

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних наук,
управління та адміністрування
Кафедра інформаційних технологій

Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему: Проектування і зборка схеми пристрою

Виконав студент 4 курсу групи К-42
Спеціальність 6.050101 2
комп'ютерні науки,
Синьогуб Максим Олександрович

Керівник асистент
Штефан Наталія Зінов'ївна

Консультант к.т.н., доцент
Великодний Станіслав Сергійович

Рецензент к.георг.н, доцент
Бояринцев Євген Львович

ПЕРЕДМОВА

до комплексної дипломної роботи на тему:

«Автоматизація виробничого процесу з використанням апаратної платформи
Arduino»

Загальна задача комплексної кваліфікаційної роботи полягає у проходженні повного циклу розробки пристрою та його програмного забезпечення для керування домашньої міні-пивоварні.

Задачі розробника схеми пристрою (Синьогуба Максима Олександровича) полягають у розробці:

- макетної плати;
- принципової схеми;
- технічного завдання на розробку програмного забезпечення пристрою.

Задачі розробника програмного забезпечення пристрою (Ліхачова Кирила Дмитровича) полягають у розробці:

- алгоритмів технологічних процесів виготовлення пива і інструментів їх дотримки;
- меню налаштувань;
- інструментів збереження рецептів користувача;
- моделі дистанційного керування і інструментів її підтримки.

В результаті проведеної роботи був створений апаратно-програмний комплекс, який повністю відповідає потребам замовника та є актуальним. Варто відзначити АПК має можливості для модернізації та доповнення. Наприклад, зміна старих комплектуючих схеми на нові або розширення модельного ряду апаратних платформ, що підтримуються програмним забезпеченням. Подібні модернізації можна легко реалізувати.

Староста: Синьогуб Максим Олександрович _____

Керівник: Штефан Наталія Зінов'ївна _____

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	9
Вступ.....	16
1 Аналітична частина.....	18
1.1 Характеристика об'єкта розробки	18
1.2 Загальні відомості	18
1.3 Аналіз існуючих аналогів.....	21
2 Проектна частина	32
2.1 Склад схеми проекту.....	32
2.2 Характеристика Arduino Mega2560.....	32
2.2.1 Входи і Виходи.....	33
2.2.2 Фізичні характеристики та сумісність з платами розширення	34
2.3 Характеристика додаткових елементів схеми.....	35
2.3.1 Характеристика герметичного датчика температури DS18B20....	35
2.3.2 Характеристика годинника реального часу	36
2.3.3 Характеристика реле SSR-25 DA	37
2.3.4 Характеристика реле SRD-5VDC-SL-C.....	38
2.3.5 Характеристика кольорового графічного екрану	40
2.3.6 Характеристика тактової кнопки.....	41
2.3.7 Характеристика звукового п'єзоелементу BMT-1203UX	41
2.3.8 Характеристика модуля Bluetooth HM-10	42
2.4 Інструментальні засоби розробки Fritzing.....	44
2.5 Взаємодія компонентів схеми БК.....	47
3 Розробка схеми	48
3.1 Проектування схеми	48
3.2 Збірка елементів управління для взаємодії з GUI.....	48
3.2.1 Збірка клавіатури	49
3.2.2 Підключення клавіатури	49

3.3 Підключення модуля зв'язку	50
3.4 Підключення модуля RTC	51
3.5 Підключення звукового модуля сповіщення	52
3.6 Підключення датчика температури.....	53
3.7 Підключення управляючого елемента насосу	54
3.8 Підключення управляючого елемента ТЕНа	55
3.9 Принципова схема.....	56
3.10 Друкарська схема	59
Висновки	61
Перелік джерел посилання	62

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АПК – апаратно-програмний комплекс

байт – 8біт

БК – блок керування

В – одиниця виміру електричного потенціалу

вкл – ввімкнути

викл – вимкнути

г – грам, одиниця маси

ГБ(гігабайт) – кратна одиниця вимірювання кількості інформації, дорівнює 1 073 741 824 (2^{30}) стандартним (8-бітним) байтам

Д. с – друкарська схема

дБ(децибел) – популярна одиниця вимірювання рівня гучності, підсилення потужності сигналу або власне потужності сигналу

ДП – домашня пивоварня

дБм – аббревіатура для позначення відношення потужності в децибелах (дБ) до вимірної потужності відповідно до одного мілівата (мВт)

кВт(кіловат) – це позасистемна одиниця, яка введена виключно для обліку використаної чи виробленої електроенергії(10^3)

кГц(кілогерц) – одиниця вимірювання в системі частоти періодичних процесів(10^3)

кОм(кілоом) – одиниця вимірювання електричного опору

мА(міліампер) – одиниця вимірювання кількості електрики(10^{-3})

мВ(мілівольт) – одиниця вимірювання електричної напруги (10^{-3})

МГц(мегагерц) – одиниця частоти періодичних процесів

мм(міліметр) – одиниця вимірювання довжини(10^{-3})м

МОм(мегаом) – одиниця вимірювання в системі частоти періодичних процесів (10^6)

мкА (мікрвольт) – одиниця вимірювання кількості електрики(10^{-6})

мс(мілісекунда) – одиниця вимірювання часу(10^{-3})

нА(наноампер) – одиниця вимірювання кількості електрики(10^{-9})

ОС – комплекс взаємопов'язаних програм, призначених для управління ресурсами комп'ютера

ПЗ – програмне забезпечення

пк(піксель) – найменший логічний елемент двовимірного цифрового зображення в растровій графіці, або елемент матриці дисплеїв, які формують зображення

с(секунда) – одиниця вимірювання часу

ТЕН – трубчастий електронагрівач

ТЗ – технічне завдання

ШИМ – широтно-імпульсна модуляція

Шилд – плати розширення Arduino

АС/DC Адаптер – використовують для живлення багатьох переносних і стаціонарних пристроїв

АС 110v 220v to DC 24V – водяний насос на 24VDC і блок живлення до нього

АС 250 В 16А IEC 320 C19 C20 – роз'єми на 16А, для підключення мережі і ТЕНа

analogReference() – функція для зміни напруги

Arduino – торгова марка апаратно-програмних засобів для побудови простих систем автоматики і робототехніки, орієнтована на непрофесійних користувачів

Arduino Mega 2560 – пристрій на основі мікроконтролера ATmega2560

Arduino DUE – плата

Arduino Duemilanove і Diecimila – плати розширення Arduino Mega.

ArduinoProm – версія домашньої пивоварні

Arduino UNO – одна з найпопулярніших плат в лінійці і є відмінним вибором для початківців

AREF – вивід

ARM – мікроконтролер
 avr c – мова, для розширення бібліотек C++
 ATmega2560 – модель мікроконтролера
 atmel, atmega8, atmega168 – мікроконтролер
 ATmega16U2 – мікросхема виконує роль перетворювача USB-UART
 Atmel ARM – процесор
 attachInterrupt() – функція для отримання додаткової інформації
 BeerDuino – версія домашньої пивоварні
 bit – мінімальна одиниця кількості інформації
 BMT-1203UX – звуковий п'єзоелемент для оповіщення користувача про різні події
 BRK Break pin – активне з'єднання, підведення BRK pin
 bluetooth – модуль для зв'язку
 bluetooth модуль HM-10 bluetooth 4.0 – для зв'язку блоку управління пивоварні з мобільним пристроєм, щоб користувач міг дистанційно керувати процесом варіння
 Bluetooth Smart – периферійний пристрій
 C++ – мова програмування
 CC2540 – аналог CC2541
 CC2541F128RHAT – мікросхема розробка компанії Texas Instruments.
 C21 і C22 – майданчики
 COM-порт(communications port) – інтерфейс для персонального компютера
 Cosmo WiFi Connect – плата призначена для організації безпроводної мережі стандарту IEEE 802.11b/g
 creative commons – організація.
 CR2032 – дисковий елемент
 Дшток – діаметр штока
 DC-DC – перетворювач
 DC Step Down Power – перетворювачі DC-DC для електроживлення

DS18B20 – водонепроникний датчик

DS3231 AT24C32 ІІС Precision RTC Real Time Clock – годинник реального часу

Duemilanove – мікроконтролер

EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) – постійний запам'ятовувальний пристрій

Ethernet – технологія організації локальних мереж

Ethernet Shield – забезпечує з'єднання з Інтернетом

Flash-пам'ять – тип довготривалої комп'ютерної пам'яті, вміст якої можна видалити чи перепрограмувати електричним методом

Fritzing – це програма з відкритим кодом, розроблена для того, щоб полегшити процес прототипування проектів

From prototype to product – від прототипу до продукту

Gnd – вивід землі

GND – USB раз'єм інтерфейсної плати

GUI(graphic user interface) – графічний інтерфейс користувача

High Quality Passive Buzzer Module – пасивний зумер

HIGH(ON) – включити

IDE – Integrated Development Environment, інтегроване середовище розробки

ICSP – In-Circuit Serial Programming

I2C – послідовна асиметрична шина для зв'язку між інтегральними схемами всередині електронних приладів

ILI9486 – контролер

Interaction Design Institute – місце, де виникла платформа Arduino

IOREF – цей вивід надає платам розширення інформацію про робочу напругу мікроконтролера Ардуіно

J1 і J2 – роз'єми, на які виведені всі виводи мікроконтролера

LilyPad – це мікропроцесорний пристрій, спеціально розроблений для використання з предметами одягу та текстилю

LaunchPad MSP-EXP430G2 – налагоджувальна плата для мікроконтролерів

L – Довжина

LCD1602 – дисплей

LDO – регулятор

Linux – ОС

LOW(OFF) – вимкнути

Mega 2560 R3 – плата ардуино

MicroSD Shield – забезпечує запис даних на карти microSD

Mini-USB – кабель

MicroUSB – кабель

MicroSD – карта пам'яті

Motor – забезпечує керування двигунами постійного струму

MP3 Shield – плата для відтворення звуку у форматах Ogg

MSP430G2x, MSP430G2xx2, MSP430G2xx3, MSP430F20xx,
MSP430G2553IN20, MSP430G2452IN20, MSP430G2452, MSP430G2553 – мікроконтролери плат

myGLCD (СТЕ40,38,39,40,41) – ряд ініціалізації

M16 16mm 2/3/4/5/6/7/8Pins Screw Type Electrical – роз'єми для підключення насоса і датчика температури DS18B20

Netduino Plus, Netduino Plus 2, Netduino Go – плати Netmedia's BX-24 – апаратний засіб

.net mf – драйвер

.NET Micro Framework 4.2(або 4.3) – технологія для написання додатків для мікроконтролерів

Open-source – програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом

Osx – опереційна система

Parallax Basic, Phidgets – апаратні засоби

Raspberry Pi – платформа

RAM – random access memory

PDIP14, PDIP20 – корпус для мікроконтролера
PDU роз'єм IEC320 C19 C20 16A AC – роз'єми для кабелю
Reset – вивід для перезавантаження мікроконтролер
pinMode(), digitalWrite() і digitalRead() – Входи і Виходи
Power LED – індикатор живлення
Power Supply Buck Converter – блок живлення
Power Supply Module – насос для циркуляції гарячої води
Processing – відкрита мова програмування, заснована на Java
RGB – адитивна колірна модель
RTC DS3231 – годинник реального часу для точноговимірювання температурних пауз і процесу варіння
RXD – Serial UART отримувач
SCL – синхронізація інтерфейсу I2C
SDA – вхід/вихід даних інтерфейсу I2C
SD-Card – флеш пам'ять
Shields – плати розширення
SMD – майданчики
SPI – бібліотека
SPST – тип контактної групи
SQW – переривання від будильників або вихід імпульсів 1-8192 Гц
SRAM – static random access memory
SRD-5VDC-SL-C – реле, керує насосом
SSR-25 DA – реле, керує ТЕН-ом
SSR40A solid state relay, single phase – реле для комунікації ТЕНа
STATE – стан підключення
STMicro STM32F2 – мікроконтролер
TFT – Thin-Film Transistor, різновид польового транзистора
TWI – виводи 20 (SDA) і 21 (SCL)
TWI – інтерфейс
TXD – Serial UART передавач

UART – universal asynchronous receiver/transmitter

USB-A – кабель

USB – універсальна послідовна шина

UTFT – бібліотека

VAC – змінний струм

VCC – живлення

VDC – постійний струм

VIN – вивід живлення, напруга, що надходить в Arduino безпосередньо від зовнішнього джерела живлення

W – ширина

Windows, Mac OS і Linux – операційні системи

Wires – провода

Yellow LED – індикатор

Zigbee – безпроводний зв'язок для деяких пристроїв Arduino

ZS-042 RTC1 – годинник реального часу

°C, °F – одиниця вимірювання температури

ВСТУП

Arduino – це open-source платформа, яка складається з двох основних частин: самої плати і програмного забезпечення або IDE (Integrated Development Environment). Програмне забезпечення запускається на персональному комп'ютері і дозволяє записувати розроблений код на плату.

Платформа Arduino виникла в Interaction Design Institute, який розташований в італійському містечку Іврея. Саму назву плата отримала від імені короля Arduino, що правив цією місцевістю на початку минулого тисячоліття.

Arduino стали популярні серед людей, які тільки починають займатися електронікою. На те є кілька причин. На відміну від більшості попередників, Arduino не вимагає додаткового обладнання для завантаження коду на плату – використовується простий USB-кабель. Оболонка для програмування – Arduino IDE використовує спрощену версію C++, що полегшує процес навчання для новачків. Крім того, Arduino використовує стандартизований форм фактор для більшості своїх плат, завдяки чому з'явився цілий комплект додаткових "Шилд"[1]¹⁾.

Метою роботи є проектування та розробка версії «домашньої пивоварні» на базі Arduino. Для розробки пристрою і досягнення поставленої мети необхідне рішення наступних завдань:

- дослідження і аналіз пристроїв, які дозволяють реалізувати поставлену мету;
- розробка функціональної схеми пристрою з фізичним управлінням;
- проектування електричної схеми зв'язку елементів пристрою;
- тестування роботи пристрою після кінцевої зборки та програмування її алгоритму.

Загальні характеристики кваліфікаційної роботи:

- повний обсяг сторінок пояснювальної записки – 62

¹⁾ [1] Інформаційний довідник з ІС. URL: http://pidruchniki.com/1222090547713/informatsiyni_sistemi. (дата звернення 12.02.2019).

- кількість рисунків – 16
- кількість таблиць – 8
- кількість посилань – 18

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єкта розробки

Розроблений програмний продукт – це версія блоку керування домашньої пивоварні, що реалізовано на апаратній платформі Arduino.

Програмний продукт буде застосовуватися в якості «мозкового центра» автоматизованої домашньої пивоварні, який відповідає за правильне дотримання всіх основних етапів рецепта при виготовленні пива і відповідатиме за збереження рецептів користувача.

В закритому вигляді даний продукт буде виглядати як прямокутний бокс з TFT – дисплеєм та кнопками управління.

