

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ
Факультет денної форми навчання

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота

**Розробка електронного пристрою управління провітрюванням у
промислових приміщеннях з шкідливими умовами виробництва**

Студент гр. ЕІс3-81к

Д.О. Бедманский

Науковий керівник

к.т.н., доцент

М.П. Матвієнко

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота направлена на розробку електронного пристрою управління провітрюванням у промислових приміщеннях з шкідливими умовами виробництва.

Об'єктом розробки такого пристрою є склади, промислові лінії виробництва та інші промислові приміщення, де є місця скупчення шкідливих речовин і там встановлюється даний електронний пристрій.

Мета роботи – розробка електронного пристрою, який на ранньому етапі скупчення шкідливих речовин міг би попередити та знизити їх концентрацію за допомогою провітрювання.

Для виконання кваліфікаційної роботи, був розроблений необхідний пристрій, який фіксує на ранньому етапі поступове збільшення концентрації шкідливих речовин в повітрі, контролер та радіальний вентилятор, — все це дає можливість підвищити безпеку в промислових приміщеннях.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ, УПРАВЛІННЯ ПРОВІТРЮВАННЯМ, ШКІДЛИВІ РЕЧОВИНИ, РАДІАЛЬНИЙ ВЕНТИЛЯТОР, КОНТРОЛЕР, ДАТЧИК, ПРОМИСЛОВІ ПРИМІЩЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. Аналіз пристроїв управління провітрюванням у промислових приміщеннях з шкідливими умовами виробництва	7
1.1 Аналіз пристрою управління провітрюванням у промислових приміщеннях з шкідливими умовами виробництва, фірми «НПП Єконікс» модель AX03-220.....	7
1.2 Аналіз пристрою управління провітрюванням у промислових приміщеннях з шкідливими умовами виробництва, фірми «AMS» серія IAQ-core.....	8
1.3 Порівняльні критерії швидкості реагування і точності показів та прокачування повітря.....	8
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННИХ ЧАСТИН ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОВІТРЮВАННЯМ У ПРОМИСЛОВОМУ ПРИМІЩЕННІ З ШКІДЛИВИМИ УМОВАМИ ВИРОБНИЦТВА	10
2.1. Установлення вимог, дослідження, розрахунок і вибір датчика....	10
2.2 Установлення вимог, дослідження, розрахунок і вибір мікроконтролера.....	13
2.3 Установлення вимог і вибір вентилятора.....	14
2.4 Алгоритм роботи пристрою.....	14
Блок-схема.....	15

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СХЕМИ ПРИСТРОЮ.....	19
3.1 Схеми обв'язки мікроконтролера та його живлення.....	19
3.2 Схеми обв'язки датчика MQ-135 та його живлення.....	20
3.3 Схеми управління мотором та його живлення.....	21
3.4 Схеми блока управління пристроєм.....	22
ВИСНОВКИ.....	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	25
ДОДАТОК А. Програма мікроконтролера.....	26

ВСТУП

Підвищення шкідливих речовин в приміщеннях призводить до зниження здоров'я та продуктивності працівників на підприємстві і втрати коштів, що ставить цю проблему в один ряд з найбільш актуальними проблемами господарства.

Сучасні засоби управління провітрюванням у промислових приміщеннях з шкідливими умовами виробництва — це комплекс технічних засобів для виявлення шкідливих речовин на ранніх етапах, засобів контролю і сповіщення про підвищення, що здійснюють управління пуском вентилятора для провітрювання, який знижує концентрацію речовин в приміщенні.

Роботи зі створення систем, які працюють на підприємствах зі шкідливими речовинами, розробляються у більшості країн для того, щоб мінімізувати вплив на людину, товар та підприємство. Завдяки тому, що технології не стоять на місці, розробляються нові системи та датчики для розпізнавання шкідливих речовин, застосування мікропроцесорних систем аналізу та обробки сигналу з детектору, яке значно підвисило клас точності пристроїв.

Проведений аналіз показує, що новітні розробки не є сильно придатними для повного вирішення цієї задачі, так як вони виготовляються локально під підприємство і під конкретні умови. Це являє собою перешкоду, так як скоріше за все ці датчики були розроблені разом з побудовою підприємства і вже втратили свою актуальність на сьогодні.

Відомі пристрої, через особливості елементної бази і принципи побудови, не дозволяють ефективно розв'язувати завдання оптимізації, самоконтролю й

діагностування. Для розв'язання цього завдання потрібно, щоб технічні засоби, окрім логічних, мали значні обчислювальні можливості.

РОЗДІЛ 1

Аналіз пристроїв управління провітрюванням у промислових приміщеннях з шкідливими умовами виробництва.

1.1. Аналіз пристрою управління провітрюванням у промислових приміщеннях з шкідливими умовами виробництва, фірми «НПП Єконікс» модель AX03-220 [10]

Цей пристрій служить для вентиляції безпосередньо на робочому місці і підключається до централізованої системи вентиляції, він помічає зміни в повітрі угарних газів, водню та CO₂. Принцип дії газового сенсора базується на використанні хімічної реакції з окислення молекул газу CO. Вихідним сигналом сенсора є генерований мікрострум, величина якого лінійно залежить від концентрації газу CO. Оцінка якості повітря на предмет забруднення робочої зони газами, що виділяються при зварювальних роботах, проводиться на основі аналізу концентрації чадного газу CO на рівнях, до 30ppm та водню H₂, чутливість якого у кілька разів нижче, ніж CO. Використовуваний газовий сенсор є строго селективним до CO та H₂. Датчик AX05-220 має функцію регулювання чутливості в межах від 3ppm (фонова концентрація ЗІ в навколишньому повітрі) до 30ppm по ЗІ і може бути налаштований під різний фоновий рівень якості повітря у виробничому середовищі.

1.2. Аналіз пристрою управління провітрюванням у промислових приміщеннях з шкідливими умовами виробництва, фірми «AMS» серія IAQ-core [11]

Ця серія датчиків може розпізнавати CO₂ та легкі органічні сполуки, такі як спирти, масла та інші легкі сполуки, які будуть знаходитись в приміщенні. Ці датчики з високою точністю можуть розпізнавати концентрацію шкідливих речовин (450-2000ppm). Вони є дуже енергоефективними, бо роблять виміри 1 раз на секунду та швидко реагують на зміни в середовищі, в якому перебувають. Ця серія пристроїв має функцію автоматичної калібровки. Це дозволяє у разі виходу зі строю швидко замінити датчик і далі використовувати установку.

