

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний економічний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

Оленюх Роман Володимирович

**Безпроводна система сигналізації диму на базі
мікроконтролерів SimpleLink. / Wireless smoke
alarm system based on SimpleLink microcontrollers**

спеціальність: 6.050102 - Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма - Комп'ютерні системи та мережі

Випускна кваліфікаційна робота

Виконав: студент групи КСМ-41/1
Оленюх Роман Володимирович

Науковий Керівник
к.т.н., І. Р. Паздрій

РЕЗЮМЕ

Дипломний проект містить 55 сторінок пояснюючої записки, 21 рисунок, 7 таблиць, 3 додатки. Обсяг графічного матеріалу 3 аркуші А3.

Метою дипломної роботи є розробити систему безпроводної системи передачі даних з можливістю під'єднання цифрових давачів диму.

Методи досліджень – методи побудови моделей та алгоритмів роботи цифрових пристроїв.

Проаналізовано тенденції розвитку безпроводних охоронних систем. Проведено порівняльну характеристику технічних засобів систем охорони. Розроблено електричну принципову схему. Розроблено програмне забезпечення системи.

Ключові слова: ARDUINO, ДИСПЛЕЙ, ІНТЕРФЕЙС, ПІДКЛЮЧЕННЯ, ВИВІД ІНФОРМАЦІЇ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ПРОГРАМНИЙ КОД.

RESUME

The diploma project contains 55 pages of explanatory note, 21 figures, 7 tables, 3 appendices. Volume of graphic material 3 sheets A3.

The aim of the thesis is to develop a system of wireless data transmission with the ability to connect digital smoke detectors.

Research methods - methods of building models and algorithms of digital devices.

Trends in the development of wireless security systems are analyzed. The comparative characteristic of technical means of security systems is carried out. An electrical schematic diagram has been developed. The software of the system is developed.

KEYWORDS: ARDUINO, DISPLAY, INTERFACE, CONNECTION, INFORMATION OUTPUT, MICROCONTROLLER, SOFTWARE CODE.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Відомі рішення	6
1.1 Тенденції розвитку систем безпеки.....	6
1.2 Порівняння технічних засобів систем охорони	9
1.3 Технічне завдання та постановка задач.....	18
2 Вибір компонентів безпроводної системи передачі даних.....	21
2.1 Опис системи контролера CC1310	21
2.2 Аналіз інтерфейсу.....	25
2.3 Вибір антен	29
3 Безпроводна система сигналізації диму.....	33
3.1 Принципова електрична схема	33
3.2 Програмне забезпечення	37
3.3 Симуляція безпроводної запропонованої безпроводної системи.....	41
Висновки.....	44
Список використаних джерел.....	45
Додаток А Лістинг коду програми передавального пристрою.....	47

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Оленюх Р.В.			БЕЗПРОВІДНА СИСТЕМА СИГНАЛІЗАЦІЇ ДИМУ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ SIMPLELINK	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Паздрій І.Р.				8	63	
Консульт.		Паздрій І.Р.				ТНЕУ. ФКІТ. КСМ-41/1		
Н. Контр.		Гураль І.В						
Затвердив.		Березький О.М						

ВСТУП

В даний час широко використовуються різні системи контролю що складаються з величезної кількості різних датчиків. До недавнього часу кількість датчиків обмежувалося складністю кабельного монтажу. Однак, з появою бездротових технологій це обмеження зійшло нанівець. Проте, з'явилася проблема харчування і як наслідок автономності пристрою. Сучасні бездротові системи характеризуються малим енергоспоживанням. Кожен датчик може працювати від однієї батареї від декількох місяців до декількох років. Заміна елемента живлення в невеликій кількості датчиків раз в декілька років не є значною проблемою, проте коли кількість датчиків значно, наприклад система пожежної безпеки будівлі або система контролю мікрокліматичних параметрів приміщення, постає питання збільшення автономності пристроїв. У даній роботі розробляється безпроводна система сигналізації диму на базі мікроконтролера СС1310.

У динамічному світі Інтернету речей (IoT) на ринку з великою швидкістю з'являється величезна кількість різних нових бездротових додатків, які здійснюють безперервний збір інформації від різних датчиків і двосторонній обмін даними. В основі ідеології Інтернету речей лежить поєднання двох факторів: бездротове управління з центрального пристрою віддаленим і обмін даними між кінцевими пристроями, в яких процеси взаємопов'язані. Підключення до мережі оточуючих нас речей визначається як базис концепції Internet Of Things. У список таких предметів потрапляють практично будь-які, з якими необхідно проводити обмін інформацією – різні датчики різних систем, побутова техніка, автомобілі, інженерні та охоронні систем будівель[1]. З одного боку це може бути інформація, генерація якої є основним призначенням пристрою (наприклад, датчик температури). З іншого це будуть допоміжні дані, що поліпшують спосіб використання (наприклад, повідомлення, яке повідомить про процес роботи або помилки). Більше десяти

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

років тому почалися процеси підключення різних предметів до мережі. На самому початку цього етапу створювалися провідні мережі доступу до обладнання, що використовується в області енергетики, і до технологічного встаткування технологічному, котрий володіє високою вартістю[2].

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

МЕТА РОБОТИ

Розробити систему безпроводної системи передачі даних з можливістю під'єднання цифрових давачів диму.

Для вирішення поставленого завдання потрібно:

1. Проаналізувати тенденції розвитку безпроводних охоронних систем;
2. Провести порівняльну характеристику технічних засобів систем охорони;
3. Розробити електричну принципову схему. Розробити програмне забезпечення системи.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ВІДОМІ РІШЕННЯ

1.1 Тенденції розвитку систем безпеки

Сьогодні у світовій практиці охоронних послуг визначилася стійка тенденція на посилення ролі технічних засобів. Тенденція ця не випадкова: численні дослідження в області особистої і майнової безпеки показали, що широке використання технічних засобів дозволяє виключити або звести до мінімуму негативний вплив найбільш ненадійної ланки в системі охорони - людини, якій притаманні стомлюваність, неуважність, халатність і т. п. При цьому, організація охорони за допомогою технічних засобів обходиться споживачеві значно дешевше, а надійність її вища.

В останні роки особлива увага приділялася створенню та розвитку радіосистем передачі сповіщень. Впровадження охоронних систем, що використовують радіочастотні канали зв'язку, дозволяє:

- розширити сферу діяльності підрозділів позавідомчої охорони шляхом організації охорони об'єктів, що не мають лінії телефонного зв'язку;
- підвищити надійність систем охорони особливо важливих об'єктів за рахунок дублювання телефонних каналів зв'язку;
- забезпечити при необхідності термінову установку устаткування на об'єкті, яка потребує охорони.

Діяльність багатьох фірм в цій галузі була спрямована на здешевлення устаткування радіосистем, з метою підвищення його доступності для населення.

У той же час якість систем, як щодо споживчих властивостей, так і щодо надійності та захищеності переданої інформації, має постійно підвищуватися. З цією метою перспективним напрямком є створення радіосистем ближнього радіусу дії зі зниженою вартістю об'єктового обладнання та поліпшеними тактико-технічними, вартісними та

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатаційними параметрами, що дозволяє організувати охорону таких об'єктів як гаражні та дачні кооперативи, садівничі товариства і т. п.

Переваги радіоканальних охоронних систем очевидні:

- відсутність залежності від телефонної лінії та якості роботи мережі;
- простота монтажу;
- можливість охорони будь-якого об'єкта (в межах зони дії радіоканальної мережі).

На сьогоднішній день всі бездротові системи можна розділити на чотири групи:

- GSM системи;
- радіоканальні системи малого радіусу дії;
- радіоканальні системи великого радіусу дії;
- супутникові системи.

GSM-системи отримали широке розповсюдження на початку XXI століття після бурхливого розвитку мобільного зв'язку. Спочатку в якості каналоутворюючого обладнання використовувалися мобільні телефони, які підключалися до охоронних панелей через інтерфейс RS-232 і керувалися певними командами. Дане рішення було дуже ненадійним, так як телефони могли зависнути або просто відключитися, крім того, умови експлуатації мобільних телефонів не передбачали роботу в сирих і неопалюваних приміщеннях, що істотно обмежувало область їх застосування. Сьогодні, виробники обладнання мобільного зв'язку випускають спеціалізовані GSM-модеми для побудови на їх основі бездротових систем безпеки. Дане рішення істотно підвищило надійність роботи систем, а також надало розробникам систем безпеки додаткові можливості по роботі з сервісами GSM. Як спосіб передачі інформації в GSM-системах використовуються SMS-повідомлення, модемне з'єднання (CSD), передача тонових посилок (режим DTMF) і режим пакетної передачі повідомлень GPRS. Поява режиму GPRS дозволило істотно знизити витрати на експлуатацію систем радіоохорони. На сьогоднішній день бездротові охоронні системи на базі GSM отримали широке розповсюдження

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завдяки їх відносно невисокій вартості та простоті встановлення і експлуатації. Однак суттєвим недоліком подібних систем є низька перешкодозахищеність.

До радіоканальних систем малого радіусу дії відносяться бездротові системи, що працюють в частотному діапазоні (433 МГц і 2,4 ГГц) з малою вихідною потужністю (10 мВт і 100 мВт відповідно). В основному дані системи застосовуються для організації локального бездротового зв'язку на території великих об'єктів. Радіус дії таких систем становить зазвичай від кількох сотень метрів до декількох кілометрів, залежно від умов поширення радіосигналу. При цьому пункт централізованого спостереження (ПЦС) зазвичай розташовується на цьому ж об'єкті, або організовується спеціальний виділений канал зв'язку для передачі інформації на віддалений ПЦС. В даний час дані системи отримали широке розповсюдження завдяки їх відносно низькій вартості й простоті монтажу. На сьогоднішній день все більше і більше популярні приймачі стандарту 2,4 ГГц, такі як ZigBee, NanoNet та ін.

Дані передавачі випускаються в однокристальному виконанні з підтримкою стека високорівневих протоколів, що, безумовно, спрощує розробку систем бездротового зв'язку на їх основі і дає розробникам широкі можливості з реалізації алгоритмів обміну даними. Недоліком даних систем є їх низька перешкодозахищеність і малий радіус дії.

До радіоканальних систем великого радіусу дії відносяться системи, що мають виділений радіоканал і забезпечують радіус дії 20-100 км в умовах міської забудови. До складу даних систем входять абонентське обладнання, ретранслятори (базові станції) і пункт централізованого спостереження. В більшості своїй системи даного класу використовують частотний діапазон 146-174 МГц і вихідну потужність 1-10 Вт. До недоліків радіоканальних систем великого радіусу дії можна віднести високу вартість інсталяції мережі, однак при великій кількості абонентів ці витрати окупляться. Дані системи широко застосовуються в середніх і великих містах на ПЦС з абонентською базою понад 2000-3000 абонентів.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Супутникові системи використовують в якості каналів зв'язку супутниковий зв'язок. Подібні системи застосуються для контролю/охорони віддалених об'єктів, в місцях, де відсутній мобільний та провідний зв'язок.

Головним недоліком цих систем є висока вартість як абонентського обладнання, так і витрат на експлуатацію. З іншого боку, для вирішення завдань охорони віддалених одиночних об'єктів дані системи не мають іншої альтернативи.

