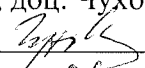


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри біомедичної
інженерії та телекомунікацій
к.т.н., доц. Чухов В.В.


« 12 » / 06 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Розробка метеостанції з віддаленим моніторингом**

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітній ступінь «бакалавр»

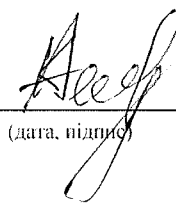
Виконавець роботи

студент 4 курсу, гр.ТР-19-1

19.06.23 
(дата, підпис)

Процюк Б.І.

Старший викладач


(дата, підпис)

Корніюк А.В.

Житомир
2023

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: Розробка метеостанції з віддаленим моніторингом

Виконав: студент 4 курсу,
групи ТР-19-1 спеціальності
172 «Телекомунікації та
радіотехніка»

Процюк Б.І.

Керівник Корніюк А.В.

Рецензент Чижов В.В.

«Затверджено»

В.о. завідувача кафедри
комп'ютерних технологій у
медицині та телекомунікаціях

_____ Владислав ЧУХОВ

«_____» _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студента Прозька Богдана Ігоровича

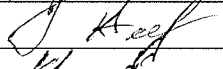
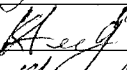
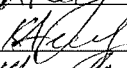
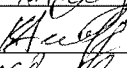
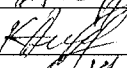
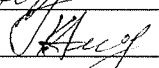
Тема роботи Розробка метеостанції з віддаленим моніторингом

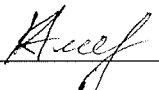
Затверджена Наказом університету від «12» жовтня 2022 р. № 461 а/с

Термін здачі студентом завершеної роботи червень 2023 р.

Вихідні дані роботи 1) Повністю автономна домашня метеостанція;
2) Робоча частота передавача - 2,4 ГГц;
3) Діапазон вимірювання температури в° - 40°C до +80°C
4) Діапазон вимірювання вологості в% 0 до 100%

Консультанти з випускної кваліфікаційної роботи із зазначенням розділів, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Огляд літ-ри	Корніюк А.В.		
Технічне завдання	Корніюк А.В.		
Стр. схема	Корніюк А.В.		
Принципова схема	Корніюк А.В.		
Констр. частини	Корніюк А.В.		
Оформлення роботи	Корніюк А.В.		
Додатки	Корніюк А.В.		

Керівник 
(підпис)

Календарний план

[illegible]

Студент

SB

(підпис)

Керівник

Heel

(підпис)

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота по темі: «Розробка метеостанції з віддаленим моніторингом» має 50 сторінок текстового документу, 14 рисунків, 3 таблиці, 13 використаних джерел.

Метою випускової кваліфікаційної роботи є Розробка приладу метеостанції з можливістю віддаленого моніторингу за показниками.

У першому розділі розглядається основні поняття про метеостанції, існуючі аналоги, принципи вимірювання показників.

У другому розділі представлено технічне завдання дипломного проекту.

Третій розділ присвячений розробці структурної схеми приладу та огляду принципів його роботи.

Четвертий розділ присвячений розробці принципової схеми та вибору датчиків.

У п'ятому розділі представлена конструкторська частина, розрахунки друкованих плат.

В результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи було спроектовано метеостанцію, яка дає можливість дізнатися умови середовища в середині та зовні приміщення.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. Огляд літературних джерел.....	7
1.1. Огляд існуючих рішень	7
1.2. Методи вимірювання температури	10
1.3. Методи вимірювання вологості.....	13
1.4. Мікроконтролери та їх використання	15
2. Технічне завдання	19
3. Розробка структурної схеми.....	20
4. Розробка принципової схеми	21
5. Конструкторська частина	30
5.1. Вибір матеріалів заготівель та друкованої плати	30
5.2. Розрахунок параметрів друкованої плати базової станції	33
5.3. Розрахунок параметрів друкованої плати зовнішнього модуля	34
5.4. Розрахунок діаметра контактних площадок	36
ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41
ДОДАТОК А.....	43
ДОДАТОК Б	44
ДОДАТОК В	45
ДОДАТОК Г	48
ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ	50

					ІКАТ.480.007.008 - ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка метеостанції з віддаленим моніторингом Пояснювальна записка Літ. Арк. Аркушів 5 50 ДУ «Житомирська Політехніка» гр. ТР-19-1		
Розроб.		Троцько Б.І.	Б				
Перевір.		Козмін А.В.	К				
Реценз.		Чурса В.В.	Ч				
Н. Контр.							
Затверд.							

ВСТУП

У сучасному швидкоплинному та взаємопов'язаному світі постійно з'являються нові технології, які змінюють спосіб життя, роботи та взаємодії з навколишнім середовищем. Від штучного інтелекту та робототехніки до Інтернету речей і блокчейну, ці технології мають потенціал змінити форму промисловості, підвищити ефективність і якість нашого життя.

Однією з таких захоплюючих подій у сфері нових технологій є поява домашніх метеостанцій. Ці інноваційні пристрої переносять потужність метеорології в наш дім, дозволяючи людям відстежувати та розуміти погодні умови у своїх власних домівках. Домашні метеостанції дозволяють нам збирати точні дані в режимі реального часу про температуру, вологість, атмосферний тиск, швидкість вітру та кількість опадів, що дає нам змогу приймати обґрунтовані рішення та краще планувати свою щоденну діяльність.

Досліджуючи принципи, що лежать в основі цих пристроїв, їх функціональні можливості та їх інтеграцію з іншими технологіями розумного дому, ми можемо розкрити величезний потенціал, який вони мають для покращення нашого розуміння погодних умов та їх впливу на наше життя.

Ми досліджуватимемо можливості інтеграції цих пристроїв із веб-додатками, розумними помічниками та іншими взаємопов'язаними системами, щоб створити повний та персоналізований досвід моніторингу погоди.

Вивчаючи домашні метеостанції, ми можемо використовувати потужність цих нових технологій, щоб отримати уявлення про місцеві погодні умови, зробити внесок у життя громадян і дослідження клімату.

					IKAT.480 007.008-ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Бездротові технології революціонізували спосіб моніторингу та доступу до інформації в різних аспектах нашого життя. Від зручності бездротового підключення до Інтернету до повсюдного поширення мобільних пристроїв ці технології змінили ландшафт моніторингу інформації та доступу. З появою бездротових мереж тепер ми можемо без особливих зусиль підключатися до великої кількості пристроїв і датчиків, що дозволяє контролювати різноманітні набори даних у реальному часі. Незалежно від того, чи йдеться про моніторинг навколишнього середовища, відстеження показників здоров'я чи спостереження за споживанням енергії, бездротові технології забезпечують безперебійне підключення та миттєвий доступ до важливої інформації. Ці технології дозволили розробити системи «розумного дому», кишенькових пристроїв, і рішення для віддаленого моніторингу, які дають можливість людям контролювати своє життя та оптимізувати використання ресурсів. Оскільки бездротові технології продовжують розвиватися, ми можемо передбачати ще більш досконалі та взаємопов'язані системи моніторингу, що прокладають шлях до розумнішого та більш пов'язаного світу.

1.1 Огляд існуючих рішень

Бездротова метеостанція від компанії Emos E8647. Характеристики:

- Живлення датчику від 2 1.5В батарейок. Живлення головного пристрою 2 1.5В батарейки та 5В/1А micro USB
- Розміри датчику: 25х50х95 мм. Головного пристрою: 20х85х96 мм.
- Датчик вимірює температуру і вологість зовні та в приміщенні, відображає час та прогноз погоди. Має вбудований будильник
- Робочі діапазони температури в приміщенні: від -10 °С до +50 °С. Для зовнішньої температури: від -50 °С до +70 °С. Роздільна здатність датчиків 0.1 °С.

					ІКАТ.480 007.008-ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Точність вимірювання ± 1 °C для діапазону від 0 °C до +50 °C, ± 2 °C для діапазону від -20 °C до 0 °C, ± 4 °C для діапазону від -40 °C до -20 °C, більше ± 4 для інших діапазонів.
- Діапазон вимірювання вологості: від 20% до 95%, роздільна здатність 1%.
- Точність вимірювання вологості $\pm 5\%$ для функції від 30% до 50% віднос. вологості, $\pm 10\%$ для функції від 20% до 29% віднос. вологості і від 51% до 95% віднос. вологості.
- Частота передачі даних: 433 МГц



Рисунок 1.1 – домашня метеостанція Emos E8647

Бездротова метеостанція Igeress WP6580. Характеристики:

- Живлення датчику від 2 1.5В батарейок. Живлення головного пристрою від мережі
- Дальність роботи 50м

					ІКАТ.480 007.008-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- Робочі діапазони температури в приміщенні: від 0 °С до +50 °С. Для зовнішньої температури: від -40 °С до +60 °С. Роздільна здатність датчиків 0.1 °С.
- Діапазон вимірювання вологості: від 20% до 95%, роздільна здатність 1%.
- Розміри датчику: 88,5x23,8x42 мм. Головного пристрою: 134,3x91,3x24,2 мм.



Рисунок 1.2 – домашня метеостанція Igeress WP6580

Бездротова метеостанція La Crosse WS6825-BLA. Характеристики:

- Живлення датчику 2 батареї AA LR6 1,5В. Живлення головного пристрою від мережевого адаптеру AC/DC 5V 150 мА, 3 батареї AA LR6 1,5В
- Дальність роботи до 90м прямої видимості
- Робочі діапазони температури в приміщенні: від 0 °С до +50 °С. Для зовнішньої температури: від -20 °С до +50 °С. Роздільна здатність датчиків 0.1 °С.
- Діапазон вимірювання вологості: від 1% до 99%, роздільна здатність 1%.
- Розміри головного пристрою: 150x123x42 мм.

					ІКАТ.480 007.008-ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-

Під час огляду існуючих рішень було виявлено що переважна більшість домашніх метеостанцій складаються з 2 частин: датчик в приміщенні з дисплеєм для відображення показників та датчик на зовні. Для живлення використовують батарейки для зовнішнього датчику і мережу для внутрішньої станції. Серед вимірюваних параметрів зазвичай є температура та вологість на зовні та в приміщенні. Також для передача даних переважно використовують частоту 433 МГц. Серед існуючих рішень не було знайдено прилади з можливістю віддаленого моніторингу показників.

Температура є важливим параметром, який використовується для ефективного моніторингу та контролю широкого спектру промислових

					<i>IKAT.480 007.008-ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосувань, а також у галузі науки та техніки. Забезпечення точності вимірювання температури є дуже важливим, оскільки помилкові записи температури можуть призвести до поломки обладнання, погіршення якості продукції або навіть можуть створити серйозний ризик для здоров'я людини.

Кілька пристроїв можуть допомогти вам точно виміряти температуру залежно від конкретного застосування. До них належать термометри, термопара, термометр опору, термістори та розумні датчики температури. Існують навіть безконтактні пристрої для вимірювання температури, такі як інфрачервоні (ІЧ) термометри та тепловізійні камери, які корисні для реєстрації температури об'єктів на безпечній відстані [1].

Термопара [2]

Термопара, також відома як «термоелектричний термометр», — це електричний пристрій, що складається з двох різнорідних електричних провідників, які утворюють електричний спай. Термопара виробляє залежну від температури напругу в результаті ефекту Зеєбека, і цю напругу можна інтерпретувати як вимірювання температури. Термопари широко використовуються як датчики температури.