1.3 Порівняльні критерії швидкості реагування і точності показів та прокачування повітря

Швидкість реагування і точність показів. Цей критерій базується на швидкості виявлення шкідливих речовин в приміщенні, подачі сигналу до контролера та запуску вентилятора. Всі пристрої спрацьовують швидко і починають виконувати поставлену задачу по провітрюванню приміщення, але якщо вийшов з ладу датчик, то система не зможе зрозуміти яка концентрація шкідливих речовин в повітрі, тому вона повинна перейти в аварійний режим роботи. Наприклад, «НПП Єконікс» модель AX03-220 [10] зможе функціонувати далі, так як ця система є одною із гілок великої вентиляційної системи, якщо перша вийшла з ладу, то основний вентилятор зможе замінити його і забезпечити вентиляцію повітря на робочому місці. Точність показів у цих датчиків є на високому рівні та відповідає нормам, але датчик «AMS» серія IAQ-core [11] буде більш точним.

Прокачування повітря. У розглянутих пристроях електромотор, який прокачує повітря, працює наступним чином. Якщо він виходить з ладу, ці

пристрої не зможуть функціонувати, так як вони будуть давати сигнал на мотор, а той в свою чергу не зможе виконати команду мікроконтролера, для цього необхідна наявність зворотного зв'язку з електромотором. Наприклад, по струму, але якщо на моторі буде КЗ, той в свою чергу не буде працювати, а також МК може вийти з ладу. Тобто, потрібно мати зворотній зв'язок по індуктивному датчику, щоб МК міг розуміти, що мотор працює. По прокачуванню повітря має перевагу пристрій «НПП Єконікс» модель АХ03-220 [10], бо він може функціонувати сам як окремий пристрій у великій системі вентиляції. Також він має недолік у вигляді релейного виходу.

«AMS» серія IAQ-core [11] — це датчик, який працює з логічним модулем для вбудованих систем, таких як Siemens Logo. Цей модуль отримує сигнал і сам, відштовхуючись від показів датчика, керує вентилятором по запрограмованим параметрам.

Виходячи з цього аналізу, можна сказати: неможливо вибрати конкретний пристрій, але можна комбінувати ці системи. Це підвищить характеристики пристрою і буде найкращим варіантом.

Вартісний критерій. Вартість лише самого датчика «AMS» серія IAQ-core досягає 300 доларів [11]. До нього ще потрібно купити вентилятор та блок керування, а це ще близько 700 доларів.

Вартість пристрою «НПП Єконікс» модель АХ03-220 [10] близько 100 доларів, в цей комплект входить сам датчик і блок керування з релейним виходом.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННИХ ЧАСТИН ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОВІТРЮВАННЯМ У ПРОМИСЛОВОМУ ПРИМІЩЕННІ З ШКІДЛИВИМИ УМОВАМИ ВИРОБНИЦТВА

2.1. Установлення вимог, дослідження і вибір датчика

Датчик (сенсор) потрібен для виявлення шкідливих речовин у повітрі. Він повинен мати велику точність у показанні, не залежати від інших факторів впливу на нього, а також він має бути цифровим, щоб уникнути спотворення сигналу, як це буває в аналогових датчиках.

Був обраний датчик MQ-135 [9] для пристрою, він високоточний, стабільний, широкодіапазонний, проста схема підключення, швидкий відгук та має великий ресурс. Він може контролювати наступні параметри: якість повітря, пари бензину, пари спирту, дим, NH₃, NO_x, CO₂ тощо.

Характеристики датчика

Обраний датчик має наступні характеристики: напруга нагрівача та напруга живлення - $5V \pm 0.1$ постійного або змінного струму, опір нагрівача $33\Omega \pm 5\%$ за кімнатної температури, споживання нагрівача менше 800 мВт, робоча температура від -10°C до 45°C та вологості менше 95%, опір від 30K Ω до 200K Ω . Чутливість датчика зображено на рис.1

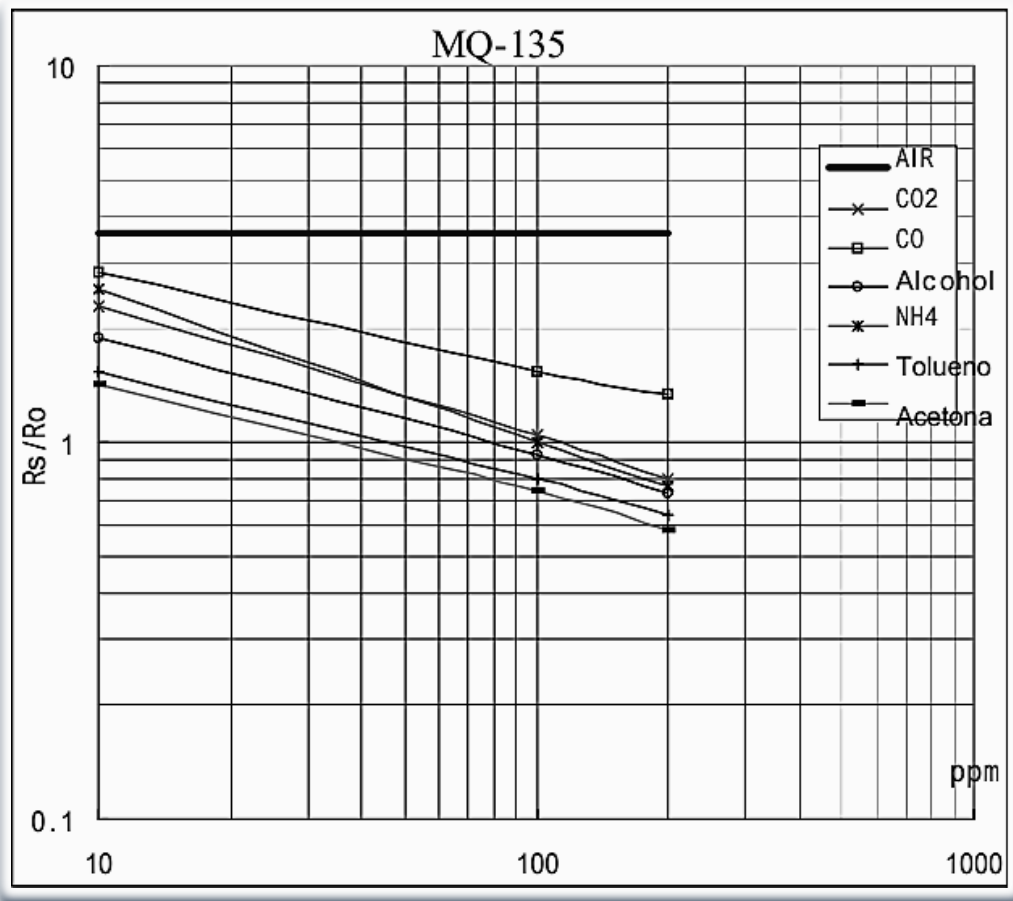


Рис.1

Конструкція самого датчика та схема підключення зображено на рисунку 2.

