

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра комп'ютерної інженерії

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри,
канд. техн. наук, доцент

_____ Я. М. Крайник

« __ » _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
Апаратно-програмний модуль фіксації показників циклічних процесів
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
123 – КР.1 – 405.21810519

Студента: _____ І.Г.Омельченко
« __ » _____ 2022 р.

Керівник: _____ Г.П.Чуйко
« __ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

ЗАРЕЗЕРВОВАНА Сторінка 1

ця сторінка після друку буде замінена

НЕ ВИДАЛЯТИ !!!!

ЗАВДАННЯ

ЗАРЕЗЕРВОВАНА Сторінка 2

ця сторінка після друку буде замінена

НЕ ВИДАЛЯТИ !!!!

ЗАВДАННЯ

ЗАРЕЗЕРВОВАНА Сторінка 3

ця сторінка після друку буде замінена

НЕ ВИДАЛЯТИ !!!!

АНОТАЦІЯ

ЗАРЕЗЕРВОВАНА Сторінка 1

ця сторінка після друку буде замінена

НЕ ВИДАЛЯТИ !!!!

ABSTRACT

ЗАРЕЗЕРВОВАНА Сторінка 2

ця сторінка після друку буде замінена

НЕ ВИДАЛЯТИ !!!!

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З РОЗРОБКИ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ.....	12
1.1 Датчик пульсоксиметра.....	12
1.2 Середовище розробки IDE	13
1.2.1 Опис Microsoft Visual Studio.....	14
1.2.2 Опис IntelliJ IDEA.....	15
1.2.3 Опис Code::Blocks.....	16
1.3 Мікроконтролери моделі Espressif.	16
1.4 Опис та порівняння моделей пульсоксиметрів конкурентів.....	19
1.5 Вибір комплектуючих	22
1.5.1 Порівняння мікроконтролерів моделей ESP32 та ESP8266 ...	22
1.5.2 Опис датчиків та модулів Arduino	23
1.6 Висновки до розділу 1	27
РОЗДІЛ 2 ОПИС АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ.....	28
2.1 Інтегральний сенсорний модуль моделі MAX30102.....	28
2.1.1 Принцип роботи датчика.....	34
2.2 Мікроконтролер ESP8266	36
2.2.1 Платформа NodeMcu	40
2.3 Висновки до розділу 2	44
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ	46
3.1 Середовище розробки апаратно-програмного модулю.....	46
3.2 Вимоги до синтаксису	48
3.3 Застосунок для Android/iOS користувачів	51
3.4 Результат виконаної роботи	55

3.4.1 Схема прототипу	55
3.4.2 Робота приладу	57
3.5 Висновки до розділу 3	58
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	62
ДОДАТОК А ЛІСТІНГ ПРОГРАМИ З РОЗШИРЕННЯМ .INO	64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АПЗ	–	Апаратно-програмне забезпечення
МК	–	Мікроконтролер
ПЗ	–	Програмне забезпечення
ПК	–	Персональний комп'ютер
COVID-19	–	Corona Virus Disease 2019
GPIO	–	General-purpose Input/Output
SoC	–	System on a Chip
IDE	–	Integrated Drive Electronics
IoT	–	Internet of things
GC	–	Group client

ВСТУП

Основним стимулом для дихання організму підвищення рівня вуглекислого газу (CO_2). Мозок контролює вентиляцію. За допомогою м'язових скорочень повітря (як правило, складається з 79% азоту та 21% кисню) надходить через дихальні шляхи в легені та заповнює альвеоли, де відбувається газообмін. Він відбувається за допомогою процесу, званого "дифузією" - рухом молекул з області високої концентрації в область низької концентрації. Ця дифузія відбувається через альвеолярну капілярну мембрану, де CO_2 у крові обмінюється на кисень (O_2) з повітря. Кисень зв'язується з молекулами гемоглобіну в еритроцитах.

Насичена киснем кров надходить з легенів у серце, звідки по артеріях поширюється по всьому тілу. Насиченість гемоглобіну артеріальної крові киснем називається сатурацією (SaO_2). Норма насичення гемоглобіну киснем - 95-98% (від віку не залежить). Значення $\text{SaO}_2 < 94\%$ вважаються що є підозра на хворобу. В такому випадку застосовується киснедотерапія.

Під час пандемії пульсоксиметр опинився у центрі уваги – він оперативно визначає рівень кисню у крові, але це основний параметр для діагностики тяжкості пневмонії при COVID-19. Він самостійно зможе визначити легку дихальну недостатність.

Насамперед пульсоксиметри потрібні сім'ям, де є люди із захворюваннями центральної нервової системи або перенесли інсульт, які не можуть адекватно сказати, як їм дихається. У такому випадку прилад допоможе не прогаяти момент, коли стане необхідним звернутися за медичною допомогою. Метод пульсоксиметрії заснований на тому, що гемоглобін, молекула якого пов'язана з молекулами кисню, інакше поглинає світлові хвилі певної частоти ніж гемоглобін, який з молекулами кисню не пов'язаний. Пульсоксиметр використовує лише світлове випромінювання і тому безпечний навіть для дітей. Пульсоксиметрія не має протипоказань.

Мета: розробка апаратно-програмного модулю визначення та відображення показів пульсу, рівня оксигенації крові і температури тіла.

Завдання :

- з аналітичного огляду джерел інформації обґрунтувати вибір компонентної бази для розробки модуля;
- обґрунтувати вибір технології реалізації програмної частини модуля;
- розробити функціональну схему модуля;
- розробити застосунок для відображення результатів роботи модуля;
- розробити питання з безпеки життєдіяльності та охорони праці;

Об'єкт: методи, технології та засоби моніторингу показників циклічних процесів в організмі людини.

Предмет: апаратно-програмний модуль відслідковування показників циклічних процесів в організмі людини на базі ESP8266 та датчика MAX30102.

Практичне значення отриманих результатів: розроблений апаратно-програмний модуль дозволить користувачам слідкувати за станом здоров'я. Можливе удосконалення додатковим апаратним обладнанням і програмним забезпеченням, для покращення точності показників.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З РОЗРОБКИ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ

1.1 Датчик пульсоксиметра

Датчики для вимірювання частоти серцевих скорочень і насичення артерій киснем вже давно широко використовуються в медичних приладах для різноманітних цілей. По-перше, вони спеціалізувалися на складних стаціонарних приладах, а з появою нових інтегральних схем, що стосуються конкретного застосування, стало можливим виготовлення зручних портативних пристроїв — пульсоксиметрів. Вони дозволяють відстежувати насичення артерії киснем (SpO_2) і рівень серцевого ритму (пульсу).

Кров, більш насичена киснем, має яскравіший відтінок червоного. При зміні насичення крові киснем (насичення) змінюється ступінь поглинання та відбиття капілярами червоного та інфрачервоного світла. При цьому через кров і тканини світловий сигнал стає пульсуючим під впливом зміни об'єму кровоносних судин, а метод пульсоксиметрії заснований на вимірюванні ступеня поглинання червоного та інфрачервоного світла гемоглобіном.

Пульсоксиметрія заснована на вимірюванні того, скільки червоного та інфрачервоного світла поглинається гемоглобіном в крові. Гемоглобін виконує роль своєрідного фільтра, і «колір» фільтра залежить від кількості кисню, пов'язаного з гемоглобіном, або іншими словами, від відсотка кисню в крові. «Товщину» фільтра визначає артеріальна пульсація, яка виникає при зміні об'єму крові.

Рівень кисню в крові можна контролювати, комбінуючи датчики червоного та інфрачервоного світла з фотодетекторами, АЦП та системами обробки даних.

1.2 Середовище розробки IDE

Інтегроване середовище розробки, також єдине середовище розробки, ECP - комплекс програмних засобів, що використовується програмістами для розробки програмного забезпечення (ПЗ).

Іноді містить також засоби для інтеграції із системами керування версіями та різноманітні інструменти для спрощення конструювання графічного інтерфейсу користувача. Багато сучасних середовищ розробки також включають браузер класів, інспектор об'єктів та діаграму ієрархії класів для використання при об'єктно-орієнтованій розробці ПЗ. ІСР зазвичай призначені для кількох мов програмування - такі як IntelliJ IDEA, NetBeans, Eclipse, Qt Creator, Geany, Embarcadero RAD Studio, Code::Blocks, Arduino, Xcode або Microsoft Visual Studio, але є IDE для однієї певної мови програмування - як, наприклад, Visual Basic, Delphi, Dev-C ++.

Особливості програми:

- підтримувані мови програмування: Java, JavaFX, PHP, JavaScript, Ruby, Groovy, Python та C/C++, а також усі мови розмітки: стилі HTML, XML та CSS;

- підтримувані технології: J2SE, J2EE, J2ME, JavaFX SDK, PHP Zend framework, UML, SOA, Ajax, Ruby on Rails, Groovy та Grails;

- NetBeans IDE — це платформа для створення настільних додатків із функціональними інтерфейсами користувача, а також платформа для бібліотеки Java Swing. Це заощадить багато годин для тих, хто не лінується ознайомитися з можливостями програмування на платформі NetBeans;

- NetBeans IDE є платформою для створення плагінів та розширення своєї функціональності;

- основні можливості: рефакторинг, аналіз, використання CVS та SVN, використання віддалених серверів через FTP, візуальний редактор для інтерфейсу користувача, виділення синтаксичних структур, автозаповнення,

миттєва допомога, можливість використання готових шаблонів коду, сервер - Автоматичне розгортання додатків, керування сервером тощо;

– розширені можливості роботи з базами даних - вбудований клієнт до баз даних - MySQL, Postgres, Oracle та інших., редактор запитів SQL.

1.2.1 Опис Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio - це інтегрована среда розробки з цінами від 699 до 2900 доларів США. Багато версій цієї IDE здатні створювати всі типи додатків, від веб-додатків до мобільних додатків, відеоігор. Це сімейство програмного забезпечення включає багато інструментів для тестування на сумісність. Завдяки своїй гнучкості Visual Studio є чудовим інструментом для студентів та професіоналів. Підтримувані мови: Ajax, ASP.NET, DHTML, JavaScript, JScript, Visual Basic, Visual C#, Visual C++, Visual F#, XAML тощо.

Особливість:

- велика зростаюча бібліотека розширень;
- intellisense;
- настроювані панелі та фіксовані вікна;
- простий робочий процес та ієрархія файлів;
- статистика моніторингу продуктивності в режимі реальної години;
- засоби автоматизації;
- легко реорганізуйте та вставляйте фрагменти коду;
- підтримка розділеного екрана;
- список помилок для спрощення налагодження;
- перевірка затвердження під час розгортання програм за допомогою

ClickOnce, Windows Installer або Publish Wizard.

Недоліки: оскільки Visual Studio IDE є надважкою, для відкриття та запуску додатків потрібні значні ресурси. Тому на деяких пристроях внесення простих змін може тривати багато часу. Для простих завдань доцільно використовувати компактний редактор або засіб PHP.

1.2.2 Опис IntelliJ IDEA

Ще одна IDE, розроблена Jet Brains. Вона пропонує користувачам безкоштовну версію Community Edition, 30-денну безкоштовну ознайомлювальну версію Ultimate Edition та річну передплату на версію Ultimate Edition за \$533 - \$693. IntelliJ IDEA підтримує Java 8 і Java EE 7, має великий інструментарій для розробки мобільних додатків і корпоративних технологій для різних платформ. Якщо говорити про ціну, IntelliJ є чудовим варіантом через величезний список функцій.

Мови програмування, що підтримуються: AngularJS, CoffeeScript, HTML, JavaScript, LESS, Node JS, PHP, Python, Ruby, Sass, TypeScript та інші.

Особливості:

- розширений редактор баз даних та дизайнер UML;
- підтримка кількох систем збирання;
- інтерфейс користувача тестового запуску додатків;
- інтеграція з Git;
- підтримка Google App Engine, Grails, GWT, Hibernate, Java EE, OSGi, Play, Spring, Struts та інших;
- вбудовані засоби розгортання та налагодження для більшості серверів програм;
- інтелектуальні текстові редактори для HTML, CSS та Java;
- інтегрований контроль версій;
- AIR Mobile з підтримкою Android та iOS.

Недоліки: це середовище JavaScript вимагає часу і зусиль на вивчення, тому може виявитися не найкращим варіантом для початківців. У ній є багато поєднань гарячих кнопок, які потрібно просто запам'ятати. Деякі користувачі скаржаться на незграбний інтерфейс.

1.2.3 Опис Code::Blocks

Ще одне середовище розробки C із відкритим вихідним кодом. Гнучка IDE, яка стабільно працює на всіх платформах, тому вона чудово підходить для розробників, які часто перемикаються між робочими просторами. Вбудований фреймворк дозволяє налаштовувати цей IDE під свої потреби. Підтримувані мови: C, C++, Fortran.

Особливість:

- Простий інтерфейс із відкритими вкладками файлів;
- Сумісний з Linux, Mac та Windows;
- написань на C++;
- Не вимагає інтерпретації чи власних мов програмування;
- Багато вбудованих та настроюваних плагінів;
- Підтримка різноманітних компіляторів, включаючи GCC, MSVC++, clang тощо;
- налагоджувач, який підтримує контрольні точки;
- Текстовий редактор з підсвічуванням синтаксису та автозаповненням;
- Настроювані зовнішні інструменти;
- Простий інструмент управління завданнями, відмінний для спільної роботи.

Недоліки: відносно компактний IDE для CI, тому він не підходить для великих проектів. Це чудовий інструмент для новачків, але просунуті програмісти можуть бути розчаровані її обмеженнями.

1.3 Мікроконтролери моделі Espressif.