1.2 Загальні відомості

Платформа Arduino використовується для розробки систем, що керують датчиками та перемикачами. Системи такого типу керують роботою широкого діапазону індикаторів, двигунів та інших пристроїв. Модулі на базі Arduino можуть бути як автономними, так і взаємодіяти з програмним забезпеченням, що працює на персональному комп'ютері. Будь-яку плату Arduino можна зібрати власноручно, або купити готовий модуль. Середовище розробки для програмування такої плати безкоштовне та має відкритий вихідний код[2]¹⁾.

Плата Arduino отримала велику популярність не тільки завдяки низькій вартості, простій розробці та програмуванню, але, через наявність плат розширення (shields), які дають Arduino додаткову функціональність. Шилди (крім маленьких модулів та плати LilyPad) підключаються до Arduino за допомогою наявних на них штирових роз'ємів.

¹⁾ [2] 1506-6164-1-PB. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/23156/1/1506-6164-1-PB.pdf>. (дата звернення 13.02.2019).

Якщо взяти до уваги нашу плату Arduino Mega, вона побудована на мікроконтролері ATmega2560. Плата має 54 цифрових входи/виходи (14 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 16 аналогових входів, 4 послідовних порти UART, кварцовий генератор 16 МГц, USB конектор, роз'єм живлення, роз'єм ICSP і кнопка перезавантаження. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера AC/DC, або акумуляторною батареєю. Arduino Mega 2560 сумісна з усіма платами розширення, розробленими для платформ Uno або Duemilanove.

Існує широкий асортимент різних за функціональністю shields – від найпростіших, призначених для макетування, до складних, що являють собою окремі багатофункціональні прилади. На відміну від модулів, які можна підключити до довільних виходів Arduino, виходи shields, в більшості випадків, прив'язані до виходів Arduino[3]¹⁾.

Розглянемо деякі шилди:

- Ethernet Shield – забезпечує з'єднання з Інтернетом;
- Zigbee – безпроводний зв'язок для деяких пристроїв Arduino;
- MicroSD Shield – забезпечує запис даних на карти microSD;
- MP3 Shield – плата для відтворення звуку у форматах Ogg Vorbis/MP3/AAC/WMA/MIDI та запису в Ogg Vorbis;
- Motor – забезпечує керування двигунами постійного струму;
- Cosmo WiFi Connect – плата призначена для організації безпроводної мережі стандарту IEEE 802.11b/g та ін.

Існує безліч інших мікроконтролерів і мікропроцесорних пристроїв, призначених для програмування різних апаратних засобів: Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard і багато інших. Всі ці пристрої пропонують схожу функціональність і покликані звільнити користувача від необхідності заглиблюватися в дрібні деталі внутрішнього устрою

¹⁾ [3] О платформе Ардуино. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/about/>. (дата звернення 13.02.2019).

мікроконтролерів, надавши йому простий і зручний інтерфейс для їх програмування. Ардуіно також спрощує процес роботи з мікроконтролерами, але на відміну від інших систем надає ряд переваг для викладачів, студентів і радіоаматорів:

- низька вартість: у порівнянні зі схожими апаратними платформами, плати ардуіно мають відносно низьку вартість: готові модулі ардуіно коштують не дорожче 50\$, а можливість зібрати плату вручну дозволяє максимально заощадити кошти і отримати ардуіно за мінімальну ціну;
- кросплатформеність: програмне забезпечення ардуіно працює на операційних системах windows, macintosh osx і linux, в той час, як більшість подібних систем орієнтовані на роботу тільки в windows;
- проста і зручна середовище програмування: середовище програмування ардуіно зрозуміла і проста для початківців, але при цьому досить гнучка для просунутих користувачів. вона заснована на середовищі програмування processing, що може бути зручно для викладачів. завдяки цьому, студенти, які вивчають програмування в середовищі processing, зможуть легко освоїти ардуіно;
- розширюване програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом: програмне забезпечення ардуіно має відкритий вихідний код, завдяки цьому досвідчені програмісти можуть змінювати і доповнювати його можливості мови ардуіно можна також розширювати за допомогою C++ бібліотек завдяки тому, що він заснований на мові avr c, просунуті користувачі, що бажають розібратися в технічних деталях, можуть легко перейти з мови ардуіно на c або вставляти ділянки avr c коду безпосередньо в програми ардуіно;
- розширюване відкрите апаратне забезпечення: пристрої arduino побудовані на базі мікроконтролерів atmel atmega8 і atmega168. Завдяки тому, що всі схеми модулів ардуіно опубліковані під ліцензією creative commons, досвідчені інженери і розробники можуть створю-

вати свої версії пристроїв на основі існуючих і навіть звичайні користувачі можуть збирати дослідні зразки ардуіно для кращого розуміння принципів їх роботи і економії коштів[3]¹⁾.

1.3 Аналіз існуючих аналогів

Розглянемо аналоги плат Ардуіно, першою буде – MSP-EXP430G2 LaunchPad – це проста у використанні мікроконтролерна отладочная плата для мікроконтролерів MSP430G2x з низькою споживаною потужністю і невеликою ціною. Вона має вбудовані засоби для програмування і налагодження, а також 14/20-піновим роз'ємом, кнопками, світлодіодами і роз'ємами для установки широкого ряду модулів для розширення функціоналу, наприклад, модулі бездротового зв'язку, екрани і т.п.

MSP-EXP430G2 LaunchPad поставляється з двома мікроконтролерами MSP з до 16 Кб флеш-пам'яті, 512 байт RAM, тактовою частотою 16 МГц і вбудованої периферією, наприклад, 8-канальний 10-бітний АЦП, таймери, порти для послідовної зв'язку (UART, I2C і SPI) та інше.

На платі встановлено:

- 14/20-піновий DIP роз'єм;
- вбудовані засоби емуляції для налагодження та програмування;
- програмованих світлодіода;
- 1 світлодіод індикації подачі живлення;
- 1 програмована кнопка;
- 1 кнопка скидання.

Підтримка мікроконтролерів MSP430G2xx2, MSP430G2xx3 і MSP430F20xx корпусах PDIP14 або PDIP20.

У комплект входить два мікроконтролера: MSP430G2553IN20 і MSP430G2452IN20.

¹⁾ [3] О платформе Ардуіно. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/about/>. (дата звернення 15.02.2019).

LaunchPad являє собою набір, який включає в себе наступне:

- 1 отладочная плата LaunchPad;
- 1 мікроконтролер MSP430G2553IN20;
- 1 мікроконтролер MSP430G2452IN20;
- 1 кварц 32.768 кГц;
- 2.54 мм 1x10 роз'єм (мама);
- 1 кабель USB-A на Mini-USB;
- наклейка ЛаунчПад.

На платі LaunchPad присутні секція емуляції для програмування і налагодження через USB, одна кнопка загального призначення, два світлодіоди загального призначення, одна кнопка скидання, два порти розширення і 20-піновий панель для мікроконтролера. Плата живеться через mini-USB напругою 5 В і перетворює його в 3,6 В за допомогою LDO-регулятора. Щоб працювати, секція емуляції і мікроконтролер потребують напрузі з таким рівнем. Мережа 3,6 В позначена як VCC, і провідники GND присутні на роз'ємах J1, J2 і J. Секція емуляції створює інтерфейс між мікро контролером і середовищем програмування. Вона дозволяє користувачеві запрограмувати пам'ять пристрою і покроково налагоджувати вбудований код, щоб перевірити виконання програми і внутрішні регістри. Секції емуляції також включають в себе перетворювач USB в UART, який може бути налаштований для взаємодії мікроконтролера з комп'ютером через послідовний канал зв'язку.

LaunchPad поставляється з двома 16-бітними мікроконтроллерами: MSP430G2452 і MSP430G2553. Вони обидва з 20 виходами. Обидва мікроконтролера мають вбудовані програмовані тактові генератори 16 МГц. Крім того, LaunchPad дозволяє користувачеві підключати зовнішній тактовий генератор, такий як часовий кварц 32,768 кГц або будь-який інший стандартний кварц до 16 МГц. SMD майданчики та майданчики з отворами дають користувачеві можливість використовувати кварци в різних корпусах. Якщо для кварцу необхідні додаткові конденсатори, на платі для цих цілей зарезервовані майданчики C21 і C22. Ще однією цікавою особливістю мікроконтроле-

рів є вбудований датчик температури. Це лінійний датчик, який видає 3.55 мВ/С °. Вихід датчика підключений всередині до одного з входів АЦП, і користувач може вибрати, чи буде цей вхід зчитувати температурні дані з датчика. Всі виводи мікроконтролера виведені на роз'єми J1 і J2, щоб при прототіпуванні можна було б легко використовувати виводи пристрою. Майданчики J1 і J2 поставляються в розібраному вигляді, тому ви можете підключити роз'єми мама або тато в залежності від того, що вам необхідно[4]¹⁾.

Наступну оглянемо Netduino – це відкрита електронна платформа, яка використовує .NET Micro Framework. Оснащена 32-бітовим мікро контролером. Netduino пропонує 20 портів GPIO, об'єднаних з SPI, I2C, двома UART (1 RTS/CTS), 4 ШІМ каналами і 6 каналами АЦП. .NET Micro Framework поєднує в собі простоту високорівневого програмування і доступ до можливостей мікроконтролерів. Netduino також сумісна за виходами з платами розширення Arduino. Характеристики деяких плат Netduino наведено в таблиці нижче(див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Порівняння технічних характеристик Netduino Plus, Netduino Plus 2 і Netduino Go

Компоненти і можливості		Netduino Plus	Netduino Plus 2	Netduino Go
1	2	3	4	5
Процесор і пам'ять	Мікроконтролер	STMicro STM32F2	STMicro STM32F4	STMicro STM32F4
	Швидкість	120 МГц (cortex-M3)	168 МГц (cortex-M4)	168 МГц (cortex-M4)
	Пам'ять зберігання коду програм	192 KB	384 KB	384 KB

¹⁾ [4] Техническое описание Ti MSP-EXP430G2 LaunchPad. URL: <https://radioprogram.ru/shop/merch/11>. (дата звернення 15.02.2019).

Продовження таблиці 1.1

	RAM	60 KB	100+ KB	100+ KB
	ОС	.NET Micro Framework 4.2(або 4.3)	.NET Micro Framework 4.2(або 4.3)	.NET Micro Framework 4.2
Входи і виходи	Мережа	Ethernet: 10 Мбіт/с	Ethernet: 10 Мбіт/с	Через доповнення: shield base gobus модуль
	Сумісність з платами розширення Arduino	Працює з більшістю плат розширення Arduino	Працює з більшістю плат розширення Arduino	Через доповнення: shield base gobus модуль
		(Деякі вимагають .net mf драйверів)	(Деякі вимагають .net mf драйверів)	
	Цифрові входи/виходи	20 GPIO, 6 ШИМ, 2 UART, I2C, SPI	22 GPIO, 6 ШИМ, 4 UART, I2C, SPI	Через доповнення: shield base gobus модуль
Оточуюче середовище	Цифрові входи/виходи	20 GPIO, 6 ШИМ, 2 UART, I2C, SPI	22 GPIO, 6 ШИМ, 4 UART, I2C, SPI	(GPIO, ШИМ, UART, SPI і т.д.)
	Аналогові входи	6 каналів АЦП (12-бітних)	6 каналів АЦП (12-бітних)	Через доповнення: shield base gobus модуль
	Зберігання	micro SD картка (до 2 ГБ)	micro SD картка (до 2 ГБ)	Через доповнення: sd card gobus модуль
	gobus порти	немає	немає	8 gobus
	Температура	0°C – 70°C	0°C – 70°C	0°C – 70°C

Netduino Plus 2 є наступною версією плати Netduino Plus і володіє в 4 рази більшою продуктивністю в порівнянні з попередником. Це проявляється в збільшенні тактової частоти (168 МГц, замість 48 МГц) і обсягу пам'яті зберігання коду програм і RAM.

Головною складовою плати є процесор Atmel ARM, який містить пам'ять RAM і пам'ять зберігання коду програм, використовувану додатками.

Його виводи з'єднані з выводами синіх роз'ємів, розташованих по краях плати. Ці виводи використовуються для підключення зовнішніх компонентів і плат розширення[5]¹⁾.

На платі розташований 6-піновий роз'єм аналогових входів, які можуть бути використані для читання стану будь-яких аналогових датчиків, що вимірюють будь-яку величину, наприклад: вологість, температура, освітленість, тиск, рух,

Крім того, аналогові входи можуть використовуватися в якості цифрових входів/виходів, які служать для обробки цифрових сигналів.

- кількість цифрових входів/виходів: 14;
- вони можуть підключатися до датчиків, які мають два стани (вкл/викл), наприклад, кнопки, тумблери і т.д.;
- можуть використовуватися в якості виходів для управління світлодіодами, реле, комутаторами;
- можуть використовуватися для зв'язку, що використовує стандартні протоколи, наприклад, I2C, SPI, UART;
- можуть використовуватися для передачі імпульсів для зміни швидкості двигуна, інтенсивності світла і т.д..

Особливості цифрових входів/виходів:

- всі 22 цифрових і аналогових виведення: GPIO;
- цифрові виводи 0-1: UART 1 RX, TX;
- цифрові виводи 2-3: UART 2 RX, TX/PWM;

¹⁾ [5] Техническое описание Netduino Plus 2. URL: <https://radioprogram.ru/shop/merch/13>. (дата звернення 13.03.2019).

- цифрові виводи 5-6: PWM, PWM;
- цифрові виводи 7-8: UART 3 RX, TX (також працюють як UART 2 RTS, CTS);
- цифрові виводи 9-10: PWM, PWM;
- цифрові виводи 11-13: PWM/MOSI, MISO, SPCK;
- цифрові виводи SD/SC: SDA/SCL (також працюють як UART 4 RX, TX)[5]¹⁾.

Netduino Plus 2 володіє роз'ємом Ethernet, який дозволяє нам підключати плату до мережі, до локальної або до інтернету. Підключення до інтернету відкриває цілий ряд нових можливостей, наприклад, читання даних з віддалених серверів або передача в інтернет даних від підключених датчиків і пристроїв. Це дозволяє нам за допомогою Netduino створювати інтернет речей. У цю версію Netduino був доданий слот MicroSD. Карта MicroSD може зберігати дані, використовувані Netduino, або Netduino може записувати дані на карту для локального зберігання. Ми можемо навіть зберігати на карті скомпільовані програми, які потім будуть виконуватися на Netduino.

На платі розташовано два світлодіоди. Білий світлодіод загоряється, коли на плату подається живлення, і діє, як індикатор живлення. Інший світлодіод (синій) – це призначений для користувача світлодіод, і може управлятися з програми, запущеної на Netduino. Для Netduino потрібна напруга від 7,5 В до 12В з плюсом на центральному виведення роз'єму. Живлення може бути подано від AC/DC адаптера з роз'ємом 5,5 мм на 2,1 мм.