На відміну від більшості інших методів вимірювання температури, термопари мають автономне живлення і не потребують зовнішнього збудження. Основним обмеженням термопар є точність; системні помилки менше ніж 1 °C може бути важко досягнути. Теоретично для виготовлення термопари можна використовувати будь-які два метали, але існує фіксована кількість типів, які зазвичай використовуються. Вони були розроблені для підвищення лінійності та точності та містять спеціально розроблені сплави. Термопари можуть забезпечувати вимірювання температури в широкому діапазоні температур залежно від типу термопари, який ви використовуєте.

Термометри опору [3]

Термометри опору це датчики, які використовуються для вимірювання температури. Багато елементів RTD складаються з тонкого дроту, обгорнутого навколо термостійкого керамічного або скляного сердечника,

					IKAT.480 007.008-ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

але також використовуються інші конструкції. Елемент RTD виготовлено з чистого матеріалу, опір якого за різних температур підтверджена документально. Матеріал має передбачувану зміну опору при зміні температури; саме ця передбачувана зміна використовується для визначення температури. Оскільки елементи RTD крихкі, їх часто розміщують у захисних зондах.

Термістори [4]

Термістор — це тип резистора, опір якого залежить від температури. Вони виготовлені з оксиду металу, який формується у вигляді намистини, диска або циліндричної форми, а потім покривається епоксидною смолою або склом.

Термістори погано працюють при екстремальних температурах, але вони точні, коли використовуються в обмеженому діапазоні температур, тобто в межах 50 °C від цільової температури; цей діапазон залежить від базового опору.

Існує два типи термісторів – найпоширенішим є термістор з негативним температурним коефіцієнтом (NTC). Опір NTC зменшується зі збільшенням температури. У термістора з позитивним температурним коефіцієнтом (PTC) опір збільшується зі збільшенням температури. Тип матеріалу, який використовується в термісторі, буде визначати, як буде змінюватися опір від температури.

Тепловізори [5]

Усі об'єкти випромінюють інфрачервону енергію, відому як теплова сигнатура. Інфрачервона камера (також відома як тепловізор) виявляє та вимірює інфрачервону енергію об'єктів. Камера перетворює ці інфрачервоні дані в електронне зображення, яке показує видиму температуру поверхні вимірюваного об'єкта.

Інфрачервона камера містить оптичну систему, яка фокусує інфрачервону енергію на спеціальний чіп детектора (сенсорний масив), який містить тисячі пікселів детекторів, розташованих у сітці.

					IKAT.480 007.008-ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен піксель матриці датчиків реагує на сфокусовану на ньому інфрачервону енергію та виробляє електричний сигнал. Процесор камери отримує сигнал від кожного пікселя та застосовує до нього математичні розрахунки, щоб створити карту кольорів видимої температури об'єкта. Кожне значення температури позначається окремим кольором. Отримана матриця кольорів надсилається в пам'ять і на дисплей камери як зображення температури (теплове зображення) цього об'єкта.

1.3 Методи вимірювання вологості

Психрометр

Психрометр є найдавнішим методом вимірювання вологості. Психрометричний датчик не буде безпосередньо відчувати вологість; замість цього він відчуває температуру та визначає вологість від неї. Чутливі елементи, які можна використовувати термометри або термістори.

Психрометричний метод використовує два чутливі елементи; перший — це «сухий термометр», який вимірює температуру навколишнього середовища. Другий — «змочена лампа», яка укладена в гніт, насичений дистильованою водою. Повітря проходить через вологий термометр, що створює випаровування. Завдяки цьому температура охолоджується нижче температури навколишнього середовища.

Рівень охолодження буде залежати від тиску пари повітря. За допомогою мокрого та сухого термометрів відносну вологість можна знайти на психрометричній діаграмі. Психрометрична діаграма та рівняння точки роси можуть зберігатися в мікропроцесорі. Тоді це буде прямий методом вимірювання відносної вологості та точки роси.

Метод точки роси

У вимірюванні вологості за типом точки роси є два типи датчиків точки роси. Вони охолоджуються конденсаційним поверхневим типом і розчином насиченого хлориду літію.

Розчин насиченого хлориду літію не буде безпосередньо відчувати відносну вологість. Для цього потрібно наситити гніт резистивними

					ІКАТ.480 007.008-ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електродами в розчині, і струм збудження, що протікає через гніт, створить джоулеве нагрівання. Через нагрівання частина розчину випаровується, зменшуючи опір і сповільнюючи нагрівання. Поступово буде досягнуто рівноваги, і температуру розчину можна співвіднести з точкою роси.

У типі охолодженої поверхні конденсації вимірюється температура, при якій починається конденсація. Найпоширенішим пристроєм для виявлення конденсату є дзеркало. Система налаштована таким чином, що світлодіод відображає дзеркало під кутом 45 градусів. Фототранзистор виявить відбите світло. Температура дзеркала регулюється електрикою. Тепер поверхня дзеркала охолоджується нижче температури навколишнього середовища до утворення конденсату.

Через конденсат на поверхні дзеркала світлодіодне світло розсіюється. Через це відбувається раптове падіння на виході фототранзистора. У цей момент температура поверхні дзеркала зчитується за допомогою датчика температури. Ця зчитана температура є точкою роси.

Коли створюється петля зворотного зв'язку, охолодження або нагрівання дзеркала постійно відстежуватиме точку роси. Використовується багато конструкцій конденсаційних поверхонь. Найбільш стабільним і точним методом вимірювання відносної вологості є метод охолодженого дзеркала.

Гігрометр

Гігрометр — це прилад для вимірювання відносної вологості у відкритому або закритому приміщенні. Він опосередковано вимірює вологість, виявляючи зміни у фізичних або електричних властивостях матеріалів, спричинені вмістом вологи в них. Таким чином, на виході отримуємо вологість.

Резистивний гігрометр

У резистивних гігрометрах є два електроди з щупами на ізоляційній підкладці. Електроди мають покриття з матеріалу, який вбирає воду, наприклад, хлориду літію. Завдяки такому покриттю між електродами

					ІКАТ.480 007.008-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

забезпечується провідність. Коефіцієнт опору шляху обернено пропорційний вологості.

Ємнісний гігрометр

Деякі тонкі полімерні плівки мають властивість, що постійний діелектрик змінюється зі зміною вологості. Цей принцип лежить в основі ємнісних гігрометрів. Електрична ємність між двома пластинами, виготовленими з використанням полімеру як діелектрика, буде прямо пропорційна вологості. Робочий діапазон ємнісних гігрометрів від 0 до 100°C. Вони мають швидкий час відгуку. Вони також можуть мати температурну компенсацію, щоб забезпечити точність $\pm 0,5\%$ у всьому діапазоні вологості.

П'єзоелектричний гігрометр

П'єзоелектричні гігрометри використовують два п'єзоелектричні кристалічні генератори. Один із них використовується для порівняння. Він укладений у суху атмосферу. Другий осцилятор піддається впливу вологості, яку потрібно виміряти. За рахунок вологи відбувається збільшення маси кристала, що призведе до зниження його резонансної частоти. Порівнявши частоти обох генераторів, можна розрахувати вологість [6].

1.4 Мікроконтролери та їх використання

Блок мікроконтролера — це компактна комп'ютерна система, яка міститься в одній інтегральній схемі. Він призначений для виконання конкретних завдань і керування різними електронними пристроями та системами. Мікроконтролер об'єднує ядро процесора, пам'ять і периферійні пристрої на одному чіпі, що робить його високоінтегрованим і ефективним рішенням.

Ядро процесора є центральним процесором (CPU) мікроконтролера. Він виконує інструкції та виконує обчислення. Ядро може базуватися на різних архітектурах, таких як ARM, AVR або PIC.

Архітектура контролера стосується дизайну та організації компонентів мікроконтролера або мікропроцесора. Він визначає структуру та взаємозв'язки центрального процесора, пам'яті та периферійних пристроїв, а

					IKAT.480 007.008-ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також потік виконання та шляхи даних. Різні архітектури контролерів мають відмінні функції, набори інструкцій і характеристики продуктивності.

Архітектура AVR — це 8-розрядна архітектура RISC (Reduced Instruction Set Computing), розроблена компанією Atmel, яка зараз є частиною Microchip Technology. AVR розшифровується як «Advanced Virtual RISC». Він розроблений спеціально для мікроконтролерів і відомий своєю простотою, ефективністю та низьким енергоспоживанням.

Мікроконтролери AVR інтегрують різноманітні периферійні пристрої, включаючи таймери, послідовні інтерфейси зв'язку, аналого-цифрові перетворювачі та цифрові контакти введення/виведення. Ці периферійні пристрої забезпечують розширені функціональні можливості та дозволяють легко взаємодіяти із зовнішніми пристроями.

Процесори AVR зазвичай працюють на високих тактових частотах і пропонують конвеєрне виконання, що дозволяє виконувати кілька інструкцій одночасно. Це підвищує загальну швидкість обробки та пропускну здатність[7].

ARM дотримується філософії дизайну RISC, зосереджуючись на спрощеному наборі інструкцій з інструкціями фіксованої довжини. Він має 32-розрядну і 64-розрядну версії. ARM використовує архітектуру завантажувального зберігання, де інструкції обробки даних працюють з даними в регістрах, а явні інструкції завантаження та збереження передають дані між пам'яттю та регістрами.

Процесори ARM відомі своєю енергоефективністю, що робить їх придатними для мобільних пристроїв, додатків Інтернету речей і пристроїв, що живляться від батарейок. Архітектура має широку екосистему з різними процесорами, мікроконтролерами та інструментами розробки. Він знаходить застосування в смартфонах, планшетах, вбудованих системах, автомобільних системах тощо[8].

Архітектура PIC - це сімейство мікроконтролерів, розроблених компанією Microchip Technology. Мікроконтролери PIC відомі своєю

					ІКАТ.480 007.008-ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

простотою, низькою вартістю та легкістю використання. Вони широко використовуються в різних галузях промисловості.

Мікроконтролери PIC базуються на модифікованій гарвардській архітектурі, яка поєднує в собі аспекти гарвардської архітектури та архітектури фон Неймана. Вони мають окрему пам'ять програм і пам'ять даних, що дозволяє одночасний доступ до інструкцій і даних.

Мікроконтролери PIC зазвичай мають невеликий набір інструкцій з інструкціями фіксованої довжини. Це спрощує програмування та зменшує вимоги до пам'яті. Набір інструкцій містить широкий спектр операцій для обробки даних, керування потоком і взаємодії з периферійними пристроями.

Мікроконтролери PIC часто включають низку вбудованих периферійних пристроїв, таких як таймери, UART (послідовний зв'язок), SPI (послідовний периферійний інтерфейс), I2C (міжінтегральна схема), ADC (аналогово-цифровий перетворювач) і цифрові I/O порти. Ці периферійні пристрої забезпечують розширену функціональність і спрощують взаємодію із зовнішніми пристроями.

Мікроконтролери PIC випускаються в різних варіантах з різними рівнями пам'яті (пам'яті програм і даних), тактовими частотами та вбудованими периферійними пристроями. Це дозволяє розробникам вибирати відповідний мікроконтролер PIC відповідно до вимог додатків.