Espressif Systems — провідний виробник у галузі розробки та виготовлення високопродуктивних малопотужних Wi-Fi та Wi-Fi/Bluetooth-рішень — виробила та продала 100-мільйонний чіп IoT, підтвердивши своє лідерство на ринку IoT. Чіпіровані та модульні рішення компанії відзначені

численними нагородами великих промислових форумів та споживчих асоціацій.

Випуск у 2014 році SoC чіпа ESP8266 був визнаний поворотним моментом для світового ринку IoT. Ефект ESP8266 був повторений виходом поточного флагманського SoC-чіпа ESP32 в 2016 році, що став найінтегрованішим Wi-Fi-і дворежимним Bluetooth-чіпом в індустрії IoT.

Сьогодні рішення Espressif використовуються в багатьох популярних високотехнологічних продуктах від планшетів, телевізійних приставок, керуючих пристроїв до інтелектуальних приладів освітлення та клімат-контролю HVAC. Чіпи Espressif – основа високозахисених професійних рішень, таких як камери спостереження, механізми контролю доступу, телеметричні системи, сенсорні мережі та роботи.

Espressif здійснила революцію в IoT, надавши відкритий доступ до своїх кодів. Продовженням цього підходу стали платформи розробки програмного забезпечення IoT - ESP-IDF і ESP-ADF, що дозволяють створювати в їх середовищі численні клієнтські проекти та платформи.

Таблиця 1.1 – Двоядерні модулі Wi-Fi з Dual-mod Bluetooth

Назва	ESP32- WROOM-32	ESP32- WROOM-32U	ESP32- WROOM-32D
Чіп	ESP32-D0WDQ6	ESP32-D0WD	ESP32-D0WD
Розміри,мм	18×25,5×3,1	18×19,2×3,2	18×25,5×3,1
Кількість пінів	38	38	38
Flash, Мбайт	4	4	4
PSRAM, Мбайт	N/A	N/A	N/A
Антенa	PCB, 2 дБи	IPEX	PCB, 2 дБи
Відлагод-жувальний засіб	ESP32-DevKitC	ESP32-DevKitC	ESP32-DevKitC

Модулі містять два незалежні ядра CPU з регульованою тактовою частотою 80-240 МГц. До +19,5 дБм на виході антени забезпечує стійкість радіоканалу навіть у несприятливих умовах прийому. Є класичний Bluetooth

для застарілих підключень, що підтримує профілі L2CAP, SDP, GAP, SMP, AVDTP, AVCTP, A2DP (SNK) та AVRCP (CT). Також реалізована підтримка профілів низької потужності Bluetooth (BLE), включаючи профілі L2CAP, GAP, GATT, SMP та GATT, такі як BluFi, SPP-like тощо. Bluetooth Low Energy (BLE) підключається до смартфонів, передаючи низькоенергетичні сигнали-маяки для легкого виявлення.

Струм у режимі сну становить менше 5 мкА, що робить ці модулі максимально придатними для використання в пристроях з батарейним живленням (компактні пристрої та закладки, що носяться). Інтегрована флеш-пам'ять 4 Мбайт. Периферійні пристрої включають ємнісні сенсорні датчики, датчик Холла, підсилювачі сигналу малощумливі, інтерфейс SD-карти, Ethernet, високошвидкісний SPI, UART, I2S і I2C. Повністю сертифіковані модифікації, у тому числі із вбудованими антенами та спеціалізованими програмними стеками.

Флагман лінійки – модуль ESP32-WROOM-32 на платі 25,2×18 мм. Містить чіпсет ESP32 SoC, флеш-пам'ять, прецизійні дискретні компоненти та антену на РСВ, що забезпечують видатні радіочастотні характеристики у додатках з обмеженим об'ємом. Схемне рішення модуля та оптимізоване компонування його чотиришарової друкованої плати доступні для скачування на сайті виробника і можуть використовуватися як вихідна довідкова інформація для розробки власних апаратних рішень на основі ESP32.

Модуль ESP32-WROVER з 4,5 Мбайт ОЗУ та двоядерним процесором 240 МГц націлений на високі вимоги до продуктивності. Можна створювати інтернет-камери, інтелектуальні дисплеї, системи голосового керування або інтернет-радіоприймачі за допомогою цього високоінтегрованого надпотужного модуля, підключаючи до нього РК-дисплеї, камери, мікрофони та кодеки.

1.4 Опис та порівняння моделей пульсоксиметрів конкурентів

Вибираючи пульсоксиметр, насамперед звертають увагу на тип пристрою. Медичні прилади зазвичай мають вигляд великої пластикової прищіпки та надягають на палець. Також є наручні моделі, хоча багато користувачів, що дотримуються здорового способу життя, вважають за краще купувати смарт-годинник із вбудованим датчиком. Але найважливішим критерієм вибору є точність. Бажано, щоб похибка вимірювань становила не більше 2%, тоді пацієнт завжди знатиме об'єктивну інформацію про сатурацію та частоту пульсу. Крім того, при виборі моделі звертають увагу на тип керування та розмір дисплея. Останній має бути досить великим і з великими символами, щоб навіть люди зі слабким зором могли переглянути свої дані. У 2022 році пульсоксиметр стали користуватися підвищеним попитом, а багато користувачів дуже ретельно підбирають прилади для домашнього використання.

До списку кращих, згідно з відгуками споживачів, увійшли відразу 4 моделей (рис. 1.1, рис. 1.2, рис.1.3, рис. 1.4), у яких висока точність та простота експлуатації вдало поєднуються з розумною вартістю.



Рис.1.1 – Модель TOPMED FP-30

Дані про рівень кисню в крові та частоту серцевих скорочень виведуться на невеликий екран вже через 8-10 секунд. Пальчиковий форм-фактор пристрою дозволяє отримати дані без підключення зовнішніх датчиків, тому прилад відмінно підходить для домашнього застосування. Пульсоксиметр

працює від двох стандартних батарей АА, а сам прилад економно витрачає заряд, тому часто міняти батарейки не доведеться.

Технічні характеристики:

- діапазон виміру сатурації 0-99%;
- маса з батарейками 60 г;
- діапазон виміру пульсу 25-250 ударів.



Рис.1.2 – Модель ChoiceMMed MD300C22

Данна модель оснащена підсвічуванням, тому контролювати основні медичні показники організму можна навіть у нічний час. Корпус пластиковий, але дуже якісно зібраний. Тому, якщо прилад випадково впаде на підлогу з висоти людського росту, він не пошкодиться і, як і раніше, коректно відобразить дані. У комплекті з пристроєм користувач отримує батарейки, міцний ремінець для перенесення та зручний захисний чохол для зберігання.

Технічні характеристики:

- час безперервної роботи 30 годин;
- живлення від 2 батарей АА;
- 10 рівнів яскравості екрану.

Показники відображаються на дисплеї у вигляді великих цифр, тому розглянути їх можуть навіть пацієнти зі слабким зором.

Дисплей оснащений яскравим підсвічуванням, яке допомагає розглянути дані на екрані навіть у нічний час. При цьому яскравість самого підсвічування можна регулювати, щоб воно не заважало нічному сну.



Рис.1.3 - Модель Armed YX301

Технічні характеристики:

- маса приладу з батареями 54 г;
- висота 30 мм;
- діапазон виміру пульсу 25-250 ударів.



Рис. 1.4 – Модель Little Doctor MD300C23

Зручний та простий у використанні пульсоксиметр відноситься до середньої цінової категорії. У ньому є всі необхідні функції контролю за станом здоров'я пацієнта.

Прилад спеціально відкалібрований для отримання максимально точних даних про рівень насичення крові киснем. Завдяки цьому пристрій використовується при лікуванні хворих із захворюваннями серцево-судинної та дихальної системи.

Технічні характеристики:

- маса без батарейок 31 грам;
- висота 34 мм;
- діапазон виміру пульсу 30-235 ударів.

1.5 Вибір комплектуючих

1.5.1 Порівняння мікроконтролерів моделей ESP32 та ESP8266

ESP32 і ESP8266 – це недорогі модулі Wi-Fi, ідеальні для автономних проєктів Інтернету речей (IoT).

ESP32 є наступником ESP8266. Він додає ядро ЦП, швидший Wi-Fi, більше GPIO і підтримує Bluetooth 4.2 і Bluetooth Low Energy. Крім того, ESP32 оснащений сенсорним датчиком, вбудованим датчиком Холла і датчиком температури. Обидві плати дешеві, але ESP32 трохи дорожче.

Обидва чіпи мають 32-розрядний процесор. ESP32 - це двоядерний процесор, що працює на частоті від 160 до 240 МГц, а ESP8266 - це одноядерний процесор, що працює на частоті 80 МГц. Ці модулі мають контакти GPIO (інтерфейс введення-виводу) і підтримують різні протоколи, такі як SPI, I2C, UART, ADC, DAC, PWM

Найкраще те, що ці плати мають інтегровану бездротову мережу, яка відрізняє їх від інших мікроконтролерів, таких як Arduino. Це означає, що ви можете легко керувати та контролювати пристрій віддалено через Wi-Fi або Bluetooth (у випадку ESP32) за дуже низькою ціною.

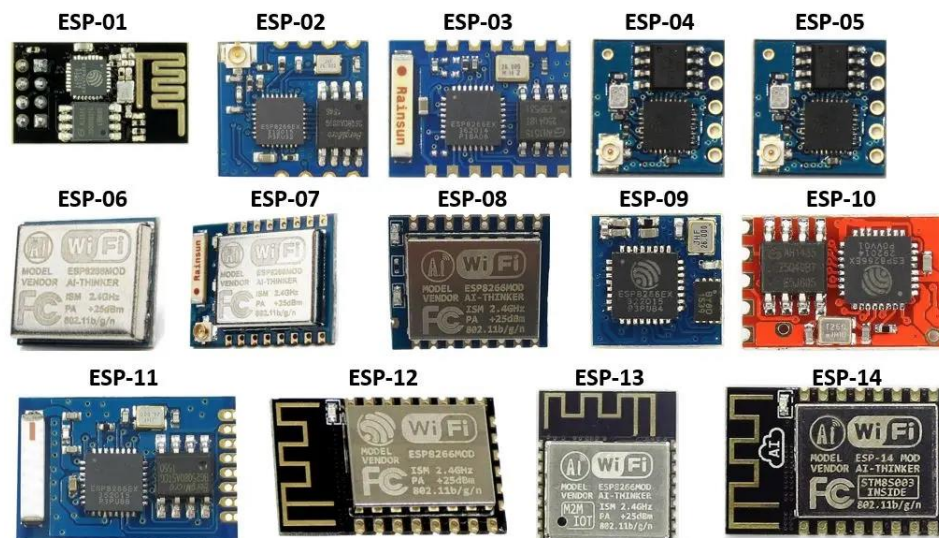


Рис.1.5 - Модельний ряд мікроконтролерів ESP8266

Найкраще те, що ці плати мають інтегровану бездротову мережу, яка відрізняє їх від інших мікроконтролерів, таких як Arduino. Це означає, що ви можете легко керувати та контролювати пристрій віддалено через Wi-Fi або Bluetooth (у випадку ESP32) за дуже низькою ціною.

Крім того, якщо не потрібно використовувати його бездротові можливості, можна використовувати ESP32/ESP8266 для управління входами та виходами, як це було б з Arduino. Однак потрібно взяти до уваги, що в той час як Arduino працює з логікою 5 В, ESP32 і ESP8266 працюють тільки з 3,3 В.

Використовувати просто чіпи ESP32 або ESP8266 складно та непрактично, особливо при тестуванні та створенні прототипів. У більшості випадків готові системи або їх частини надаються безкоштовно, і інженерам потрібно лише правильно їх зібрати, що значно економить годину на реалізацію планів. датчик. Різні системи або контролери, які дозволяють читати, надсилати та обробляти інформацію.

Хоча останні іноді називають модулями іншого класу, через їх тісний зв'язок із пристроями вводу/виводу, їх найкраще включати у датчики, які частіше виконують дві функції одночасно. Всі ці пристрої призначені для розширення апаратних можливостей системи, дозволяючи, наприклад, Arduino зчитувати відстань до об'єкта або вологість, що необхідно для багатьох систем.

1.5.2 Опис датчиків та модулів Arduino

Arduino — одна з найзручніших систем мікроконтролера, яка дозволяє інженеру реалізувати будь-яку ідею без проблем у програмній частині. Все, що вам потрібно вже є у безкоштовній бібліотеці, яку можна завантажити з нашого сайту. Завдяки модульності є можливість побудувати будь-яку систему за потребою.

Від простих розумних пристроїв до керування світлом та температурою приміщення, до розумних систем сільського господарства. Якщо ви хочете вдатися до деталей, модуль Arduino — це просто мікроконтролер, який може

адаптуватися до будь-якого датчика третьої сторони. Але насправді все не так просто, через програмне забезпечення та інші функції системи необхідно розширити функціонал, а є спеціальні модулі Arduino, які дозволяють адаптувати МК під будь-які потреби тих, хто ним користується. Це основна функція, яка пояснює необхідність модульності, але є інші причини цього рішення.

Стандартизований набір датчиків з однаковими характеристиками дозволяє писати загальні рішення для різних ситуацій. Тож якщо ви хочете реалізувати проект, вам не потрібно вивчати мову програмування та створювати унікальну схему. Найчастіше, вже готова система чи якісь її частини є у вільному доступі, інженеру лише залишається їх правильно скомпонувати, що істотно економить час під час реалізації задумів. Датчики. Різноманітні системи або контролери, що дозволяють зчитувати, надсилати та обробляти інформацію.

