

Міністерство освіти і науки України  
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки  
(повна назва кафедри)

Залєвський Олександр Вікторович  
Zalievskiyi Oleksandr

УДК 004:681.5

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(шифр та назва спеціальності)

Кваліфікаційна робота  
на здобуття освітнього ступеня магістр  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Мікроконтролерна система моніторингу задимленості  
приміщень на основі сповіщувача Артон СПД-3

Microcontroller indoor smoke monitoring system based on Arton  
SPD-3 detector

Науковий керівник:  
д.ф.-м.н., доц. Мандзюк В.І.

Рецензент:  
д.ф.-м., проф. Рачій Б.І.

Івано-Франківськ  
2021

Формат	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
		123.УДК 004:681.5	Пояснювальна записка	54	

					<b>123. УДК 004:681.5</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розробив		Залєвський О.В.			<b>Специфікація</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушіє</b>
Перевірів		Мандзюк В.І.					2	1
Н. Контр.								
Затвердив								

## Анотація

Пояснювальна записка до магістерської роботи “Мікроконтролерна система моніторингу задимленості приміщень на основі сповіщувача Артон СПД-3”: 70 с., 23 рис., 3 таб., 11 джерел.

Об’єкт дослідження – автономна мікропроцесорна система виявлення диму на віддалених неелектрофікованих об’єктах за допомогою оптоелектронного давача Артон СПД-3 з інтерфейсом передачі тестових та інформаційних повідомлень за допомогою стільникової мережі GSM.

Мета роботи – розроблення автономної системи виявлення диму на віддалених об’єктах за допомогою оптоелектронного давача з використанням Arduino. Мету досягається створенням адаптивної автономної системи з існуючих модулів та написання програмної частини у вигляді прошивки для її роботи.

Метод дослідження – математичне та схемотехнічне моделювання з використанням комп’ютерної техніки та макетування робочого пристрою.

Завдання магістерської роботи – аналіз існуючих систем детектування диму, опрацювання методики роботи із стільниковою мережею за допомогою термінальних модулів GSM SIM800L і на цій основі розроблення структурної, функціональної та електричної схем системи виявлення диму на віддалених об’єктах за допомогою оптоелектронного давача, опрацювання стану цього об’єкту та повідомлення екстрених служб та зацікавлених осіб про спрацювання. До завдань даного наукового дослідження відноситься проектування, розрахунок та створення автономної системи контролю за рівнем задимленості на віддалених об’єктах з можливістю контролю залишкового заряду елементів живлення. В якості датчика задимленості виступає промисловий пристрій Артон СПД-3.

					123.УДК:004:681.5		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Залевський О.В.			Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевірив		Мандзюк В.І.				3	4
Н. Контр.							
Затвердив							

Практична значущість роботи полягає у створенні проекту автономної мікропроцесорної системи виявлення диму на віддалених об'єктах за допомогою оптоелектронного давача та встановлення зв'язку з цією системою для реагування на ситуацію.

Подальший розвиток системи можливий у напрямку інтегрування системи визначення диму в систему розумний будинок, фіксацію стану локалізації можливої пожежі за допомогою запису з мікрофона GSM-модуля та виконання зворотних дій спроектованої системи у вигляді застосування превентивних засобів пожежогасіння (приклад, відкриття балонів з двоокисом вуглецю).

Ключові слова: дим, сповіщувач, давач (датчик), система, мікроконтролер, акумулятор, сервер, SMS, GSM-модем SIM800L, Arduino.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ABSTRACTS

## Abstract

The explanatory note to the master's thesis "Microcontroller system for monitoring the smoke of the premises on the basis of the detector Arton SPD-3": 70 p., 23 fig., 3 tab.

The object of research is an autonomous microprocessor system for detecting smoke on remote non-electrified objects using the optoelectronic sensor Arton SPD-3 with an interface for transmitting test and information messages via the GSM cellular network.

The aim of the work is to develop an autonomous smoke detection system for remote objects with the help of an optoelectronic sensor using Arduino. The goal is achieved by creating an adaptive autonomous system from existing modules and writing software in the form of firmware for its operation.

The research method - mathematical and circuit modeling using computer technology and layout of the working device.

The task of the master's work is the analysis of existing smoke detection systems, elaboration of work methods with cellular network by means of GSM SIM800L terminal modules and on this basis development of structural, functional and electric schemes of smoke detection system on remote objects by means of optoelectronic sensor and notifications of emergency services and stakeholders about the operation. The objectives of this research include the design, calculation and creation of an autonomous system for monitoring the level of smoke on remote objects with the ability to control the residual charge of batteries. The Arton SPD-3 industrial device acts as the smoke sensor.

The practical significance of the work is to create a project of an autonomous microprocessor system for detecting smoke on remote objects with the help of an optoelectronic sensor and to establish the connection with this system to respond to the situation.

Further development of the system is possible in the direction of integrating the smoke detection system into the smart home system, fixing the state of localization of possible fire by recording from the microphone GSM-module and performing feedback

										Арк.
										5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

123.УДК:004:681.5

of the designed system in the form of preventive fire extinguishing means (example, opening of carbon dioxide cylinders).

Keywords: smoke, detector, sensor (sensor), system, microcontroller, battery, server, SMS, GSM-modem SIM800L, Arduino.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міністерство освіти і науки України  
 Державний вищий навчальний заклад  
 «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
 Фізико-технічний факультет  
 Кафедра «Комп'ютерної інженерії та електроніки»

**Пояснювальна записка**  
 до магістерської роботи на тему:

«Мікроконтролерна система моніторингу задимленості приміщень на основі сповіщувача Артон СПД-3»

					123.УДК:004:681.5			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив		Залевський О.В.			Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
Перевірив		Мандзюк В.І.					7	54
Н. Контр.								
Затвердив								

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>10</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА ПРИСТРІЙ, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Огляд існуючих аналогів .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Визначення вимог та способи їх вирішення .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3. Пожежний сповіщувач Артон СПД-3.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4. Внутрішня будова сповіщувача диму. ....</b>	<b>16</b>
<b>1.5. Принципова електрична схема та функціональні блоки типових сповіщувачів.....</b>	<b>18</b>
<b>РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КОМПОНЕНТИ ПРИСТРОЮ ТА МЕТОДИКА РОБОТИ З НИМИ.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. Загальні відомості про керуючий МК та платформу Arduino Nano.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2. Зв'язок із зовнішніми пристроями.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3. Огляд можливостей GSM-модуляSIM800L. ....</b>	<b>25</b>
<b>2.4. Робота з GSM-модулем. ....</b>	<b>27</b>
<b>2.5. Діагностичні AT-команди.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6. Принцип роботи та огляд топології DC-DCперетворювачів.....</b>	<b>30</b>
<b>2.7. Проектування та розрахунок DC-DC-перетворювача. ....</b>	<b>34</b>
<b>2.8. Моделювання аналогової частини проекту в Proteus. ....</b>	<b>38</b>
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ...</b>	<b>42</b>
<b>3.1. Структура програми.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2. Програмна взаємодія з модемом SIM800L .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3. Налаштування GPRS з'єднання .....</b>	<b>44</b>
<b>3.4. Алгоритм виконання програми .....</b>	<b>47</b>

									Арк.
									8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.УДК:004:681.5



<b>РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ І ПРАКТИЧНА ЗНАЧУЩІСТЬ РОЗРОБЛЕНОГО ПРИСТРОЮ .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1. Собівартість проекту .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2. Розрахунок часу роботи пристрою від запропонованого алгоритму роботи .....</b>	<b>52</b>
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПРИСТРОЮ .....</b>	<b>54</b>
<b>5.1. Норми санітарної безпеки засобів для виготовлення друкованих плат ...</b>	<b>54</b>
<b>5.2. Небезпечні та шкідливі фактори при паянні .....</b>	<b>55</b>
<b>5.3. Чинники біологічної небезпеки шкідливих речовин у повітрі робочої зони .....</b>	<b>55</b>
<b>5.4. Вимоги та розрахунок освітленості робочого місця.....</b>	<b>56</b>
<b>5.5. Заходи пожежної безпеки .....</b>	<b>56</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>58</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>59</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>60</b>

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Вогонь дарує людству тепло вже десятки століть але якщо він виходить із під контролю то стає лихом небачених масштабів. Саме тому пожежна безпека будь-яких об'єктів господарювання є найважливішою основою добробуту. З технічної точки зору осередки загорання можна виявити за початком задимленості що означає появу тління горючих об'єктів а вже зміна температури означає сам процес горіння. Тому виявлення диму може завчасно попередити пожежу, і врятувати життя та майно. Треба зазначити що майже всі будівлі в яких є електропостачання обладнані засобами виявлення початку загорання [1], винятком є житлові приміщення де люди покладаються на свої відчуття. Найчастіше пожежі трапляються через несправну проводку, неправильне користування електроприладами та пристроями з відкритим вогнем, при зварювальних роботах [2]. Але дуже часто пожежі є наслідком підпалів і саме в таких випадках попередити біду має пристрій який розробляється у даній роботі. Такий пристрій виявлення ранніх станів пожежі можна використовувати у будівлях та на об'єктах де немає ні централізованого живлення ні провідних засобів зв'язку, більше того саме там, де не можливо застосувати охорону для перевірки чи відбулися дії про підпал. Це можуть бути дачі, дерев'яні відпочинкові будиночки, транспортні засоби на стоянці, силосні ями в сільському господарстві та багато іншого. Обслуговувати такий пристрій теж достатньо легко, потрібно підзаряджати акумулятор або ж проводити його заміну на заряджений та контролювати позитивний баланс на сім-картці.

Основним акцентом пристрою який проектується в даній роботі є його автономність на протязі достатньо великого часу від звичайного елемента живлення. Досягти таких параметрів можна за допомогою продуманого алгоритму роботи всієї системи.

Пристрій складається із мікроконтролера, системи джерел живлення пожежного оповіщувача та допоміжних систем, сирени, системи віддалених сповіщень у вигляді GSMмодуляSIM800L.

									Арк.
									10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.УДК:004:681.5

Досягти значної економії енергії при роботі від хімічного елемента живлення можна за допомогою адаптивного алгоритму живлення системи контролю периферійних пристроїв а також чергуванням режимів сну та звичайної роботи центрального мікроконтролера.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						11
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА ПРИСТРІЙ, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ

## 1.1. Огляд існуючих аналогів

Сучасний ринок систем виявлення задимленості, аналог якого потрібно розробити, надзвичайно широкий. Це пов'язано із реалізацією багатьох ідей на малосерійних виробництвах у Піднебесній. Якщо більш ретельно їх проаналізувати, то все сходиться до двох шляхів повідомлення про спрацювання а саме Wi-Fi або ж по доступній неліцензованій частоті 433МГц, на якій реалізовано кілька протоколів передачі даних по типу розумних будинків. Ці системи сповіщення про дим мають багато переваг: доступна ціна 10-12 доларів, незначне споживання, яке наврядче можна буде досягти, гучна сирена. Але вони мають один суттєвий недолік – ці два способи передачі даних діють на вкрай коротких відстанях. Напевне такий стан продиктований тим, що потенційним покупцям потрібно контролювати стан об'єктів в безпосередній близькості до сучасної інфраструктури зв'язку або ж стан технологічних приміщень у жилих або виробничих будівлях оснащених інтернетом. Іншим класом сповіщувачів задимленості є ліцензовані пожежною службою пристрої, які входять до складу проводової системи раннього виявлення пожежі, яка вже виводиться на пульт охорони. Ці детектори більш надійні та дешевші і навіть більше, серед них є вітчизняний пристрій Артон СПД-3 [3]. Ціна такого пристрою складає 140 грн у роздріб.

Якщо об'єднати справжній ліцензований пожежний сповіщувач із мікроконтролерною системою, яка буде мати вихід в інтернет та зможе повідомляти користувача у вигляді СМС та дзвінка про надзвичайну подію, то такий пристрій зможе конкурувати по ціні з сповіщувачами які є приставками для систем «розумний будинок» оскільки сумарна вартість таких готових розумних будинків із набором безпроводних модулів значна. Також слід зауважити що функціонал можна буде змінити під конкретного споживача та його побажань, таких як от кількість номерів додзвону, підключення додаткових давачів,

									Арк.
									12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.УДК:004:681.5

наприклад руху чи температури але найголовніше що можна реалізувати зворотно дію з приладом.

## 1.2. Визначення вимог та способи їх вирішення

Правильне формування технічного завдання це ключ для взаєморозуміння та гарної співпраці між виробником чи проектантом пристрою та замовником а також майбутніми користувачами. На етапі формувань ТЗ потрібно поставити всі завдання до роботи та обслуговування пристрою які повинні бути вирішені в процесі проектування. Наразі ціллю магістерської роботи є розроблення автономної системи виявлення задимленості та відповідно технічне завдання було сформовано з точки зору майбутнього користувача самостійно. В сучасному лексиконі часто вживається термін «юзабіліті» що означає легкість налаштувань та дружній інтерфейс роботи. Відповідно опишемо ТЗ в рамках сучасних реалій у відповідності зі стадіями розробки та принагідно зразу вкажемо шляхи досягнення мети.

Пристрій повинен вміти та мати змогу виконувати наступне:

1. Бути автономним на протязі достатньо тривалого часу. Це завдання можна досягнути використанням літій іонних акумуляторів, з можливістю або замін або зарядок. Також слід відзначити що в залежності від температурного режиму об'єктів де буде експлуатуватися наш пристрій можливо потрібно буде замінити літійіонний акумулятор на два послідовно включені літійтитанатні акумулятори які дозволяють працювати за температур  $-20^{\circ}\text{C}$ . Але це питання може в подальшому обговорюватися із потенційним замовником. Ми зупинимось на простому літійіонному акумуляторі.

2. Пристрій повинен вміти визначати задимленість в повітрі за допомогою оптичного сповіщувача Артон СПД-3. Для цього ще в кваліфікаційній роботі було розглянуто внутрішню будову, функціональну та електричну схему даного сповіщувача, опрацьовано стандарти роботи промислових мереж пожежної безпеки та запропоновано алгоритм обробки даних при настанні спрацювання сповіщувача Артон СПД-3.

									Арк.
									13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.УДК:004:681.5

3. Розроблена система повинна бути гнучкою для подальшого вдосконалення та добавлення нового функціоналу. Це завдання найкраще реалізувати перенесення алгоритму роботи з оптичним сповіщувачем з МК Atmega8 та програмного комплексу CodeVision на програмний комплекс Arduino, а за контролер вибрати найбільш поширений ArduinoNano. При правильному означенні змінних цей проект, в майбутньому, можна перенести на ESP32 або на STM32.

4. Пристрій повинен вміти передавати інформацію про свій стан за допомогою GSM мереж. Це завдання вирішуватиметься за допомогою використання GSM-модуля SIM800L.

5. Необхідно вести статистичні дані про стан заряду акумулятора на віддаленому хмарному сервісі та мати можливість їх перегляду через веб інтерфейс. Для вирішення цього завдання потрібно створити php-скрипт на онлайн ресурсі з можливістю дописування даних у файл, а на стороні нашого пристрою створювати GPRS з'єднання та відсилати дані.

6. Повідомляти користувача про необхідність заряду вбудованого акумулятора. Такий функціонал можна забезпечити відправленням коротких текстових повідомлень при зменшенні напруги до рівня що характеризує розряд з урахуванням можливості ще працювати на протязі деякого часу.

7. Робити дзвінок на обраний номер телефону у разі спрацювання сповіщувача диму Артон СПД-3.

8. Спроектований пристрій повинен мати тривалий час роботи по відношенню до прийнятної ємності акумулятора та володіти засобами контролю стану акумулятора щоб повідомити про можливі неполадки з акумулятором. Вирішити це завдання найскладніше з огляду на інші поставлені в ТЗ. Пропонується спроектувати DC-DC-перетворювач з відомим ККД щоб могли точно оцінити час роботи від акумулятора. Також потрібно створити алгоритм роботи пристрою за яким МК буде деякий час перебувати в режимі пониженого споживання електроенергії а також буде тільки на деякий час підключати пожежний сповіщувач для визначення стану повітря та GSM-модуль для передачі через стільникову мережу стану системи.

									Арк.
									14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.УДК:004:681.5

### 1.3. Пожежний сповіщувач Артон СПД-3

Розглянемо найпопулярніший промисловий сповіщувач диму вітчизняного виробництва. Артон СПД-3 зображений на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд промислового сповіщувача.