У разі подачі напруги неправильної полярності спрацює відновлюється запобіжник, який повернеться в початковий стан після того, як охолоне.

MicroUSB, даний порт виконує кілька функцій на платі:

- з'єднує плату Netduino з комп'ютером;
- може використовуватися для живлення плати;

¹⁾ [5] Техническое описание Netduino Plus 2. URL: <https://radioprogram.ru/shop/merch/13>. (дата звернення 13.03.2019).

- використовується для завантаження програм на плату Netduino і інтерактивної їх налагодження;
- може використовуватися для підключення пристроїв.

Майданчик стирання – це маленька золота точка в кінці роз'єму цифрових входів/виходів. Вона може використовуватися для повного стирання Netduino, щоб почати з нуля. Вона була додана, щоб зробити плату дружньою до хакама, і щоб Netduino могла використовуватися, як проста отладочная плата для ARM мікроконтролерів. Функція стирання активується підключенням на кілька секунд дроти між виводами 3,3 і майданчиком стирання.

Після повного стирання ми можемо встановити на Netduino нову операційну систему або, почавши з нуля, написати код на C ++.

Кнопка на платі за замовчуванням діє для Netduino, як кнопка рестарту. Зазвичай використовується для рестарту дій виконуваного застосування. Кнопка також може бути доступна в програмі, як пристрій введення, і запускати дії при натисканні. Кнопка допомагає ввести плату під час завантаження в режим програмування для оновлення прошивки, для чого необхідно утримувати її натиснутою під час завантаження плати[5]¹⁾.

Розглянемо проекти домашніх пивоварень на базі Ардуіно. Першою для аналізу проекту домашньої пивоварні була розглянута версія домашньої пивоварні «ArduinoProm»[6]²⁾.

У схемі (див. рис. 1) використовуються наступні комплектуючі:

- платформа Arduino UNO;
- водонепроникний датчик температури DS18B20;
- 2-ух каналний релейний модуль на 5В;
- модуль розширювача інтерфейсу (I2C);
- дисплей LCD1602;
- твердотільні реле SSR-25DA 25A.

¹⁾ [5] Техническое описание Netduino Plus 2. URL: <https://radioprogram.ru/shop/merch/13>. (дата звернення 13.03.2019).

²⁾ [6] Контроллер для пивоварни. URL: <http://arduinoprom.ru/arduino/202-kontroller-dlja-pivovarni.html>. (дата звернення 13.03.2019).

Преваги:

- невелика вартість комплекту.

Недоліки:

- невеликий розмір екрану;
- немає можливості зберегти рецепти користувача;
- відсутність модулів зв'язку.

А одним із найбільш популярних комплектів ПЗ та обладнання є збірка під назвою «BeerDuino»[7]¹⁾.

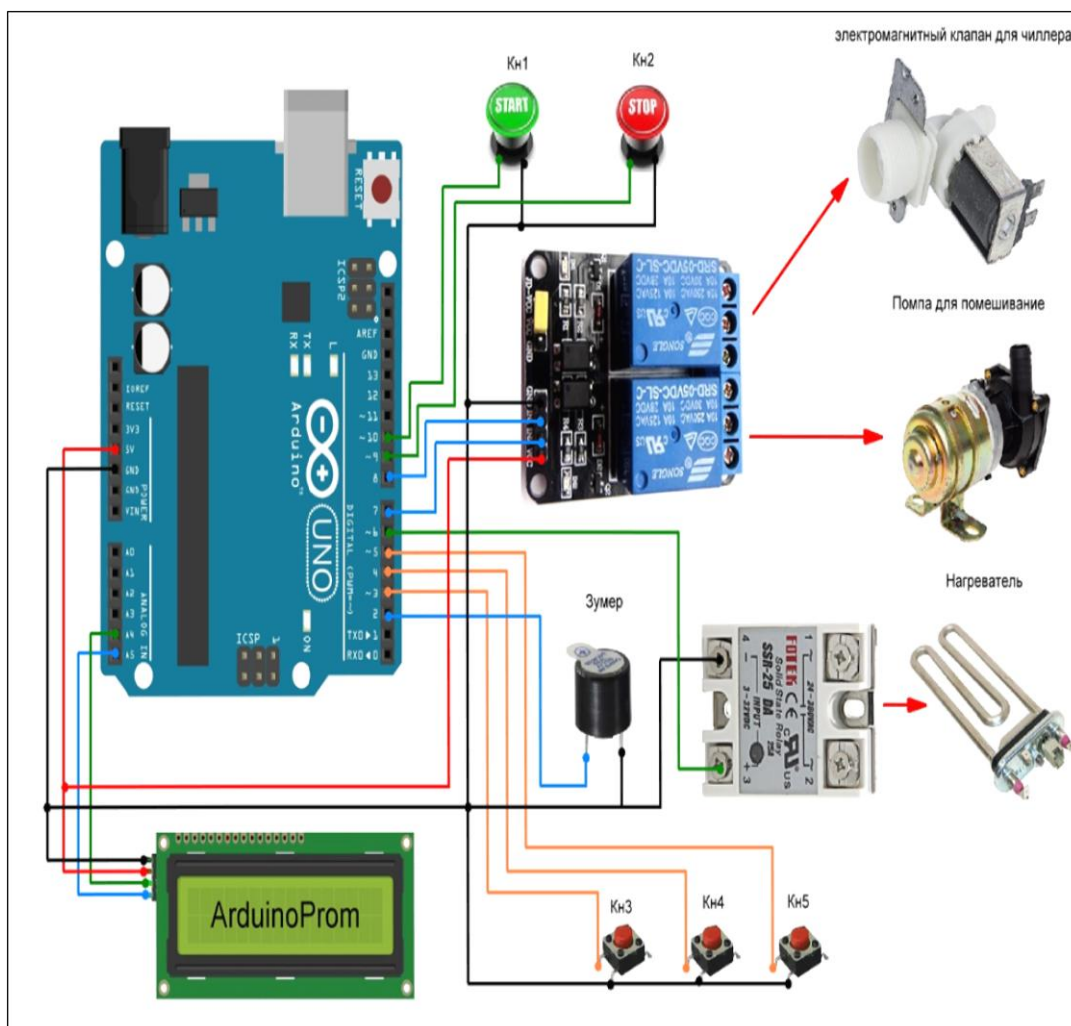


Рисунок 1 – Монтажна схема автоматки ArduinoProm

¹⁾ [7] Оборудование для пивоварни – Alco Distillers. URL: <https://alcodistillers.ru/forum/viewtopic.php?id=1252>. (дата звернення 13.03.2019).

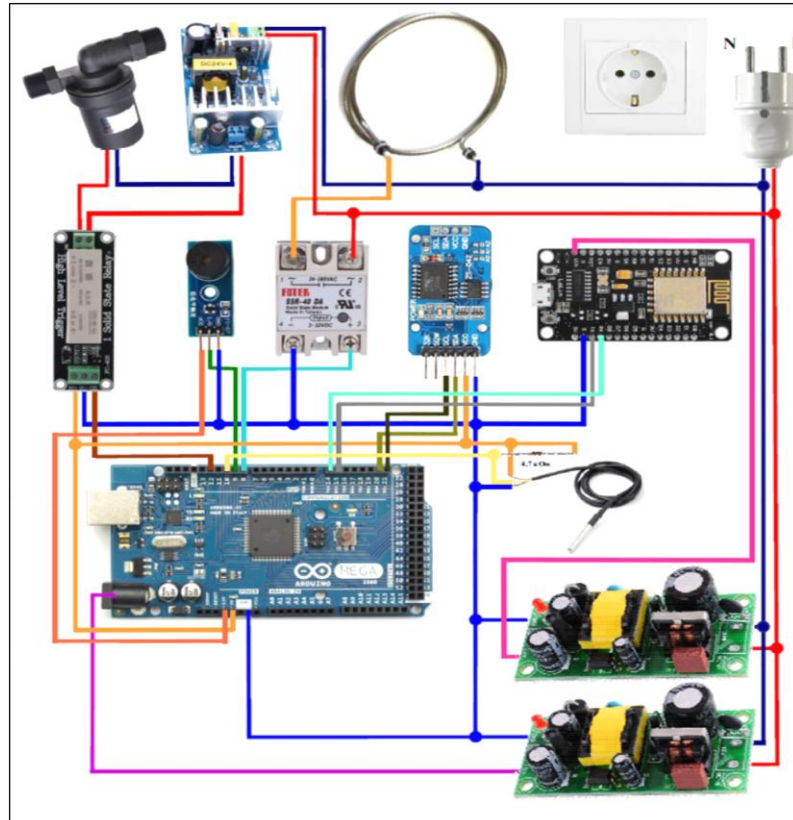


Рисунок 2 – Монтажна схема автоматики Beerduino

У схемі (див. рис. 2) використовуються наступні комплектуючі:

- набір три в одному: 3.2 "TFT LCD сенсорний екран + TFT 3.2" шилд плюс Мега 2560 R3 з USB-кабелем;
- пасивний зумер і годинник реального часу;
- блок живлення 12VDC 2A для ARDUINO;
- блок живлення WI-FI модуля;
- перетворювачі DC-DC для електроживлення ARDUINO і WI-FI модуля;
- WI-FI модуль на ESP8266;
- твердотільні реле: для управління 24-х вольтів;
- датчик температури DS18B20;
- роз'єми на 16A, для підключення мережі і ТЕНа;
- роз'єми для підключення насоса і датчика температури DS18B20;
- шлейф мама-мама;

- водяний насос на 24VDC і блок живлення до нього.

Переваги:

- більш високий рівень автоматизації;
- використання WI-FI модуля.

Недоліки:

- використання сенсорного екрана, як єдине джерело вводу/виводу даних;
- велика вартість комплекту.

В результаті проведення аналізу аналогів продукту до схеми блоку управління були поставлені наступні вимоги:

- можливість збереження рецептів користувача;
- використання модуля зв'язку;
- використання досить великого дисплею без тачпаду;
- використання водостійкого датчику температури;
- використання RTC – модуля.

І на підставі вище перелічених вимог до схеми були додані наступні елементи:

- плата Arduino Mega 2560 з мікроконтролером ATmega2560, для управління всіма компонентами апаратної частини;
- датчик температури DS18B20 у вологезахистному корпусі 3-Pin TO-92;
- годинник реального часу – модуль RTC DS3231 для точноговимірювання температурних пауз і процесу варіння;
- реле, керуюча ТЕН-ом – твердотельное напівпровідниковий реле SSR-25 DA;
- реле, керуюча насосом SRD-5VDC-SL-C;
- кольоровий графічний екран – 3.5 "320x480 TFT LCD кольоровий дисплей для Arduino Mega 2560 для відображення графічного інтерфейсу користувача. Перевагою цього дисплея є вбудований слот під SD карту;

- кнопки для взаємодії користувача з графічним інтерфейсом;
- звуковий п'єзоелемент ВМТ-1203UX для оповіщення користувача про різні події;
- bluetooth модуль НМ-10 bluetooth 4.0 для зв'язку блоку управління пивоварні з мобільним пристроєм, щоб користувач міг дистанційно керувати процесом варіння.

2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Склад схеми проекту

Відносно до вимог поставлених у аналітичній частині ядром схеми буде плата Arduino Mega2560, яка буде знімати показники датчика температури і годинника реального часу, керувати роботою реле помпи і ТЕНу. Для дистанційного керування буде застосовуватися bluetooth-модуль. Вся інформація, яка необхідна користувачу, буде відображатися на кольоровому дисплеї.

2.2 Характеристика Arduino Mega2560

Arduino Mega 2560 – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega2560. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю. Arduino Mega сумісний з більшістю плат розширення, розроблених для Arduino Duemilanove і Diecimila.

Загальні характеристики Arduino Mega2560:

- мікроконтролер ATmega2560;
- робоча напруга 5В;
- напруга живлення (рекомендований) 7-12В;
- напруга живлення (граничне) 6-20В;
- цифрові входи/виходи 54 (з яких 15 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів);
- аналогові входи 16;
- максимальний струм одного виведення 40 мА;
- максимальний вихідний струм виводу 3.3V 50 мА;
- Flash-пам'ять 256 КБ з яких 8 КБ використовуються загрузчиком[8]¹⁾;
- SRAM 8 КБ;

¹⁾ [8] Платы Arduino Mega2560. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560>. (дата звернення 15.04.2019).

- EEPROM 4 КБ;
- тактова частота 16 МГц[8]¹⁾.

2.2.1 Входи і Виходи

З використанням функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` і `digitalRead()` кожен з 54 цифрових виводів Arduino Mega можна налаштувати на роботу в якості входу або виходу. Рівень напруги на виходах обмежений 5В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один вивід, становить 40 мА. Всі виводи пов'язані з внутрішніми підтягуються резисторами (за замовчуванням відключеними) номіналом 20-50 кОм. Крім цього, деякі виводи Ардуіно можуть виконувати додаткові функції:

- послідовний інтерфейс Serial: виводи 0 (RX) і 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) і 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) і 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) і 14 (TX). Дані виводи використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних по послідовному інтерфейсу. Вивід 0 і 1 також з'єднані з відповідними виходами мікросхеми ATmega16U2, яка виконує роль перетворювача USB-UART.
- зовнішні переривання: виводи 2 (переривання 0), 3 (переривання 1), 18 (переривання 5), 19 (переривання 4), 20 (переривання 3) і 21 (переривання 2). Ці виводи можуть використовуватися в якості джерел переривань, що виникають при різних умовах: при низькому рівні сигналу, при фронті, спаді або зміні сигналу. Для отримання додаткової інформації див. Функцію `attachInterrupt()`.
- ШІМ: виводи 2-13 і 44-46. За допомогою функції `analogWrite()` можуть виводити 8-бітові аналогові значення в вигляді ШІМ-сигналу.
- інтерфейс SPI: виводи 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Із застосуванням бібліотеки SPI дані виводи дозволяють здійснювати

¹⁾ [8] Плата Arduino Mega2560. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560>. (дата звернення 15.04.2019).

зв'язок по інтерфейсу SPI. Лінії SPI також виведені на роз'єм ICSP, сумісний з Arduino Uno, Duemilanove і Diecimila.

- світлодіод: 13. Вбудований світлодіод, приєднаний до виходу 13. При відправці значення HIGH світлодіод включається, при відправці LOW – вимикається.
- TWI: виводи 20 (SDA) і 21 (SCL). З використанням бібліотеки Wire дані виводи дозволяють здійснювати зв'язок по інтерфейсу TWI. Зверніть увагу, що розташування цих виводів відрізняється від Arduino Duemilanove і Diecimila.

В Arduino Mega 2560 є 16 аналогових входів, кожен з яких може уявити аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значення). За замовчуванням, вимір напруги здійснюється щодо діапазону від 0 до 5 В. Проте, верхню межу цього діапазону можна змінити, використовуючи вивід AREF і функцію `analogReference()`.