Можна сказати, що всі перераховані технології на сьогоднішній день активно розвиваються і широко застосовуються для вирішення завдань охорони стаціонарних об'єктів. Вибір тієї чи іншої бездротової системи визначається залежно від типу об'єктів, їх кількості, вимог до надійності доставки повідомлень і віддаленості об'єктів. У деяких випадках для підвищення надійності використовується резервування каналів зв'язку. Можна сказати, що майбутнє за бездротовими технологіями і скоро вони повністю витіснять з ринку провідні охоронні системи.

1.2 Порівняння технічних засобів систем охорони

Системи охоронної сигналізації призначені для визначення факту несанкціонованого проникнення на територію, що охороняється, видачі сигналу тривоги на пульт охорони і включення виконавчих пристроїв (сирени, освітлення і т. д.). Системи охоронно-пожежної сигналізації включають контрольні панелі, сповіщувачі (датчики і детектори), виконавчі пристрої, пристрої оповіщення (сирени, дзвінки і т. п.) і джерела живлення.

Прості оповіщувачі (датчики) виробляють аналогову обробку сигналів, що не завжди забезпечує необхідну надійність їх роботи. Підвищення надійності роботи датчиків забезпечується застосуванням цифрових методів

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробки сигналів. За принципом дії оповіщувачі можна розділити на наступні типи:

- електроконтактні (фольга, дріт);
- магнітоконтактні;
- вібродатчики;
- ультразвукові;
- радіохвильові;
- фотоелектричні;
- детектори битого скла;
- пасивні і активні інфрачервоні детектори руху;
- комбіновані.

Датчики і детектори дозволяють контролювати частину об'єкту (об'єм, площа і т. п.), що охороняється, іменовану зоною.

Датчики електроконтактів призначені для реєстрації пошкоджень і руйнування конструкцій, на яких вони закріплені: скляного полотна вікон, дверей, склоблоків і т.д. в опалювальних і не опалювальних приміщеннях. Вони виготовляються з тонкої алюмінієвої фольги товщиною від 0,008 до 0,04 мм і шириною не більш 12,5 мм. Фольга має клейовий шар. Іноді для тих же цілей замість фольги використовують тонкий дріт.

Магнітоконтактні датчики призначені для реєстрації відкриття дверей і вікон, на яких вони встановлені. Датчики бувають двох видів: для зовнішньої і скритної установки. Вони виконані на основі герконів, контакти яких замикаються або розмикаються при наближенні (віддаленні) постійного магніту. Підключаються такі датчики до охоронних сигналізацій за допомогою дротяного шлейфу.

Вібродатчики призначені для виявлення навмисного пошкодження різних будівельних конструкцій: бетонних стін і перекриттів, цегляних стін, дерев'яних (рами і двері) і стельових покриттів, а також сейфів і металевих шаф. Принцип дії вібродатчиків заснований на п'єзоефекті або ефекті електромагнітної індукції, коли постійний магніт переміщається уздовж

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обмотки котушки і тим самим наводить в ній змінний струм. У вітчизняній і зарубіжній літературі залежно від технічної реалізації такі датчики називають електромагнітними.

Ультразвукові детектори призначені для охорони закритих приміщень і характеризуються високою чутливістю і низькою перешкодостійкістю. Дія їх заснована на інтерференції ультразвукових коливань. До складу ультразвукового детектора входять випромінювач і приймач. При закритих вікнах і дверях простір, контрольований детектором, обмежений, і в точці розташування приймача формується стійка інтерференційна картина. При проникненні якого-небудь об'єкту в приміщення стійкість інтерференційної картини порушується і формується сигнал тривоги.

Радіохвильові детектори призначені для реєстрації руху в контрольованій зоні. Принцип дії заснований на випромінюванні сигналу надвисокої частоти і прийомі відображеного сигналу, частота якого змінюється при русі порушника (ефект Доплера).

Фотоелектричні датчики призначені для охорони внутрішнього і зовнішнього периметрів, безконтактного блокування дверей, коридорів і т.п. Вони складаються з передавача і приймача, що розташовані уздовж лінії охорони, і використовують сигнал інфрачервоного діапазону з довжиною хвилі порядку 1 мкм.

Детектори битого скла призначені для реєстрації навмисного руйнування скляних конструкцій: вікон, вітрин і ін. Вони реагують на звук скла, що б'ється, і удару об скло, а також аналізують спектр звукових шумів в приміщенні.

1.1.1 Система «Стрілець»

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Радіосистема “Стрілець” - одна з перших вітчизняних радіосистем, призначена для організації охоронно-пожежної та адресно-аналогової пожежної сигналізації на об'єктах не тільки приватного, а й громадського користування, де з різних причин (збереження цілісності інтер'єру, безперервна експлуатація приміщень, тощо) застосування дротових систем неможливо або обмежено.

Особливості системи:

- двосторонній протокол обміну між усіма радіопристроями Аргус-Діалог;
- 10 радіочастотних каналів передачі (з автоматичним і ручним вибором);
- автоматичний вибір резервного каналу передачі (вільного від перешкод);
- до 400 радіопристроїв, що знаходяться в зоні взаємної радіовидимості на одному радіочастотному каналі передачі;
- можливість побудови повноцінної адресної пожежної радіосистеми;
- програмований період передачі контрольних радіосигналів від 12 с до 2 хв;
- криптографічний захист сигналів з механізмом динамічної аутентифікації;
- мікростільникова топологія системи.

Дальність:

- до 600 м в межах мікростільників;
- до 1000 м між мікростільниками;
- до 6000 м - 5 ділянок ретрансляції.

Тривалість роботи радіосповіщувачів:

- від основної батареї: від 3 (період передачі контрольних радіосигналів 12 с) до 7,5 років (період передачі контрольних радіосигналів 2 хв.);

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- від резервної батареї: не менше 2 місяців.

Система має два діапазони робочих частот: 433 МГц або 868 МГц. Передбачена інтеграція радіосистеми “Стрілець” з бездротовою системою “Орфей-Р”. Для побудови повноцінної системи охорони існує можливість інтеграції радіосистеми “Стрілець” з відомою системою відеоспостереження “ВідеоІнтелект” (ІТВ, Москва).

1.1.2 Приймально-контрольний прилад «ВБД 6»

Прилад приймально-контрольний “ВБД 6” (рисунок 1.1) призначений для цілодобового прийому сповіщень від сповіщувачів по шлейфах сигналізації, перетворення сигналів, видачі сповіщень для безпосереднього сприйняття людиною і подальшою передачею сповіщень на пульт централізованого спостереження і включення зовнішніх оповіщувачів. Кількість шлейфів, що підключаються “ВБД 6” - до 6 шт., з пристроєм розширення “ВБД6-УР” - до 24 шт., число груп шлейфів - 1,2, з “ВБД6-УР” - 6.

Стандартні стики для організації дротових і бездротових каналів зв'язку передачі тривожної інформації на ПЦС по:

- зайнятій або виділеній телефонній лінії АТС;
- виділеному радіоканалу;
- мобільному стільниковому каналу стандарту GSM900/1800;
- інтерфейсу RS 232 для передачі даних від ППК до ПЕОМ;
- інтерфейсу RS 485 для організації мережі між кількома ППК (до 9 шт.).

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

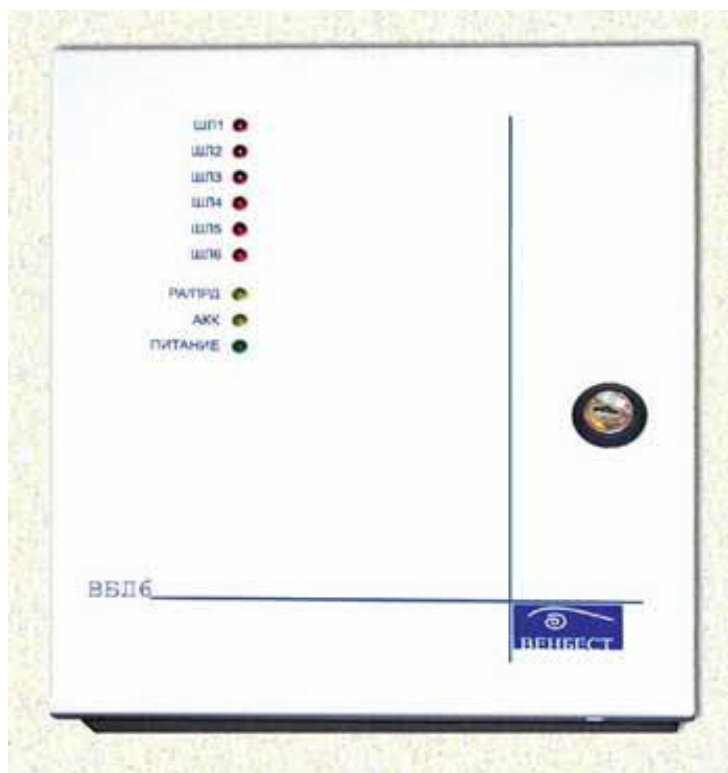


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд ППК “ВБД 6”

Модульна конструкція "ВБД 6" дозволяє конфігурувати дванадцять виконань приладу. Працює "ВБД 6" з виносною релейною клавіатурою та контактними ключами ТМ. Є вбудований грозозахист, енергонезалежна пам'ять подій на кожний рубіж (групу) охорони від взяття до взяття, відключення при 100% розряді акумуляторної батареї. Програмування ППК “ВБД 6” здійснюється, як вручну, за допомогою перемичок на платі ППК і мікросхеми для конфігурування версії “ВБД 6 ТАБЛО В1.01”, так і з допомогою ПЕОМ та програми “VBD”.

1.1.3 Система «Дунай»

Прилад приймально-контрольний охоронно-пожежний “Дунай 8/32” (рисунок 1.2), який входить до охоронної системи “Дунай” призначений для цілодобового прийому сповіщень від сповіщувачів по шлейфах сигналізації,

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перетворення сигналів, видачі сповіщень для безпосереднього сприйняття людиною і подальшою передачею сповіщень на пульт централізованого спостереження та (або) включення зовнішніх оповіслювачів.

Приймально-контрольний прилад охоронно-пожежний “Дунай 8/32” на 8 шлейфів, з можливістю розширення до 128 шлейфів, застосовується для автономної і/або централізованої охорони об’єктів по автоматизованій тактиці охорони в складі системи “Дунай”. Передача повідомлень на ПЦС здійснюється за зайнятою або виділеною телефонною лінією АТС та (або) по GSM-каналі при використанні модуля “Дунай-G1”. ППК “Дунай-8/32” підданий сертифікаційним випробуванням державним центром сертифікації при МВС України.