#### Особливості сповіщувача

Сповіщувач оптичний, точковий, пожежний, димовий працює по 2-х провідній лінії, розрахований на номінальну напругу живлення 12/24В; Має діаметр Ø100 та висоту 48мм [3]

Сповіщувач розрахований на цілодобову безперервну роботу з пультом пожежного контролю по двопровідному шлейфу пожежної сигналізації з номінальною напругою живлення шлейфу від 12 до 24 В.

									Арк.
									15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.УДК:004:681.5				

#### 1.4. Внутрішня будова сповіщувача диму.

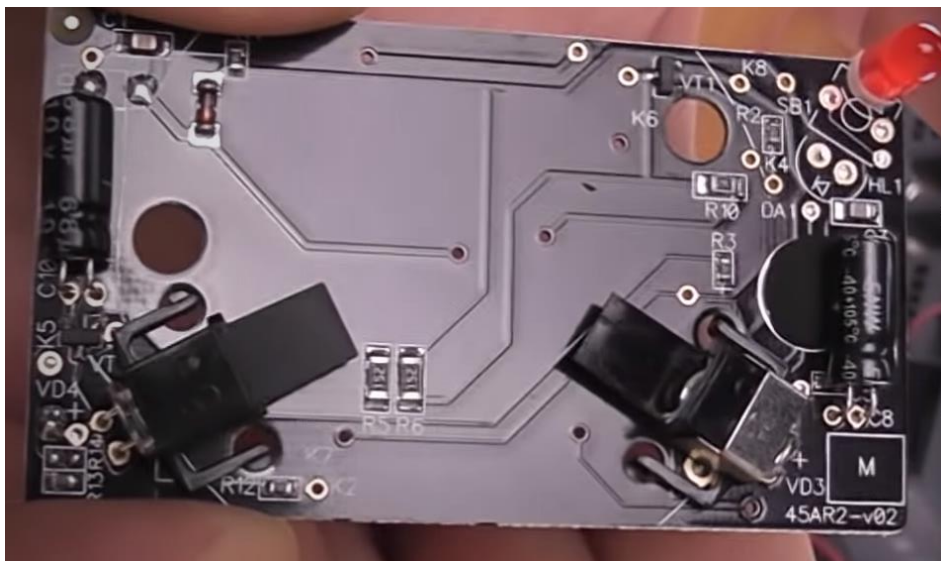


Рис. 1.2. Внутрішня друкована плата на якій розміщений під певним кутом світлодіод та приймач світла.

На рис. 1.2 зображено плату з компонентами та видно поздовжні оптичні канали для світлового потоку які служать для унеможливлення оптичного розсіювання світла поза робочим середовищем (часточок диму). Світло- та фотодіод розміщені один відносно одного таким чином, щоб виключити пряме засвічення фотодіода. Спрацьовування схеми контролю сповіщувача відбувається при виявленні фотодіодом відбитого світла від часточок диму.



Рис. 1.3. Оптична камера сповіщувача диму.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

16



На рис. 1.3. зображено камеру яка в деяких моделях димових обладнана заслінкою. Досить цікавим технологічним рішенням є будова стінок світлової камери, яка виготовлена з темного матового пластику та дозволяє виключити попадання світла ззовні пристрою. Поверхня світлової камери поглинає інфрачервоні промені. Щоб забезпечити таку технологічну характеристику камера, вона має, спеціально сконструйовану, складну форму [4]. По всьому периметру димова камера сповіщувача має отвори, це забезпечує вільний доступ в неї повітря (і, звісно, диму, за присутності) з приміщення. Спеціальні шторки з металеві ґратки необхідні для відсікання частинок пилу.

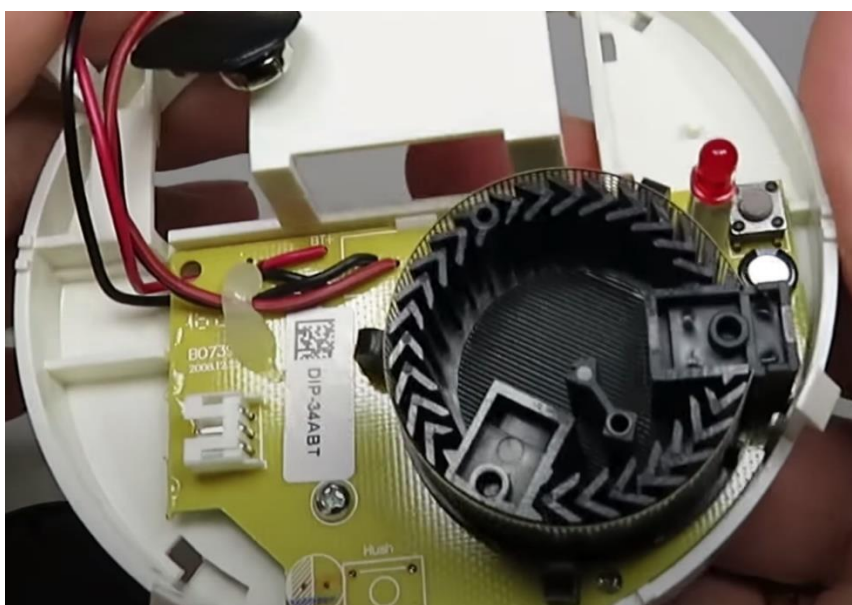


Рис. 1.4. Плата сповіщувача в корпусі.

Оскільки в повітрі можуть бути присутні комахи то стінки камери по периметру вбрані в металеву сітку з отворами які унеможливають попадання комах з повітря (рис. 1.4). Виробник рекомендує раз на 3-4 роки проводити технічне обслуговування димових сповіщувачів та очищення їхньої камери від часточок пилу, зазвичай продуванням стисненим повітрям.

#### **До особливостей сповіщувача Артон СПД-3 відносять:**

- 2-х провідне підключення до ППКП (пожежно-приймальний контрольний пристрій)
- індикація режиму роботи при чергуванні та режиму «Пожежа»;

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- високу завадостійкість що унеможливорює хибні спрацювання;
- широкий діапазон напруг живлення 12-24;
- сумісність з різними типами ППКП;
- можливість вертикального та горизонтального монтажу як на стелі, так і на стіні;
- наявність декоративних кілець для монтажу на підвісних стелях;

Технічні характеристики:

- **чутливість**, дБ/м: 0,05 – 0,2;
- **діапазон напруги живлення**: 12 - 28 В
- **струм споживання в черговому режимі**: 0,095 мА
- **спосіб підключення до пульту пожежного контролю**: двохрановідний
- **габаритні розміри**: не більше 100×48 мм
- **маса**: не більше 0,15 кг
- **наявність індикації чергового режиму**: так
- **максимально допустимий струм в режимі “ПОЖЕЖА”**: 30 мА
- **час відключення живлення для повернення в черговий режим роботи**: 3 с;

### 1.5. Принципова електрична схема та функціональні блоки типових сповіщувачів.

З офіційної інтернет-сторінки вітчизняного виробника пожежного обладнання <https://arton.com.ua> наведемо структурні та електричні схеми сповіщувачів та проведемо порівняння з аналогічними закордонними аналогами.

Найчастіше в пожежних сповіщувачах застосовуються спеціалізовані мікросхеми, при цьому скорочується кількість активних і пасивних радіоелементів. Це так звані ASIC (аббревіатура від англ. application-specific integrated circuit, «інтегральна схема спеціального призначення») - інтегральна схема яка спеціалізована для вирішення конкретного завдання. На відміну від інтегральних схем загального призначення, спеціалізовані інтегральні схеми застосовуються в

									Арк.
									18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.УДК:004:681.5				



11 - драйвер світлового індикатора.

Використовуючи подібні мікросхеми проводиться виробництво шлейфного димового пожежного сповіщувача СПД-3 чернівецьким підприємством «АРТОН». Блок-схема цього сповіщувача представлена на рис. 1.6.

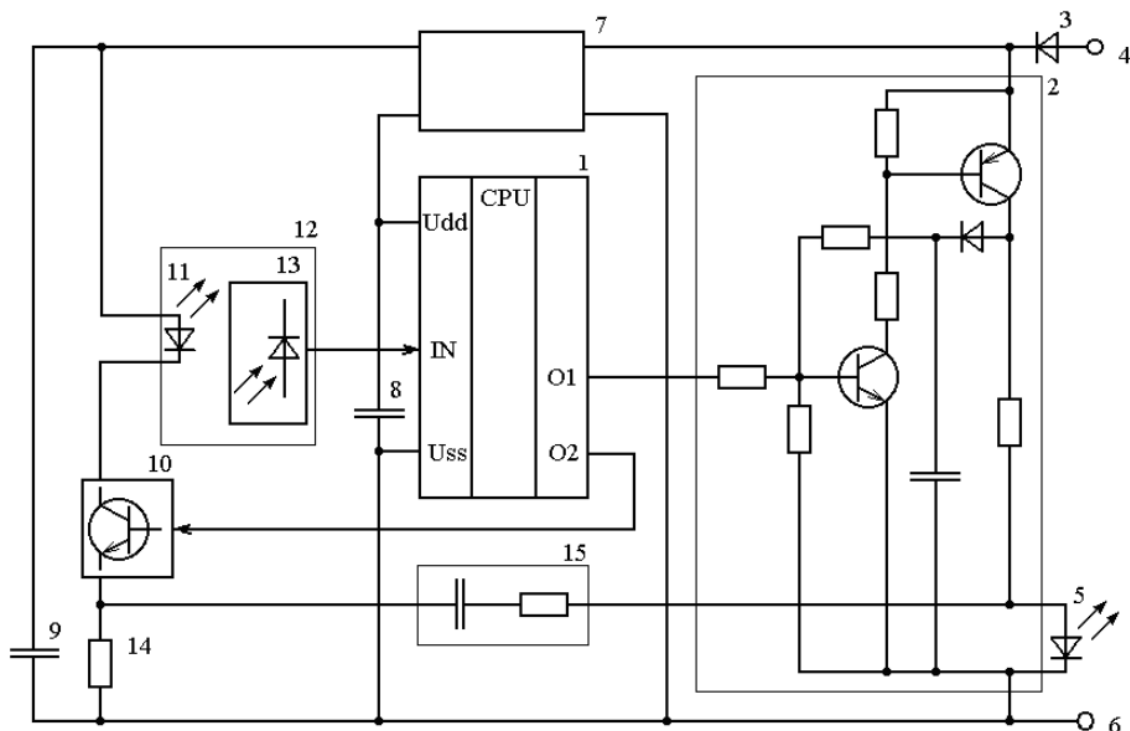


Рис. 1.6. Блок-схема сповіщувача Артон СПД-3.

На рисунку позначені функціональні блоки [5-7], а саме: 1 – внутрішній мікроконтролер, 2 – схема навантаження шини живлення, 3 – захисний діод, 4 – клемма живлення, 5 – світлодіод який вказує на спрацювання, 6 – клемма підключення до земляної шини, 7 – стабілізоване джерело живлення, 8, 9 – конденсатори для згладження перешкод по живленню, 10 – транзистор для роботи ІЧ-світлодіода в імпульсному режимі, 11 - ІЧ-світлодіод, 12 – робоча камера, 13 - ІЧ-фотодіод, 14 – обмежувальний резистор.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

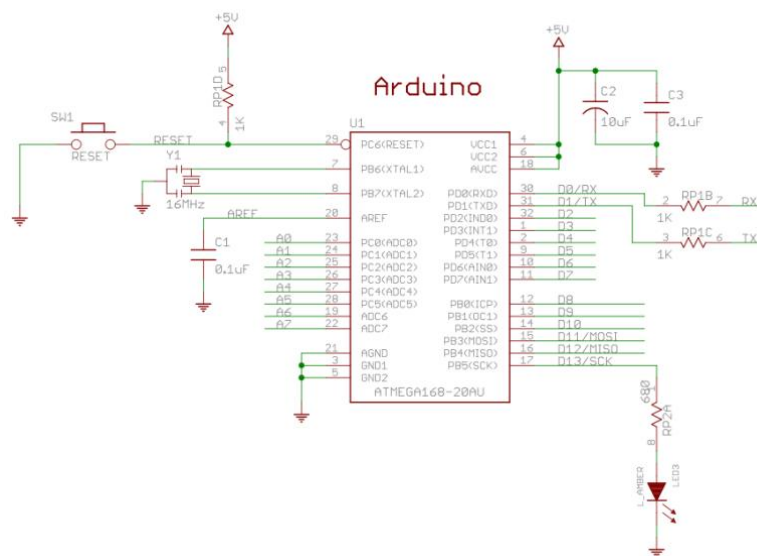
20

## РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КОМПОНЕНТИ ПРИСТРОЮ ТА МЕТОДИКА РОБОТИ З НИМИ

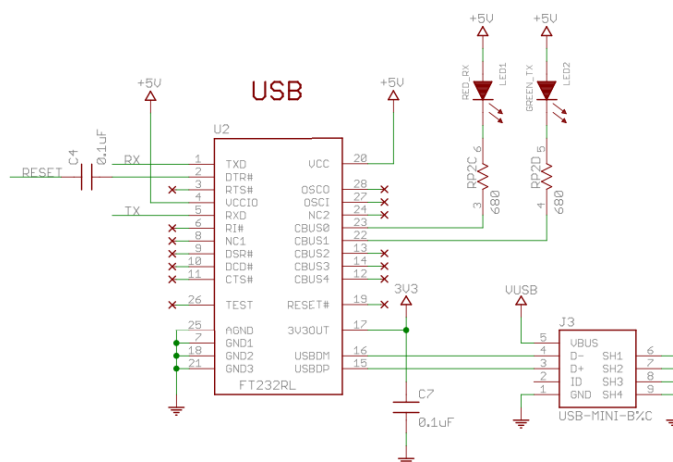
За основу керуючого пристрою вибрано ArduinoNANO як найбільш доступну систему і за поширеністю і за ціною.

### 2.1. Загальні відомості про керуючий МК та платформу Arduino Nano.

Платформа Arduino Nano, побудована на мікроконтролері ATmega328 (ArduinoNano 3.0) [8], має невеликі розміри та використовується у навчальному процесі при вивченні основ мікроконтролерної техніки, також може використовуватися у промислових пристроях невеликого тиражу. Живлення плати відбувається через кабель Mini-B USB.



a)



b)

Рис. 2.1. Принципова схема ArduinoNano (a) та USB-конвертора (б).

## Короткі характеристики

Мікроконтролер	Atmel ATmega168 або ATmega328
Робоча напруга (логічний рівень)	5В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12В
Вхідна напруга (максимальна)	6-20В
Цифрові входи/виходи	14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ)
Аналогові входи	8
Постійний струм через вхід/вихід	20мА
Флеш пам'ять	16Кб (ATmega168) або 32Кб (ATmega328) при цьому 2Кб використовуються для завантажувача
ОЗУ	1Кб (ATmega168) або 2Кб (ATmega328)
EEPROM	512байт (ATmega168) або 1Кб (ATmega328)
Тактова частота	16МГц
Розміри	1.85 см x 4.2 см

### Живлення:

ArduinoNano може отримувати живлення через підключення по Mini-B USB, або від нерегульованого 6-20В (вивід 30), або регульованого 5В (вивід 27) зовнішнього джерела живлення. Автоматично вибирається джерело з найвищою напругою. Схема живлення представлена на рис. 2.1. а)

Мікросхема FTDI FT232RL отримує живлення тільки якщо сама платформа заживлена від USB. Таким чином, при роботі від зовнішнього джерела (не USB), буде відсутня напруга 3,3В, що генерується мікросхемою FTDI, при цьому світлодіоди по лініях RX і TX блимають тільки при наявності сигналу високого рівня на виводах 0 і 1. Принципова електрична схема USB-конвертора представлена на рис. 2.1.б).

### Пам'ять.

Мікроконтролер ATmega168 має 16кБ флеш-пам'яті для зберігання коду програми, а мікроконтролер ATmega328, у свою чергу, має 32кБ (в обох випадках 2кБ використовується для зберігання завантажувача). ATmega168 має 1кБ ОЗУ та

									Арк.
									22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

512байт EEPROM (яка читається та записується за допомогою бібліотеки EEPROM), а ATmega328 – 2кБ ОЗУ та 1Кб EEPROM.

Входи та виходи.