Крім перерахованих на платі існує ще кілька виводів:

- AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Може бути задіяний функцією `analogReference()`;
- Reset. Формування низького рівня (LOW) на цьому виходу призведе до перезавантаження мікроконтролера. Зазвичай цей вивід служить для функціонування кнопки скидання на платах розширення.

2.2.2 Фізичні характеристики та сумісність з платами розширення

Максимальна довжина і ширина друкованої плати Mega2560 становить 10.2 см і 5.4 см відповідно, з урахуванням роз'єму USB і роз'єму живлення, які виступають за межі плати. Три кріпильних отвори дозволяють прикріплювати плату до поверхні або корпусу. Зверніть увагу, що відстань між цифровими виходами 7 і 8 не кратне традиційним 2.54 мм і становить 4 мм.

Arduino Mega2560 спроектований таким чином, щоб бути сумісним з більшістю плат розширення для Ардуіно Uno, Diecimila і Duemilanove. Для

цього цифрові виводи 0-13 (а також суміжні з ними виводи AREF і GND), аналогові входи 0-5, роз'єм живлення і ICSP-роз'єм на всіх платах розташовані однаково. Крім того, в перерахованих пристроях лінії основного приймача UART з'єднані з одними і тими ж виходами (0 і 1), як і лінії зовнішніх переривань 0 і 1 (виводи 2 і 3 відповідно). Лінії інтерфейсу SPI виведені на роз'єм ICSP на обох платах – як на Mega2560, так і на Duemilanove/Diecimila. Слід мати на увазі, що на Arduino Mega розташування виводів інтерфейсу I2C відрізняється від плат Duemilanove/Diecimila: на Arduino Mega це виводи 20 і 21, а на Duemilanove/Diecimila – аналогові входи 4 і 5[8]¹⁾.

2.3 Характеристика додаткових елементів схеми

Для даного проекту крім Arduino Mega2560 використовуються такі додаткові елементи, як датчик температури DS18B20, годинник реального часу (модуль RTC DS3231), реле SSR-25 DA, реле SRD-5VDC-SL-C, кольоровий графічний екран – 3.5" 320x480 TFT LCD, чотири тактові кнопки, звуковий п'єзоелемент BMT-1203UX, bluetooth модуль HM-10.

2.3.1 Характеристика герметичного датчика температури DS18B20

Цифровий датчик температури призначений для вимірювання температур від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Показання передаються на керуючу плату за протоколом 1-Wire – для підключення знадобиться всього один вільний пін[9]²⁾. Характеристики модуля наведено у таблиці 2.1.

¹⁾ [8] Плата Arduino Mega2560. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560>. (дата звернення 15.04.2019).

²⁾ [9] Герметичный датчик температуры DS18B20. URL: <https://amperka.ru/product/sealed-temperature-sensor-ds18b20#docs>. (дата звернення 15.04.2019).

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчик DS18B20

Назва характеристики:	Одиниці вимірювання
Діапазон вимірюваних температур	-55 ... + 125 °С
Точність	± 0,5 °С (в межах -10 ... + 85 °С)
Час отримання даних	750 мс при 12-бітному дозволі; 94 мс при 9-бітному дозволі
Напруга живлення	3-5,5 В
Струм при бездіяльності	750 нА
Струм при опитуванні	1 мА

2.3.2 Характеристика годинника реального часу

RTC DS3231 – це автономна дешева плата, в якій є вбудований кварц з термо-стабілізацією з винятковою точністю ходу годинами в режимі реального часу.

До складу модуля також входить літій-іонний акумулятор, що володіє найкращим співвідношенням маси і накопиченої енергії. Вбудований генератор дозволив скоротити кількість деталей в схемі і підвищити коректність роботи приладу.

Більшість мікросхем, таких як DS1307 використовують зовнішній кварцовий генератор частотою 32кГц, але в них є істотний недолік, при зміні температури змінюється частота кварцу, що призводить до похибки в підрахунку часу. Ця проблема усунена в чіпі DS3231, всередину якого встановили кварцовий генератор і датчик температури[10]¹⁾.

Характеристики модуля наведено у таблиці 2.2.

¹⁾ [10] DS3231 arduino подключение – часы реального времени RTC DS3231. URL: <http://usilitelstabo.ru/ds3231-arduino-podklyuchenie.html>. (дата звернення 16.04.2019).

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики модуля RTC DS3231

Назва характеристики	Одиниці вимірювання
Точність	±0.432 сек в день
Вихід стабільної частоти	1-32768 Гц
Напруга батареї	2,7-5,3 В
Струм споживання	2,3-5,3 В
Струм споживання від батареї	250 мкА
Поріг перемикання на батарею	3 мкА
Частота кварцу	32.768 кГц
Чіп пам'яті	AT24C32 (32 Кб)
Підтримуваний протокол	I2C
Габарити	38мм x 22мм x 15мм

Модуль має 6 виводів:

- GND – вивід землі;
- VCC – живлення 2,7-5,3В;
- SDA – вхід/вихід даних інтерфейсу I2C;
- SCL – синхронізація інтерфейсу I2C;
- SQW – переривання від будильників(вихід імпульсів) 1-8192Гц;
- 32K – вихід імпульсів 32768Гц.

2.3.3 Характеристика реле SSR-25 DA

SSR-25DA – це однофазное твердотельное реле з низьким рівнем випромінювання електромагнітних завад, що забезпечується застосуванням методу комутації при переході струму через нуль. Реле має високу переванта-

жувальну здатність по струму і по напрузі з демпфирующей схемою[11]¹⁾.
Характеристики модуля наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики реле SSR-25 DA

Назва характеристики	Одиниці вимірювання
Напруга управління	3-32VDC (постійний струм)
Напруга, що комутується	24-380VAC (змінний струм)
Максимальний струм	25A (9.5 кВт)
Робоча напруга	250 В
Падіння напруги	1В
Операційний час	10 мс
Струм в режимі очікування	2 мА
Опір ізоляції	більше 50 МОм при 500 В.
Розмір	60x45x23 мм.
Електрична міцність ізоляції вхід/вихід	2.5 кВ.
Потужність управління	7.5 мА x 12 В.

2.3.4 Характеристика реле SRD-5VDC-SL-C

Реле – це шлюз, який дозволяє з'єднати разом електричні ланцюги з абсолютно різними параметрами. Звичайний шлюз на річці з'єднує водні канали, розташовані на різній висоті, відкриваючи або закриваючи ворота.

Реле в Ардуіно включає або вимикає зовнішні пристрої, певним чином замикаючи або розмикаючи окрему електричну мережу, в яку вони підключені. За допомогою Ардуіно і реле ми управляємо процесом включення або

¹⁾ [11] Твердотельное реле FOTEK SSR-25DA. URL: <https://hi-ip.com/industrial-automation/solid-state-relays/ssr-25da.html>. (дата звернення 16.04.2019).

виключення так само, як включаємо або вимикаємо світло будинку – подаючи команду на замикання або розмикання. Ардуіно подає сигнал, саме ж замикання або розмикання "потужної" ланцюга буде робити реле через спеціальні внутрішні механізми. Реле можна уявити собі у вигляді дистанційного пульта, за допомогою якого ми виконуємо потрібні дії за допомогою щодо "слабких" сигналів.

SRD-5VDC-SL-C – популярна модель електромеханічного реле від компанії Songle. Герметичний корпус[12]¹⁾. Характеристики модуля наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики реле SRD-5VDC-SL-C

Назва характеристики	Одиниці вимірювання
1	2
Номінальна робоча напруга котушки	5В (хв. 3.75В, макс. 6.5В)
Номінальний робочий струм котушки	71 мА
Опір котушки	70 Ом
Споживана потужність	0,36 Вт
Максимальний комутований струм	10А
Максимальна напруга, що комутується	(постійне) 28 В
Максимальна напруга, що комутується	(переменнн.) 250 В
Робоча температура	-25°C ... +70 °C
Тип	SRD-5VDC-SL-C
Струм живлення обмотки	постійний
Класифікація реле по початкового стану	моностабільний

¹⁾ [12] Реле SRD-5VDC-SL-C управление 5В нагрузка 250В 10А. URL: <https://prom.ua/p442502984-rele-srd-5vdc.html>. (дата звернення 1.05.2019).

Продовження таблиці 2.4

1	2
Поляризація	нейтральне
Кількість обмоток	1
Мін. напруга відпускання	0.5В
Контактний набір	1 замикання/розмикання
Операційний час	10мс
Час відпускання	5мс
Маса	5г

2.3.5 Характеристика кольорового графічного екрану

3,5" кольоровий TFT-Шилд для Arduino Mega 2560 з роздільною здатністю 480x320 пікселів, 262к кольорів. Побудований на контролері ILI9486, підтримує 16-бітний інтерфейс. Підходить бібліотека UTFT. На платі дисплея є роз'єм підключення SD-Card для зберігання даних." Підключається "на контролер без додаткових перехідників і Шилд. Дисплей працює так само з Arduino DUE! Рядок ініціалізації (myGLCD (СТЕ40,38,39,40,41) як і для Arduino Mega2560.

Для роботи з цим дисплеєм підходить бібліотека для контролера NH8357[13]¹⁾. Характеристики модуля наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики TFT LCD 3.5" 320x480

Назва характеристики	Одиниці вимірювання
1	2
Тип дисплея	3.5 "TFT LCD Модуль
Тип контролера	ILI9486
Дозвіл	RGB 480x320 пк
Підсвічування	6 ультра яскравих білих світлодіода

¹⁾ [13] 3.5" 320x480 TFT LCD цветной дисплей для Arduino Mega 2560. URL: <https://arduino.ua/prod1129-cvetnoi-ips-displei-320-h-480-dlya-arduino-mega-due>. (дата звернення 1.05.2019).

Продовження таблиці 2.5

1	2
Інтерфейс	паралельний 16-bit
Розміри	89,9 x 54.25 мм

2.3.6 Характеристика тактової кнопки

Тактова кнопка – простий, всім відомий механізм, який замикає ланцюг поки є тиск на штовхач. Кнопки з чотирьма контактами варто розглядати, як дві пари рейок, які з'єднуються при натисканні[14]¹⁾. Характеристики модуля наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики тактових кнопок

Назва характеристики	Одиниці вимірювання
Алгоритм перемикача	OFF/ON
Тип монтажу	ТНТ
Довжина (L),	6 мм
Ширина (W),	6 мм
Висота підстави (Носнов),	3.5 мм
Діаметр штока (Dшток),	3.5 мм
Тип контактної групи	SPST

2.3.7 Характеристика звукового п'єзоелементу ВМТ-1203UX

П'єзоелемент – використовується для генерації різних звуків на різних частотах, а також в якості звукової нагадувалки, сигналізації та іншого. Звук цей елемент видає завдяки механічних коливань під дією електричного поля,

¹⁾ [14] SWT-2. URL: <https://imrad.com.ua/ru/swt-2>. (дата звернення 1.05.2019).

причому ці звукові хвилі тільки на тих частотах, які будуть почуті людиною (ніякого ультразвуку та іншого)[15]¹⁾. Характеристики модуля наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики звукового п'єзоелементу BMT 1203UX

Назва характеристики	Одиниці вимірювання
Тип випромінювача звуку	електромагнітний сигналізатор
Характеристики перетворювачів звуку	з вбудованим генератором
Монтаж	ТНТ
Робочий струм	30мА
Робоча температура	-20°C ... 70 °C
Діаметр	12мм
Висота	7.5мм
Робоча напруга	2 ... 5В DC
Рівень звуку	82дБ
Похибка резонансної частоти	± 400Гц
Крок виводів	7.6мм

2.3.8 Характеристика модуля Bluetooth HM-10

Новий Bluetooth 4.0 модуль побудований на новітній розробці компанії Texas Instruments мікросхемі CC2541F128RHAT – новому трансивері, призначеним для створення периферійних пристроїв Bluetooth Smart, здатним роками працювати від одного дискового елемента типу CR2032. Струм спожи-

¹⁾ [15] BESTAR BMT1203UX – Излучатель звука: электромагнитный сигнализатор.
URL: <https://www.tme.eu/ru/details/bmt-1203ux/signalizatory-elektromag-s-generatorom/bestar/bmt1203ux/>. (дата звернення 1.05.2019).

вання мікросхеми в режимі прийому і передачі не перевищує 20 мА, що знаходиться в допустимих межах, встановлених виробниками батарей.

Мікросхема CC2541 аналогічна CC2540 і сумісна з нею по корпусу і більшістю характеристик. З відмінностей слід відзначити відсутність інтерфейсу USB, який в більшості випадків не потрібний в периферійному батарейному пристрої. Замість USB реалізований апаратний інтерфейс I2C, за допомогою якого можна підключати безліч типів датчиків. Вихідна потужність передавача знижена до 0 дБм, щоб струм споживання укладався в вимоги специфікації дискових елементів.

Характеристики модуля наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики bluetooth модуль НМ-10

Назва характеристики	Одиниці вимірювання
Використовувана мікросхема	CC2541
Частота	2,4 ГГц
Стандарт	Bluetooth Smart
Протокол	Bluetooth 4.0
Профілі	GAP, GATT, L2CAP, SMP
Інтерфейси	UART, GPIO, ADC, PWM, SPI, I2C
Швидкість передачі	1 Мбіт/с
Потужність передавача	0 дБм
Чутливість приймача	-94 дБм
Flash-пам'ять	128 кБ
Напруга живлення	3,6-5 В
Температурний діапазон	-40°C ... +85°C

Виведені на роз'єм сигнали:

- STATE – стан підключення LOW, коли не підключено. HIGH при підключенні;
- RXD – Serial UART отримувач;
- TXD – Serial UART передавач;
- GND – вивід землі;
- VCC – живлення;
- BRK Break pin. Коли відбувається активне з'єднання, підведення BRK pin LOW перериває з'єднання[16]¹⁾.

2.4 Інструментальні засоби розробки Fritzing

Fritzing – це програма з відкритим кодом, розроблена для того, щоб полегшити процес прототипування проектів на базі популярних платформ: Arduino, Raspberry Pi і багатьох інших.

Програмний пакет Fritzing може стати в нагоді в таких стадіях розробки, як начерк прототипу схеми на макетній платі, а також автоматичне генерування принципової схеми(див. рис. 3) і друкованої плати(див. рис. 4).

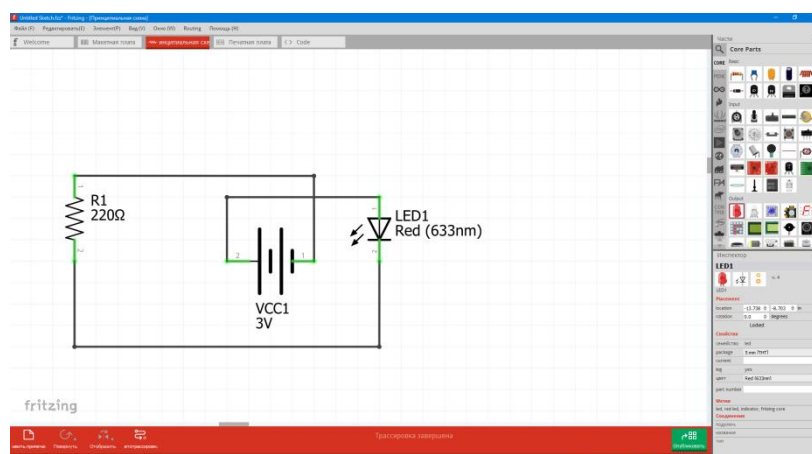


Рисунок 3 – Приклад принципової схеми

¹⁾ [16] Модуль Bluetooth 4.0 HM-10. URL: <https://arduino.ua/prod1291-modul-bluetooth-4-0>. (дата звернення 1.05.2019).