На рисунку ми бачимо те, що датчик має нагрівний елемент, який в свою чергу нагріває керамічну мікротрубку, у складі трубки знаходиться Al_2O_3 , який чутливий до діоксиду олова (SnO_2) шар, вимірювальний електрод і нагрівач закріплені в скоринці з пластику та сітки з нержавіючої сталі. MQ-135 з оболонкою має 6 контактів, 4 з них використовуються для отримання сигналів. На практиці виводи запаралелюються і отримують сигнал лише з двох запаралелених виводів, а інші два використовуються для забезпечення струмом опалення.

Позначення виводів датчика на рисунку 2:

H – це виводи для нагрівання датчику, їх два.

A - це виводи для отримання сигналу з датчику, їх двоє і їх запаралелюють.

B - це виводи для отримання сигналу з датчику, їх двоє і їх запаралелюють.

На правій частині рисунка 2 ми можемо спостерігати принципову схему підключення датчика до мікроконтролера та його живлення. З лівого боку на схемі до контактів A або B та двох H датчиків підключається живлення 5в постійного або змінного струму, до контактів H та A або B, в залежності від того, який був підключений до цього разом з нагрівного елемента. Між ними включається баластний резистор, яким підлаштовується низькорівневий сигнал для коректності зняття показів.

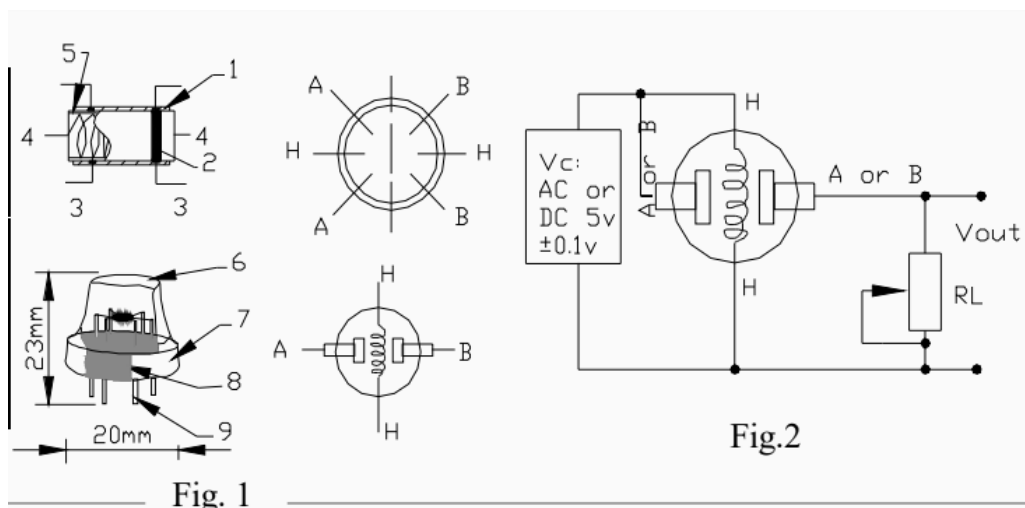


Рис.2

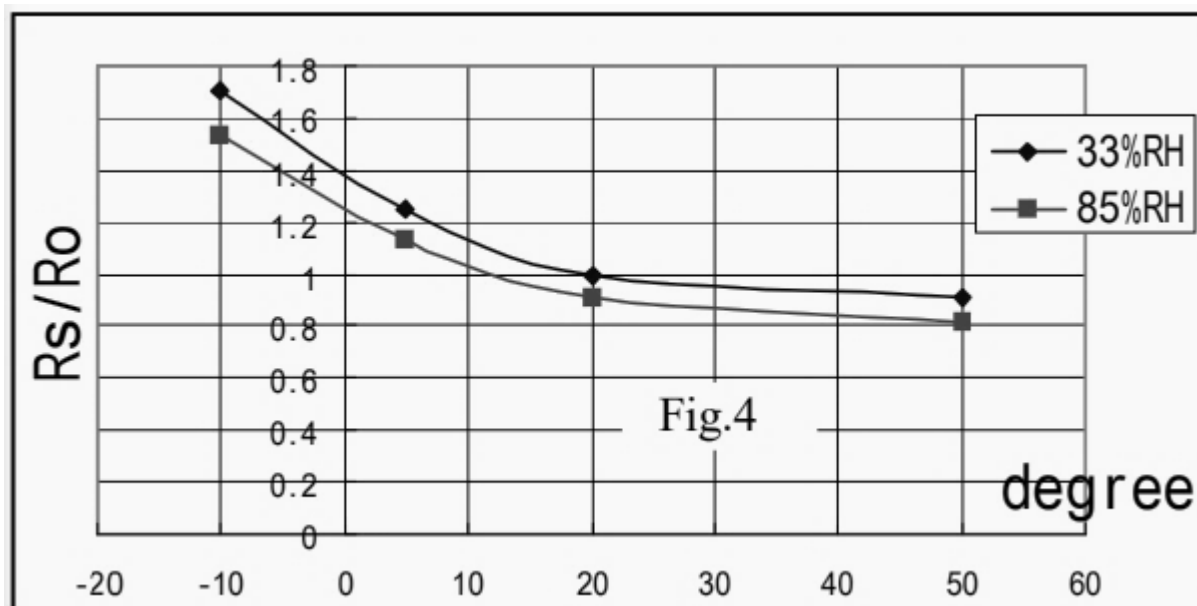


Рис.3

На рисунку 3 показано типову залежність датчика MQ-135 [9] за температурою та вологістю.

R_o : опір датчика при 100 ppm NH_3 в повітрі при 33% RH і 20 град.

R_s : опір датчика при 100 ppm NH_3 при різних температурах і вологості.

2.2 Установлення вимог, дослідження, розрахунок і вибір мікроконтролера.

Мікроконтролер повинен мати аналогові (для підключення більшої кількості вентиляторів) та цифрові виходи, шину I2C, надійність та низьку вартість [1]. Виходячи з цих параметрів, було обрано Atmega328p [12], цей мікроконтролер буде збирати дані з датчика або датчиків, які будуть підключені до нього за допомогою шини I2C. Після обробки сигналу МК буде збільшувати або зменшувати обороти вентилятора [3].

Atmega328p являє собою восьмибітний мікроконтролер, який працює на частоті 20MHz, має робочі температури від $-40^{\circ}C$ до $85^{\circ}C$, шини I2C, SPI і

UART та вбудовану периферію, а саме ШИМ, таку як нам потрібно для управління mosfet-транзистором і регулювання обертів вентилятора.