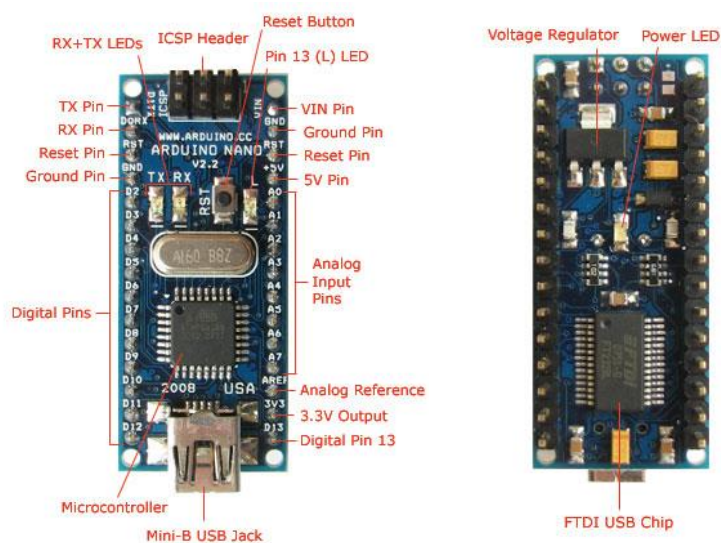


Рис. 2.2. Зовнішній вигляд ArduinoNano та позначення основних виводів та входів (пінів).

Кожен із 14 цифрових виводів Arduino Nano, використовуючи функції `pinMode()`, `digitalWrite()`, та `digitalRead()`, може налаштовуватися як вхід чи вихід. Виводи Arduino працюють при напрузі 5 В (або при напрузі живлення). Arduino Nano представлена на рис. 2.2. Кожен вивід можна навантажувати до 20 мА. Деякі виводи мають особливі функції:

- Послідовна шина UART: на виводах 0 (RX) та 1 (TX). Виводи використовуються для отримання (RX) та передачі (TX) даних TTL. Ці виводи підключені до відповідних виводів мікросхеми послідовної шини FTDI USB-to-TTL.
- Зовнішнє переривання: 2 і 3. Дані виводи можуть бути налаштовані на виклик переривання або на передньому або задньому фронті сигналу, або при зміні значення. Детальна інформація міститься в описі функції `attachInterrupt()`.
- ШІМ: 3, 5, 6, 9, 10 і 11. Будь-який з виводів забезпечує ШІМ з роздільною здатністю 8 біт за допомогою функції `analogWrite()`.

- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). За допомогою даних виводів здійснюється зв'язок по протоколу SPI.
- LED: 13. Вбудований світлодіод, підключений до цифрового виводу 13. Якщо значення на виводі має високий потенціал, то світлодіод горить.

На платформі Nano встановлено 8 аналогових входів, кожен з роздільною здатністю в 10 біт (тобто може набувати 1024 різних значення). Стандартно виводи мають діапазон виміру до 5 В щодо землі, проте є можливість змінити верхню межу за допомогою функції `analogReference()`.

Деякі виводи мають додаткові функції:

- I2C: A4 (SDA) та A5 (SCL). За допомогою цих виводів здійснюється зв'язок по протоколу I2C (TWI). Для створення зв'язку по цьому протоколі використовується бібліотека `Wire`.
- AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Використовується з функцією `analogReference()`.
- Reset. Низький рівень сигналу на цьому виводі перезавантажує мікроконтролер. Зазвичай використовується для підключення кнопки перезавантаження на платі розширення, що закриває доступ до кнопки на платі Arduino.

## 2.2. Зв'язок із зовнішніми пристроями

На платформі Arduino Nano встановлено декілька пристроїв для зв'язку з комп'ютером, іншими пристроями на Arduino або іншими мікроконтролерами. ATmega168 і ATmega328 підтримують послідовний інтерфейс UART TTL (5В), який забезпечується через виводи 0 (RX) і 1 (TX). Встановлена на платі мікросхема FTDI FT232RL перенаправляє дані цього інтерфейсу через USB, і відповідно віртуальний COM порт для програм на комп'ютері. Віртуальний монітор послідовної шини (Serial Monitor) Arduino дозволяє надсилати і отримувати текстові дані при підключенні до ПК. Світлодіоди RX і TX на платі будуть засвічуватися під час передачі даних через мікросхему FTDI або USB підключення.

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



За допомогою бібліотеки SoftwareSerial можна створити програмний порт для передачі даних через будь-який із цифрових виводів Arduino Nano.

ATmega168 та ATmega328 підтримують інтерфейси I2C (TWI) та SPI. В Arduino включено бібліотеку Wire для зручності використання шини I2C.

Програмування Arduino.

Платформа програмується за допомогою програмного середовища Arduino IDE. У меню Tools>Board вибирається "Arduino Nano" (відповідно до встановленого мікроконтролера). Слід відмітити що мікроконтролери ATmega168 і ATmega328 в Arduino постачаються із записаним завантажувачем, який полегшує прошивку нових програм без використання зовнішніх програматорів, наприклад STK500. Також є можливість не використовувати завантажувач та запрограмувати мікроконтролер через вивиди інтерфейсу ICSP (внутрішньо схемне програмування).

Автоматичне (або програмне) перезавантаження здійснюється підсистемою Arduino Nano, щоб перед записом нового коду в МК відбувалося перезавантаження самою програмою, а не натисканням кнопки на платформі. Перезавантаження Arduino Nano відбувається щоразу при підключенні до програми Arduino на комп'ютері.

Для відправки даних про стан контрольованого об'єкту використано GSM-модуль SIM800L який дозволяє працювати з мобільною стільниковою мережею стандарту 800/900МГц-1800/1900МГц. Самі ж дані можна відправляти за допомогою коротких тестових повідомлень СМС, за допомогою GPRS-з'єднання на зовнішній сервер у вигляді запитів або ж у екстрених випадках за допомогою дзвінка.

### **2.3. Огляд можливостей GSM-модуля SIM800L.**

За роботу зі стільниковою мережею в нашому проєкті відповідає GSM-модуль, який показаний на рис. 2.3.

									Арк.
									25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

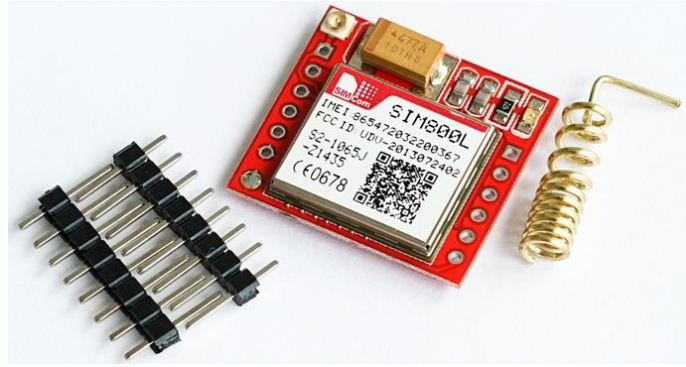


Рис. 2.3. Зовнішній вигляд GSM-модуль.

Основою модуля SIM800L є чіп Mediatek ARM MT6261, саме він ховається під металевою кришечкою, яка екранує чутливі електричні кола. За GSM/GPRS-зв'язок відповідає 4-діапазонний (GSM850/GSM900/DCS1800/PCS1900) приймач RF7198. Електрична схема, яка схована під металевий екран зображена на рис. 2.4.

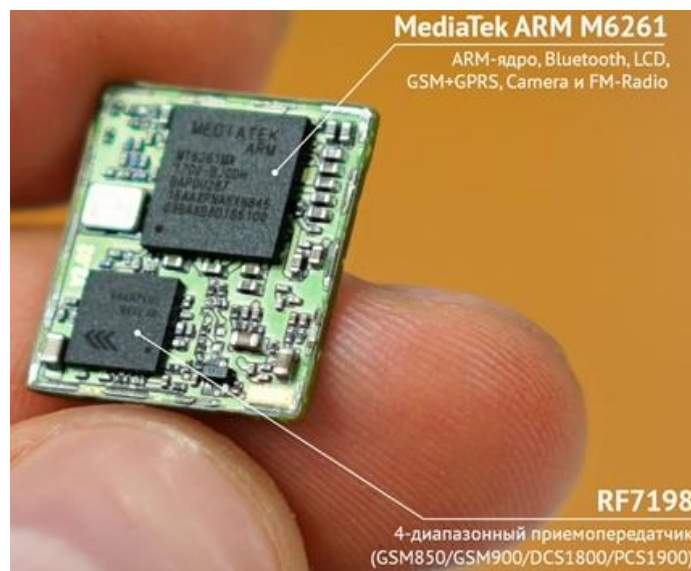


Рис. 2.4. Внутрішня будова SIM800.

Живлення модуля.

Для початку роботи знадобиться робоча SIM-картка формату microSIM. Для живлення модуля потрібна напруга в діапазоні 3,4-4,4В, рекомендована напруга 4В. Це нестандартна для Arduino напруга (5В або 3,3В),але як видно вона ідеально розрахована на живлення від літєвих акумуляторів.Неможна також заживлювати модуль SIM800L від Arduino. Справа в тому, що цей модульв піку споживає великий струм, це відбувається в момент реєстрації модуля в мережі стільникового

оператора (за технічною документацією максимальне споживання струму досягає 2А на протязі 30мс).

#### 2.4. Робота з GSM-модулем.

Для зручності варто SIM800L називати GSM-модемом. Для надсилання команд та отримання відповідей від модема використовується послідовний порт UART. За допомогою відсилання AT-команд і аналізу відповідей на них можна організувати повноцінну роботу зі стільниковою мережею на рівні класичних телефонів які працюють за стандартом мереж 2G та її надбудови EDGE [8]. Для реалізації обміну за UART-інтерфейсом на виводах Ардуїно, які відмінні від стандартних RX(пін 0)/TX(пін 1) (вони зазвичай зайняті підключенням до комп'ютера), знадобиться стандартна Arduino-бібліотека SoftwareSerial.h щоб реалізувати програмний послідовний порт.

Для перевірки виконання AT команд було написано коротеньку програму для аналізу роботи в наших стільникових мережах.

```
#include<SoftwareSerial.h>          //підключення бібліотеки для створення програмного
інтерфейсу
SoftwareSerial SIM800(4, 5); //4 - RX Arduino (TX SIM800L), 4 - TX Arduino (RX SIM800L)
voidsetup() {
Serial.begin(9600);          //швидкість обміну даних із ПК
Serial.println("Start!");
SIM800.begin(9600); // швидкість обміну даних із модемом
SIM800.println("AT");
}
voidloop() {
if (SIM800.available())      //очікування відповіді від модема
Serial.write(SIM800.read()); //виводимо дані в портSerial
if (Serial.available())      //очікуємо відповідь поSerial...
SIM800.write(Serial.read());//відправлення даних модему
}
```

									Арк.
									27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				123.УДК:004:681.5	

## 2.5. Діагностичні AT-команди

Існує набір команд, за допомогою яких можна визначити стан/готовність GSM-модуля здійснювати конкретні дії, а також отримати іншу корисну інформацію діагностичного характеру. Наведемо деякі з цих команд:

AT – Готовність модуля до роботи

ATI – Запит інформації про пристрій

AT+CGMR– Запит версії встановленого програмного забезпечення

AT+CCALR? – Готовність модуля здійснювати дзвінки

AT+CSQ – Запит якості зв'язку

AT+GSN – Запит IMEI-модуля

AT+GSV – Запит ідентифікаційної інформації модуля

AT+CVC – Напруга живлення

AT+CREG? – Тип реєстрації у мережі

AT+COPS? – Інформація про оператора

AT+COPN – Отримання списку всіх операторів

AT+CPAS – Статус телефону GSM-модуля

Розглянемо синтаксис AT-команд

Взаємодія з модулем відбувається з допомогою AT-команд. Кожна AT-команда повинна починатися з двох літер AT, набраних у будь-якому регістрі. Команда повинна починатися з нового рядка (необхідно вибрати налаштування Newline у вікні Serial).

Усі AT-команди синтаксично діляться на 3 основні групи: базові, з параметром S та розширені. Для досягнення поставлених цілей нам достатньо розглянути базові AT-команди та з параметром S

Базові команди мають наступний синтаксис: AT<x><n> або AT&<x><n>, де <x> є командою, а <n> — параметром, що передається (або параметрами). Параметр(и) <n> є необов'язковим і у разі його відсутності буде використано значення за замовчуванням. Прикладами можуть бути команда ATI, яка повертає ідентифікаційні дані модуля, або команда AT&V яка повертає поточну конфігурацію модуля.

									Арк.
									28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Команди з параметром S виглядають наступним чином: ATSp=i>=<m>, де <i> - індекс S-реєстру, а <m> - значення, яке йому необхідно присвоїти. У разі відсутності значення <m>, буде присвоєно значення за замовчуванням. Наприклад, реєстр ATSp0 відповідає за кількість тональних сигналів перед автоматичною відповіддю на вхідний виклик, і, відповідно, команда ATSp0 встановить значення за замовчуванням - 0 (не відповідати на виклик), а команда ATSp0=2 змусить відповідати модуль автоматично після другоготонального сигналу тобто другого гудка.

В одному рядку можна вказувати кілька команд. Усі наступні команди (за винятком першої) записуються без префікса AT. Після кожної розширеної команди необхідно ставити крапку з комою «;» а вже після базових команд або команд з параметром S крапка з комою «;» не потрібна.

Повідомлення без запиту.

Є ще одна категорія повідомлень які можна одержати від модуля –це повідомлення без попереднього запиту. Це повідомлення, які, як видно з назви, можуть надходити без вчинення користувачем будь-яких дій.

Найбільш важливим прикладом таких повідомлень без запиту є RING, що означає повідомлення про вхідний дзвінок. Тому важливо постійно моніторити відповіді від модему щоб при отриманні повідомлення RING виконати команду визначення номера.

### **Реалізація пристрою.**

Програму написано в середовищі Arduino. Для того щоб написати програмну частину пропонованого пристрою спершу необхідно визначити які характеристики необхідно контролювати. Слід зауважити, що мікроконтролер може вимірювати тільки значення напруги в певних межах, а саме від нуля до напруги яка обмежена або живленням МК або опорною напругою АЦП. Таким чином, організувати вимірювання напруги живлення пристрою достатньо легко, для цього потрібно розрахувати подільник напруги в залежності від вибраного елемента живлення. А от опрацьовувати дані з пожежного оповіщувача задимленості значно складніше

									Арк.
									29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

оскільки він працює на передачі даних по лінії живлення. Такий спосіб передачі даних обумовлений беззаперечним визначенням стану оповіщувача як датчика ситуації, оскільки по лінії живлення можливо гарантовано відрізнити або стан спрацювання сповіщувача, або обрив лінії живлення чи «повне знищення сповіщувача» з коротким замиканням виходу. З внутрішньої будови сповіщувача відомо що він складається із схеми контролю за рівнем прозорості повітря, схеми живлення та силового елемента у вигляді тиристора який при спрацюванні повинен увімкнутися і закортити лінію живлення з передбаченим стандартом опором навантаження, який в свою чергу встановлює струм у колі на рівні достатнім для спрацювання пультом пожежної охорони а також довготривалою та стабільною роботою сповіщувача. Для вирішення задачі визначення стану спрацювання такого сповіщувача спроектуємо схему перетворювача напруги так званого DC-DC перетворювача, завданням якого буде підвищення напруги живлення нашої автономної системи до рівня живлення промислового сповіщувача.

## 2.6. Принцип роботи та огляд топології DC-DC перетворювачів.

Існує три схеми перетворювачів: понижуючий, підвищуючий та інвертуючий. Всі схеми не мають гальванічної розв'язки. Якщо уважно подивіться на всі три схеми, то можна помітити, що вони дуже схожі і відрізняються перестановкою місцями трьох компонентів, а саме дроселя, діода і силового ключа. Ключем завжди керує ШІМ контролер. Особливістю також є те що діод в цих схемах використовується швидкий, більш відомий як діод шоткі. Важливим також є те, що дросель живить схему на виході напругою самоіндукції яка є зворотною для струму який заряджає цей дросель. Дросель виступає в якості буферної ємності енергії в яку запасують енергію при заряді та використовують енергію на проміжках часу коли силовий ключ розімкнутий. Таку дозовану зарядку дроселя легко курувати імпульсами ШІМ-котролера.

Step-down(Buck) або понижувальний ШІМ перетворювач.

Застосовується там, де треба зменшити напругу, причому зробити це з максимальним ККД. Напруга на вході завжди більша, ніж на виході, зазвичай

									Арк.
									30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.УДК:004:681.5

мінімум на 2-3 Вольта, для цього перетворювача характерно що чим більша різниця, тим краще. При цьому струм на вході менший, ніж на виході. Таку схемотехніку застосовують часто на материнських платах, щоправда, перетворювачі там зазвичай багатofазні і з синхронним випрямленням, але принцип роботи залишається тотожним Step-Down перетворювачам.