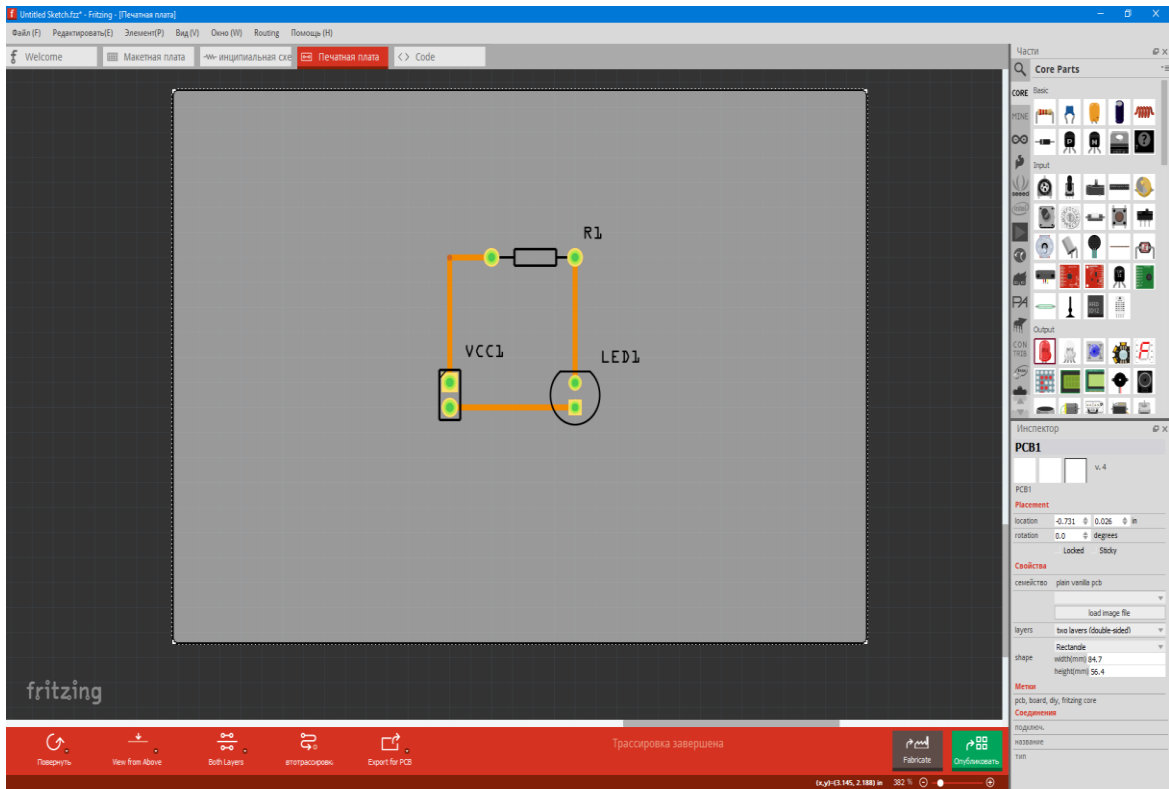


Рисунок 4 – Приклад печатної плати

Fritzing створювалася для Arduino, апаратно-програмної платформи, що складається зі звичайної плати з мікро контролером Atmel AVR, радіодеталей для програмування, інтерфейсів зв'язку, середовища розробки Processing/Wiring. Arduino застосовується в створенні автономних інтерактивних апаратів. Малюнок друкованої плати відкритий для всіх, і тому платформа поширена серед самостійних розробників.

Робота з новим проектом в пакеті Fritzing починається з вибору готових компонентів, повний перелік яких розташований у верхньому кутку робочого вікна з правого боку. Тут можна знайти різні макетні і монтажні плати (в тому числі Arduino), цілий набір аналогових і цифрових мікросхем, будь-які радіодеталі: конденсатори, транзистори, резистори, світлодіоди, батарейки, кнопки. Додатково присутня велика колекція пристроїв для робототехніки: мотори, далекоміри, динаміки, пищалки, сервоприводи, крокові двигуни, LCD і цифрові індикатори, а також багато іншого. Також можна створювати

власні елементи і оновлювати існуючу базу. Схема доступна для малювання, як у вікні «Макетна плата», так і в вікні «Принципова схема» простим перетягуванням потрібних компонентів на робоче поле. У наявності є функція автотрасування. При виборі вікна «Друкована плата» можна приступити до розведення провідників і розміщення елементів. Результат роботи експортується в pdf-файл для роздруківки на лазерному принтері з подальшим виготовленням плати методом нанесення малюнка на фольгований текстоліт гарячою праскою.

На жаль, самотійно розводити друковані плати Fritzing не може, так само як і симулювати роботу схеми. Малювання надто спрощено, а елементна база вкрай мала. Красиві, яскраво-барвисті, детальні схеми більше підходять для фотозвітів і швидких начерк, що пояснюють принципи роботи того чи іншого пристрою.

Програмний пакет Fritzing був розроблений в 2009 році в Потсдамському університеті прикладних наук за рахунок субсидій, які виділяються державою на дослідження наукової програми під назвою «From prototype to product» (від прототипу до продукту). В даний час творці САПР пропонують талановитим програмістам співпрацювати з ними з питань подальшого розвитку програми.

Середовище розробки Fritzing переведена на англійська, датська, іспанська, французька, італійська, португальська, японська, китайська, і, найголовніше, російська мови.

Існують версії програми для операційних систем: Windows, Mac OS (версія 10.4 і вище) і Linux (версія 2.6 і вище).

Загалом інструмент безумовно корисний, а головне простий у використанні. Нам необхідно просто підключити всі необхідні елементи, і навіть якщо ми допустимо помилку жоден з віртуальних компонентів не згорить і не прийде в непридатність[17]¹⁾.

¹⁾ [17] Fritzing. URL: <http://cxem.net/software/fritzing.php>. (дата звернення 1.05.2019).

2.5 Взаємодія компонентів схеми БК

Центром схеми БК – є плата Arduino Mega2560. Програмне забезпечення якої буде запитувати поточну температуру і поточний час у датчика температури і годинника реального часу. На основі цих даних ПЗ плати буде змінювати стан реле, які керують роботою помпи і ТЕНу, а також змінюватиме стан звукового п'єзоелементу.

Поточний стан виконання ПЗ буде відображатися на дисплеї БК. У схемі присутній модуль зв'язку, який приймає з віддаленого пристрою різноманітні запити і передає ці запити у плату(див. рис. 5).

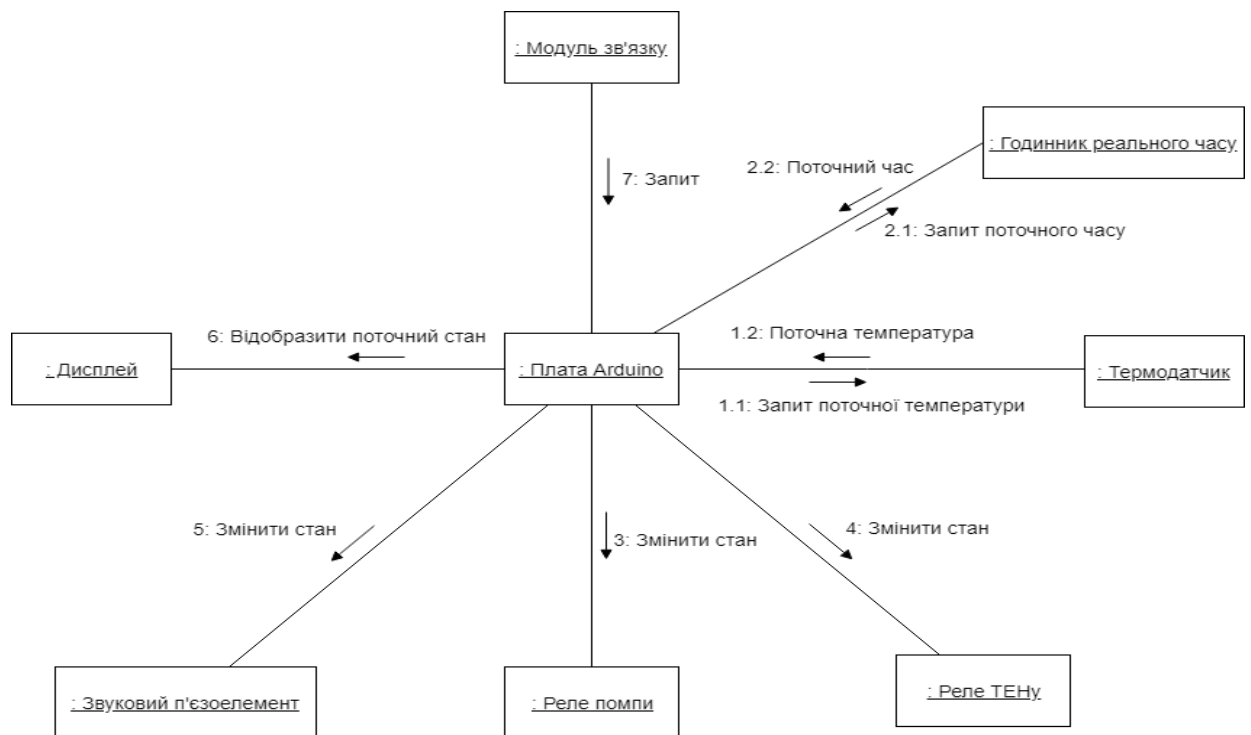


Рисунок 5 – Діаграма комунікації компонентів схеми БК

3 РОЗРОБКА СХЕМИ

3.1 Проектування схеми

Для збірки макетної схеми будемо використовувати програмне забезпечення Fritzing. В першу чергу знайдемо всі необхідні елементи для проектування схеми. Для їх знаходження елементів макетної схеми скористаємося глобальною мережею і вбудованою у ПЗ стандартною бібліотекою елементів.

Щоб спроектувати макетну схему нам знадобиться наступні елементи:

- Arduino Mega 2560 (Rev3);
- Bluetooth HM-10;
- ZS-042 RTC1;
- Piezo Speaker;
- DS18B20 1-Wire Temperature Sensor Probe Cable;
- SONGLE relay;
- SSR-25 DA;
- Pushbutton;
- NPN – Transistor;
- Diode;
- 220Ω Resistor;
- Yellow LED;
- Wires.

Перейдемо до збірки схеми.

3.2 Збірка елементів управління для взаємодії з GUI

Для взаємодії користувача з графічним інтерфейсом ПЗ блока керування домашньої пивоварні, створимо просту клавіатуру.

3.2.1 Збірка клавіатури

Клавіатура складається з чотирьох тактових кнопок. До кожної кнопки під'єднаємо землю(вивід GND), а також живлення(вивід VCC). У платі Arduino Mege2560 вже вбудовані підтягаючі резистори, але для більшої надійності додамо додаткові. На цьому етапі схема набуде вигляду, як показано на рисунку 6.

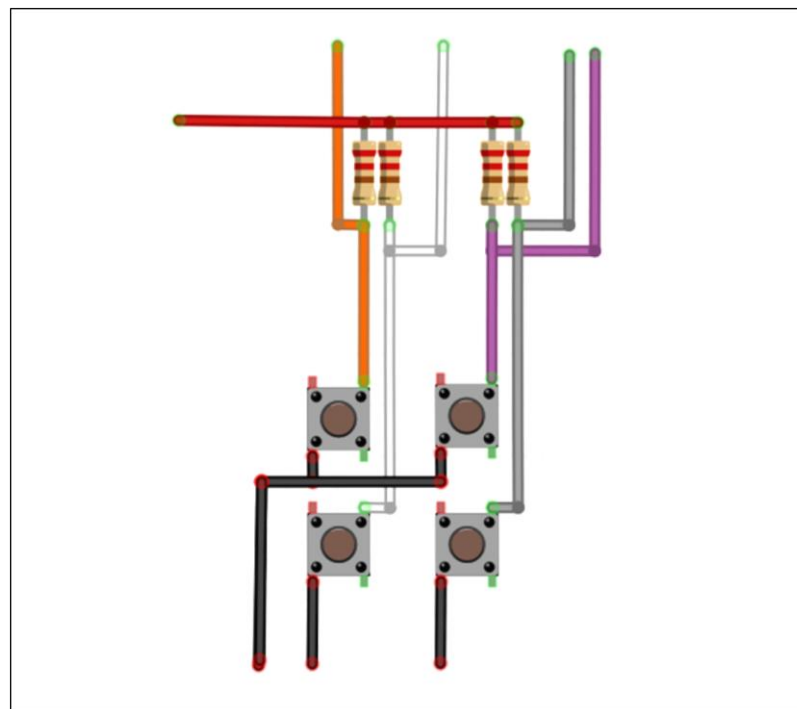


Рисунок 6 – Макетна схема клавіатури

3.2.2 Підключення клавіатури

Зібравши клавіатуру маємо шість виводів. Чорний провід підключимо до входу GND плати Ардуїно, червоний – до входу VCC. З останніх чотирьох виводів будуть зчитуватися сигнали нуль та одиниця, які будуть сигналізувати про натиснення або ненатиснення кнопки. Підключимо до цифрових пінів плати, а саме до четвертого, п'ятого, шостого і сьомого.

На цьому етапі схема набуде вигляду, як показано на рисунку 7.