Для прототипу пристрою можна використати готовий МК з обв'язкою від Arduino модель Nano, у нього такі самі характеристики, від використання його зміниться лише плата, яка буде у кінцевому продукті.

2.3 Установлення вимог і вибір вентилятора.

Вентилятор повинен бути однофазний колекторний з датчиком Холла для керування їм за допомогою ШИМ сигналу через мосфет-транзистор[6].

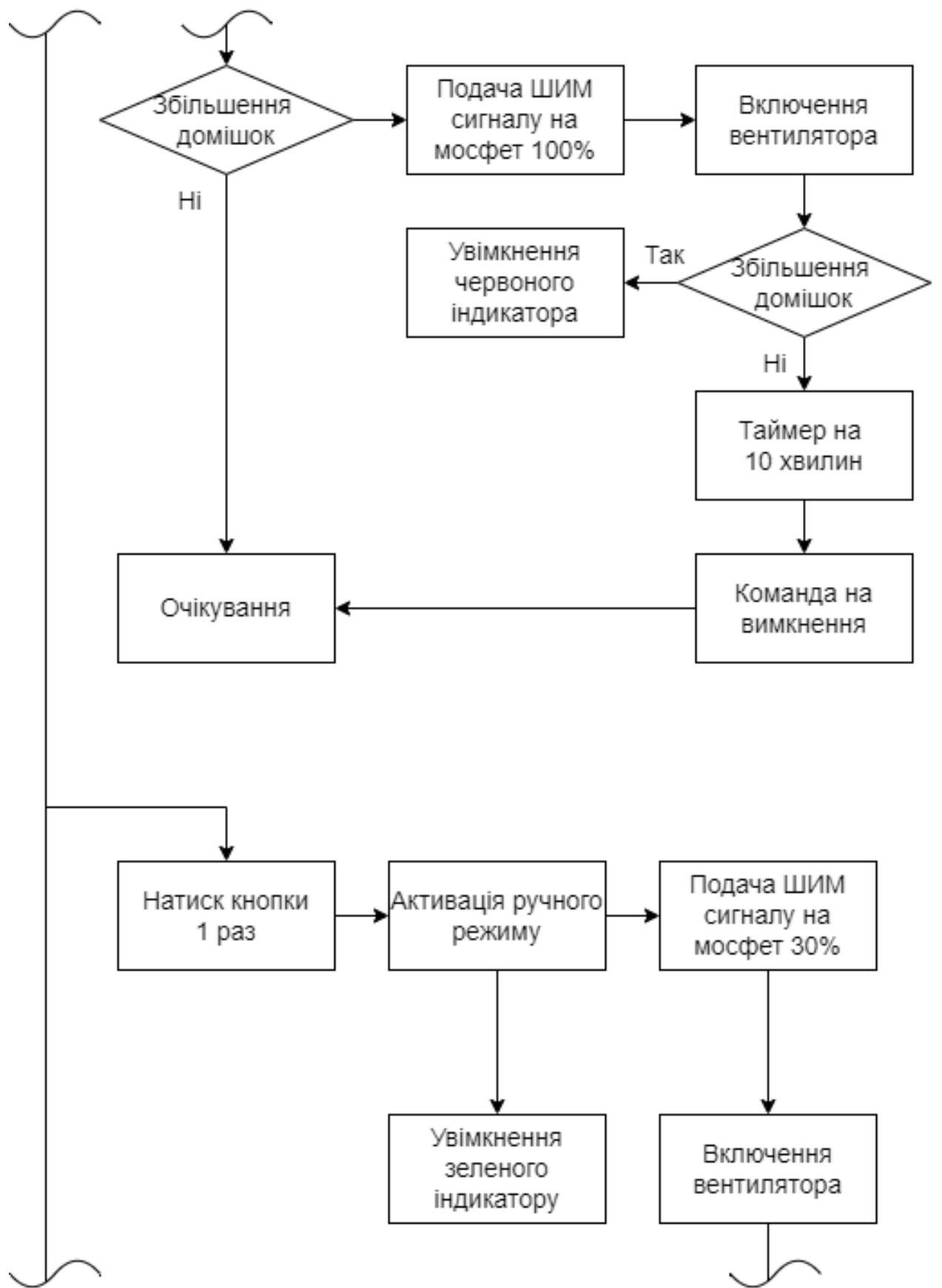
2.4 Алгоритм роботи пристрою

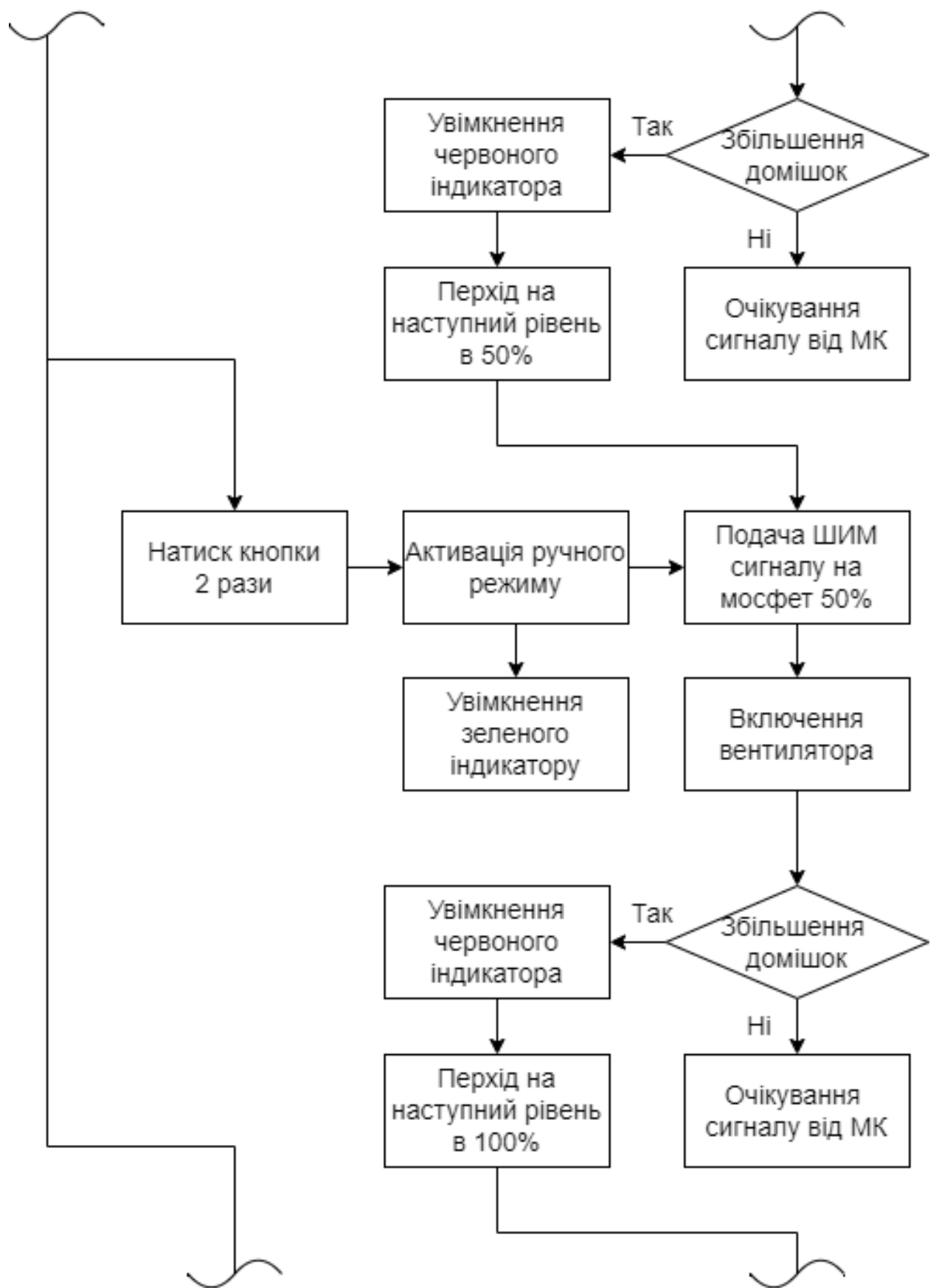
При включенні до мережі пристрою, він запускає перевірку електродвигуна та датчика шкідливих речовин, якщо щось не вийшло на зв'язок (при подачі слабкого сигналу на електромотор, контролер не бачить роботу двигуна або блок керування не бачить сенсора з якого знімає покази), то блок управління видасть сигнал, а саме почне блимати червоним та зеленим світлодіодами. Якщо цей етап перевірки пройдено, то блок керування переходить до звичного режиму роботи, а саме зі збільшенням