

Практична робота №4

Дослідження оптичного датчика перешкоди (WCMCU) на STM32

Мета: дослідження принципу роботи та способів підключення оптичного датчика перешкоди (IR obstacle sensor WCMCU/LM393) до мікроконтролера STM32. Реалізація опитування, переривань та обробки сигналу з індикацією результатів.

Теоретичні відомості

Електрооптичні датчики – це електронні детектори, які перетворюють світло або зміну світла на електронний сигнал. Ці датчики здатні виявляти електромагнітне випромінювання від інфрачервоного до ультрафіолетового діапазону довжин хвиль. Вони використовуються в багатьох промислових та споживчих сферах, наприклад:

- Лампи, що вмикаються автоматично в реакції на темряву;
- Датчики положення, що активуються, коли об'єкт перериває світловий промінь;
- Виявлення спалаху для синхронізації одного фотоспалаху з іншим;
- Фотоелектричні датчики, що виявляють відстань, відсутність або присутність об'єкта.

Оптичний датчик перетворює світлові промені на електронні сигнали. Він вимірює фізичну кількість світла, а потім перетворює її у форму, яку можна зчитати за допомогою приладу. Оптичний датчик, як правило, є частиною більшої системи, яка об'єднує джерело світла, вимірювальний пристрій та оптичний датчик. Він часто підключений до електричного тригера. Тригер реагує на зміну сигналу всередині світлового датчика. Оптичний датчик може вимірювати зміни від одного або кількох світлових променів. Коли відбувається зміна, світловий датчик працює як фотоелектричний тригер і тому або збільшує, або зменшує електричний вихід. Оптичний перемикач дозволяє вибірково перемикати сигнали в оптичних волокнах або інтегральних оптичних схемах між схемами. Оптичний перемикач може працювати механічними засобами або за допомогою електрооптичних ефектів, магнітооптичних ефектів та інших методів.

Існує багато різних видів оптичних датчиків, найпоширенішими типами є:

- Фотопровідні прилади перетворюють зміну падаючого світла на зміну опору;
- Фотоелектричні елементи, широко відомі як сонячні елементи, перетворюють певну кількість падаючого світла на вихідну напругу;
- Фотодіоди перетворюють певну кількість падаючого світла на вихідний струм.

Фототранзистори – це тип біполярного транзистора, в якому перехід база-колектор піддається впливу світла. Це призводить до такої ж поведінки, як фотодіод, але з внутрішнім коефіцієнтом посилення.

Оптичні перемикачі зазвичай використовуються в оптичних волокнах, де електрооптичний ефект використовується для перемикання одного кола на інше. Ці перемикачі можуть бути реалізовані, наприклад, за допомогою мікроелектромеханічних систем або п'єзоелектричних систем.

Електрооптичні датчики використовуються щоразу, коли потрібно перетворити світло на енергію. Через це електрооптичні датчики можна побачити майже будь-де. Поширеними сферами застосування є смартфони, де датчики використовуються для регулювання яскравості екрана, та розумні годинники, в яких датчики використовуються для вимірювання серцебиття користувача.

Оптичні датчики можна знайти в енергетичній галузі для моніторингу структур, які генерують, виробляють, розподіляють та перетворюють електроенергію. Розподілена та непровідна природа оптичних волокон робить оптичні датчики ідеальними для застосування в нафтогазовій галузі, включаючи моніторинг трубопроводів. Їх також можна знайти в моніторингу лопатей вітрових турбін, моніторингу морських платформ, моніторингу ліній

електропередач та моніторингу свердловин. Інші застосування включають цивільну та транспортну галузі, такі як моніторинг мостів, злітно-посадкових смуг аеропортів, дамб, залізниць, літаків, крил, паливних баків та корпусів суден.

Серед інших застосувань, оптичні перемикачі можна знайти в термічних методах, які змінюють показник заломлення в одній частині інтерферометра для перемикання сигналу, підходах MEMS, що включають масиви мікродзеркал, які можуть відхиляти оптичний сигнал до відповідного приймача, п'єзоелектричних рідких кристалах, що керують променем, які обертають поляризоване світло залежно від прикладеного електричного поля, та акустооптичних методах, які змінюють показник заломлення в результаті деформації, викликані акустичним полем для відхилення світла.

Ще одним важливим застосуванням оптичного датчика є вимірювання концентрації різних сполук за допомогою видимої та інфрачервоної спектроскопії.