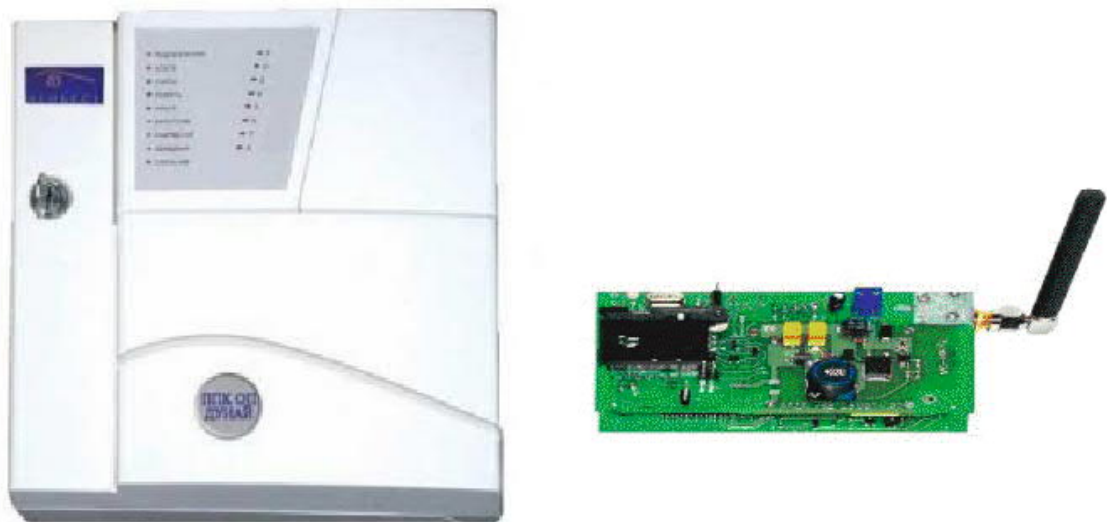


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд ППК “Дунай 8/32” та модуля “Дунай G1”

Кліматичне виконання ППК, змінних адаптерів і клавіатур по ГОСТ 12997 - група С3, а саме:

- ППК можуть експлуатуватися в закритих, не опалювальних, з звичайною вентиляцією приміщеннях з регульованим кліматом в діапазоні робочих температур навколишнього середовища від -10 до +50°C;

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ППК стійкі до впливу відносної вологості середовища не більше 95% при температурі навколишнього середовища не вище 35°C;
- ППК, упаковані в транспортну тару, стійкі до впливу температури навколишнього середовища від мінус 50 до 50°C і відносній вологості повітря 95% при температурі не вище 35°C.

Технічні характеристики приладу наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики ППК “Дунай 8/32”

Інформаційна ємність (кількість шлейфів):	
- мінімальна	8
- максимальна	128
Інформативність, од., не менш	12
Кількість програмованих груп шлейфів	128
Кількість шлейфів в групі, не більше	8/16/128
Максимальна кількість користувачів (ключів доступу) для доступу до управління взяттям/зняттям груп (розмір Pin-коду - від 4 до 8 цифр)	64
Програмований час затримки на вхід / вихід для груп шлейфів, с	від 1 до 256
Пам'ять подій	128
Напруга на контактах в точках підключення шлейфа (при розімкнутому шлейфі), В, не менш	10
Постійний струм в шлейфі, мА	від 1,1 до 2,5
Час технічної готовності, не більше, хв	3
Напруга мережі, В, Гц	187 – 242, 50
Вихідна напруга, В	13,8

Основні характеристики:

- управління з світлодіодної клавіатури і/або ПК;
- кількість керованих виходів - 1 (з можливістю розширення до 64)
- передача інформації по бездротовому каналу мобільного стільникового оператора стандарту GSM900/1800 з використанням інтернет технологій - GPRS режим;
- можливість передачі сповіщень одночасно по 8 напрямках;
- можливість роботи нового модуля “Дунай-G1” з ППК “Дунай-8/16” без зміни апаратної і програмної частини ППК;
- конфігурування напрямків за допомогою SIM картки;
- підтримка практично всіх операторів GSM (додавання нових при необхідності).

Модуль “Дунай-G1”, призначений для забезпечення функціонування ППК “Дунай 8/32” в мобільній стільниковій мережі стандарту GSM 900/1800. Прийом і передача повідомлень між ППК і ПЦС здійснюється у форматі SMS-повідомлень. Модуль встановлюється у відповідний роз'єм плати “Дунай-СМ”. У комплект модуля входить малогабаритна антена. У разі необхідності додатково встановлюється виносна антена. На рисунку 1.3 наведена схема підключення модуля “Дунай-G1” до ППК “Дунай 8/32”.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

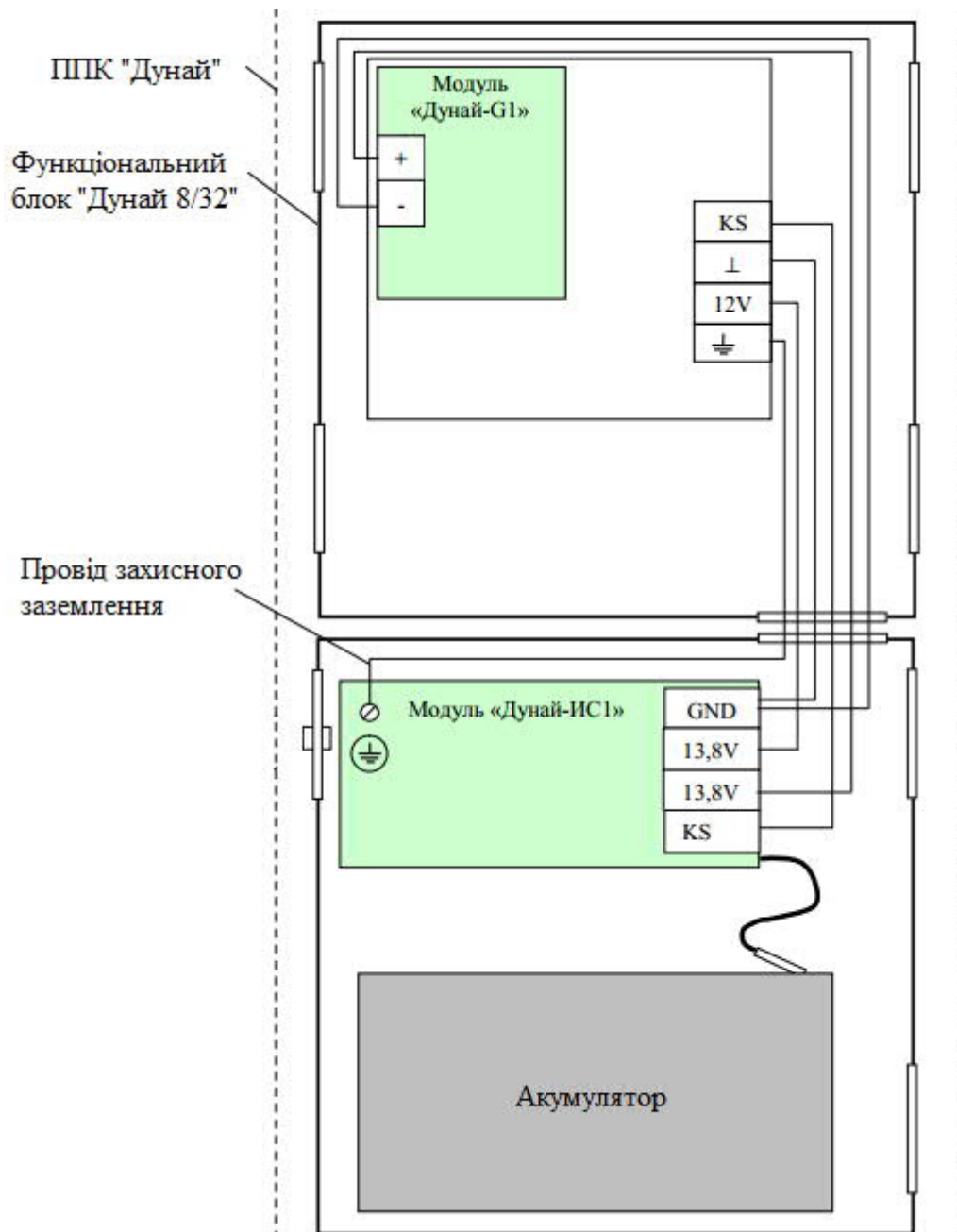


Рисунок 1.3 – Схема підключення модуля “Дунай-G1”

1.3 Технічне завдання та постановка задач

Для розробки системи нам знадобиться два або більше пристроїв, які представляють собою приймач, з підключеними через послідовні інтерфейси датчиками тиску і температури. Пристрої зв'язуються між собою через

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіоканал, який працює на частоті 868 МГц. Основою пристрою буде енергоефективний бездротовий контролер, оптимізований для операцій в субгігагерцному діапазоні CC1310.

Принцип роботи полягатиме в наступному : датчики вимірюють тиск, температуру і через послідовні інтерфейси передають інформацію в контролер CC1310, який в свою чергу, видає її на антену. Антена генерує електромагнітний сигнал на частоті 868 МГц. Інший подібний пристрій, що працює як на збір даних, приймає цю інформацію на аналогічну антену і передає її в свій контролер, де вона зберігається для подальшої обробки. Прототип даного пристрою зображено на рисунку 1.3.

При роботі мережі пристроїв по вищезгаданому алгоритмі, датчик може працювати виключно в складі мереж з топологією «зірка». Така топологія передбачає, що кожен бездротовий модуль передає інформацію тільки центральному процесору, який забезпечує необхідну обробку даних і зв'язок з обчислювальною системою.

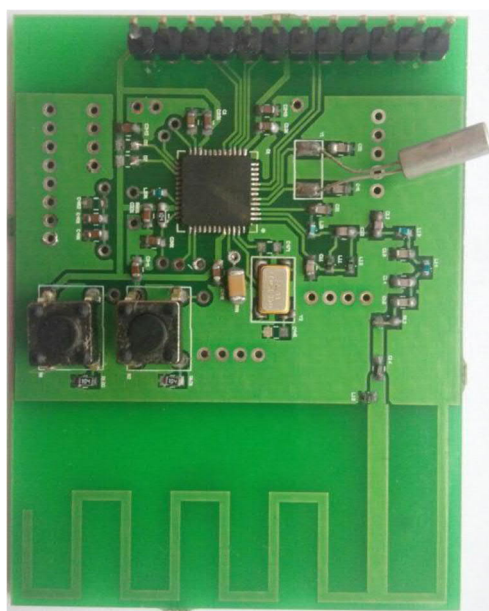


Рисунок 1.4 – Плата мережевого процесора розроблювальної системи

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик температури, знаходиться в корпусі мікросхеми контролера і вимагає для себе виключно програмного підключення. Датчик тиску ж підключається до мікросхеми СС1310 через інтерфейс SPI.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ БЕЗПРОВІДНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

2.1 Опис системи контролера CC1310

Мікроконтролер CC1310 від компанії «TexasInstruments» є представником сімейства CC13xx/CC26xx, що належить до лінійки продукції SimpleLink. Обраний елемент являє собою бюджетний бездротовий контролер, що відрізняється енергоефективністю, і оптимізований для операцій в субгігарцевому діапазоні. Виділені ядра використовуються для додатків, що відносяться до обміну даними, виконанням прикладних задач, а також опитування датчиків. Управління приймачем здійснюється виділеним процесорним ядром Cortex-M0 з прошитим в нього ROM низькорівневими протоколами. На окремому ядрі Cortex M3 з тактовою частотою до 48 МГц виконуються протоколи верхнього рівня і додаток користувача. Опитування датчиків відтворюється незалежним мікропотужним контролером. Такий контролер може працювати з аналоговими датчиками, а також з цифровими. На рисунку 2.1 зображена структурна схема сімейства. Для роботи з додатками, які вимагають екстремального енергозбереження, пристрої CC13x0 володіють системою управління живленням для ефективного відключення пристроїв CC13x0 до стану з низьким енергоспоживанням протягом тривалого періоду бездіяльності. Відміно позиціонують мікроконтролер CC13x0 дл роботи додатків з низьким енергоспоживанням блоки живлення і відключення, 32-розрядний таймер (RTC) з перериванням і 20 КБ ОЗУ з затримкою у всіх режимах очікування.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

