 3. контакт 5-6-7 используется для передачи данных между модулем и микроконтроллером, он также подключается к выходу CE, обозначенному как RST. Вторичный источник питания – батарея типа CR2032 представленная на рисунке 4.6



Рисунок 4.6 Батарея часов реального времени CR2032

Непосредственно за регистрацию отвечает модуль кард ридера представленный рисунке 4.7. Этот адаптер microSD занимает минимум места и предназначен для простоты использования SD карт с Arduino.

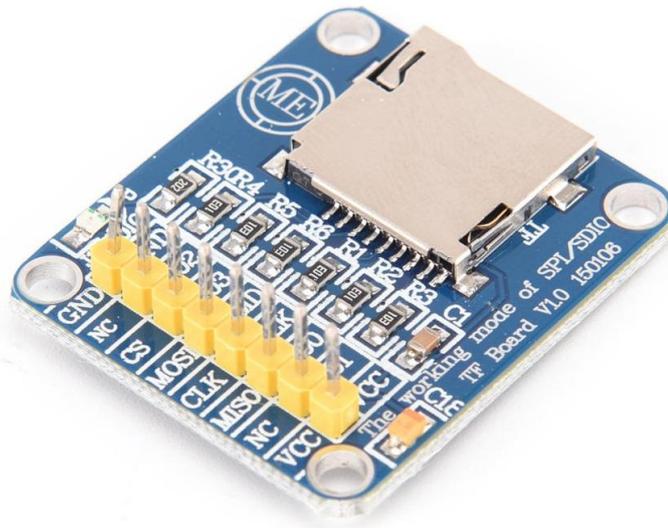


Рисунок 4.7 Модуль MicroSD SPI V10

- Встроенный 5v-> 3v-регулятор обеспечивает 150 мА для энергопотребляющих карт
- 3v означает, что его можно использовать с легкостью на системах с 3v или 5v
- Использует правильный чип переключения уровня, а не резисторы: меньше проблем и более быстрый доступ для чтения / записи
- Использует 3 или 4 цифровых контакта для чтения и записи 2 Гбит + памяти!
- Индикатор активности загорается, когда SD-карта считывается или записывается
- Четыре монтажных отверстия №2
- Push-push разъем с картой немного над краем печатной платы, поэтому его легко вставить и удалить
- Поставляется с заголовком 0.1 "(без подключения), поэтому его можно подключить на макете или использовать провода - на выбор
- Протестировано и собрано здесь на заводе Adafruit

- Отлично работает с Arduino, с тоннами кода примера и схем подключения

#### Технические характеристики:

- Рабочее напряжение: 5 В / 3,3 В
- Размер: 20x28mm
- Интерфейс: SPI
- Совместимость: MicroSD

Питаться наше устройство будет от внешнего блока питания Ktec 12V 1500mA изображенным на рисунке 4.8



Рисунок 4.8 блок питания Ktec 12V 1500mA

## Технические характеристики:

- Модель: KT1215WWEU1A
- Вход: 100-240V, 50-60Hz
- Выход: 12V - 1.5 A (1500mA - 18Watt)
- Разъем: 5 мм / 3 мм с Иглой / Контактom внутри
- Кабель 145см
- Размеры 43 x 81 x 32 (+ 17мм пластик с ножками)
- Вес: 0,140 кг

Блок питания может подавать питание на устройства на 12В и максимальной нагрузкой 1.5 А (18W), например:

- Светодиодное освещение, светодиоды, светодиодные полосы
- цифровой фотоаппарат,
- мониторы LED
- игрушки
- беспроводной телефон
- аккумулятор
- портативный жесткий диск Seagate, WD и iOmega Hitachi
- маршрутизатор, коммутатор, ретранслятор, модемы: D-LINK, TP-LINK, LINKSYS, PLANET, EDIMAX Netgear
- бритва
- машинка для стрижки
- GPS-навигация
- кпк
- планшет
- маленький ноутбук
- принтер, сканер
- и сотни других электронных устройств

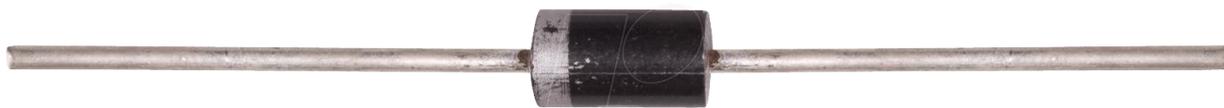


Рисунок 4.9 Диод Шоттки SR330

Диод Шоттки - это полупроводниковый диод, образованный на стыке с полупроводника с металлом. Он имеет низкое прямое падение напряжения и очень быстрое переключение.

**Особенности:**

- Соединение металл-полупроводник с защитным кольцом
- Эпитаксиальная конструкция
- Низкое падение напряжения в прямом направлении, низкие потери при переключении
- Для использования в низковольтных, высокочастотных инверторах свободного вращения и применениях защиты от полярности

Таблица 4.2 Технические характеристики диода Шоттки SR330

Максимальное повторяющееся пиковое обратное напряжение	30V
Максимальное RMS-напряжение	21V
Максимальное напряжение блокировки постоянного тока	30V
Максимальный средний прямой выпрямленный ток	3.0A
Максимальный ток перегрузки по току, 8,3 мс Единая половина синусоидальной волны, наложенная на номинальную нагрузку	80A
Максимальное мгновенное напряжение на входе 3.0A	0.55V
Типичная емкость соединения	250pF
Типичное тепловое сопротивление	40 °C/ Вт
Диапазон рабочих температур	- 55 ---- + 125 °C

Для компактного размещения элементов:

- Модуль часов реального времени RTC DS1302
- Клеммы– 2 шт.
- Датчик тока, напряжения и мощности INA 219

будет создан блок коммутации на макетной плате 30 на 10 точек (Рисунок 4.10).

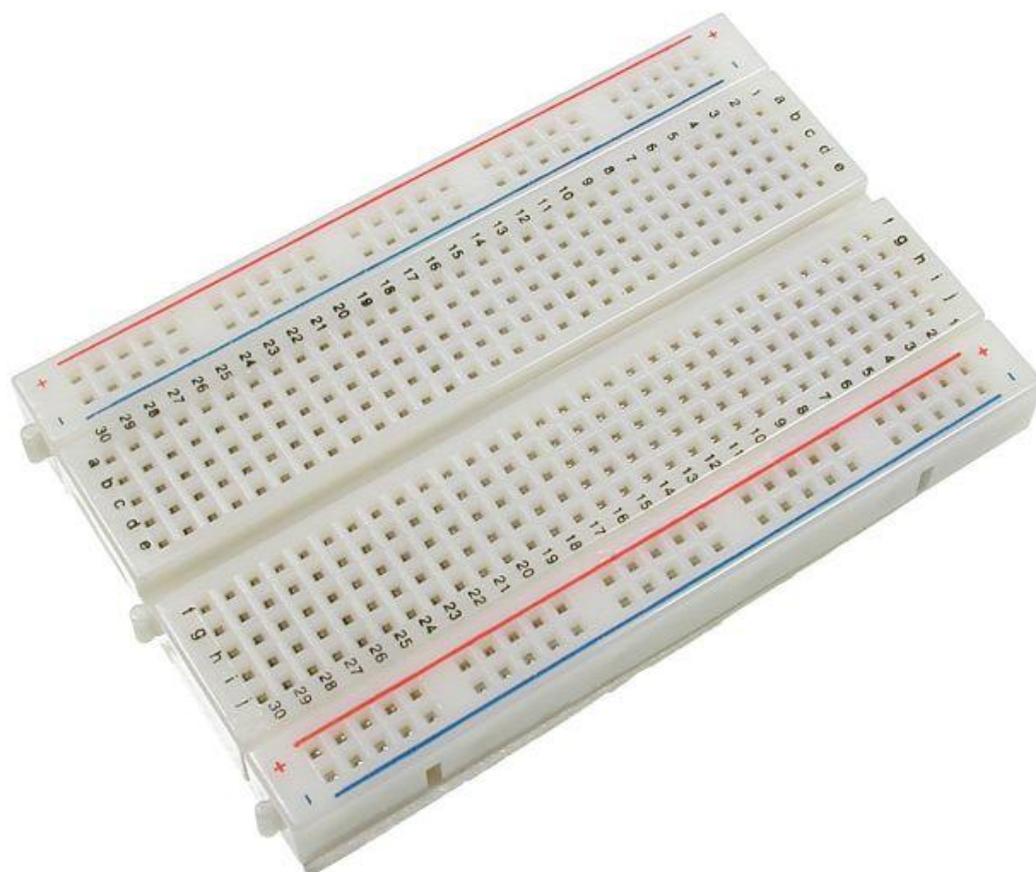


Рисунок 4.10 – Макетная плата

Эта доска для прототипирования является половиной от стандартного полно-размерного breadboard'a. Она точно так же позволяет быстро, удобно, без паяльника собирать электрические схемы.

