

Пристрій збору даних на базі ESP-32

Шифр «ESP-32»

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	
ВСТУП.....	4
1. Мікроконтролери.....	5
1.1. ESP-32.....	5
1.2. Переваги ESP-32.....	7
2. Огляд портів для під'єднання датчиків.....	9
3. Підсумок по огляду технічних рішень.....	11
4. Алгоритм роботи пристрою.....	12
5. Розробка схеми.....	16
5.1. Огляд компонентів.....	16
ВИСНОВКИ.....	24
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	25
Додаток А.....	27
Додаток Б.....	28
Додаток В.....	29

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

DMIPS (від Dhrystone MIPS) – синтетичний тест продуктивності комп'ютерів та мікроконтролерів.[1]

SMT – технологія виготовлення електронних пристроїв, в якій компоненти встановлюються безпосередньо на поверхню друкованої плати.[2]

Bluetooth – технологія бездротового радіо зв'язку між різноманітними типами електронних пристроїв.

Wi-Fi – технологія даних по радіоканалах за рахунок цифрових потоків.

DIN Connector – електричний з'єднувач.

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач.

MicroUSB – універсальна послідовна шина, призначена для з'єднання комп'ютерів і периферійних пристроїв.

ВСТУП

Сьогодні нас оточують значна кількість датчиків, вони є невід'ємною частиною нашого життя. Спектр їх використання різноманітний: починаючи від простих систем розумного будинку, датчиків руху та присутності для сигналізацій, та закінчуючи високоточним медичним обладнанням, приладами для аналізу живих організмів та довкілля.

Часто необхідно, щоб датчики працювали не окремо, а у парі або певній системі з іншими датчиками. Звісно, що сигнали з цих приладів потрібно обробляти. Тут можна побачити першу перешкоду – потрібен прилад, який буде збирати данні зі всіх датчиків та обробляти. Це забезпечить нам єдину систему та одне джерело істини, тобто інформації.

В залежності від типів датчиків, способу їх під'єднання та очікуваного результату необхідно створювати пристрій збору даних. Можна побачити, що більшість існуючих приладів мають погану масштабованість, залежать від виробника комплектуючих пристроїв та належать до вузького спектру використання.

Подібні пристрої збору даних можуть використовуватися у медицині, школах, лабораторіях, системах розумного будинку. Також це створює можливість проводити лабораторні заняття дистанційно.

Метою даної роботи є розробка пристрою збору даних, який буде підходити для багатьох задач, легко масштабуватися та розширюватися, мати можливість перепрограмування, володіти можливістю передачі інформації за допомогою Wi-Fi.

1. Мікроконтролери

Мікроконтролер (англ. microcontroller), або однокристальна мікроЕОМ — виконана у вигляді мікросхеми спеціалізована мікропроцесорна система, що включає мікропроцесор, блоки пам'яті для збереження коду програм і даних, порти вводу-виводу і блоки зі спеціальними функціями (лічильники, компаратори, АЦП та інші). [3]

Використовується для керування електронними пристроями. По суті, це — однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання. Використання однієї мікросхеми значно знижує розміри, енергоспоживання і вартість пристроїв, побудованих на базі мікроконтролерів.

Мікроконтролери можна зустріти в багатьох сучасних приладах, таких як телефони, пральні машини, вони відповідають за роботу двигунів і систем гальмування сучасних автомобілів, з їх допомогою створюються системи контролю і системи збору інформації. Більшість процесорів, що випускаються у світі — мікроконтролери.

1.1. ESP-32

ESP32 – серія недорогих мікроконтролерів із низьким енерговживання. Представляють єдину систему на кристалі з інтегрованим Wi-Fi та Bluetooth контролерами та антеннами. У серії ESP32 використовується мікроконтролерне ядро Tensilica Xtensa LX6 у варіантах з двома та одним ядром.

У систему інтегрований радіочастотний тракт: балун (симетричний трансформатор), вбудовані антенні комутатори, радіочастотні компоненти,

малощумний підсилювач, потужність потужності, фільтри та модулі управління питаням. ESP32 створив і розробив компанію Espressif Systems, китайська компанія, розташована в Шанхаї, і виробляє компанію TSMC по техніці 40 нм.[4]

ESP32 володіє доволі широкими технічними характеристиками. Основні с них наведені нижче. [5]

Технічні характеристики ESP32:

Процесор:

Xtensa двоядерний 32-розрядний LX6 мікропроцесор, що працює на 160 або 240 МГц і виконує до 600 DMIPS.