концентрації шкідливих домішок у повітрі [5], [15] він включає вентиляцію, також є ручний режим, який вмикається людиною на блоці керування. Ручний режим має 3 режими роботи, — це 30, 50, 100% роботи вентилятора, які можна перемикає по колу натиском однієї кнопки, але якщо концентрація шкідливих домішок збільшується, то блок керування перемкне на інший, більш потужний режим. При нормальному режимі роботи (в ручному та автоматичному режимах), на блоці світиться зелений індикатор, який говорить, що з системою все добре і вона працює. Якщо при вентиляції концентрація шкідливих домішок не зменшується або збільшується і вентиляція не справляється з поставленою задачею, то вмикається червоний індикатор, який говорить про те, що система не справляється і потрібно

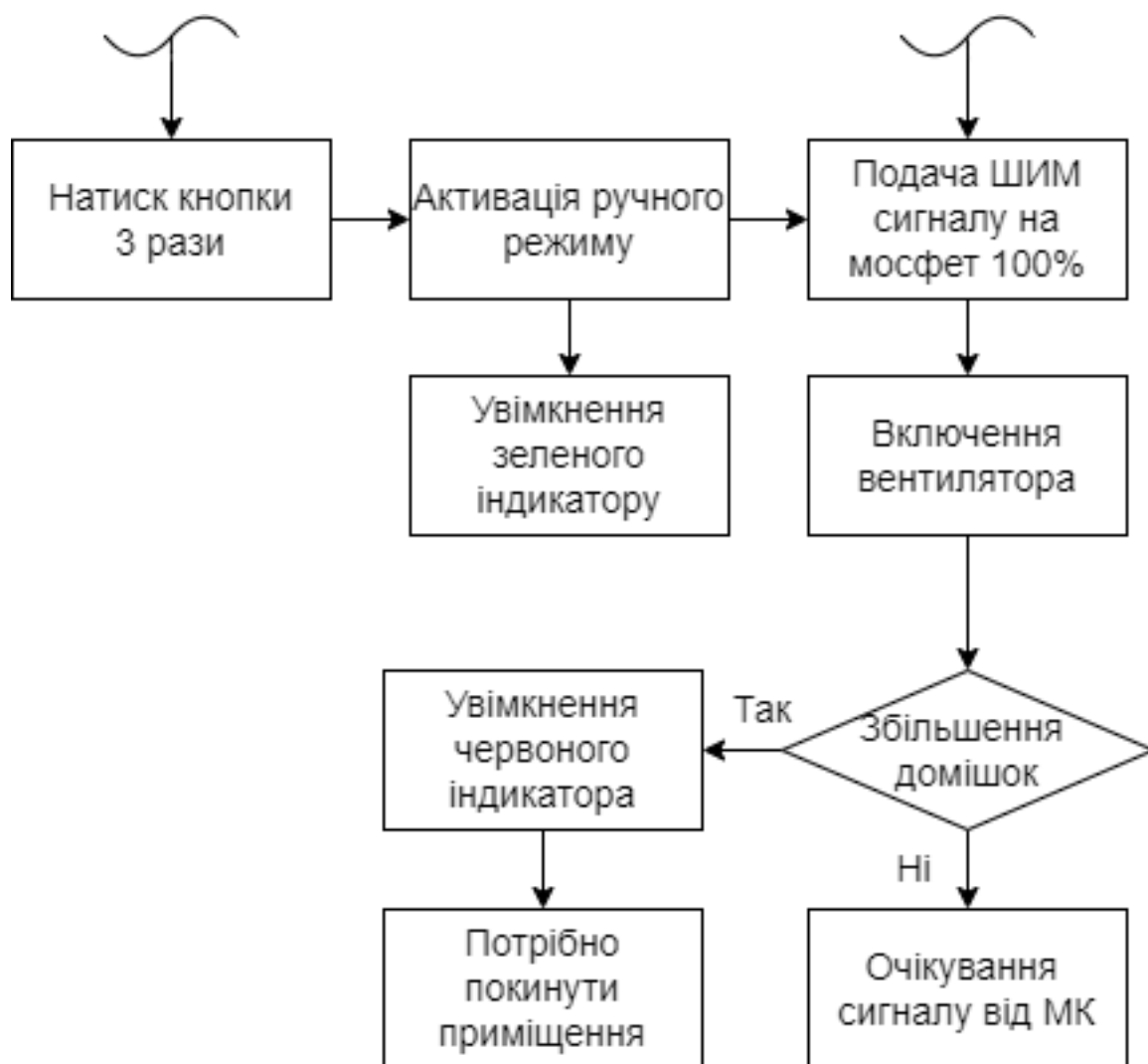
покинути приміщення. При звичайній роботі в автоматичному режимі, вентилятор вимикається через 10 хвилин після зниження концентрації домішок до звичайного рівня [2].