В отличие от полноразмерной версии, на этой доске 300 отверстий-контактов в центральной части и 100 контактов на рельсах питания.

Эта макетка окажется полезной, если полноразмерного breadboard'a слишком много, а крохотного breadboard mini не хватает.

По бокам breadboard'a расположены пазы, которые позволяют сцепить несколько макетных досок для увеличения рабочей площади. Основание доски сделано из самоклеящегося материала: если оторвать защитную плёнку, breadboard можно таким образом закрепить в устройстве.

Размеры платы соответствуют необходимым размерам для размещения на нем всех необходимых элементов блока коммутации разрабатываемой системы.

## 5 Подключение компонентов

Все перечисленные ниже компоненты будут устанавливаться на контролере и на макетной плате, а те все в свою очередь будут установлены на фирме монтажной панели Амперка 120 x 85мм как показано на рисунке 5.1, с подключением блока питания в разъём DC после установки и подключения всех компонентов проекта.

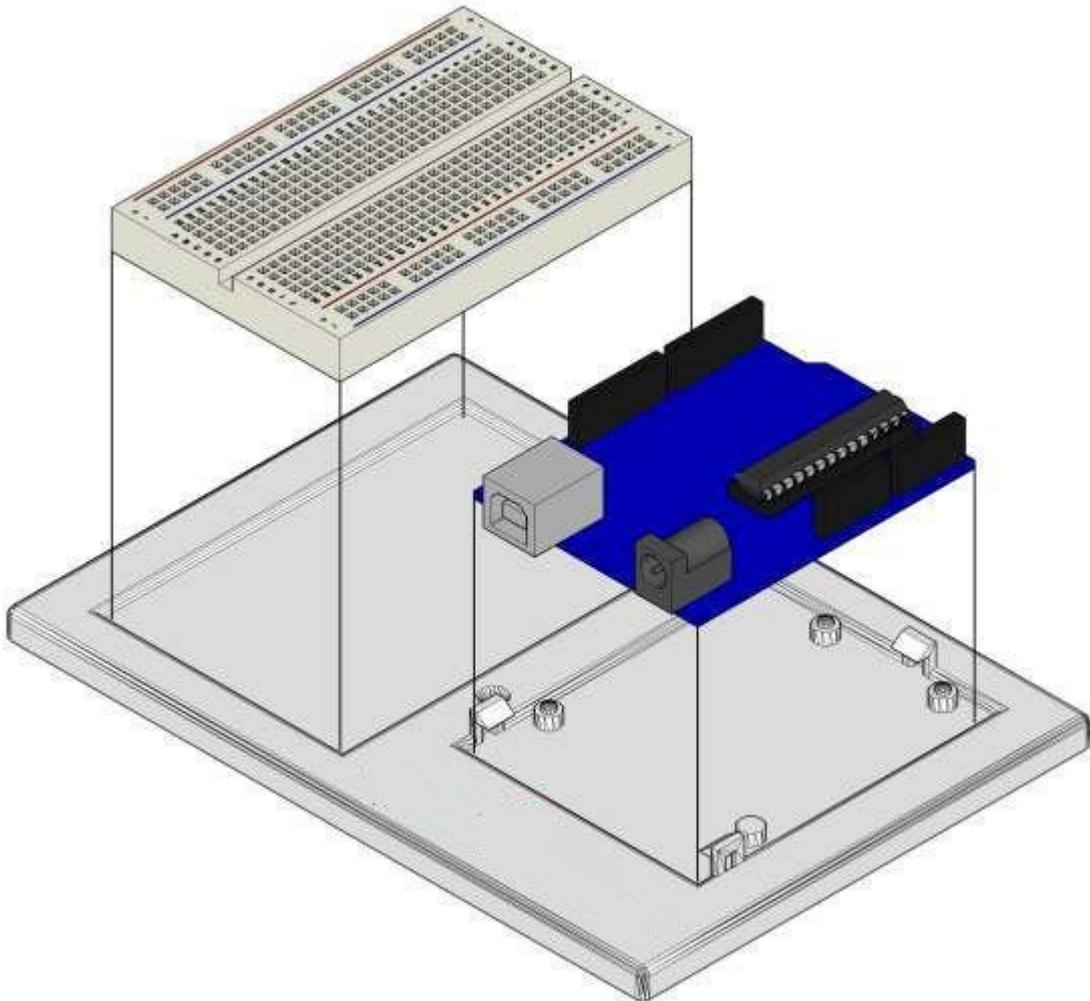


Рисунок 5.1 Установка компонентов проекта на монтажной панели

## 5.1 Подключение LCD шилда

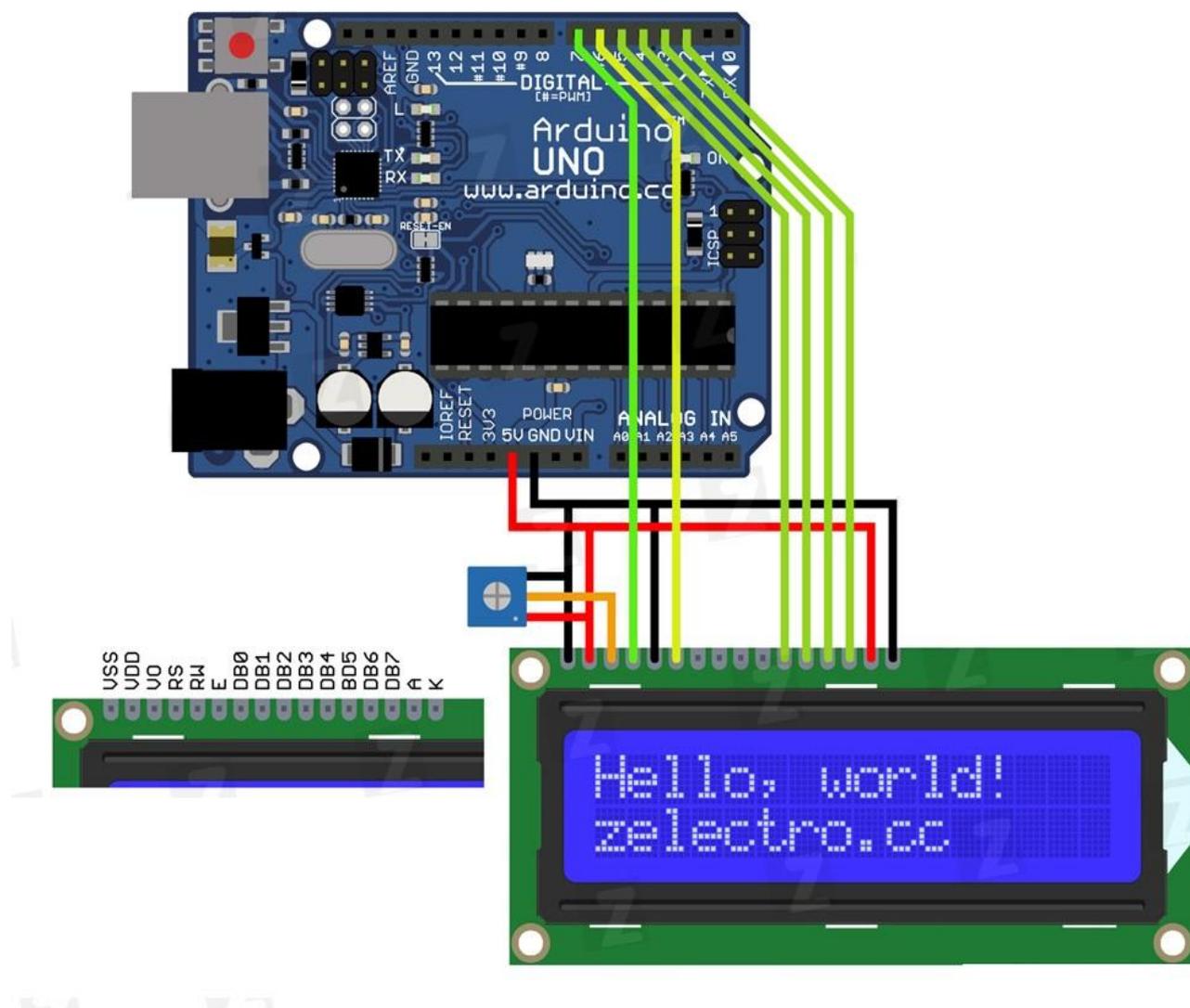


Рисунок 5.1.1 Обозначение используемых дисплеем контактов

Подключение шилда очень простое – нужно попасть ножками в соответствующие разъемы платы ардуино и аккуратно совместить их, как показано на рисунке 5.1.2. Ничего дополнительно подсоединять или припаивать не надо. Нужно помнить и учитывать тот факт, что часть пинов зарезервированы для управления дисплеем и кнопками и не может быть использована для других нужд! Для удобства подключения дополнительного оборудования на плате выведены дополнительные разъемы 5V и GND к каждой контактной площадке аналоговых пинов. Это, безусловно, упрощает работу с датчиками. Также можно подключать цифровые устройства через сво-

бодные пины 0-3 и 11-13. Подключив шилд, мы можем работать с экраном и кнопками на нем так же, как с отдельными устройствами, учитывая только номера пинов, к которым припаяны соответствующие контакты.

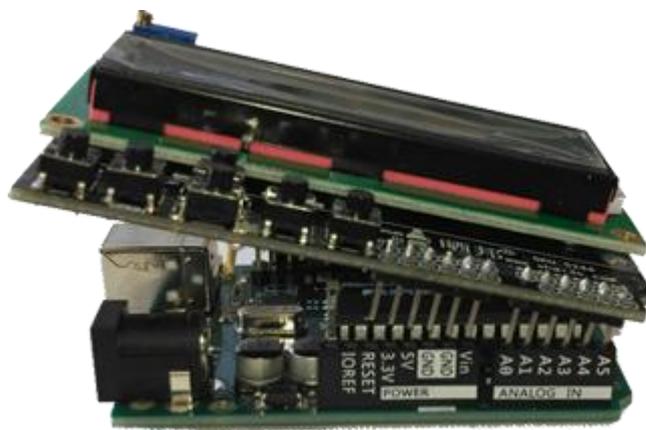


Рисунок 5.1.2 – Подключение LCD шилда к контроллеру

Данный шилд является очень удобным тем, что к нему подключены 5 активных кнопок, а также 1 кнопка для перезагрузки контроллера, с помощью которых можно управлять некой системой. Его очень удобно использовать для создания проектов из-за того, что он занимает мало места. Подключение кнопок произведено с помощью разных резисторов, подключенных к одному аналоговому выводу. Это позволило сэкономить 5 дискретных пинов, которые можно использовать в других полезных целях.

При подключении шилда к Arduino, пины "4", "5", "6", "7", "8", "9" будут задействованы для управления LCD дисплеем. На аналоговый пин "0" считываются сигналы с кнопок, которые различаются за счет резисторов разного сопротивления. Для управления яркостью и подсветкой шилда используется цифровой пин "10".

Ниже на рисунке 5.1.3 показана **схема соединения** самого шилда. Эта схема нам поможет разобраться в том, как работает LCD Keypad Shield, а на рисунке 5.1.4 изображена принципиальная схема подключения дисплея