Хоча останні іноді відносять до другого класу модулів, але через тісний зв'язок з пристроями вводу-виводу їх краще зарахувати саме до датчиків, тим більше часто вони виконують відразу дві функції. Всі ці пристрої спрямовані на розширення апаратного функціоналу системи, наприклад, щоб дати можливість Ардуїно зчитувати відстань до об'єкта або вологість повітря, що просто необхідно для багатьох систем.

Самі ж датчики окремо поділяються на:

- 1) Пристрої введення чи отримання інформації. Це різні сканери, які дозволяють отримати дані про навколишнє середовище, чи це рівень освітленості або вологості повітря. З їх допомогою можна ввести різні змінні, залежно від яких система визначатиме свої подальші дії. Є базою для більшості систем і без них неможливо реалізувати будь-який смарт-девайс. Найпростішим прикладом буде той самий датчик відстані, хоча і їх існує кілька видів.
- 2) Устаткування для обробки інформації. Більшість з них вже вбудовані у попередні типи, тому вважаються комбінованими, але зазвичай ці

модулі встановлюються окремо. Вони продаються з невеликим об'ємом пам'яті або без пам'яті взагалі, і можуть виконувати лише прості проміжні операції.

- 3) Пристрої виведення інформації. У більшості асоціюються з найпростішим РК-екраном, хоча це далеко не єдиний різновид даних девайсів. Необхідні для того, щоб виводити результати обчислень для отримання фідбека від системи та перевірки різного функціоналу. Бувають звуковими, візуальними та тактильними, відповідаючи кожному з органів чуття людини. Також можуть комбінуватися з першими двома видами, стаючи гібридним доповненням мікроконтролера.

Існують і різновиди доповнень, без суворої типізації, тому що їх складно віднести до якоїсь конкретної групи пристроїв. Це відбувається або через вузьку спрямованість їх функціоналу, або через початкову гібридність модулів.

До них можна віднести різні девайси, для передачі інформації по мережі або іншим протоколам, оскільки, з одного боку, вони розширюють програмний функціонал продукту, використовуючи протоколи, які неможливо реалізувати через стандартні апаратні можливості, а з іншого – якраз доповнюють останні.

Табл. 1.2 - Приклади популярних Ардуїно датчики

Назва	Модель	Опис
Ультразвуковий далекомір HC-SR04		Найпопулярніший ультразвуковий датчик, який працює за таким принципом: відправляє ультразвукову хвилю, вважає час, за який вона повернеться. Цей модуль коштує досить дешево, діапазон вимірювань від 2 см до 4 метрів.

Назва	Модель	Опис
Інфрачервоний далекомір Sharp		Також досить широко використовуються далекоміри Sharp із робочим діапазоном від 20 см до 1,5 метрів. Ціна таких модулів вища, ніж звукових далекомірів.
Модуль температури та вологості DHT11		Цей модуль Ардуїна вимірює температуру в діапазоні від 0 до +50 °C і вологість від 20 до 90%. Часто використовується для вимірювання даних у кімнаті або теплиці. Також дуже популярний при створенні систем з управління кліматом або розумних будинків.
Барометр BMP085 або BMP180		За допомогою модуля Барометр можна визначити атмосферний тиск від 30 до 110 кПа. Використовується при створенні на базі Ардуїно аналогів метеостанції.
Модуль-датчик вологості ґрунту FC-28		Модуль вимірює вологості ґрунту або середовища в яке його встромляють. Складається з двох частин. Його використовують для автоматизованого поливу рослин.
Bluetooth HC06		Допомагає організувати бездротовий зв'язок з комп'ютером, телефоном або іншими пристроями.

1.6 Висновки до розділу 1

У сучасній медичній практиці особливе значення мають контроль частоти серцевих скорочень та насичення киснем артеріальної крові у пацієнтів. Датчик МАХ30102 спрощує створення подібних приладів у зручному портативному варіанті. Пульсоксиметри на основі МАХ30102 забезпечують високу точність визначення оксигенації крові та частоти серцевих скорочень. При цьому вони відрізняються високою швидкістю, доступністю та простотою використання. Пульсоксиметри частіше використовують лікарі або пацієнти, яким показано постійний контроль насичення киснем гемоглобіну артеріальної капілярної крові.

Зміни, що відбуваються в галузі медицини, а також пов'язані з ними електронні переносні пристрої можна назвати воістину революційними. Прилади, які раніше можна було знайти тільки в стаціонарах, тепер доступні для домашнього медичного застосування, гарним прикладом є пульсоксиметр. Відповідно, пульсоксиметри використовуються медсестрами у лікарнях, амбулаторними пацієнтами вдома, любителями фітнесу у тренажерному залі та навіть пілотами у літаках. Пульсоксиметрія є найбільш інформативним методом визначення вмісту кисню до крові.

РОЗДІЛ 2

ОПИС АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ

2.1 Інтегральний сенсорний модуль моделі МАХ30102

МАХ30102 є інтегральним сенсорним модулем, призначеним для спрощення розробки портативних медичних приладів контролю серцевого ритму та насиченості крові киснем. До складу цієї мікросхеми інтегровані світлодіоди (червоний та ІЧ) та фотоприймач, а також вбудовані оптичні елементи. Наявна у складі МАХ301002 електронна схема обробки сигналів характеризується низьким рівнем власного шуму та забезпечує придушення зовнішнього засвічення.



Рис.2.1 – Модель датчика МАХ30102

У процесі вимірювань використовується канал інфрачервоного світла з регульованою програмним чином інтенсивністю світіння та тривалістю сеансів вимірювання.

МАХ30102 працює від джерела живлення напругою 1,8 В. Окреме джерело живлення 5,0 В потрібне для випромінювання вбудованих світлодіодів. Взаємодія із зовнішніми пристроями відбувається через стандартний інтерфейс I2C. Модуль МАХ30102 може бути програмно переведений у режим очікування з практично нульовим струмом споживання, що дозволяє відмовитись від вимикача живлення.

У корпусі МАХ30102 реалізовано повнофункціональну схему сенсорного модуля для створення портативних систем пульсоксиметрії з високими вимогами до точності вимірювань.

Пристрій має мініатюрні розміри, домогтися яких вдалося без шкоди оптичних або електричних характеристик. Для інтеграції в повнофункціональну вимірювану систему, що носить, потрібно мінімум додаткових зовнішніх компонентів.

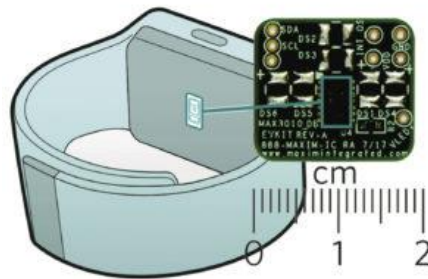


Рис.2.2 - МАХ30102 у складі пульсоксиметра

Особливості МАХ30102:

- Датчик серцевих скорочень та оксиметричний біосенсор з вбудованими світлодіодами, що працюють на відображення
- Мініатюрний (5,6x3,3x1,55 мм) модуль з 14 висновками:
- інтегрована оптична система, що забезпечує надійний процес виміру.
- Наднизьке енергоспоживання, що оптимально підходить для мобільних пристроїв:
- програмована періодичність зняття вимірювань та режим енергозбереження світлодіодів;
- низьке енергоспоживання електронної схеми (<1 мВт);
- надмалий струм споживання у вимкненому стані (близько 0,7 мкА);
- Можливість швидкого виведення даних;
- Висока частота дискретизації;

- Стійкість до вібрацій при знятті показань;
- високий показник співвідношення сигнал/шум;
- Діапазон температур: $-40...85^{\circ}\text{C}$.

MAX30102 може застосовуватися в портативних медичних приладах для використання в поліклініках та вдома, а також для контролю стану організму в процесі зайняття спортом.

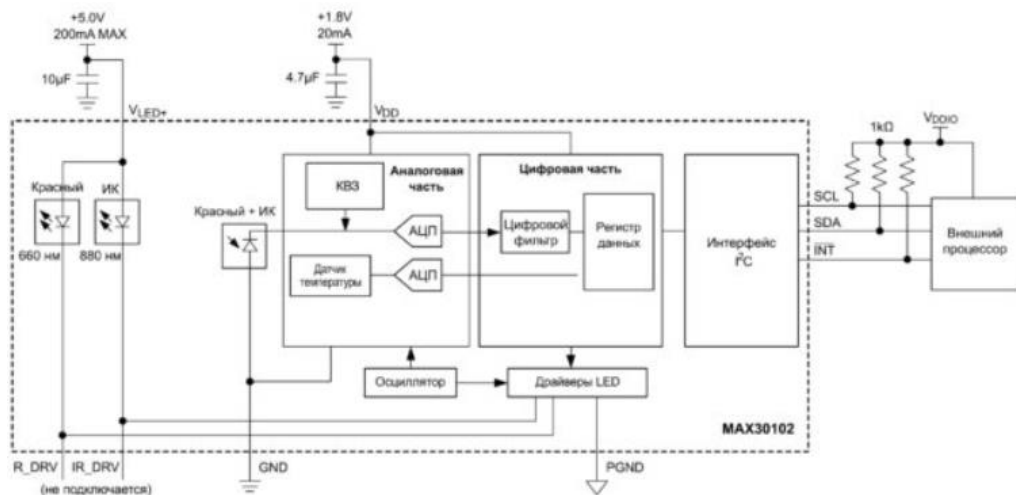


Рисунок 2.3 - Структурна схема MAX30102

В основу методу роботи покладено два явища. По-перше, поглинання гемоглобіном (Hb) світла двох різних за довжиною хвиль змінюється залежно від насичення його киснем. По-друге, світловий сигнал, проходячи тканини, набуває пульсуючого характеру внаслідок зміни обсягу артеріального руслу при кожному серцевому скороченні. Пульсоксиметр має периферичний датчик, в якому знаходиться джерело світла двох довжин хвиль: 660 нм (червоний) і 940 нм (інфрачервоний). Ступінь поглинання залежить від того, наскільки гемоглобін крові насичений киснем (кожна молекула Hb здатна приєднати максимум 4 молекули кисню). Фотодетектором реєструються зміни кольору крові, залежно від цього показника. Усереднє наповнення відображається монітором пульсоксиметра.

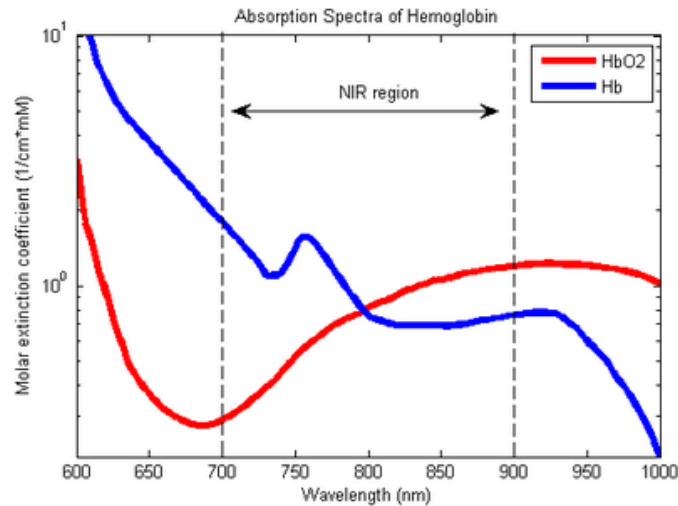


Рис. 2.4 - Спектр поглинання гемоглобіну

Існує також спеціальний варіант пульсоксиметра для вимірювання рівня карбоксигемоглобіну (COHb) та метгемоглобіну (MetHb) - CO-оксиметр.

Сучасний компактний пульсоксиметр може бути виконаний у форм-факторі невеликого приладу-«прищипки», що одягається на палець, мочку вуха або крило носа. Існує процедура дезінфекції пульсоксиметрів, що застосовуються в осіб з підозрою на ООІ шляхом триразового протирання 70% етиловим спиртом з подальшим висушуванням.

MAX30102 має вбудований датчик температури, який можна використовувати для компенсації змін у навколишньому середовищі та для калібрування вимірювань. Це досить точний датчик температури, який вимірює «температуру матриці» в діапазоні від -40°C до +85°C з точністю $\pm 1^\circ\text{C}$, а також має роздільну здатність 0,0625°C. Модуль використовує простий двопровідний інтерфейс I2C для зв'язку з мікроконтролером. Він має фіксовану адресу I2C: 0xAE_{HEX} (для операції запису) і 0xAF_{HEX} (для операції читання). Вихідні дані MAX30102 порівняно нечутливі до довжини хвилі ІЧ-світлодіода, тоді як довжина хвилі червоного світлодіода має вирішальне значення для правильної інтерпретації результатів вимірювань.

Алгоритм MAX30102, що використовується для вимірювання SpO₂, компенсує похибки через зміни температури навколишнього середовища. Драйвер для управління вбудованими світлодіодами. MAX30102 включає

червоні та інфрачервоні світлодіоди, які керуються внутрішнім світлодіодним драйвером для модуляції тривалості імпульсу та значення струму під час вимірювання частоти серцевих скорочень і SpO₂. Струм можна програмно змінювати в діапазоні 0 ... 50 мА, а тривалість імпульсу - в діапазоні 69 ... 411 мкс. Точність вимірювання та споживання енергії можна оптимізувати для конкретних ситуацій.

Функція контролю дистанції до вимірюваного об'єкта(Proximity), MAX30102 використовує контроль присутності пацієнта (наближення), щоб зменшити оптичне випромінювання та заощадити енергію, коли жоден палець пацієнта не знаходиться поблизу датчика. Після ініціалізації функцій вимірювання імпульсу та SpO₂ (запису в регістр MODE) активується ІК-світлодіод, і поточний струм визначається вмістом регістра PILOT_PA. Коли виявляється поріг ІЧ-АЦП (встановлений в регістрі PROX_INT_THRESH), він автоматично перемикається в нормальний режим вимірювання.