Блок-схема









РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СХЕМИ ПРИСТРОЮ

3.1 Схема обв'язки мікроконтролера та його живлення

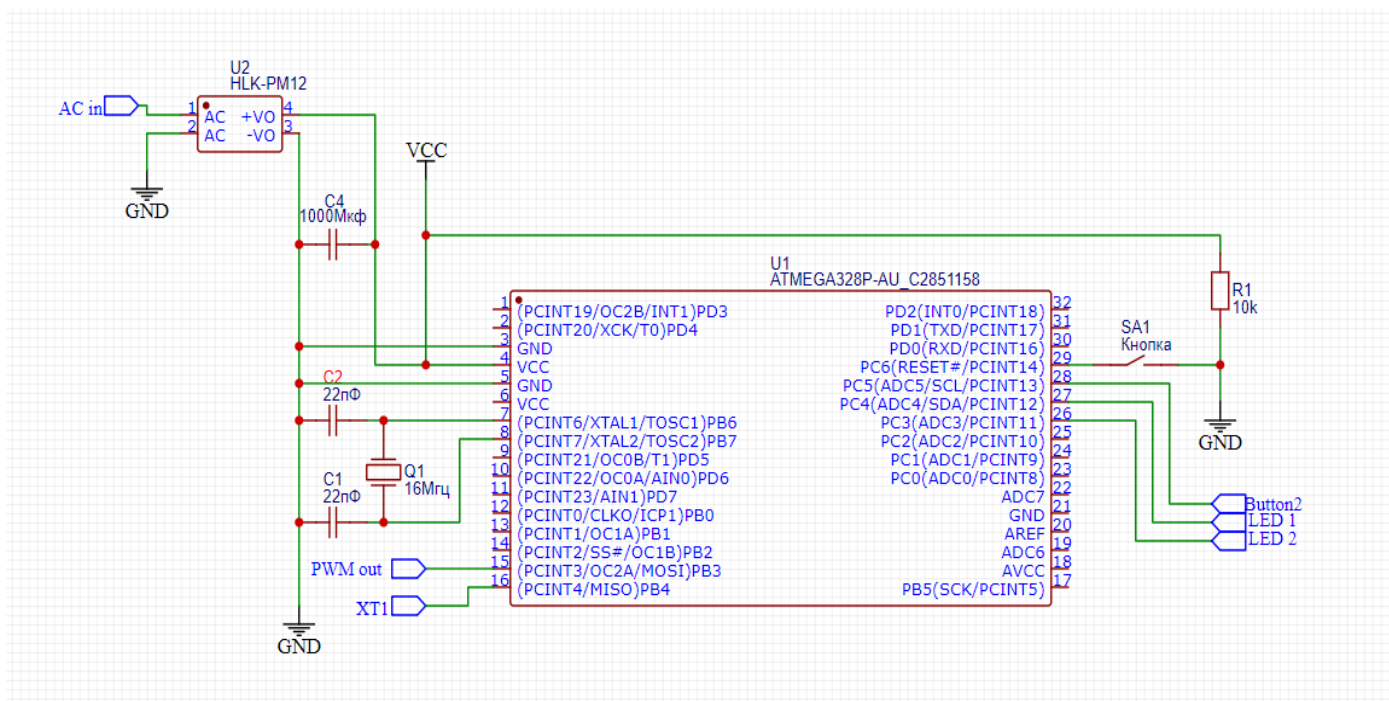


Рис. 4

На схемі, яка зображена на рисунку 4, побудовано обв'язку та живлення мікроконтролера. Він виготовлений в корпусі TQFP-32, в обв'язці використано кварцевий резонатор для забезпечення тактової частоти МК, кнопка для перезавантаження та блок живлення, на вхід якого подається змінний струм, який потім видає постійну напругу 5в, струм до 500мА та є окремим елементом на схемі, так як він виготовляється в корпусі цільного елемента і монтується безпосередньо на плату [4]. Після блока живлення встановлено фільтруючий конденсатор, який фільтрує від радіоперешкод [13], [14].