Пам'ять: 520 Кб пам'яті SRAM

Бездротовий зв'язок:

Wi-Fi: 802.11 b/g/N

Bluetooth: B4.2 BR/EDR і BLE

Периферійні інтерфейси:

12-розрядний АЦП до 18 каналів

2 × 8-біт Цапи

4 × CBO

2 × i2s для інтерфейсів

2 × I2C інтерфейси

3 × UART

SDIO/SPI підпорядкований контролер

1.2. Переваги ESP-32

ESP-32 має значну перевагу над аналогами не тільки через низьку ціну та низьке енерговживання. Головною особливістю є те, що на базі цього мікроконтролера існують модульні SMT плати. Це дозволяє нам створювати прототипи, макети майбутнього пристрою на базі цього мікроконтролера без необхідності створення самої плати. Це значно покращує якість виробництва та підготовчий етап. Завдяки цьому ESP-32 набула великої популярності у світі. Більш того, це дало можливість використовувати цей мікроконтролер з метою навчання.

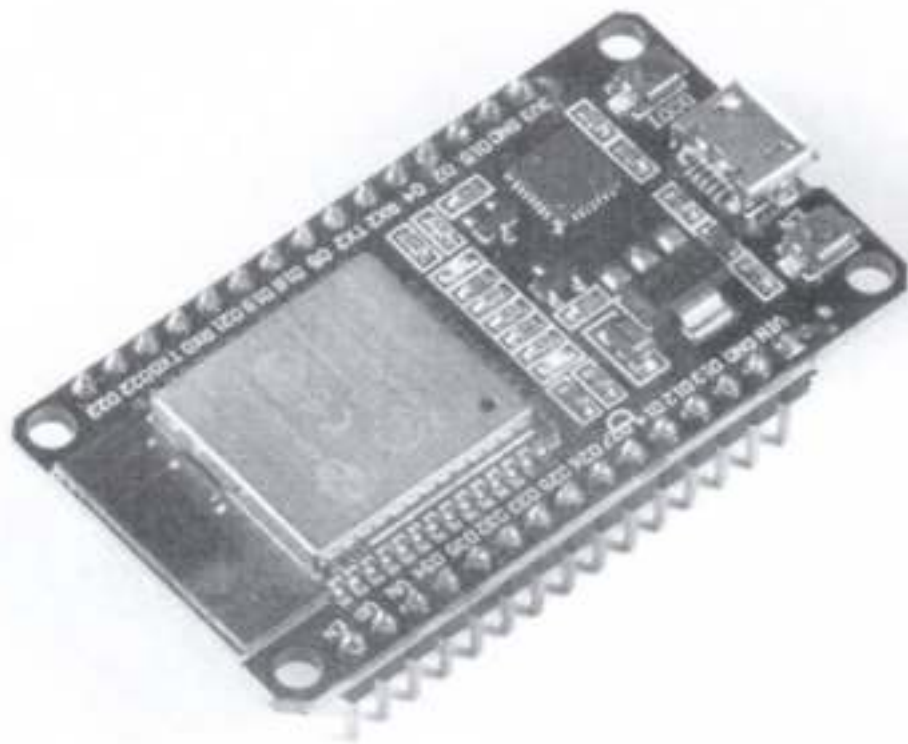


Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд плати ESP32 Espressif ESP-WROOM-32.

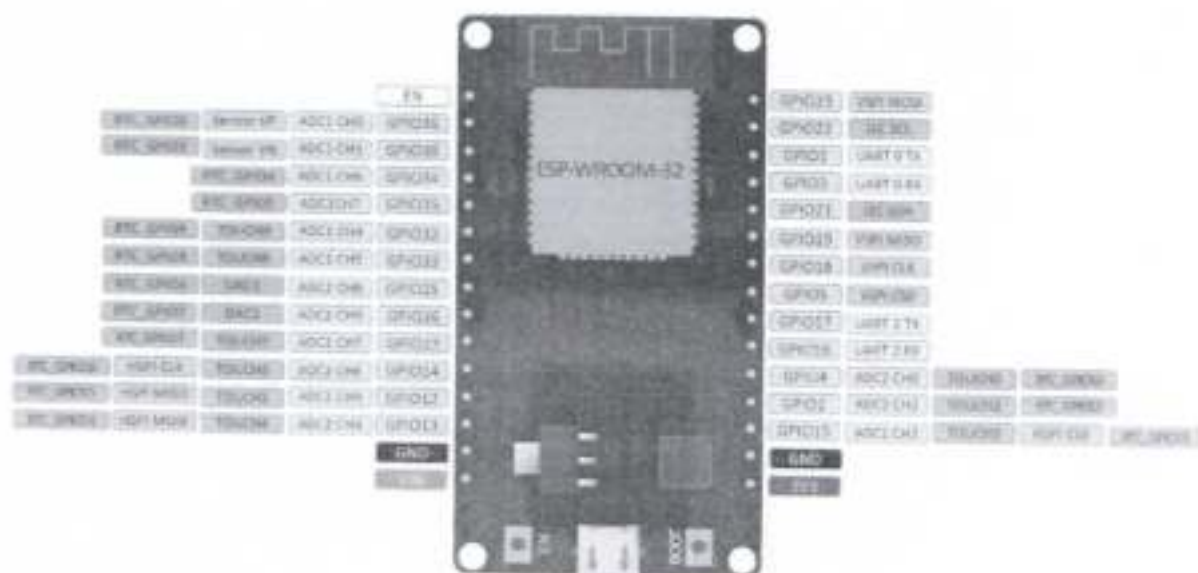
Модулі SMT-плати на базі ESP32 містять ESP32 SoC і передбачили для легкої інтеграції в інші плати. Вимірювані інвертовані F-антени конструкції використовуються для трасировки антенних друкованих плат на модулях.

