

БЕЗДРОТОВИЙ ДАТЧИК ДИМУ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Коломійчук Є.В., магістрант, Король С.В., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. «Розумний будинок» – це система контролю і управління за будинком чи квартирою. Система цікава тим, що контроль за нею здійснюється просто і зручно – за допомогою сенсорних панелей управління або мобільного телефону. У систему розумний будинок інтегруються буквально всі пристрої для розваг, безпеки, створення комфорту і затишку. Треба визнати, що інженери і розробники системи «розумний будинок» відкрили нову сторінку в історії домашніх технологій. Ця система управляє всіма необхідними в побуті компонентами автоматично, а також в ручному режимі, повністю виправдовуючи концепцію своєї назви «розумний дім».

Великі будинки чи квартири завжди вимагають певного рівня інтеграції домашнього обладнання в єдину систему управління. Управління світлом, аудіо-, відео-, комунікаціями і безпека є практичною необхідністю, при цьому економиться енергія і забезпечується високий рівень комфорту і безпеки. Розумний будинок забезпечує безперебійне функціонування компонентів в повній синхронізації, управляються з однієї сенсорної панелі чи мобільного пристрою, будучи запрограмованими під потреби користувача.

Будь-який будинок, будь-то адміністративний, виробничий або житловий складається з деякого набору підсистем, що відповідають за виконання певних функцій, які забезпечують функціонування будівлі. Однією з таких систем є протипожежна охорона будинку чи окремого приміщення, яка при детектуванні увімкне сирену чи повідомить власників та відповідні служби.

Датчики для протипожежних систем, які використовують універсальний інтерфейс для підключення до центрального модулю протипожежної системи мають досить високу ціну, а ті що дешевші, мають мінімальний набір функцій і можуть підключатись тільки до центрального модулю одного типу. Тому в даній роботі представлено розробку альтернативного недорогого датчика з розширеним функціоналом.

Мета роботи. Розробка функціональної схеми недорогого датчика диму з безпроводним інтерфейсом для інтеграції в систему автоматизації будівлі, можливістю підзарядки та підключення до комп'ютеру для зчитування журналу тривоги, проведення тестування і калібрування.

Матеріали дослідження. Передача сигналу тривоги від датчика диму до центрального контролера систему автоматизації будівлі можлива різноманітними способами: окремими електричними сигналами, через фізичну цифрову мережу чи безпроводним способом. Це забезпечує обмін інформацією та командами між датчиком та центром керування. В основному передають пакети даних, в яких крім інформації про вимірювальний сигнал міститься різна сервісна інформація, заряд батареї, рівень зв'язку, стан системи. При виборі

інтерфейсу взаємодії з центральним контролером було розглянуто найбільш поширені в автоматизації будівель стандарти передачі даних.

Instabus (EIB). Стандарт EIB (European Installation Bus – Європейська інсталяційна шина) розроблений асоціацією EIBA для автоматизації житла і малих об'єктів. Основними виробниками цих пристроїв EIB виступають компанії ABB, Berker, Gira, Jung, Merten, Siemens. Мережа шинного типу EIB за допомогою одного двожильного кабелю об'єднує всі елементи системи автоматизації будівлі, і забезпечує обмін пакетами даних між ними, тому система вирізняється високою гнучкістю і надійністю. У EIB досить широкі можливості з розширення, додавання та перепрограмування окремих елементів вже функціонуючого на базі EIB «розумного будинку».

LonWorks. Ще один стандарт LonWorks підтримується асоціацією EIBG (European Intelligent Building Group), до якої входять компанії TAC, Andover Controls, Honeywell, Johnson Controls. Перевагою стандарту є можливість побудови мережі за принципом вільної топології. Головною особливістю є те, що доступ до керування подібною мережею можна отримати майже з будь-якої точки такої системи. За допомогою архітектури LonWorks можна здійснювати контроль і регулювання таких функцій, як опалення, кондиціонування, вентиляція, зволоження повітря, підігрів підлоги, охоронна і пожежна сигналізація, управління світлом.