Мікроконтролери містять різні типи пам'яті. Флеш-пам'ять є енергонезалежною і зберігає програмний код. Оперативна пам'ять є енергозалежною і використовується для тимчасового зберігання під час виконання програми. EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) є енергонезалежним і використовується для зберігання даних, які необхідно зберігати, навіть коли живлення вимкнено.

Мікроконтролери мають вбудовані периферійні пристрої, які забезпечують додаткову функціональність і забезпечують зв'язок із зовнішніми пристроями. Ці периферійні пристрої включають порти вводу/виводу для зчитування сигналів і керування пристроями, АЦП для

					IKAT.480 007.008-ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перетворення аналогових сигналів у цифрові значення, таймери та лічильники для точної синхронізації та підрахунку подій, послідовні інтерфейси для зв'язку, ШІМ для генерування аналогових сигналів і контролери переривань для швидкого реагування на зовнішні події.

Мікроконтролери часто мають такі функції керування живленням, як режими сну та параметри низького енергоспоживання, які оптимізують енергоспоживання та подовжують термін служби батареї в приладах, що живляться від батареї.

Щоб запрограмувати мікроконтролер, ви пишете код на мові програмування, наприклад С або мові асемблера. Потім код компілюється та передається у флеш-пам'ять мікроконтролера за допомогою спеціальних засобів програмування або завантажувача. Плати розробки та інтегровані середовища розробки (IDE) надають інструменти та бібліотеки для полегшення програмування та налагодження мікроконтролера.

Мікроконтролери знаходять застосування в широкому діапазоні пристроїв, включаючи побутову електроніку, автомобільні системи, промислову автоматизацію, пристрої Інтернету речей (IoT) тощо. Компактний розмір, низьке енергоспоживання та інтегровані функції роблять їх універсальними та економічно ефективними рішеннями для керування та моніторингу електронних систем.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

В результаті аналізу існуючих рішень було сформовано технічне завдання на розробку. Прилад для зняття показників температури і вологості на зовні та в приміщенні з можливістю віддаленого моніторингу показників.

1. Метою створення є забезпечення користувачів не дорогою і якісною, повністю автономною домашньою метеостанцією. Також важливим є можливість віддалено дізнатись показники датчиків. Прилад може використовуватись там де неможливо або небажано використовувати дротові технології.

2. Технічні параметри:

Базова станція:

- Живлення від мережі змінного струму
- Робоча частота передавача 2.4 ГГц
- Діапазон вимірювань температури від -40... +80 °C
- Похибка в діапазоні -10 ... +50 ° C не більше 0,5 ° C;
- Діапазон вимірювань вологості 5...90%
- Габаритні розміри не більше 100 x 100 x 50 мм
- Дальність передачі сигналу – до 50 м;

Зовнішній модуль:

- Живлення від аккумулятора
- Робоча частота передавача 2.4 ГГц
- Діапазон вимірювань температури від -40... +80 °C
- Похибка в діапазоні -10 ... +50 ° C не більше 0,5 ° C;
- Діапазон вимірювань вологості 0...100%
- Точність вимірювання вологості: 3%
- Діапазон вимірювання тиску 300...1100 гПа
- Габаритні розміри не більше 100 x 100 x 50 мм
- Низьке енергоспоживання;

					ІКАТ.480 007.008-ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Структурну схему домашньої метеостанції з віддаленим моніторингом представлено на Рисунку 3.1.

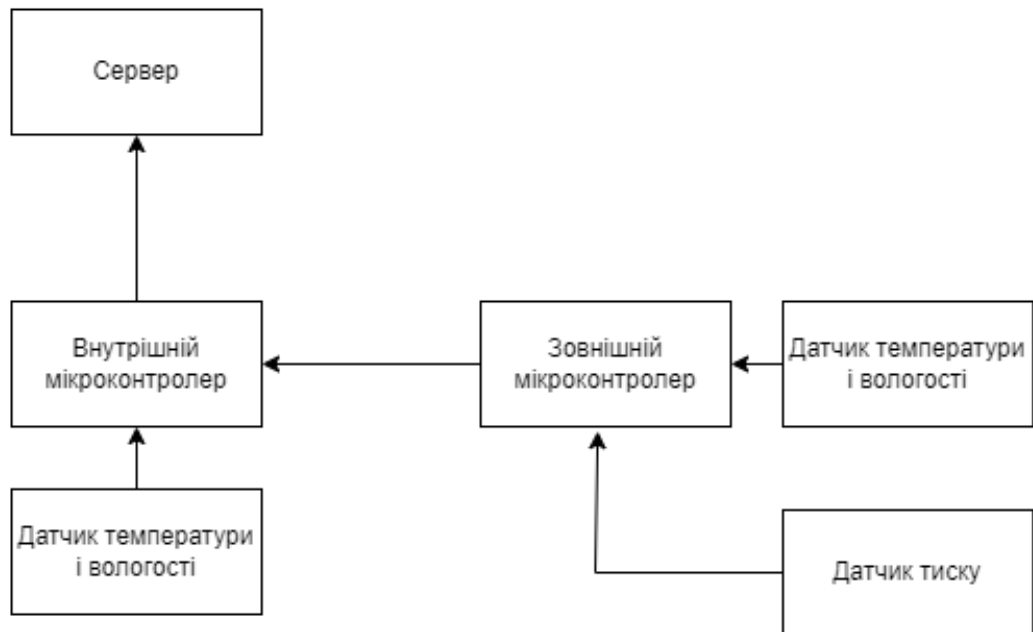


Рисунок 3.1 – Структурна схема домашньої метеостанції

За схемою ми маємо 2 мікроконтролери. Один буде знаходитись зовні приміщення для вимірювання зовнішніх показників тиску, температури та вологості. За допомогою протоколу ESP-NOW дані будуть передаватись до базової станції в приміщенні. ESP-NOW — це протокол бездротового зв'язку, визначений Espressif, який забезпечує пряме, швидке та малопотужне керування смарт-пристроями без необхідності використання маршрутизатора. Живлення зовнішнього модуля буде відбуватися від акумулятора.

Другий мікроконтролер буде базовою станцією. Він буде приймати дані від зовнішнього модуля. Також він буде мати свої 2 датчики для температури та вологості, таким чином ми маємо інформацію про умови всередині і поза приміщенням. Після збирання всіх даних вони будуть відправлятися на веб сервер, де їх можна переглянути з будь-якого пристрою з доступом до інтернету. Живлення базової станції буде від мережі 220В.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

На основі структурної схеми було розроблено схему електричну принципову.

В якості мікроконтролеру було обрано ESP32. Він має вбудовану антену для підключення Wi-Fi і Bluetooth без зовнішньої антени. Завдяки двоядерному процесору з тактовою частотою до 240 МГц ESP32 забезпечує високу обчислювальну потужність для вимогливих програм. Він також пропонує достатньо ресурсів пам'яті, включаючи SRAM і флеш-пам'ять, для зберігання коду, даних та інших даних. ESP32 розроблено для роботи з низьким енергоспоживанням, що робить його придатним для енергозберігаючих програм із живленням від акумулятора. ESP32 містить такі функції безпеки, як безпечне завантаження, флеш-шифрування, цифровий підпис і апаратно-прискорені криптографічні алгоритми. Характеристики мікроконтролера:

- 448 Кб ROM
- 520 Кб RAM
- До 4 Мб флеш пам'яті
- 34 Цифрових піни (включаючи GPIO, PWM, UART, SPI, I2C, I2S)
- 12-бітний ADC до 18 каналів
- 2 DAC піни
- Максимальна частота мікроконтролера до 240 МГц
- Робоча напруга від 2,3В до 3,6В
- Інтерфейс I2C
- Інтерфейс I2S
- Інтерфейс SPI
- Інтерфейс UART
- ШІМ піни

					IKAT.480 007.008-ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно даташиту даний мікроконтролер потребує кварцовий резонатор на 40МГц для роботи Wi-Fi та Bluetooth. Кварцові резонатори забезпечують високоточні та постійні сигнали синхронізації. Вони генерують точну частоту на основі механічних коливань кристала, що дозволяє точно відстежувати час і синхронізувати різні компоненти в схемі. Схема включення кварцового резонатора зображена на рис. 4.1. Розрахуємо тривалість циклу для нашої тактової частоти $f = 40 \text{ МГц}$:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{40 \text{ МГц}} = 0,025 \text{ мкс}$$

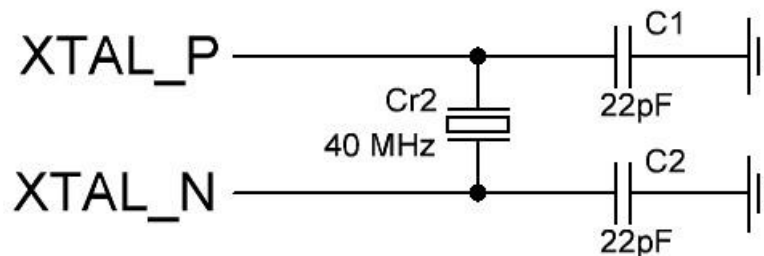


Рисунок 4.1 – Схема включення кварцового резонатора

Живлення базової станції буде від мережі 220В. Так як мікроконтролер живиться від 5В потрібно зробити блок живлення з 220В на 5В. Блок живлення перетворює вхідну напругу від мережі змінного струму або напругу акумулятора у стабільну та регульовану вихідну напругу. Це гарантує, що електронні компоненти в системі отримують правильний рівень напруги, необхідний для їх роботи, запобігаючи пошкодженню або несправності.

Живлення зовнішнього модуля буде відбуватися від батарейок. Так як цей модуль буде зовні бажано забезпечити якомога довшу роботу без заміни батарейок. З цим нам також допоможе режим сну мікроконтролера, в якому споживання енергії значно зменшується. ESP32 має 6 режимів роботи:

- Активний
- Режим сну модему: бездротовий зв'язок перервано.
- Легкий сон: призупиняє роботу ЦП, але зберігає стан пам'яті.

- Глибокий сон: вимикає основну пам'ять ESP32. Обмежений обсяг пам'яті RTC (годинник реального часу) зберігається та може бути використаний під час пробудження. Процесор ULP (наднизьке енергоспоживання) активний у двох із трьох підрежимів глибокого сну, що дозволяє виконання простих завдань і моніторинг вхідних даних.

- Гібернація: для пробудження залишаються активними лише RTC і обмежена кількість контактів GPIO. Пам'ять не зберігається.

- Вимкнення живлення.

Для зовнішнього модуля використаємо датчик BME280. BME280 це датчик навколишнього середовища, який поєднує в собі можливості вимірювання температури, вологості та тиску в одному чіпі. Він забезпечує точні та надійні вимірювання для моніторингу умов навколишнього середовища. Датчик підтримує протоколи зв'язку I2C і SPI, що дозволяє легко інтегрувати його з мікроконтролерами та іншими пристроями. BME280 розроблено для мінімального споживання електроенергії, що робить його придатним для додатків із живленням від батарейок або енергоефективних конструкцій. Датчик містить цифрові алгоритми фільтрації для зменшення шуму вимірювання та підвищення стабільності даних. В цілому датчик добре підходить для різних програм, включаючи метеостанції, моніторинг внутрішнього клімату, пристрої IoT, системи моніторингу навколишнього середовища та автоматизацію розумного дому.

