МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

за освітньо-професійним рівнем «магістр»

«Комп'ютеризована система збору та обробки експериментальних даних»

Виконав: ст. 2 курсу, групи НФ-61
Самородов С.С.
Спеціальність
105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма: Прикладна фізика нетрадиційної енергетики
Керівник: Кудрявцев І.М.
Рецензент: Костіков А.О.

Харків – 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Інститут Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність «Прикладна фізика та наноматеріали»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Віктор ТКАЧЕНКО**
підпис ініціали, прізвище

"____" _____20___року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Самородову Сергію Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Комп'ютеризована система збору та обробки експериментальних даних»

керівник роботи Кудрявцев Ігор Миколайович, канд. фіз.-мат. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "___"_____20__ року №___

2. Строк подання студентом роботи_____

3. Перелік питань, які потрібно розробити
навести огляд найбільш актуальних задач, пов'язаних з прикладними аспектами проектування систем збору і обробки даних; отримати знання в області програмної взаємодії датчиків та мікроконтролерів; дослідити проектування програмного забезпечення з графічним інтерфейсом користувача; навчити майбутній прилад відображати параметри фізичних систем в реальному часі.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1.	Дослідження ринку датчиків і мікроконтролерів, у пошуках тих, які підходять під потреби проекту.
2.	Проектування набору компонентів пристрою, аналіз роботи різних наборів датчиків; Написання програмного коду до мікроконтролера та графічного інтерфейсу користувача.
3.	Проектування і виготовлення корпусу приладу з PETG пластика методом FDM друку.
4.	Кінцева збірка і підведення підсумків виконаної роботи

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ **Самородов С.С.**
підпис ініціали, прізвище

Керівник роботи _____ **Кудрявцев І.М.**
підпис ініціали, прізвище

Реферат

Ця дипломна робота містить 46 сторінок, 22 рисунка, 1 таблицю, 11 джерел інформації.

У вступі сформульовані цілі і завдання роботи, вказані способи вивчення представленої теми, а також описані актуальність даної тематики і основні напрями можливого використання отриманих результатів. У першому розділі була проаналізована науково-технічна література з даної тематики, а також розглянуті основні досягнення в галузі проектування систем збору та обробки даних.

Другий розділ присвячений розробці оригінального експериментального пристрою, за допомогою якого виконана основна робота. Представлені результати проектування та написання програмного забезпечення для роботи з пристроєм. Дана глава закінчується результатами експериментальних досліджень і їх теоретичним аналізом. Висновки містять основні результати виконання даної дипломної робот

Abstract

This thesis contains 46 pages, 22 figures, 1 table, 11 sources of information. The introduction formulates the goals and objectives of the work, indicates ways to study the topic, as well as describes the relevance of this topic and the main directions of possible use of the results.

In the first section the scientific and technical literature on this subject was analyzed, and also the basic achievements in the field of designing of systems of collecting and data processing are considered.

The second section is devoted to the development of the original experimental device with the main work was performed. The results of designing and writing software for working with the device are presented. This chapter ends with the results of experimental research and their theoretical analysis. Conclusions contain the main results of this thesis.

Зміст

Зміст 1

Вступ 2

1. Аналіз науково-технічної літератури 4

1.1 Система збору даних (Data acquisition systems) 4
1.2 Сигнали, датчики та сбор інформації 7
1.3 Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) 10
1.4 Аналіз сімейств мікроконтролерів 20
1.5 Послідовний порт 21
1.6 Висновоки до аналізу літератури. 22
2. Експериментальні дослідження 22

2.1 Розробка експериментального стенду 23
2.1.1 План розробки 23
2.1.2 Електрофізична конфігурація пристрою. 23
2.1.3 Сенсори та датчики 26
2.1.4 Збирання пристрою 33
2.1.5 Розробка програмного забезпечення 37
Висновки 44

Список літератури 45

Вступ

Важливим питанням при проведенні експериментів в будь-якій сфері наукової діяльності є питання збору та обробки даних. Жодна сучасна професійна лабораторія не може існувати без комп'ютеризованої системи збору та обробки даних. Але такі системи найчастіше є дуже дорогими і вузьконаправленими, бо створюються під певні експерименти. У зв'язку з цим постало питання про створення бюджетної, гнучкої, легкої в освоєнні комп'ютеризованої системи збору та обробки даних.

З цією метою в рамках дипломної роботи були вивчені властивості: проектування пристроїв на базі мікроконтролерів, створення графічного інтерфейсу користувача для збору і введення інформації, роботи баз данних, роботи зі змінними, відтворення графіків в реальному часі, електроніка та мікросхемотехніка.

Представлена робота - це деталі проектування та розробки проекту системи вимірювання, моніторингу та контролю, за допомогою програмного забезпечення Arduino. Ця система розроблена також з використанням програмного забезпечення MATLAB. MATLAB допоможе створити гарну та лаконичну програмну оболнку, з простішим програмуванням завдяки інтерфейсу, який вона пропонує.

Під час цього проекту збираються найважливіші моменти, що дозволять бачити, як працюють та проектуються DAQ (Data Acquisition System) системи, та наскільки корисними і простими у використанні вони можуть бути. Ці моменти є головним чином опис того, як працюють програми Arduino та MATLAB, як вони можуть взаємодіяти один з одним, та як їх використовувати для програмування систем вимірювання, обробки та візуалізації данних.

Ця проблема є нереалізованою для багатьох наукових установ. Тому для даного дипломного проекту було розроблено та виготовлено оригінальний експериментальний пристрій, який мало чим поступається світовим зразкам по ефективності в області збору та обробки експериментальних даних, особливо якщо загострити увагу на простоті реалізації та вартості пристрою.

Аналіз науково-технічної літератури

1.1 Система збору даних (Data acquisition systems)

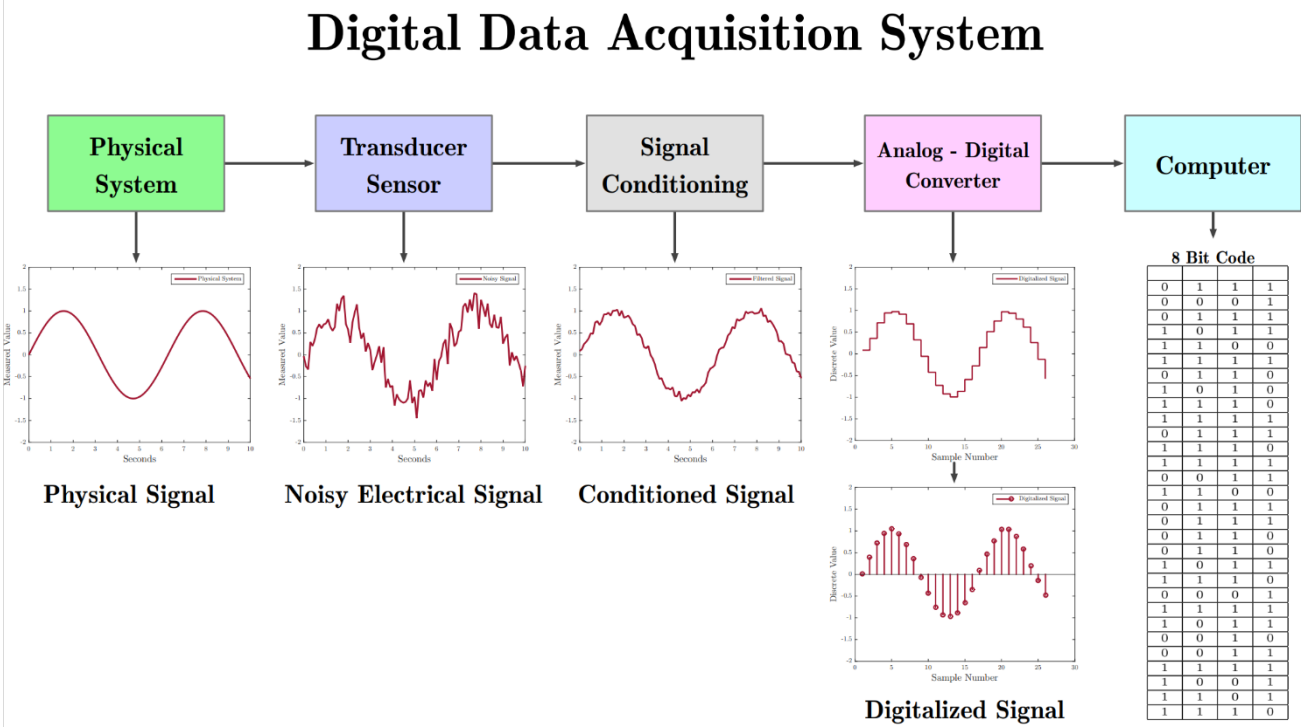
Збір даних - це процес вибірки сигналів, що вимірюють фізичні умови реального світу, і перетворення отриманих вибірок у цифрові числові значення, якими може керувати комп'ютер. Системи збору даних, скорочені ініціалізмами DAS, DAQ або DAU, зазвичай перетворюють аналогові сигнали в цифрові значення для обробки.[1] Компоненти систем збору даних включають:

- Датчики для перетворення фізичних параметрів в електричні сигнали.
- Схема кондиціонування сигналу для перетворення сигналів датчиків у форму, яка може бути перетворена в цифрові значення.
- Аналого-цифрові перетворювачі для перетворення сигналів умовного датчика в цифрові значення.

Програми збору даних зазвичай контролюються програмами, розробленими з використанням різних мов програмування загального призначення, таких як Assembly, BASIC, C, C ++, C #, Fortran, Java, LabVIEW, Lisp, Pascal, Matlab тощо. Існують також програмні пакети з відкритим кодом, що забезпечують усі необхідні інструменти для отримання даних із різного, як правило, специфічного апаратного обладнання. Ці інструменти походять від наукової спільноти, де складний експеримент вимагає швидкого, гнучкого та адаптивного програмного забезпечення. Ці пакети, як правило, підходять для користувача, але більш загальні пакети DAQ, такі як Maximum Integrated Data Acquisition System, можуть бути легко адаптовані та використовуватися в ряді фізичних експериментів у всьому світі[1].

Системи збору даних еволюціонували від електромеханічних реєстраторів, які містять до чотирьох каналів, до повністю електронних систем, здатних вимірювати сотні змінних одночасно. Раніше в системах використовувалися паперові схеми та рулони або магнітні касети для постійного

запису сигналів, але з моменту появи комп’ютерів, зокрема персональні комп'ютери, обсяг даних і швидкість, з якою їх можна було зібрати різко зросла. Однак багато з класичних систем збору даних все ще існують і використовуються регулярно.



Мал. 1 Блок-схема системи цифрового збору даних

Збір даних починається з фізичного явища або фізичної властивості, що підлягає вимірюванню. Приклади цього включають температуру, інтенсивність світла, тиск газу, витрату рідини та силу. Незалежно від типу фізичної властивості, що підлягає вимірюванню, фізичний стан, що підлягає вимірюванню, спочатку повинен бути перетворений в уніфіковану форму, яку можна отримати за допомогою системи збору даних. Завдання здійснення таких перетворень лежить на пристроях, які називаються датчиками. Система збору даних - це сукупність програмного та апаратного забезпечення, що дозволяє вимірювати або контролювати фізичні характеристики чогось у реальному світі. Повна система збору даних складається з апаратного забезпечення DAQ, датчиків і виконавчих механізмів, обладнання для кондиціонування сигналів та комп'ютера, на якому встановлено програмне забезпечення DAQ. Якщо необхідна синхронізація

(наприклад, для систем DAQ в режимі подій), потрібна окрема компенсована розподілена система хронометражу. [1]

Датчик, який є типом перетворювача, - це пристрій, який перетворює фізичну властивість у відповідний електричний сигнал (наприклад, тензорезистор, термістор). Система збору даних для вимірювання різних властивостей залежить від датчиків, які підходять для виявлення цих властивостей. Підготовка сигналу може знадобитися, якщо сигнал від датчика не підходить для використовуваного обладнання DAQ. Сигнал може знадобитися відфільтрувати, сформувати або посилити в більшості випадків. Іншими різними прикладами кондиціонування сигналу можуть бути завершення мосту, забезпечення струму або збудження напруги датчика, ізоляція, лінеаризація. Для передачі, одноконцеві аналогові сигнали, які більш сприйнятливі до шуму, можуть бути перетворені в диференціальні сигнали. Оцифрований сигнал може кодуватися для зменшення та виправлення помилок передачі.