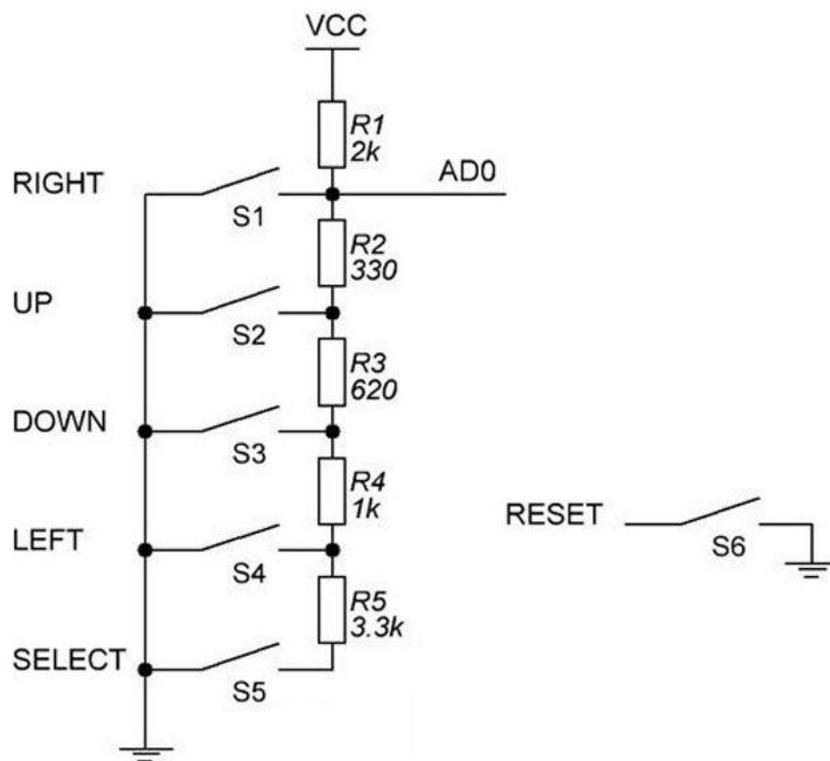


Рисунок 5.1.3 Схема соединения шилда LCD 1602

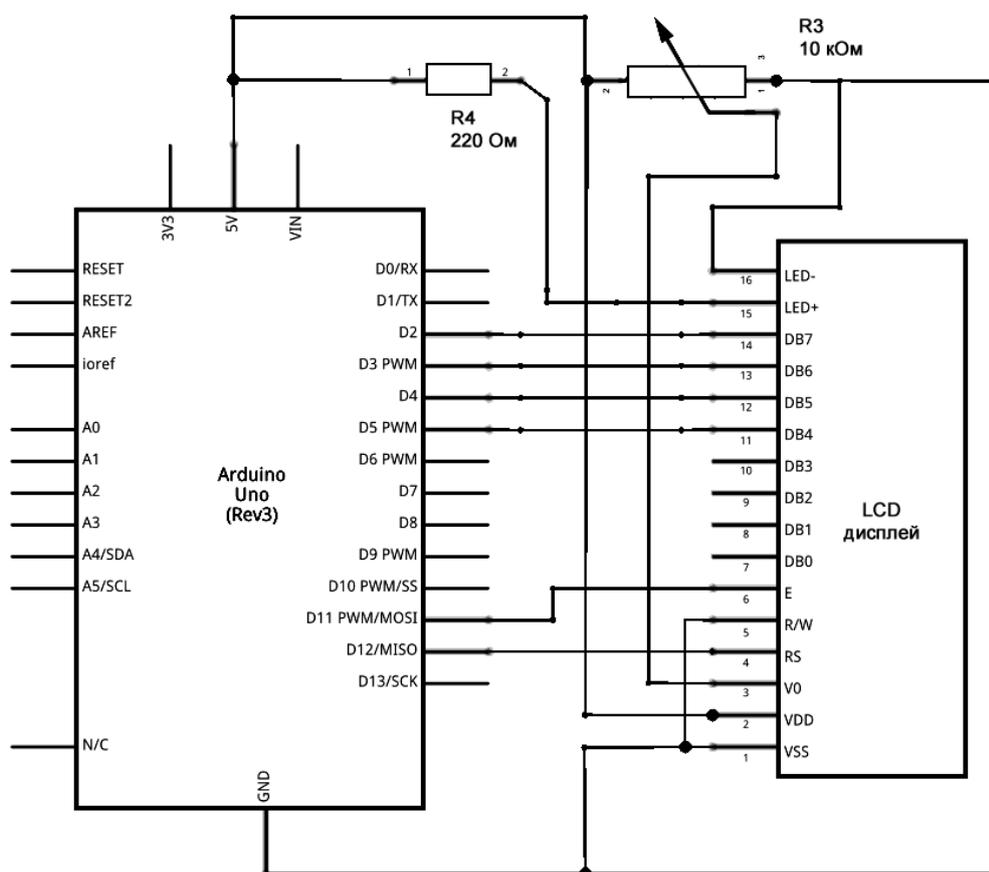


Рисунок 5.1.4 Принципиальная схема подключения LCD дисплея

В начале передачи передающее устройство посылает логический ноль. Это- стартовый бит. Принимающая сторона, получив стартовый бит, выжидает определенное время и начинает считывать 2,3,4 и т.д. биты через одинаковые интервалы времени. Последний бит является стоп битом, который сигнализирует о конце передачи данных. Для передачи данных используются 8 бит плюс бит старта и бит окончания передачи.

## 5.2 Подключение датчика тока

Большинство современных измерительных приборов, хороши только для измерения низкой стороны. Это означает, что, если вы не хотите задействовать батарею, вы должны придерживаться измерительный резистор между землей. Это может вызвать проблемы с цепями, поскольку электроника, как правило, не нравится, когда ссылки на землю меняются и движутся с переменным током. На рисунке 5.2.1 представлена принципиальная схема датчика INA219

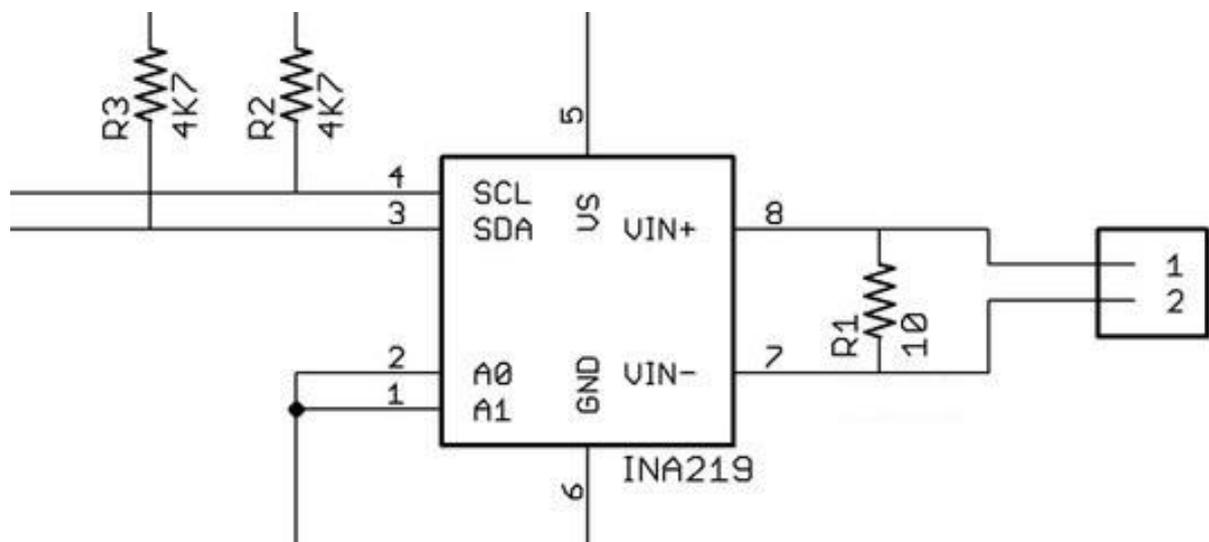


Рисунок 5.2.1 Принципиальная схема датчика тока INA219

Чип INA219 намного умнее - он может обрабатывать измерение тока большой стороны, до + 26 В постоянного тока, даже если он питается от 3 или 5 В. Он также сообщит, что высокое напряжение на стороне, что отлично подходит для отслеживания срока службы батареи или солнечных батарей.