- Межі вимірювання температури: від -40 до 85 градусів
- Точність вимірювання температури: від 0.5 до 1 градуса
- Межі вимірювання вологості: від 0 до 100%
- Точність вимірювання вологості: 3%
- Межі вимірювання тиску: від 300 до 1100 гПа
- Точність вимірювання тиску: 1гПа

					IKAT.480 007.008-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Рисунок 4.2 – датчик BME280

Схема включення датчика зображена на рис 4.3. В схемі використано 2 підтягуючі резистори для пінів даних та лічильника. Також 2 конденсатори, підключені до землі, виконують роль фільтрів. Вони допомагають згладити коливання напруги джерела живлення, накопичуючи та вивільняючи електричну енергію, коли це необхідно. Це допомагає зменшити шум, стабілізувати рівні напруги та підвищити загальну продуктивність і надійність схеми. Повна схема зовнішнього модуля представлена в Додатку А. Програмний код представлено в Додатку Г.

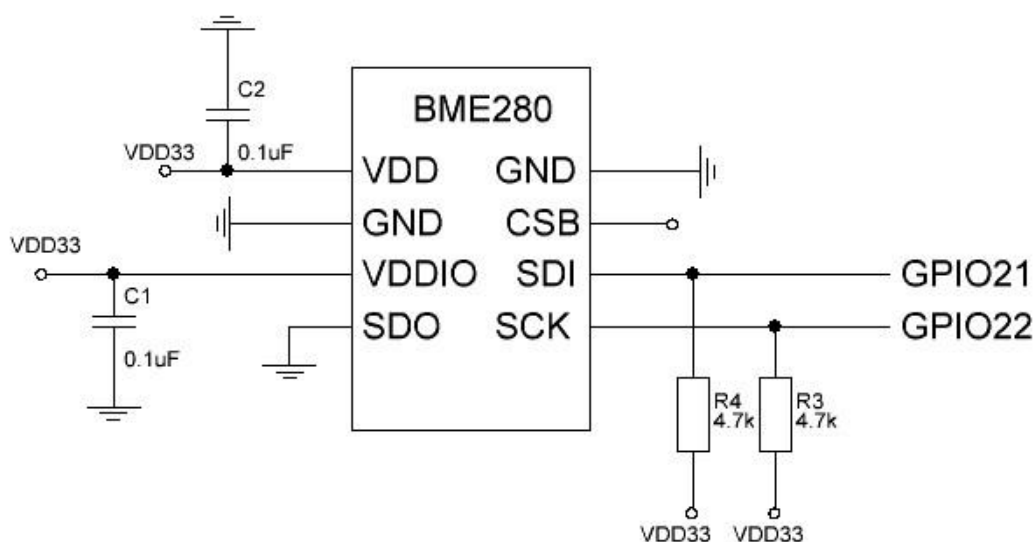


Рисунок 4.3 – Схема включення датчика BME280

Для базової станції використаємо датчик DHT11. Датчик DHT11 працює при напрузі від 3,3 В до 5 В і має низьке енергоспоживання, що робить його придатним для додатків, що живляться від акумулятора, або проектів з обмеженнями електроенергії. Незважаючи на те, що датчик DHT11 доступний і широко доступний, він має деякі обмеження порівняно з більш вдосконаленими датчиками температури та вологості. До них відносяться обмежений діапазон вимірювання, відносно нижча точність і довший час відгуку але для нашого пристрою він цілком підійде. Датчик DHT11 використовує термістор для вимірювання температури та ємнісний датчик вологості для вимірювання відносної вологості. Також в корпусі встановлений чіп для перетворення аналогового сигналу в цифровий. Програмний код представлено в Додатку В. Повна схема базової станції представлена в Додатку Б.

- Межі вимірювання температури: від -20 до 60 градусів
- Точність вимірювання температури: $\pm 2\%$
- Межі вимірювання вологи: від 5 до 95%
- Точність вимірювання вологи: $\pm 5\%$



Рисунок 4.4 – датчик DHT11

Для включення датчика в схему рекомендується додати підтягуючий резистор на 5 кОм. Без підтягувальних резисторів входні контакти можуть

бути сприйнятливими до перешкод або шумів, якщо вони не керуються джерелом сигналу. Підтягуючий резистор допомагає пом'якшити це, забезпечуючи певний рівень напруги та зменшуючи ймовірність помилкового запуску або нестабільної поведінки. Також можна додати конденсатор між живленням та землею на 100 нФ для фільтрування живлення. Схема включення датчика зображена на рис 4.5.

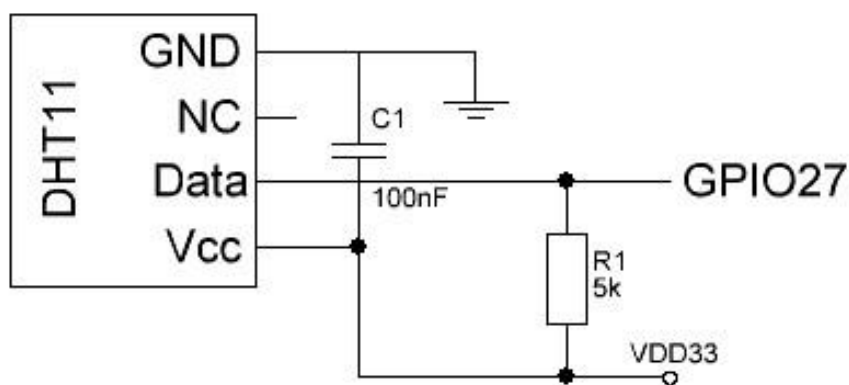


Рисунок 4.5 – Схема включення датчика DHT11

Додамо кнопку для перезавантаження мікроконтролера. Функція перезавантаження є важливою функцією при розробці пристроїв. Вона дозволяє пристрою відновлюватися після неочікуваних помилок або збоїв. У разі збою або несправності програмного забезпечення скидання може допомогти відновити пристрій до стабільного стану, забезпечуючи його належне функціонування. Реалізація функції перезавантаження може сприяти загальній стабільності та надійності пристрою. Вона забезпечує механізм для відновлення після ненормальних умов та підтримки сталої роботи.

Використовуючи кнопку в схемі важливо полікуватись про брязкіт контактів, особливо якщо це може критично вплинути на пристрій. Коли перемикач перемикається, його контакти не здійснюють миттєвого чистого та стабільного переходу від відкритого до закритого або навпаки. Натомість вони можуть миттєво встановлювати та розривати контакт кілька разів через механічні дефекти, такі як пружини та контакти, які відскакують. Мета усунення брязкоту контактів перемикача полягає в тому, щоб переконатися,

що перемикач виконує єдиний чистий перехід або від відкритого до закритого, або від закритого до відкритого. Зазвичай це досягається введенням схеми усунення брязкоту, яка може бути реалізована за допомогою апаратних або програмних засобів.

Апаратне усунення брязкоту контактів:

RC-коло: простий апаратний метод усунення брязкоту передбачає підключення резистора та конденсатора паралельно комутатору. Конденсатор заряджається або розряджається через резистор, згладжуючи переходи перемикача. Потім напруга на конденсаторі використовується для визначення стану перемикача.

Тригер Шмітта: тригер Шмітта — це спеціальний вентиль або схема, яка перетворює вхідний сигнал із шумом або стрибками на чистий, чітко визначений вихідний сигнал. Він має вбудований гістерезис, який гарантує, що вихідний сигнал залишається стабільним навіть за наявності вхідних сигналів із шумом або стрибком.

Програмне усунення брязкоту контактів:

Програмна затримка: під час усунення брязкоту програмним методом переходи перемикача відстежуються за допомогою затримки або таймера. Коли виявляється зміна стану кнопки, програмне забезпечення чекає певний період часу, який називається часом усунення брязкоту, перш ніж вважати його дійсним і стабільним. Ця техніка вимагає точного контролю за часом і може викликати затримки у відповіді системи.

Програмний метод найпростіший в виконанні але він нам не підходить так як ми використовуємо кнопку для контролю живлення. Це означає, що програмно нам не вдасться усунути брязкіт контактів тому використаємо один з апаратних методів. Найпростішим і найбільш часто використовуваним підходом є RC коло. Для цього методу потрібні лише резистор і конденсатор, підключені паралельно комутатору. RC-коло згладжує переходи перемикачів, забезпечуючи сталу часу, яка фільтрує ефект брязкоту. Схема включення кнопки перезавантаження з RC-колом зображена на рис 4.6.

					ІКАТ.480 007.008-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

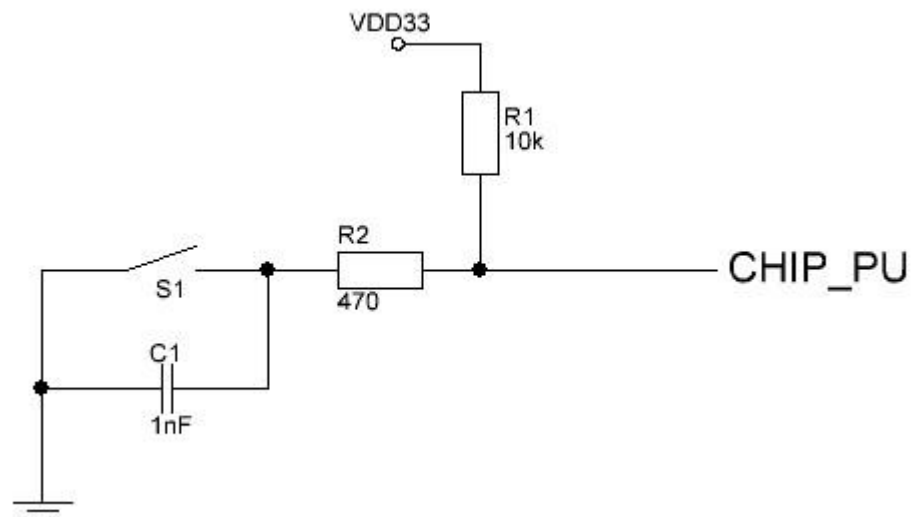


Рисунок 4.6 – Схема включення кнопки перезавантаження

Додамо світлодіод для індикації робочого стану приладу. Колір світло діода оберемо зелений для візуального розпізнавання. Струм живлення для зеленого світло діода $I_{ж} = 20\text{mA}$ і $V_{\text{світіння}} = 2,5\text{V}$. Розрахуємо опір струмообмежуючого резистора:

$$R = \frac{V_{\text{живлення}} - V_{\text{світіння}}}{I_{ж}} = \frac{3,3\text{V} - 2,5\text{V}}{20\text{mA}} = 40\text{ Ом}$$

З номінального ряду резисторів E24 найближче значення 39 Ом. Схема включення світлодіода зображена на рис 4.7.