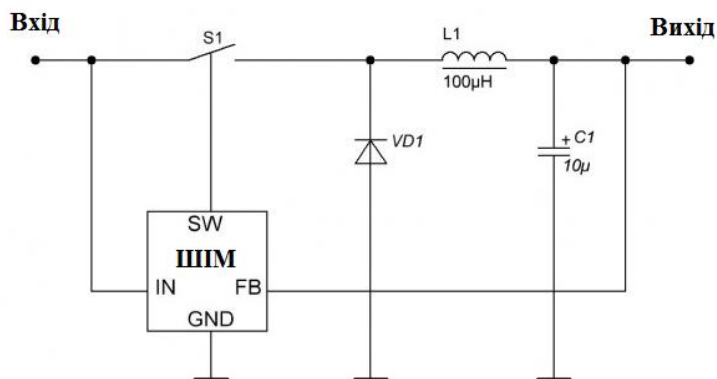


Рис. 2.5. Топологія понижуючого перетворювача

У цій схемі дросель накопичує енергію при відкритому ключі, а після закриття ключа напруга на дроселі (за рахунок самоіндукції) заряджає вихідний конденсатор. Функціональна схема такого перетворювача зображена на рис. 2.5.

#### Підвищуючий перетворювач (Boost).

Таку схему у повсякденному житті можна зустріти в Power-bank, де з напруги акумулятора в 3-4.2В виходить стабілізована 5В. За допомогою такої схемотехніки можна отримати і більшу напругу, але треба враховувати, що чим більша різниця напруги, тим важче працювати перетворювачу і чуттєво зменшується ККД. Також є одна не дуже приємна особливість цієї схемотехніки, вихід не можна відключити «програмно». Тобто, акумулятор завжди підключено до виходу через діод. У разі короткого замикання (КЗ) струм буде обмежений лише внутрішнім опором навантаження та джерела живлення. Для захисту від цього застосовують запобіжники або додатковий силовий ключ. При відкритому силовому ключі спочатку накопичується енергія в дроселі, після закриття ключа струм на дроселі змінює свою полярність і додається до напруги джерела живлення, і вже потім надходить на вихід через діод. Функціональна схема зображена на рис. 2.6. Напруга

						123.УДК:004:681.5	Арк.
							31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

на виході такої схеми не може бути нижчою за напругу на вході за винятком спаду напруги на діоді. Струм на вході більший ніж на виході (іноді в декілька разів).

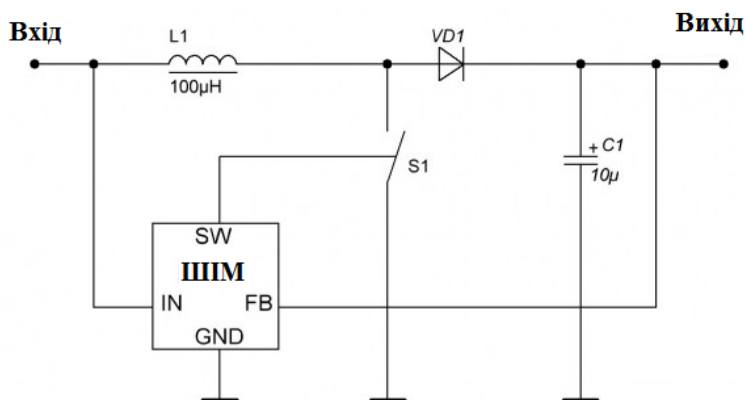


Рис. 2.6. Топологія підвищуючого перетворювача

Інвертуючий перетворювач. Застосовується досить рідко, але не розглянути її неправильно оскільки цікаво розглянути як зміниться функціонал схеми при іншому розміщенні тих самих компонентів.

Ця схема має на виході напругу зворотної полярності, ніж вході. Дана схема може як підвищувати, так і понижувати напругу щодо входньої, але через особливості схемотехніки частіше використовується тільки для напруг більших або рівних входній. Перевага цієї схемотехніки – можливість відключення напруги на виході за допомогою закриття силового ключа. Енергія накопичується в дроселі, а після закриття силового ключа надходить у навантаження через включений діод. Функціональна схема представлена на рис. 2.7.

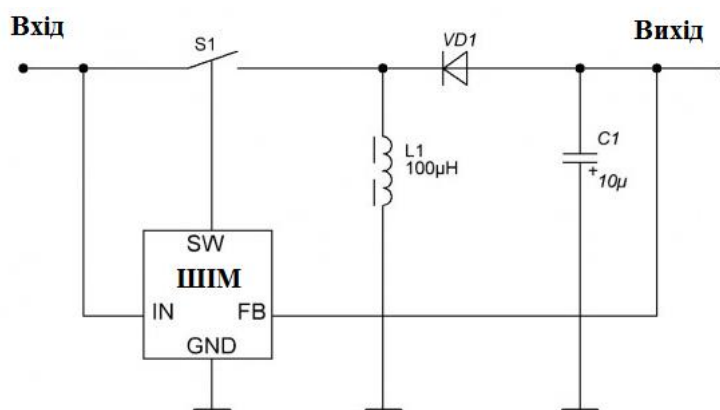


Рис. 2.7. Топологія інвертуючого перетворювача

Підвищуючий-понижуючий перетворювач.



Топологія даних перетворювачів називається SEPIC (Single-ended primary-inductor converter). Схема даного типу перетворювачів помітно складніша і містить додатковий конденсатор та дросель. Функціональна схема такого перетворювача представлена на рис. 2.8.

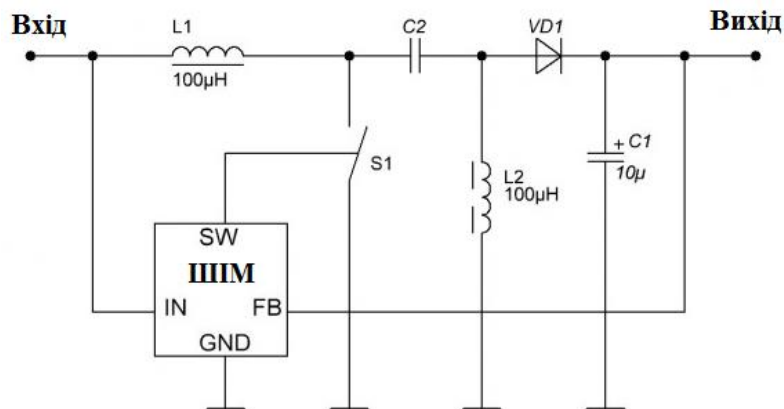


Рис. 2.8. Топологія перетворювача SEPIC.

На схемі силовий ключ замкнутий. Коли ключ закритий, вхідна індуктивність заряджається від джерела, а друга індуктивність заряджається від конденсатора, вихідний конденсатор на цей час забезпечує струм навантаження (рис. 2.9.а). У цей час енергія в навантаження не надходить, полярності струмів у котушках та напруги на конденсаторах позначені на схемі. Той факт, що обидві індуктивності L1 і L2 при замкнутому ключі відключені від навантаження, ускладнює регульовальні характеристики.

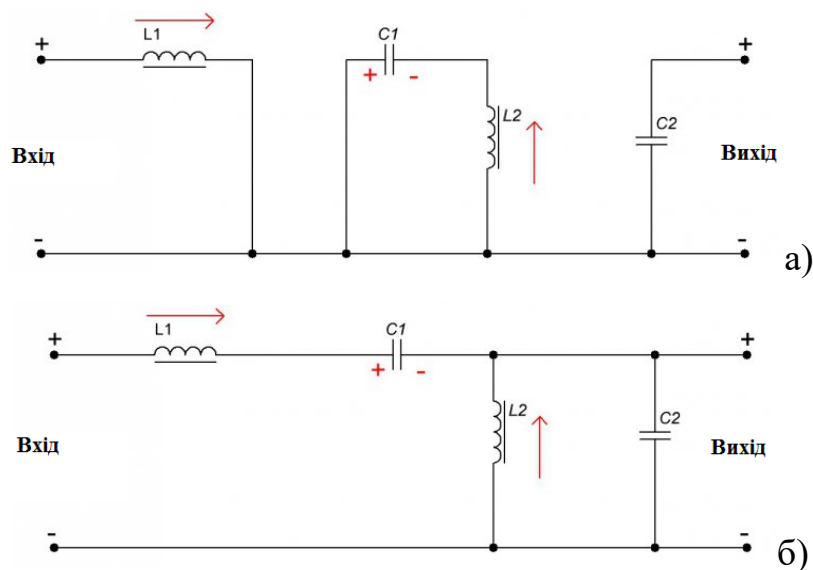


Рис. 2.9. Напрямки протікання струму до а) та після б) комутацію силового елемента ШІМ-контролера

Коли ключ розімкнено, перша індуктивність заряджає конденсатор С1, а також підтримує струм у навантаженні, як показано на рис. 2.9.б. Друга індуктивність у цей час також приєднана до навантаження. Схема працює за рахунок взаємного перекачування енергії між компонентами, вона дозволяє як підвищувати напругу, так і знижувати її.

## 2.7. Проектування та розрахунок DC-DC-перетворювача.

Для цього була опрацьована технічна документація на мікросхему MC34063. Слід зауважити, що виробник підготував технічну бібліотеку з файлом EXCEL-таблиці в якому можна порахувати ефективність даного перетворювача із заданими параметрами вхідної та вихідної напруги, рівнем пульсацій напруги на виході та підібраними номіналами ємності та індуктивності перетворювача. І саме тут постає питання яким шляхом вирішити це завдання. Вибір рішення залежить від кількох факторів, а саме: струму споживання сповіщувача при спрацюванні, струму короткого замикання в лінії живлення сповіщувача (такий небажаний момент потребує розгляду в технічному завданні (ТЗ) на створення пристрою) а також відмикання сповіщувача на період простою, оскільки найголовнішим параметром нашого приладу є його автономність. Проаналізувавши топології перетворювачів DC-DC, слід відмітити, що у нас є вибір або використовувати підвищуючий перетворювач у парі з польовим транзистором у якості ключа, оскільки такий перетворювач не має можливості відімкнути живлення з навантаження при відключенні управляючих сигналів генератора ШІМ а другим вирішенням нашої задачі є використання універсального перетворювача побудованого по топології SEPIC. Перетворювач по топології SEPIC має вкрай цікаву можливість бути і підвищуючим і понижуючим перетворювачем а найголовніше він при вимиканні внутрішнього генератора ШІМ від'єднує вхід від виходу.

Перевагою SEPIC перетворювачів є більш універсальна схема живлення пропонованого пристрою. Недоліком ж є його значно вища ціна і використання більшої кількості комплектуючих тому зупинимося на використанні простого

									Арк.
									34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.УДК:004:681.5

підвищуючого перетворювача який буде працювати в парі з ключем на польовому транзисторі.

Розрахунок підвищуючого перетворювача для живлення сповіщувача.

Основні технічні характеристики	МС34063.
Вхідна напруга	від 3 до 40 Вольт
Вихідна напруга	від 1.25 до 38 Вольт
Максимальний струм на виході	1.5 Ампер
Максимальна частота	100 кГц.

Максимальний струм на виході це піковий струм на внутрішньому транзисторі і він значно більший за струм навантаження. Розглянемо функціональну схему даної мікросхеми рис. 2.10.

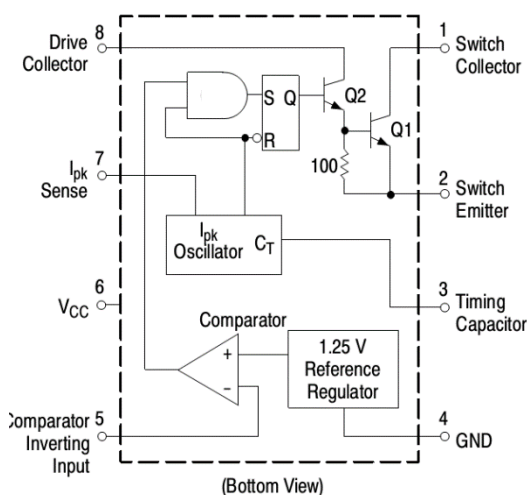


Рис. 2.10. Функціональні блоки інтегральної мікросхеми МС34063 (взята із технічної документації)

Визначимо номінали компонентів по наступній схемі підключення рис. 2.11.

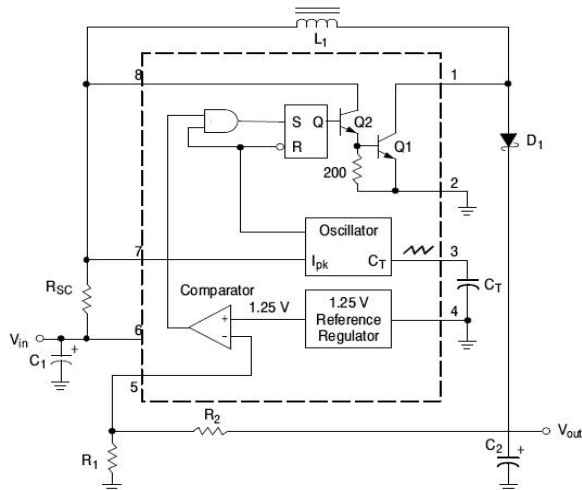


Рис. 2.11. Принципова схема підвищуючого перетворювача побудованого на MC34063.

Із технічної документації на сповіщувач про задимленість відомо що максимальний струм на лінії під час спрацювання становить 30мА, отже нам достатньо схему спроектувати на максимальний струм 40мА що дає 30% запасу по потужності.

Скористаємося електронною таблицею від виробника для визначення потрібних номіналів.

									123.УДК:004:681.5	Арк.
										36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

MC34063 DWS-4-20 [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Настройки

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число

Q64

Design Spreadsheet for the MC33063 device in step up topology:

Select package, demoboard: SOIC

Package	POP	SOIC	DFN	Custom
Rtheta (°C/W)	107	123	47	90
Tmax (°C)	150	150	150	150
Pdmax (W)	0.95	0.625	1.2	0.625

PCB one-layer, size: 28 x 41 mm, 35um copper thickness, 340 sqmm copper area

RESULTS:

Ta max:	125.01 °C	← Maximum ambient temperature
Pd:	0.28 W	← Power Dissipation at the device

The maximum ambient temperature is related to one-layer PCB with parameters mentioned below yellow table. The value of maximum ambient temperature is calculated for maximum allowable junction temperature TJ = 150°C.

Legend:  
    Input Parameter  
    Calculated Parameter (DO NOT CHANGE)  
    Warning

Parameter	Value	Unit	Description
VIN	4	V	Worst Case Input Voltage (minimum Vin)
VOUT	20	V	Desired output voltage
IOUT	0.04	A	Desired output current
D	84%	%	Duty Cycle. Maximum duty cycle of the MC30063 is 84%

2) Input Conduction Loss Parameters from Free-wheeling Diode Datasheets

Parameter	Value	Unit	Description
VF	0.6	V	Diode Forward Voltage (Example: 1N5819 = 0.6V)
VSAT	0.9	V	Saturation Voltage of Power Switch Transistor - Found in Electrical Characteristics of Datasheet, Darlington Configuration

3) Set  $\Delta I_L / I_L(\text{avg})$

For Maximum Output Current it is suggested that  $\Delta I_L$  should be chosen to be less than 10% of the average inductor current,  $I_L(\text{avg})$ . This will help prevent  $p_k$  (sw) from reaching the current limit threshold set by RSC. If the design goal is to use a minimum inductance value, let  $\Delta I_L = 2 \cdot I_L(\text{avg})$ . This will proportionally reduce output current capability.

Parameter	Value	Unit	Description
$\Delta I_L / I_L(\text{avg})$	32.80635463	%	$\Delta I_L / I_L(\text{avg})$
ripple	0.09	A	Ripple Current, $\Delta I_L$

4) Input target frequency

Parameter	Value	Unit	Description
Target f	50	kHz	Targeted maximum switching frequency
Timing capacitor	675	pF	Timing capacitor capacitance

5) The spreadsheet calculates key parameters for the remaining component selection

Parameter	Value	Unit	Description
ton(toff)	5.44	us	
ton	16.30	us	
$I_L(\text{avg})$	0.26	A	Average Inductor Current
$i_{pk}(\text{sw})$	0.30	A	Peak Inductor Current. For Boost Converter this equals $I_L(\text{avg}) + \text{ripple}/2$
RSC	1000	mOhm	Minimum Short Circuit Resistor Value
L	825	uH	Minimum inductance value - Increasing Inductance decreases ripple current
$R_L$	1.100	Ohm	Inductor Winding Resistance (from Inductor data sheet or measurement)
toff	3.10	us	

$$R_{SC} = \frac{0.30}{I_{pk} (3\text{m}idi)}$$

STEP DOWN STEP UP

Рис. 2.12. Загальний вигляд засобів проектування від виробника TI (Texas Instrument).