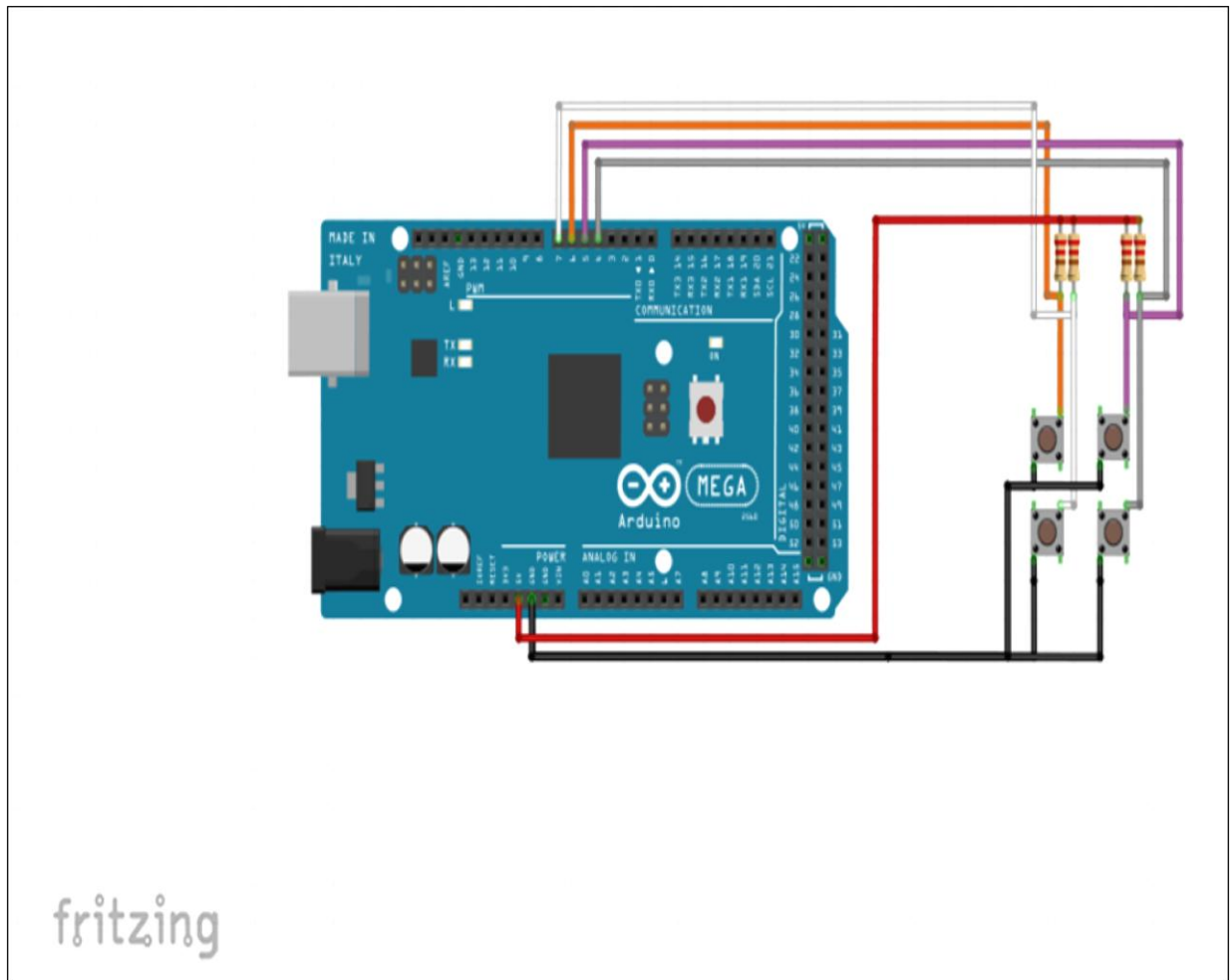


Рисунок 7 – Під'єднена клавіатура

3.3 Підключення модуля зв'язку

У схемі модулем зв'язку виступає модуль блютуз-зв'язку Bluetooth HM-10. Вихід GND блютуз-модуля підключемо до GND входу плати. Так само вчинимо з виходами VCC плати і модуля. Для передачі даних між платою та модулем будемо використовувати COM-порт за номером 1. Тому вихід RX модуля підключемо до TX1 плати (пін 18), а вихід TX модуля – до RX1 плати (пін 19).

На цьому етапі схема набуде вигляду, як показано на рисунку 8.

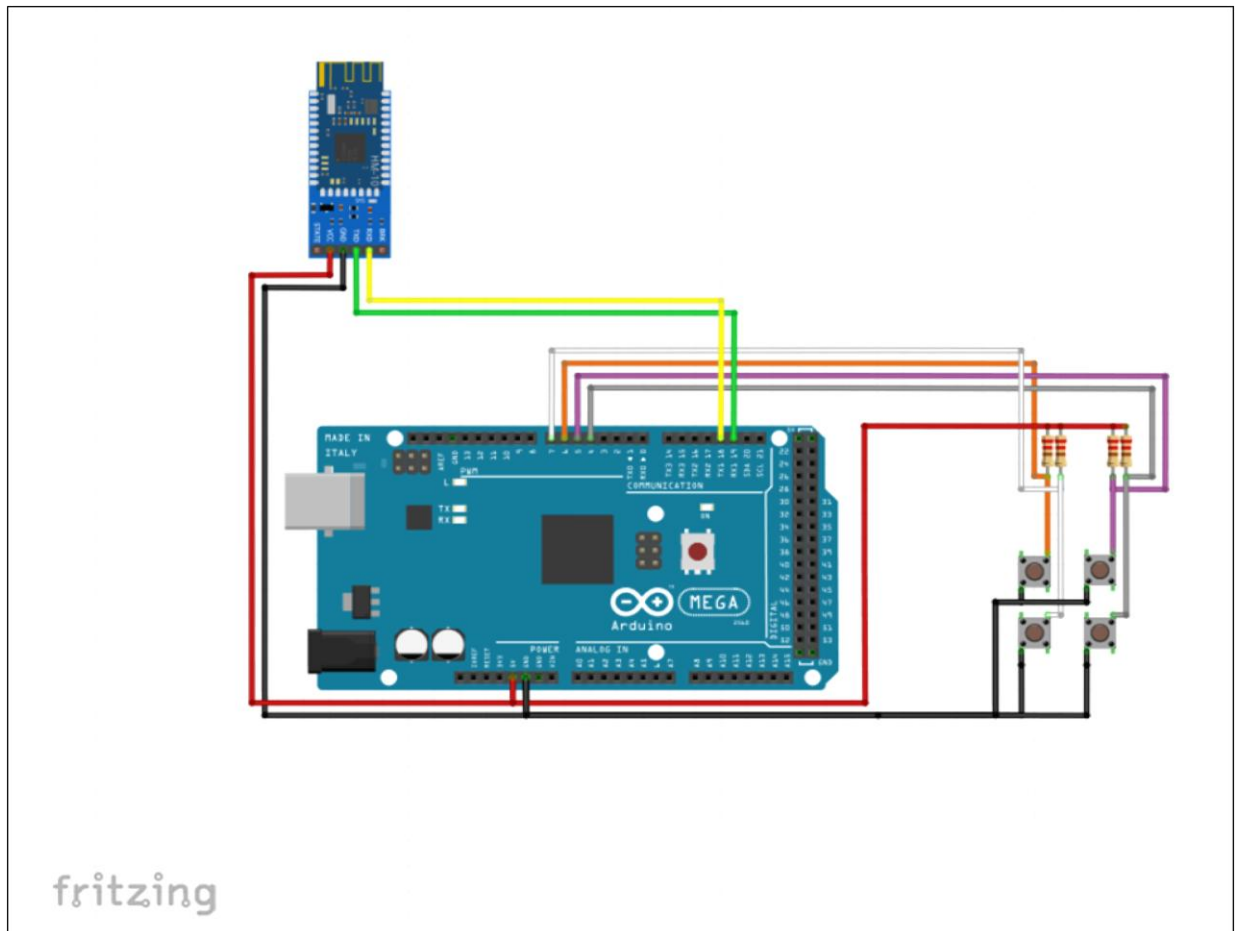


Рисунок 8 – Під'єднаний модуль зв'язку

3.4 Підключення модуля RTC

Для витримки температурних пауз рецептури використовується таймер. Його роль на себе прийме модуль годинника реального часу RTC DS3231, на схемі це елемент ZS-042 RTC1.

Вхід VCC модуля годинника реального часу підключемо до виходу VCC плати червоним дротом. А вхід GND – до виходу плати черним дротом. Вихід SDA підключемо до однойменного входу плати (пін 20), щоб здійснювати передачу даних про поточну дату та час за інтерфейсом I2C. Для синхронізації даних за інтерфейсом I2C, з'єднаємо дротом входи/виходи SCL плати (пін 21) і модуля.

На цьому етапі схема набуде вигляду, як показано на рисунку 9.

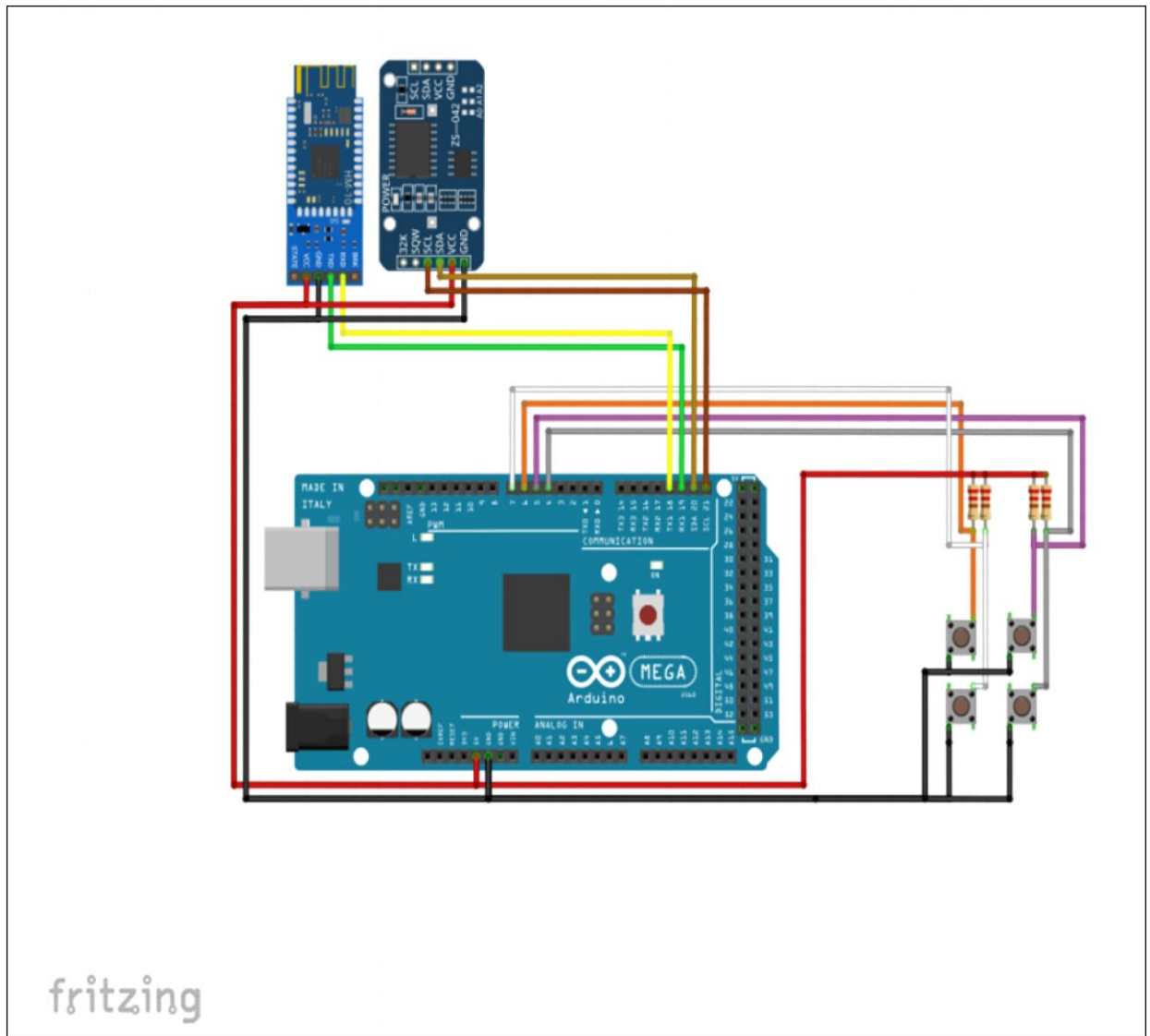


Рисунок 9 – Під'єднаний модуль RTC

3.5 Підключення звукового модуля сповіщення

Для сповіщення користувача про настання деяких подій, використовуємо звичайний звуковий п'єзоелемент. Вихід GND і VCC плати з'єднаємо з однойменними входами п'єзоелемента.

На цьому етапі схема набуде вигляду, як показано на рисунку 10.

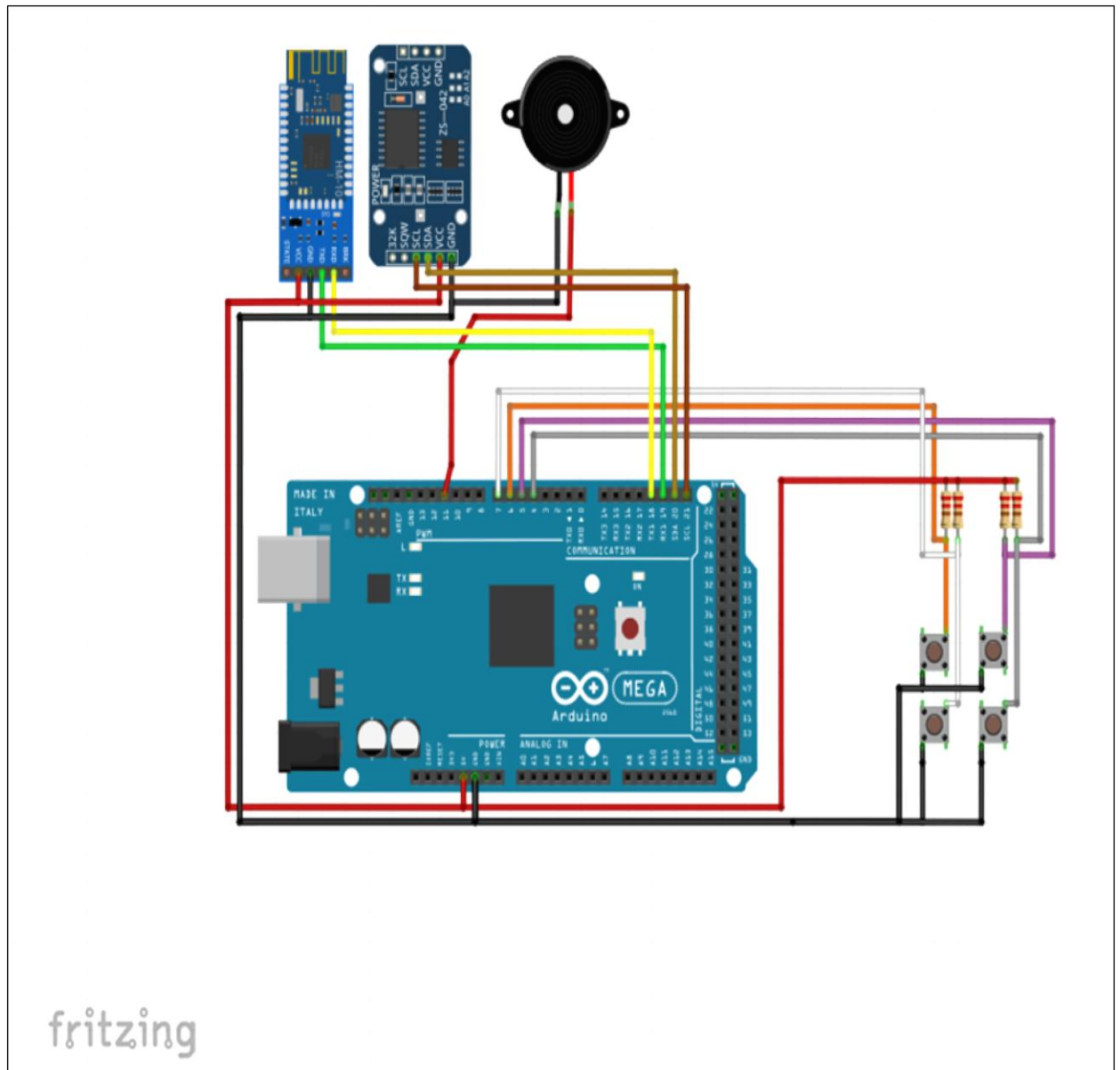


Рисунок 10 – Під'єднаний модуль звукового сповіщення

3.6 Підключення датчика температури

Для підключення датчика температури, з'єднаємо входи VCC і GND датчика з однойменними виходами плати. Дані з датчика температури направимо на восьмий пін плати.