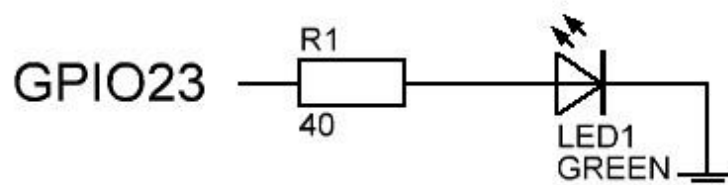


Рисунок 4.7 – Схема включення світло діода

Так як зовнішній модуль буде житись від аккумулятора додамо в його схему стабілізатор напруги. Також стабілізатор використовується в перетворювачах напруги, який буде використаний для живлення базової станції. Батареї можуть мати різні рівні напруги залежно від стану заряду та

умов навантаження. Регулятор напруги гарантує, що вихідна напруга залишається стабільною та в межах бажаного діапазону, навіть якщо напруга акумулятора коливається. Ця стабільність важлива для належного функціонування електронних компонентів, які часто мають особливі вимоги до напруги. Деякі електронні компоненти, такі як мікроконтролери, датчики та інтегральні схеми, мають обмеження по напрузі та можуть бути чутливими до коливань напруги або вищої напруги. Регулятор напруги захищає ці компоненти, забезпечуючи стабільну та регульовану напругу, запобігаючи потенційному пошкодженню або несправності. Регулятори напруги можуть покращити енергоефективність, перетворюючи вищу напругу батареї на стабільно нижчу напругу, необхідну для компонентів. Це зменшує витрати електроенергії та подовжує термін служби батареї, дозволяючи пристрою працювати довше, не вимагаючи часткої заміни або перезарядки батареї. Регулятори напруги часто включають вхідні та вихідні конденсатори, які допомагають відфільтрувати високочастотний шум і стабілізувати подачу напруги. Для нашої схеми використаємо стабілізатор ASM1117-3.3. Згідно даташиту рекомендовані номінали вхідного і вихідного конденсаторів 10мкФ та 22мкФ відповідно [9]. Схема включення стабілізатора напруги представлена на рис. 4.8.

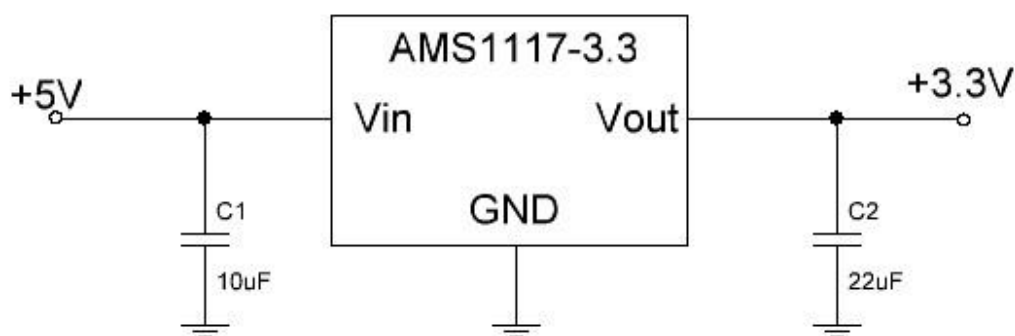


Рисунок 4.8 – Схема включення стабілізатора напруги

РОЗДІЛ 5

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

5.1 Вибір матеріалів заготівель та друкованої плати

При виготовленні конструкцій радіоелектронної апаратури широко використовують друковані плати. Плати забезпечують платформу для створення та підтримки електричних з'єднань між різними електронними компонентами. Провідні доріжки на друкованій платі забезпечують потік електричного струму, забезпечуючи передачу сигналів і живлення між компонентами. Печатні плати дозволяють компактно та організовано розмістити електронні компоненти. Припаявши компоненти до друкованої плати та провівши необхідні з'єднання, можна значно зменшити загальний розмір електронного пристрою, що зробить його більш компактным і портативним. Плати створюються за допомогою програмного забезпечення автоматизованого проектування (CAD) і можуть масово вироблятися за допомогою автоматизованих виробничих процесів. Це допомагає зменшити витрати на виробництво та забезпечити стандартизовану якість. Плати полегшують ремонт і обслуговування електронних пристроїв. Коли несправний компонент потрібно замінити, його можна легко відпаяти від друкованої плати та припаяти новий. Це робить пошук несправностей і заміну компонентів більш зручними та економічно ефективними.

В залежності від кількості провідних шарів, друковані плати можна поділити на односторонні, двосторонні та багатошарові. Одностороння друкована плата складається лише з одного шару міді з одного боку ізоляційної підкладки. Компоненти припаяні з одного боку, а інша сторона зазвичай використовується для маршрутизації. двостороння друкована плата має мідні шари з обох боків ізоляційної підкладки. Доріжки можна прокладати з обох сторін, що дозволяє створювати більш складні схеми в порівнянні з одношаровими друкованими платами. Компоненти можна монтувати з будь-якої сторони або комбінувати обидві сторони. Багатошарова друкована плата має три або більше мідних шарів,

					<i>IKAT.480 007.008-ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розташованих між ізоляційними шарами. Ці шари з'єднані між собою за допомогою отворів, які є пластинчастими отворами, які забезпечують електричне з'єднання між різними шарами.

Основними параметрами електроізоляційних матеріалів є:

- Абсолютна діелектрична проникність — величина, що характеризує властивості діелектрика поляризуватися в електричному полі. Вона рівна відношенню модуля поляризованості до модуля напруженості електричного поля.

- Відносна діелектрична проникність — відношення абсолютної діелектричної проникності до електричної постійної ($8,854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м). Вона також рівна відношенню ємності конденсатора з даним діелектриком до ємності аналогічного конденсатора, діелектриком якого є вакуум.

- Тангенс кута діелектричних втрат $tg\delta$ характеризує питому втрату енергії в діелектрику, що знаходиться в електричному полі, і рівний відношенню густин змінного струму провідності і струму зміщення. Чим більший $tg\delta$, тим більше нагрівається діелектрик в електричному полі заданої частоти та напруженості.

- Електрична міцність діелектрика — мінімальна напруженість однорідного електричного поля, що призводить до пробою діелектрика.

- Електропровідність діелектрика характеризується питомим об'ємним ρ та питомим поверхневим ρ_s опором. Питомий об'ємний опір — величина, що рівна відношенню модуля напруженості електричного поля до модуля густини струму. Значення ρ діелектриків знаходиться в межах від 10^6 Ом·м (для дерева, або цементу) до 10^{16} Ом·м (для фторопласта, полістиролу, кварцу та інших).

- Нагрівостійкість — здатність діелектрика витримувати дію підвищеної температури з часом, що порівнюється з часом нормальної експлуатації, без неприпустимого погіршення його властивостей.

З багатьох типів діелектриків у виготовленні друкованих плат

					IKAT.480 007.008-ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуються матеріали, характеристики яких привдені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Матеріал	Марка	Товщина		Область використання
		Фольги мкм	Матеріалу з фольгою, мм	
Гетинакс фольгований	ГФ-1-35	35	1,5; 2,0 ;2,5; 3,0	Односторонні та двосторонні друковані плати
	ГФ-2-35			
	ГФ-1-50	50	1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	
ГФ-2-50				
Склотекстоліт фольгований	СФ-1-35	35	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	Односторонні та двосторонні друковані плати
	СФ-2-35			
	СФ-1-50	50	0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	
СФ-2-50				
Склотекстоліт фольгований травищений	ФТС-1-20А	20	0,8; 0,15; 0,18; 0,27; 0,50	Багатошарові та гнучкі друковані плати
	ФТС-2-20А			
	ФТС-1-35А	35	0,10;0,12;0,19; 0,14; 0,23;0,50	
	ФТС-2-35А			
Склотекстоліт теплостійкий фольгований	СТФ-1	35	0,13;0,15;0,20; 0,25;0,35;0,5; 0,8;1,0;1,5;2,0; 2,5;3,0	Двосторонні, багатошарові та гнучки друковані плати
	СТФ-2			
Склотекстоліт	СТЕФ-1-2ЛК	—	1,0; 1,5	Двосторонні друковані плати, виготовленні напівадетивним методом
Склотканина прокладочна	СПТ-3	—	0,025; 0,060	Багатошарові плати

Як видно з таблиці 5.1 для односторонньої друкованої плати нам підходить фольгований гетинакс та фольгований склотекстоліт. Ми обираємо фольгований склотекстоліт марки СФ-1-35 з товщиною фольги 35 мкм. Він

має кращі механічні властивості також кращі показники діелектричної проникності.

5.2 Розрахунок параметрів друкованої плати базової станції

Усі елементи електричної принципової схеми розміщено на односторонній друкованій платі.

Розміри плати визначаються виходячи з установочних розмірів елементів, які закріплюються на платі, і з урахуванням заданого коефіцієнта заповнення. Тип кількість і розміри елементів які закріплюються на платі зведено в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2

Найменування	Тип	Розміри		Площа елемента S_i	Кількість, шт.	Сумарна площа S_{Σ} , мм ²
		а, мм	в, мм			
Мікроконтролер	ESP32	25.5	18	459	1	459
Стабілізатор	ASM1117	6.5	7	45,5	1	45,5
Резистори	SMD 0402	1.6	0.8	1,28	4	5,12
Конденсатори	SMD 1206	1	0.5	0,5	2	1
Конденсатор елетролітичний		Ø4.4		15,2	2	30,4
Світлодіоди		Ø5.8		26,42	1	26,42
Кнопка тактова		6	3,5	21	1	21
Датчик	DHT11	12,5	6	75	1	75
Всього					13	663,44

Площа плати підраховується з урахуванням коефіцієнту заповнення, який приймається $K_3=0,5 \dots 0,8$.

Тоді загальна площа друкованої плати:

$$S_{\partial n} = \frac{S_{\Sigma}}{K_3}$$

де $S_{\partial n}$ – площа друкованої плати;

S_{Σ} – сумарна площа, яку займають електрорадіоелементи, що встановлені на платі;

K_3 – коефіцієнт заповнення.

Розрахунок загальної площі друкованої плати за формулою (4.1):

$$S_{\partial n} = \frac{S_{\Sigma}}{K_3} = \frac{663,44}{0,5} = 1326,88$$

Проте для зручного розміщення елементів на ДП потрібно взяти розміри у півтора рази більше, так як мікроконтролер має велику кількість виводів, і для зручного розміщення, потрібно більше місця.

Друковані плати зазвичай мають прямокутну форму. Розміри однієї із сторін рекомендується обирати з наступного ряду: 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240 мм. Оберемо одну із сторін рівною 50 мм. При визначенні розміру другої сторони плати рекомендується обирати наступні співвідношення сторін: 1:1; 1:3; 2:3; 2:5. Оберемо співвідношення сторін 1:1.

Таким чином друкована плата матиме розміри:

$$50 \cdot 50 = 2500 \text{ мм}^2$$

Плата виготовляється з фольгованого текстоліту марки СФ з товщиною фольги $t = 35 \text{ мкм}$ і відповідає другому класу точності. Відповідно допустима густина струму в провідниках плати $j_{\partial n} = 15 \text{ А/мм}^2$, питомий опір провідників плати $\rho = 0,05 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$.

5.3 Розрахунок параметрів друкованої плати зовнішнього модуля

Усі елементи електричної принципової схеми розміщено на односторонній друкованій платі.

					ІКАТ.480 007.008-ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміри плати визначаються виходячи з установочних розмірів елементів, які закріплюються на платі, і з урахуванням заданого коефіцієнта заповнення. Тип кількість і розміри елементів які закріплюються на платі зведено в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3

Найменування	Тип	Розміри		Площа елемента S_i	Кількість, шт.	Сумарна площа S_{Σ} , мм ²
		а, мм	в, мм			
Мікроконтролер	ESP32	25.5	18	459	1	459
Стабілізатор	ASM1117	6.5	7	45,5	1	45,5
Резистори	SMD 0402	1.6	0.8	1,28	3	3,84
Конденсатори	SMD 1206	1	0.5	0,5	1	0,5
Конденсатор елетролітичний		Ø4.4		15,2	2	30,4
Світлодіоди		Ø5.8		26,42	1	26,42
Кнопка тактова		6	3,5	21	1	21
Датчик	DHT11	15	12	180	1	180
Всього					13	766,66

Площа плати підраховується з урахуванням коефіцієнту заповнення, який приймається $K_3=0,5...0,8$.