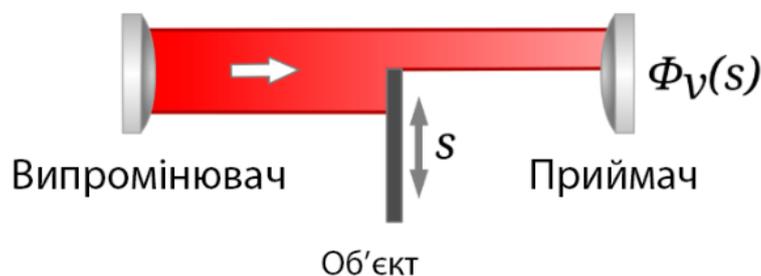


Рис.4.1 – Принцип роботи оптичного датчика перешкоди.

Ліворуч розташовано **випромінювач**, який формує спрямований світловий потік (зазвичай інфрачервоний). Промінь поширюється вздовж оптичної осі у напрямку **приймача**, розташованого праворуч. Світловий потік позначено червоною смугою зі стрілкою, що вказує напрям передавання випромінювання. Між випромінювачем і приймачем знаходиться **об'єкт**, який може частково або повністю перекривати світловий промінь. Параметр s характеризує просторове положення або переміщення об'єкта в зоні контролю. Унаслідок зміни координати s змінюється інтенсивність світлового потоку, що досягає приймача. Функція $\Phi_V(s)$ відображає залежність фотометричного потоку на приймачі від положення об'єкта. При повному перекритті променя значення Φ_V зменшується до мінімуму, тоді як при відсутності перешкоди фотопотік є максимальним. Таким чином, схема ілюструє принцип перетворення механічного переміщення об'єкта у зміну світлового сигналу, що надалі може бути оброблений електронною системою вимірювання або керування.

Може використовуватися для вимірювання швидкості обертання за допомогою диска з прорізами або як датчик перешкоди. Принцип-визначення об'єкта (перешкоди) між прорізами. Так само цей модуль можна використовувати в якості високоточного кінцевого датчика положення (ENDSTOP). На платі встановлений пороговий компаратор напруги для отримання вихідного сигналу з крутими фронтами. Від інших аналогічних датчиків відрізняється компактними розмірами.

- Напруга живлення: 3,3 В-5В
- Ширина паза датчика: 6 мм;

- Тип виходу: аналоговий і цифровий
- Індикатор: стан виходу

Хід виконання роботи

1. Підключити оптичний датчик перешкоди ознайомившись з технічною документацією;
 - 1.1 Відповідно до документації STM32 знайти потрібні та вільні пini та підключити датчик;
 - 1.2 Налаштувати вільний pin як GPIO_Input та підключити до нього інформаційний pin з оптичного датчика перешкоди. Живлення та заземлення взяти з pinів борди. Червоний колір на датчику сигналізує про справність роботи.
 - 1.3 В технічній документації знайти пini, що відповідають за світлодіоди на платі та налаштувати на вивід.
 - 1.4 Перевірити правильність підключення написавши код у циклі **while**:

```

if (HAL_GPIO_ReadPin(GPIOin, GPIO_PIN_Pin) == GPIO_PIN_RESET)
{
    // перешкода є
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOin, GPIO_PIN_Pin, GPIO_PIN_SET);
}
else
{
    // перешкоди немає
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOin, GPIO_PIN_Pin, GPIO_PIN_RESET);
}

```

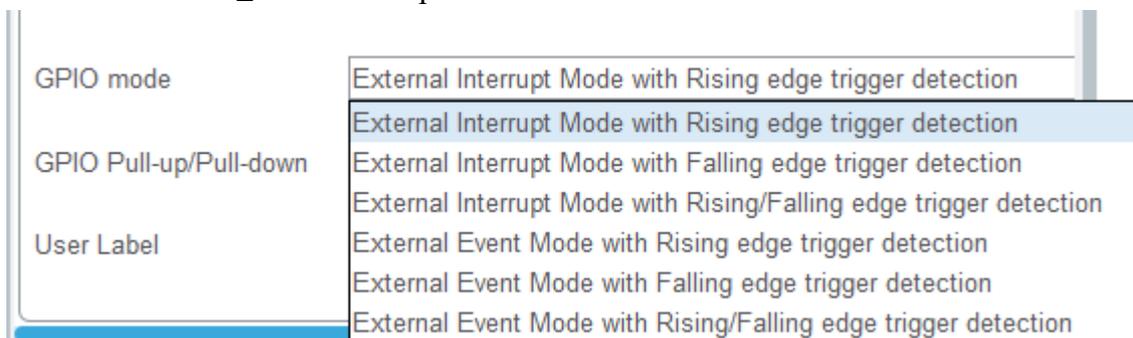
У випадку виявлення перешкоди світлодіод на датчику має згаснути, а на борді вибраний світлодіод загорітись. Зробити висновки, що до реалізації такого підходу.