На цьому етапі схема набуде вигляду, як показано на рисунку 11.

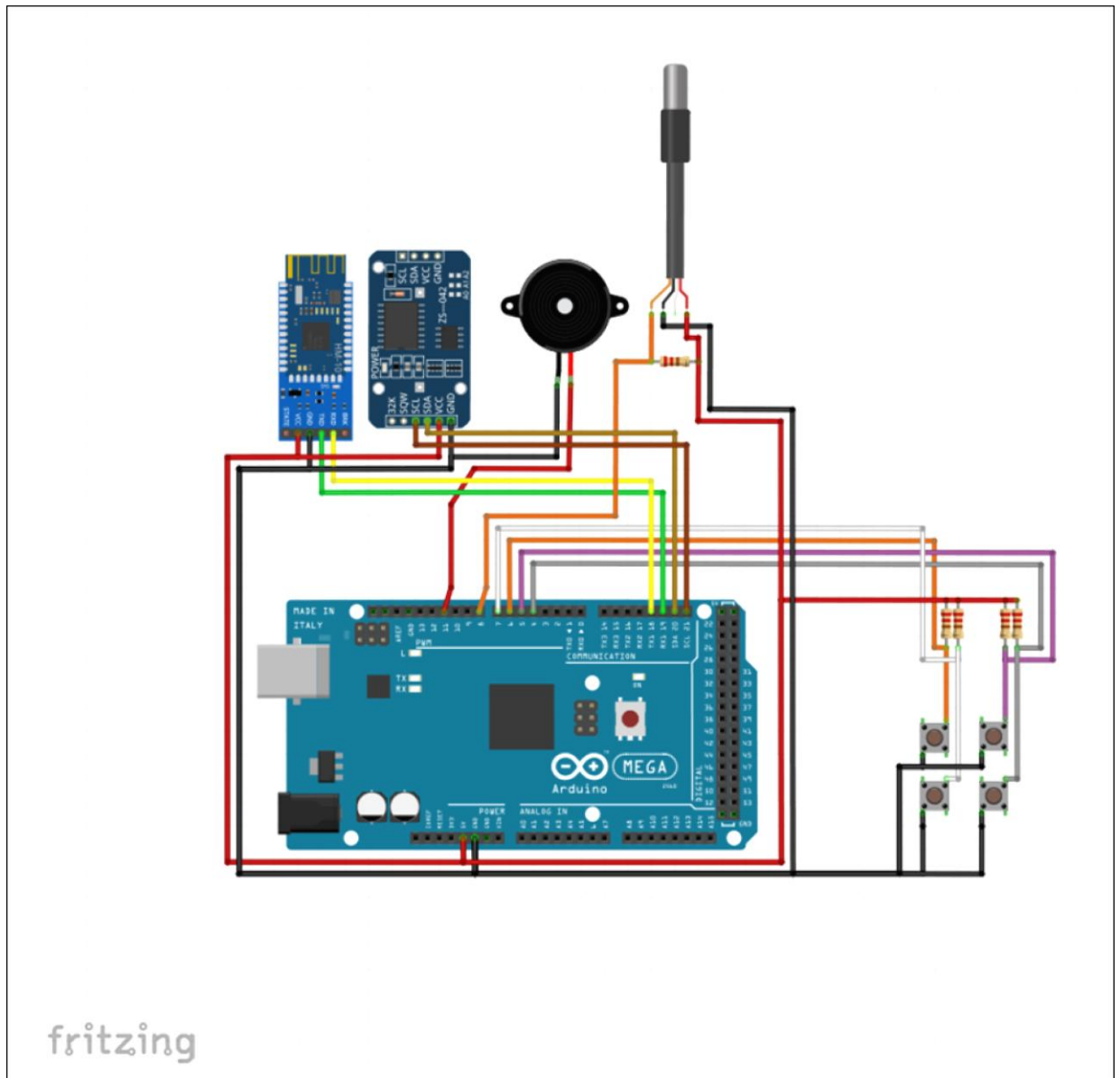


Рисунок 11 – Під'єднаний датчик температури

3.7 Підключення управляючого елемента насосу

Для керування живленням на насосі використовуємо механічне реле SRD-5VDC-SL-C. Управляючий сигнал виведемо на десятий пін плати Ардуїно. При поданні на цей пін одиниці насос вімкнеться, а при поданні нуля – насос вимкнеться. Для того щоб спостерігати чи працює насос до схеми додамо світлодіод, який підключемо паралельно реле насосу.

На цьому етапі схема набуде вигляду, як показано на рисунку 12.

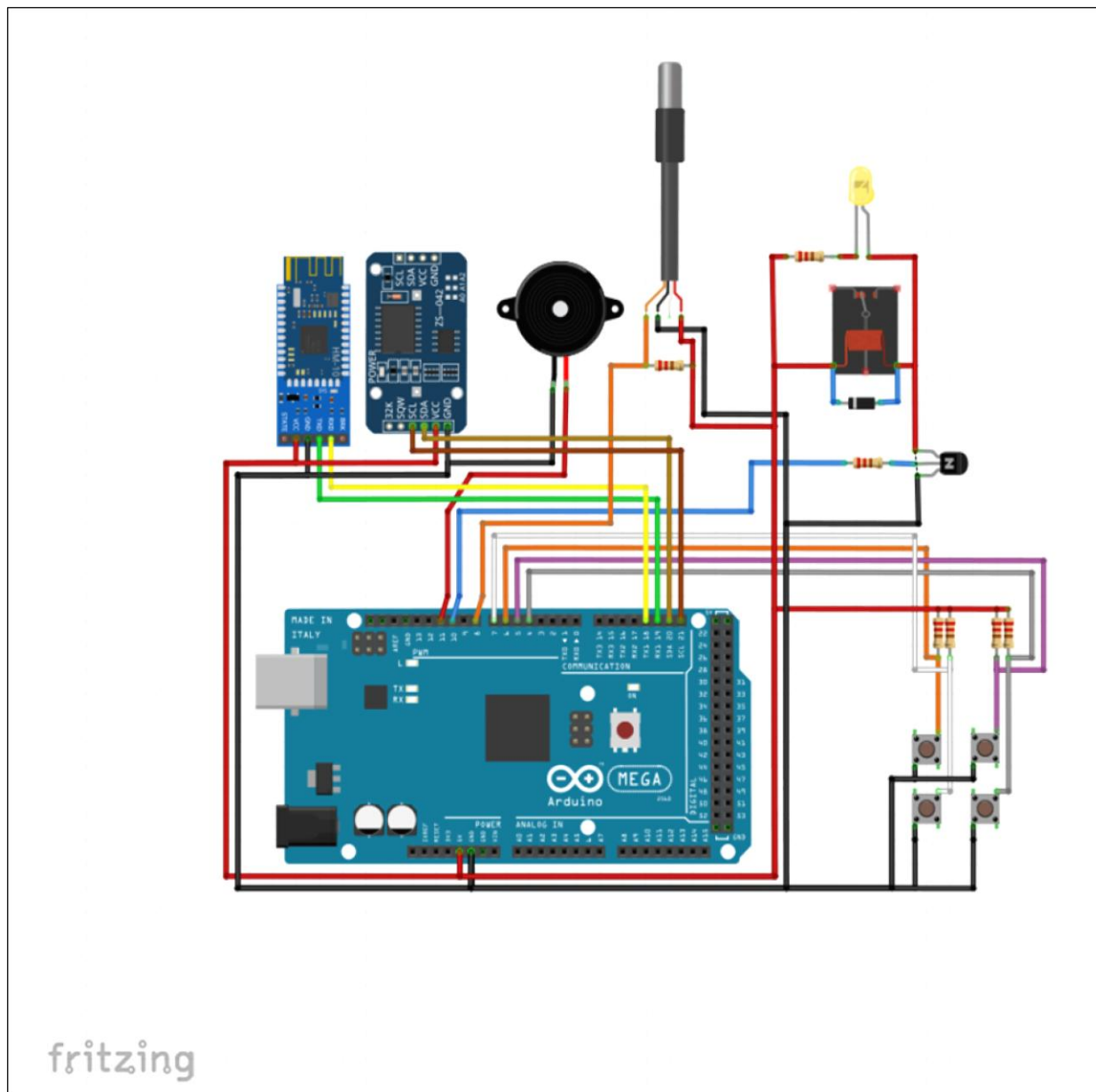


Рисунок 12 – Під'єднаний управляючий елемент насосу

3.8 Підключення управляючого елемента ТЕНа

Керувати роботою ТЕНа будемо за допомогою твердотільного реле SSR-25 DA. Керуючий сигнал підключемо до дев'ятого піну плати Ардуіно.

ТЕН ввімкнеться якщо на дев'ятий пін подати одиницю, а якщо на цей пін подати нуль – ТЕН вимкнеться.

На цьому етапі схема набуде вигляду, як показано на рисунку 13.

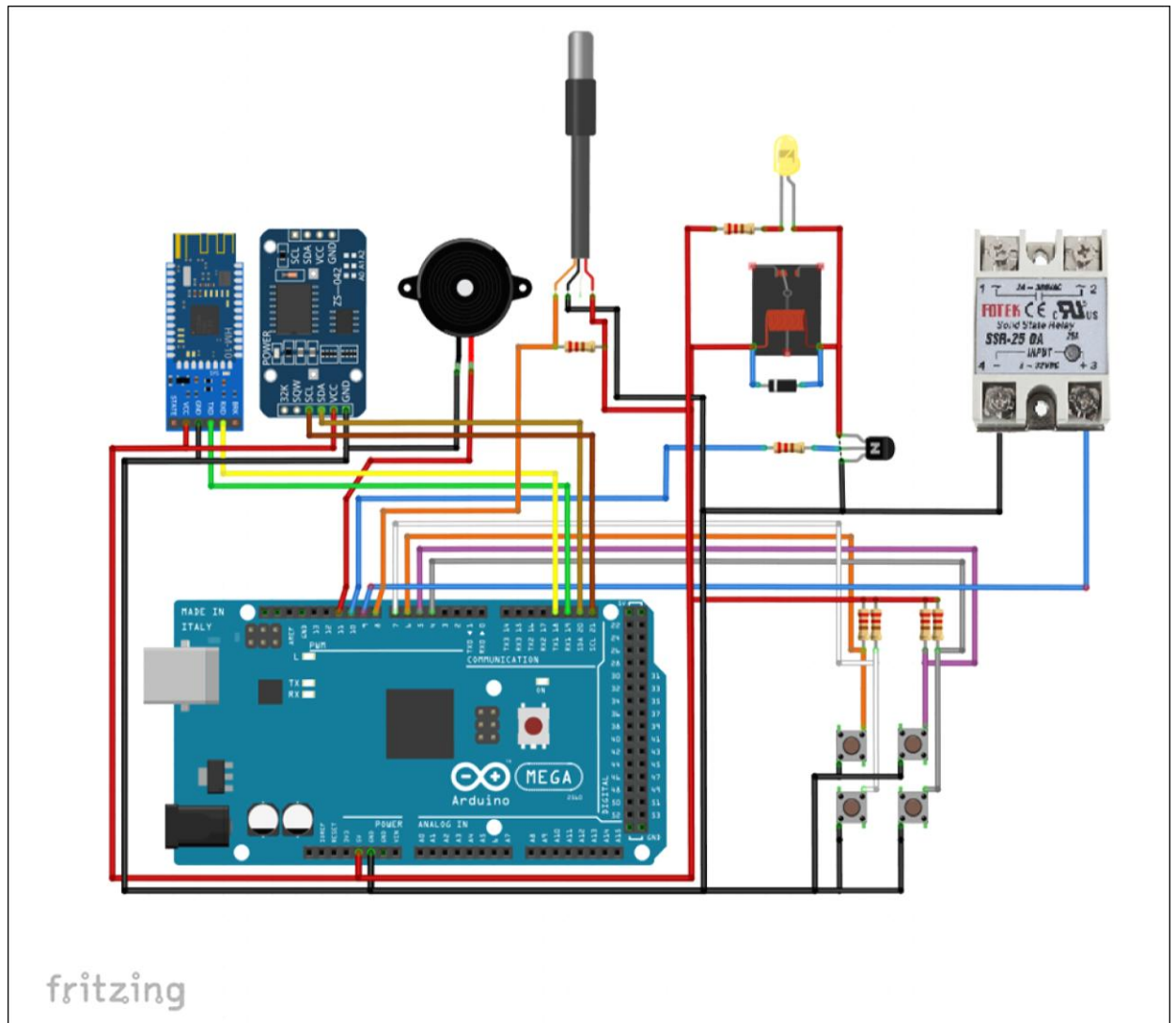


Рисунок 13 – Під'єднаний управляючий елемент ТЕНа

3.9 Принципова схема

Принципова схема, принципова електрична схема – графічне зображення (модель), що служить для передачі за допомогою умовних графічних і

буквено-цифрових позначень (піктограм) зв'язків між елементами електричного пристрою.

Принципова схема, на відміну від розводки друкованої плати не показує взаємного (фізичного) розташування елементів, а лише вказує на те, які виведення реальних елементів (наприклад, мікросхем) з якими з'єднуються. При цьому допускається об'єднання групи ліній зв'язку в шини, але необхідно чітко вказувати номери ліній, що входять в шину і виходять з неї.

Використання спрямованих ліній зв'язку, на відміну від структурної і функціональної схем, не допускається. Зазвичай, при розробці радіоелектронного пристрою, процес створення принципової схеми є проміжною ланкою між стадіями розробки функціональної схеми і проектуванням друкованої плати[18]¹⁾.

Принципова схеми у програмі Fritzing будується автоматично, паралельно з додаванням на макетну схему елементів і їх з'єднань. Тому для перегляду і зміни принципової схеми достатньо перемкнути вкладку «Макетна плата» на вкладку «Принципова схема», як зображено на рисунку 14.