Тоді загальна площа друкованої плати:

$$S_{\text{дп}} = \frac{S_{\Sigma}}{K_3}$$

де $S_{\text{дп}}$ – площа друкованої плати;

S_{Σ} – сумарна площа, яку займають електрорадіоеlementи, що встановлені на платі;

K_3 – коефіцієнт заповнення.

Розрахунок загальної площі друкованої плати за формулою (4.1):

$$S_{\partial n} = \frac{S_{\Sigma}}{K_3} = \frac{766,66}{0,5} = 1533,32$$

Проте для зручного розміщення елементів на ДП потрібно взяти розміри у півтора рази більше, так як мікроконтролер має велику кількість виводів, і для зручного розміщення, потрібно більше місця.

Друковані плати зазвичай мають прямокутну форму. Розміри однієї із сторін рекомендується обирати з наступного ряду: 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240 мм. Оберемо одну із сторін рівною 50 мм. При визначенні розміру другої сторони плати рекомендується обирати наступні співвідношення сторін: 1:1; 1:3; 2:3; 2:5. Оберемо співвідношення сторін 1:1.

Таким чином друкована плата матиме розміри:

$$50 \cdot 50 = 2500 \text{ мм}^2$$

Плата виготовляється також з фольгованого текстоліту марки СФ з товщиною фольги $t = 35 \text{ мкм}$ і відповідає другому класу точності. Відповідно розрахунки

5.4 Розрахунок діаметра контактних площадок

Мінімальний діаметр контактної площадки визначають з умови збереження цілісності контактної площадки (відсутність розриву) при сверлінні плат. При цьому враховують явища підтравлювання провідного шару, похибки відносного розташування отворів і контактної площадки.

Розрахунок мінімального діаметру контактних площадок для двохсторонньої друкованої плати яка виготовляється електрохімічним методом при фотохімічному способі отримання рисунка проводиться за наступною формулою:

					IKAT.480 007.008-ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{min} = D_{1min} + 1,5 \cdot h_{nm} + h_p$$

де D_{1min} – мінімальний ефективний діаметр контактної площадки:

$$D_{1min} = 2 \cdot (b_m + d_{max}/2 + \delta_{отв} + \delta_{кп})$$

де d_{max} – максимальний діаметр просверленого отвору, мм;

$\delta_{отв}$ – похибка розташування отвору, мм;

$\delta_{кп}$ – похибка розташування контактної площадки, мм;

b_m – відстань від краю контактної площадки, мм.

$$D_{1min} = 2 \cdot (0,035 + 0,6/2 + 0,1 + 0,12) = 1,11$$

в свою чергу, похибка розташування контактної площадки:

$$\delta_{кп} = \delta_u + \delta_e + \frac{\delta_n + \delta_s}{2}$$

Похибка розташування контактної площадки за формулою:

$$\delta_{кп} = 0,05 + 0,03 + \frac{0,05 + 0,03}{2} = 0,12$$

Похибка положення отвору:

$$\delta_{отв} = \delta_o + \delta_{\phi}$$

Похибка положення отвору за формулою (5.8):

$$\delta_{отв} = 0,08 + 0,02 = 0,1$$

Максимальний діаметр просвердленого отвору:

$$d_{max} = d_{св} + \Delta d$$

Де $d_{св}$ – діаметр свердла, мм;

Δd – похибка діаметру отвору, мм.

$$d_{max} = 0,58 + 0,02 = 0,6$$

Розрахунок мінімального діаметру контактних площадок за формулою:

$$D_{min} = 1,11 + 1,5 \cdot 0,007 + 0,02 = 1,14$$

Розводка друкованої плати виконана в програмному забезпеченні DipTrace. Розводка плати базової станції зображена на рис. 5.1. Розводка плати зовнішнього модуля зображена на рис. 5.2.

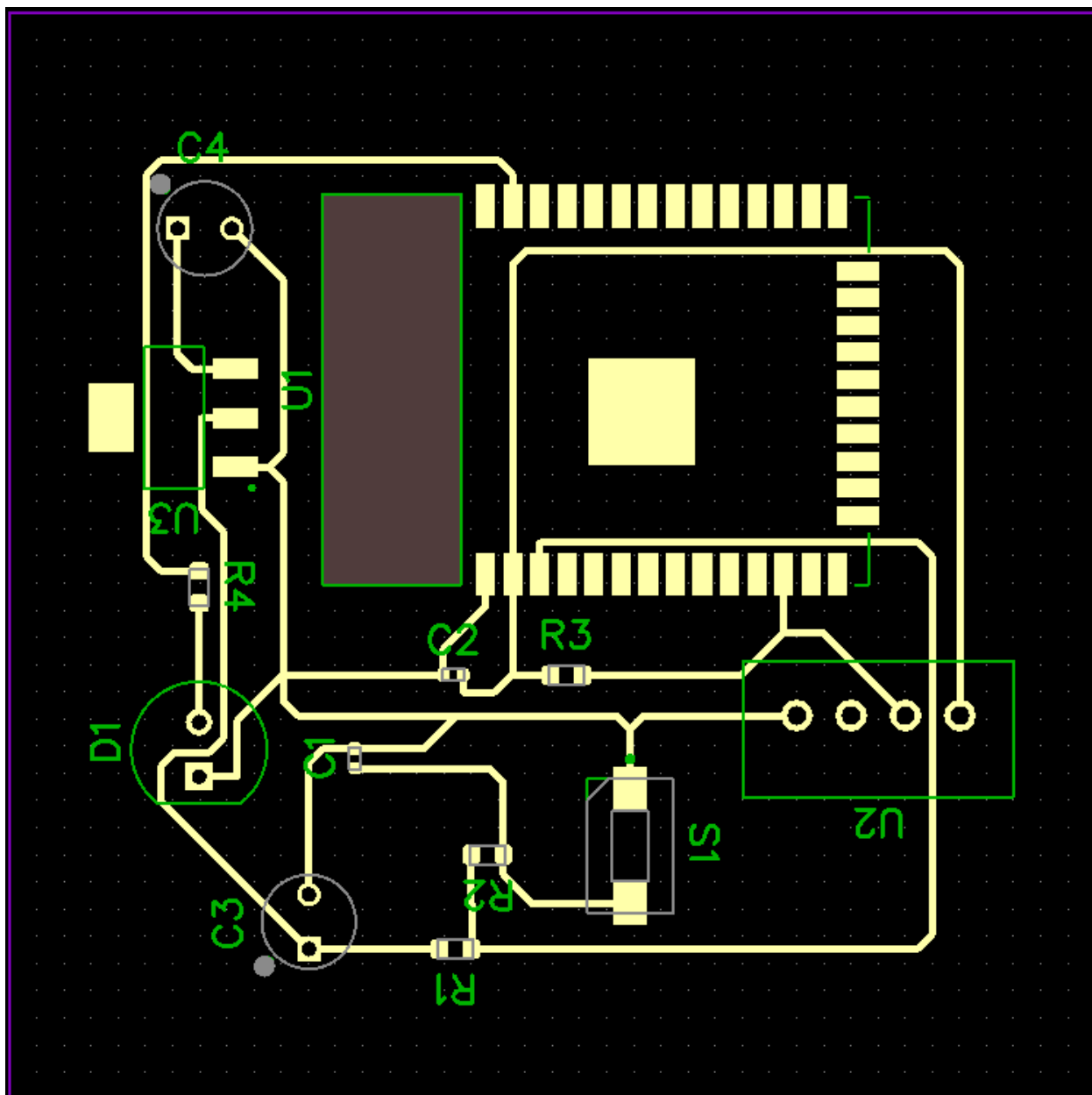


Рисунок 5.1 – Друкована плата базової станції

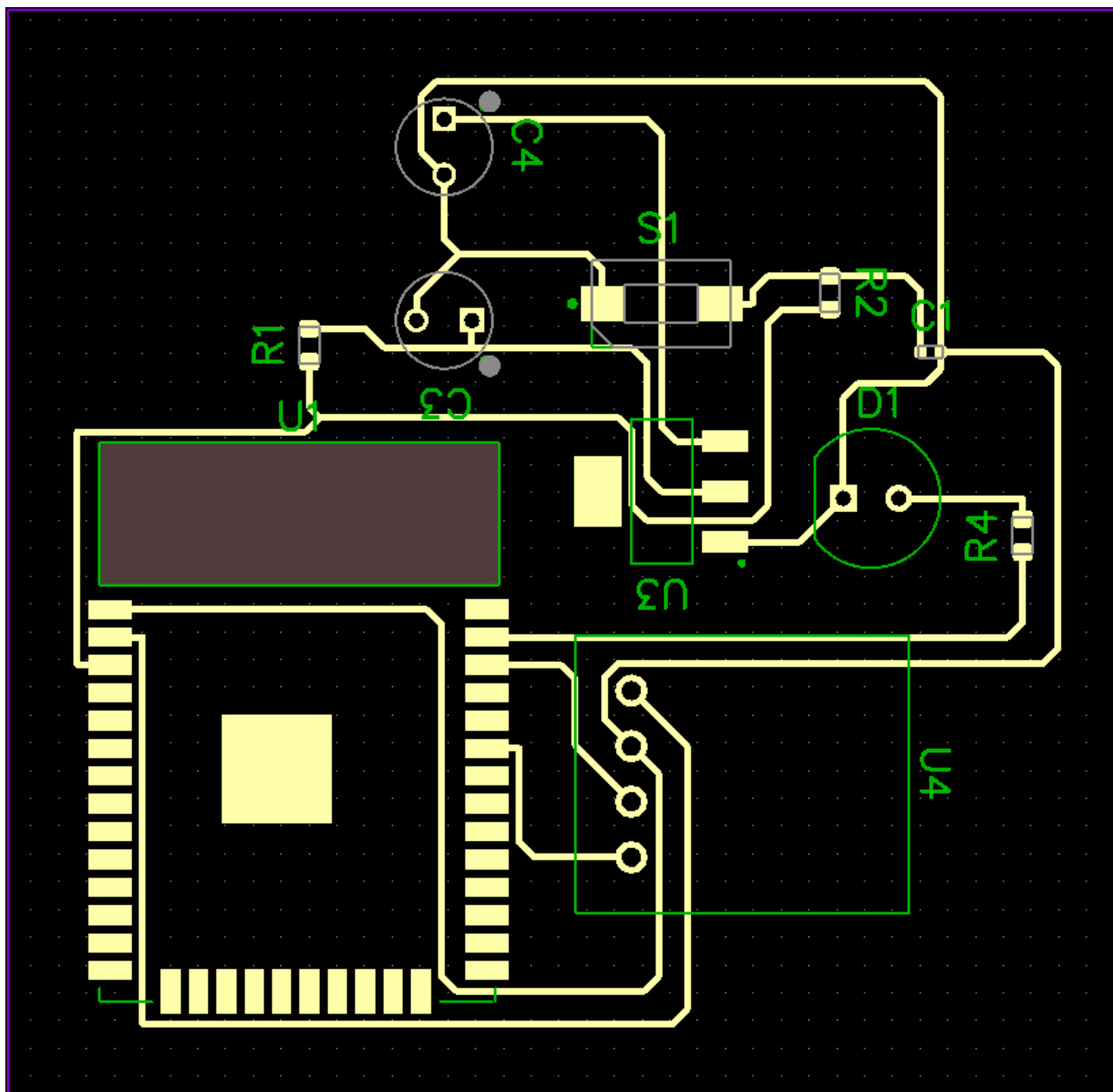


Рисунок 5.2 – Друкована плата зовнішнього модуля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IKAT.480 007.008-ПЗ

Арк.