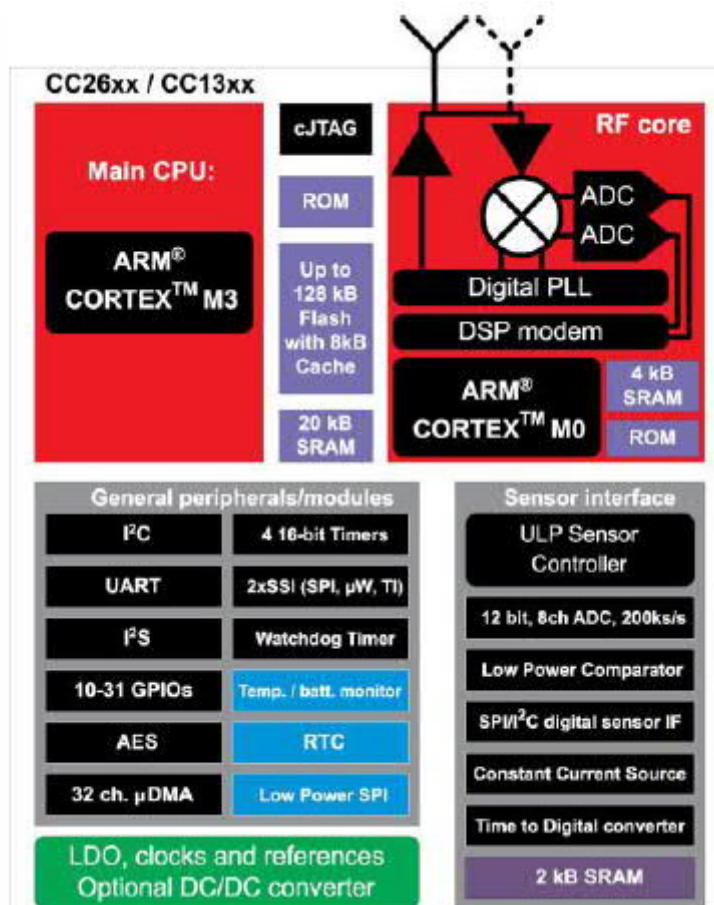


Рисунок 2.1 – Структура безпроводних «систем-на-кристалі» лінії CC13xx-CC26xx

CC1310 об'єднує в собі такі функції:

1. Cortex-M3 ядро процесора, яке оснащено:

- 48 МГц RC генератор, 24 МГц генератор з внутрішнім подвоювачем;
- 32 кГц RC генератор частоти;
- ARM Cortex SysTick таймер;
- вкладений контролер векторних переривань (NVIC).

2. Внутрішня пам'ять:

- flash пам'ять 8 КБ;
- системне ОЗУ 8 КБ розділене на 2 блоки по 4 КБ.

3. Управління енергоспоживанням з широким діапазоном живлячих споряджень:

- ефективний DC-DC перетворювач на кристалі для зниження енергоспоживання;
 - високоточне стробування тактових імпульсів і силового стробування блоків пристрою;
 - гнучкий частотний діапазон роботи.
4. Гнучкі режими, що володіють низьким енергоспоживанням і забезпечують низьке споживання енергії при циклічних навантаженнях.
5. Інтерфейс датчика:
- автономний інтерфейс, що прокидається незалежно від основної системи CPU, виконує показники датчиків, що збирає дані і визначає чи повинен бути розбуджений основний процесор;
 - 2-розрядний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) з вісьмома аналоговими вхідними каналами;
 - низькопотужний аналоговий компаратор;
 - SPI або 2C інтерфейси.
6. Розширена інтеграція через послідовні інтерфейси:
- універсальний асинхронний приймач/передавач (UART);
 - модуль інтерфейсної шини (I2C);
 - модулі синхронного послідовного інтерфейсу (SSI);
 - аудіоінтерфейсний модуль I2S.
7. Системна інтеграція, що включає:
- контролер прямого доступу до пам'яті (DMA);
 - чотири 32-розрядних таймера (до восьми 16-розрядних) з можливістю широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) і синхронізацією – 32 кГц годин реального часу (RTC);
 - сторожовий таймер;
 - вбудоване вимірювання температури і напруги живлення;

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- GPIO з нормальними або високими провідними можливостями;
- GPIO з аналоговими можливостями для АЦП і компаратора;
- цифровий мультиплексор дозволяє використовувати GPIO або будь-яку периферійну функцію.

Так вбудована пам'ять має значні обсяги, що вимірюються до 128кбайт Flash s 20 кбайт + 8 кбайт оперативної і ПЗУ, спільно з розведенням функцій на різні процесорні ядра, а саме Cortex-M0 і Cortex-M3, стає можливим підтримувати більш одного протоколу в рамках однієї мікросхеми, включаючи до уваги різноманітні режими модуля сигналу[10].

У даній роботі використовується чіп CC1310 в корпусі VQFN48 і збірці RGZ. До складу чіпа входять 48 контактів різного призначення і термінальний полігон. Для економії місця на платі контакти розташовані під мікросхемою. Нижче представлено розташування обраного корпусу (рис.2.2).

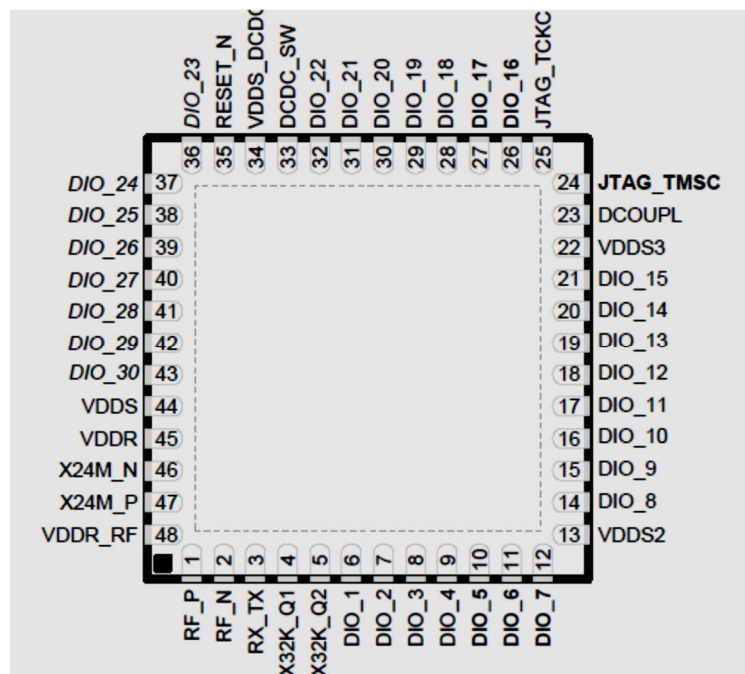


Рисунок 2.2 – Терморегулятори корпусу VQFN48 мікросхеми CC1310 і збірки RGZ.

Опис кожного виведення представлено в додатку 2. Контакти DIO(Digital Input Output) у своєму складі мають весь вищеописаний пункт (2.1.1) функціонал контролера.

2.2 Аналіз інтерфейсу

2.2.1 JTAG - інтерфейс

Робочою групою з розробки стандарту IEEE 149 є JTAG. Ця аббревіатура міцно асоціюється з розробленим цією командою апаратним інтерфейсом, який заснований на стандарті IEEE 1149.1. Стандарт має офіційну назву «Standart Test Access Port and Boundary – Scan Architecture». Даний інтерфейс призначений для підключення різних складних цифрових мікросхем або пристроїв рівня друкованих плати до стандартної апаратури тестування і налагодження. Стандарт IEEE 1149.1 являє собою стандарт на послідовний інтерфейс з чотирма проводами. Він дозволяє проводити випробовування мікросхем, плат і пристроїв. Робота інтерфейсу заснована на синхронному послідовному способі передачі даних і команд[12]. Даний інтерфейс розташовується між ядром мікросхеми і її висновками мультиплектора, який має здатність за місце ядра підключати до висновків зсувний регістр, що має назву регістр граничного сканування (Boundary Scan).

На рисунку 2.3 зображена Структура JTAG – з'єднання.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

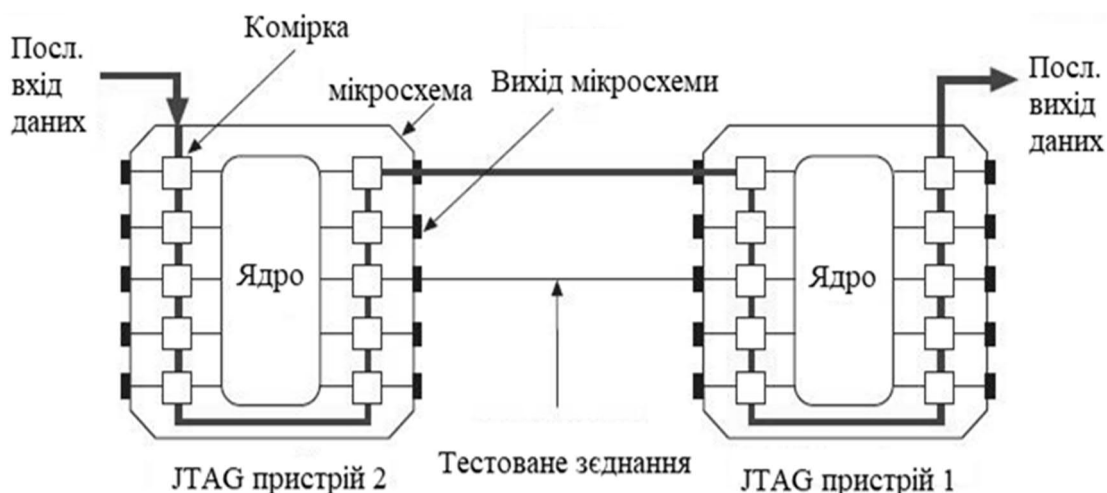


Рисунок 2.3 – Структура JTAG – з'єднання

2.2.2 UART – інтерфейс

Інтерфейс UART є послідовним і універсальним асинхронним приймально-передавачем. Відмінністю UART від I2C або SPI є спосіб передачі даних. Вона здійснюється через рівні поміжки часу в одній лінії в кожному напрямку в той час, як в інших позначених передача біта здійснюється за сигналом синхронізації. Часовий проміжок визначається в бітах в секунду(бодах). Існує загальноприйнятий ряд стандартних швидкостей: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800, 921600 бод.