Обладнання DAQ - це те, що зазвичай є інтерфейсом між сигналом і ПК. Це може бути форма модулів, які можна підключити до портів комп’ютера (паралельний, послідовний, USB тощо) або карт, підключених до слотів (шина S-100, AppleBus, ISA, MCA, PCI, PCI-E тощо) на материнській платі ПК або в модульній варіації (CAMAC, NIM, VME). Іноді потрібні перехідники, і в цьому випадку можна використовувати зовнішній вимикач. Карти DAQ часто містять кілька компонентів (мультиплексор, АЦП, ЦАП, TTL-IO, високошвидкісні таймери, оперативна пам'ять). Вони доступні через шину мікроконтролеру, який може запускати невеликі програми. Контролер є більш гнучким, ніж жорстка дротова логіка, але при цьому дешевший, ніж центральний процесор, так що допустимо блокувати його простими циклами опитування. Наприклад: Чекаємо тригера, запускаємо АЦП, чекаємо деякий час, чекаємо закінчення обробки АЦП, переносимо значення в оперативну пам'ять.

1.2 Сигнали, датчики та сбор інформації

Всі системи промисловості: заводи, машини, випробувальні приміщення та транспортні засоби апаратних компонентів та комп'ютерного програмного забезпечення, поведінка яких відповідає законам фізики, як ми їх розуміємо. Ці системи містять тисячі механічних та електричних явищ, які постійно змінюються, ці явища є непостійними. Вимірювання величин, що представляють характеристики всіх систем, називаються змінними. Правильне функціонування певної системи залежить від певних подій у часі та параметрів цих змінних. Часто нас цікавить місце розташування, величина та швидкість змінних, і ми використовуємо інструменти щоб їх виміряти. Ми призначаємо змінні одиниці виміру, такі як вольт, фунт і кілометри на годину.

Більшість змінних потрібно вимірювати за допомогою пристроїв, які перетворюють явища у форму, яку людина може сприйняти, таких як зображення графіків або змінних на дисплеї комп'ютера, перетворювач звуку або вібрації для стимулювання фізичних відчуттів. Пристрої для перетворення називаються перетворювачами або датчиками, і вони перекладають фізичні явища на електричні сигнали (або навпаки) для вимірювання за допомогою електронних приладів. Цими пристроями традиційно були і є амперметри, вольтметри, і різні інші вимірювальні пристрої, за допомогою яких можна спостерігати змінні в режимі реального часу. Але зростаюча потреба фіксувати, зберігати та аналізувати змінни змушує інженерів та вчених розробляти реєстратори даних та системи збору даних. [10]

Змінні можна класифікувати різними способами, але загалом, більшість експертів віддають перевагу двом класифікаціям: за характеристикою системи та за типом вимірювального сигналу. Змінні, класифіковані як характеристика системи включає до себе: тепло, радіацію, силу взаємодії, швидкість, кількість, час, геометричні та фізичні властивості, хімічні склад та електричні показники. [10] Ті, що класифікуються як вимірювальні сигнали включають до себе: рух,

силу, електричну напругу та модуляцію часу. Вимірювальні сигнали, які передають змінні часто важко відрізнити від вимірювальних систем. Чотири фактори, які вимагають точної взаємодії між вимірювальними сигналами та фізичною системою:

- типи перетворювачів, які використовуються для перетворення змінних у вимірювальні сигнали;
- характеристики передачі;
- правильність переданої інформації до системи збору даних від перетворювача, або датчику;
- які використовуються для перетворення вимірювань з одного типу сигналу на інший тип сигналу;

Комп'ютери які раніше були дуже дорогими, використовувалися для збору експериментальних даних, лише великими промисловими та науковими проектами, через високу вартість. Але введення в дію малих мінікомп'ютерів на початку 1960-х та далі настільних комп'ютерів персонального типу, в яких використовувалися мікропроцесори, частково полегшили ситуацію. Поширення персональних комп'ютерів у 1970-х роках, виправдало їх використання в невеликих проектах. Незабаром, у кінці 1990-х, з'явилися карти розширення (рис. 1) – плагіни для збору даних з невеликих комп'ютерів, вони швидко стали загальним засібом для збору та запису даних під час експериментів.



Мал. 2 - Зображення плат Pro Tools 24 MIX и MIXplus

Плагіни для комп’ютерів не завжди задовольняли очікуванням користувачів. Внутрішній шум від обертових пристроїв, таких як жорсткі диски, приводи, електромагнітні компоненти та електростатичні шум від внутрішньої структури шини комп’ютера часто втручається у вимірювану змінну, особливо на картках збору даних. Ізоляція та екранування допомогли вирішити проблему в більшості випадків, але багато виробників систем збору даних також забезпечують схеми системою фільтрації та обробки сигналів у невеликих, самостійних, екранованих корпусах. Окремий корпус надає ізоляцію за рахунок відстані.

1.3 Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП)

Аналого-цифрові перетворювачі - перетворюють аналогову напругу в двійкове число (виду 1 та 0), а потім врешті-решт до цифрового числа для виводу на лічильник, монітор або діаграму. Кількість двійкових цифр (бітів), що представляють число визначає роздільну здатність АЦП. Однак цифрове число - це лише наближення справжнього значення аналогової напруги в певний момент, оскільки напруга може бути представлена (цифровим способом) лише дискретними кроками. Наскільки близько цифрове число наближається до аналогового значення, також залежить від роздільної здатності АЦП.

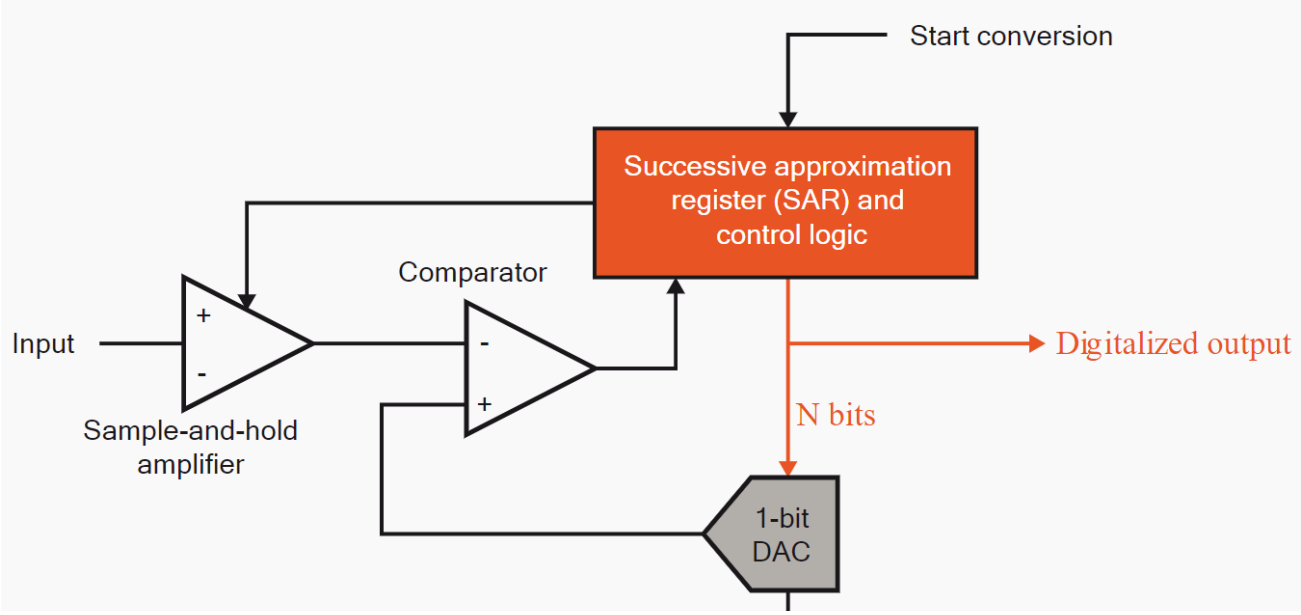
Математичне співвідношення зручно показує, як кількість бітів, які обробляє АЦП, визначає його конкретну теоретичну роздільну здатність: N-бітний АЦП має роздільну здатність 2^n. Наприклад, 12-бітний АЦП має роздільна здатність однієї частини в 4096, де $2^{12} = 4096$. Таким чином, 12-бітний АЦП з максимумом напруги 10В постійного струму, може дозволити роздільність 10В / 4096 = 0,00244 В постійного струму = 2,44 мВ. Аналогічно, для того ж діапазону від 0 до 10 В, до 16-бітної АЦП роздільна здатність становить 10/216 = 10/65,536 = 0,153 мВ. Роздільна здатність зазвичай визначається щодо повномасштабного зчитування АЦП, не відносно вимірюваного значення в будь-який конкретний момент.

Існує три основних види АЦП:

1. АЦП з послідовною апроксимацією
2. Дельта-Сігма АЦП
3. Двосхилі АЦП

Перетворювач послідовного наближення (SAR) - народним АЦП у світі обробки данних є аналогово-цифровий перетворювач SAR (Successive Approximation Register - Реєстр послідовних наближень). Він пропонує чудовий баланс швидкості та роздільної здатності та обробляє широкий спектр сигналів з чудовою точністю. Він існує довгий час, тому конструкції SAR стабільні та надійні, а чіпи відносно недорогі. Вони можуть бути налаштовані як для низькочастотних аналогово-цифрових плат, де один мікросхемний АЦП "спільно використовується" кількома вхідними каналами (мультиплексовані аналогово-цифрові плати), так і в конфігураціях, де кожен вхідний канал має власний АЦП для справжньої одночасної вибірки.

Аналоговий вхід для більшості АЦП становить 5 В, саме тому майже всі фронтальні сторони кондиціонування сигналу забезпечують однаковий кондиціонований вихід. Типовий АЦП SAR використовує схему (мал. 1) вибірки та утримання, яка приймає обумовлену аналогову напругу від фронтальної частини сигналу, що підтримує сигнал. Вбудований ЦАП створює аналогову опорну напругу, рівну цифровому кодовому виходу зразка, і утримує сигнал. Обидва вони подаються у компаратор, який надсилає результат порівняння до SAR. Цей процес триває послідовно «n» раз, при цьому «n» є роздільною



Мал. 3 – принципова схема роботи SAR АЦП

здатністю самого АЦП, поки не буде знайдено найближче значення до фактичного сигналу.

АЦП SAR не мають власної фільтрації згладжування (AAF), тому, якщо це не додано перед АЦП системою DAQ, якщо інженер вибере занадто низьку частоту дискретизації, помилкові сигнали (вони ж "артефакти") будуть оцифровані SAR ADC. Артефакти це велика проблема, оскільки їх неможливо виправити після оцифрування. Неможливо виправити це за допомогою програмного забезпечення. Цього слід запобігти шляхом утримання дискретизації завжди швидше ніж частота Найквіста всіх вхідних сигналів, або фільтруванням сигналів до і в АЦП.

При обробці сигналу частота Найквіста (або частота згортання), названа на честь Гаррі Найквіста, є характеристикою пробовідбірника, який перетворює безперервну функцію або сигнал в дискретну послідовність. В одиницях циклів в секунду (Гц) його значення складає половину частоти дискретизації (вибірки в секунду). Коли найвища частота (смуга пропускання) сигналу менша ніж Найквістова частота дискретизатора, результуюча послідовність дискретного часу, як кажуть, не містить спотворень, відомих як згладжування, а відповідна частота дискретизації перевищує швидкість Найквіста для цього конкретного сигналу.