Прецизионный усилитель измеряет напряжение на резисторе с сопротивлением 0,1 Ом, 1%. Поскольку максимальная входная разность усилителя составляет  $\pm 320$  мВ, это означает, что она может измерять до  $\pm 3,2$  А. При использовании внутреннего 12-разрядного АЦП разрешение в диапазоне  $\pm 3,2$  А составляет 0,8 мА. При внутреннем усилении, установленном на минимуме div8, максимальный ток составляет  $\pm 400$  мА, а разрешение - 0,1 мА. Можно усовершенствовать модуль, удалив резистор с токовым сопротивлением 0,1 Ом и заменить его своим собственным, чтобы изменить диапазон (скажем, 0,01 Ом для измерения 32 А с разрешением 8 мА)

Мы включаем 6-контактный разъем (так что можно легко подключить этот датчик к макету), а также к клемме 3,5 мм, чтобы можно было легко прикрепить и отсоединить вашу нагрузку. Использование простое. Включите сам датчик с 3 до 5 В постоянного тока и подключите два вывода I2C до вашего микроконтроллера. Затем подключите ваш источник питания к VIN + и нагрузке на землю до VIN- через диод Шоттки SR330 для предотвращения переплюсовки.

На рисунке 5.2.2 представлены два варианта подключения датчика. На контроллерах R3 и более поздних версиях Arduino можно подключиться к новым выделенным выводам SDA и SCL рядом с выводом AREF. На ранних версиях пины SDA и SCL находятся на контактах 20 и 21.

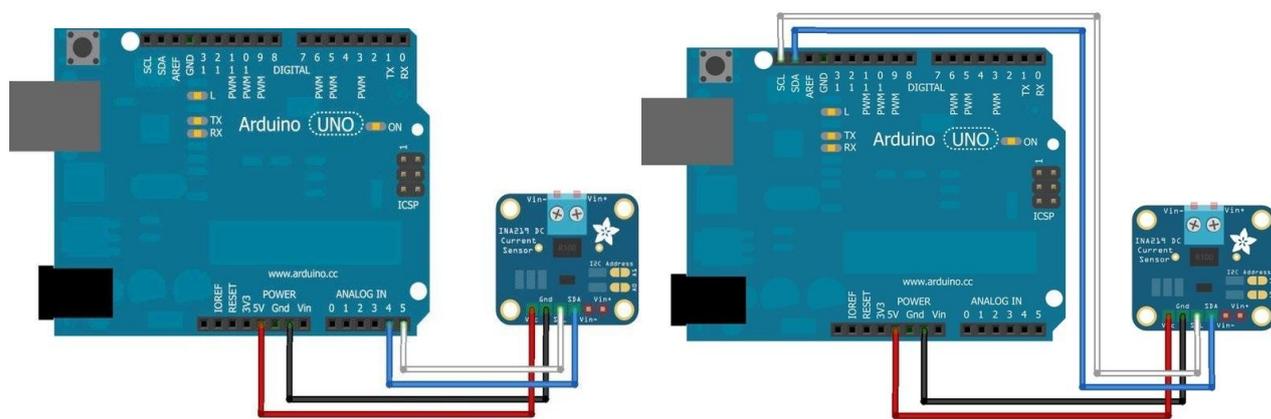


Рисунок 5.2.2 Варианты подключения датчика тока

### 5.3 Подключение часов реального времени

Модуль MH-Real-Time Clock Module 2 - основан на интегрированном чипе DS1302, в котором хранятся часы / календарь реального времени и 31 байт статической ОЗУ

Интегрированный DS1302 похож на модель DS1307 , которая отличается некоторыми функциями:

- DS1302 имеет интерфейс SPI, в то время как DS1307 имеет интерфейс I2C;
- DS1302 может заряжать аккумулятор, а DS1307 - нет;
- DS1307 оснащен программируемым прямоугольным выходом.