39

ВИСНОВКИ

Результатом даного дипломного проекту, став пристрій який складається з 2 елементів: базова станція та зовнішній модуль.

Базова станція знаходиться в приміщенні та живиться від мережі змінного струму. Перетворювач напруги перетворює та зменшує рівень напруги до потрібного рівня в 3,3В. Базова станція виконує більшість функцій приладу. Вона отримує дані від зовнішнього датчика. Також збирає дані зі свого датчика. Всі зібрані дані відправляються на сервер для зберігання та відображення.

Внутрішній модуль встановлюється за межами приміщення переважно на стіну будівлі. Мікроконтролер також збирає показники з датчика та відправляє їх до базової станції. Мікроконтролер працює від аккумулятора тому він буде використовувати режим сну для енергозбереження після відправки показників. Так як передача даних потребує найбільше енергоресурсів аккумулятора дані будуть відправлятися з затримкою в 1-2 хвилини.

Було проведено вибір датчиків для контролю за температурою, вологістю та тиском. Для зовнішнього модуля було обрано точніші та надійніші датчики так як і умови зовні приміщення постійно змінюються.

Отже в результаті ми отримали метеостанцію яка складається з двох частин і надає нам інформацію про умови середовища зовні та всередині.

					ІКАТ.480 007.008-ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методи вимірювання температури – [Електронний ресурс] – URL: <https://www.omega.com/en-us/resources/temperature-hub>
2. Термопара - [Електронний ресурс] – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple>
3. Термометр опору - [Електронний ресурс] – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Resistance_thermometer
4. Що таке термістор - [Електронний ресурс] – URL: <https://www.pyrosales.com.au/blog/thermocouple-information/what-is-a-thermistor/>
5. Як працює інфрачервона камера - [Електронний ресурс] – URL: <https://www.fluke.com/en-us/learn/blog/thermal-imaging/how-infrared-cameras-work>
6. Методи вимірювання вологості - [Електронний ресурс] – URL: <https://www.electricalvolt.com/2022/12/humidity-measurement-devices/>
7. AVR архітектура - [Електронний ресурс] – URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/AVR>
8. ARM архітектура - [Електронний ресурс] – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ARM_\(%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/ARM_(%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0))
9. BME280 Datasheet - [Електронний ресурс] – URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132060/BOSCH/BME280.html>
10. DHT11 Datasheet - [Електронний ресурс] – URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1440068/ETC/DHT11.html>

11. AMS1117-3.3 Datasheet - [Електронний ресурс] – URL:

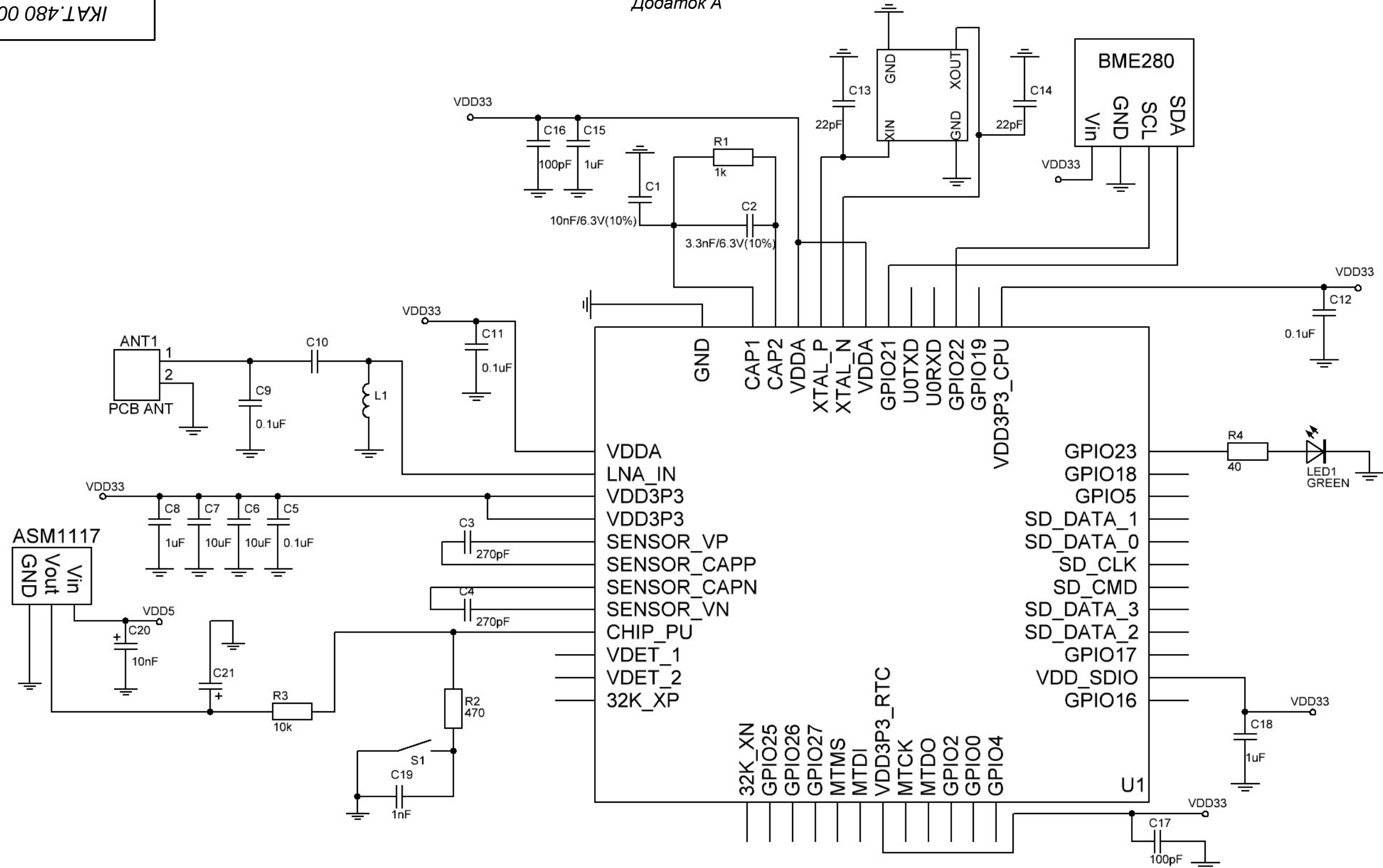
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/205691/ADMOS/AMS1117-3.3.html>

12. ESP32 Datasheet - [Електронний ресурс] – URL:

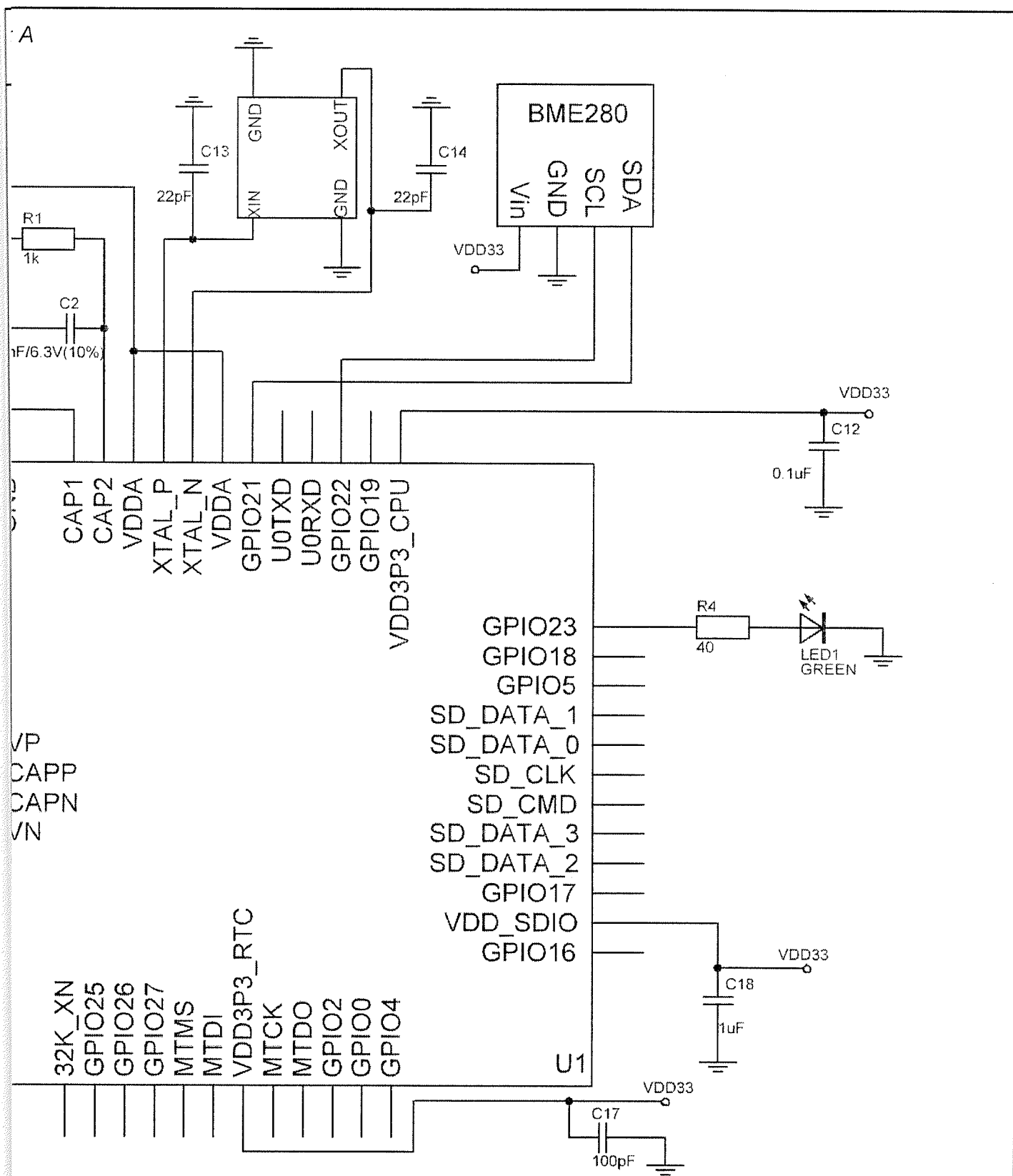
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1243003/ESPRESSIF/ESP32.html>

13. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1179101/ESPRESSIF/ESP-WROOM-32.html>