Плюси:

- Потрібна проста схема лише з одним компаратором
- Можливі більш високі показники вибірки порівняно з АЦП дельта-сигма
- Добре справляється з природними та неприродними хвилеподібними формами

Мінуси:

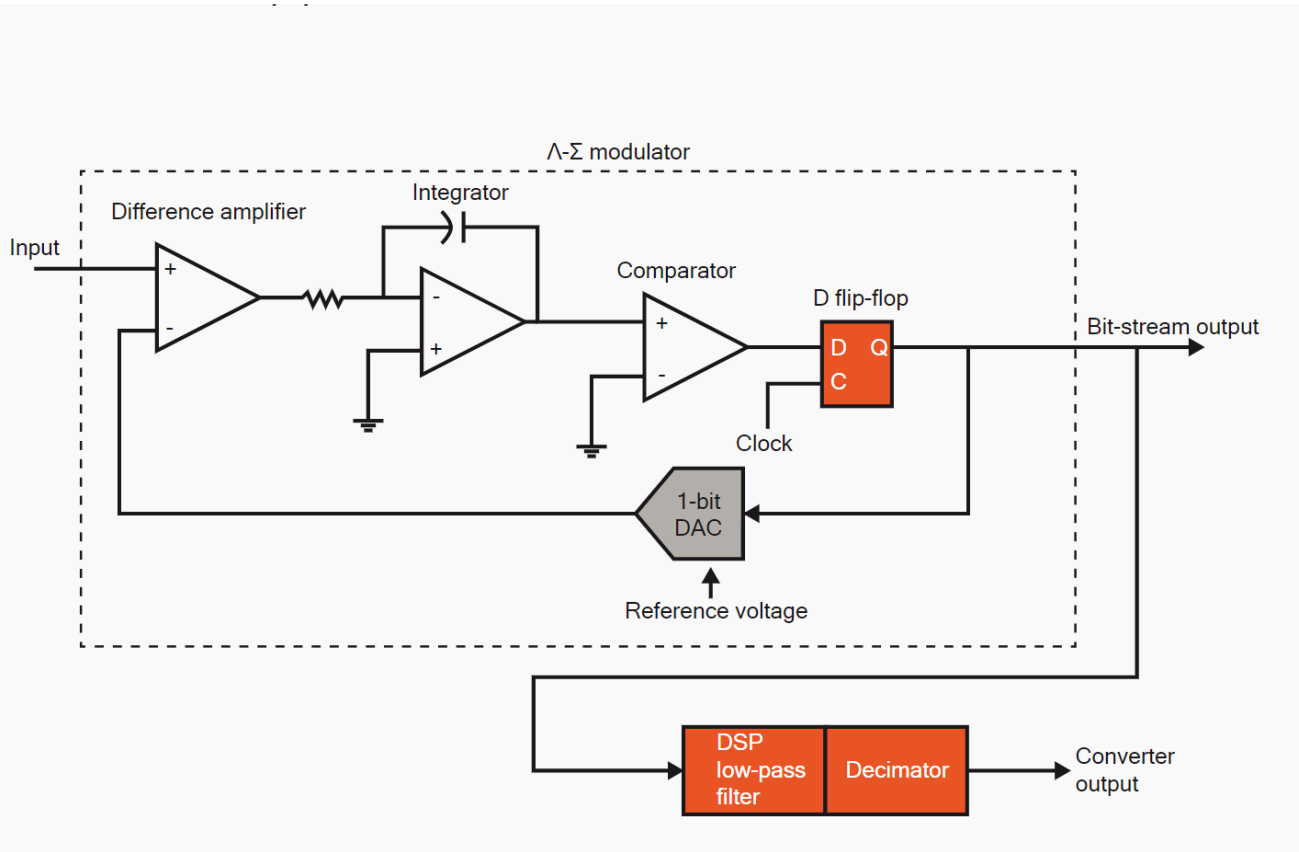
- Фільтрацію згладжування потрібно додати зовні

- Бітова роздільна здатність та динамічний діапазон обмежені порівняно з АЦП дельта-сигма

Застосування:

Програми для АЦП SAR включають системи DAQ, від мультиплексованих АЦП низького класу до більш високошвидкісних одиничних АЦП на канал, промислового контролю та вимірювання, зображень CMOS.

Дельта-Сигма АЦП (ΔΣ) – є новітньою конструкцією АЦП, яка використовує переваги технології цифрової обробки сигналів для покращення роздільної здатності амплітудної осі та зменшення високочастотного шуму квантування, конструкціям SAR. Складна та потужна конструкція АЦП дельта-сигма робить їх ідеальними для динамічних застосувань, які потребують якомога більшої роздільної здатності осі амплітуди. Ось чому вони зазвичай зустрічаються в аудіо, звуці та вібрації, а також у широкому діапазоні сучасних



Мал. 4 – принципова схема роботи Дельта-Сигма АЦП

додатків для збору даних. Вони також широко використовуються в прецизійних промислових вимірювальних програмах.

Фільтр низьких частот, реалізований в DSP (Цифрова обробка сигналів), усуває практично шум квантування, що призводить до чудових характеристик сигнал-шум. АЦП Дельта-сигма працюють шляхом надмірної вибірки сигналів, що набагато перевищує вибрану частоту дискретизації. Потім DSP створює потік даних з високою роздільною здатністю з цих надмірних вибірок із швидкістю, яку обрав користувач. Ця надвибірка може бути в сотні разів вищою, ніж обрана частота дискретизації. Цей підхід створює потік даних з дуже високою роздільною здатністю (загальноприйнятим є 24 біти) і має ту перевагу, що дозволяє багатоступеневу фільтрацію згладжування (AAF), що робить практично неможливою оцифрування помилкових сигналів. Однак він накладає своєрідне обмеження швидкості, тому дельта-сигма-АЦП зазвичай не такі швидкі, як АЦП SAR, наприклад.

Плюси:

- Вихід з високою роздільною здатністю (24 біти)
- Надмірна вибірка зменшує шум квантування
- Властива фільтрація згладжування

Мінуси:

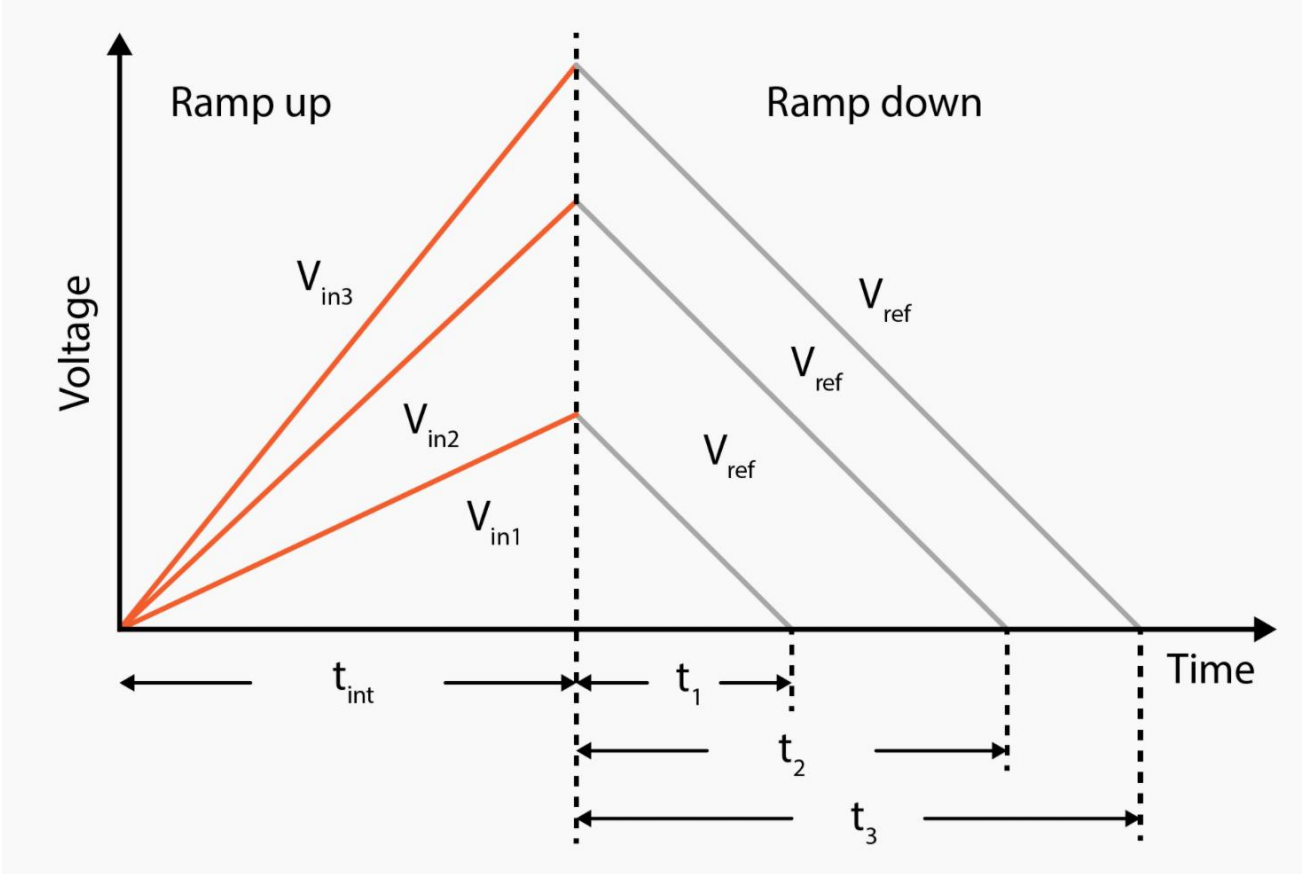
- Обмежена швидкість дискретизації до 1 MHz
- Не обробляйте сигнали неприродної форми так само, як SAR

Застосування:

АЦП Дельта-Сигма застосовуються для збору даних в таких сферах: шуму та вібрації, промислового балансування, крутильних та обертальних вібрацій, моніторингу якості електроенергії, точних промислових вимірювань, аудіо, зв'язку.

Двосхилі АЦП - точні, але не дуже швидкі. Принциповим способом перетворення значень аналогових у цифрові є використання інтегратора. Напруга є вхідною і дозволяється деякий час «працювати». Потім подається відома напруга протилежної полярності і дозволяється знизитися до нуля. Коли воно досягає нуля, система обчислює, якою була вхідна напруга, порівнюючи час прогону з часом пробігу та знаючи, яким був еталон. Час розгону та збігу - це два схили, для яких названа ця техніка.

Цей ітераційний процес є надійним, але потребує часу, і завжди існує компроміс між роздільною здатністю та швидкістю, оскільки на відміну від SAR або дельта-сигма АЦП, вони не можуть досягти і того, і іншого. Як результат, Dual Slope (Подвійний нахил), відомий як “інтегруючий АЦП”, використовується в таких додатках, як портативні мультиметри, і не зустрічається в програмах DAQ.



Мал. 5 – принципова схема роботи Двосхилої АЦП

Плюси

- Дуже точні вимірювання

Мінуси

- Повільний час перетворення завдяки збільшенню та зменшенню ітерації

Застосування:

Пристрої АЦП з двома нахилами включають ручні та настільні мультиметри.

1.4 Основи облаштування мікроконтролерів

Мікроконтролер (англ. Micro Controller Unit, MCU) - мікросхема, призначена для управління електронними пристроями. [6]

ОЗУ (оперативний запам'ятовуючий пристрій) - енергозалежна частина системи комп'ютерної пам'яті, в якій під час роботи мікроконтролера зберігається виконуваний машинний код (програми), а також вхідні, вихідні і проміжні дані, що обробляються процесором.

ПЗП (постійний запам'ятовуючий пристрій) - енергонезалежна пам'ять, використовується для зберігання масиву незмінних даних.

Типовий мікроконтролер поєднує на одному кристалі функції процесора і периферійних пристроїв, містить ОЗУ і (чи) ПЗП. По суті, це однокристальний комп'ютер, здатний виконувати відносно прості завдання.

Відрізняється від мікропроцесора інтегрованими в мікросхему облаштуваннями введення-виведення, таймерами і іншими периферійними пристроями.

При проектуванні мікроконтролерів доводиться дотримуватися компромісу між розмірами і вартістю з одного боку, гнучкістю і продуктивністю з іншою. Для різних застосувань оптимальне співвідношення цих і інших параметрів може розрізнятися дуже сильно.