перекладених нижче. Окрім флеш пам'яті, деякі модулі включають псевдостатичну оперативну пам'ять (pSRAM).

Однією з таких SMT плат є ESP-32 Espressif ESP-WROOM-32. Ця плата включає у себе безпосередньо сам мікроконтролер ESP32, Micro-USB, кнопку перезавантаження мікроконтролера, світлодіоди, а також 30 портів, серед яких є живлення 3.3В, заземлення, цифрові та аналогові порти. Зображення самої плати наведено на рисунку №4.1, а позначення всіх портів в на Рис. 4.2.[6]

ESP32 DEVKIT V1 – DOIT

версія с 30 GPIO-контактами



Важливим фактором обору цієї плати було те, що в ній наявні певні елементи, управління, які не потрібно встановлювати додатково. Також, оскільки ESP32 Espressif ESP-WROOM-32 на сьогоднішній день досить популярна, більшість користувачі пристрою збору даних на основі цієї плати буде зрозуміло, яким чином їм потрібно взаємодіяти з пристроєм, оскільки дана плата включає у себе деякі кнопки у якості елементів управління та світлодіоди у якості індикаторів для відображення певних режимів роботи. Це значно покращує сприйняття людиною та налагоджує взаємодію з пристроєм.

2. Огляд портів для під'єднання датчиків.

Для створення пристрою збору даних важливим фактором є обраний порт (роз'єм), який використовується для під'єднання датчиків та сенсорів. Але при виборі роз'єму потрібно враховувати функціонал роз'єму, інтерфейс передачі даних, все це впливає на типи датчиків, які у майбутньому будуть використовуватися к пристроєм. Це залежить від типу пристрою, з якою метою він використовується та який саме алгоритм роботи.

Більшість пристроїв, про які йшла мова у попередніх розділах, використовують порти для датчиків серії DIN Connectors та MiniDin. Це обумовлено тим, що даний роз'єм дозволяє використовувати складні передачі даних в обидві сторони. Використання DIN Connectors було і є досить популярним.[7]

Приблизно те ж саме спостерігалось в радянських комп'ютерах БК, де використовувалися чотири 5-контактні роз'єми DIN для магнітофона, чорно-білого відео, кольорового відео RGB і блоку живлення. Найбільш

розповсюджені порти наведені на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1. – Різні версії роз'ємів DIN в залежності від кількості контактів.

Для пристрою збору даних, розробку якого відображає ця робота, буде використовуватися більш сучасна версія DIN Connectors, а саме – MiniDin, який є зменшеною та більш компактною версією портів з серії DIN. MiniDin застосовується частіше у сучасних пристроях, в яких габарити відіграють значну роль.

Всі варіанти MiniDin наведені на рисунку 5.2:



MiniDIN-3 MiniDIN-4 MiniDIN-5 MiniDIN-6 MiniDIN-7 MiniDIN-8 MiniDIN-9

Рисунок 5.2. – Різні версії роз'ємів MiniDIN в залежності від кількості контактів.

За допомогою цього типу роз'ємів можливо реалізувати алгоритм роботи пристрою, який буде наведено у наступних розділах. Для передачі даних з датчиків буде використовуватися саме MiniDIN-8, оскільки його контактів достатньо для забезпечення всіх необхідних умов. [8]

3. Підсумок по огляду технічних рішень

Більшість задач можна вирішити створенням пристрою збору даних другого типу, що забезпечить низьку вартість готового виробу буде підходити для багатьох задач, легко масштабуватися та розширюватися, мати можливість перепрограмування, володіти можливістю передачі інформації за допомогою Wi-Fi.

За основу даного пристрою буде використовуватися мікроконтролер ESP-32, а саме плата на його основі – ESP32 Espressif ESP-WROOM-32. Це забезпечить наявність можливості для передачі інформації через Bluetooth та Wi-Fi, оскільки дані модулі вбудовані до цієї плати. Вона є досить розповсюдженою, що забезпечує майбутню актуальність пристрою.

Вартість ESP-WROOM-32 досить бюджетна, існує багато джерел інформації для роботи з нею, багато варіантів програмування на багатьох мовах та у декількох програмах. Також у світі існує багато виробників, що забезпечує незалежність від конкретної компанії та постачальника. [9]

Для передачі даних від датчиків до плати буде здійснено через роз'єм MiniDIN-8, який дозволяє здійснити всі необхідні умови для роботи пристрою, датчиків, їх живлення та передачі даних.

Інші технічні деталі залежать від алгоритму використання пристрою збору даних, адже від нього залежить вибір технічних рішень та допоміжних пристроїв, які будуть використовуватися для вирішення тих чи інших рішень.