Чип связывается с микропроцессором через последовательный интерфейс. RTC (Real Time Clock) / календарь обеспечивает: секунды, минуты, часы, день, дата, информация месяц и год. Для интерфейса в дополнение к источнику питания требуются только три провода: CE (RST), I / O (линия данных) и SCLK (последовательные часы). Данные могут передаваться из и в такт / RAM 1 байт за один раз или в целое число до 31 байта. DS1302 предназначен для работы с очень низким энергопотреблением и сохранить информацию данных и часов на менее 1 микроватта. Он имеет два силовых контакта, первичный (контакт № 1 № 4) и еще один для резервной батареи (контакт № 8 # 4), ток 260 мАч, непerezаряжаемая батарея. теоретическое время удерживания данных составляет более 10 лет. В этом приложении, например, первичный источник питания поставляется Arduino и вторичный источник питания от батареи CR2032. На рисунке 5.3 изображена схема подключения модуля

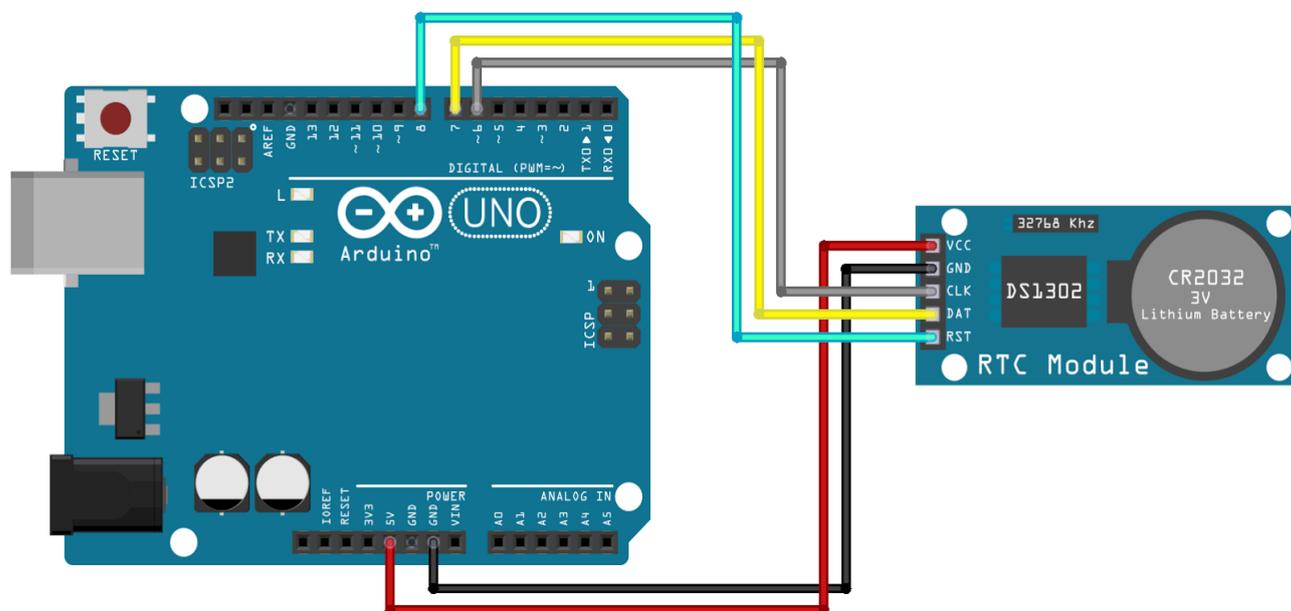


Рисунок 5.3.1 Схема подключения часов реального времени

## 5.4 Подключение карт-ридера

Основным преимуществом модуля является то, что его можно использовать с библиотекой SD, которая поставляется вместе с Arduino IDE. Библиотека SD очень легко инициализирует, считывает и записывает карту.

У модуля есть встроенный сверхнизкий регулятор выпадения, который преобразует напряжения от 3,3 В до 6 В до ~ 3,3 В (I2C). Также есть переключатель уровня, который преобразует логику интерфейса с 3.3V-5V до 3.3V. Это означает, что вы можете использовать эту плату для взаимодействия с микроконтроллерами 3,3 В или 5 В.

Поскольку для SD-карт требуется большая передача данных, они будут обеспечивать максимальную производительность при подключении к аппаратным SPI-контактам на микроконтроллере. Аппаратные штыри SPI намного быстрее, чем «бит-биение» кода интерфейса с использованием другого набора контактов.