Щоб повернутися до поточного режиму, регістр MODE необхідно оновити (навіть якщо записано те саме значення). Функцію контролю присутності можна вимкнути, скинувши біт PROXINTEN на 0. У цьому випадку миттєво вмикається режим вимірювання пульсу або SpO₂.

Також датчик сумісний із шинами I²C та SMBus двопровідним дослідницьким інтерфейсом, що включає лінію даних/адрес (SDA) та лінію тактових імпульсів (SCL). MAX30102 може обмінюватися даними на тактовій частоті до 400 кГц.

Ведуче пристрій записує дані в реєстрах MAX30102, виводячи на шину адресу, а вслід за ним – дані (рис.2.5). Кожен переданий по рядках даних пакет обрамлений станами START (S) або REPEATED START (Sr) з однієї сторони та стану STOP (P) з іншої. 8-бітні інформаційні послідовності та сигнали підтвердження їх прийому (ACK – Acknowledge) синхронізуються імпульсами, переданими по шині SCL(рис.2.X).

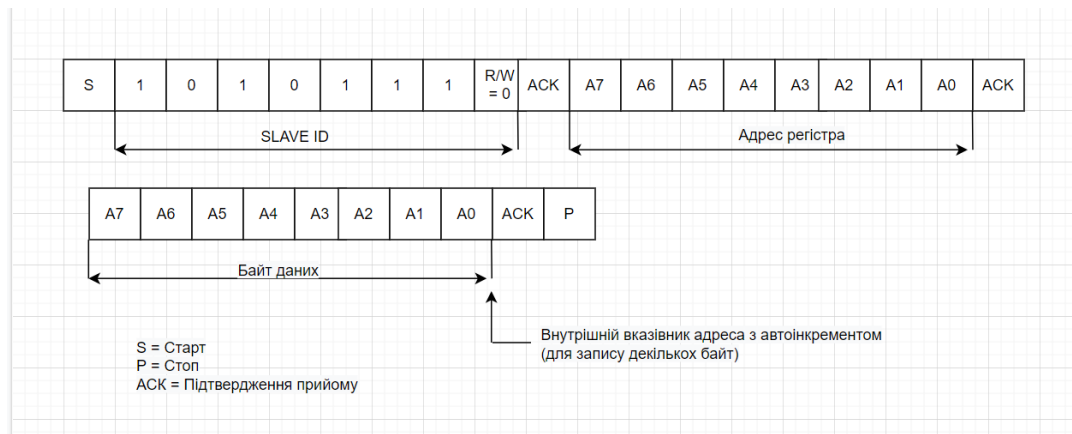


Рис. 2.5 - Обмін даними між MAX 30102 та зовнішнім процесором

Лінія SDA працює на прийом та передачу, а SCL працює лише як вхід. Підтягуючі до шини резистори зазвичай мають номінали більше 500 Ом. Опціонально в лінії можуть встановлюватися послідовні резистори, які захистять цифрові входи MAX30102 від високовольтних імпульсів на шині і мінімізують перехресні перешкоди.

На рис.2.6 Представлена рекомендована послідовність подачі напруги живлення та ініціалізації інтерфейсу MAX30102. Спочатку подається харчування на основну схему (VDD), та був – на світлодіоди (VLED+). Виводи шини I2C можуть залишатися підключеними до зовнішнього джерела живлення навіть при відключенні живлення від решти MAX30102.

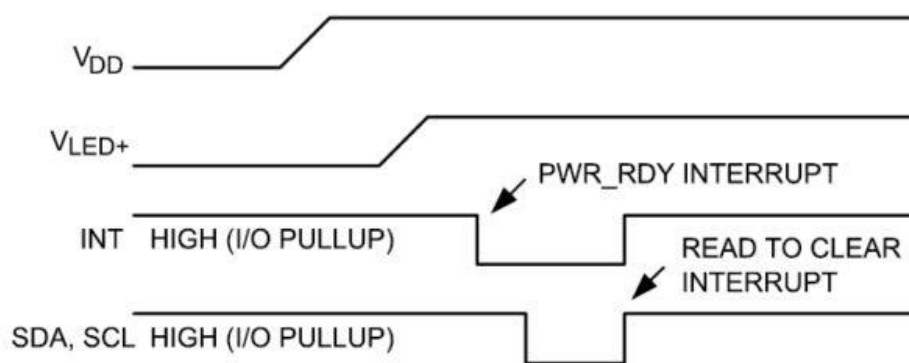


Рис. 2.6 – Принцип роботи датчика

Після встановлення необхідних рівнів напруги живлення генерується переривання, щоб повідомити зовнішнього процесора про готовність MAX30102 до виконання операцій. Прапор переривання очищається після

читання з регістру переривань. Послідовність відключення джерел живлення може бути будь-якою.

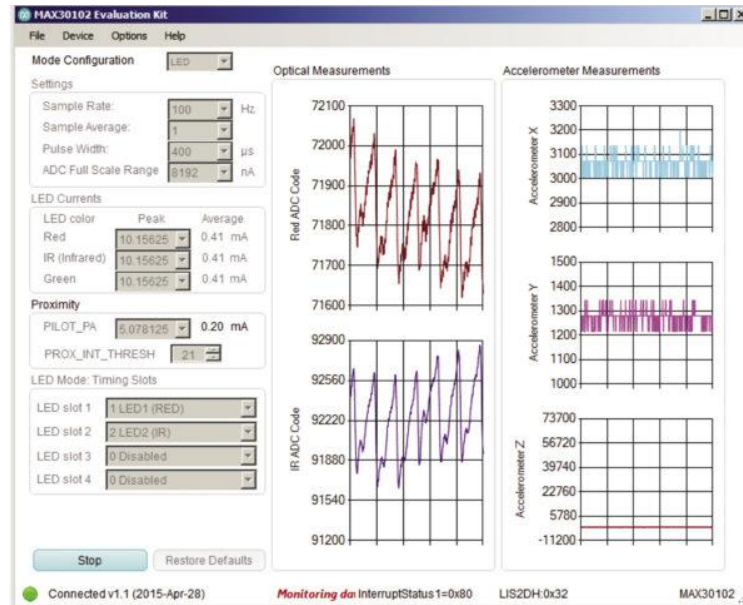


Рис. 2.7 – Вікно для оцінювання комплексу

Для спрощення розробки та прискорення процесу налагодження нових приладів на основі MAX30102 компанія Maxim Integrated пропонує оцінний комплект (EV) MAX30102, що складається із двох плат. До материнської плати USBOSMB підключається плата розширення MAX30102DBEVKIT, яка включає MAX30102 та акселерометр (рис.).

2.1.1 Принцип роботи датчика

MAX30102 або будь-який оптичний пульсоксиметр і датчик частоти серцевих скорочень складається з пари високоінтенсивних світлодіодів (ЧЕРВОНИЙ та ІЧ-інфрачервоний, обидва різної довжини хвилі) і фотодетектора. Довжина хвилі цих світлодіодів становить 660 нм і 880 нм відповідно.

MAX30102 працює, направляючи обидва світла на палець або мочку вуха (або, по суті, в будь-яке місце, де шкіра не надто товста, тому обидва світла можуть легко проникати в тканини) і вимірюючи кількість відбитого світла за допомогою фотодетектора. Цей метод виявлення імпульсів за

допомогою світла називається фотоплетизмограмою. Роботу MAX30102 можна розділити на дві частини: вимірювання серцевого ритму та пульсоксиметрію (вимірювання рівня кисню в крові).

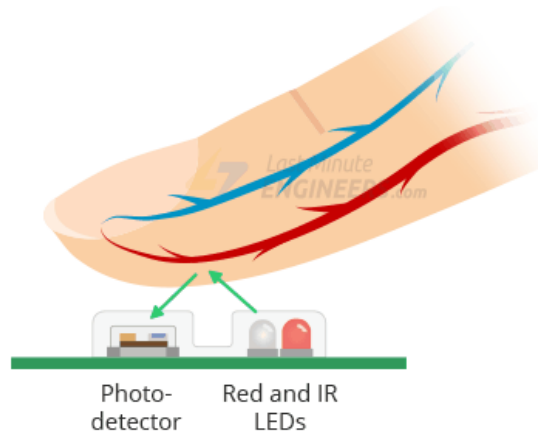


Рис. 2.8 – Принцип роботи датчика

Насичений киснем гемоглобін (HbO_2) в артеріальній крові має властивість поглинати ІЧ-світло. Чим червоніша кров (чим вище гемоглобін), тим більше ІЧ-світла поглинається. Коли кров прокачується через палець з кожним ударом серця, кількість відбитого світла змінюється, створюючи змінну форму хвилі на виході фотодетектора. Коли ви продовжуєте освітлювати світло та знімаєте показання фотодетектора, ви швидко починаєте отримувати показання пульсу серцебиття (ЧСС).

Модуль MAX30102 забезпечує наступні підключення:

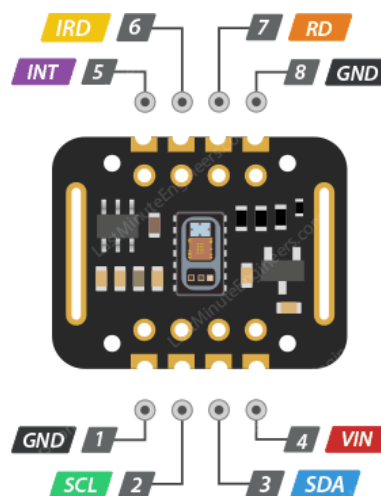


Рис. 2.9 – Схема підключень MAX30102

-
- VIN є штифтом живлення. Ви можете підключити його до виходу 3,3 В або 5 В від вашого Arduino.
 - SCL це штифт годинника I2C, підключіть його до лінії годинника I2C вашого Arduino.
 - SDA це контакт даних I2C, підключіть до лінії даних I2C вашого Arduino.
 - INT MAX30102 можна запрограмувати на створення переривання для кожного імпульсу. Ця лінія з відкритим стоком, тому вона підтягується ВИСОК вбудованим резистором. Коли виникає переривання, контакт INT переходить в LOW і залишається LOW, поки переривання не буде очищено.
 - IRD MAX30102 інтегрує світлодіодний драйвер для керування світлодіодними імпульсами для вимірювання SpO2 та ЧСС. Використовуйте це, якщо ви хочете самостійно управляти ПЧ-індикатором, інакше залиште його не підключеним.
 - RD pin схожий на контакт IRD, але використовується для керування червоним світлодіодом. Якщо ви не хочете керувати червоним світлодіодом самостійно, залиште його не підключеним.
 - GND є земля.

2.2 Мікроконтролер ESP8266

ESP8266 - мікроконтролер від виробника Espressif з підтримкою WiFi-інтерфейсу. Управляти всім цим можна не лише з браузера, але й із програм на Android/iOS/Desktop. Якщо МК застосовуватиметься там, куди не дістає WiFi-мережа, то ESP8266 може працювати в режимі точки доступу.

Цей мікроконтролер можна використовувати для керування та моніторингу розроблених систем і продуктів, реєстрації даних датчиків тощо. Усе це робить його ідеальним обладнанням для проектів автоматизації підключеного дому. Він буває різних форм і форм, причому NodeMcu (з найновішим чіпом ESP8266-E12) є найпопулярнішою платою для розробки

серед них. Усі варіанти ESP8266 мають основний процесор ESP8266EX і 32-розрядний мікроконтролер Tensilica L106. Це низька вартість, висока продуктивність, низьке енергоспоживання, легке програмування, бездротова SoC (система на чіпі). Він надає можливості для 2,4 ГГц Wi-Fi (802.11 b/g/n, підтримка WPA/WPA2), універсального введення/виводу (13 GPIO), міжінтегральної схеми (I²C), аналого-цифрового перетворення (10 -бітовий АЦП), послідовний периферійний інтерфейс (SPI), інтерфейси I²S з DMA (спільний доступ до контактів з GPIO), UART (на виділених контактах, плюс UART тільки для передачі може бути увімкнений на GPIO2) і широтно-імпульсна модуляція (PWM) .

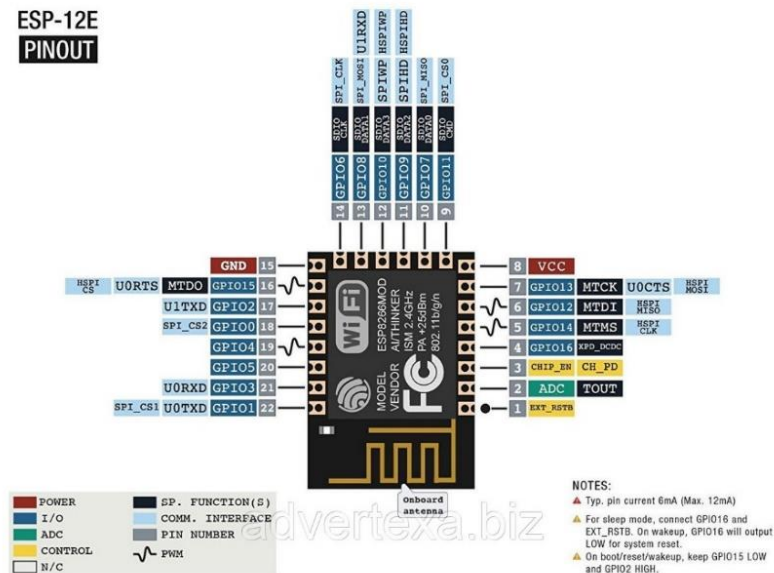


Рис. 2.10 - Схема модулю ESP8266

Характеристики:

- Протоколи: 802.11 b/g/n/e/i.
- Діапазон частот: 2.4 ГГц – 2.5 ГГц.
- Процесорне ядро: Tensilica L106 32 розряди.
- Діапазон напруги живлення: 2.5 В – 3.6 В.
- Середнє споживання струму: 80 мА.
- Режими WiFi: Station/SoftAP/SoftAP+Station.