4. Алгоритм роботи пристрою

Для реалізації пристрою збору даних необхідно розробити алгоритм роботи пристрою, адже від нього залежить подальша втілення ідеї роботи пристрою, розуміння сфер його застосування та можливості.

Основною ідеєю є не створення самої плати з мікроконтролером, а створення плати розширення для існуючої плати *ESP32 Espressif ESP-WROOM-32*. Таке рішення значно покращує процес розробки та програмування, зменшую ціну виробу, дозволяє простіше виявити проблему та відремонтувати при можливій поломці. Окрема плата зі всіма портами повинна під'єднуватися до SMT модуля, тобто слугувати певним провідним мостом між мікроконтролером та датчиками. Для кращого розуміння принципу роботи та прискорення процесу розробки цієї плати створено етапи, у описі якого можна наочно побачити всі деталі робочого процесу:

1. ESP32 Espressif ESP-WROOM-32 під'єднується до плати розширення. Разом вони формують пристрій збору даних. Це рішення можна обумовити наступними чинниками: зменшення ціни виробу, можливість заміни мікроконтролера, допустима реалізація розширення додатковими модулями.
2. До плати розширення підключаються датчики. Кожний роз'єм повинен бути універсальним для датчиків. Тобто, повинна бути можливість підключення у будь-якому порядку. Для під'єднання використовується порт MiniDIN-8, вибір якого є обумовлений та описаний у минулих розділах

3. Живлення датчиків повне здійснюватися через плату розширення. Завдяки порту MiniDIN-8 це можливо, адже даний роз'єм володіє необхідним портом для живлення.
4. Задача контролеру, на даному етапі, з'ясувати, який датчик був під'єднаний до кожного роз'єму. Це необхідно для подальшої коректної роботи пристрою, відображення побудованих таблиць та графіків отриманих сигналів на ПК. Для цього необхідно розробити метод розпізнавання датчиків. Найбільш доцільним є метод вимірювання опору кожного приладу, адже кожен прилад має своє індивідуальне значення опору. Для цього, в програму мікроконтролера заздалегідь внесена таблиця з опорамі кожного з приладів. Таблиця була створена безпосередньо окремо від даного приладу, виходячи з виміряних опорів.

Визначення опорів кожного датчика буде здійснюватися за допомогою так званих кодових резисторів. Пристрій збору даних подає напругу на пристрій, програмі заздалегідь відомі кодові резистори, які стоять у кожному пристрої. Відповідно, можна розрахувати струм з кожного пристрою, знаючи опір та напругу. Знання значень струмів з кожного датчику дає нам можливість розпізнати тип датчику, який під'єднаний до пристрою збору даних. Таким чином, визначивши опір під'єднаних датчиків та розпізнавши датчик, можна програмно побудувати графіки відповідних сигналів.

5. Побудова графіків сигналів з датчиків здійснюється на комп'ютері. На етапі розробки можлива побудова за допомогою програми Arduino IDE, у якій ми можемо написати код для ESP-32 та перепрограмувати при необхідності. Але це нам не дасть можливості будувати графіки одночасно з двох датчиків. Для реалізації цієї задачі необхідно створити власне

програмне забезпечення. У рамках цієї роботи буде розглянуто лише процес створення самого пристрою збору даних на основі ESP-32. Створення програмного забезпечення та роботи з пристроєм не входять у межі даного проекту.

6. За необхідності, у якості доповнення до пристрою, є можливість створити автономне джерело живлення. Це дає можливість використовувати пристрій збору даних дистанційно, за допомогою Wi-Fi. Дана ідея також не буде реалізована у рамках цього дипломного проекту, оскільки вимагає значних часових витрат на створення акумулятора для автономної роботи, додаткових затрат на налагодження пристрою під передачу інформації за допомогою Wi-Fi. Потенційно така можливість є, причому її можливо реалізувати як доповнення до пристрою, тому у рамках даного проекту вона також реалізована не буде.

Таким чином, існує певна модель для роботи даного пристрою. Візуальна реалізація самого алгоритму наведена на рисунку 7.1.