Слід зауважити що резистори R1 і R2 не були розраховані, оскільки користувачу дається можливість самому порахувати подільник напруги який використовується для зворотного зв'язку. Опорною напругою у 34063 є 1,25В і знаючи бажану вихідну напругу розраховують номінали резисторів цього подільника напруги. Також треба взяти до уваги що надто низькі номінали будуть впливати на споживану потужність. Схема була промодельована у середовищі Proteus.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

## 2.8. Моделювання аналогової частини проекту в Proteus.

Проведемо симуляцію перетворювача напруги в спеціалізованій програмі схемотехнічного моделювання. Для цього створимо електричну схему в програмі Proteus відповідно до схеми підвищуючого перетворювача в технічній документації. Задано номінали компонентів відповідно до розрахованого раніше опису. Розглянемо розгортку величин напруги даного перетворювача в часі в основних вузлах схеми, а саме на виході силового ключа та на частото задаючій ємності (рис. 2.13).

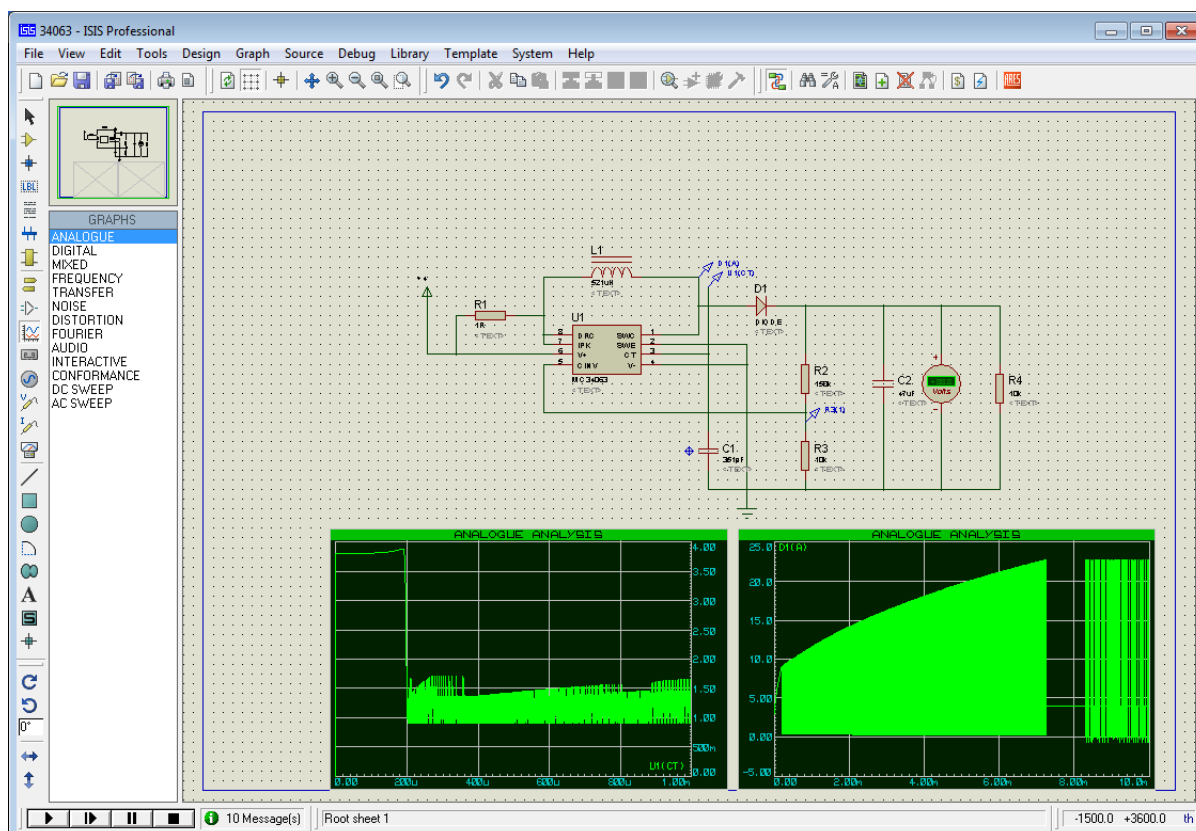


Рис. 2.13. Моделювання перетворювача у середовищі Proteus.

На схемі симуляції поставлені дві точки визначення напруги а в проект додані аналізатори аналогового сигналу оскільки побачити зміну напруги в часі на осцилографі неможливо через обмеження Proteus для обрахунку аналогових схем у реальному часі. На рис. 2.13. зображено початок процесу включення (перехідний процес) перетворювача з характерним наростанням напруги на вихідному конденсаторі.

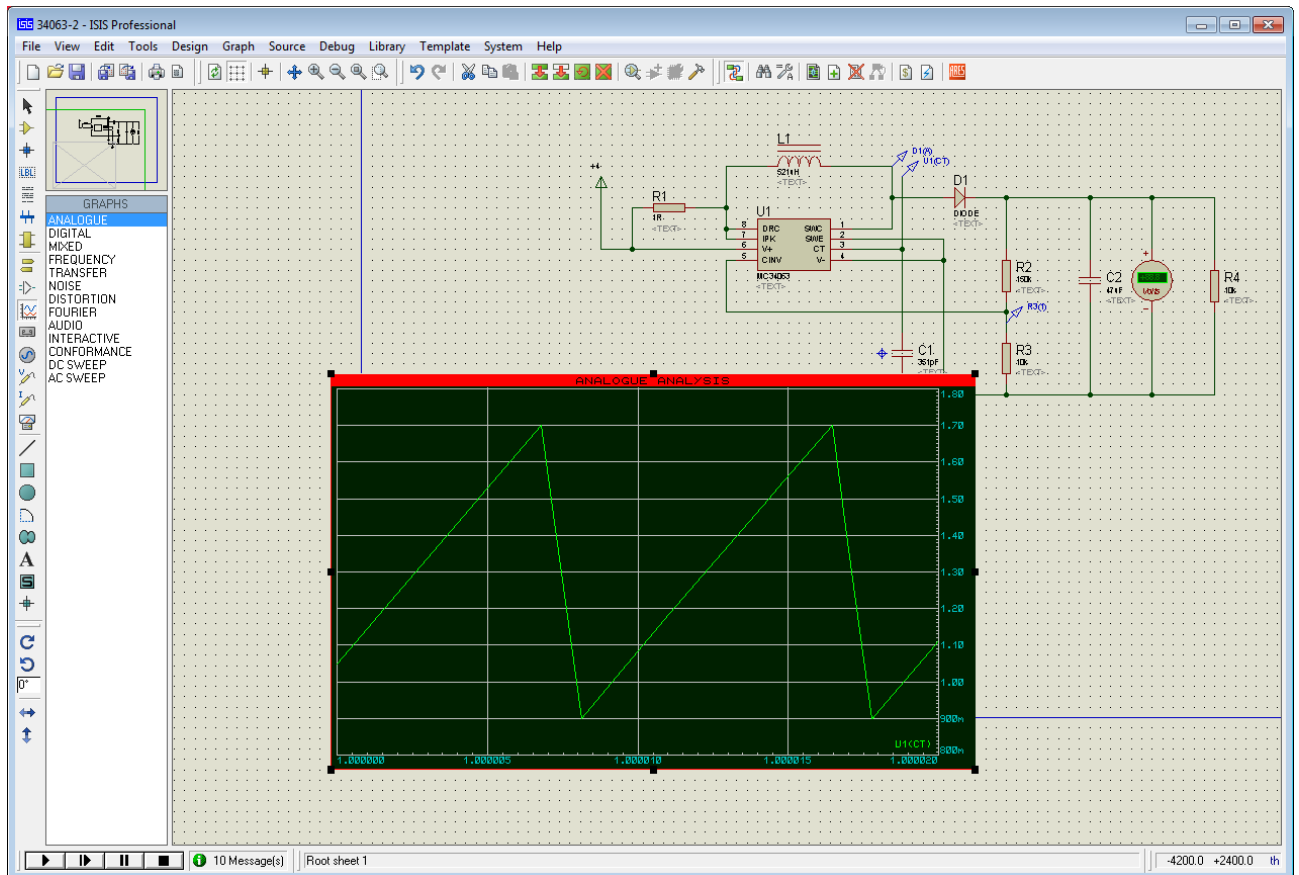


Рис. 2.14. Моделювання у Proteus.

На рис. 2.14 зображено розгортку напруги на частото задаючій ємності. Із моделювання бачимо повне співпадіння частоти з визначеними в автоматизованій таблиці EXCEL яку надав виробник.

Після моделювання електричних характеристик перетворювача у нас залишається розвести друковану плату. Для цього був використаний другий компонент програми Proteus – система Ares. Але тут треба відзначити, що використовувати автоматичний розміщувач компонентів не можна, оскільки на роботу перетворювачів напруги сильно впливає розміщення частото задаючого конденсатора та фільтруючих керамічних ємностей. Про це наголошувалося в технічній документації на MC34063. Тому всі компоненти були розставлені вручну і тоді була здійснено трасування провідників. На рис 2.15 представлено 3D модель такого перетворювача створеного підсистемою Ares.

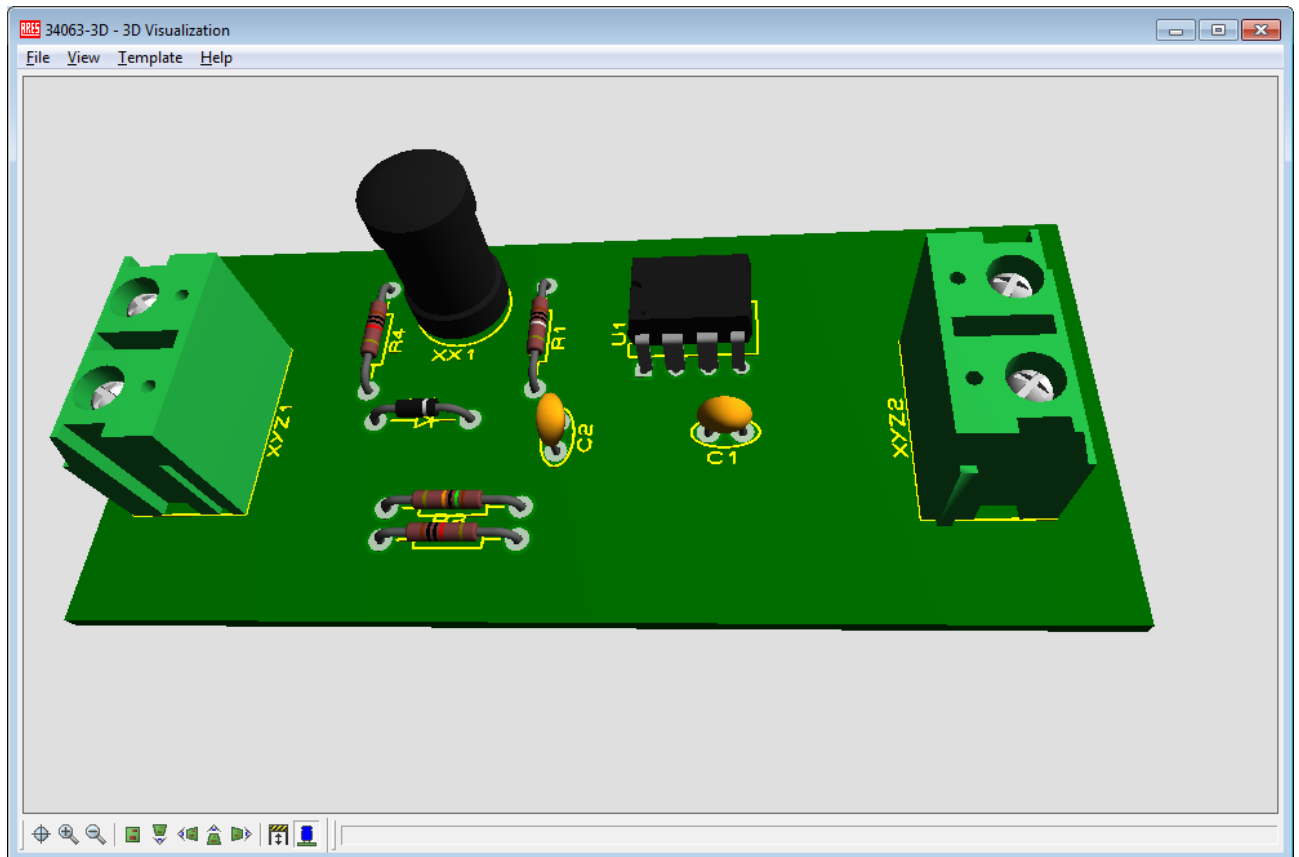


Рис. 2.15. 3D модель перетворювача.

Для хорошої візуалізації пристрою було проведено пошук 3D моделей компонентів, оскільки стандартна бібліотека 3D моделей Ares-a не має відповідників більшої половини наявних в Proteus електронних компонентів. Для цього в Proteus-і були створені нові компоненти з доданими 3D моделями у їхні властивостях. І вже після цього, вони стали доступними для тривимірної візуалізації.

Наступним завданням для вирішення є робота перетворювача в режимі короткого замикання сповіщувача, ця ситуація є малоймовірною але можливою у разі обплавлення з'єднувальних провідників. Для цього визначимо з інструкції до даного сповіщувача струми споживання в режимі моніторингу 95мкА і режимі спрацювання 30мА. В колі живлення самого сповіщувача використано резистор-обмежувач струму, і в точці його з'єднання з сповіщувачем будемо визначати напругу і відповідно стан перетворювача та сповіщувача для опрацювання центральним мікроконтролером.

									Арк.
									40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



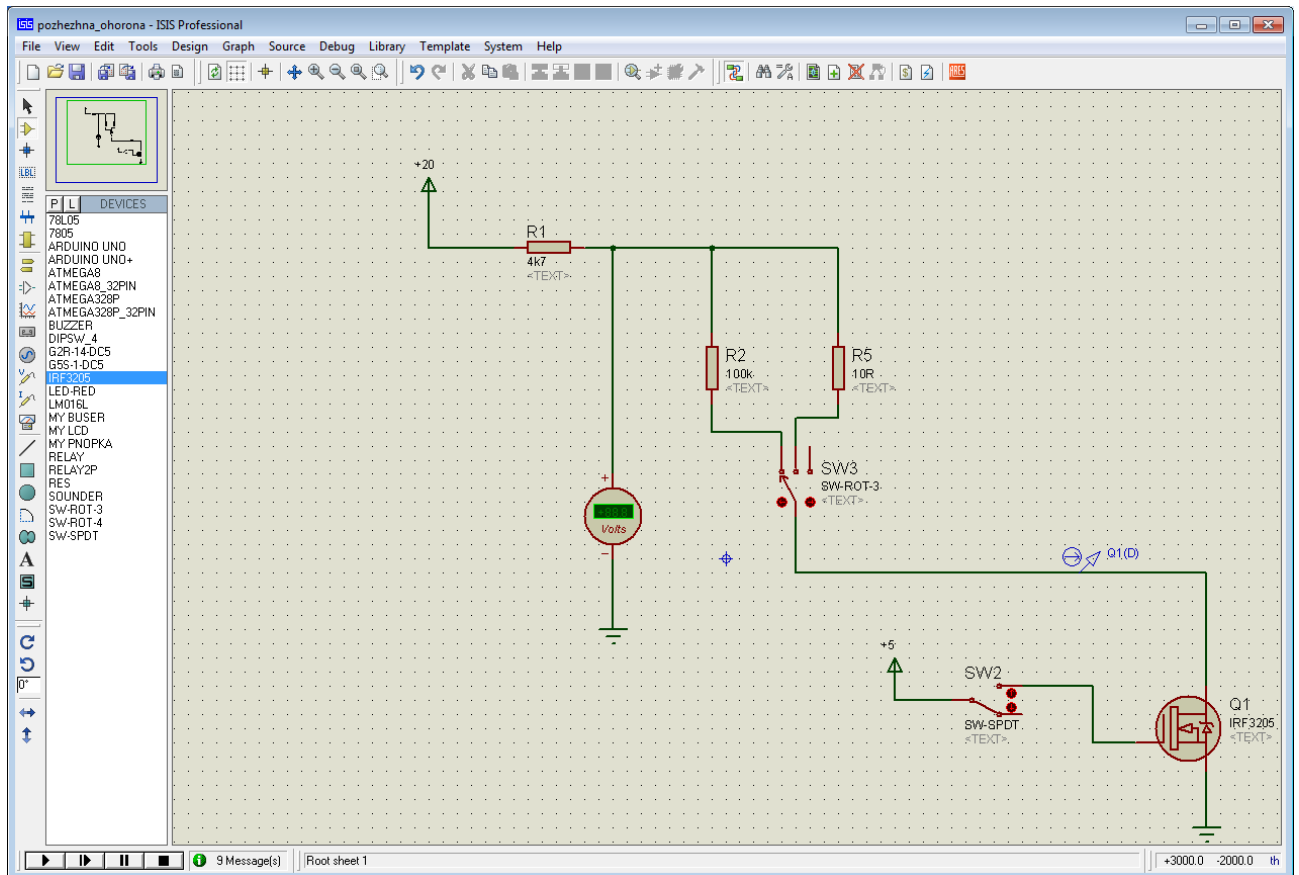


Рис. 2.16. Моделювання роботи сповіщувача задимленості в робочому режимі 65мкА, режимі спрацювання 30мА та режимі відсутності контакту.