-
- Безпека: WPA/WPA2.
 - Шифрування: WEP/TKIP/AES.
 - Оновлення прошивки: через UART, по радіоканалу (OTA - Over The Air).
 - Мережеві протоколи: IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP.
 - Підтримка WiFi Direct (P2P), P2P Discovery, P2P GO (Group Owner) mode, GC mode, P2P Power Management.
 - Вбудовані прискорювачі апарату: CCMP (CBC-MAC, режим лічильника), TKIP (MIC, RC4), WAPI (SMS4), WEP (RC4), CRC.
 - Підтримка LUA-скриптів.

Цей модуль має достатньо потужні вбудовані можливості обробки та зберігання, що дозволяє його інтегрувати з датчиками та іншими пристроями, що стосуються додатків, через свої GPIO з мінімальною розробкою на початку та мінімальним навантаженням під час виконання. Його високий рівень інтеграції на чіпі дозволяє мінімально використовувати зовнішні схеми, включаючи фронтальний модуль, призначений для того, щоб займати мінімальну площу друкованої плати. ESP8266 підтримує APSD для додатків VoIP та інтерфейсів спільного існування Bluetooth, він містить самокалібрований РЧ, що дозволяє йому працювати за будь-яких умов експлуатації, і не вимагає зовнішніх РЧ-компонентів.

Основні налаштування:

- Upload speed: швидкість завантаження прошивки.
- CPU Frequency: частота тактування процесора. Більшість завдань вистачить стандартних 80 МГц.
- Flash Size: розподіл пам'яті, налаштування має вигляд хМВ (FS: хМВ OTA: ~ хКВ). Розмір пам'яті під програму не змінюється – це 1 МБ.
- Перше число: повний обсяг мікросхеми пам'яті (в основному 4МВ, на Wemos та NodeMCU стоять такі).
- Друге число: обсяг під файлове сховище.

- Третє число: обсяг під ОТА (оновлення повітрям) – завжди менше 1 МБ.
- Flash mode: режим завантаження Flash пам'ять.
- DOUT: повільний, але сумісний із усіма модифікаціями esp8266.
- QIO: швидший, але працюватиме не на всіх чіпах.
- Erase Flash: режим очищення пам'яті.
- Only Sketch: стерти лише програму.
- Sketch + WiFi Settings: стерти програму та налаштування WiFi (логін-пароль останнього підключення тощо).
- All Flash Contents: повністю очистити пам'ять.
- Порт: до якого порту підключено плату.

Для початку роботи з будь-якою платою (навіть саморобною) можна вибрати пункт Generic esp8266, буде доступний повний набір налаштувань. Для роботи із Wemos Mini вибираємо LOLIN Wemos D1 R2 mini. Налаштувань стане менше, а до пін плати можна буде звертатися у програмі з їх підписів на платі (Dn).

У самого мікроконтролера esp8266 всі виводи пронумеровані цифрами. На розпинівці вони підписані як GPIO_n, де n – номер. На платі (NodeMCU, Wemos Mini) пини підписані як D_n і ці номери не спадають з номерами GPIO! При роботі, наприклад, з Wemos можна використовувати як нумерацію виводів GPIO (`digitalWrite(5, LOW)`), так і D-нумерацію пінів на платі (`digitalWrite(D1, LOW)`) – якщо обрана плата Wemos. Новички дуже часто в цьому путаються, будьте внимательни.

Також GPIO1 і GPIO3 підписані на платі, як TX і RX, за цими назвами також можна звертатися (`digitalWrite(TX, LOW)`). Протокол дейтаграм користувача UDP також є іншим типом Інтернет-протоколу. Цей тип зв'язку швидше, ніж TCP, але менш точний. Причина в тому, що TCP використовує підтвердження під час спілкування, але UDP ні. TCP в основному використовується в мережах, де є вимоги до високої надійності. UDP

використовується там, де швидкість має більший пріоритет, ніж надійність. Наприклад, UDP використовується у відеоконференціях, тому що навіть якщо деякі пікселі не передаються, це не так сильно вплине на якість відео, але швидкість дуже важлива більшість проектів і кодів ESP8266 працюють навколо TCP/IP, UDP буде найменше турбувати.

Якщо говорити про WebSocket, протокол комп'ютерного зв'язку, що забезпечує повнодуплексні канали зв'язку через одне TCP-з'єднання. Протокол WebSocket був стандартизований IETF як RFC 6455 у 2011 році, а API WebSocket у Web IDL стандартизується W3C.

2.2.1 Платформа NodeMcu

NodeMcu – платформа на основі ESP8266 для створення різних пристроїв Інтернету речей (IoT). Модуль вміє відправляти та отримувати інформацію в локальну мережу або інтернет за допомогою Wi-Fi. Недорогий модуль часто використовується для створення систем розумного будинку або роботів Arduino, що керуються на відстані.

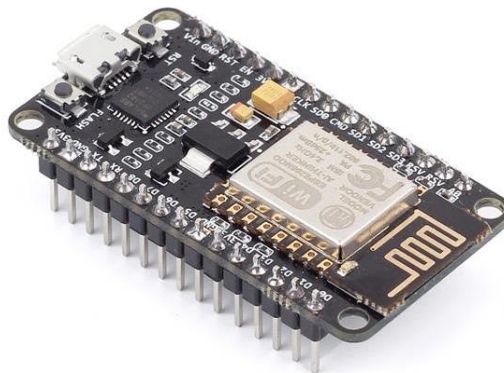


Рис. 2.11 - Схема модулю ESP8266 NodeMcu v3

Однак, як чіп, ESP8266 також важкодоступний. Для початку роботи, потрібно припаяти дроти з відповідною аналоговою напругою до його контактів для виконання найпростіших завдань, таких як увімкнення або відправка натискання клавіші на «комп'ютер» на чіпі. Наступним кроком

потрібно запрограмувати його в машинних інструкціях низького рівня, які можна інтерпретувати апаратним забезпеченням мікросхеми.

Цей рівень інтеграції не є проблемою для використання ESP8266 як вбудованого чіпа контролера в електроніці масового виробництва. Це величезний тягар для любителів, хакерів або студентів, які хочуть поекспериментувати з цим у своїх власних проєктах IoT.

Домашня автоматизація та IoT – підключення пристроїв до мережі сьогодні є однією з тенденцій, що постійно розвивається. Враховуючи його дешеву ціну, зручне налаштування та величезну спільноту, яка сприяє створенню бібліотек і проєктів із відкритим кодом, ви відразу зрозумієте, чому цей чіп викликає такий великий інтерес. Подібно до NodeMCU, апаратне забезпечення Arduino являє собою плату мікроконтролера з роз'ємом USB, світлодіодними індикаторами та стандартними контактами даних. Він також визначає стандартні інтерфейси для взаємодії з датчиками або іншими платами.

Технічні характеристики модуля:

- Підтримує Wi-Fi протокол 802.11 b/g/n;
- Підтримувані режими Wi-Fi - точка доступу, клієнт;
- Вхідна напруга 3,7 - 20 В;
- Робоча напруга 3-3,6В;
- Максимальний струм 220мА;
- Вбудований стек TCP/IP;
- Діапазон робочих температур від -40 до 125С;
- 80 МГц, 32-бітовий процесор;
- Час пробудження та відправлення пакетів 22мс;
- Вбудовані TR перемикач та PLL;
- Наявність підсилювачів потужності, регуляторів, систем керування

живленням.

Існує кілька поколінь плат NodeMcu - V1 (версія 0.9), V2 (версія 1.0) та V3 (версія 1.0). Позначення V1, V2, V3 використовуються для продажу в інтернет-магазинах. Нерідко відбувається плутанина у платах – наприклад, V3 зовні ідентична V2. Також усі плати працюють за принципом open-source, тому їх можуть виготовляти будь-які фірми. Але зараз виробництвом плат NodeMcu займаються Amica, DOIT і LoLin/Wemos.

Плати покоління V1 і V2 легко відрізнити - вони мають різний розмір. Також друге покоління оснащено покращеною модифікацією чіпа ESP-12 та 4 Мб флеш-пам'яті. Перша версія, що застаріла, виконана у вигляді яскравої жовтої платформи. Використовувати її незручно, оскільки вона покриває 10 виходів макетної плати. Плата другого покоління зроблена з виправленням цього недоліку - вона стала вужчою, виходи добре підходять до контактів плати. Плати V3 зовні нічим не відрізняються від V2, вони мають більш надійний USB-вихід.

Випускає плату V3 фірма LoLin, з відмінностей від попередньої плати можна відзначити те, що один із двох зарезервованих виходів використовується для додаткової землі, а другий – для USB живлення. Також плата відрізняється більшим розміром, ніж попередні види.

Переваги NodeMcu v3:

- Наявність інтерфейсу UART-USB із роз'ємом micro USB дозволяє легко підключити плату до комп'ютера.
- Наявність флеш-пам'яті 4 Мбайт.
- Можливість оновлювати прошивку через USB.
- Можливість створювати скрипти на LUA та зберігати їх у файловій системі.

Основним недоліком є можливість виконувати лише LUA скрипти, які розташовані в оперативній пам'яті. Цього типу пам'яті мало, обсяг становить лише 20 Кбайт, тому написання великих скриптів викликає низку труднощів. Насамперед, весь алгоритм доведеться розділяти на лінійні

блоки. Ці блоки потрібно записати в окремі файли системи. Всі ці модулі виконуються за допомогою оператора dofile.

Модуль V3 має 11 контактів введення-виведення загального призначення. Крім цього деякі з висновків мають додаткові функції:

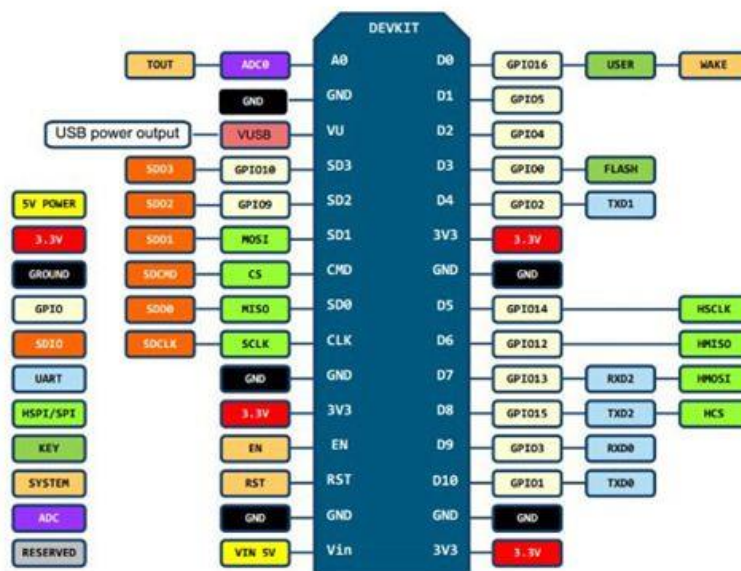


Рис. 2.12 - Схема підключень ESP8266 NodeMCu v3

Опис позначень рис. 2.12:

- D1-D10 – висновки із широтно-імпульсною модуляцією;
- D1, D2 – висновки для інтерфейсу I²C/TWI;
- D5-D8 - висновки для інтерфейсу SPI;
- D9, D10 – UART;
- A0 – вхід із АЦП.
- На платі NodeMCU, ці пини вже підтягнуті резисторами до потрібної напруги, тому потрібно кілька разів подумати, що ви до них підключаєте та як воно вплине на напругу на пині. Наприклад, можна підключити еncoder, він притисне системний пін до GND і esp не запуститься. На GPIO16/D0 не можна підключати переривання (`attachInterrupt()`) і включати ШИМ сигнал (`analogWrite()`). Максимальний струм із GPIO – 12 мА. Світлодіод LED_BUILTIN знаходиться на пині GPIO2 і його поведінка інвертована: при подачі LOW він вмикається і навпаки.

В основу платформи завантажено стандартну прошивку Node MCU, в яку вбудований інтерпретатор мови Lua. За допомогою Lua-команд можна виконувати такі дії:

- Підключення до Wi-Fi точки доступу;
- Робота у ролі Wi-Fi точки доступу;
- Перехід у режим глибокого сну зменшення споживання енергії;
- Увімкнення або вимкнення світлодіода на виході GPIO16;
- Виконує різні операції з файлами у флеш-пам'яті;
- Пошук відкритої Wi-Fi мережі, підключення до неї;
- Виведення MAC адреси;
- Управління таймерами користувача.

Для програмування NodeMCU можна використовувати Arduino IDE чи комплекс засобів розробки SDK – ESPlorer. Цей комплекс має низку відмінностей:

- Може працювати на багатьох різних платформах;
- Має підтримку декількох відкритих файлів;
- Дозволяє підсвічувати код мови Lua;
- Можливість розумного надсилання файлів;
- Можливість підтримки кількох видів прошивки одночасно.

2.3 Виновки до розділу 2

У цьому розділі проаналізовано вибір комплектуючих для апаратно-програмного модуля. Цей вибір був зроблений на користь таких компонентів як ESP8266 і MAX30102, оскільки вони найбільше підходять для цього прототипу а також майбутніх перспектив. Більша кількість мікроконтролерів для розробників завжди позитивна, тому що при більшому виборі можна підібрати більш відповідний МК і плату в залежності від того, що важливіше в новому проекті.