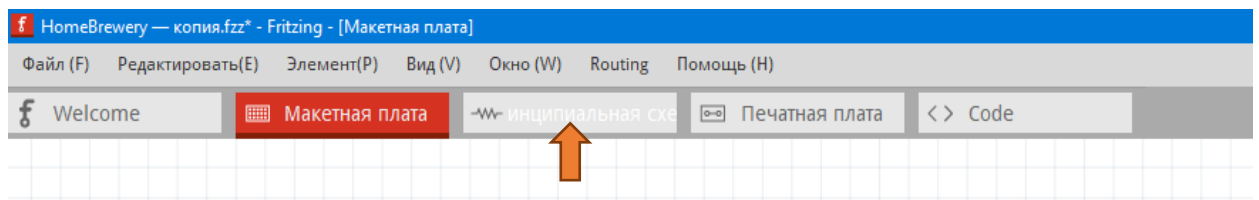


Рисунок 14 – Побудова принципової схеми

Принципова схема блоку керування домашньої пивоварні матиме наступний вигляд (див. рис. 15).

¹⁾ [18] Принципиальная схема. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Принципиальная_схема. (дата звернення 1.05.2019).

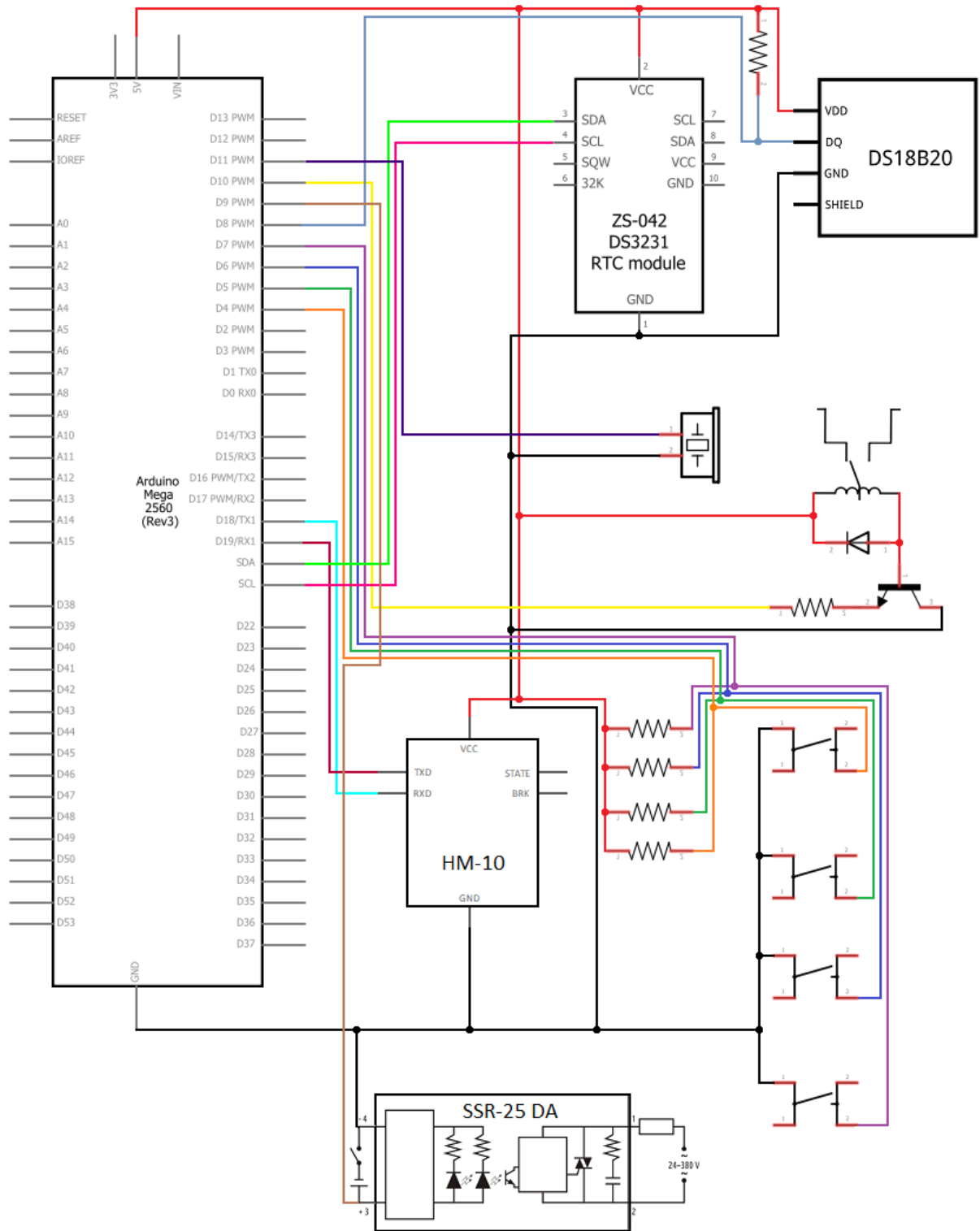


Рисунок 15 – Принципова схема

3.10 Друкарська схема

Друкарська плата – це плата, що містить на своїх поверхнях друкарські провідники електричного струму з контактними майданчиками, службовці для з'єднання навісних елементів згідно з електричною схемою функціонального вузла електро- або радіоапаратури, а також металізовані (перехідні) і неметалізовані (кріпильні) отвори.

Відомо близько 200 методів виконання Д. с. (зокрема, фотохімічний, фотоелектрохімічний, офсетно-електрохімічний), що відрізняються способом здобуття струмопровідного покриття або способом виконання зображення друкарських провідників.

Розміри Д. с., положення центрів отворів і їх діаметрів стандартизовані: довжина від 10 до 360 мм; ширина від 10 до 240 мм; товщина від 0,05 до 3 мм (залежно від необхідної жорсткості); крок координатної сітки при розмітці отворів 2,5 мм (рідше за 1,25 мм), діаметр отворів 0,2-3 мм. Розрізняють Д. с. однобічні, двосторонні і багатошарові (до 15 шарів).

Багатошарові Д. с. виконують методами: виступаючих виводів, металізації стінок крізних отворів, попарного пресування двосторонніх Д. с., пошарового нарощування і ін.

Матеріалом для Д. с. найчастіше служать фольгированніє і нефольгированніє гетинакс і склотекстоліт, армований фторопласт, полістирол, поліетилентерефталат, поліамід, полікарбонат, радіокераміка і ін[19]¹⁾.

Друкарська плата блоку керування домашньої пивоварні матиме наступний вигляд (див. рис. 16).

¹⁾ [19] Друкарська плата, визначення слова | Vseslova. URL: http://vseslova.com.ua/word/Друкарська_плата-80351u

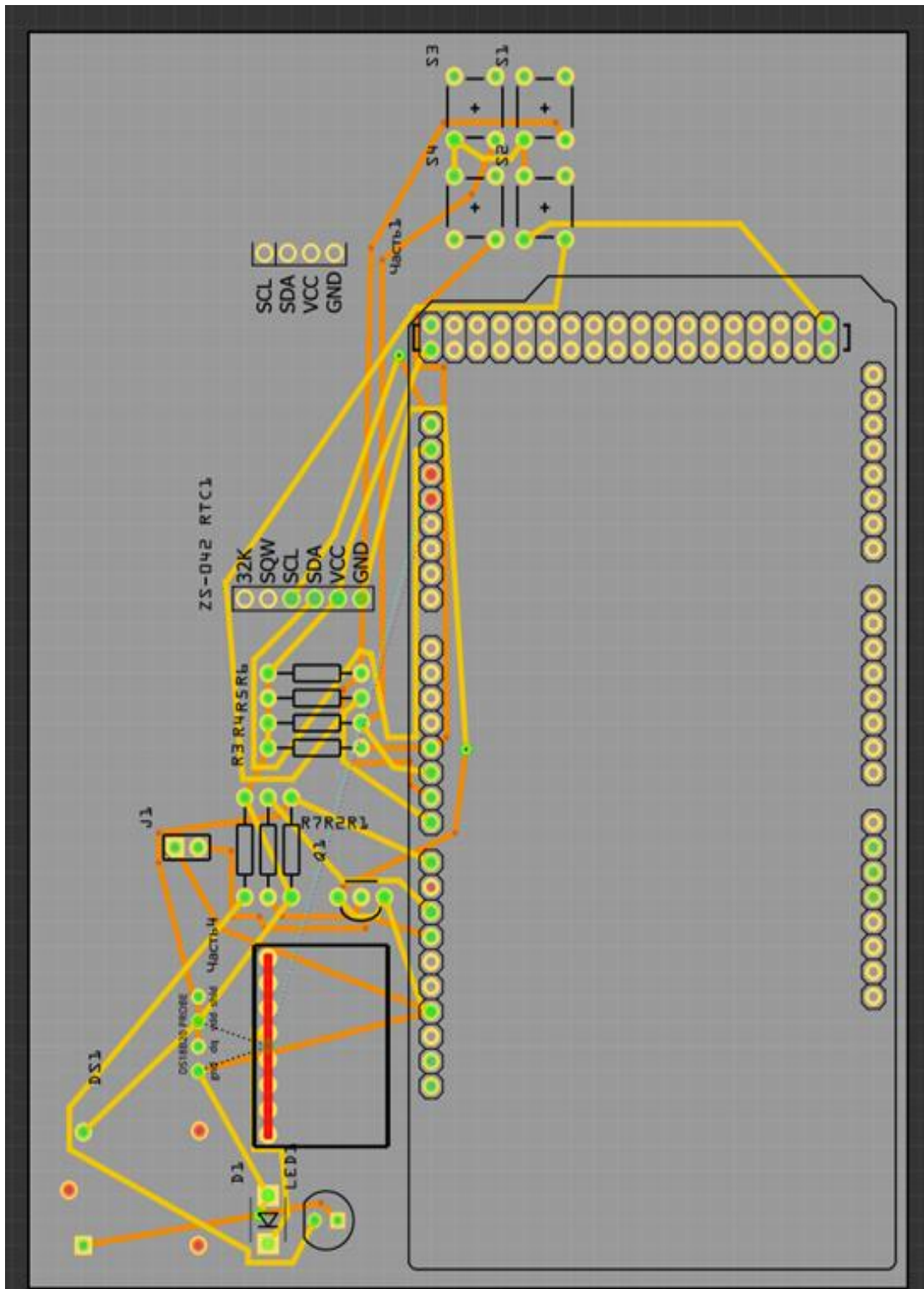


Рисунок 16 – Друкарська схема

ВИСНОВКИ

Отже, Arduino – це зручна платформа для реалізації проектів різної складності. Вона прийнятна як початківцям, які ще не мають навичок у сфері робототехніки, так і досвідченим користувачам.

Платформа Arduino за технічним оснащенням максимально підходить для навчального процесу з проектування різноманітних автоматизованих технічних систем та роботів, завдяки сприйнятливому середовищу програмування, можливості спостереження фізичних процесів у реальному часі.

Для платформи Arduino наявна велика кількість матеріалів для розробки, починаючи від бібліотек, які можна використовувати для спрощення програмування, закінчуючи використанням уже готових проектів, що можуть надихнути на створення нових. Більш потужні плати Arduino можуть бути застосовані для розв'язання більш складних задач, зв'язаних з розробкою великих проектів.

При виконанні проекту дипломної роботи було оглянуто та проаналізовано:

- плати керування;
- інші проекти ДП.

Розроблені:

- макетна плата;
- принципова схема;
- ТЗ на розробку ПЗ для БКДП .

Результатом виконання проекту дипломної роботи стало – макетна плата БКДП, яка має всі необхідні компоненти для забезпечення роботи ПЗ, що розробляється. Всі компоненти схеми пройшли ряд перевірок на працездатність, які не виявили жодних несправностей.

В подальшому схема БКДП буде проходити етапи модернізації спрямовані на зменшення собівартості схеми БК.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Довідник з ІС. URL: http://pidruchniki.com/1222090547713/informatsiyni_sistemi. (дата звернення 12.02.2019).
2. 1506-6164-1-PB. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/23156/1/1506-6164-1-PB.pdf>. (дата звернення 13.02.2019).
3. О платформе Ардуино. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/about/>. (дата звернення 13.02.2019).
4. Техническое описание Ti MSP-EXP430G2 LaunchPad. URL: <https://radioprogram.ru/shop/merch/11>. (дата звернення 15.02.2019).
5. Техническое описание Netduino Plus 2. URL: <https://radioprogram.ru/shop/merch/13>. (дата звернення 13.03.2019).
6. Контроллер для пивоварни. URL: <http://arduinoprom.ru/arduino/202-kontroller-dlja-pivovarni.html>. (дата звернення 13.03.2019).
7. Оборудование для пивоварни – Alco Distillers. URL: <https://alcodistillers.ru/forum/viewtopic.php?id=1252>. (дата звернення 13.03.2019).
8. Платы Arduino Mega2560. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560>. (дата звернення 15.04.2019).
9. Герметичный датчик температуры DS18B20. URL: <https://amperka.ru/product/sealed-temperature-sensor-ds18b20#docs>. (дата звернення 15.04.2019).
10. DS3231 arduino подключение – часы реального времени RTC DS3231. URL: <http://usilitelstabo.ru/ds3231-arduino-podklyuchenie.html>. (дата звернення 16.04.2019).
11. Твердотельное реле FOTEK SSR-25DA. URL: <https://hi-ip.com/industrial-automation/solid-state-relays/ssr-25da.html>. (дата звернення 16.04.2019).

12. Реле SRD-5VDC-SL-C управление 5В нагрузка 250В 10А. URL: <https://prom.ua/p442502984-rele-srd-5vdc.html>. (дата звернення 1.05.2019).
13. 3.5" 320x480 TFT LCD цветной дисплей для Arduino Mega 2560. URL: <https://arduino.ua/prod1129-cvetnoi-ips-displei-320-h-480-dlya-arduino-mega-due>. (дата звернення 1.05.2019).
14. SWT-2. URL: <https://imrad.com.ua/ru/swt-2>. (дата звернення 1.05.2019).
15. BESTAR BMT1203UX – Излучатель звука: электромагнитный сигнализатор. URL: <https://www.tme.eu/ru/details/bmt-1203ux/signalizatory-elektromag-s-generatorom/bestar/bmt1203ux/>. (дата звернення 1.05.2019).
16. Модуль Bluetooth 4.0 HM-10. URL: <https://arduino.ua/prod1291-modyl-bluetooth-4-0>. (дата звернення 1.05.2019).
17. Fritzing. URL: <http://cxem.net/software/fritzing.php>. (дата звернення 1.05.2019).
18. Принципиальная схема. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Принципиальная_схема. (дата звернення 1.05.2019).
19. Друкарська плата, визначення слова | Vseslova. URL: http://vseslova.com.ua/word/Друкарська_плата-80351u