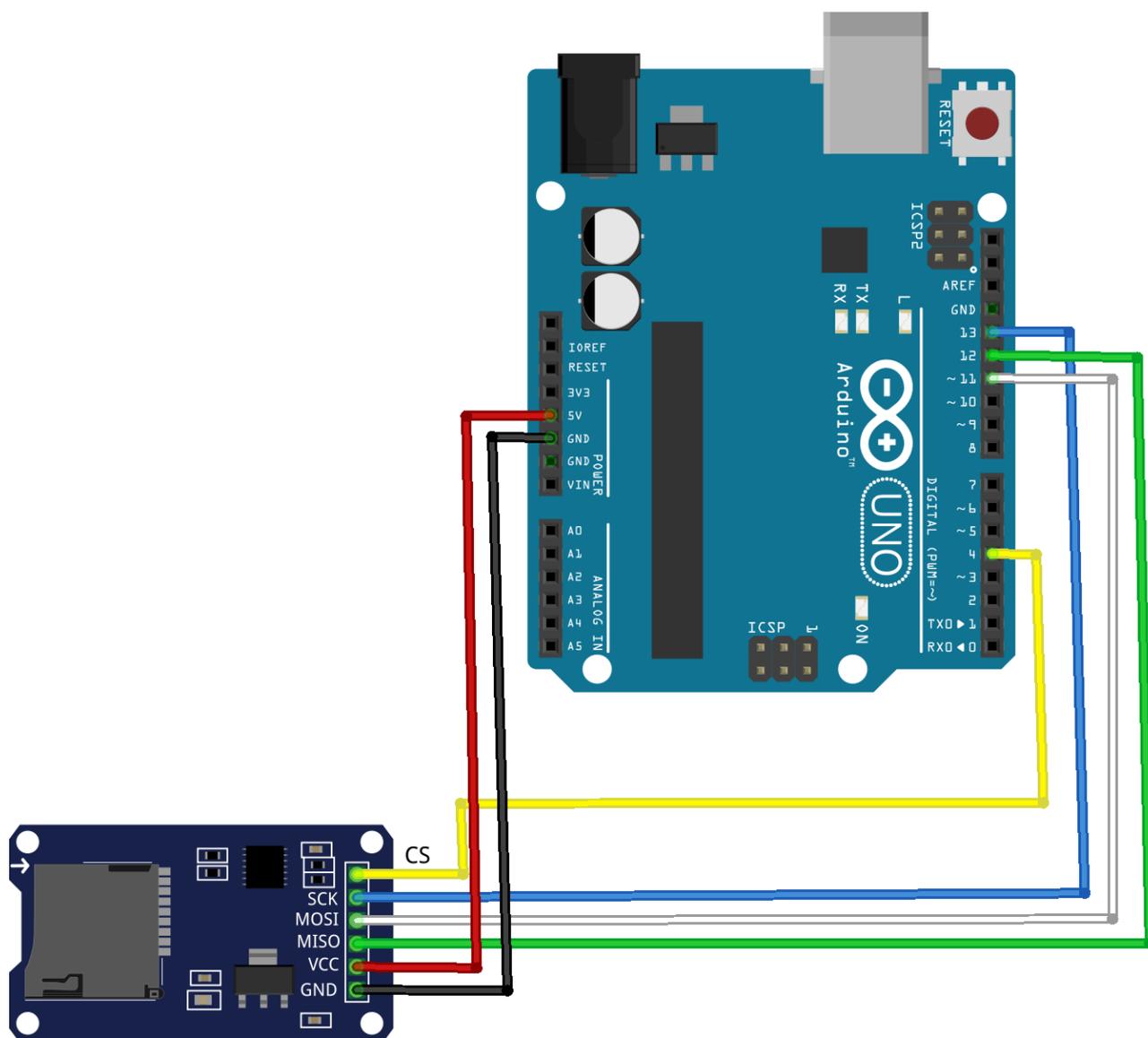


Рисунок 5.4.1 Схема подключения кард-ридера

Чтение и запись SD-карты очень просты, когда используется стандартная библиотека SD для Arduino IDE. Обязательно использование последней версии библиотеки SD. Кроме того, SD-карта должна быть отформатирована как FAT16 или FAT32. Если что-то не работает должным образом, хорошим началом для отладки всегда является загрузка примера CardInfo библиотеки (File -> Examples -> SD -> CardInfo) в Arduino и чтение сообщений последовательного монитора. В коде этого учебника случайное число от 0 до 9 записывается на SD-карту. В частности, число записывается в файл с именем «file.txt». Затем читается содержимое

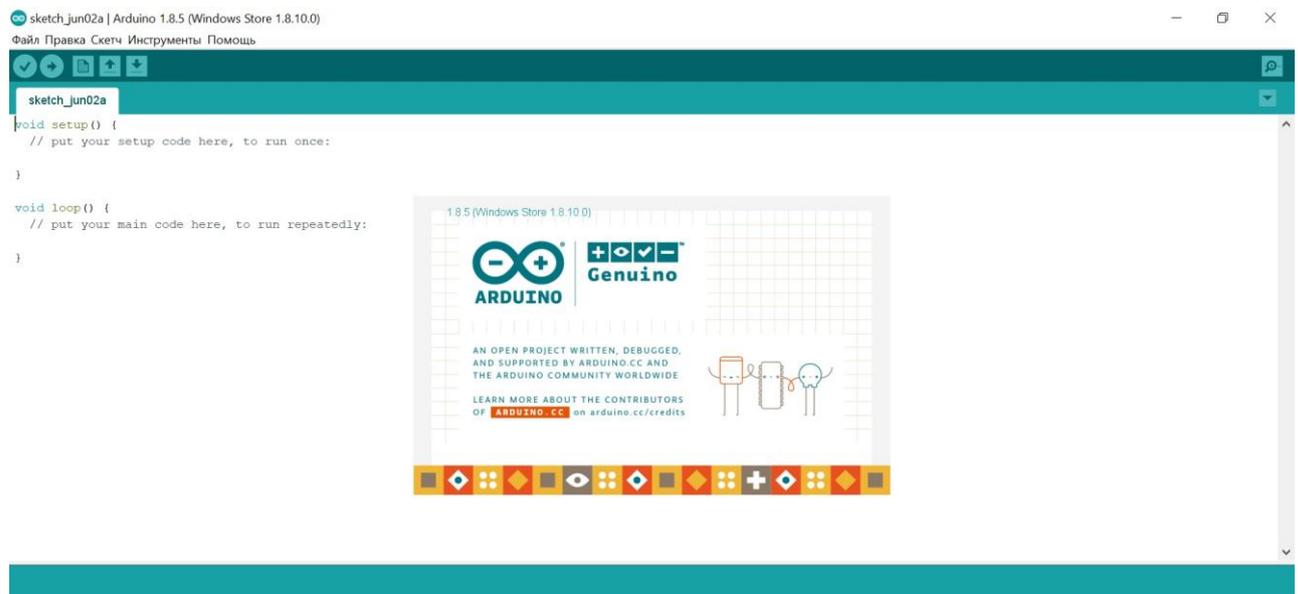
файла file.txt. В конце функции цикла добавляется задержка в 5 секунд. Также следует обратить внимание, что при запуске Arduino проверяет, существует ли файл с именем «file.txt». Если это так, файл будет удален.

Таблица 5.4.1 Назначение контактов кард-ридера

<b>PIN-код SainSmart</b>	<b>PIN-код AdaFruit</b>	<b>Arduino Pin</b>	<b>Назначение</b>
<b>SCL</b>	<b>SCK (SCLK)</b>	<b>13</b>	Часы отображения
<b>SDA</b>	<b>MOSI</b>	<b>11</b>	Данные дисплея
<b>RS / DC</b>	<b>ОКРУГ КО- ЛУМБИЯ</b>	<b>9</b>	Команда или ре- жим данных
<b>RES</b>	<b>СБРОС</b>	<b>8</b>	Сброс
<b>CS (TFT)</b>	<b>TFT_CS</b>	<b>10</b>	Дисплей выбора микросхемы
<b>MISO</b>	<b>MISO</b>	<b>12</b>	Данные SD (чте- ние с SD)
<b>SCLK</b>	<i>SCK (SLK)</i>	<i>(13)</i>	Часы с SD-картой
<b>MOSI</b>	<i>MOSI</i>	<i>( 11)</i>	Данные SD (запись на SD)
<b>CS (SD)</b>	<b>CARD_CS</b>	<b>4</b>	Чип выбора SD- карты

## 6 Создание управляющей программы

После того, как было закончено подключение, пришло время выпустить код на микроконтроллер Arduino. Для программирования используется интегрированная среда разработки Arduino – Arduino IDE версии 1.8.5 представленная на рисунке 6.1.



Прежде чем приступать к сборке, нужно установить IDE Arduino и проверить, что он может связываться с Arduino контроллером. Затем есть несколько библиотек для загрузки и установки на Arduino. Ниже представлены рисунки 6.2 и 6.3 с управляющей программой, написанной в среде Arduino IDE. Этот сценарий предназначен только для того, чтобы предоставить вам базовую отправную точку, и чтобы облегчить добавление другие датчиков I2C или простых аналоговых датчиков. Здесь стоит отметить, что этот код также будет отлично работать и на других мини-базах данных. На рисунке 6.4 представлен образец файла с записью параметров.