AMX i Crestron. AMX i Crestron – американські централізовані системи. Всі функції обробки інформації зосереджені в одному місці – потужному комп'ютері, що працює на власній операційній системі. Комп'ютер приймає сигнали з усіх датчиків і вимикачів і пересилає їх на прилади керування. По суті це різновид локальної комп'ютерної мережі, яка може бути як провідною так і безпровідною. Централізовані системи надають власнику великі можливості та високу надійність. Проте вихід з ладу центрального комп'ютера призводить до блокування всіх підсистем автоматизації будівлі.

LPD433. Метод передачі інформації на частотах діапазону 433,05 – 434,79 МГц. У більшості країн світу в цьому діапазоні дозволена робота пристроїв без спеціальних дозволів і ліцензій за умови дотримання деяких обмежень (використання вбудованої антени з коефіцієнтом підсилення не більше 0dBi, обмеження потужності випромінювання). В Україні на безліцензійній основі у LPD діапазоні дозволена робота радіо- та радіопереговорних пристроїв, пристроїв телеметрії та дистанційного керування з обмеженням потужності у 10 мВт, та пристроїв медичного призначення з обмеженням потужності у 1кВт.

Серед існуючих протоколів провідної та безпровідної передачі даних, було обрано стандарт LPD433 з частотою передачі 433 МГц. Перевагою даного способу є простота монтажу, можливість шифрування каналу зв'язку, відправка пакетів даних з інформацією на відстань до 100 метрів без втрати інформації, можливість налаштування реєстрації пристрою по радіозв'язку та невелике споживання потужності при передачі інформації.

При розробці функціональної схеми стандартні вимоги до безпровідних датчиків були доповнені і сформульовані в наступному вигляді:

- мале споживання струму, що дозволить забезпечити великий час автономної роботи;
- живлення від змінного елемента живлення із можливістю підзарядки;
- шифрування інформації, що передається по радіозв'язку;
- можливість підключення до комп'ютера для зчитування журналу тривоги, проведення діагностики і калібрування.

На основі зазначених вимог була розроблена функціональна схема датчика диму на базі мікроконтролера STM32, яка зображена на рис. 1.