Завжди будуть затребувані мікроконтролери з великою кількістю

периферії, так і дрібні з гарним співвідношенням споживання до продуктивності, але мають достатньо пам'яті для різних свистелок та хотілок.

Що стосується датчика MAX30102, то воно, як було зазначено вище, може вимірювати одразу 3 показники, але для більш точного результату, для прототипу потрібно брати декілька. Деякі електронні пристрої відрізняються багатофункціональністю. Саме тому при виборі медичного пульсоксиметра слід спочатку потрібно звернути увагу на тип датчика.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМНА ЧАСТИНА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ

3.1 Середовище розробки апаратно-програмного модулю

Arduino IDE — інтегроване середовище розробки для Windows, MacOS та Linux, розроблене на Сі та С++, призначене для створення та завантаження програм на Arduino-сумісні плати, а також на плати інших виробників.

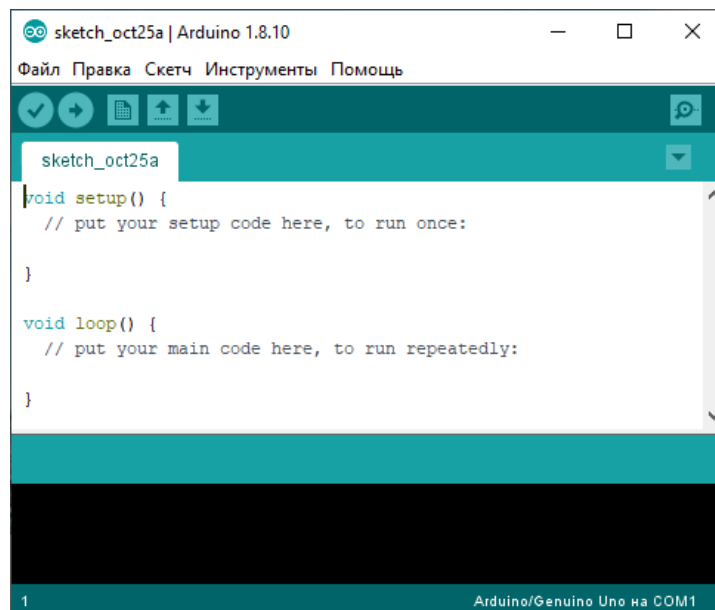


Рис. 3.1 – Інтерфейс Arduino IDE

Вихідний код для середовища випущено під загальнодоступною ліцензією версії GNU 2. Підтримує мови Сі та С++ з використанням спеціальних правил структурування коду. Arduino IDE надає бібліотеку програмного забезпечення з проекту Wiring, яка надає безліч загальних процедур введення та виведення.

Абревіатура IDE розшифровується як Integrated Development Environment, у перекладі – інтегроване середовище розробки. За допомогою цього середовища програмісти пишуть програми, причому роблять це набагато швидше та зручніше, ніж при використанні звичайних текстових редакторів, хоча їх також можна використовувати для написання коду програм.

Для написаного користувачем коду потрібні лише дві базові функції для запуску ескізу та основного циклу програми, які скомпільовані і пов'язані з заглушкою програми `main ()` у циклічну програму з ланцюжком інструментів GNU, також включеної в дистрибутив IDE.

Arduino IDE дозволяє складати програми для зручного текстового редактора, компілювати їх у машинний код, і завантажувати на всі версії плати Arduino. Програма є повністю безкоштовним, а скачати його можна на офіційному сайті спільноти Arduino.

Використовує програму `avrdude` для перетворення коду, що виконується, в текстовий файл у шістнадцятковому кодуванні, який завантажується в плату Arduino програмою-завантажувачем у вбудованому програмному забезпеченні плати.

Зі зростанням популярності Arduino інші постачальники в якості програмної платформи почали впроваджувати компілятори та інструменти з відкритим вихідним кодом (ядра), які можуть створювати і завантажувати ескізи в інші мікроконтролери, що не підтримуються офіційною лінійкою мікроконтролерів Arduino.

У жовтні 2019 року організація Arduino почала надавати ранній доступ до нової Arduino Pro IDE з налагодженням та іншими розширеними функціями.

Sparkfun має бібліотеку, яка обробляє зв'язок між Arduino та MAX30102. Для цього будемо використовувати бібліотеку Sparkfun для обробки високошвидкісного зчитування даних червоного та ІЧ-відображення. У середовищі Arduino IDE:

- Перейдіть до Sketch -> Увімкнути бібліотеку -> Управління бібліотеками.
- Введіть "max30" у рядок пошуку.
- Завантажте «Бібліотеку датчиків імпульсів та наближення Sparkfun MAX3010x»

3.2 Вимоги до синтаксису

Перед тим як починати працювати над кодом, для початку потрібно встановити бібліотеку:

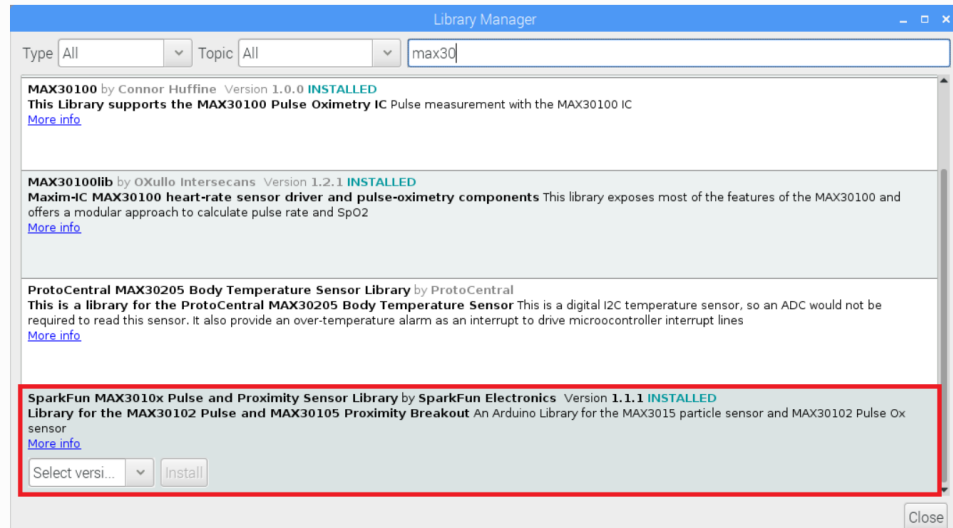


Рис. 3.2 – Встановлення бібліотеки

Бібліотеки Arduino беруть на себе складне завдання і зводять його до простих у використанні функцій. Користувачі Arduino написали багато цікавих доповнень для Arduino.

Для даного апаратно-програмного модулю було обрано бібліотеку SparkFun для датчику MAX30102 на рис. 3.2. Ця бібліотека також сумісна з усіма архітектурами, тому можна використовувати її на всіх платах Arduino.

Після того як підключили бібліотеку та обрали мову програмування, можа приступати до проекту.

```
#define MAX_BRIGHTNESS 255
uint32_t irBuffer[100]; //infrared LED sensor data
uint32_t redBuffer[100]; //red LED sensor data
int32_t bufferLength; //data length
int32_t spo2; //SPO2 value
int8_t validSPO2; //indicator to show if the SPO2 calculation is valid
int32_t heartRate_spo2; //heart rate value for spo2 procedure
int8_t validHeartRate_spo2; //indicator to show if the heart rate calculation is valid

const byte RATE_SIZE = 4; //Increase this for more averaging. 4 is good.
byte rates[RATE_SIZE]; //Array of heart rates
byte rateSpot = 0;
long lastBeat = 0; //Time at which the last beat occurred
```

Рис. 3.3 – Додавання масиву

На рис. 3.3 показано налаштування датчик для обробки даних SpO2 та показників пульсу.

```
MAX30105 particleSensor;  
  
const byte RATE_SIZE = 4; //Increase this for more averaging. 4 is good.  
byte rates[RATE_SIZE]; //Array of heart rates  
byte rateSpot = 0;  
long lastBeat = 0; //Time at which the last beat occurred
```

Рис. 3.4 – Додавання масиву

На рис. 3.4 показано частину коду в якому буде обробка даних масиву серцевого ритму. Це потрібно щоб датчик міг зчитувати інформацію користувача.

```
float beatsPerMinute;  
int beatAvg;  
int appmode = 0; // 0 - heart rate, 1 - temperature, 2 - SpO2  
int HRCounter = 0;  
float currentTemp = 0;  
long Temp = 0;  
float averageTemp = 0;  
float TempCounter = 0;  
long irValue = 0;  
void setup()  
{  
  Serial.begin(115200);  
  Serial.println("Initializing...");  
}
```

Рис. 3.5 – Значення 3 показників

MAX30102 здатний обробляти дані відразу 3 показники: пульс, рівень оксигенації в крові, температуру.

```
// Initialize sensor
if (!particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST)) //Use default I2C port, 400kHz speed
{
  Serial.println("MAX30105 was not found. Please check wiring/power. ");
  while (1);
}
Serial.println("Place your index finger on the sensor with steady pressure.");
setup_hr_mode();
```

Рис. 3.6 – Ініціалізація сенсору

Під поняттям ініціалізація мається на увазі підготовка до роботи та визначення параметрів налагодження програм для безпомилкової роботи. Принцип її дії спрямований ззовні щодо об'єкта, який ініціалізується. Насамперед, ця процедура відповідає за налаштування певних параметрів і правил, за якими буде здійснюватися робота програмного забезпечення.

Існуючі напрямки ініціалізації:

- ініціалізація програм та додатків усіх типів;
- жорстких магнітних накопичувачів;
- пристроїв та підсистем друку;
- додатків та модемів на мобільних апаратах.

```
void setup_hr_mode()
{
  particleSensor.setup(); //Configure sensor with default settings
  particleSensor.setPulseAmplitudeRed(0x0A); //Turn Red LED to low to indicate sensor is running
  particleSensor.setPulseAmplitudeGreen(0); //Turn off Green LED
}

void setup_temp_mode()
{
  particleSensor.setup(0); //Configure sensor. Turn off LEDs
  particleSensor.enableDIETEMPRDY(); //Enable the temp ready interrupt. This is required.
}

float check_temperature()
{
  return particleSensor.readTemperature();
}
```

Рис. 3.7 – Встановлення базових налаштувань для датчика

Для того щоб датчик працював коректно, на рис. 3.5 розроблено декілька режимів, щоб користувачу було зрозуміліше коли датчик працює через LED.

```
HRCounter = 0;
appmode++;
Serial.print("The last IR value=");
Serial.print(irValue);
Serial.print(", the last BPM=");
Serial.print(beatPerMinute);
Serial.print(", Avg BPM=");
Serial.print(beatAvg);
if (irValue < 50000)
    Serial.print(" No finger, can't measure heart rate ");
Serial.println();
```

Рис. 3.8 – Вивід показників у консоль

3.3 Застосунок для Android/iOS користувачів

Figma – графічний редактор для спільного проектування сайтів, програм та інших дизайнерських продуктів. Вона з'явилася в 2016 році як аналог Sketch та Adobe XD, але через пару років стала одним із найпопулярніших інструментів у дизайнерів. У Фігмі можуть працювати дизайнери, маркетологи, менеджери та розробники. У цьому розділі розповімо про основні сценарії використання сервісу та його переваги перед іншими графічними редакторами. Всі файли Figma зберігаються не у ПК користувача, а у хмарі. Тому доведеться переживати за їх збереження і щоразу шукати чернетки макета з назвою «фінал52» у «Новій папці 28». Усі зміни у Figma зберігаються автоматично.

Хмарне зберігання дозволяє використовувати Figma як скарбничку для гарних картинок. Але майте на увазі, що чим більше зображень у файлі, тим довше доведеться чекати на їхнє остаточне завантаження.

У Figma можна відобразити елементи інтерфейсу, створити інтерактивний прототип сайту та програми, ілюстрації, векторну графіку. Багато дизайнерів роблять у ній макети сайтів для Тільди. Якщо потрібно гнучкіше працювати з інтерфейсною графікою, можна відмалювати макет у Фігмі і перенести в Тільду.

Зручний інструмент усередині Figma, який схожий на артборди у Photoshop. По суті, кадр - це окреме полотно, всередині якого дизайнери можуть проектувати екрани додатків. До Figma кільком дизайнерам складно було працювати над одним проектом та передавати макети розробникам. Локальні файли передавати один одному незручно, а той же Photoshop може відмовитись відкривати макет без потрібних шрифтів. У Figma всіх цих проблем немає, тому що всі файли знаходяться в хмарі і команда може одночасно змінювати все, що завгодно.

Щоб не доводилося щоразу вивіряти висоту та ширину кадрів, розробники передбачили кілька стандартних розмірів під різні пристрої: всі види iPhone та найпопулярніші смартфони з Android.

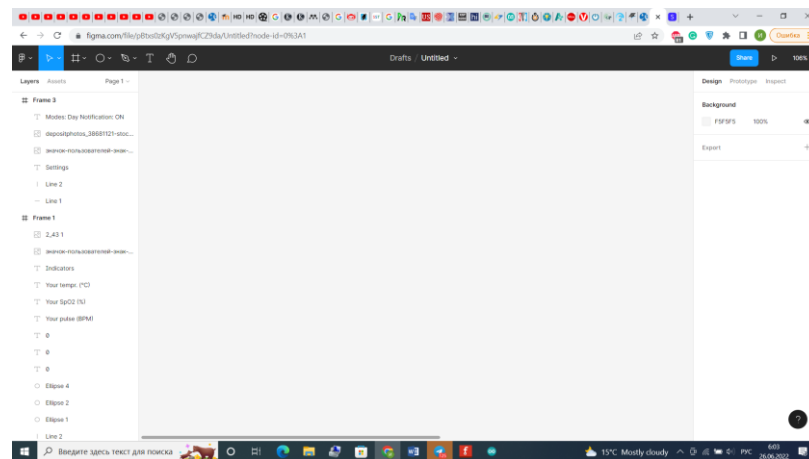


Рис. 3.9– Головна сторінка програми

Елементи інтерфейсу – це зовнішній вигляд продукту. У Фігмі можна створити кнопки, іконки, форми зворотного зв'язку та налаштувати ефекти: зробити клікабельні кнопки, розкрити списки, створити анімацію для блоків та попапів.