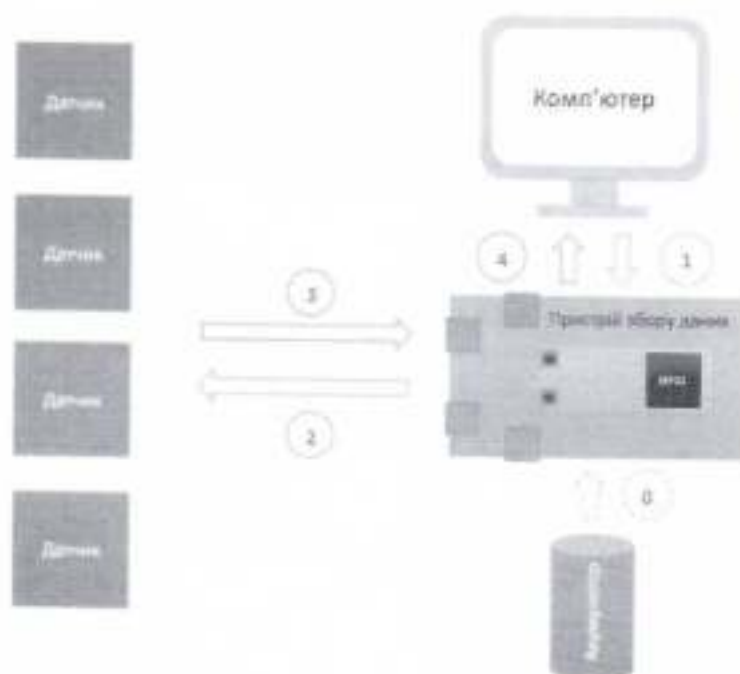


Рисунок 7.1. – Алгоритм роботи пристрою збору даних

Можна виділити та детально розглянути наступні етапи роботи пристрою, які зображені на рисунку 7.1:

0. Даний етап є опціональним та залежить від режиму роботи пристрою та способу передачі інформацію. Якщо інформація на комп'ютер передається за допомогою Wi-Fi і пристрій не під'єднаний до комп'ютера – необхідно використовувати акумулятор.
1. Перший етап передбачає під'єднання пристрою збору даних до комп'ютера, запуску необхідного програмного забезпечення, вибору режиму роботи пристрою.
2. На даному етапі відбувається під'єднання датчиків та їх живлення за допомогою пристрою збору даних.
3. Датчики передають інформацію на плату. За допомогою кодових резисторів, які встановлену у датчики, плата отримує сигнал та інформацію про те, який саме це датчик. Це необхідно для подальшого коректного відображення прийнятих сигналів.
4. На цьому етапі вся необхідна інформація, тобто прийняті сигнали та тип датчика, передаються на комп'ютер для подальшої обробки та відображення у вигляді графіків або таблиць. В залежності від типу під'єднання можна передавати інформацію за допомогою Wi-Fi або MicroUSB. Після передачі інформації на комп'ютер відбувається подальша обробка, але це стосуються алгоритму роботи самої програми.

На даному етапі розробки цей алгоритм вдало описує основний принцип роботи пристрою. Оскільки мета даної роботи – розробка основної схеми для передачі сигналів, можливо були пропущені деталі на наступних етапах роботи. Проте, при подальшому процесі розробки пристрою цей алгоритм буде вдосконалено та розроблено більше детально.

5. Розробка схеми

Етап розробки схеми включає у себе вибір всіх необхідних мікросхем, та компонентів. Для правильної роботи пристрою потрібно використовувати додаткові компоненти електроніки, такі як стабілізатори напруги, перетворювач напруги, перетворювачі постійного струму, операційні підсилювачі, аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП) та інші.

У даному розділі будуть розглянуті всі мікросхеми та компоненти, які були використані при розробці схеми.

5.1. Огляд компонентів

У якості регулятора напруги буде використовуватися мікросхема LM217L. Вона розроблена для подачі струму навантаження до 100 мА з вихідною напругою, регульованою в діапазоні від 1,2 до 37 В. Номінальна вихідна напруга вибирається за допомогою лише резистивного дільника, що робить пристрій надзвичайно простим у використанні. [10]

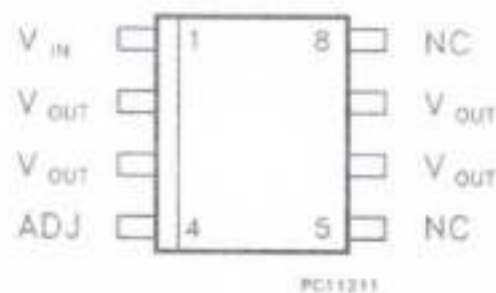


Рисунок 8.1. – Схематичне зображення мікросхеми LM217L

Особливості:

- Діапазон напруги на виході: від 1,2 до 37 В
- Вихідний струм: до 100 мА
- Тип регулювання лінії: 0,01%
- Тип регулювання навантаження: 0,1%
- Тепловий захист від перевантаження
- Захист від короткого замикання
- Компенсація безпечної зони переходу на виході
- Плаваюча операція для додатків високої напруги

Перетворювач напруги зарядного пристрою LM2660 – це універсальний нерегульований перетворювач конденсаторів або перетворювач напруги. Працюючи від напруги живлення від 1,5 В до 5,5 В, LM2660 використовує два недорогі конденсатори, щоб забезпечити 100 мА вихідного струму без витрат. Маючи робочий струм всього 120 мкА та ефективність роботи при більшій кількості на 90% при більшості навантажень, LM2660 забезпечує ідеальну продуктивність для систем з акумулятором. Пристрої LM2660 можуть працювати безпосередньо паралельно меншому вихідному опору, забезпечуючи тим самим більше струму при заданій напрузі. [11]

**SOIC (D) and VSSOP (DGK)
8 Pins
Top View**



Рисунок 8.2. – Схематичне зображення мікросхеми LM2660

Особливості:

- Інвертування або подвійна вхідна напруга живлення
- Типовий опір на виході: 6,5 Ом.
- Типова ефективність перетворення при 100 мА: 88%
- Вибір частоти генератора: 10 кГц / 80 кГц
- Необов'язковий зовнішній вхід генератора

Операційний підсилювач ОРА340 оптимізовано для роботи з низькою напругою. Швидка робота роблять їх ідеальними для керування вибіркою аналого-цифрових перетворювачів (А / D). Вони також добре підходять для загального призначення та аудіо-прикладних програм, а також забезпечують перетворення вводу / виводу на вихід цифро-аналогових перетворювачів (D / А). Одномісні, подвійні та чотирьох фазні версії мають однакові характеристики щодо гнучкості дизайну. [12]

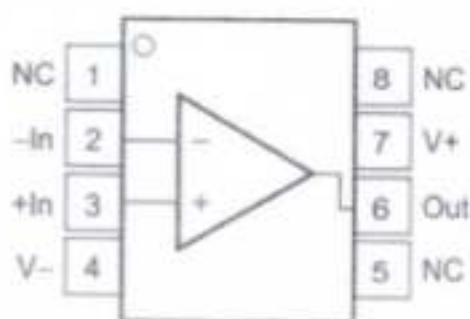


Рисунок 8.3. – Схематичне зображення мікросхеми ОРА340

Особливості:

- Широка смуга пропускання: 5,5 МГц
- Висока швидкість обертання: 6 В / мкс
- Низький THD + шум: 0,0007% ($f = 1$ кГц)
- Низький струм спокою: 750 мкА / канал

LT1615 – це перетворювач постійного та постійного струму в 5-провідному низькому профілі (1 мм). LT1615 призначений для систем підвищеної потужності з обмеженням струму 350 мА та діапазоном вхідної напруги від 1,2 до 15 В. Пристрій має струм спокою лише 20 мкА без навантаження, що додатково знижує до 0,5 мкА при відключенні. Поточна обмежена, фіксована поза часом керування схема зберігає робочий струм, що призводить до високої ефективності в широкому діапазоні струму навантаження. Перемикач 36 В дозволяє легко створювати виходи високої напруги до 34 В у простому підсилювачі без використання дорогих трансформаторів. Низький проміжок часу LT1615, що становить 400нс, дозволяє використовувати крихітні низькопрофільні індуктори та конденсатори, щоб мінімізувати слід і витрати в портативних додатках. [13]

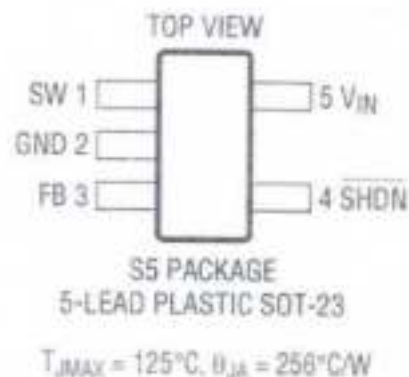


Рисунок 8.4. – Схематичне зображення мікросхеми LT1615

Особливості:

- Низький струм спокою: 20 мкА в активному режимі та <math><1\mu\text{A}</math> в режимі відключення
- Працює з V_{IN} на рівні від 1В
- Комутатор низького рівня V_{CESAT} : 250mV при 300mA
- Використовує невеликі компоненти поверхневого кріплення
- Висока вихідна напруга: до 34В

У якості АЦП буде використовуватися AD7927. AD7927 – це 12-бітний, високошвидкісний, малопотужний, 8-канальний, послідовний АЦП. Частина працює від єдиного блоку живлення від 2,7 В до 5,25 В і забезпечує пропускну здатність до 200 kSPS. Частина містить низький рівень шуму, широкосмуговий підсилювач відстеження, який може обробляти вхідні частоти понад 8 МГц.

[14]

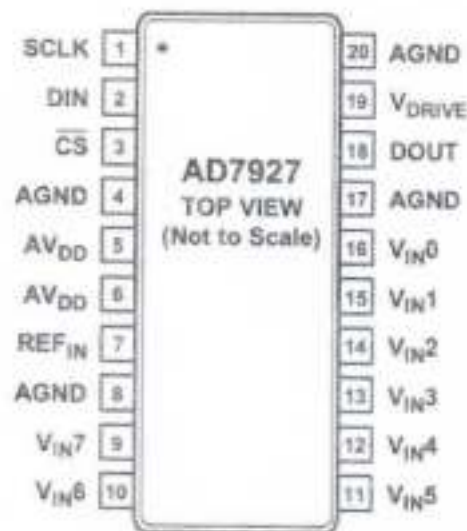


Рисунок 8.5. – Схематичне зображення мікросхеми AD7927

Особливості:

- Швидкість пропускну здатності: 200 kSPS
- Призначено для AVDD від 2,7 до 5,25 В
- Мала потужність
- Мінімальний 70 дБ SINAD на вхідній частоті 50 кГц
- Гнучкість управління потужністю / послідовними тактовими частотами
- Високошвидкісний послідовний інтерфейс SPI-, QSPITM-, MICROWIRETM-,
- DSP-сумісний
- Режим вимкнення: 0,5 мкА максимум 20-провідний TSSOP