Тому існує величезна кількість типів мікроконтролерів, що відрізняються архітектурою процесорного модуля, розміром і типом вбудованої пам'яті, набором периферійних пристроїв, типом корпусу і т. д. На відміну від звичайних комп'ютерних мікропроцесорів, в мікроконтролерах часто використовується гарвардська архітектура пам'яті, тобто роздільне зберігання даних і команд в ОЗУ і ПЗП відповідно. [6]

Окрім ОЗУ, мікроконтролер може мати вбудовану енергонезалежну пам'ять для зберігання програм і даних. Багато моделей контролерів взагалі не мають шин для підключення зовнішньої пам'яті.

Найбільш дешеві типи пам'яті допускають лише одноразовий запис, або програма, що зберігається, записується в кристал на етапі виготовлення (конфігурацією набору технологічних масок). Такі пристрої підходять для масового виробництва в тих випадках, коли програма контролера не оновлюватиметься. Інші модифікації контролерів мають можливість багатократного перезапису програми в енергонезалежній пам'яті. Неповний список периферійних пристроїв, які можуть використовуватися в мікроконтролерах, включає:

- універсальні цифрові порти, які можна налаштовувати як на введення, так і на виведення;
- різні інтерфейси введення-виведення, такі, як UART, SPI, CAN, USB, IEEE 1394, Ethernet;
- аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі;
- компаратори;
- широко-імпульсні модулятори (ШИМ-контролер);
- таймери;
- контролери безколекторних двигунів, у тому числі крокових;
- контролери дисплеїв і клавіатур;
- радіочастотні приймачі і передавачі;
- масиви вбудованої флеш-пом’яти;
- вбудований тактовий генератор і сторожовий таймер;

Обмеження за ціною і енергоспоживанням обмежує тактову частоту контролерів. Хоча виробники прагнуть забезпечити роботу своїх виробів на високих частотах, вони, в той же час, надають замовникам вибір, випускаючи

модифікації, розраховані на різні частоти і напругу живлення. У багатьох моделях мікроконтролерів використовується статична пам'ять для ОЗУ і внутрішніх регістрів. Це дає контролеру можливість працювати на менших частотах і навіть не втрачати дані при повній зупинці тактового генератора. Часто передбачені різні режими енергозбереження, в яких відключається частина периферійних пристроїв і обчислювальний модуль.

1.4 Аналіз сімейств мікроконтролерів

Перед проектуванням будь-яких пристроїв на основі покупних компонентів слід вивчити ринок і виключити варіанти які з тих або інших причин не задовольняють або перевершують потребу їх використання в пристрої. Були розглянуті такі варіанти мікроконтролерів.

- MCS 51 (Intel)
- ESP8266 (Espressif)
- MSP430 (TI)
- ARM (ARM Limited)
  - ST Microelectronics STM32 ARM-based MCUs
  - ARM Cortex, ARM7 и ARM9-based MCUs
  - Texas Instruments Stellaris MCUs
  - NXP ARM-based LPC MCUs
  - Toshiba ARM-based MCUs
  - Analog Devices ARM7-based MCUs
  - Cirrus Logic ARM7-based MCUs
  - Freescale Semiconductor ARM9-based MCUs
  - Silicon Labs EFM32 ARM-based MCUs
- AVR (Atmel)
  - ATmega
  - ATtiny
  - XMega
- PIC (Microchip)
- STM8 (STMicroelectronics)

- C8051F34x
- RL78 (Renesas Electronics)

Для реалізації програмованих некомерційних апаратів, пристроїв і модулів краще всього підходять сімейства AVR (Atmel) і PIC, у зв'язку з високою якістю, тривалим терміном роботи, гнучкістю, доступністю, дешевизною, простотою виконання електронних плат на їх основі і можливістю купівлі готових плат, таких як: Arduino, Netduino, LaunchPad і т.п.

1.5 Послідовний порт

Послідовний порт - це тип підключення до ПК, який використовується для периферійних пристроїв, таких як миші, ігрові контролери, модеми та старі принтери. Його іноді називають COM-портом або портом RS-232, що є його технічною назвою. Якщо цього недостатньо, щоб заплутати вас, існує два типи послідовних портів - DB9 і DB25. DB9 - це 9-контактне з'єднання, а DB25 - це, як ви вже здогадалися, 25-контактне з'єднання. Послідовний порт може передавати лише один біт даних за раз, тоді як паралельний порт може передавати багато бітів одночасно. Серійний порт - це, як правило, найповільніший порт, який ви знайдете на ПК, якщо такий взагалі знайдете. Більшість новіших комп'ютерів замінили послідовні порти набагато швидшими та сумісніші портами USB.

Універсальний асинхронний приймач-передавач - схема, що становить послідовний порт. Також відомий як "Universal Asynchronous Receiver Transmitter " (USART), він перетворює паралельні байти від центрального процесора в послідовні біти для передачі, і навпаки. Він генерує та знімає біти запуску та зупинки, додані до кожного символу.

Цей мікрочіп запрограмован для підключення послідовних пристроїв. Зокрема, він надає комп'ютеру інтерфейс RS-232C термінального обладнання для передачі даних (DTE), щоб він міг "спілкуватися" та обмінюватися даними з

модемами та іншими послідовними пристроями. Як частина цього інтерфейсу, UART також:

- Перетворює байти, які він отримує від комп’ютера по паралельних схемах, в один послідовний бітовий потік для вихідної передачі.
- При вхідній передачі перетворює послідовний бітовий потік в байти, які обробляє комп'ютер.
- Додає біт парності (якщо він вибраний) на вихідні передачі та перевіряє парність вхідних байтів (якщо вибрано) та відкидає біт парності.
- Додає розпочинаючі та зупиняючі обмежувачі на виході та позбавляє від них вхідні передачи.
- Обробляє переривання s з клавіатури та миші (які є послідовними пристроями зі спеціальними портами s).
- Може обробляти інші види переривань та управління пристроями, які вимагають узгодження швидкості роботи комп’ютера зі швидкістю роботи пристрою.

1.6 Висновоки до аналізу літератури.

В даний час системи збору даних є розкішшю, вони не мають ефективної гнучкості для використання в сфері "бюджетної" науки та в сфері малої експериментальної діяльності, де важливо мати можливість перебудувати всю структуру проведення вимірювань під час експерименту, за короткий проміжок часу. Також один науковий відділ може потребувати різні сенсори під різні експерименти протягом свого існування.

У тому числі дані системи мають закостенілі типи роз'ємів і не підходять один до одного. У зв'язку з цим постає питання, самостійної розробки DAQ системи, за допомогою проектів з відкритим початкових кодом таких як Arduino.

Експериментальні дослідження

2.1 Розробка експериментального стенду

2.1.1 План розробки

План дослідницької роботи для розробки системи збору даних:

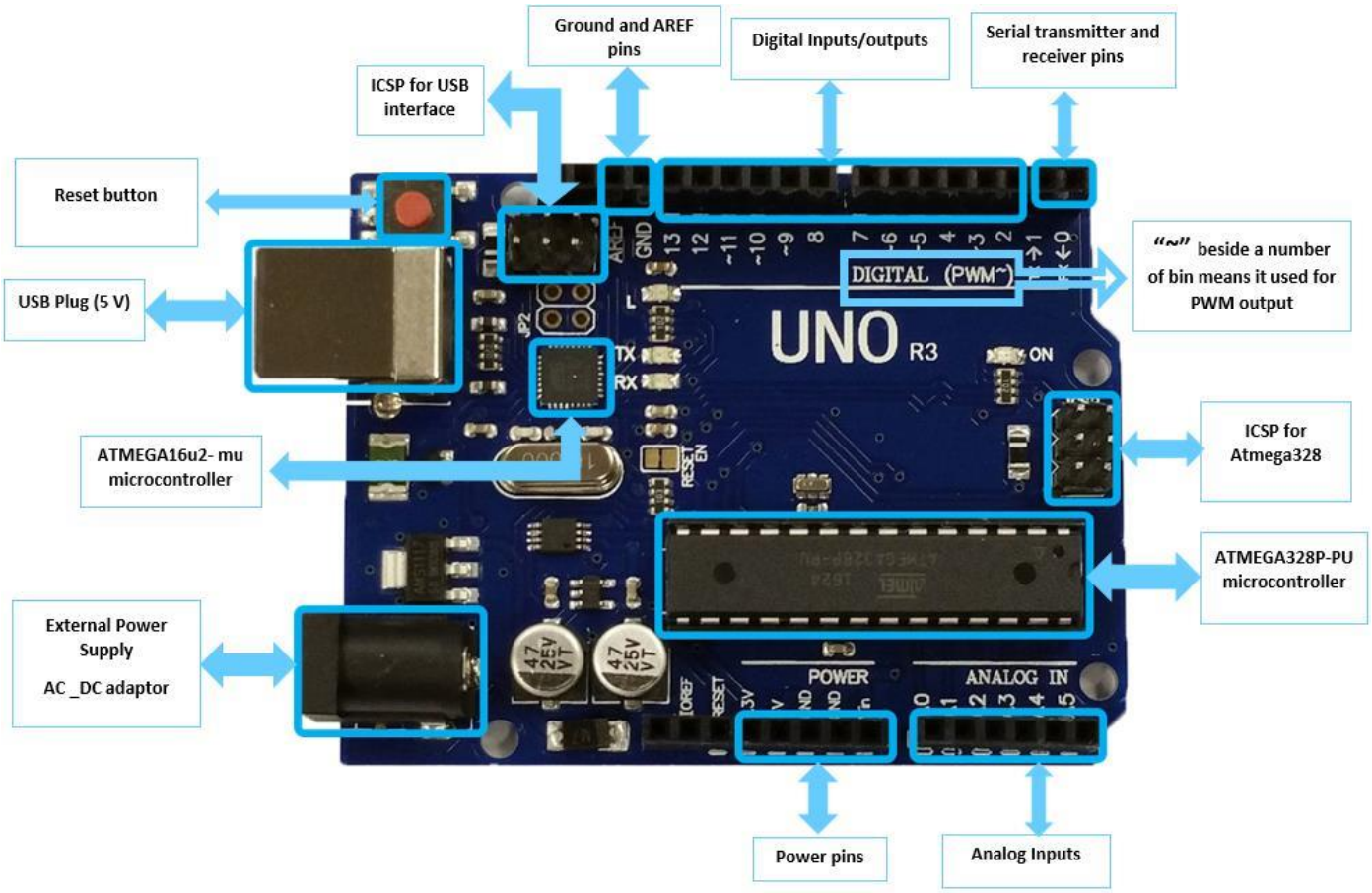
1. Розробка електрофізичної конфігурації пристрою.
2. Складання експериментального стенду.
3. Розробка програмного забезпечення.

2.1.2 Електрофізична конфігурація пристрою.

На етапі проектування програмного забезпечення була використана налагоджувальна плата Arduino UNO R3 (див. мал. 2.1). Ця плата має ряд переваг, порівняно з самостійною розробкою силового і логічного обв'язування мікроконтролера.

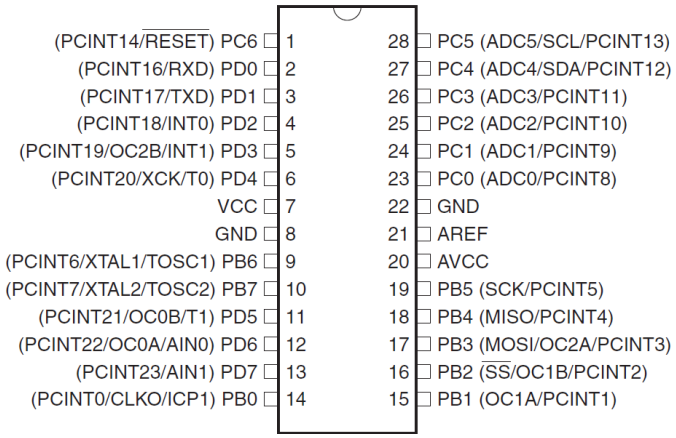
Була вибрана з метою спрощення відладки програмного забезпечення і прискорення розробки пристрою, так само, має зручні інтерфейси і роз'єми для підключення периферії і логічних з'єднань, має вбудований стабілізатор напруги на 5В, завдяки чому, може живити інші логічний плати, сенсори та датчики сила струму яких не перевищує у сумі 500 мА.