Ці елементи дозволяють вам стандартизувати абсолютно все, що є у макеті. За допомогою компонентів можна задати загальний стиль макету та у разі потреби змінити його.

Наприклад, ви закінчили розробку 50 макетів, замовник попросив вас поміняти пункт меню у шапці та надіслати всі макети на затвердження. У

Photoshop на це завдання доведеться витратити цілий день, а у Figma, завдяки компонентам, всього кілька секунд.

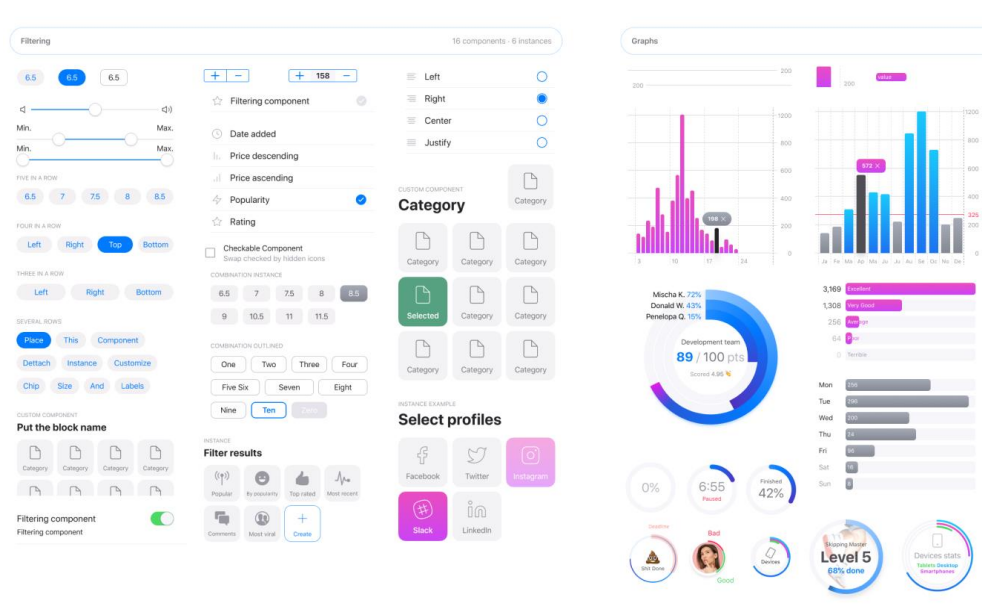


Рис. 3.10– Головна сторінка програми

Для подальшого розвитку апаратно-програмного модулю, та завдяки можливостям МК ESP8266, було розроблено UI майбутнього застосунку для користувачів Android або IOS.

Цей застосунок дозволить користувачу перевіряти свій стан здоров'я.

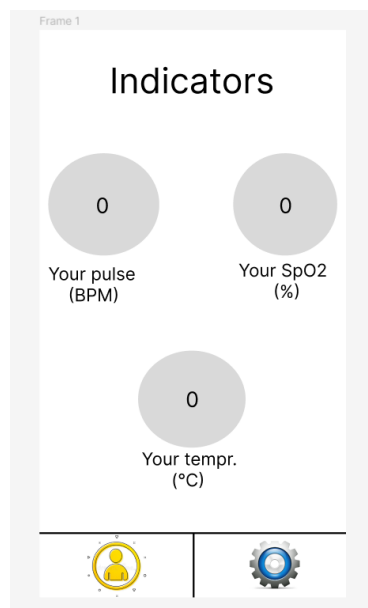


Рис. 3.11– Головна сторінка застосунку

Відкривши даний застосунок який показано на рис. 3.9, користувач перейде до вкладки Indicators, де він, або вона зможе побачити дані, які будуть считуватися з датчика MAX30102. Данні будуть зчитуватися кожні декілька секунд.

Ця вкладка включає в себе:

- Your pulse – показник пульсу;
- Your SpO2- показник рівня кисню в крові;
- Your tempr- показник температури тіла;

А також в нижній частині показано 2 іконки: профілю, та налаштування.

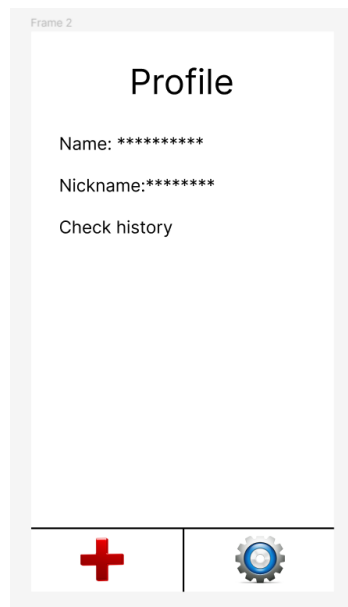


Рис. 3.12 – Сторінка профілю

На рис. 3.10 показано другу вкладку що називається Profile. Тут користувач зможе вказати свої данні, а також побачити історію, в якому в перебігу часу можна побачити та проаналізувати показники, які робились у минулому.

І на останній вкладки що показано на рис. 3.11 користувач зможе налаштувати цей застосунок під себе.

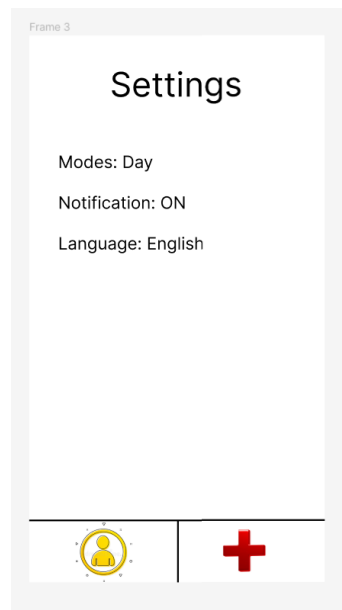


Рис. 3.13 – Сторінка Settings

3.4 Релультат вкнаної роботи

3.4.1 Схема прототипу

Fritzing – це програмний пакет з відкритим кодом, який використовується для прототипування проектів на базі платформ Arduino, RaspberryPi та інших.

Робота з новим проектом у Fritzing починається з макетної плати та вибору готових компонентів, перелік яких розташований у правій частині робочого вікна. Тут доступні для використання різні макетні плати, платформи Arduino, RaspberryPi, SparkFunn багато інших, цілий радіодеталей: конденсатори, транзистори, резистори, світлодіоди, батарейки, кнопки. Є бібліотека пристроїв для робототехніки: мотори, датчики, динаміки, сервоприводи, крокові двигуни та багато іншого. Також у Fritzing можна створювати власні елементи.

У цьому середовищі є компілятор і завантажувач скетчів. Fritzing можна вважати неофіційною «просунутою» версією ArduinoIDE, тому що в цій програмі є ті самі інструменти, але її можливості значно розширені. Однак, Fritzing не є симулятором, як здається на перший погляд.

Склавши схему на макетній платі та написавши код програми, ви не зможете перевірити роботу вашого пристрою в дії, якщо не підключить справжню плату Arduino до комп'ютера.

У процесі складання макетної схеми автоматично генерується так звана принципова схема.

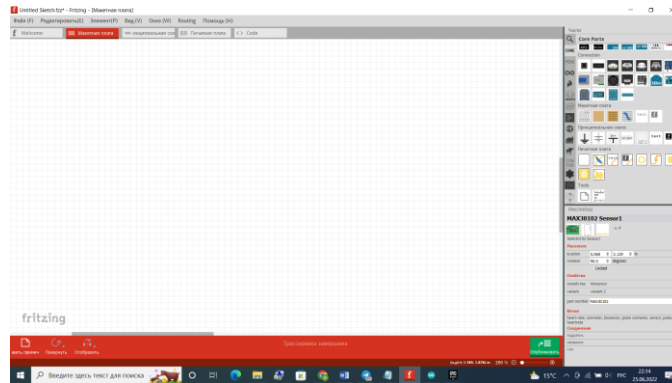


Рис. 3.14 – Вікно програми

В данному програмному пакеті було розроблено електрону схему апаратно-програмного модулю.

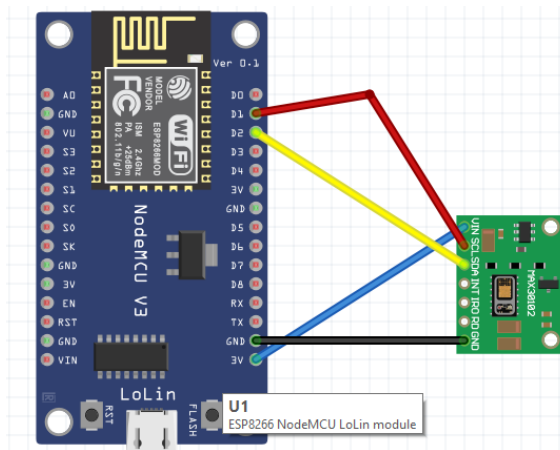


Рис. 3.15 – Схема протипа

Принципова електрична схема служить передачі за допомогою умовних графічних і буквенно-цифрових позначень зв'язків між елементами електричного пристрою, на відміну макетної, де радіодеталі і проводи зображені як свого спрощеного образу. Макетні схеми виглядають красиво, але громіздкі та непрактичні. Принципові схеми компактні та наочні.

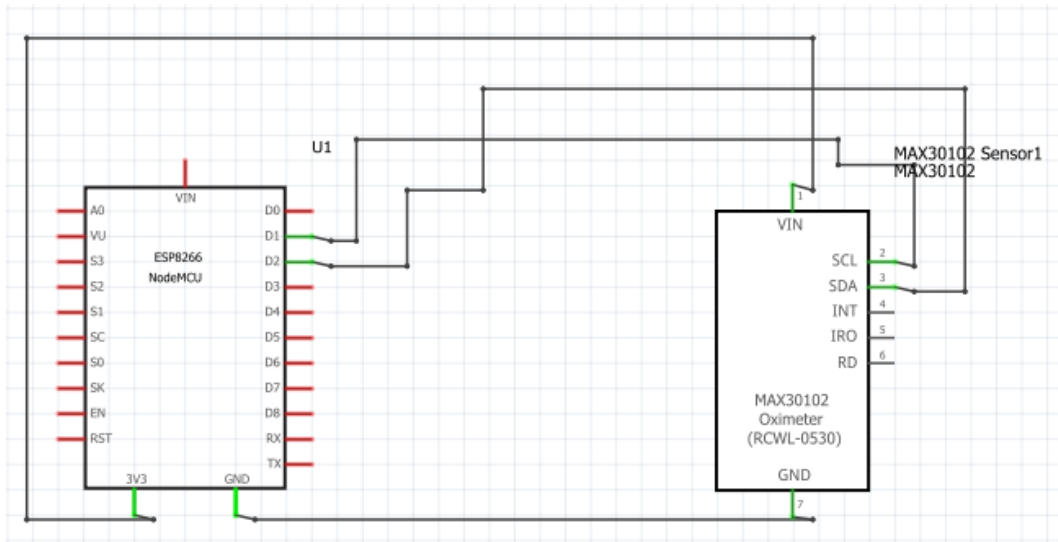


Рис. 3.16 – Електронна схема протипа

Крім того, Fritzing може генерувати малюнок для друкованої плати, автоматично розміщуючи доріжки максимально компактно і зручно. При експорті електричної схеми як малюнка для друкованої плати користувач може заздалегідь дзеркально відобразити схему для подальшого друку і створення плати.

Fritzing - чудовий інструмент для роботи з Arduino та макетною платою. Конструктор макетної схеми, будучи зручним інструментом на ранньому етапі проектування пристрою є відмінною перевагою цього середовища. Більшість ілюстрацій до цього посібника створено серед Fritzing.

3.4.2 Робота приладу

Управління роботою MAX30102 здійснюється через внутрішні програмні регістри. Цифрові вихідні дані можуть бути збережені у 32-бітному буфері FIFO, який дозволяє через загальну шину послідовно передавати цифровий потік на зовнішній контролер. Буфер FIFO може розвантажити мікроконтролер від зчитування кожного нового зразка даних з датчика, тим самим заощаджуючи потужність системи.

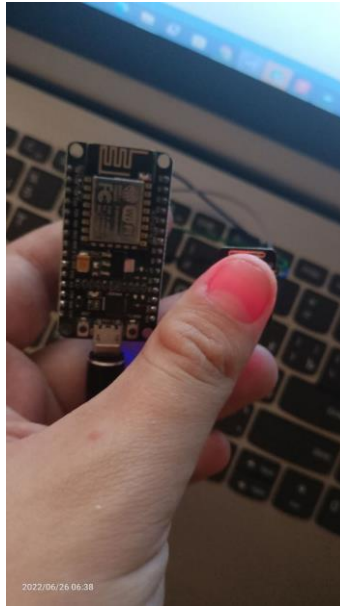


Рис. 3.17 – Демонстрація роботи прототипу

Після підключення прототипу до ПК, індикатор на датчику загориться червоним. Це означає що він готов до роботи. На рис. 3.15 показано демонстрацію та вигляд прототипу. Після того як користувач прикладе палець до датчику, буде отримуватися такі показники:

```
COM5  
  
The last IR value=101675, the last BPM=119.52, Avg BPM=93  
Temperature = 34.00  
  
, SPO2=98, SPO2Valid=1
```

Рис. 3.18 – Демонстрація зчитування даних

Зчитування даних буде проходити кожні декілька секунд, і кожний раз давати інший результат

3.5 Висновки до розділу 3

У розділі 3 вибираються технології, мови програмування та компоненти АПЗ. Для розробки програмного забезпечення було обрано технологію Arduino та мову програмування Arduino, Arduino Development Environment

(IDE), оскільки в цьому проекті була використано мікроконтролер ESP8266 та датчик MAX30102. Дано опис використовуваних функцій. Також вибираються необхідні бібліотеки та описується їх структура та функціональні можливості.