ADR03-EP – це стабілізатор напруги в діапазоні 2,5 В, що відрізняється високою точністю, високою стабільністю та низьким споживанням енергії. ADR03-EP розміщений у крихітному 5-провідному пакеті SC70. Невеликий слід і широкий робочий діапазон роблять ADR03-EP посиланням ідеально підходящим для загального призначення та обмеженого простору. [15]

За допомогою зовнішнього буфера та простої резистивної мережі термінал TEMP можна використовувати для зондування та наближення температури. На пристроях передбачений термінал TRIM для тонкої настройки вихідної напруги.

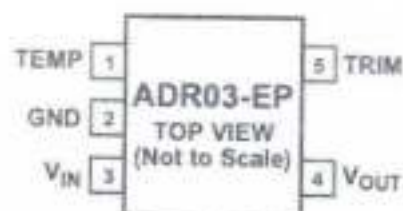


Рисунок 8.6. – Схематичне зображення мікросхеми ADR03-EP

Особливості:

- Компактний пакет SC70
- Коефіцієнт низької температури: 3 м.д. / °C
- Початкова точність: 0,2%
- Не потрібен зовнішній конденсатор
- Шум низької напруги: 6 мкВ р-р (0,1 Гц до 10,0 Гц) Широкий діапазон вхідної напруги: від 4,5 В до 15,0 В
- Струм високого вихідного навантаження: 10 мА

ESP32-WROOM – це потужний, загальний модуль, який орієнтований на широкий спектр програм. В основі цього модуля лежить чіп ESP32. Вбудований чіп розроблений таким чином, щоб бути масштабованим та

адаптивним. Є два ядра процесора, які можна керувати індивідуально, а тактова частота процесора регулюється від 80 МГц до 240 МГц. Користувач також може вимкнути центральний процесор та використовувати потужний спільний процесор для постійного контролю за периферійними пристроями на предмет змін або перетину порогів. ESP32 інтегрує багатий набір периферійних пристроїв, починаючи від ємнісних сенсорних сенсорів, датчиків Холла, інтерфейсу SD-карти, Ethernet, високошвидкісних SPI, UART, I2S та I2C. [16]



Рисунок 8.7. – Схематичне зображення портів ESP32-WROOM

Як було сказано раніше, у даному пристрою збору даних для передачі інформації с датчиків буде використовуватися роз'єм MiniDIN-8.

Схему ESP32-WROOM можна знайти у додатку.

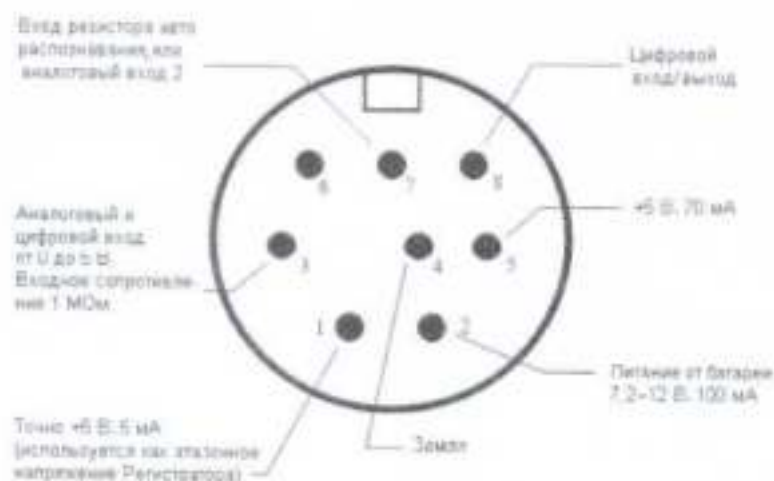


Рисунок 8. 8. – Призначення контактів MiniDIN-8.

На Рис. 8.8 наведений зовнішній вигляд MiniDIN-8, нумерація його портів та їх призначення.

У наступній таблиці наведені номінали кодових резисторів, які не мають прямого відношення до пристрою збору даних, але використовуються у датчиках для реалізації можливості розпізнавання.

Таблиця 8.1. – Номінали кодових резисторів датчиків.

Датчики	Опір, кОм	Максимальний опір, кОм	Мінімальний опір, кОм
1	372	384,1	360,9
2	410	424,8	396,5
3	455	472,9	437,8
4	508	530,9	486,6
5	573	601,9	544,8
6	653	691,1	615,6
7	754	806,5	703,4
8	888	961,9	814,6
9	1071	1183,0	959,2
10	1337	1524,4	1151,2

ВИСНОВКИ

Таким чином, використовуючи всі компоненти з минулого підрозділу, та деякі інші, які можна знайти у додатку, було створено схему пристрою збору даних на основі ESP-32.