АЦП Arduino Uno має 10-бітну роздільну здатність (тому маємо цілі значення від 0 до (2^{10}) = 1023). Це означає, що він відобразить вхідні аналогові напруги від 0 до 5 вольт у цілі цифрові значення від 0 до 1023. Отже, для кожного каналу 5/1024 = 4,9 мВ на одиницю. Що є досить високою роздільною здатністю для задоволення потреб проекту.



Мал. 2.1 Arduino UNO R3 налагоджувальна плата для здійснення управління

Програмування пристрою здійснюється через usb- порт комп'ютера. Налагоджувальна плата розроблена на базі мікроконтролера ATmega328P в корпусі PDIP (див. мал. 2.2).[9]



Мал. 2.2 ATmega328P Мікроконтролер налагоджувальної плати

Основні характеристики ATmega328P:

- Висока продуктивність, низьке енергоспоживання;
- Поліпшена RISC- Архітектура:
  - 131 силова команда - більшість яких виконуються за один такт ЦПУ;
  - 32 х 8 регістра загального призначення;
  - Продуктивність до 20 мільйонів команд в секунду на 20 МГЦ ЦПУ;
  - Внутрішньокристальний 2-цикловий множник;
- Енергонезалежна пам'ять даних і програм:
  - 32 кБ внутрісистемній енергонезалежній flash- пам'яті;
  - 1 кБ EEPROM ПЗП;
  - Кількість циклів запис/стирання: 10,000 flash /100,000 EEPROM;
  - Зберігання даних : 20 років при температурі 85 °C/100 років при температурі 25 °C;
  - Додатковий завантажувальний розділ незалежними блокувальними бітами;
- Периферійні характеристики:
  - Два 8-бітові Таймери/Лічильника з Окремим переддільником частоти і режимом порівняння;
  - Один 16-бітовий таймер/лічильник з окремим переддільником частоти, режимом порівняння і режимом захоплення;
  - Лічильник реального часу з окремим генератором;
  - Шість ШИМ-каналів;
  - 6-канальний 10-розрядний АЦП;
- Введення/виведення:
  - 23 програмованих лінії введення/виведення;

- 28 виводів

- Робоча напруга:
  - від 1.8 до 5.5 В;
- Температурний діапазон:
  - від - 40°C до 85°C;
- Температурний діапазон:
  - Активний режим: 0.2 мА;
  - Режим відключення : 0.1 мкА;
  - Режим енергозбереження : 0.75 мкА;

2.1.3 Сенсори та датчики

Після аналізу літератури та обговорення з дипломним керівником, було обрано такі параметри вимірювання у реальному часі для збору інформації з датчиків фізичних систем та експериментів:

- Сила струму
- Напруга
- Освітленість
- Напруженість магнітного поля
- Температура

Основні вимоги:

- Можливість відправляти дані в мікроконтролер в режимі реального часу
- Робоча напруга між 3.3-5В
- Сумарна сила струму усіх датчиків не вище 500mA (максимальна токова здатність стабілізатора напруги по лінії 5В Arduino Uno)
- Досить високий рівень точності показників

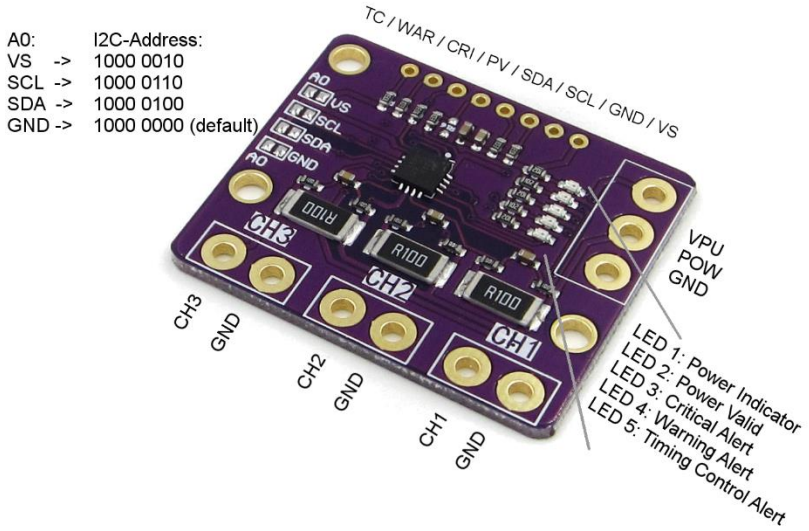
- Обов'язкова наявність аналогового виходу або шини I2C

Далі був проаналізован ринок сенсорів та датчиків, які задовольняють вимогам проекту і були обрані такі датчики:

- Трьохканальний датчик струму та напруги - INA3221
- Датчик освітленності - GY-30 Bh1750
- Датчик Холла - SS49E
- Датчик температури - DS18B20

Далі будуть наведені основні параметри обраних датчиків.

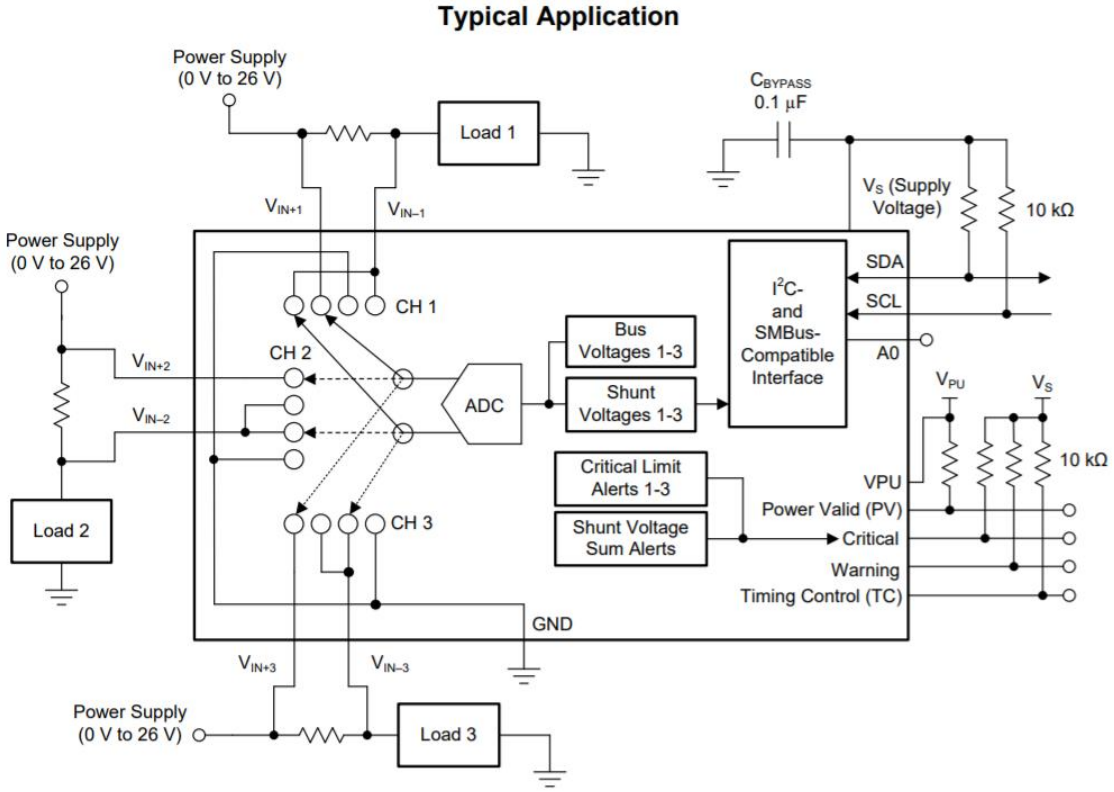
INA3221



Мал. 2.3 INA3221 датчик напруги та струму

INA3221 - це трьохканальний датчик струму високого рівня, також включає до себе монітор напруги. Має I2C- та SMBUS-сумісний інтерфейс. INA3221 моніторить усі шунтові зміни напруги та напруги живлення на шині. Додатково до програмованого часу перетворення, є режим усереднення сигналів (фільтр). Датчик пропонує роботу у сигнальному режимі у випадку перевищення показника напруги для усіх 3-х каналів та може передавати сигнали про помилки до мікроконтролеру.

INA3221 міряє напругу на вхідних шинах (які можуть виступати також вихідними), який може змінюватися від 0 до 26 В. Пристрій живиться від мережі одинарного живлення від 2,7 до 5,5 В і споживає 350 мкА. INA3221 має температурний робочий діапазон від –40 ° С до + 125 ° С.

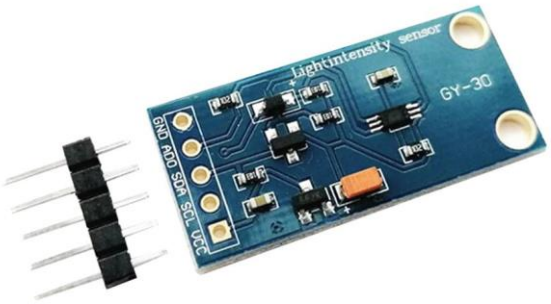


Мал. 2.4 Типова схема реалізації пристрою на базі мікросхеми INA3221

Основні параметри:

- Діапазон виміру напруги від 0 В до 26 В
- Надає інформацію про напругу шунта та напругу шини
- Висока точність:
  - - Напруга зміщення: ± 80 мкВ (макс.)
  - - Помилка посилення: 0,25% (макс.)
- Регульовані параметри усереднення
- Чотири програмованих адреси
- Програмовані вихідні сигнали попередження та попередження
- Режим живлення: від 2,7 до 5,5 В

Модуль цифрового датчика освітленості та інтенсивності GY-30 Bh1750



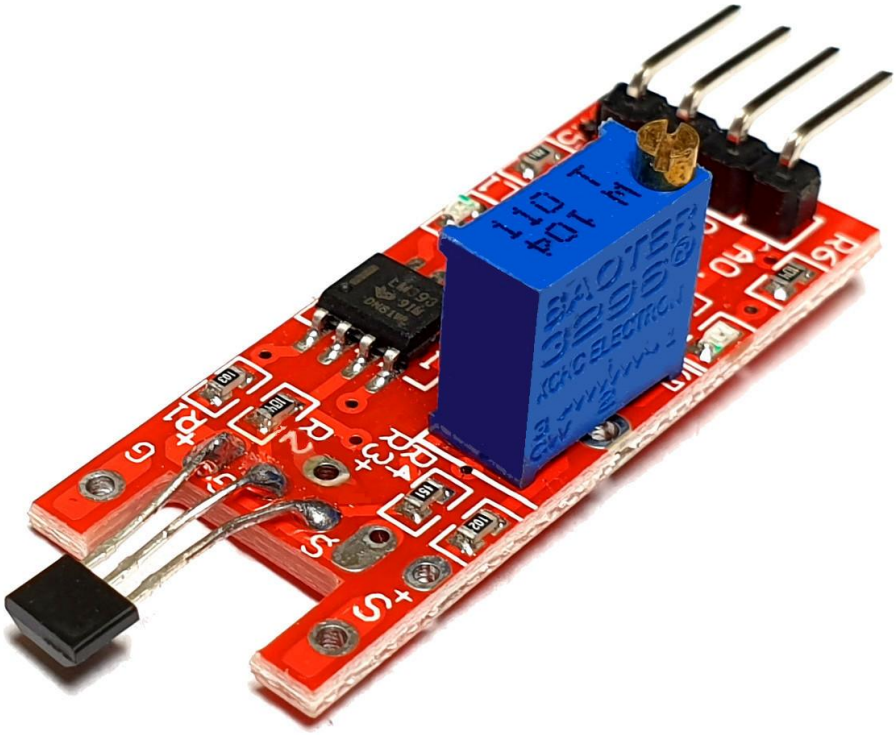
Мал. 2.5 Датчик GY-30 Bh1750

На мал. 2.5 зображений модуль датчика інтенсивності світла BH1750 із вбудованим 16-бітним АЦП для генерації цифрового сигналу. Вихідними даними цього модуля є інтенсивність світла в lx (люкс-метр). Цей сенсор може спілкуватися з платою мікроконтролера через цифрову шину I2C.