UART автоматично вставляє в потік не тільки біти, а й синхронізуючі мітки, які називають стартовими або стоповими бітами. При здійсненні прийому такі зайві біти видаляються. Як правило, стартовий і стоповий біти відокремлюють байт інформації або 8 біт, але буває, що трапляються реалізації UART, що дозволяють передавати від п'яти до дев'яти біт. Також UART може вставити 2 стопових біта при передачі для того, щоб зменшити ймовірність розсинхронізації приймача і передавача при щільному трафіку. Приймач ігнорує другий стоповий біт і сприймає його, як невелику паузу на лінії.

На рисунку 2.4 представлена наочна демонстрація структури пакета UART.

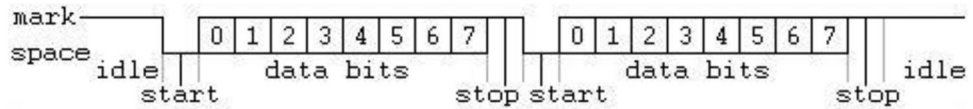


Рисунок 2.4 – Структура пакета UART

Блок-діаграма UART інтерфейса, який був реалізований в CC1310, представлена на рисунку 2.5.

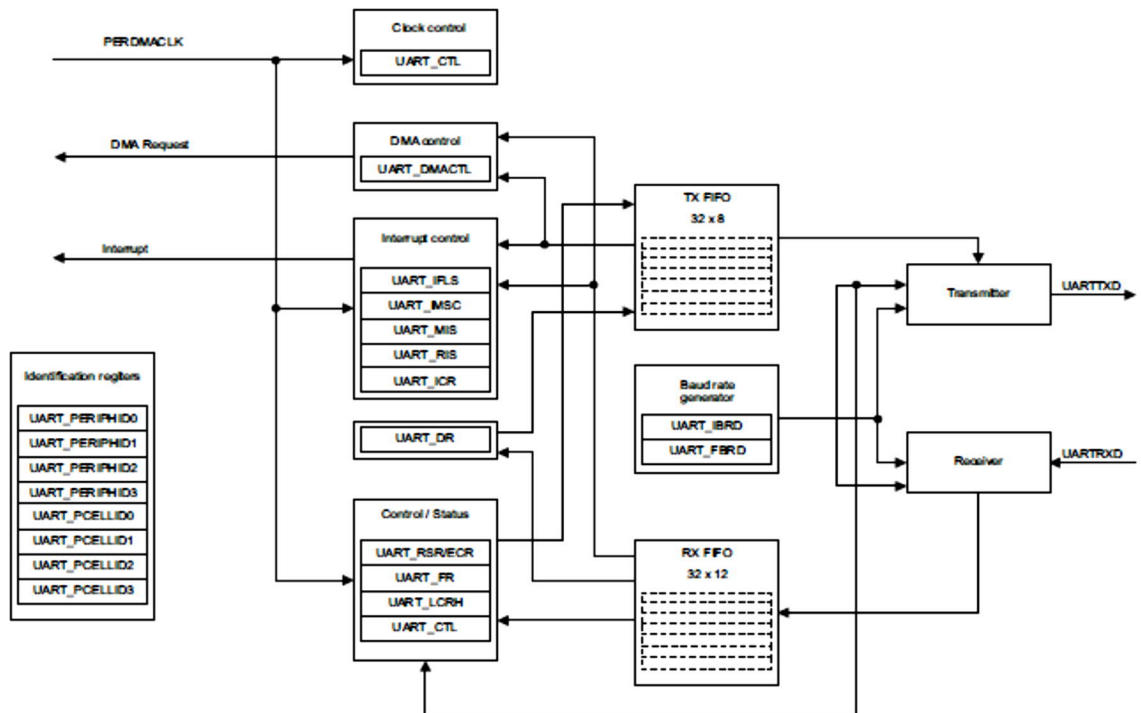


Рисунок 2.5 – Блок-діаграма UART інтерфейса в CC1310

У 32-х бітний регістр FIFO(First Input First Output) потрапляють приходять і йдуть через приймач (Receiver) і передавач (Transmitters) потоки даних. Управління за допомогою генератора Бод Рейт (Baudrategenerator). У свою чергу регістр UART_DR, далі передає інформацію про поточний стан в регістри переривань (Interruptcontrol) і управління (Control / Status). Наступним кроком є управління переривань і роботою UART модуля [10].

2.2.3 SPI – інтерфейс

Інтерфейсом для обміну даними між мікросхемами є SPI (Serial Peripheral Bus). Відповідна такому інтерфейсу мінімальна архітектура відображена на рисунку 2.6.

Такий інтерфейс складається з чотирьох ліній:

1. Вихід даних провідного або вхід даних веденого – MOSI (Master Out Slava In);
2. Вхід даних провідного або вихід даних веденого – MISO (Master In Slave Out);
3. Вихід тактування, тобто синхронізація – SCK (Serial Clock);
4. Вибір веденого - SS (Slave select).

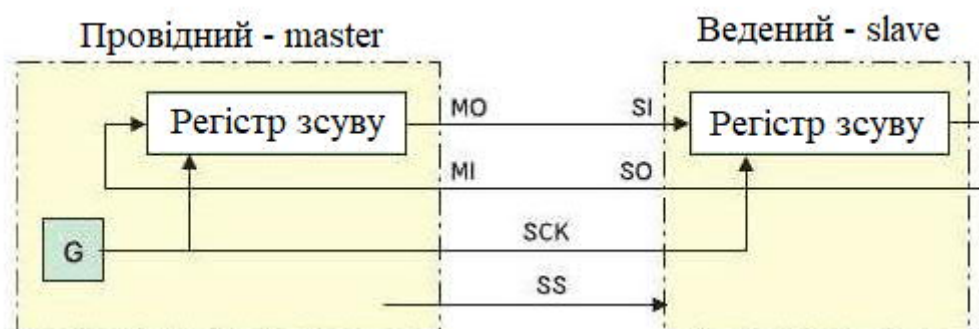


Рисунок 2.6 – Блок – схема інтерфейсу SPI

Синхросигнал SCK визначає частоту проходження бітових інтервалів в лініях даних SPI. Він генерує один з абонентів (провідний (Master)). Інші абоненти – ведені (Slave). Їх може бути як один, так і кілька, і вони використовують синхросигнал для визначення моментів зміни бітів на лінії даних. На частоту проходження бітових інтервалів ніяк не можуть впливати ведені пристрої. Провідним в більшості випадків є приймач SPI в складі МК, веденим пристроєм виступає зазвичай периферійна мікросхема. Але SPI можливо використовувати також для зв'язку двох або більше МК.

2.3 Вибір антен

Антенa, представляючи собою пасивний пристрій, випромінює в простір меншу потужність Р_{ізлі} в порівнянні з Р_{ВХ}, що надходить на вхід. Даний факт пов'язаний з тим, що в елементах конструкції антени відбуваються омічні втрати. Існують такі поняття, як коефіцієнт корисної дії антени η, розраховувати який можна з відношення Р_{ізлі} до Р_{ВХ}, і коефіцієнт спрямованої дії G. Останній характеризує здатність антени концентрувати випромінєну потужність в певному напрямку.

Коефіцієнт спрямованої дії G являє собою відношення середнього в часі значення щільності потоку випромінюваної антеною в одному напрямку потужності (характеризується кутами j₀, q₀ сферичної системи координат) до щільності струму потужності ізотропної антени. Ізотропна антена це уявна антена, у щільності якої не з'являються спрямовані властивості, іншими словами її просторова діаграма будемо мати вигляд сфери. З визначення випливає, що коефіцієнт спрямованої дії кутів є функція j₀, q₀. Позначається як D(j₀, q₀) і не враховує втрат потужностей в антені. Через це вводиться параметр G_A, який враховує втрати і має назву коефіцієнт підсилення антени (формула 1):

$$G_A = D(j, q) \times h \quad (1)$$

Коефіцієнт посилення представляє собою відношення середнього в часі значення щільності потоку потужності, яке випромінюється антеною в даному напрямку, до щільності потоку потужності ізотропної антени.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з цього, передбачається, що G_A ізотропної антени буде дорівнювати одиниці. Для використання на практиці коефіцієнта посилення як правило відображають графічно в полярних координатах від кутів θ , ϕ для E і H площин. За радіусу діаграми відкладається абсолютна величина коефіцієнта посилення, вимірюваного в дБ (рисунок 2.7а, б).

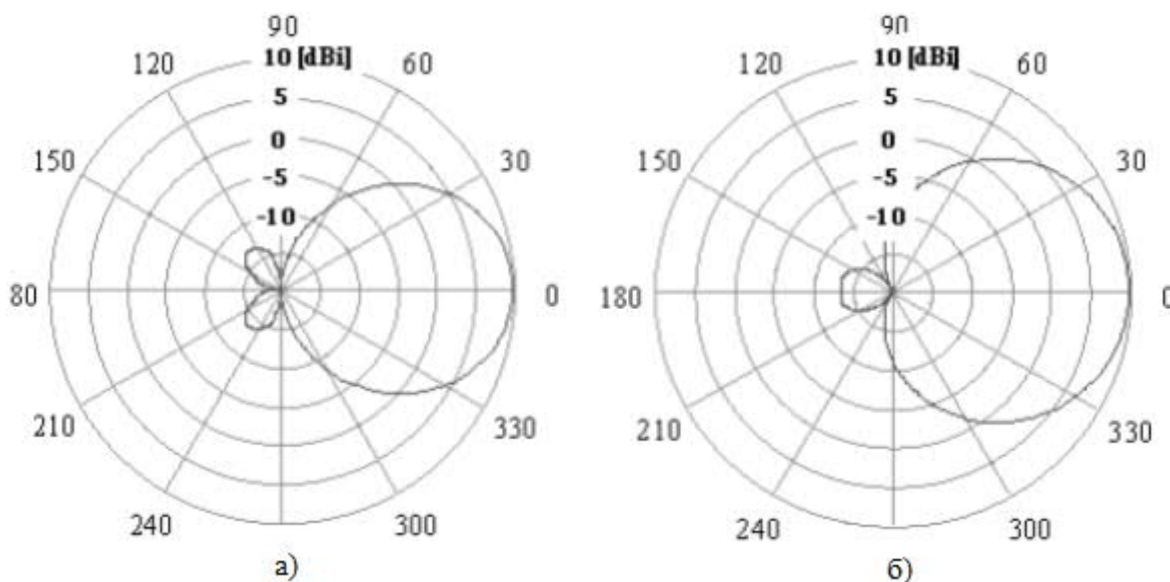


Рисунок 2.7 – Діаграма спрямованості ізотропної антени а) E поле б) H поле

Завдяки діаграм, зображеним вище, легко можна визначити значення посилення антени в залежності від напрямку випромінювання.

Коефіцієнт випромінювання G_A відображає у скільки разів кількісно потужність сигналу, який прийняла, дана антена, буде більше потужності сигналу, який прийнятий найпростішої антеною або напівхвильовим вібратором (ізотропним випромінювачем), розміщеним в тій же точці простору.

Мірою спрямованості антени є коефіцієнт посилення. Він виражається в децибелах (дБ). Для позначення G_A одиниці вимірювання будуть дБі (в децибелах по відношенню до ізотропної антени).

У роботі використана продукція антени DNO32 від Texas Instruments, здатна працювати на частотах 868 МГц, 915 МГц і 955 МГц. Має габарити –

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

43x20 мм. Імпеданс антени приблизно, згідно з документацією, дорівнює 50 Ом. Геометричні розміри антени показані на рисунку 2.8.