3.2 Схема обв'язки датчика MQ-135 та його живлення

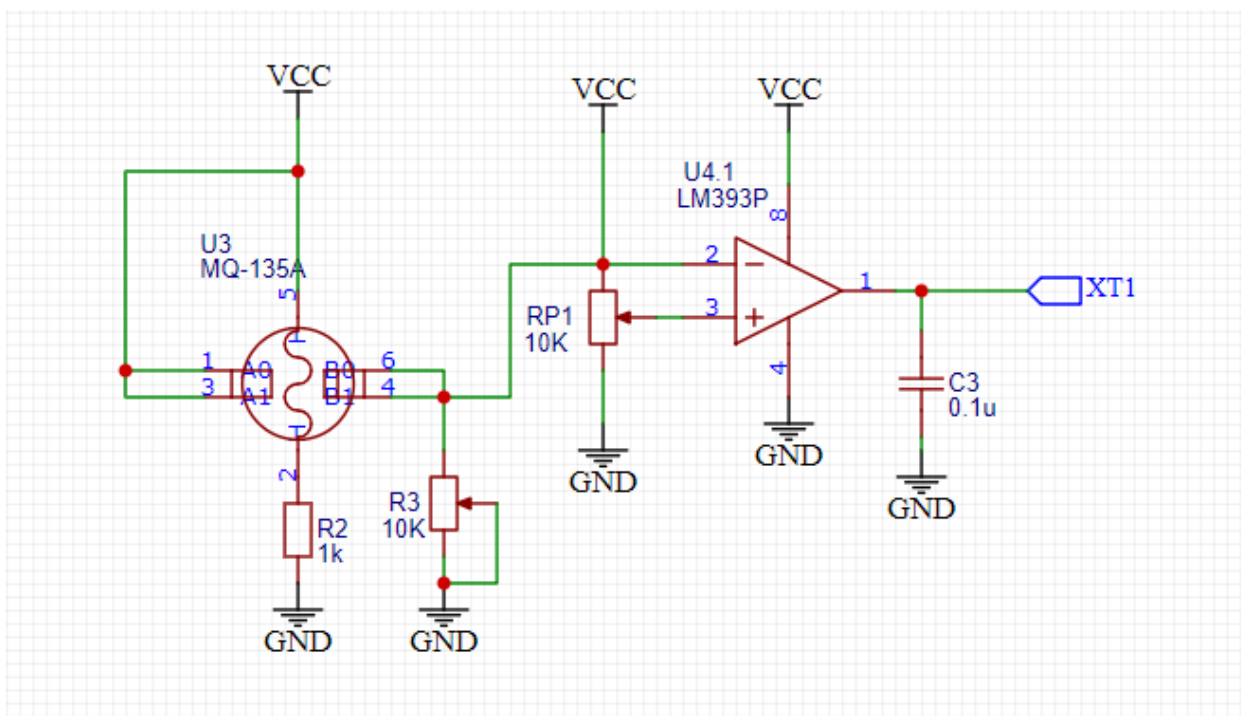


Рис. 5

На рисунку 5 зображена схема підключення датчика до мікроконтролера. За допомогою здвоєного диференціального компаратора LM393р (його схема зображена на рисунку б), який перетворює аналоговий сигнал в цифровий, а він в свою чергу надходить до блоку керування по шині I2C. Підлаштовуючий резистор потрібен для того, щоб відкалібрувати датчик після його інсталяції на плату в ідеальних умовах (виконується один раз при виготовленні приладу). Сам датчик може працювати лише з одним підлаштовуючим резистором, в цьому разі будемо знімати аналоговий сигнал з контактів 1,3 і 4,6 які є запаралелені на схемі, та подавати живлення на нагрівач датчика, на контакти 2 та 5. Всі контакти VCC та GND підключаються відповідно до клем плюс та мінус на блоці живлення[13], [14].

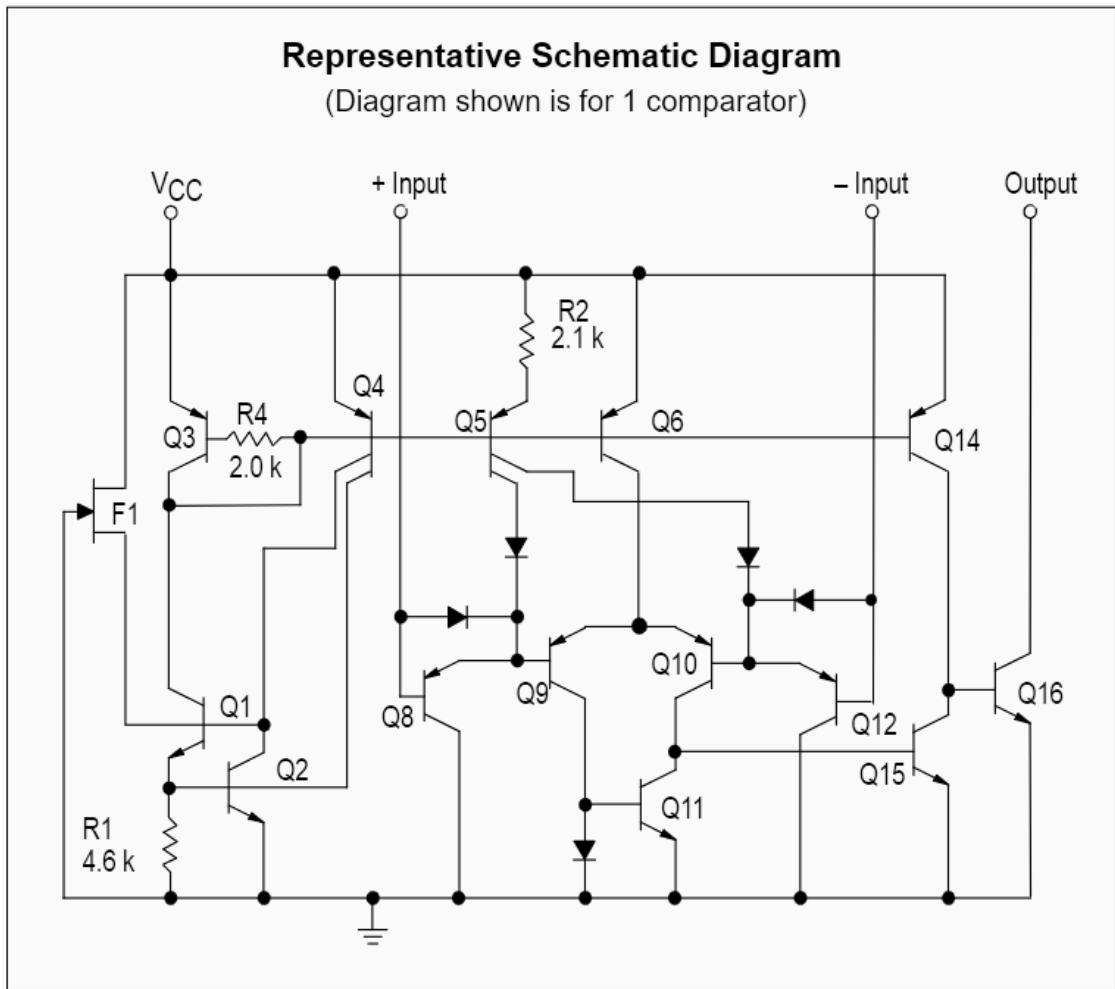


Рис. 6

3.3 Схема управління мотором та його живлення

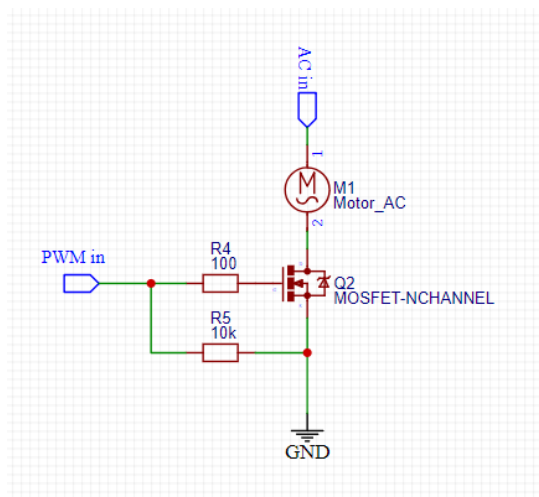


Рис. 7

На рисунку 7 зображено схему управління колекторним електромотором і регулюються оберти двигуна за допомогою N-канального мосфета. Його можна підібрати відповідно до потужності електромотора, але в нашому варіанті використано мосфет IRF614PBF [13], [14]. Цей мофет-транзистор розрахований на напругу до 250 вольт та струм до 2.7 ампер. Цього буде цілком достатньо, так як в більшості промислових приміщеннях використовують електродвигуни для вентиляції не більше 500 Ват, а критичну потужність, яку через себе може пропустити мосфет, ми можемо розрахувати за формулою потужності:

$$P = UI, \quad 250 * 2.7 = 675 \text{ Ватт}$$

Як видно з розрахунків, нам цього мосфета буде цілком достатньо. Якщо ми розрахуємо за звичайних умов по тій самій формулі і потужність двигуна не буде перевищувати 500 Ватт, то отримаємо:

$$I = \frac{P}{U}, \quad \frac{500}{220} = 2.2727A,$$

з розрахунків видно, що потужності мосфет-транзистора буде цілком достатньо для потреб пристрою.