Основні параметри:

- робоча напруга: 3,3 В ~ 6 В
- Інтерфейс шини I2C з 2 альтернативними адресами (підтримка режиму f / s)
- Спектральна відповідальність - це приблизно реакція людського ока
- Широкий діапазон та висока роздільна здатність (1 ~ 65535 lx)
- Залежність джерела світла невелика. (напр. Лампа розжарювання. Флуоресцентна лампа. Галоген Лампа. Білий світлодіод. Сонячне світло)
- Регульований результат вимірювання для впливу на оптичне вікнл (Можливо виявити мініиально 0,11 lx, макс. 100000 lx за допомогою цієї функції.) (1 ~ 65535 lx)
- Вплив інфрачервоного діапазону дуже незначний.
- Невеликі варіації вимірювань (+/- 20%)

Датчик Холла - SS49E



Мал. 2.6 Модуль датчика Холла - SS49E

Модуль визначає присутність поля постійного магніту або магнітного поля котушки, дроту підключеної до постійного струму. Найбільш часто застосовується для визначення швидкості обертання різних деталей механізмів. Модуль датчика Холла використовується в приладах побутового, навчального та розважального призначення. можливо застосування як наочний посібник для ознайомлення з ефектом Холла.

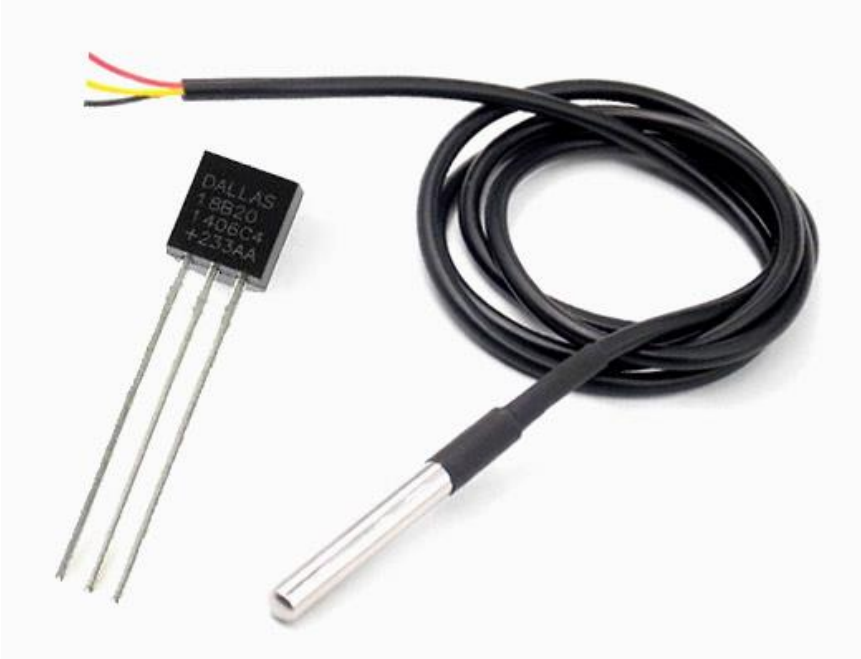
Приймальний елемент модуля – мікросхема-датчик Холла SS49E. Вона з'єднана з входом компаратора на мікросхемі LM393YD. За допомогою підлаштування резистора виконується установка порогу спрацьовування компаратора. При цьому встановлюється чутливість датчика магнітного поля.

При впливі поля напруженістю понад встановлена при налаштування на виході D0 змінюється рівень напруги. На аналоговий вихід надходить посилений сигнал сенсорного елемента.

Основні параметри:

- Мініатюрна конструкція
- Низький рівень шуму
- Експлуатація при напрузі від 4,5 до 6 В
- Магнітно оптимізован
- Лінійний вихід для проектування схеми
- Гнучкість для застосування
- Діапазон температур від -40 ° С до 150 ° С
- Чутливість – 2,5 mV/G, що дає можливість вимірювати напруженість магнітного поля в діапазоні від -1500 до +1500 Гаусів, з великою точністю

Датчик температури - DS18B20



Мал. 2.7 Датчик DS18B20

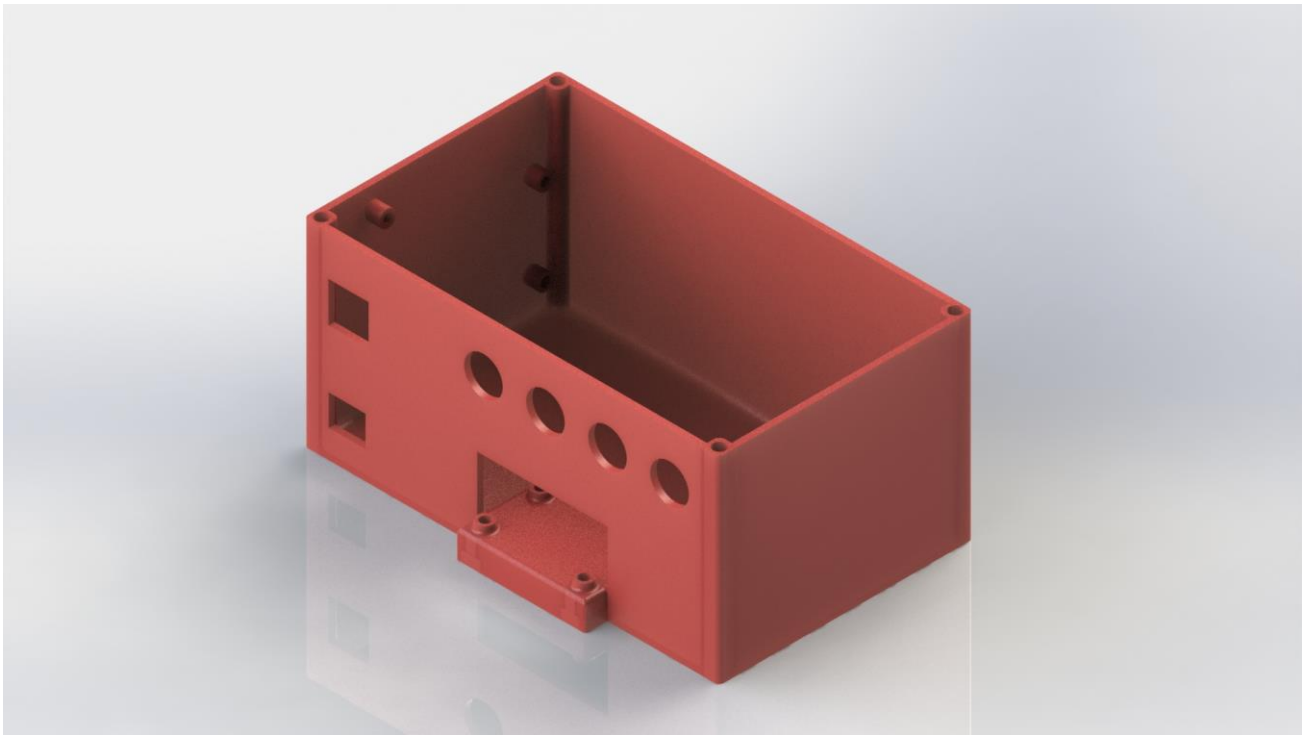
Основні параметри:

- Програмований цифровий датчик температури
- Спілкується методом 1-Wire
- Робоча напруга: від 3 В до 5 В
- Діапазон температур: від -55 ° С до + 125 ° С
- Точність: ± 0,5 ° С
- Вихідна роздільна здатність: від 9 до 12 біт (програмована)
- Унікальна 64-розрядна адреса дозволяє здійснювати мультиплексування (використання великої кількості датчиків підключених до одного дроту)
- Час перетворення: 750 мс на 12-біт
- Програмовані параметри сигналізації
- Водонепроникний датчик

2.1.4 Збирання пристрою

Проектування почалася зі створення 3д моделі корпусу, з урахуванням розмірів всіх комплектуючих, які будуть розташовуватися всередині корпусу або на корпусі, а саме:

- INA3221,
- Arduino UNO R3,
- 4 роз'єми для з'єднання з датчиками DS1110-01-4B6



Мал. 2.8 Модель корпусу майбутнього пристрою

Розмір: 82.71 мм - 134.39 мм - 73.75 мм

Далі було прийнято рішення виготовити корпус з пластика PETG методом FDM (Fused Deposition Modeling) друку.

Моделювання плавленого осадження (FDM) - це тип технології виробництва, що дозволяє будувати тривимірні об'єкти, прототипи та вироби за допомогою автоматизованого або керованого виробничого процесу. Застосовується у тривимірному друці або для проектування суцільних моделей та

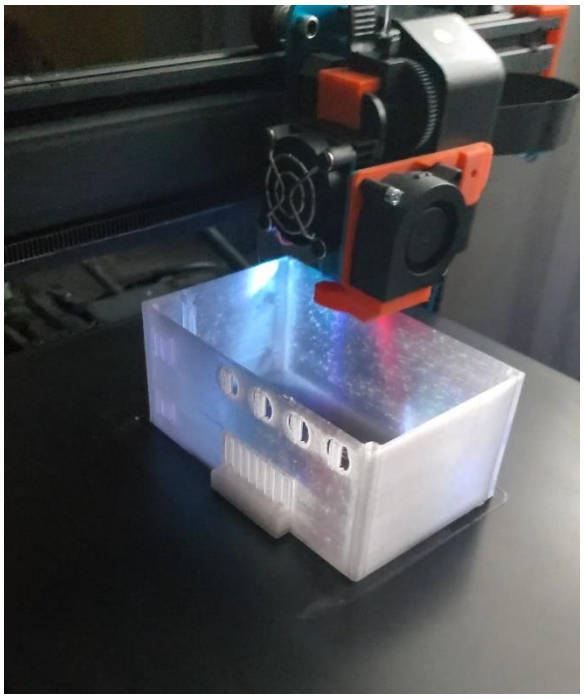
прототипів у багатошаровому або адитивному підході. FDM також відомий як виготовлення плавлених ниток або метод плавленого осадження.

Поліетилентерефталатгліколь, широко відомий як PETG або PET-G, - це термопластичний поліефір, який забезпечує значну хімічну стійкість, довговічність та чудову формувальну здатність для виробництва. PETG можна легко вакуумувати та формувати під тиском, а також згинати теплом завдяки низьким температурам формування. Це робить його надзвичайно популярним для споживчих та комерційних застосувань, які передбачають тривимірний друк або інші технології виготовлення тепла. Крім того, PETG добре підходить для таких технологій виготовлення, як різання штампом, фрезерування та згинання.

PETG є міцним та економічно вигідним у порівнянні з акрилом або полікарбонатом. Унікальні характеристики роблять його кращим для ударостійкого скління та високоміцних дисплеїв. Придатний для цифрового друку, PETG підходить для матеріалів продукції, дисплеїв та вивісок. Загалом, PETG - це безпечний для харчових продуктів пластик, який зазвичай використовується для харчових ємностей та пляшок для рідких напоїв. Як і акрил та багато інших термопластів, PETG повністю переробляється. PETG є як термоформованим, так і вакуумним, і може переносити величезний тиск без розтріскування. Незважаючи на те, що PETG від природи прозорий, він легко приймає колір під час обробки. Його можна лити під тиском у різні форми або екструдувати в листи. Стійкість PETG до пошкоджень набагато вища, ніж у акрилу, до такої міри, що вона конкурує з ударостійкістю полікарбонату. Однак PETG легко виготовляється, що робить його простим матеріалом як для практиків, так і для професійних виробників. Корпус був надрукований на 3д принтері Artillery Sidewinder x1 (див. мал. 2.9 та 2.10)