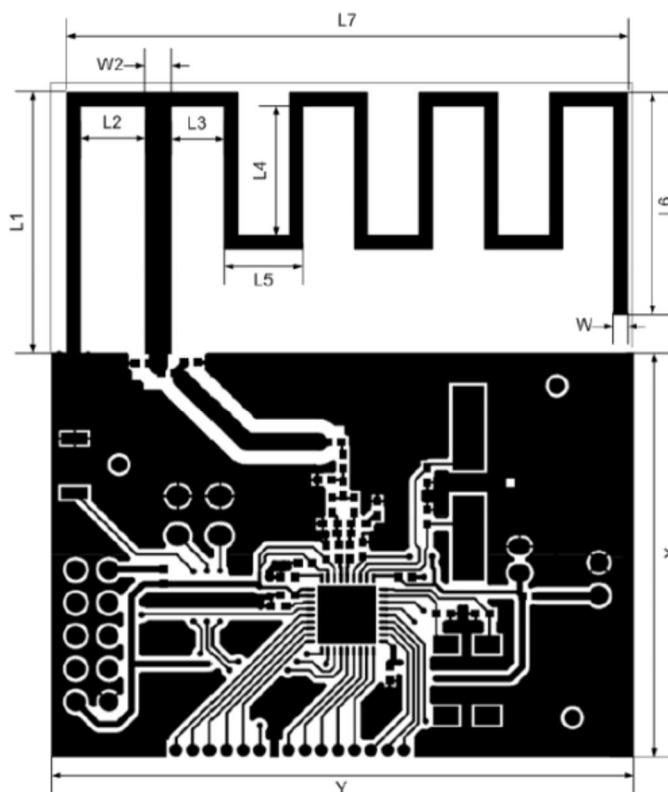


Рисунок 2.8 – Лінійні розміри антени

Розшифрування параметрів представлено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Розміри антени

Величина	Значення, мм
L1	20
L2	5
L3	4
L4	10
L5	6

Продовження таблиці 3.

L6	9
L7	43
X	31
Y	45
W	1
W2	2

Для зміни робочої частоти антени – змінюється її кінцева довжина (параметр L6). При роботі антени на частоті 915 МГц, він повинен становити 1 мм. Дані параметри антени розраховані для конкретних розмірів полігону землі (параметрів X і Y), при їх зміні – параметри антени доведеться перераховувати [16].

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 БЕЗПРОВІДНА СИСТЕМА СИГНАЛІЗАЦІЇ ДИМУ

3.1 Принципова електрична схема

Електрична принципова схема представлена в додатку 2. В даному розділі розглядатиметься блок-схема (рисунок 3.1), з коментарями кожної з її частин.

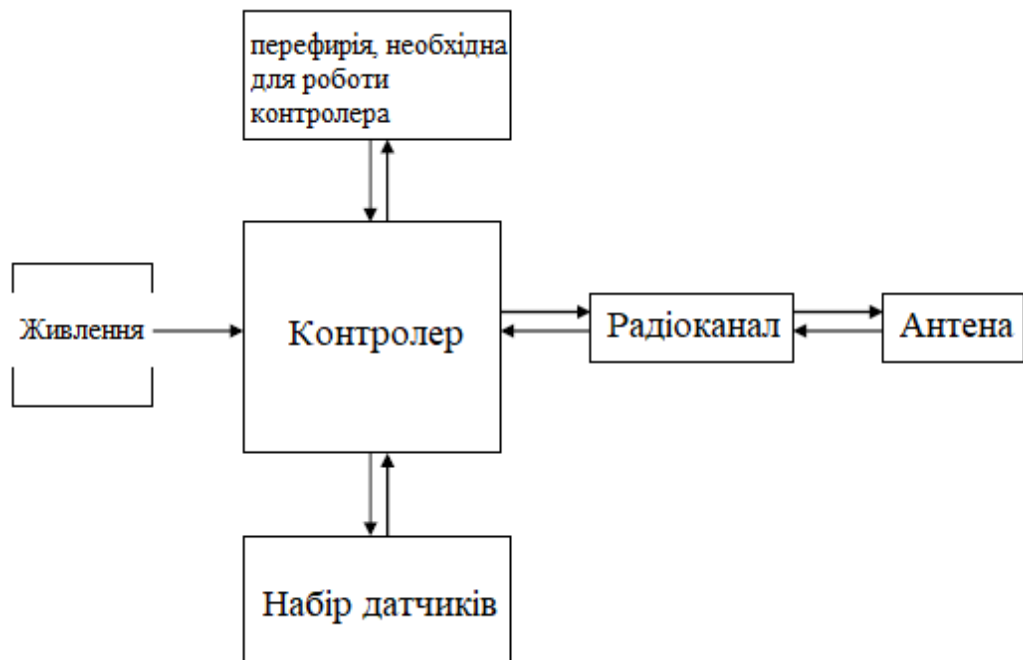


Рисунок 3.1 – Блок–схема пристрою

Основною частиною розроблювальної схеми є мікроконтролер СС1310. У цьому пристрої він використовується для управління процесом прийому і передачі даних, генерації сигналу, обробки і зберігання інформації, зв'язку з зовнішнім світом через послідовні інтерфейси. Детальний опис контролера представлено в розділі 2 і в джерелах [10,11]. На рисунку 3.2 зображено вигляд контролера на принциповій електричній схемі.

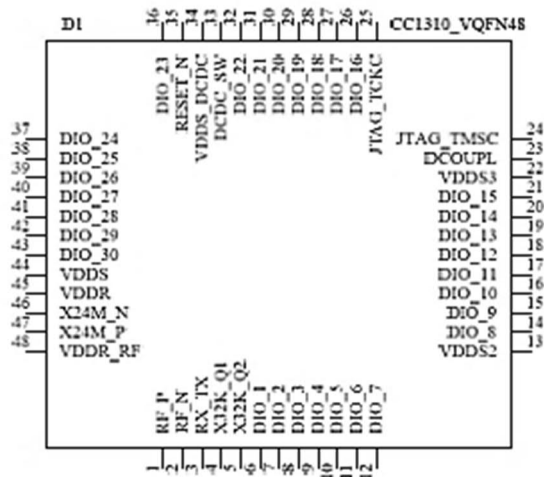


Рисунок 3.2 – Позначення контролера CC1310 на електричній принциповій схемі

Живлення схеми здійснюється від зовнішнього джерела постійної напруги зі значенням 3.6 В. В лінії живлення по всій схемі присутні фільтруючі конденсатори (рисунок 3.3), для захисту від наведеної високочастотної перешкоди. Цій же меті служить і продуктивність VLM18, імпеданс якої збільшується при збільшенні частоти сигналу.

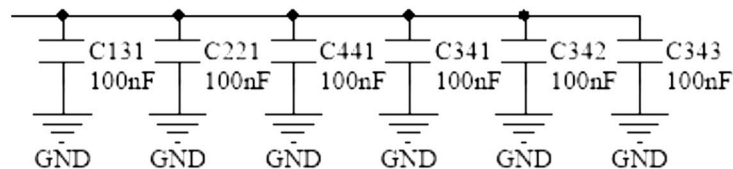


Рисунок 3.3 – Батарея фільтруючих конденсаторів

Під перефрією розуміються необхідні для коректної роботи контролера елементи схеми, такі як кварцові резонатори (рисунок 3.4 а) з резонансною частотою 32768 кГц і 24 МГц, додаткове живлення від внутрішнього DC/DC перетворювача номіналом 1.7 В, елементи управління і індикації (два світлодіода і дві тактові кнопки (рисунок 3.4 б,с)).

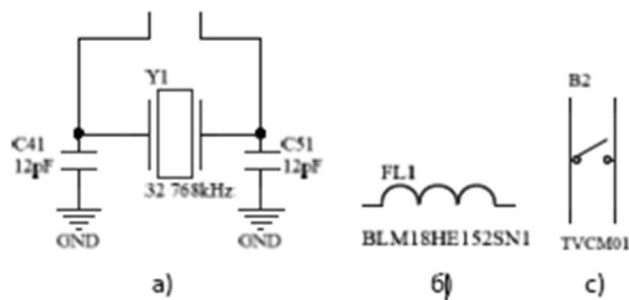


Рисунок 3.4 – Позначення на електричній принциповій схемі а) кварцового резонатора б) фільтра індуктивності с) тактової кнопки

У корпусі мікросхеми CC1310 присутній датчик температури, ініціалізація якого проводиться програмно. Так само кожен пристрій має виходи інтерфейсів UART і SPI для підключення зовнішніх цифрових датчиків.

Для узгодження антени з генератором і приймачем сигналу використовується схема зображена на рисунку 3.5. Так само цей канал фільтрує сигнал і виділяє сигнал з частотою 868 МГц.

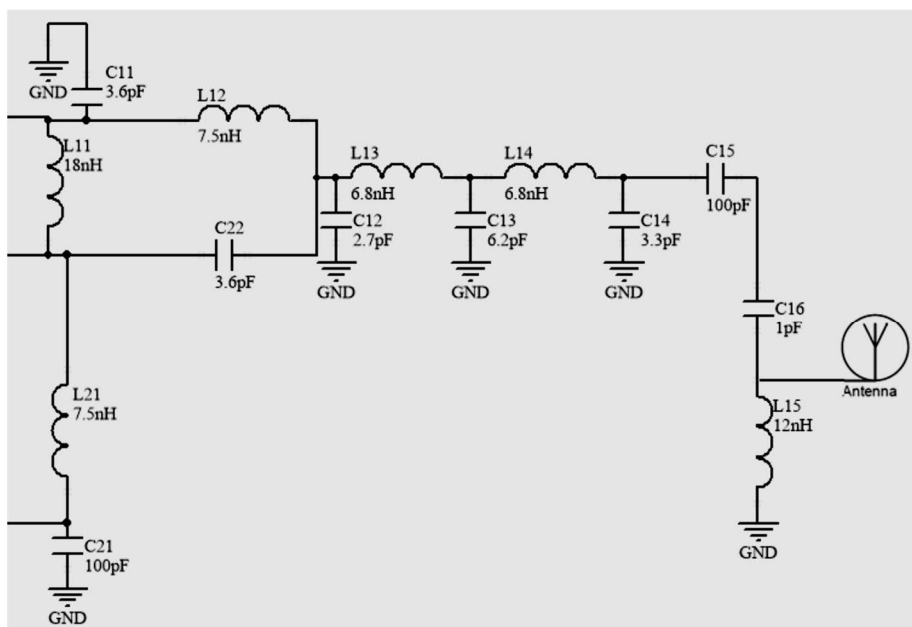


Рисунок 3.5 – схема узгодження генератора/нагрузки з антеною

Як приймач сигналу в пристрої використовується РСВ антена з пропускною здатністю 100 МГц і робочої частотою 868 МГц. Геометричні характеристики антени представлені в пункті 2.3.

На основі даної схеми в САПР «Altium Designer» була спроектована топологія друкованої плати прототипу мережевого процесора. З технологічними шарами топології можна ознайомитися в додатку 2. Критичне значення мають геометричні параметри полігону «землі», вони впливають на імпеданс використовуваної антени. При зміні імпедансу збільшується відбита потужність, яка послаблює корисний сигнал.