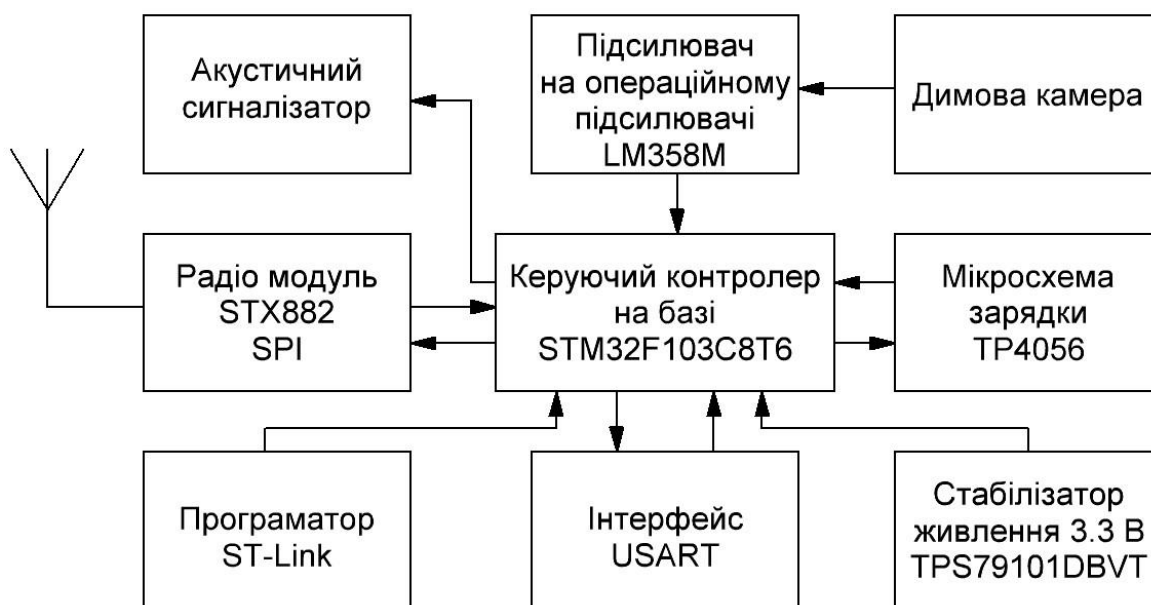


Рисунок 1 – Функціональна схема датчика диму

Керуючий контролер реалізовано на контролері фірми ST Microelectronics – STM32F103C8T6 [1] з ядром ARM 32 Cortex-M3. Даний контролер має три апаратних UART, два I2C та два SPI, USB 2.0, CAN інтерфейси. 7 – каналний DMA, SWD та JTAG для прошивання, годинник реального часу, ADC та три 16-бітних таймера. Цього функціоналу достатньо для реалізації на ньому датчика диму. Програмно можна час від часу переводити контролер у сплячий режим, що додатково зменшить споживання струму та продовжити час роботи від акумулятора.

Вимірювання рівню диму виконується за допомогою димової камери, в якій знаходиться інфра-червоний світлодіод та фотодіод і підсилювача аналогового сигналу, який реалізований на двоканальному операційному підсилювачі LM358M [2] фірми Texas Instruments, рис. 2. Рівень чутливості залежить від значень R_f та C_f .

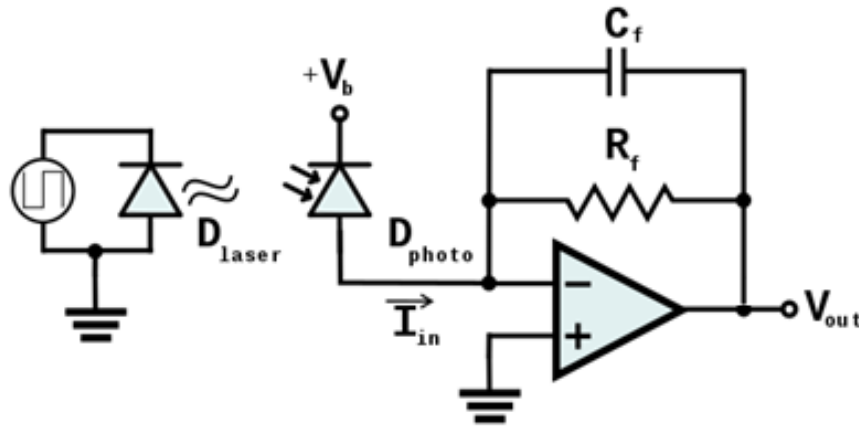


Рисунок 2 – Трансїмпедансний підсилювач з фотодіодом

Залежно від цих параметрів, схема реагуватиме на різну концентрацію диму у повітрі. Рівень визначається дослідним шляхом.

Спосіб детектування диму побудований по схемі транс-їмпедансного підсилювача. Даний спосіб базується на перетворенні струму в напругу, за допомогою операційних підсилювачів. Існує багато різних конфігурацій трансїмпедансних підсилювачів, кожна з яких підходить для якогось конкретного використання. Одна загальна риса – це перетворення струму низького рівня в напругу. Підсилення, смуга пропускання, вхідний струм та напруга зміщення задається обов'язкою самого операційного підсилювача.

У схемі, показаній на рис. 2, фотодіод (показаний як джерело струму) підключений між землею і інвертуючим входом операційного підсилювача. Інший вхід операційного підсилювача також підключений до землі. Це забезпечує низькоомне навантаження для фотодіода, яке підтримує низьку напругу фотодіода. Фотодіод працює в фотоелектричному режимі без зовнішнього зміщення. Велике підсилення операційного підсилювача підтримує струм фотодіода рівним току зворотного зв'язку через R_f . Вхідна напруга зсуву фотодіода дуже низька в цьому самозміщеному фотоелектричному режимі. Ця конфігурація використовується з фотодіодами, які освітлюються з низьким рівнем інтенсивності і вимагають великого підсилення.