Рисунок 6.2 – Первая часть управляющей программы

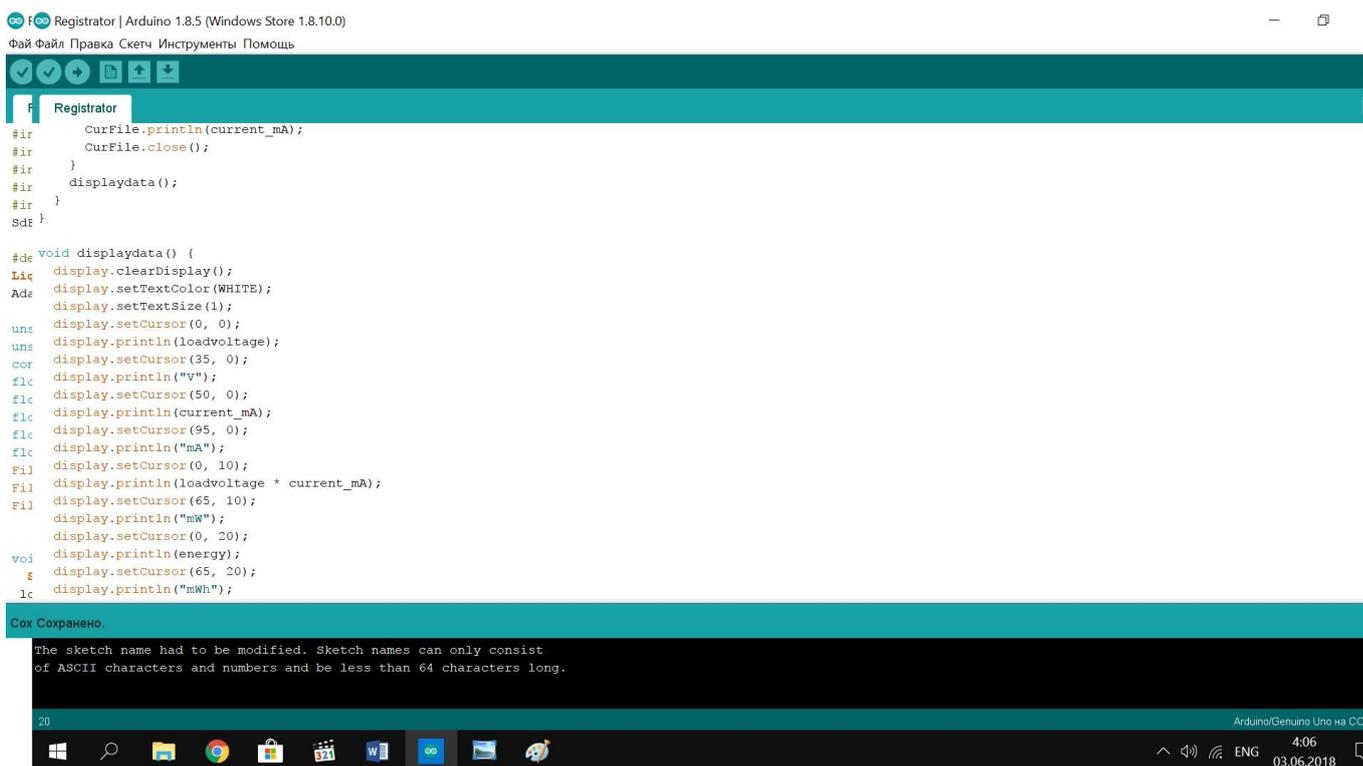
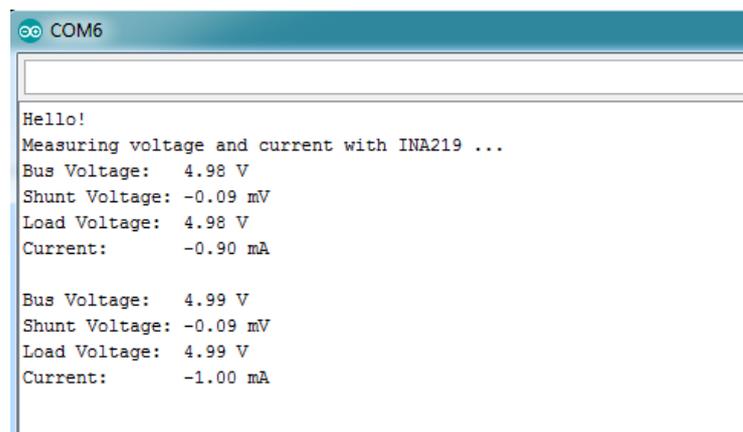


Рисунок 6.3 –Вторая часть управляющей программы

A screenshot of a terminal window titled 'COM6'. The window contains the following text:

```
Hello!  
Measuring voltage and current with INA219 ...  
Bus Voltage: 4.98 V  
Shunt Voltage: -0.09 mV  
Load Voltage: 4.98 V  
Current: -0.90 mA  
  
Bus Voltage: 4.99 V  
Shunt Voltage: -0.09 mV  
Load Voltage: 4.99 V  
Current: -1.00 mA
```

Рисунок 6.4 Образец файла с записью параметров

Сделав необходимые измерения, мы теперь можем сохранить данные в файл на SD-карте. Также, при необходимости можно вычислить мощность. Для это можно дополнить файл программы, либо просто умножить измеренные значения тока на напряжение. Регистратор записывает данные каждую минуту через различные датчики (ток, напряжение) и записывает показания. ЖК-экран обеспечивает обратную связь по измерениям.

## 7 Разработка схемы электрической соединений

На рисунке 7.1 представлена электрическая схема соединений. На ней представлены:

- Блок питания 12 Вольт
- LCD шилд
- Контроллер Arduino UNO
- Блок коммутации

### *Схема соединений электрическая*

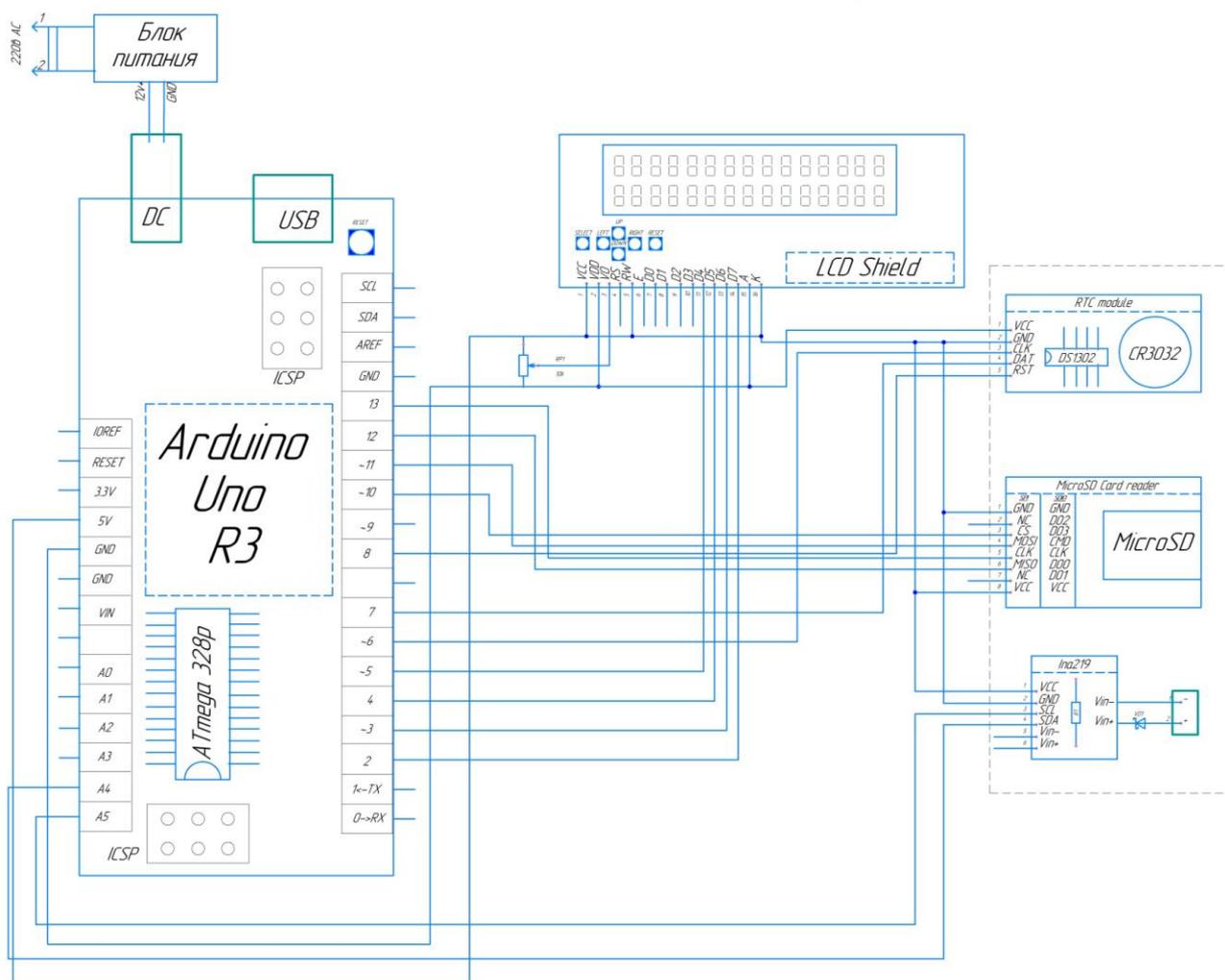


Рисунок 7.1 – Схема электрическая соединений

## 8 Разработка принципиальной схемы блока коммутации

Принципиальная схема блока коммутации системы управления электромеханическим замком изображена на рисунке 8. Перечень элементов данной схемы находится в приложении

Данная схема была спроектирована в системе автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС 3D фирмы Аскон. «Компас-3D» — система автоматизированного проектирования, разработанная российской компанией «АСКОН» с возможностями оформления конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД. Предназначена для создания трёхмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Система «Компас-3D» включает следующие компоненты: система трёхмерного твердотельного моделирования, универсальная система автоматизированного проектирования «Компас-График» и модуль формирования спецификаций. Ключевой особенностью «Компас-3D» является использование собственного математического ядра и параметрических технологий.