На платі встановлений обраний мікроконтролер CC1310. Для поліпшення якості харчування чіпа на платі встановлений набір блокувальник конденсаторів: в ланцюзі VDDS для харчування ріля частоти частини мікроконтролера. Rx I Tx виходи мікроконтролера підключені до симетричного трансформатора, пристрій якого показано на рисунку 3.6. Він об'єднує в собі 11 дискретних компонентів. Його використання призводить до зменшення ріля частоти частини пристрою. Габарити Балунов складають всього $1,6 \times 0,8$ мм². Балун виконує роль перехідника, він погоджує симетричні виходи мікроконтролера з виходом не симетричної антени.

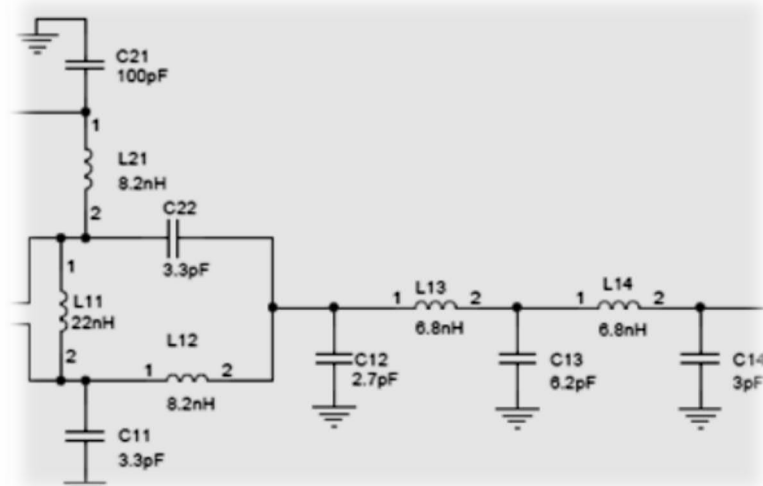


Рисунок 3.6 – Внутрішня схема симетричного трансформатора

Для перевірки працездатності мікроконтролера і подальшого налагодження на плату встановлено SMD світлодіод з струмом споживання в активному режимі 3,3 мА. Для можливості підключення зовнішніх антен до плати передбачений MCRF роз'єм. Вибір активної антени здійснюється шляхом пайки відповідного резистора 0 Ом.

3.2 Програмне забезпечення

В якості прошивки для пристрою, опитувального і збираючого інформацію, використовується запропонована розробниками мікроконтролера CC1310 програма. Прошивка являє собою операційну систему реального часу, що складається з декількох програмних рівнів. Нижнім програмним рівнем є драйверні функції управління системами контролера.

Над драйверним шаром розташовується перший програмний шар, який працює з радіо ядром і дозволяє управляти і налаштовувати радіозв'язок через інтерфейс UART. Перетворювач рівня UART підключається до USB , і через інтерфейсну програму на персональному комп'ютері користувач може налаштувати різні режими передачі даних. Нарешті верхнім програмним шаром є набір функцій структуруючих всю роботу контролера. Його функціонал зводиться до декількох десятків AT – команд, що надходять від персонального комп'ютера. Короткий опис набору використаних команд представлено в таблиці 4 . Повний опис можна знайти в джерелі [17].

Використання готового програмного рішення обумовлено простотою роботи. В результаті розробник може зосередитися на функціоналі проектованої системи, не вдаючись у пристрій регістрів і структуру контролера.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмне забезпечення для пристрою, що підключається до датчиків, представлено в додатку 3 і описується функціональною блок-схемою зображеною на рисунку 3.6.

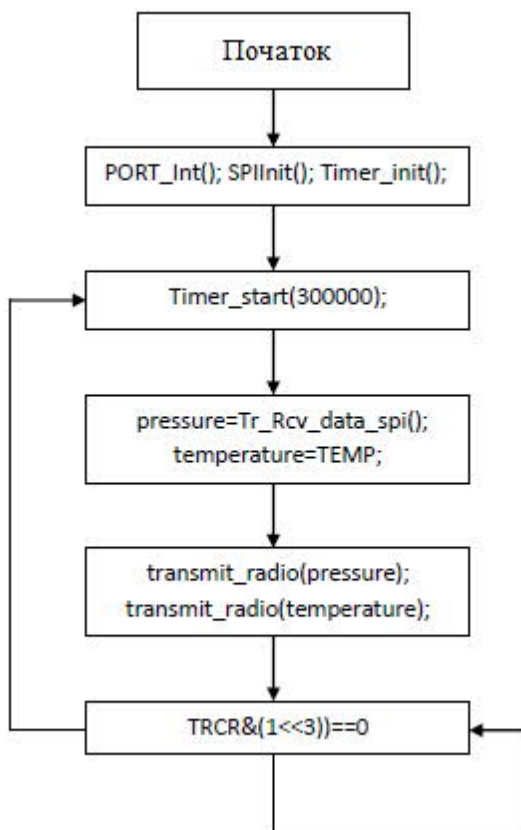


Рисунок 3.6 – Блок-схема програмного коду пристрою

Роботу програми умовно можна розділити на два режими:

- активний режим;
- режим очікування.

Програма починає своє виконання з функцій `PORT_Int ()`; `SPIInit ()`; `Timer_init ()`. `PORT_Int ()` ініціалізує порти контролера (DIO) для роботи з SPI інтерфейсом, кнопками і світлодіодами. `SPIInit ()` налаштовує параметри регістрів SPI (SSI) інтерфейсу. `Timer_init ()` ініціалізує внутрішній таймер. Наступна функція `Timer_start ()` запускає рахунок внутрішнього таймера до значення вказаного у вхідному параметрі (значення вказується в мс). Після запуску таймера ініціюється читання даних від відомого пристрою (датчика) через PSI інтерфейс. Функція `Tr_Rcv_data_spi ()` повертає отримане значення

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в змінну pressure. Мінлива temperature отримує значення з регістра даних внутрішнього термометра TEMP. Функція transmit_radio () поміщає вміст вхідного параметра в регістр даних радіо модуля і ініціалізує передачу даних по радіо каналу шляхом зміни стану регістра контролю.

3.2.1 Програмування контролера через вбудований завантажувач (Bootloader)

У CC1310 входить завантажувач, що знаходиться в ROM – пам'яті і володіє здатністю зв'язуватися з зовнішніми пристроями завдяки послідовним інтерфейсам (UART I SPI (SSi). Основним призначенням цього завантажувача є завантаження актуальної програми flash пам'ять контролера за допомогою послідовних інтерфейсів, виключаючи використання JTAG інтерфейсу.

ROM – завантажувач підтримує команди здатні читати дані з flash пам'яті. До того ж в функціоналі контролера є регістр BL_CONFIG, який допомагає з визначенням запуску програм (з Flash або з завантажувача). За допомогою зміни даного регістра BL_ENABLE, BL_PIN_NO та BL_LEVEL можливо забороняти або ж вирішувати вихід з flash в завантажувач, налаштувати один з виходів для вимушеного переходу в завантажувач і встановити рівень сигналу, за яким цей перехід буде здійснюватися відповідно.

Завантажувач в своїй роботі використовує строго певний формат пакета даних для створення надійного зв'язку із зовнішнім пристроєм. Такий формат використовують всі режими передачі, виключаючи режим автоматичного визначення швидкості передачі UART. Кожен пакет абсолютно завжди є або підтверджений, або не підтверджений, що визначається ACK I NACK байтами.

На рисунку 3.7 зображена послідовна діаграма протоколу прийому і відправки даних.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

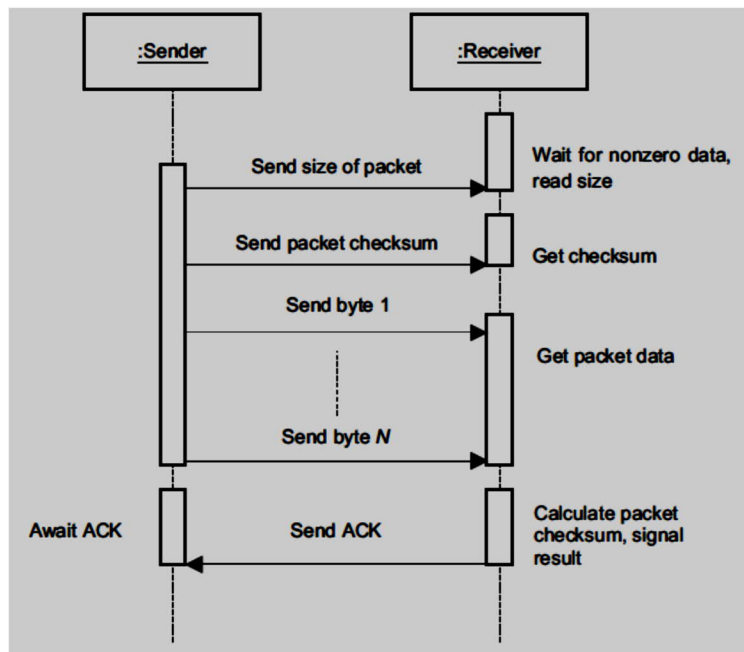


Рисунок 3.7 – Діаграма протоколу прийому і відправки даних

Для успішного відправлення пакета слід провести чотири кроки. Першим кроком буде відправка розміру пакета в байтах. Другий крок складається з відправки контрольної суми значень всіх байтів пакета, далі йде третій крок – відправка актуальних даних. Останнім кроком виступає очікування байта підтвердження (ACK) від пристрою одержувача.

Успішний прийом пакета складається з п'яти послідовних кроків. Перший крок це очікування ненульових даних він відправляє пристрої (перший прийнятий ненульовий байт буде розміром прийнятого пакета). Другий крок складається з очікування байта, який містить контрольну суму всіх байтів пакета. Третій крок являє собою читання актуальних даних. На четвертому кроці проводиться розрахунок контрольної суми і порівняння її з сумою приємною від приймача. П'ятий крок – відправка ACK I NACK байта, які визначають, чи успішно пройшла передача.

Байтом, що підтверджує достовірність передачі, є Acknowledge (ACK). Він відправляється, коли пакет успішно прийнятий і підтверджений приймачем, тобто коли контрольні суми збіглися.

Байтом, котрі збираються в разі виявлення помилки при передачі пакета (контрольні суми не співали), є Not-Acknowledge (NACK).

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 3.8 представлений приклад пакету послідовної передачі даних.