У цьому розділі було описано функціональність компонентів і їх переваги і недоліки. В описі представлена схема підключення компонентів пристрою до Arduino. Після цього була побудована електрична схема блоку та розроблена фізична модель прототипу. Модель працює з використанням інформації, отриманої від датчика, для визначення температури тіла, пульсу, рівня оксигенації в крові у відсотках. Показує результат складання пристрою, загальний вигляд пристрою зсередини (з'єднання всіх компонентів) і зовні.

ВИСНОВКИ

Згідно мети бакалаврської роботи розроблено апаратно-програмного модулю, який фіксує показники циклічних процесів на базі мікроконтролера Arduino.

З аналітичного огляду джерел інформації встановлено що дуже багато людей саме із за пандемії не встигають побачити свій стан здоров'я, так як один из симптомів COVID-19, це низький рівень оксигенації. Однак, якщо потрібна максимальна точність вимірювання, велика автономність і можливість зберігання даних, ціна пристрою дуже висока, це головний недолік існуючого ринку системи. Вибір компонентів і компонентів розробки залежить від їх технічних пропорцій характеристики прототипу та ціни. Так, для пристрою обрано мікроконтролер ESP8266 і датчик MAX30102, які здатні вимірювати частоту серцевих скорочень і рівень оксигенації та температуру тіла людини.

Вибір впав на ці компоненти, оскільки це була найкраща установка для створення прототипів, відповідати очікуванням. Виберіть технологію Arduino та середовище розробки Arduino для розробки програмного забезпечення (IDE), мова програмування Arduino, оскільки в цьому проекті використовується мікроконтролер Arduino і компоненти АПЗ.

Була побудована схема пристрою та розроблена фізична модель. Тестування приладу виявило, що результати вимірювання одразу з показники бувають досить точними, за винятком показник температурі тіла, оскільки для збільшення точності, потрібно більше датчиків. Отже, дані результати можна вважати коректними в межах похибки, що допускається.

Модель оперує інформацією отриманою з датчиків, для виявлення пульсу, температури тіла, та рівню оксигенації в крові. Розроблений прилад передбачає моніторинг стану здоров'я людини, знаходившись у будь якому місці.

Основним результатом впровадження розробленого апаратно-програмного модулю є зниження кількості захворювань, вчасно виявлення хвороби та призначення лікування, запобігти ускладненням хвороби.

Пристрій можна вдосконалити та покращити, додавши додаткові датчики та модулі, наприклад, розробка додатків для моніторингу та передачі даних на ПК або на смартфони для підключення до систем розумного дому. Модулі пам'яті також можна додати для зберігання та аналізу вимірянні дані, акумулятор (живлення), працює без постійного підключення до мережі. Однак будь-які вдосконалення або доповнення призведуть до зростання ціни. Тому розроблений пристрій має

Найкращі характеристики та ціна на прототип, а саме: вимірювання частоти серцевих скорочень, температури та рівень оксигенації крові, від 250 грн. А будь які додавання мають бути за бажанням і необхідністю покупця або користувача.

Розроблено питання з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Yadav, Arun & banerjee, Basu & Ghosh, Chirashree. (2019). A review on indoor air pollution and associated health impacts with special reference to building designs. International Research Journal of Environmental Sciences. 8. 75-85. URL: <https://inlnk.ru/WE8Zg> (Дата звернення: 23.05.2022).
2. Karagulian, F., Barbiere, M., Kotsev, A., Gerboles, M., Lagler, F. and Borowiak, A., Review of sensors for air quality monitoring, EUR 29826 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. (2019). URL : <https://inlnk.ru/WlkVn> (Дата звернення: 23.05.2022).
3. An Overview of Arduino Nano Board. Electronics. Projects. Focus. URL : <https://inlnk.ru/WNjK2> (Дата звернення: 23.05.2022).
4. Символьный дисплей LCD2004. Символьные. Дисплеи. Iarduino. URL : <https://inlnk.ru/rJZYV> (Дата звернення: 23.05.2022).
5. DS1302 – схема подключения к Arduino. Вольтик. URL : <https://inlnk.ru/WD1dv> (Дата звернення: 23.05.2022).
6. Датчик температуры и влажности DHT-22. Датчики. база знаний. SmartElements. URL : <https://inlnk.ru/q8MIK> (Дата звернення: 23.05.2022).
7. Адресные светодиоды. WS2812B, WS2812S. Разное. Компоненты. База знаний. 3DiY. URL : <https://inlnk.ru/b02ap> (Дата звернення: 23.05.2022).
8. Отклонение и допуск наклона. Метрология, стандартизация и сертификация: нормирование точности. Техника. StudRef. URL : <https://inlnk.ru/WXBKa> (Дата звернення: 27.05.2022).
9. Introduction to DHT22. Electronic Components. Blog. Home. The engineering projects. URL : <https://clck.ru/VQTNr> (Дата звернення: 27.05.2022).
10. Инютин С.А. Метод оценки параметров в системе управления специальной аппаратурой // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. (2015). №1. С. 75-78. URL : <https://clck.ru/VQTQa> (Дата звернення: 27.05.2022).
11. Среда разработки Arduino. Arduino. URL : <https://clck.ru/DXFQ4> (Дата звернення: 03.06.2022).

-
12. Arduino основи програмування. Статті. Geekmatic. URL : <http://surl.li/wihf> (Дата звернення: 03.06.2022).
 13. Thijs Elenbaas. Extension of the standard Arduino EEPROM library. EEPROMEx. Arduino Library List. URL : <http://surl.li/wihh> (Дата звернення: 03.06.2022).
 14. Библиотека FastLED для Ардуино. Дисплеи. Библиотеки для Ардуино. Fosma. URL : <http://surl.li/wihi> (Дата звернення: 03.06.2021).
 15. Работа с символьными ЖК дисплеями 1602,2004. Iarduino. URL : <http://surl.li/wihj> (Дата звернення: 03.06.2022).
 16. Подключение DS1302 к Ардуино по I2C / SPI. Arduino — IoT (интернет вещей). Робототехника Ардуино. URL : <https://clck.ru/VQTe2> (Дата звернення: 03.06.2022).
 17. Подключение датчика DHT11 или DHT22 к Ардуино. Датчики и модули Arduino. ArduinoMaster. URL : <https://clck.ru/GpeAY> (Дата звернення: 03.06.2022).
 18. Подключение LCD 2004A к Arduino. Модули к Arduino. Arduino IDE. URL : <http://surl.li/wihn> (Дата звернення: 03.06.2022).
 19. ESP8266. Начало работы. Особенности. URL : <https://alexgyver.ru/lessons/esp8266/> (Дата звернення: 03.06.2022)

Додаток А

Лістинг програми з розширенням .ino

```
#include <Wire.h>
#include "MAX30105.h"
#include "heartRate.h"
#include "spo2_algorithm.h"

MAX30105 particleSensor;

#define MAX_BRIGHTNESS 255
uint32_t irBuffer[100]; //infrared LED sensor data
uint32_t redBuffer[100]; //red LED sensor data
int32_t bufferLength; //data length
int32_t spo2; //SPO2 value
int8_t validSPO2; //indicator to show if the SPO2 calculation is valid
int32_t heartRate_spo2; //heart rate value for spo2 procedure
int8_t validHeartRate_spo2; //indicator to show if the heart rate calculation is valid

const byte RATE_SIZE = 4; //Increase this for more averaging. 4 is good.
byte rates[RATE_SIZE]; //Array of heart rates
byte rateSpot = 0;
long lastBeat = 0; //Time at which the last beat occurred

float beatsPerMinute;
int beatAvg;
int appmode = 0; // 0 - heart rate, 1 - temperature, 2 - SpO2
int HRCounter = 0;
float currentTemp = 0;
long Temp = 0;
float averageTemp = 0;
float TempCounter = 0;
long irValue = 0;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Initializing...");

  // Initialize sensor
  if (!particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST)) //Use default I2C port, 400kHz speed
  {
    Serial.println("MAX30105 was not found. Please check wiring/power. ");
    while (1);
  }
  Serial.println("Place your index finger on the sensor with steady pressure.");
  setup_hr_mode();
}
```



```
void setup_hr_mode()
{
  particleSensor.setup(); //Configure sensor with default settings
  particleSensor.setPulseAmplitudeRed(0x0A); //Turn Red LED to low to indicate sensor is
running
  particleSensor.setPulseAmplitudeGreen(0); //Turn off Green LED
}

void setup_temp_mode()
{
  particleSensor.setup(0); //Configure sensor. Turn off LEDs
  particleSensor.enableDIETEMPRDY(); //Enable the temp ready interrupt. This is required.
}

void setup_spo2_mode()
{
  byte ledBrightness = 60; //Options: 0=Off to 255=50mA
  byte sampleAverage = 4; //Options: 1, 2, 4, 8, 16, 32
  byte ledMode = 2; //Options: 1 = Red only, 2 = Red + IR, 3 = Red + IR + Green
  byte sampleRate = 100; //Options: 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 1600, 3200
  int pulseWidth = 411; //Options: 69, 118, 215, 411
  int adcRange = 4096; //Options: 2048, 4096, 8192, 16384
  particleSensor.setup(ledBrightness, sampleAverage, ledMode, sampleRate, pulseWidth,
adcRange); //Configure sensor with these settings
}

float check_temperature()
{
  return particleSensor.readTemperature();
}

void check_hr_value()
{
  irValue = particleSensor.getIR();

  if (checkForBeat(irValue) == true)
  {
    //We sensed a beat!
    long delta = millis() - lastBeat;
    lastBeat = millis();

    beatsPerMinute = 60 / (delta / 1000.0);

    if (beatsPerMinute < 255 && beatsPerMinute > 20)
    {
      rates[ratesSpot++] = (byte)beatsPerMinute; //Store this reading in the array
      ratesSpot %= RATE_SIZE; //Wrap variable
    }
  }
}
```

```
//Take average of readings
beatAvg = 0;
for (byte x = 0 ; x < RATE_SIZE ; x++)
    beatAvg += rates[x];
beatAvg /= RATE_SIZE;
}
}

void check_spo2()
{
    bufferLength = 100; //buffer length of 100 stores 4 seconds of samples running at 25sps

    //read the first 100 samples, and determine the signal range
    for (byte i = 0 ; i < bufferLength ; i++)
    {
        while (particleSensor.available() == false) //do we have new data?
            particleSensor.check(); //Check the sensor for new data

        redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
        irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
        particleSensor.nextSample(); //We're finished with this sample so move to next sample
    }

    //calculate heart rate and SpO2 after first 100 samples (first 4 seconds of samples)
    maxim_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer, bufferLength, redBuffer, &spo2,
    &validSPO2, &heartRate_spo2, &validHeartRate_spo2);

    //Continuously taking samples from MAX30102. Heart rate and SpO2 are calculated every
    1 second
    while (1)
    {
        //dumping the first 25 sets of samples in the memory and shift the last 75 sets of samples
        to the top
        for (byte i = 25; i < 100; i++)
        {
            redBuffer[i - 25] = redBuffer[i];
            irBuffer[i - 25] = irBuffer[i];
        }

        //take 25 sets of samples before calculating the heart rate.
        for (byte i = 75; i < 100; i++)
        {
            while (particleSensor.available() == false) //do we have new data?
                particleSensor.check(); //Check the sensor for new data

            redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
```

```
    irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
    particleSensor.nextSample(); //We're finished with this sample so move to next sample
    Serial.println();
    Serial.print(F(" SPO2="));
    Serial.print(spo2, DEC);
    Serial.print(F(" SPO2Valid="));
    Serial.println(validSPO2, DEC);
  }

  //After gathering 25 new samples recalculate HR and SPO2
  maxim_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer, bufferLength, redBuffer, &spo2,
&validSPO2, &heartRate_spo2, &validHeartRate_spo2);

}
}
void loop()
{
  if (appmode == 0)
  {
    setup_hr_mode();
    while (HRCounter < 1000)
    {
      check_hr_value();
      HRCounter++;
    }
    if (HRCounter == 1000)
    {
      HRCounter = 0;
      appmode++;
      Serial.print("The last IR value=");
      Serial.print(irValue);
      Serial.print(", the last BPM=");
      Serial.print(beatsPerMinute);
      Serial.print(", Avg BPM=");
      Serial.print(beatAvg);
      if (irValue < 50000)
        Serial.print(" No finger, can't measure heart rate ");
      Serial.println();
    }
  }
  if (appmode == 1)
  {
    setup_temp_mode();
    while (TempCounter < 31)
    {
      TempCounter++;
      currentTemp = check_temperature();
      Temp = Temp+currentTemp;
      averageTemp = Temp/TempCounter;
      //Serial.println(averageTemp);
    }
  }
}
```

```
    }  
    if (TempCounter == 31)  
    {  
  
        Serial.print("Temperature = ");  
        Serial.println(averageTemp);  
        Temp = 0;  
        TempCounter = 0;  
        appmode++;  
    }  
}  
if (appmode == 2)  
{  
    setup_spo2_mode();  
    check_spo2();  
    appmode = 0;  
}  
}
```