3.4 Схема блока управління пристрою.

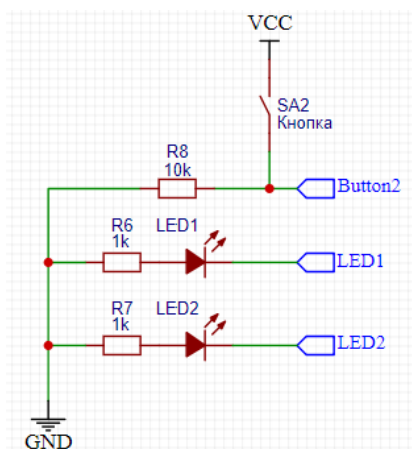


Рис. 8

На рисунку 8 зображена схема, яка є інтерфейсом для взаємодії з людиною[13], [14]. Прилад складається з двох світлодіодів для виведення інформації згідно алгоритмом[8]. До них підключені струмообмежувальні резистори і одна кнопка для того, щоб вибирати режим роботи згідно з обраною програмою[7].

ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи стала розробка електронного пристрою, який на ранньому етапі скупчення шкідливих речовин міг би попередити та знизити їх концентрацію за допомогою провітрювання. Об'єктом розробки такого пристрою є склади, промислові лінії виробництва та інші промислові приміщення, де є місця скупчення шкідливих речовин, саме там встановлюється даний пристрій. Підвищення шкідливих речовин в приміщеннях призводить до зниження здоров'я та продуктивності працівників на підприємстві і втрати коштів, що ставить цю проблему в один ряд з найбільш актуальними проблемами господарства.

У ході кваліфікаційної роботи було проведено аналіз пристроїв та датчиків управління провітрюванням у промислових приміщеннях з шкідливими умовами виробництва, який показав, що більшість пристроїв, через особливості елементної бази і принципи побудови, не дозволяють ефективно розв'язувати завдання оптимізації, самоконтролю й діагностування.

Виходячи з проаналізованих даних у першому пункті, розроблений пристрій відповідає встановленим потребам, а також екологічним нормам, вказаним у МОЗ. Сам пристрій побудований з двох блоків, один з яких - це блок управління, а другий - датчик. Блок керування спілкується по цифровому каналу з датчиком та знімає покази, після чого, виходячи з цих даних, дає команду на мосфет-транзистор, а той у свою чергу вмикає або вимикає вентилятор.

Розроблений пристрій працює в автоматичному та ручному режимах, повністю задовольняє потреби та справляється з поставленими задачами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матвієнко М.П. Комп'ютерна схемотехніка, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2013 - 192с.
2. Матвієнко М.П. Теорія алгоритмів, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2019 - 344с.
3. Глушков В.М. Синтез цифрових автоматів, М.: Издательство «Физматгиз», 1962 - 457с.
4. Матвієнко М.П. Проектування цифрових пристроїв, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2018 - 364с.
5. Купчик М. П., Гандзюк М. П., Степанець І. Ф. та ін. Основи охорони праці. — К.: Основа, 2000. — 416с.
6. «Системы вентиляции и кондиционирования, теория и практика», М. «ЕвроКлимат», 2000г
7. Б'ярн Страуструп, Мова програмування C++ (третє видання), 1997 396с.
8. Седжвік Роберт, Алгоритми C++, 2002 1056с.
9. HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD MQ-135 2008 -- 3с.
10. НПП Єконікс, Датчики диму AX03-220, 2012. – 9с.
11. AMS, IAQ-core, 2015. 22с.
12. ATMEL, Atmega 328p, 2015. -- 294с.
13. Дж.Д. Ленк, Довідник із проектування електронних схем, 1979. – 97с\
14. EasyEDA, EasyEDA Tutorial, 2020. – 266с.
15. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних та біологічних речовин у повітрі робочої зони МОЗ України; Наказ, Регламент від 14.07.2020 № 1596

ДОДАТОК А

Програма мікроконтролера[7], [8]

```
#include <MQ135.h>
```

```
#include <PWM.h>
```

```
long POROG = 0;
```

```
long Button = 0;
```

```
long temps1=0 ;
```

```
long temps2=0 ;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode(16, INPUT_PULLUP);
```

```
  pinMode(15, OUTPUT);
```

```
  pinMode(28, INPUT_PULLUP);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  Serial.println(digitalRead(16));
```

```
  POROG = digitalRead(16);
```

```
  if (POROG < 0) {
```

```
    for (int count = 0; count < 1000; count++) {
```

```
      delay(1000);
```

```
      pinMode(27, OUTPUT);
```

```
      digitalWrite(27, 1);
```

```
      pinMode(26, OUTPUT);
```

```
      digitalWrite(26, 0);
```

```
      if ((millis()-temps1)>=1*1000) {
```

```

    temps1=millis();
    pinMode(27, OUTPUT);
    digitalWrite(27, 0);
    pinMode(26, OUTPUT);
    digitalWrite(26, 1);
  }
}
} else {
  pinMode(27, OUTPUT);
  digitalWrite(27, 1);
  POROG = map(POROG, 0, 1, 0, 255);
  analogWrite(15, 255);
}
if (digitalRead(28) == 0 & Button == 0) {
  Button = 1;
  delay(200);
}
if (digitalRead(28) == 0 & Button == 1) {
  Button = 2;
  delay(200);
}
if (digitalRead(28) == 0 & Button == 2) {
  Button = 3;
  delay(200);
}
if (digitalRead(28) == 0 & Button == 3) {
  Button = 4;
  delay(200);
}
}
if ((millis()-temps2)>=2*1000) {

```

```
temps2=millis();
if (Button == 1) {
  pinMode(27, OUTPUT);
  digitalWrite(27, 1);
  analogWrite(15, 77);
}
if (Button == 2) {
  pinMode(27, OUTPUT);
  digitalWrite(27, 1);
  analogWrite(15, 128);
}
if (Button == 3) {
  analogWrite(15, 255);
  pinMode(27, OUTPUT);
  digitalWrite(27, 1);
}
if (Button == 4) {
  pinMode(27, OUTPUT);
  digitalWrite(27, 1);
  analogWrite(15, 0);
}
}
pinMode(27, OUTPUT);
digitalWrite(27, 1);
Button = 0;
}
```