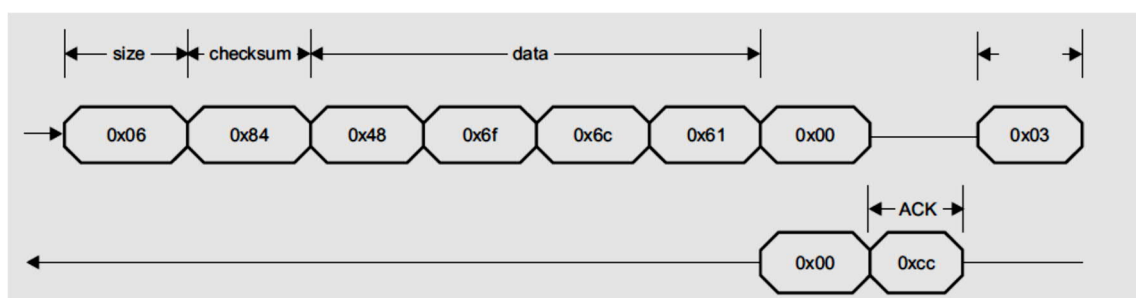


Рисунок 3.8 – Приклад пакету послідовної передачі даних

Метод автоматичного визначення швидкості передачі даних по UART надає завантажувач. Для синхронізації з хостом він повинен отримати 2 байта зі значенням 0x55. Якщо синхронізація проходить успішно, то завантажувач повертає підтвердження, що складається з 2 байтів зі значенням 0x00 і 0xCC. У разі збою синхронізації завантажувач очікує спроб синхронізації.

У режимі автоматичного виявлення висновки Rx UART0 перевіряється на наявність фронтів сигналу. У момент, коли сигнал виявлений, завантажувач визначає співвідношення швидкості і частоти необхідне для програмування UART.

Тактова частота модуля UART повинна бути як мінімум в 16 разів більше швидкості передачі. Таким чином, максимальна швидкість в бодах може бути не вище 3 Мбод (48 МГц ділиться на 16). Максимальна швидкість в бодах обмежена до 1,6 Мбод через функції програмно-апаратних засобів, яка визначає швидкість передачі хоста [10].

3.3 Симуляція безпроводної запропонованої безпроводної системи

Демонстрація роботи системи з двох пристроїв – представлена на рисунку 3.10. На рисунку 3.9 зображено зібраний стенд для тестування.

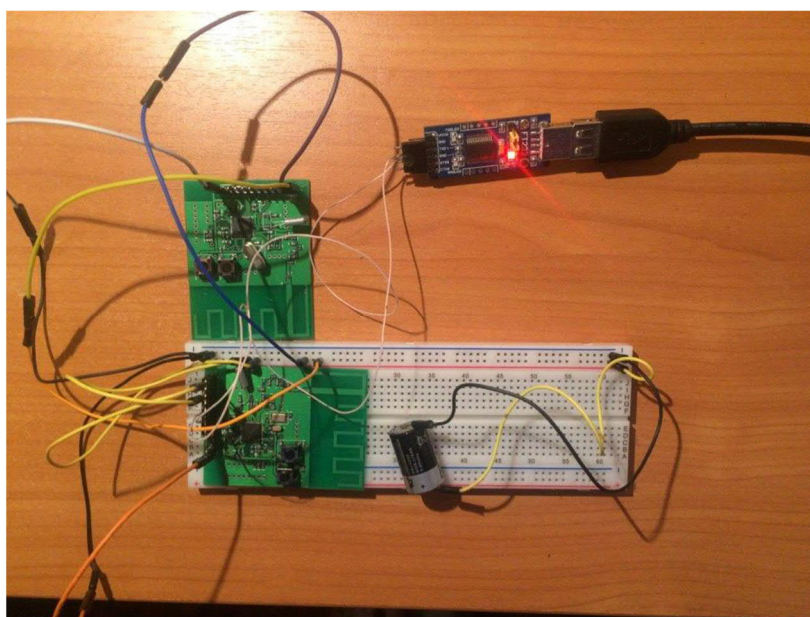


Рисунок 3.9 – Стенд для тестування системи

Обидва пристрої живляться від напруги 3.6 В. Одне з них запропоновано на безперервну передачу тестових пакетів, друге підключено через USB/UART перетворювач до персонального комп'ютера і управляється за допомогою AT – команд.

Опис використаних AT – команд наведено в таблиці 4.

Таблиця 4.

Команда/параметр	Опис
Reset:EasyLink-v1.00.04<CR>	Повідомлення про перезагрузку контролера
AT+I 00<CR>	Ініціалізація радіо; Налаштування радіо
AT+RX<CR>	Включити радіо на прийом
AT+RS<CR>	Скидання мікросхеми CC13xx

Кожна команда закінчується символом повернення каретки <CR>

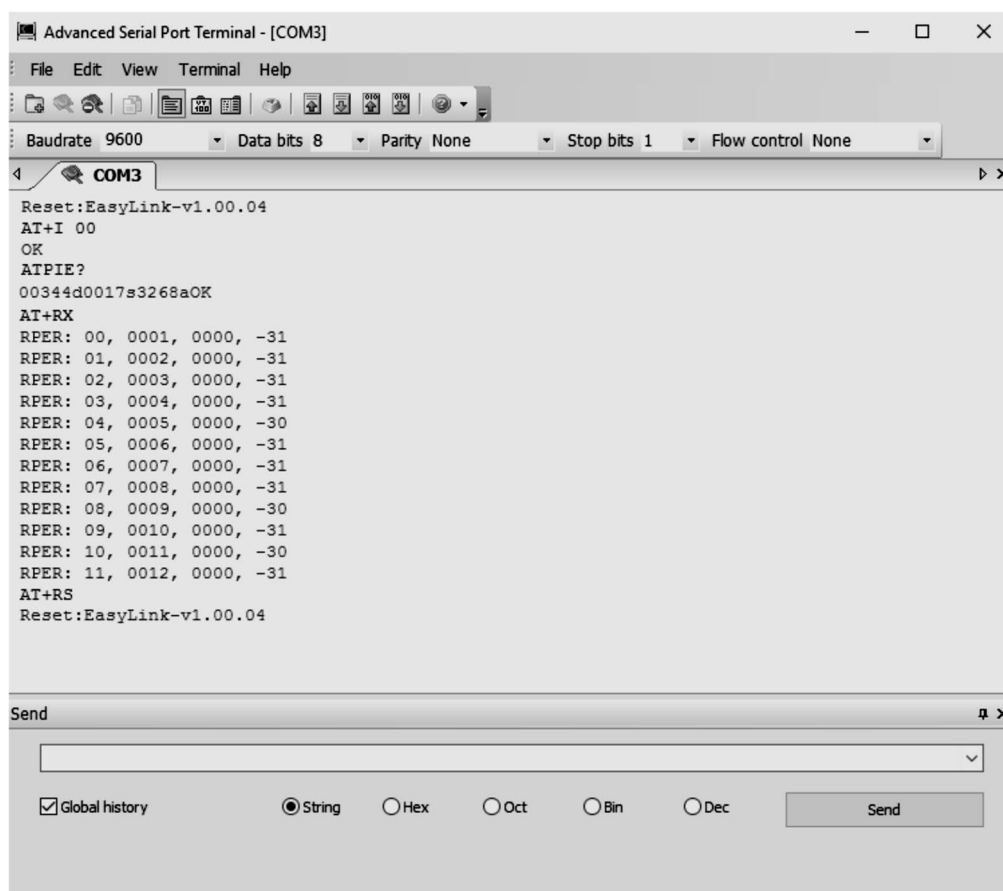


Рисунок 3.10 – Інтерфейс термінальної програми

Так само проводилися випробування дальності зв'язку між двома пристроями. На лінії прямої видимості максимальна дальність радіозв'язку становила 550м. В умовах офісної будівлі, де на шляху поширення сигналу перебували бетонні і цегляні конструкції, дальність зв'язку склала 10 м. Так само було виміряно струм, споживаний передавачем в активному режимі ($I_a \approx 5$ мА) і в режимі очікування ($I_a \approx 5$ мкА). Час роботи пристрою в кожному з режимів: в активному близько 50мс; в режимі очікування – 399 950 мс (4хв 59,950 с). виходячи з отриманих значень струму і часу можна оцінити, скільки буде працювати пристрій від батарейки ємністю 240 мАг. В результаті отримуємо близько 5 років роботи пристрою в автономному режимі.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській роботі ми розробили систему безпроводної системи передачі даних з можливістю під'єднання цифрових давачів диму. та виконали поставлені перед нами задачі, а саме:

1. проаналізували тенденції розвитку безпроводних охоронних систем;
2. провели порівняльну характеристику технічних засобів систем охорони;
3. розробили електричну принципову схему системи та програмне забезпечення для данної системи.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каневский Г. От редактора: Новости Электроники . 2017. N 1, С.2.
2. Абалов А. МЭМС для Интернета вещей – решение от ST: Новости Электроники . 2017. N 1, С. 5-9.
3. Калачев А. Зажигая «звезды»: беспроводной стек протоколов 802.15.4e/ g для CC1310: Новости Электроники . 2016. N 12, С. 17-23.
4. Гавриков В. Действия на расстоянии: микроконтроллеры TI с беспроводными модулями: Новости Электроники . 2016. N 12, С. 31-40.
5. Капли Д. IoT: Как совместить передачу данных на большое расстояние и подключение смартфона?: Новости Электроники. 2017. N 2, С.27-32.
6. Антенны GSM, для встроенных устройств беспроводной связи: веб-сайт. URL: <http://www.elin.ru/files/pdf/iB-Net/GSM-antennas.pdf> (дата звернения:10.04.2017).
7. Уоллес Р. Максимальная дальность связи по радиоканалу в системе: как этого добиться?: Новости Электроники . 2015. N 11, С. 3-13.
8. Рахаев А.А. Устройства СВЧ и антенны: учеб. Пособие. Самара: Изд-во СГАУ , 2012. 222с.
9. Гавриков В. Более 10 лет от одной батарейки CR2032 беспроводной датчик температуры и влажности: Новости Электроники. 2016. N 3, С. 20-22.
10. CC13x0, CC26x0 SimpleLink Wireless MCU Technical Reference Manual. Texas Instruments, 2017: веб-сайт URL: <http://www.ti.com/lit/ug/swcu117g/swcu177g.pdf> (дата звернения: 11.04.2017).
11. CC1310 SimpleLink Ultra-Low-Power Sub-1 GHz Wireless MCU. Texas Instruments, 2016: веб-сайт. URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc1310.pdf> (дата звернения: 11.04.2017).

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

12. Каршенбойм И. JTAG_тестирование: Современная Электроника. 2007.N 2.С. 58-67.

13. Лебедев Д. Интерфейс JTAG – это очень просто!: - 2013: веб-сайт URL: <https://habrahabr.ru/post/190012/> (дата звернення: 15.04.2017).

14. USART/UART: веб-сайт. URL: <http://picdevices.ru/eksperimentyi/usart-uart-apparatnyiy.html> (дата звернення: 18.04.2017).

15. Новицкий А. Синхронный последовательный интерфейс SPI в микроконтроллерах от «А до Я» и его реализация на примере ADuC70xx фирмы analog devices: Компоненты и технологии. 2009. N 3.С. 37-48.

16. Kernel F. 868MHz, 915 MHz and 955 MHz Inverted F Antenna: Texas Instruments, 2017. 13 с.

17. Калачев А. Быстрый старт разработки беспроводного канала 868МГц на CC1310: Новости Электроники . 2016.N 3, С. 3-11.

18. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ.,М.:Бином, 2014. 706 с.

19. Пушкарев О. Превращение контроллера в сетевой процессор: Как управлять CC1310 с помощью AT – команд: Новости Электроники. 2016. N 3, С. 12-19.

20. Керниган Б., Ритчи Д. Язык программирования СИ: Пер. с англ .,М.:Финансы и статистика , 1992. 271 с.

					БР.КСМ. 07095/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46