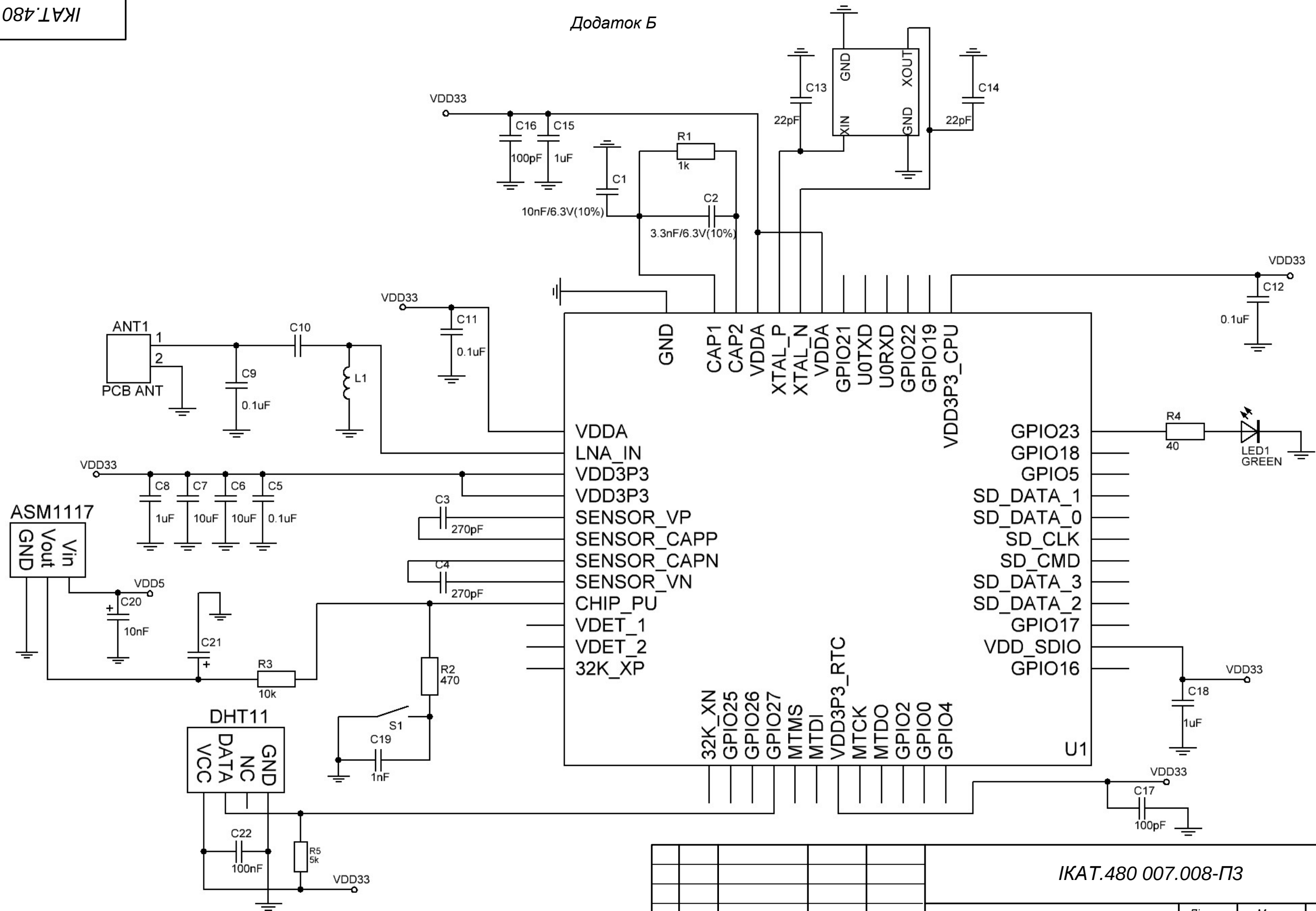
					<i>IKAT.480 007.008-ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



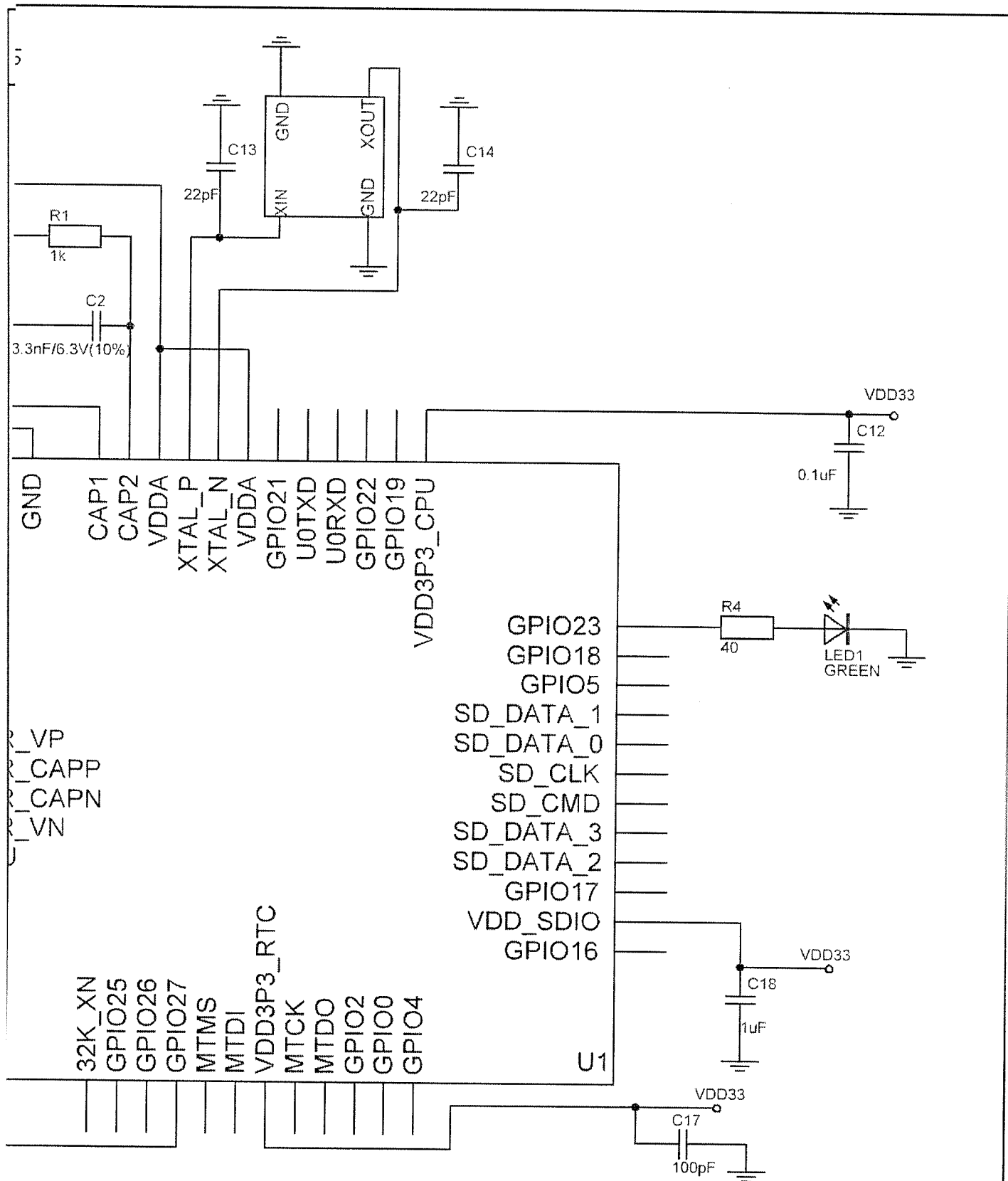
					IKAT.480 007.008-ПЗ							
					Розробка метеостанції з віддаленим моніторингом. Схема електрична принципова	Літера			Маса		Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.	Процюк Б.І.											
Перев.	Корніюк А.В.											
Т.контр.												
						Аркуш 43			Аркушів			
Н.контр.						Державний університет „Житомирська політехніка” гр.ТР-19-1, ФІКТ						
Затв.												



					IKAT.480 007.008-ПЗ						
					Розробка метеостанції з віддаленим моніторингом. Схема електрична принципова	Літера		Маса		Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Процюк Б.І.									
Перев.		Корніюк А.В.									
Т.контр.											
						Аркуш 43		Аркушів			
Н.контр.						Державний університет „Житомирська політехніка” гр.ТР-19-1, ФІКТ					
Затв.		Чухов В.В.									



					КАТ.480 007.008-ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка метеостанції з віддаленим моніторингом. Схема електрична принципова	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.	Процюк Б.І.							
Перев.	Корніюк А.В.							
Т.контр.						Аркуш 44	Аркушів	
						Державний університет „Житомирська політехніка” пр.ТР-19-1, ФІКТ		
Н.контр.								
Затв.								



ДОДАТОК В

```
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>
#include <DHT.h>

#define DHTPIN 27

DHT dht(DHTPIN, DHT11); //Инициация датчика

char ssid[] = "";
char pass[] = "";
const char* host = "URL";
float o_temp, o_hum, press, temp, hum;

typedef struct struct_message {
    float a;
    float b;
    float c;
} struct_message;

struct_message myData;

void OnDataRecv(const uint8_t * mac, const uint8_t
*incomingData, int len) {
    memcpy(&myData, incomingData, sizeof(myData));
    o_temp = myData.a;
    press = myData.b;
    o_hum = myData.c;
}
```

					IKAT.480 007.008 - ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

void setup(void) {
    dht.begin();
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    esp_now_init();

    WiFi.begin(ssid, pass);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
    }
}

void loop(void) {
    hum = dht.readHumidity();
    temp = dht.readTemperature();
    WiFiClient client;
    const int httpPort = 80;
    if (!client.connect(host, httpPort)) {
        return;
    }

    String url = "/input/";
    url += "&t1=";
    url += o_temp;
    url += "&h1=";
    url += o_hum;
    url += "&p=";

```

```

url += press;
url += "&t=";
url += temp;
url += "&h=";
url += hum;

client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
              "Host: " + host + "\r\n" +
              "Connection: close\r\n\r\n");

unsigned long timeout = millis();

while (client.available() == 0) {
    if (millis() - timeout > 5000) {
        Serial.println(">>> Client Timeout !");
        client.stop();
        return;
    }
}
delay(10000);
}

```

					IKAT.480 007.008 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

ДОДАТОК Г

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>

#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)
#define uS_TO_S_FACTOR 1000000
#define TIME_TO_SLEEP 60 /* Time ESP32 will go to sleep (in
seconds) */

Adafruit_BME280 bme;
esp_now_peer_info_t peerInfo;

float temp, hum, press;
//RECEIVER MAC Address
uint8_t broadcastAddress[] = { 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF,
0xFF };

typedef struct struct_message {
    float a;
    float b;
    float c;
} struct_message;

struct_message myData;

void setup(void) {
```

					<i>IKAT.480 007.008 - ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

Serial.begin(9600);
bme.begin(0x76);

WiFi.mode(WIFI_STA);
esp_now_init();

memcpy(peerInfo.peer_addr, broadcastAddress, 6);
peerInfo.channel = 0;
peerInfo.encrypt = false;

esp_now_add_peer(&peerInfo);
}

void loop(void) {
    esp_sleep_enable_timer_wakeup(TIME_TO_SLEEP *
uS_TO_S_FACTOR);
    myData.a = bme.readTemperature();
    myData.b = bme.readPressure() / 100.0F;
    myData.c = bme.readHumidity();
    esp_err_t result = esp_now_send(broadcastAddress, (uint8_t
*)&myData, sizeof(myData));

    if (result == ESP_OK) {
        esp_deep_sleep_start();
    }
}

```

					IKAT.480 007.008 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