Зображення схеми створеного пристрою збору даних можна побачити у додатку. По створеній схемі можна розвести та спроектувати відповідно сам пристрій. На етапах розводки можливо виникне необхідність замінити певні мікросхеми, за умови відсутності у продажі певної с мікросхем, але це не є значним негативним фактором, оскільки на сьогоднішній день не виникне ніяких проблем щодо підбору мікросхем з необхідними технічними характеристиками.

Принципова схема пристрою збору даних на базі ESP-32 знаходиться у додатку А. На ній відображені всі необхідні компоненти для роботи даного пристрою. Біль детальний опис та принципова схема ESP32 WROOM DevKit v1 знаходиться у додатку Б. На даній схемі відображені всі компоненти, які знаходяться у даній платі. Повний огляд всіх використаних компонентів під час розробки плати відображено у додатку В.

Створена схема є втіленням сучасних технологій, а отже зручного використання. Крім того, сама схема та алгоритм роботи відповідають стандартам роботи сучасних пристроїв збору даних.[17]

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Синтетичне тестування продуктивності комп'ютерів та мікроконтролерів.
Режим доступу до ресурсу:
<http://www.roylongbottom.org.uk/dhrystone%20results.htm>
2. *Dr. Lee, Ning-Cheng; Hance, Wanda B. (2015). "Voiding Mechanisms in SMT". Indium Corporation Tech Paper. Retrieved 2015-12-28.*
3. Формулювання мікроконтролеру та принципи роботи.
Режим доступу до ресурсу:
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/microcontroller>
4. ESP-32 від espressif, головна сторінка. Опис, моделі.
Режим доступу до ресурсу:
<https://www.espressif.com/en/products/soes/esp32/overview>
5. ESP-32 від espressif. Технічна документація характеристики.
Режим доступу до ресурсу:
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
6. Головний сайт компанії espressif. Опис проектів компанії.
Режим доступу до ресурсу: <https://www.espressif.com/en>
7. Огляд DIN роз'ємів.
Режим доступу до ресурсу: <https://www.electronics2000.co.uk/pin-out/dinon.php>
8. Огляд Mini DIN роз'ємів.
Режим доступу до ресурсу: <https://www.electronics2000.co.uk/pin-out/minidin.php>
9. Продукти компанії espressif.
Режим доступу до ресурсу: <https://www.espressif.com/en/company/about-us/what-we-do>

10. LM217L Low current 1.2 to 37 V adjustable voltage regulators [Електронний ресурс]: Datasheet / ST – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/lm217l.pdf>
11. LM2660 Switched Capacitor Voltage Converter [Електронний ресурс]: Datasheet / Texas Instruments. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2660.pdf?ts=1590584334058>
12. OPA340 Single-Supply, Rail-to-Rail Operational Amplifiers MicroAmplifier Series [Електронний ресурс]: Datasheet / Texas Instruments. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/opa340.pdf?ts=1590584416582>
13. LT1615 Micropower Step-Up DC/DC Converters in ThinSOT [Електронний ресурс]: Datasheet / Linear Technology. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/16151fas.pdf>
14. AD7927 8-Channel, 200 kSPS, 12-Bit ADC with Sequencer in 20-Lead TSSOP [Електронний ресурс]: Datasheet / Analog Devices. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD7927.pdf>
15. ADR03-EP Ultracompact, Precision 2.5 V Voltage Reference [Електронний ресурс]: Datasheet / Analog Devices. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/adr03-ep.pdf>
16. ESP32-WROOM ESP32 is a single 2.4 GHz Wi-Fi-and-Bluetooth combo chip [Електронний ресурс]: Datasheet / Espressif. – Електронні дані. – Режим™ доступу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf
17. <https://www.mccdaq.com/data-acquisition>

Поз. обозн.	Назва	Кіл.	Примітка		
<i>Мікросхеми</i>					
D1	LM2660	1	TI		
D2	LM317LD	1	TI		
D3	ADG1611	1	AD		
D4	ADR02	1	AD		
D5	OPA340	1	TI		
D6	LT1615	1	LT		
D7	AD7788	1	AD		
D8	AD7927	1	AD		
D9	ADR03	1	AD		
D10	ESP32-WROOM DevKit v1	1	ESP-32		
<i>Індуктивності</i>					
L1...L3	LOH43-4, 7мкГн ±5%	3	Murata		
<i>Резистори</i>					
R1...R8	0805-1КОм ±5%	8			
R9	0805-1.6КОм ±5%	1			
R10...R13	0805-12КОм ±5%	4			
R14	0805-4700м ±5%	1			
R15	0805-560КОм ±5%	1			
R16	0805-100КОм ±5%	1			
R17...R18	0805-2.2КОм ±5%	2			
R19...R22	0805-220м ±5%	4			
<i>Діоди</i>					
V1	MBR030	1	ON		
<i>Роз'єми</i>					
X1...X4	MD-80SM	1	MiniDIN		
<i>ЕДПЕ.ДП.ДП6121</i>					
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата	Лист
					2