В якості сповіщувача використано еквіваленти опору реального сповіщувача в робочому стані. За результатами моделювання визначені напруги в точці спостереження для використання в створенні програми. Моделювання еквівалентної схеми сповіщувача в програмі Proteus представлено на рис. 2.16.

## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Для написання програми для нашої автономної системи оповіщення про задимленість обрано середовище ArduinoIDE 1.87. За цільовий виконуючий процесор обрано ArduinoNANOv3.

### 3.1. Структура програми

Програма яку за сучасною термінологією називають скетчем складається з функціональних блоків та морфологічних лексем. Слід зауважити що мова програмування в середовищі Arduino це мова C++ з підтримкою ООП. В класичній структурі такої програми є два основні блоки це `setup()` та `loop()`.

В підпрограмі `setup()` записуються команди та налаштування які будуть виконані лишень один раз після завантаження, цю підпрограму зазвичай використовують для налаштування виводів мікроконтролера, інтерфейсів за допомогою яких буде відбуватися спілкування з іншими модулями, в нашому випадку це GSM-модем SIM800L. Для цього модему створимо та налаштуємо програмний послідовний порт.

Підпрограма `loop()` це основне тіло програми яке по означенню буде виконуватися вічно аж до відключення живлення. В цій підпрограмі будемо використовувати виклики на деякі функції та проводити вимірювання.

Розглянемо більш детально основні AT-команди які дозволяють використовувати можливості стільникової мережі. Насамперед потрібно мати SIM-картку з позитивним балансом. Для використання голосових функцій за прямим призначенням, до аудіоінтерфейсів мікрофона (MICP та MICN) та колонок (SPKP та SPKN) можна безпосередньо підключити роздільні динамік та мікрофон. Також на платі GSM-модему SIM800L є роз'єм для підключення зовнішньої антени. Схема підключення аудіопристроїв до модуля зображена на рис. 3.1.

									Арк.
									42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

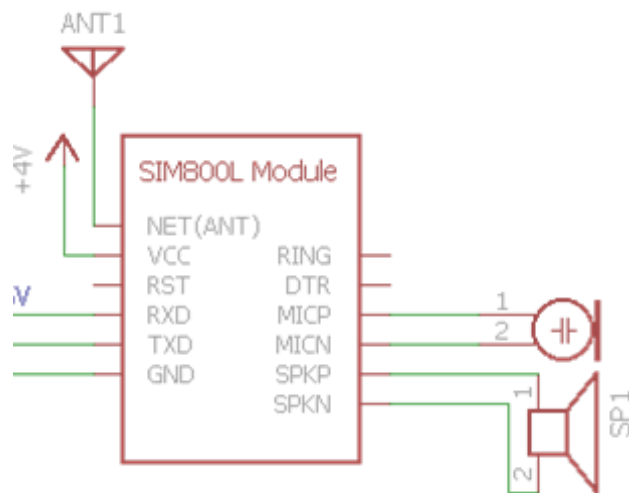


Рис. 3.1. Підключення аудіопристроїв до SIM800L.

### 3.2. Програмна взаємодія з модемом SIM800L

#### Основні команди для керування голосовими функціями:

Здійснити вихідний виклик: **ATD<phonenumber>**; де <phonenumber> – номер абонента в повному форматі (+380951234567). Можливі відповіді на цю команду OK, BUSY, NO DIAL TONE [9]. Ці відповіді необхідно аналізувати в основній програмі.

Відповісти на вхідний дзвінок: **ATA**. Слід зауважити що всі команди, записані в цьому ж рядку після команди ATA, ігноруються.

Скинути вхідний дзвінок: **ATH**.

Увімкнення автовизначника номера (АОН): **AT+CLIP=<n>** де <n> – параметр увімкнення функції: 0 - АОН вимкнений або 1 - АОН включений

Важливим є той факт що не можна забувати «крапку з комою» ; наприкінці команди – у цьому разі модем відреагує повідомленням NO CARRIER (не доступно).

Для того, щоб відреагувати на вхідні дзвінки, потрібно відстежувати повідомлення RING, яке відноситься до повідомлень без запиту, і вже далі робити дії – або відповідати на вхідний виклик командою ATA, або скидати його командою ATH.

#### Приймання, надсилання та видалення SMS

									Арк.
									43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Найбільш зручним способом комунікації з пристроями які обладнані модемом стільникового зв'язку є робота з короткими текстовими повідомленнями. Через тестові повідомлення можна отримувати діагностичну інформацію та відправляти налаштування в пристрій. Приведемо найбільш використовувані AT-команди для роботи з короткими текстовими повідомленнями.

Отримати список SMS: **AT+CMGL=<stat>[,<mode>]** де <stat> - фільтр, значення якого можуть бути "REC UNREAD" - отримані непрочитані SMS, "REC READ" - отримані прочитані SMS, "STO UNSENT" - збережені непрочитані SMS, "STO SENT" - збережені прочитані SMS, "ALL" - усі SMS; <mode> - фільтр повідомлень, що виділяються: 0 - змінити статус повідомлень на «прочитано», 1 - залишити статус без зміни [9].

Надіслати SMS: **AT+CMGS=<da>[,<toda>]<CR>Текст повідомлення<ctrl-Z/ESC>** де <da> - телефон адресата в міжнародному форматі, у лапках, <toda> - додатковий номер (не використовується), <CR> - початок рядка, після відправки модуль переходить у режим прийому тексту повідомлення. Після того, як текст повідомлення надіслано, необхідно надіслати або <ctrl-Z> для надсилання повідомлення, або <ESC> для скасування.

Прочитати SMS: **AT+CMGR=<index>[,<mode>]** де <index> – порядковий номер повідомлення, <mode> - дія після прочитання, значення: 0 - змінити статус повідомлень на «прочитано» (за замовчуванням), 1 - залишити статус без зміни.

Видалити SMS: **AT+CMGD=<index>[,<delflag>]** де <index>- порядковий номер повідомлення, що видаляється в заданій групі (>0), <delflag> - фільтр видалених повідомлень (необов'яз.), значення: 0 - Видалити повідомлення із заданим порядковим номером <index>, 1...3 - видалення повідомлень, залишаючи повідомлення за різними критеріями (див. datasheet), 4 - Видалити всі повідомлення, включаючи непрочитані.

### 3.3. Налаштування GPRS з'єднання

Налаштування GPRS з'єднання та саме підключення до інтернет здійснюватиметься через одну команду AT+SAPBR з безліччю параметрів [9].

									Арк.
									44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Кількість вхідних параметрів може сягати 4-х:

1 параметр - тип виконуваної операції

- 0 – закрити з'єднання
- 1 – відкрити з'єднання
- 2 – отримати інформацію про з'єднання
- 3 – передати параметри з'єднання
- 4 – отримати параметри з'єднання
- 5 – зберегти налаштування в енергонезалежну пам'ять модуля

2 параметр – CID або ідентифікатор профілю

Наступні два параметри, можуть застосовувати різні значення в залежності від запиту та більш детально описані в посібнику до модема.

AT+SAPBR=1,1 – Встановлюємо з'єднання GPRS.

AT+SAPBR=2,1 – Отримуємо відомості про з'єднання та IP адресу.

У відповіді отримуємо надану IP адресу: +SAPBR: 1,1,"xxx.xxx.xxx.xxx"

AT+SAPBR=0,1 – Закриваємо з'єднання GPRS

Наступна команда для встановлення налаштувань підключення, де CONTYPE – тип підключення GPRS чи CSD, APN – точка підключення, USER – ім'я користувача, PWD – пароль. Наведемо приклад для оператора vodafone

AT+SAPBR=3,1,"CONTYPE","GPRS"

AT+SAPBR=3,1,"APN","internet.vodafone.ua "

AT+SAPBR=3,1,"USER","vodafone"

AT+SAPBR=3,1,"PWD","vodafone"

Дізнатися поточні налаштування підключення можна за допомогою команди AT+SAPBR=4,1.

Оскільки в процесі виконання нашої програми є необхідність відсилання даних на віддалений сервер то скористаємося get-запитом. Такий запит часто використовується у веб-формах для передачі даних у відкритій формі. При використанні такого запиту у стрічці адресу браузера користувачам які знаходяться

									Арк.
									45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

рядом видно всі дані які заповнюються веб-клієнтом. Але в нашому випадку дані відсилаються у мережі мобільного оператора і стрічку нікому не видно.

Розглянемо HTML запити, які необхідно використати в нашій програмі щоб відкрити HTML канал, означити сесію, передати дані та безпечно закрити HTML з'єднання.

AT+HTTPINIT – Ініціалізаціяhttp сервісу.

AT+HTTPPARA="CID",1 – Налаштування CID параметра для http сесії.

AT+HTTPPARA="URL","mysitecom.ua/index.html" – Вказівка адреси сторінки.

AT+HTTPACTION=0 – Старт сесії, на обмін даними даних, дана команда має три параметри які означають метод запиту:

0 – GET

1 – POST

2 – HEAD

Розберемо відповідь на попередню AT-команду у ній повертаються дані про запитану сторінку

+HTTPACTION:0,200,879

Перший параметр тип запиту; Другий параметр – HTTP код – статус про виконання операції чи код помилки, а саме:

100 – з'єднання

200 - Ок

204 – немає контенту

404 – сторінки не знайдено

Третій параметр – розмір доступних даних (у байтах)

AT+HTTPREAD – Читання даних, де перший параметр – адреса, з якої почати читання а другий параметр – кількість байт, які потрібно прочитати.

AT+HTTPDATA=25,5000 – Передача даних HTTP серверу

DOWNLOAD

tekstyakuuperedayetsya

OK

									Арк.
									46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Перший параметр – кількість байт, що передаються

Другий параметр – час очікування даних, що завантажуються в UART

Після надсилання командив послідовний порт модему, прийде у відповідь DOWNLOAD – запрошення на введення даних. Після успішної передачі даних повернеться ОК, інакше error.

AT+HTTPTERM – Завершити роботу служби HTTP

Особливістю спроектованого пристрою є можливість контролювання напруги на елементі живлення, це завчасно дозволить користувачу здійснити заміну елементів живлення або підзарядку акумулятора.

### 3.4. Алгоритм виконання програми

1. Означаємо змінні, константи та ініціалізуємо порти для управління живленням сповіщувача Артон СПД-3, та живлення модема.

2. Вимірюємо напругу живлення акумулятора та відсилаємо її в вигляді короткого текстового повідомлення (робимо один раз на початку постановки пристрою на чергування).

3. У бескінечному циклі налаштовуємо систему скінчених автоматів з чотирма станами: перший – режим очікування для переходу в режим зниженого енергоспоживання, другий – включення сповіщувача і опрацювання даних про стан об'єкт, третій – режим підключення модему, вимірювання напруг та відсилання даних на віддалений сервер і четвертий це спрацювання сповіщувача або відсутній зв'язок із сповіщувачем, у цьому режимі буде під'єднано модем і здійснено повідомлення про спрацювання усіма можливими способами: дзвінком, коротким текстовим повідомленням та відправкою інформації на сервер.

4. Налаштування за допомогою вбудованої в середовище Arduino функції millis() часових інтервалів, в яких мікропроцесор Arduino знаходиться в режимі сну а перетворювач для живлення сповіщувача вимкнений та робочих режимів в яких відбувається вимірювання прозорості повітря на ознаки появи диму. Також налаштовуємо таймер на включення модему у значно рідші проміжки часу і відсилання на сервер стану заряду акумулятора.

									Арк.
									47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Пропоновані проміжки часу наступні: робочий режим 30сек з яких 10сек йде на час виходу оптичного сповіщувача диму на робочий режим, режим сну - 2хв. Проміжки між підключеннями модему - 6год. Для роботи модему було визначено, що час для реєстрації в мережі та надсилання http-паketу з діагностичною інформацією становить трошки менше 50сек.

5. При настанні «спрацювання» відбувається негайне під'єднання модему, відсилання інформації про точний час і дату спрацювання та робиться додзвон на вибраний номер. При скиданні дзвінка користувачем даної системи, модем залишається підключеним для можливості зворотних дій. Наразі пропонується опрацювання вхідного текстового повідомлення для зміни стану однієї ніжки мікроконтролера для можливості управління засобами пожежогасіння. Такий функціонал може бути запропонований потенційному покупцю такого пристрою.

6. В основному циклі програми завжди перевіряється умова чи напруга живлення від акумулятора вища заданої критичної напруги. Замір напруги пропонується робити усередненим вимірюванням на протязі 50мс під час під'єднання модему. Такий спосіб вимірювання схожий з діагностикою акумуляторів в блоках безперебійного живлення а саме: під значним навантаженням. У разі якщо напруга опустилася нижче критичної буде сформоване коротке текстове повідомлення на обраний номер про необхідність заміни або зарядки акумулятора. Також треба врахувати, що в проміжку часу розрядженого акумулятора та його заміни в системі має залишитися достатній заряд енергії для відпрацювання сповіщення. Тому розглянуто криву розряду літєвих акумуляторів і визначено що рівень залишку заряду в 30% відповідає напрузі 3,50В. Цю напругу і прийнято в програмі за критичний розряд.

Текст програми наведений у додатку.

В програмі використано наступні позначення автомату скінчених станів:

```
#define STATE_STANDBY 0
```

```
#define STATE_ARTON 1
```

```
#define STATE_SIM800L 2
```

```
#define STATE_ALARM 3
```

									Арк.
									48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



Вибір між станами відбувається у функції switch (STATE) { ....}.

За рекомендаціями основоположників мови програмування Керніган-Річчі [10] багато логічно зв'язаних команд згруповані у підфункції, зокрема:

- всі налаштування модему зібрані у функції gprs\_start () { ....}; Для різних операторів стільникового зв'язку ім'я та пароль для відкриття інтернет сесії різних, ці поля визначені в цій функції.

- для формування пакету даних, який відправляється на сервер для зберігання «лог-файлу» методом GET-запиту створено функцію gprs\_send(String data) {...}; Відповідно ця функція приймає своїм параметром стрічку з текстом який буде доданий на сервер.

- для відправки AT-команд написана функція String ATCommand(String cmd, bool waiting) {...};

- для очікування відповіді від модему створена функція String waitAnswer() {...};

- для відправки коротких текстових повідомлень створена функція void SMS(String phone, String message) яка приймає два параметра для передачі це номер абонента та сам текст, відповідно можна розширити функціонал внесенням кількох номерів чи створення списку номерів при первинному налаштуванні пристрою;

- для вимірювання напруги на сповіщувачі та акумуляторі були створені дві однотипні функції void Measuring\_U\_bat() {...} та void Measuring\_U\_ARTON() {...}. Вимірювання напруги проводиться усередненням 64 значень. Ця цифра вибрана щоб кінцева усереднена цифра помістилася в двобайтну змінну типу «беззнакове інтеджер».

### 3.5. Налаштування сервера збору даних з розробленого пристрою.

Для обробки даних які відсилає наша автономна система оповіщення необхідно створити веб-сервер для збору цієї інформації. Для цього на php напишемо сторінку із командами обробки. Дані будемо дозаписувати у існуючий на веб-порталі файл.