Акустичний сигналізатор (зумер) підключається до ШІМ виводу контролера через підсилюючий транзистор (наприклад BC547).

Живлення датчика здійснюється від акумулятора з напругою 5В і ємністю 2500 мА*г. Для живлення контролера напругою 3.3 В, в схемі використовується стабілізатор TPS7901DBVT фірми Texas Instruments. Схему підключення використовується та що представлена в документації до даної мікросхеми [3].

Зарядку акумулятора реалізовано на мікросхемі TP4056 [4]. Щоб забезпечити можливість зарядки акумуляторів на плату додано miniUSB роз'єм, контакти якого підключені до мікросхеми заряду. Дана мікросхема призначена для зарядки Li-Ion та Li-Po акумуляторів з захистом. Мікросхема виготовляється з вбудованим термодатчиком, таким чином схема та акумулятор захищається від надмірного струму або неправильного режиму роботи мікросхеми зарядки. Корпус мікросхеми типу SOP-8, має на нижній поверхні металічний

теплообмінник не з'єднаний з контактами, що забезпечує гарне тепловідведення і дозволяє заряджати акумулятори струмом до 1А. Значення струм налаштовується струмозадаючим резистором. По стандартній схемі включення, рекомендованій виробником, додається 2 світлодіода, що повідомляють про повний заряд або процес зарядки акумулятора. В датчику використана схема підключення від виробника [4].

Передача інформації. Датчик має змогу працювати повністю автономно (якщо втрачено зв'язок з центральним контролером), тобто при наявності диму автоматично включити звуковий сигналізатор. Для можливості інтеграції в систему “розумний будинок”, на платі передбачено радіомодуль STX882 [5] з робочою частотою 433 МГц. Даний модуль підключається до контролера по SPI інтерфейсу. Працює від напруги 3.3 В та з споживанням 90 нА. Кількість каналів, що підтримує радіомодуль – 128. Відстань прийому/передачі даних: 100 метрів пряма видимість, 30 метрів – приміщення.

Програмування контролера STM32F103C8T6 відбувається за допомогою SWD інтерфейсу, та програматора ST-LINK.

Інтерфейс USART використовується для моніторингу роботи контролера за допомогою комп'ютера.

За представленою функціональною схемою у програмному забезпеченні Altium Designer 2017 розроблено схему та топологію плати для створення тестового зразка.

Висновок: Представлено функціональну схему автономного датчику диму, який має можливість інтеграції в систему автоматизації будівель на основі безпровідного інтерфейсу LPD433. Додатково датчик має низьке енергоспоживання, можливість підзарядки акумулятора, діагностики за допомогою стандартного інтерфейсу USART та шифрування даних при безпровідній передачі.

Перелік посилань:

1. Контролер STM32F103C8T6 // Сайт виробника / документація / 2015. 117с. URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf>. (дата звернення 06.11.20).
2. Операційний підсилювач LM358M // Сайт виробника / документація / 2014. 40с. URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm158-n.pdf>. (дата звернення 06.11.20).
3. Лінійний регулятор напруги з малим споживанням TPS7901DBVT // Сайт виробника / документація / 2019. 24с. URL: - <http://www.ti.com/product/tps79018>. (дата звернення 06.11.20).
4. Лінійний літій-іонний зарядний пристрій з терморегулюванням TP4056 // Сховище документації / 2018. 3с. URL: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>
5. Радіомодуль STX882 // Сайт виробника / документація / 2017. 6с. URL: <https://www.nicerf.com/Upload/ueditor/files/2018-04-17/STX882%20100mW%20high%20power%20ASK%20transmitter%20module%20V2.1-806bb8b1-c968-40cb-bb57-9eb84d106858.pdf> (дата звернення 06.11.20).