Мал. 2.9 3д принтер - Artillery Sidewinder x1

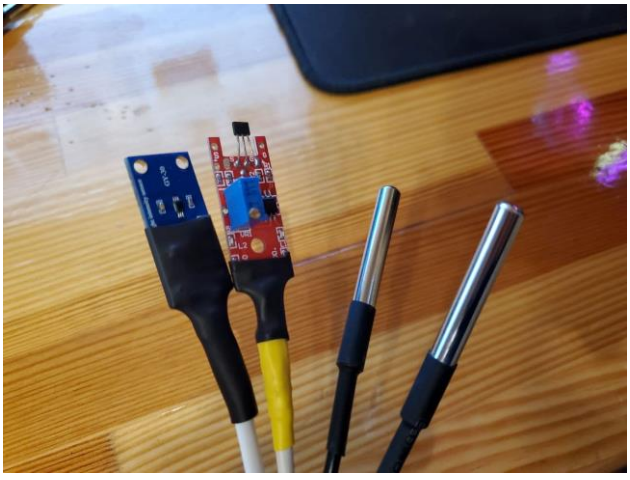


Мал. 2.10 Процес виготовлення корпусу

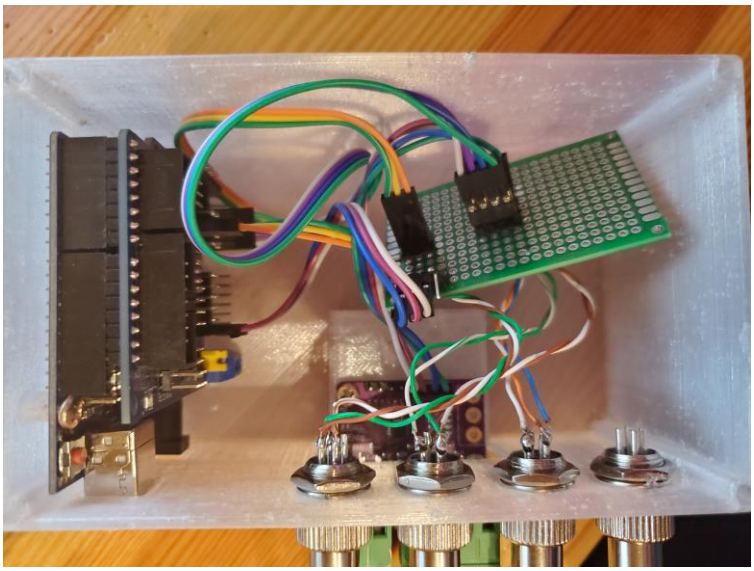
Після остаточного з'єднання всіх компонентів пристрій одержав свій кінцевий вигляд, який зображений на малюнках 2.11 та 2.12. Так само на малюнку 2.13 можна побачити внутрішню конфігурацію пристрою



Мал. 2.11 Зображення корпусу з підключеними роз'ємами



Мал. 2.12 Зображення датчиків із зовнішнім підключенням



Мал. 2.13 Внутрішня конфігурація пристрою

Для з'єднання всіх електронних компонентів була використана макетна плата і саме на ній розпаяні всі з'єднання. При підключенні датчиків були використані екрановані 4-жильні кабелі для зменшення електромагнітніх перешкод.

Висновок по збірці:

Пристрій вийшов досить міцним, інтерфейсно-гармонійним, стійким до хімічного впливу, зручним у використанні, портативним, легким та зручним для зберігання. Зручність під час зберігання полягає в можливості від'єднання всіх проводів (див. мал. 2.14).



Мал. 2.14 Пристрій без з'єднань

2.1.5 Розробка програмного забезпечення

Розробка програмного забезпечення була зроблена на мові C++ для програмування мікроконтролера та MATLAB для програмування інтерфейсу користувача, та аналізу даних. Нижче наведено код Arduino

```
#include "Wire.h"
#include "SDL_Arduino_INA3221.h"
#include "BH1750.h"
#include <OneWire.h>

OneWire ds (4);
byte data[12];
byte addr1[8] = {0x28, 0x1D, 0x11, 0x94, 0x97, 0x10, 0x03, 0x0D};
byte addr2[8] = {0x28, 0x1F, 0x0A, 0x94, 0x97, 0x10, 0x03, 0x6F};
unsigned int raw;
float temp1, temp2;

BH1750 lightMeter;
SDL_Arduino_INA3221 ina3221;

#define ONE_WIRE_BUS 4
#define CHANNEL_1 1
#define CHANNEL_2 2
#define CHANNEL_3 3
#define TEMP_UPDATE_TIME  1000
unsigned long tempLastUpdateTime = 0;
const int HALL_SENSOR = A0;

int inputVal = 0;

void setup(void)
{
  Wire.begin();

  // Hall Sensor
  pinMode(HALL_SENSOR, INPUT);

  // INA3221
  Serial.begin(115200);
  lightMeter.begin();
  //Serial.println("Arduino INA3221 test");
  ina3221.begin();
  int id = ina3221.getManufID();

}

void loop(void)
{

  temp1 = DS18B20(addr1);
  temp2 = DS18B20(addr2);

  float busvoltage1 = ina3221.getBusVoltage_V(CHANNEL_1);
  float busvoltage2 = ina3221.getBusVoltage_V(CHANNEL_2);
  float busvoltage3 = ina3221.getBusVoltage_V(CHANNEL_3);
  Serial.print(busvoltage1);
```

```
  Serial.print(",");
  Serial.print(busvoltage2);
  Serial.print(",");
  Serial.print(busvoltage3);
  Serial.print(",");

  float shuntvoltage1 = ina3221.getShuntVoltage_mV(CHANNEL_1);
  float shuntvoltage2 = ina3221.getShuntVoltage_mV(CHANNEL_2);
  float shuntvoltage3 = ina3221.getShuntVoltage_mV(CHANNEL_3);
  Serial.print(shuntvoltage1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(shuntvoltage2);
  Serial.print(",");
  Serial.print(shuntvoltage3);
  Serial.print(",");

  float loadvoltage1 = busvoltage1 + (shuntvoltage1 / 1000);
  float loadvoltage2 = busvoltage2 + (shuntvoltage2 / 1000);
  float loadvoltage3 = busvoltage3 + (shuntvoltage3 / 1000);
  Serial.print(loadvoltage1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(loadvoltage2);
  Serial.print(",");
  Serial.print(loadvoltage3);
  Serial.print(",");

  float current_mA1 = ina3221.getCurrent_mA(CHANNEL_1);
  float current_mA2 = ina3221.getCurrent_mA(CHANNEL_2);
  float current_mA3 = ina3221.getCurrent_mA(CHANNEL_3);
  Serial.print(current_mA1);
  Serial.print(",");
  Serial.print(current_mA2);
  Serial.print(",");
  Serial.print(current_mA3);
  Serial.print(",");
  inputVal = analogRead(HALL_SENSOR);
  Serial.print(inputVal);
  Serial.print(",");
  float lux = lightMeter.readLightLevel();
  Serial.print(lux);
  Serial.print(",");
  Serial.print(temp1);
  Serial.print(",");
  Serial.println(temp2);
}

float DS18B20(byte *adres)
{
  if (millis() - tempLastUpdateTime > TEMP_UPDATE_TIME)
  {
    tempLastUpdateTime = millis();
    ds.reset();
    ds.select(adres);
    ds.write(0x44, 1); // start conversion, with parasite power on at the end
  }
  ds.reset();
  ds.select(adres);
  ds.write(0xBE); // Read Scratchpad

  for (byte i = 0; i < 9; i++)
  {
```

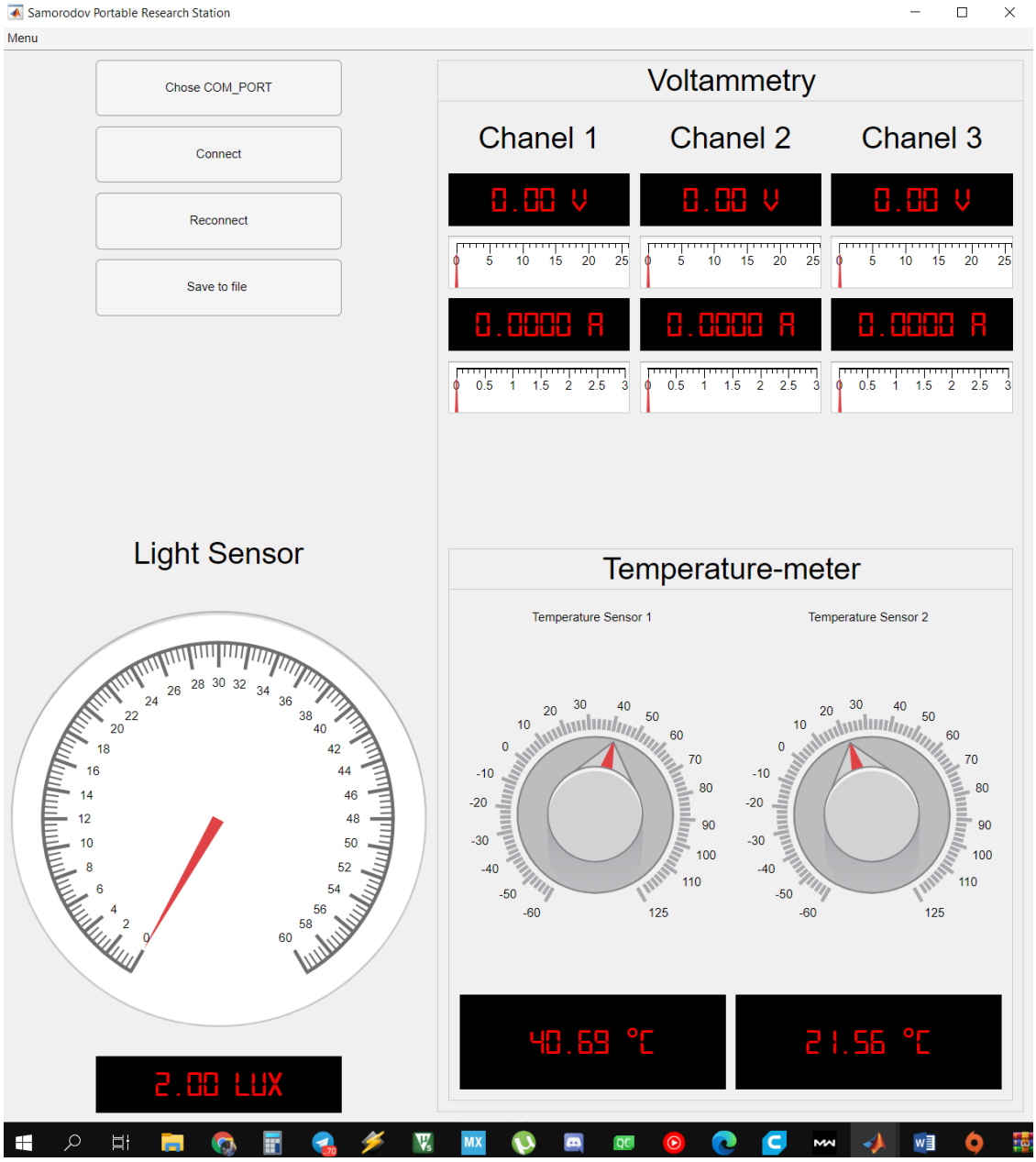
```
    data[i] = ds.read ();
  }
  raw =  (data[1] << 8) | data[0];
  float celsius = (float)raw / 16.0;
  return celsius;
}
```

Якщо звести пояснення роботи даної програми до мінімуму, то програма послідовно опитує датчики, формує звичний для людини вид даних та відправляє їх в послідовний порт у вигляді значень розділених комами (comma separated values).

Приклад такої форми передачі даних [10,20,30,40,50] Так як мікроконтрлллер може передавати лише біти інформації в послідовний порт, досить складно відокремити одні змінні від інших. Тому був використаний даний метод. Програма приймач бачить коми і розуміє, що до коми це була одна змінна, а після коми, відповідно наступна і так поки не закінчиться ряд.

В результаті роботи цієї програми ми маємо потік даних послідовного порту, де зберігаються 16 змінних. Відправлення даних в середньому відбувається з частотою 22Hz.

Далі потік даних приймається програмою (мал. 2.15) написаної на мові MATLAB, яка включає в себе бібліотеки роботи з послідовним портом та GUI (Graphical user interface). Саме ця програма відповідає за обробку даних отриманих з датчиків і їх інтерпретацію в зображення на екрані комп'ютера.