									Арк.
									49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Зміст файлу наступний

```
<?php
```

```
$ip = $_SERVER['REMOTE_ADDR']; //отримуємо IP адрес клієнта
```

```
$client = $_SERVER['HTTP_USER_AGENT']; //отримуємо ідентифікатор
```

HTTP клієнта

```
$today = date("Y.m.d H:i:s"); //Отримуємо достовірну дату і час
```

```
$f = fopen("log.csv","a"); //відкриваємо файл для додавання даних
```

```
$param=$_POST['text']; //отримуємо значення відісланої змінної "text"
```

```
fwrite($f,"$today; $ip; $client;My_DATA=$param \r\n-----\r\n"); //запис
```

даних у файл

```
fclose($f); //закриваємо файл
```

```
?>
```

```
<p>GPRS datareadpage</p>
```

```
<a href="http://mysite.com.ua/log.csv" target="_blank">download log.csv</a>
```

При відкритті даного сайту нам буде доступне посилання на файл log.csv з діагностичною інформацією, для зручності часові мітки у файлі будуть відповідати реальному часу який береться в мережі. Також є можливість збору у даному сервері даних з різних систем.

									Арк.
									50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ І ПРАКТИЧНА ЗНАЧУЩІСТЬ РОЗРОБЛЕНОГО ПРИСТРОЮ

### 4.1. Собівартість проекту

Визначившись з усіма необхідними компонентами пристрою та після написання програмного коду доцільно розрахувати вартість комплектуючих та собівартість виготовлення всього пристрою. Доцільно представити ціни для м.Івано-Франківськ які актуальні на осінь 2021р. Прейскурант був усереднений для найбільших та найпопулярніших інтернет-майданчиків для роздрібної торгівлі (пром, ізі та олх).

Комплектація:

- Сповіщувач пожежний димовий СПД-3.10 – 170 грн;
- Arduino Nano– 150 грн;
- GPRS-модем SIM800L – 70 грн;
- польовий транзистор 2 шт – 16 грн;
- МС34063 – 5 грн;
- конденсатор по живленню електролітичний з малим внутрішнім еквівалентом опору, конденсатори керамічні для задання частоти та інші пасивні компоненти для реалізації перетворювача напруги – 46 грн
- склотекстоліт розміром 4\*6 – 8 грн;
- провідники – 10 грн;
- світлодіод червоний – 2 грн;
- розчини для витравлювання схем методом ЛУТ -12 грн.
- SIM-картка – не враховуємо.

Загальна вартість складає 489 грн.

Окремим пунктом необхідно вказати вартість джерела живлення у вигляді літійового акумулятора або батареї акумуляторів, оскільки право на їх вибір повинен здійснити потенційний замовник, який висуне до пристрою додаткові вимоги в плані стабільної роботи на протязі деякого автономного часу.

									Арк.
									51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.УДК:004:681.5

## 4.2. Розрахунок часу роботи пристрою від запропонованого алгоритму роботи

Для оцінки доцільності практичного застосування проведемо розрахунок терміну роботи пристрою за відомими з технічної документації рівнями споживання компонент та режимами роботи.

ArduinoNano – 8мА в робочому режимі

ArduinoNano– 3мА в режимі сну (пониженого споживання)

Оптичний сповіщувач в режимі моніторингу – 95мкА

МС34063 –2,5мА в режимі генерації ШІМ без навантаження. Тут зразу необхідно відзначити що споживання сповіщувача Артон СПД-3 в режимі моніторингу є значно меншим ніж споживання перетворювача напруги, тому для розрахунків візьмемо саме споживання МС34063

GPRS-модемSIM800L в режимі створеного GPRS-каналу по якому йде передача мобільних даних споживає 120мА

GPRS-модемSIM800L на протязі 30мс під час реєстрації в мережі, споживає до 2А, тому такий пік споживання еквівалентно замінимо додаванням 1сек до робочого часу модему.

Підсумуємо  $8\text{мА}(30\text{сек})+3\text{мА}*(90\text{сек})+2,5\text{мА}(30\text{сек})$  що означає 30 циклів за годину в яких  $0,25\text{год}*(8+2,5)\text{мА}+0,75\text{год}*3\text{мА}=2,625+2,25=4,875\text{мА}*\text{Год}$  що в перерахунку на добу буде близько  $0,117\text{А}*\text{год}$

Споживання модемуSIM800L протягом 60сек складе  $120\text{мА}*(1/60)=2\text{мА}*\text{год}$ .

Відповідно за 1 добу роботи витрата енергії із джерела буде  $2*4+117=125\text{мА}*\text{год}$ . Ця величина характеризує енерговитрати нашого пристрою протягом доби та прямо визначає час роботи від елементів живлення. Наприклад при використанні акумулятора 18650 на  $3000\text{мА}*\text{год}$  його вистачить на 24доби.

Цікавим дизайнерським рішенням також є вимірювання напруги на елементах живлення чи акумуляторі під час короткого часу ввімкнення GSM-модуляSIM800L на протязі якого даний модуль споживає значний струм що обумовлено реєстрацією в мережі на своїй максимальній потужності. Такий адаптивний

									Арк.
									52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

механізм визначення рівня заряду зможе по перше завчасно повідомити про настання розряду а по друге вказати на проблеми з акумулятором.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						53
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПРИСТРОЮ

### 5.1. Норми санітарної безпеки засобів для виготовлення друкованих плат

Оскільки передбачається виготовлення тільки однієї одиниці пристрою для макетування, доцільно застосовувати ручну пайку з огляду на кількість елементів на спроектованій друкованій платі.

Для забезпечення електричної безпеки необхідно застосовувати електропаяльник потужністю 15-50Вт при напрузі живлення до 24 В. Даній вимозі відповідає електропаяльник на жалах T12.

Друковану плату необхідно паяти припоєм ПОС-61. Це відповідає вимогам стандарту ГОСТ 21931-76. Хімічний склад цього припою приведений в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Хімічний склад низькотемпературного припою ПОС-61.

Марка припою	Олово	Свинець	Вісмут	Домішки
ПОС-61	60-62%	37,7 –39,7%	немає	0,29%

Процес пайки даним припоєм проводиться із використанням флюсів у добре провітрюваному приміщенні. У якості флюсів можуть застосовуватися каніфоль, спиртовий розчин каніфолі або флюс макри СІМВО.

Для процесу пайки припоєм ПОС-61 вибрано найбільш поширений і найдешевший смоловмісний флюс марки ФКСП який виготовлений по ОСТ4Г 0.033.200. Склад флюсу наступний:

- 70-60% соснової каніфолі;
- 30-40% спирту етилового.

За правилами хорошого тону у виготовленні друкованих плат застосовують змивний розчин (змивку). Цей засіб необхідний для вилучення залишків флюсу. У якості змивки вибрано суміш очищеного бензину «калоша» та ізопропілового спирту у співвідношенні 1:1.

									Арк.
									54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 5.2. Небезпечні та шкідливі фактори при паянні

Потенційну небезпеку при процесі пайки несуть наступні шкідливі фактори:

- високий вміст шкідливих речовин (перевищення ГДК) у повітрі робочої зони;
- незадовільне освітлення робочого місця;
- можливе ураження шкіри та очей бризками та крапельками розплавленого припою;
- можливе ураження електричним струмом при налагодженні пристрою;

Процес пайки необхідно проводити в захисних полікарбонатових окулярах.

## 5.3. Чинники біологічної небезпеки шкідливих речовин у повітрі

### робочої зони

Процеси пайки електронних компонентів при макетуванні супроводжуються вкрай значним забрудненням повітря аерозолями припою, флюсу, парами різних рідин, які застосовуються для змивання залишків флюсу і розчинених лаків. Перебуваючи у середовищі з перевищеними нормами ГДК (гранично-допустимі концентрації) тривалий час, респіраторні органи працівників піддаються значному впливу шкідливих парів та аерозолів. Шкідливі речовини можуть осідати на шкірному покриві, потрапити на слизові оболонки порожнин носових пазух, рогівку очей, верхніх дихальних шляхів, та звідси потрапляють у легені. Особливу небезпеку при паянні олов'яно-свинцевими припоями несуть пари свинцю. Свинець і його сполуки надзвичайно отруйні. Значна частина свинцю який потрапляє в організм людини виводиться через кишечник та нирки, але частина затримується в кістковій тканині, м'язах та печінці. Цей свинець починає циркулювати в крові людини, спричиняючи симптоми свинцевого отруєння. Слід відмітити на сьогоднішній момент не зафіксовано жодного отруєння свинцем таким шляхом. Для запобігання професійних захворювань радіомонтажників вміст свинцю не повинен перевищувати гранично-допустимі концентрації.

									Арк.
									55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.УДК:004:681.5

Застосування різних флюсів при процесі пайки теж шкідливо впливає на організм людини. Компоненти які входять до складу флюсів, мають подразнюючу та наркотичну дію через вміст спирту.

#### **5.4. Вимоги та розрахунок освітленості робочого місця**

При монтажі друкованих плат, як і при роботі з дрібними елементами, рівень освітленості повинен бути на оптимальному рівні. При надмірно яскравому освітленні робочої зони оператор процесу збирання буде швидко стомлюється, і це може призвести до втрати працездатності працівника.

Природне освітлення приміщення для професійної діяльності здійснюється боковим світлом через вікна. Основною величиною для розрахунку освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Це коефіцієнт залежить від широти місцевості, звісно від пори року і стану погоди. За цим коефіцієнтом здійснюється нормування природного освітлення робочих зон виробничих та навчальних приміщень. При односторонньому боковому освітленні необхідно нормувати мінімальне значення КПО в точці робочої зони, яка розташована на відстані 1 метр від найвіддаленішої від вікон стіни і умовної робочої поверхні.

#### **5.5. Заходи пожежної безпеки**

Переважає більшість речовин і матеріалів, які застосовуються у процесі пайки електронних компонентів є пожежо- і вибухо- небезпечними [11].

Серед основних причин виникнення пожежі є:

- порушення встановлених правил пожежної безпеки та необережне поводження з вогнем;
- несправність і перевантаження електричних приладів та струмопровідних елементів (коротке замикання);
- несправність вентиляційної системи, яка викликає самозаймання або вибух пилу та горючих аерозолів;
- необережне а іноді і халатне поводження з вогнем;

									Арк.
									56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



- самозаймання фланелевої тканини яка просочена маслом, бензином або спиртом;
- статична електрика, що утворюється від тертя пилю або газів в вентиляційних установках;
- грозові розряди при відсутності або несправності блискавковідводів.

У приміщеннях, призначених для монтажу друкованих плат передбачена пожежна сигналізація, яка служить для швидкого сповіщення служби пожежної охорони про виникнення ознак пожежі.

Кількість розміщених вогнегасників у виробничому приміщенні повинна відповідати вимогам ISO 3941-77.

У приміщенні повинні бути виконані всі чинні вимоги пожежної безпеки відповідно до вимог «Правил пожежної безпеки в Україні».

Вхід у приміщення, проходи між столами та коридори забороняється захащувати різними предметами та обладнанням. Для зберігання небезпечних речовин і матеріалів передбачені спеціальні шафи і ємності.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

1. Здійснено огляд роботи промислових оптичних сповіщувачів задимленості і опрацьовано методологію отримання інформації про його стан, що дозволяє здійснити підключення такого сповіщувача до Arduino.

2. Здійснено розрахунок DC-DC перетворювача, який використовується для живлення пожежного сповіщувача та визначено його ефективність, що дозволяє здійснити прогнозування часу роботи пристрою в загальному від відомої ємності акумулятора.

3. Розроблено електричну схему пристрою та написано програмну частину в середовищі Arduino.

4. Запропоновано адаптивний режим роботи пристрою, що включає режими чергування робочого стану та сну МК, режимів почергового включення периферійних пристроїв, а саме: сповіщувача та GSM-модуля для отримання максимального часу роботи.

5. Запропоновано режим вимірювання напруги живлення акумулятора в найбільш складний по споживанню електроенергії час, що дозволяє повідомити користувача пристрою про початок проблем з акумулятором при його деградації.

6. Визначено прогнозований час роботи пристрою із запропонованою послідовністю роботи периферії від акумулятора, що складає 9 днів/А\*год. Це дозволяє масштабувати час роботи пристрою в залежності від ємності акумулятора.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Електрообладнання спеціальних установок. НПАОП 40.1-1.32-01, затверджені наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 21 червня 2001 р. № 272 та з редакцією згідно наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 21.07.2017 р. № 476.

2. Практичний посібник з питань дослідження причин пожеж. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – 380 с.

3. [http://arton.com.ua/files/passports/passport\\_ip\\_212-08\\_\(arton-ipd3.1mk\)\\_mci\\_425232-013.pdf](http://arton.com.ua/files/passports/passport_ip_212-08_(arton-ipd3.1mk)_mci_425232-013.pdf)

4. ДСТУ 2681-94 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологія. Терміни та визначення.

5.

[http://ua.arton.com.ua/products/fire\\_detectors/conventional\\_smoke\\_detectors/spd\\_3](http://ua.arton.com.ua/products/fire_detectors/conventional_smoke_detectors/spd_3)

6. [http://arton.com.ua/files/publfiles2/dymovye\\_optiko.pdf](http://arton.com.ua/files/publfiles2/dymovye_optiko.pdf)

7. [http://arton.com.ua/files/publfiles2/dymovye\\_optiko1\\_5.pdf](http://arton.com.ua/files/publfiles2/dymovye_optiko1_5.pdf)

8. [https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf)

9. [https://microchip.ua/simcom/2G/SIM800%20Series\\_AT%20Command%20Manual\\_V1.12.pdf](https://microchip.ua/simcom/2G/SIM800%20Series_AT%20Command%20Manual_V1.12.pdf)

10. Язык программирования С. 2-е издание, Брайан Керниган, Деннис Ритчи, Диалектика, 2019, 288с.

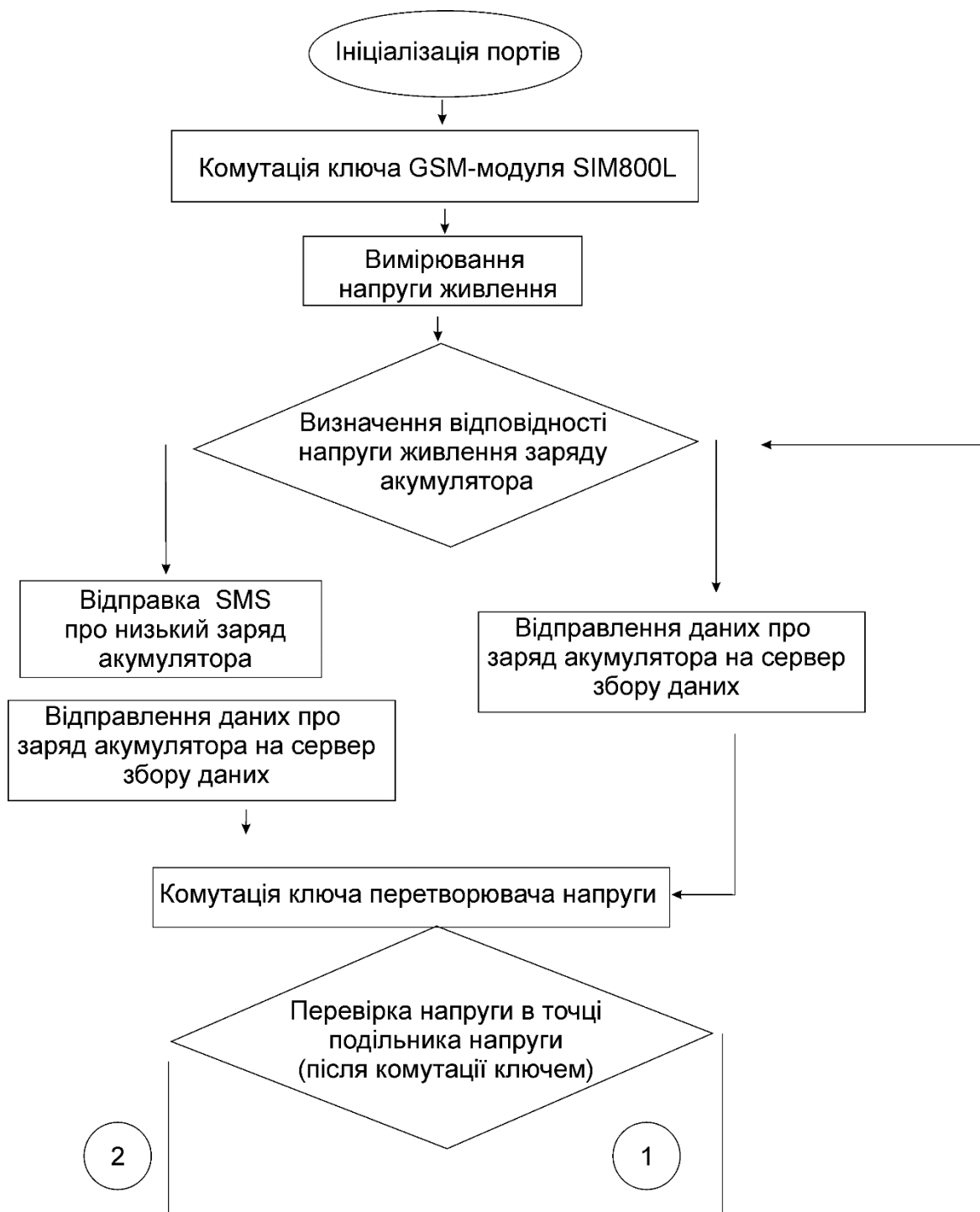
11. ПІДГОТОВКА ПОЖЕЖНОГО-РЯТУВАЛЬНИКА: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА, Підручник пожежного-рятувальника, Бичев А.П., Білецький Б.І., Боцва О.Л., Брень Ю.М., Гончарук В.О., Дишкант О.В., Дужицький О.В., Жиголін Д.Г., Завада М.В., Іванов А.В., Козаченко А.В., Мельник В.В., Миронець С.М., Михайлов В.М., Нікітенков О.Є., Осипенко С.І., Парталян С.А., Стець М.М., Стрига О.І., За загальною редакцією С.А. Парталяна, Київ – 2014, 707с