*Принципиальная схема блока коммутации*

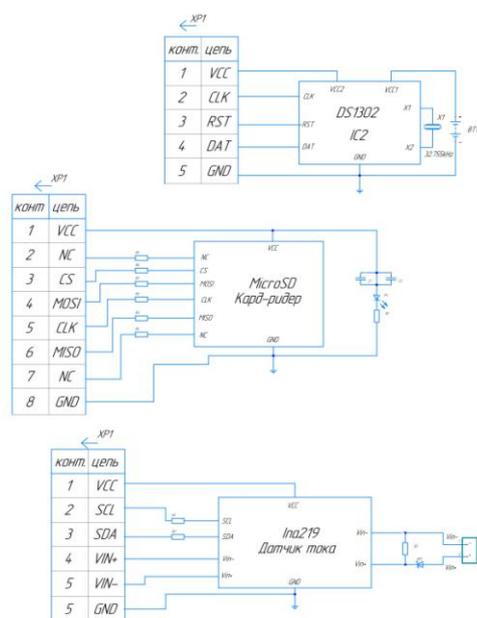


Рисунок 8.1 – Принципиальная схема блока коммутации

## 9 Блок-схема алгоритма работы программы

На рисунке 9.1 представлена блок-схема алгоритма работы управляющей программы проекта.

### *Алгоритм работы управляющей программы*



Рисунок 9.1 – Блок-схема алгоритма работы устройства

## 10 Экономический анализ проекта

Таблица 10.1 содержит наименования комплектующих системы, их количество и стоимость. В конце таблицы подсчитана общая стоимость всех комплектующих, использовавшихся в разработке проекта.

Таблица 10.1 – Стоимость комплектующих системы.

<b>№</b>	<b>Наименование</b>	<b>Кол-во.шт</b>	<b>Цена. руб</b>
<b>1</b>	Arduino UNO R3 на базе процессора ATmega328	<b>1</b>	<b>490</b>
<b>2</b>	Модуль часов реального времени RTC DS1302	<b>1</b>	<b>60</b>
<b>3</b>	Клеммы KF301-2P	<b>2</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	Дисплей с модулем клавиатуры LCD 1602	<b>1</b>	<b>231</b>
<b>5</b>	Датчик тока, напряжения и мощности INA 219	<b>1</b>	<b>183</b>
<b>6</b>	Модуль кард-ридера MicroSD SPI	<b>1</b>	<b>87</b>
<b>7</b>	Макетная плата 30x10 Breadboard Half	<b>1</b>	<b>120</b>
<b>8</b>	MicroSD карта	<b>1</b>	<b>300</b>
<b>9</b>	Провода соединительные	<b>25</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	Блок питания 12V 1.5A	<b>1</b>	<b>130</b>
<b>11</b>	Диод Шоттки SR330 (SR303) , 3A, 30V, DO-27	<b>1</b>	<b>12</b>
<b>12</b>	Монтажная панель Амперка 120 x 85мм	<b>1</b>	<b>40</b>
	<b>ИТОГО</b>		<b>1700</b>

Из таблицы можно сделать вывод, что данный проект менее затратен и выгоден, чем представленные на рынке аналогичные регистраторы параметров электроэнергии.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе была показана актуальность использования регистратора параметров электрической энергии. Разработана система, позволяющая измерять, отображать и записывать на карту памяти такие параметры электрической энергии, как сила постоянного тока, напряжение и его мощность при помощи датчика тока. Была разработана структурная схема системы. Обоснован выбор комплектующих, использовавшихся в проекте. Разработана принципиальная схема и схема электрических соединений. Показан алгоритм работы управляющей программы. Также, пошагово описан процесс подключения всех компонентов данного устройства. Для записи данных пользователь необходимо подключить блок питания к контроллеру, дождаться запуска программы, затем вставит карту памяти в кард-ридер. Далее подключить объект измерения к датчику тока в клеммы. О работе системы сигнализируют: световой сигнал диода на шилде и информация, отображаемая на дисплее. В завершении выполнен подсчёт стоимости комплектующих используемых в проекте и анализ экономичности проекта.

## Список используемой литературы

1. Петин В. А: Проекты с использованием контроллера Arduino, 2-е издание М.: Издательство БХВ-Петербург, 2015. - 448 с.
2. Монк Саймон: Програмируем Ардуино. М.: Издательский центр «Питер», 2017. - 272 с.
3. Рюмик С.М.: 1000 и микроконтроллерная схема. Издательство: Додэка, 2017. - 397 с.
4. Журнал: Радиоаматор №1, Издательство: Радиоаматор, 2018. – 56 с.: ил.
5. Кокорев А.С. Контроль и испытание электрических машин и приборов 2017 . Начало. – 3-е изд., перераб. и доп. – Таганрог, 204 с., ил
6. Джерими Блум: Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. Пер. с англ. - СПб.: БХВ-Петербург, 2015. - 336 с
7. Олифер, В.Г. Компьютерные сети принципы, технологии, протоколы. - М.: СПб: Питер, 2017. - 672 с.
8. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: Интернет-портал «Амперка», 2018. – Режим доступа: <http://amerka.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
9. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: Интернет-портал «Ардуино-проекты», 2018. – Режим доступа: <https://arduino-projects.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
10. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: Интернет-магазин «Текноу», 2018. – Режим доступа: <https://tek-know.ru> свободный. – Загл. с экрана.0
11. Еремин М.Ю., Афоничев Д.Н. Электротехника и электроника: Учеб. пособие. – Воронеж. ВГАУ: , 2018. – 152 с.
12. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: Интернет-портал «Аскон», 2018. – Режим доступа: <https://kompas.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
13. Авдеев В.А. Периферийные устройства: интерфейсы, схемотехника, программирование. Учебник для вузов. — Москва.: ДМК, 2015. — 848 с.: ил.
14. Никифоров С.Г. Разработка средств измерений и методов контроля, используемых в высоконадёжных приборах. Москва, 2015. – 386 с.

15. Виды и типы диодов – полная классификация: сайт Владимира Руденко. — 2018 [Электронный ресурс] — URL: <https://www.leds-test.ru/vidy-i-tipy-svetodiodov-polnaya-klassifikatsiya>
16. Вольтметр на микроконтроллере [Электронный ресурс] Меандр: [сайт] 2018. Режим доступа: <http://meandr.org/archives/2016>, свободный
17. Измерение постоянного тока с помощью AVR [Электронный ресурс] 2018. Режим доступа: <http://radioparty.ru/prog-avr/program-c/488-lesson-ammeter-avr>, свободный.

*Литература на иностранном языке*

18. INA219 Zero-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I<sup>2</sup>C Interface. TEXAS Instruments, 2015 г – 37с.
19. ATMEGA328P Datasheet (PDF) - ATMEL Corporation [Электронный ресурс]: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/241077/ATMEL/>
20. Arduino datashield lcd keyboard d1 I2c [Электронный ресурс]: <https://www.zelectro.cc>
21. DS1307 64 x 8, Serial, I<sup>2</sup>C Real-Time Clock [Электронный ресурс]: <https://www.datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
22. How to build Arduino Energy logger & plot the data [Электронный ресурс]: <https://medium.com/@sridhar.rajagopal/how-to-build-an-arduino-energy-logger-plot-the-data-efaa36bb893b>