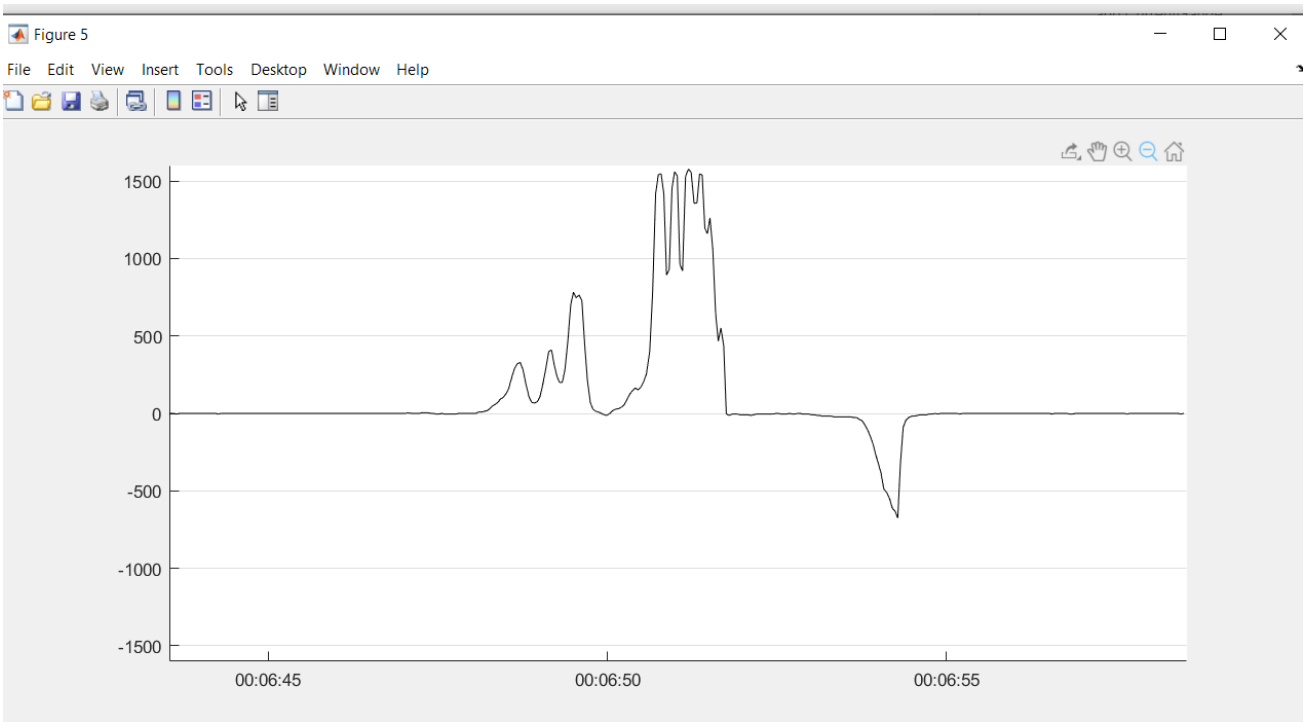
Мал. 2.15 Зображення графічного інтерфейсу програми власного написання

Обробка даних, на першому етапі, зводиться до сегментації змінних і запису їх до масиву, для більш простого використання, бо в масивах можна звертатися

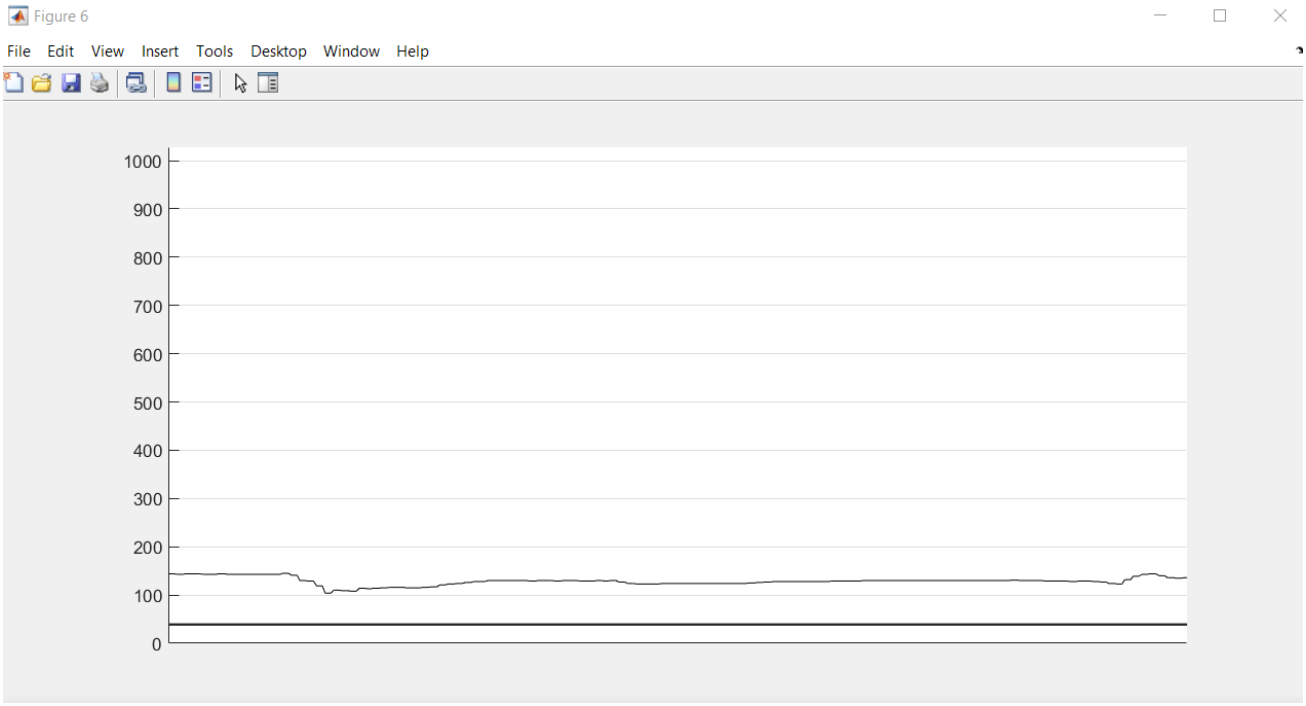
безпосередньо до кожного елементу, що робить подальшу розробку простіше та швидше.

Інструкції з використання:

Програма є дуже простою у використанні для початку роботи досить вибрати порт для підключення до мікроконтролеру (кнопка «Chose COM_PORT») Далі потрібно натиснути кнопку «Connect» для ініціалізації підключення і програма почне працювати в штатному режимі, відкриється 2 вікна з графіками реального часу (див мал. 2.16 та мал 2.17), які малюють дані з датчика Холла і датчика освітленості.



Мал. 2.16 Зображення графіка датчика Холла, якщо біля датчика поводити магнітом



Мал. 2.17 Зображення графіка датчика освітленості у жилій кімнаті (100-150 Люкс).

Дана програма може виконувати широкий спектр завдань в тому числі завдяки системі логування даних. При натисканні на кнопку "Save to file", в директорії де знаходиться програма створюється файл, з найменуванням "Log_Data.xlsx", куди запишуться усі дані з датчиків получені протягом усього часу роботи програми. Даний файл можна відкрити за допомогою excel, що також дуже зручно. Приклад таких данних наведено нижче, інформація збералася протягом одної секунди (таблиця 2.18)

Time_sec	Gauss	Lux	tempC_1	tempC_2
0	0,047018573	2	40,75	21,56
0,056	0,047018573	2	40,75	21,56
0,102	0,047018573	2	40,75	21,56
0,142	0,047018573	2	40,75	21,56
0,194	-4,396241002	2	40,75	21,56
0,234	0,047018573	2	40,75	21,56
0,271	0,047018573	2	40,75	21,56
0,307	0,047018573	2	40,75	21,56
0,345	0,047018573	2	40,75	21,56
0,383	0,047018573	2	40,75	21,56
0,423	0,047018573	2	40,75	21,56
0,468	0,047018573	2	40,75	21,56
0,509	0,047018573	2	40,75	21,56
0,554	0,047018573	2	40,75	21,56
0,595	0,047018573	2	40,75	21,56
0,641	0,047018573	2	40,75	21,56
0,682	0,047018573	2	40,75	21,56
0,727	0,047018573	2	40,75	21,56
0,78	0,047018573	2	40,75	21,56
0,83	0,047018573	2	40,75	21,56
0,882	0,047018573	2	40,75	21,56
0,937	0,047018573	2	40,75	21,56
0,986	0,047018573	2	40,75	21,56
1,035	0,047018573	2	40,75	21,56

Таблиця 2.18 Приклад логування даних у стабильному стані

Дана таблиця надана для візуалізації порядку даних зліва направо:

Time_sec - секунди від початку експерименту [с]

Gauss - напруженість магнітного поля [Гаус]

Lux - освітленість [Люкс]

tempC_1 та tempC_2 - два датчика температури [°C]

Висновки

У даній роботі фактично зібрано світовий досвід з проектування "Data acquisition system" науково-фізичної конфігурації пристроїв власного проектування, зборки, програмування на основі мікроконтролерів Arduino та програмного забезпечення GUI написаного на MATLAB.

В результаті маємо робочий прототип незалежного програмного забезпечення, яке має власний скомпільований інсталятор і може використовуватися великою кількістю наукових закладів для:

- Проведення надточних експериментальних досліджень
- Необмежена гнучкість в зміні датчиків завдяки швидкознімним роз'ємам
- Важко навіть уявити до яких масштабів можна розширювати арсенал датчиків даного прототипу
- Шина I2C дозволить лише по двом сигнальним дротам взаємодіяти з десятками датчиків
- Компактність та мобільність прототипу дає можливість використати систему збору та обробки даних у складних умовах
- Система може знімати показники систем незалежно від присутності поруч централізованого джерела електроенергії, бо для живлення пристрою досить ноутбука, який можна брати брати з собою.
- Висока енергоефективність до 2,5 вт

Цей прототип є лише демонстрацією можливостей технологій, які так чи інакше, прийдуть в наше життя в найближчому майбутньому, завдяки інтузіастам, подібним до мене, дана галузь може розвинутися до загальнонаукових масштабів. Тоді абсолютно будь-який науковець матиме можливість, приклавши небагато зусиль, практично без фінансової допомоги, проводити моніторинг показників различних фізичних систем під час їх дослідження в будь-якій сфері, від прикладної фізики до біоінженерії.

Список літератури

[1]. Yeong-Chin Chen, Hui-Yu Shen, Hao-Yuan Chen, Chao-Hsing Hsu; "Low Cost Arduino DAQ Development and Implementation on an Android App for Power Frequency Measurement"; IEEE 2016 International Symposium on Computer, Consumer and Control.

[2]. Tiago Francisconi Borges Camargo, Cristian Tomazela Prado, Mônica Ronobo Coutinho, Marcio: "Use of Scilab and Arduino for data acquisition environmental": 2015 IEEE 12th International Conference on Electronic Measurement & Instruments.

[3]. I.O. Misiruk, O.I. Timoshenko, V.S. Taran, I.E. Garkusha;"Data Acquisition System Based on Arduino Platform for Langmuir Probe Plasma Measurements"; International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (YSF-2016).

[4]. Natanael A. V. Simoes, Gracinete B. de Souza;"A Low Cost Automated Data Acquisition System for Urban Sites Temperature and Humidity Monitoring Based in Internet of Things"; IEEE 2016.

[5]. P.P. Machado Jr, T. P. Abud, M.Z.Fortes, B.S.M.C.Borba; "Power factor metering system using Arduino"; 2017 IEEE.

[6] Planning and Installing Photovoltaic Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers. Deutsche Gesellschaft Fur Sonnenenergie (DGS). – 2nd ed. – London: Sterling, VA, 2009. – 384 p.

[7]. Nisha Kashyap; "Design of Low Cost Multi Channel Data Acquisition System for Meteorological Application".

[8]. Altaf Hamed Shajahan and A.Anand, "Data acquisition and control using Arduino-Android Platform: Smart plug", 2013 IEEE

[9]. Pratiksha Sarma, Hidam Kumarjit Singh, Tulshi Bezboruah, "A Real-Time Data Acquisition System for Monitoring Sensor Data"; International Journal of Computer Sciences and Engineering E-ISSN: 2347-2693

[10] Measurement Computing, "Data Acquisition Handbook"0

[11]. Seung Hyeok Shin, "Data Acquisition System using Arduino and MATLAB"; Department of Applied Mathematics, Kumoh National Institute of Technology, Gumi, South Korea; Journal of Innovative Research in IT & Computer Science ISSN - 2456-8074