										Арк.
										59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

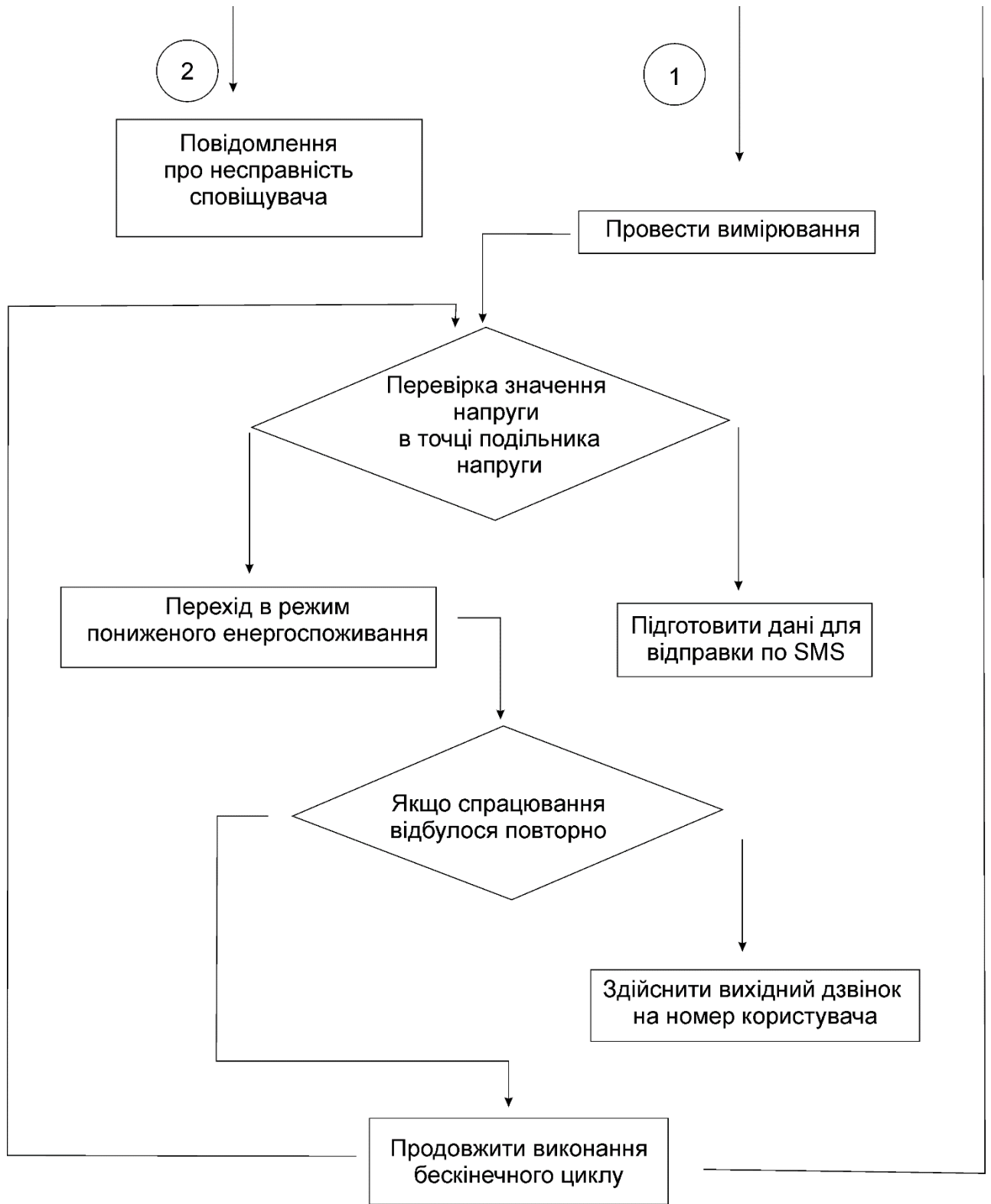
123.УДК:004:681.5

# ДОДАТКИ

## 1. АЛГОРИТМ



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

61

## 2. ТЕКСТ ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

```
#include <SoftwareSerial.h>           // Бібліотека програмної реалізації UART-
протоколу
#include <avr/sleep.h>                 // Бібліотека для використання режимів
енергозбереження
#include <avr/wdt.h>                   // Бібліотека сторожевого таймера
SoftwareSerial SIM800L(8, 9);         // Означення об'єкта програмного
послідовного порта на пінах RX, TX

#define RED_PIN 13                     // Означення піна світлодіода
#define ARTON_DCDC_POWER 8            // Означення піна включення
живлення сповіщувача про задимленість
#define SIM800L_POWER 5               // Означення піна включення живлення
модема SIM800L
#define ANALOG_IN_DCDC 6              // Означення піна для вимірювання
напруги на перетворювачі напруги
#define ANALOG_IN_BAT 7               // Означення піна для вимірювання
напруги на акумуляторі
#define STATE_STANDBY 0               // Визначення чотирьох станів автомата
скінчених станів
#define STATE_ARTON 1
#define STATE_SIM800L 2
#define STATE_ALARM 3

unsigned int U_bat;                   // Змінна напруги акумулятора
unsigned int U_ARTON;                 // Змінна напруги яка вимірюється на
сповіщувачі
unsigned int U_bat_attention;         // Задання напруги при якій відбувається
сповіщення про низький заряд
unsigned int U_bat_critical;          // Задання критичної напруги
int STATE=STATE_STANDBY;             // Створена змінна для зберігання
стану та задання першого стану
long time_ARTON=0;                   // Задання змінної для роботи таймера роботи
сповіщувача
long time_SIM800L=0;                 // Задання змінної для роботи таймера роботи
модуля
String answer1 = "";                 // Змінна для відповіді модема

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(RED_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(RED_PIN, LOW);
```

									Арк.
									62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				123.УДК:004:681.5	

```

pinMode(ARTON_DCDC_POWER, OUTPUT);
digitalWrite(ARTON_DCDC_POWER, LOW);
pinMode(SIM800L_POWER, OUTPUT);
digitalWrite(SIM800L_POWER, LOW);
Serial.begin(9600);
SIM800L.begin(9600);
Serial.println("Start ARTON smoke alarm!");
ATCommand("AT", true);           // Команда для автоналаштування модему
}

String ATCommand(String cmd, bool waiting) {
String answer = "";              // Змінна для зберігання результату
Serial.println(cmd);             // Відсилаємо також в порт на комп'ютері
SIM800L.println(cmd);           // Відправляємо команду модулю
if (waiting) {                  // цикл очікування відповіді
    answer = waitAnswer();
    if (answer.startsWith(cmd)) { // Забираємо із відповіді продубльовані
команди
        answer = answer.substring(answer.indexOf("\r", cmd.length()) + 2);
    }
    Serial.println(answer);      // Відсилаємо відповідь в комп'ютер
}
return answer;                  // Завершуємо функцію відповіддю
}

String waitAnswer() {           // Функція очікування відповіді
String answer = "";            // змінна для результату запиту
long _timeout = millis() + 3000; // змінна щоб очікувати відповідь 3сек
while (!SIM800L.available() && millis() < _timeout) {}; // Очікування відповіді
3сек
if (SIM800L.available()) {
    answer = SIM800L.readString(); // зберігаємо у змінну
}
else {                          // якщо немає відповіді
    Serial.println("Timeout..."); // відсилаємо відповідь що команда не
виконалася
}
return answer;                  // завершуємо функцію відповіддю
}

void gprs_start() {             //Функція підключення gprs
Serial.println("GPRG init start");
ATCommand("AT+SAPBR=3,1,\"CTYPE\", \"GPRS\"", true);
}

```

									Арк.
									63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

```

ATCommand("AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet\"", true);
ATCommand("AT+SAPBR=3,1,\"USER\", \"\"", true);
ATCommand("AT+SAPBR=3,1,\"PWD\", \"\"", true);
ATCommand("AT+SAPBR=1,1", true);
Serial.println("GPRG init complete");
}

void gprs_send(String data) { //Функція відправки даних на сервер
Serial.println("Send start");
ATCommand("AT+HTTPIPINIT", true);
ATCommand("AT+HTTTPARA=\"CID\",1", true);
ATCommand("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://mysite.com.ua/?a=" + data + "\"",
true);
ATCommand("\r\n", true);
ATCommand("AT+HTTTPACTION=0", true);

}

void SMS(String phone, String message) //Функція відправлення СМС з
двома параметрами: телефон і текст повідомлення
{
ATCommand("AT+CMGS=\"" + phone + "\"", true); //Налаштування
режиму введення тексту
ATCommand(message + "\r\n" + (String)((char)26), true); //Відправляємо перенос
стрічки та Ctrl+Z
}

void Measuring_U_bat() { //Функція вимірювання напруги на
пожежному сповіщувачі
U_bat=0; //Онулення змінної
for (int i=0; i<64; i++) //Задання циклу для сумування
U_bat=U_bat+analogRead(ANALOG_IN_DCDC); //Сумування значень
АЦП для зменшення впливів одиночних завад
}

void Measuring_U_ARTON() { //Функція вимірювання напруги
на акумуляторі
U_ARTON=0; //Онулення змінної
for (int i=0; i<64; i++) //Задання циклу для сумування
U_ARTON=U_ARTON+analogRead(ANALOG_IN_BAT); //Сумування
значень АЦП для зменшення впливів одиночних завад
}

```

									Арк.
									64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



```

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  if ((millis()-time_ARTON)>120*1000) {           //час між включеннями димового
сповіщувача в мілісекундах
    digitalWrite(ARTON_DCDC_POWER, HIGH);        //включення перетворювача
напруги і відповідно сповіщувача
    time_ARTON=millis();                          //онулення змінної часу тобто приведення
до реального часу
    STATE=STATE_ARTON;
  }

  if ((millis()-time_SIM800L)>12*3600*1000) {     //час між включеннями GSM-
модема SIM800L в мілісекундах
    digitalWrite(SIM800L_POWER, HIGH);          //включення GSM-модема
SIM800L
    time_SIM800L=millis();                       //онулення змінної часу тобто приведення
до реального часу
    STATE=STATE_SIM800L;
  }

  wdt_enable(WDTO_1S);                           //встановлюємо таймер на 1 секунду
  WDTCSR |= (1 << WDIE);                          //дозволяємо переривання

  // ISR (WDT_vect) {
  // wdt_disable();                               //переривання спрацювало, відключаємо
таймер, продовжуємо виконувати основну програму
  // }

  //використаємо автомат скінчених станів
  switch (STATE)                                  //Функція вибору стану
  {
    case STATE_STANDBY:                          //Стан очікування з пониженим
енергоспоживанням
      digitalWrite(SIM800L_POWER, LOW);         //Виключити живлення модему
(після переходу з інших станів)
      set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);      // Вибираємо режим
енергозбереження
      break;

    case STATE_ARTON:                             //Стан вимірювання даних із
сповіщувача
      digitalWrite(ARTON_DCDC_POWER, HIGH);     //Включення перетворювача
напруги і сповіщувача
      delay(10000);                              //час для виходу на робочий режим
  }
}

```

									Арк.
									65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

```

    Measuring_U_ARTON());           //Виклик функції вимірювання напруги
в точці визначення стану сповіщувача
    if (U_ARTON<100*64) {           //Порівняння зі значенням напруги
менше 100 значень АЦП
        STATE=STATE_ALARM;         //Зміна стану скінченого автомата на
режим "Спрацювання"
    }
    if (U_ARTON>900*64) {           //Порівняння зі значенням більше 900
одиниць значень АЦП
        STATE=STATE_STANDBY;       //Зміна стану скінченого автомата
на режим "Очікування"
    }
    digitalWrite(ARTON_DCDC_POWER, LOW); //Виключення сповіщувача
break;

case STATE_SIM800L:                 //Стан включення модему
    digitalWrite(SIM800L_POWER, HIGH); //Включити живлення модему
//провести вимірювання напруги живлення на акумуляторі
    Measuring_U_bat();               //Вимірювання напруги на акумуляторі при
ініціалізації модему
//почати інтернет сесію та відправити дані про напругу на сайт
    delay(10000);                     //час для реєстрації в мережі стільникового
зв'язку
    gprs_start();                     //Ініціалізація інтернет з'єднання за допомогою
функції
    gprs_send("U_bat="+U_bat);       //Відсилання на сервер значення
поточної напруги на акумуляторі за допомогою функції
    if (U_bat<U_bat_atention) {       //Порівняння напруги зі значенням
низького заряду акумулятора
        SMS("+380993750236", "LOW BATTERY"); //Відсилання СМС про
низький рівень напруги
    }
    STATE=STATE_STANDBY;             //Зміна стану
    digitalWrite(SIM800L_POWER, LOW); //Відключення живлення
модулю
break;

case STATE_ALARM:                   //Стан "Тривога"
    digitalWrite(SIM800L_POWER, HIGH); //Включення модему
//почати інтернет сесію
    delay(10000);
    gprs_start();                     //Ініціалізація з'єднання
    gprs_send("ALARM!!! SMOKE!!!"); //Відсилання на сервер
повідомлення про спрацювання

```

									Арк.
									66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.УДК:004:681.5

```

SMS("+380993750236", "ALARM!!! SMOKE!!!"); //відсилання СМС на
номер з повідомленням "Тривога"
ATCommand("ATD+380993750236;", true); //Здійснення вихідного дзвінка
break;

//default:
//break;
}

if (SIM800L.available() { // Якщо щось появилось у змінні
последовного порта
    answer1 = waitAnswer(); //відповідь від модема
    Serial.println(answer1); // відправляємо у последовний порт для
відладки
}
if (Serial.available() { // Очікування відповіді з комп'ютера
    SIM800L.write(Serial.read()); // Відправляємо отриману відповідь
модему
};
}

```

										123.УДК:004:681.5	Арк.
											67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

### 3. Текст серверного php-скрипта для збору даних у файл

```
<?php
$ip = $_SERVER['REMOTE_ADDR']; //отримуємо IP адрес клієнта
$client = $_SERVER['HTTP_USER_AGENT']; //отримуємо ідентифікатор
HTTP клієнта
$today = date("Y.m.d H:i:s"); //Отримуємо достовірну дату і час
$f = fopen("log.csv","a"); //відкриваємо файл для додавання даних
$params = $_POST['text']; //отримуємо значення відісланої змінної "text"
fwrite($f,"$today; $ip; $client;My_DATA=$params \r\n-----\r\n"); //запис
даних у файл
fclose($f); //закриваємо файл
?>
<p>GPRS data read page</p>

<a href="http://mysite.com.ua/log.csv" target="_blank">download log.csv</a>
```

									Арк.
									68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					