2. Реалізувати зчитування даних з оптичного датчика перешкоди через зовнішні переривання, щоб зменшити навантаження на CPU та знизити енергоспоживання;

У випадку оптичного датчика:

- поява перешкоди → формується фронт сигналу;
- зникнення перешкоди → формується протилежний фронт;
- переривання викликається лише при зміні рівня.

2.1 Для увімкнення зовнішніх переривань налаштувати інформаційний pin з режиму GPIO_Input на GPIO_EXTI0. В налаштуваннях GPIO-> Configuration обрати pin котрий налаштований як GPIO_EXTI0 та обрати GPIO mode:



External Interrupt Mode with Rising edge trigger detection — генерує апаратне переривання при переході сигналу з логічного нуля в одиницю, тобто при фронті 0→1, після чого контролер передає керування в обробник переривання.

External Interrupt Mode with Falling edge trigger detection — генерує переривання при переході сигналу з логічної одиниці в нуль, тобто при фронті 1→0, що часто використовується для датчиків з активним низьким рівнем.

External Interrupt Mode with Rising/Falling edge trigger detection — генерує переривання при будь-якій зміні рівня сигналу, як при переході 0→1, так і при переході 1→0, що дозволяє фіксувати як появу, так і зникнення події.

External Event Mode with Rising edge trigger detection — формує внутрішню подію при переході сигналу з нуля в одиницю без входу процесора в обробник переривання, що використовується для пробудження або апаратного тригерування інших модулів.

External Event Mode with Falling edge trigger detection — створює подію при переході сигналу з одиниці в нуль без виконання програмного обробника, дозволяючи використовувати сигнал для апаратної синхронізації або wake-up режимів.

External Event Mode with Rising/Falling edge trigger detection — формує подію при будь-якій зміні рівня сигналу без виклику переривання, забезпечуючи апаратне реагування системи без втручання центрального процесора.

В даному випадку **External Interrupt Mode with Rising/Falling edge trigger detection** так як потрібно відслідковування появу та зникнення об'єкта.

2.2 Увімкнути в NVIC -> EXTI line0 interrupt:

NVIC Interrupt Table	Enabled	Preemption Priority
Non maskable interrupt	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Hard fault interrupt	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Memory management fault	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Pre-fetch fault, memory access fault	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Undefined instruction or illegal state	<input checked="" type="checkbox"/>	0
System service call via SWI instruction	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Debug monitor	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Pendable request for system service	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Time base: System tick timer	<input checked="" type="checkbox"/>	15
PVD interrupt through EXTI line 16	<input type="checkbox"/>	0
Flash global interrupt	<input type="checkbox"/>	0
RCC global interrupt	<input type="checkbox"/>	0
EXTI line0 interrupt	<input checked="" type="checkbox"/>	0
FPU global interrupt	<input type="checkbox"/>	0

Та згенерувати код. При правильному виконання має з'явитись файл stm32f4xx_it.c зі згенерованою функцією:

```
void EXTI0_IRQHandler(void)
{
    /* USER CODE BEGIN EXTI0_IRQn 0 */

    /* USER CODE END EXTI0_IRQn 0 */
    HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(GPIO_PIN_Pin); // обраний пін
    /* USER CODE BEGIN EXTI0_IRQn 1 */

    /* USER CODE END EXTI0_IRQn 1 */
}
```

Функція EXTI0_IRQHandler(void) є обробником зовнішнього переривання для лінії EXTI0 і виконується автоматично ядром Cortex-M4 у момент виникнення переривання на

відповідному GPIO-піні. Коли на піні, який підключений до EXTI0 , відбувається фронт сигналу згідно з налаштованим тригером, контролер NVIC передає керування саме в цю функцію. У середині неї викликається HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(GPIO_PIN_x), і ця функція бібліотеки HAL виконує три основні дії: перевіряє, чи дійсно встановлений прапор переривання для цієї лінії, очищає прапор переривання в регістрі EXTI (щоб воно не викликалось повторно), і викликає користувацький callback HAL_GPIO_EXTI_Callback() для подальшої програмної обробки події. Таким чином, EXTI0_IRQHandler є низькорівневим обробником, який зв'язує апаратне переривання з високорівневою логікою користувача через механізм HAL.

2.3 В основному файлі main.c реалізувати функцію для зчитування присутності об'єкта та відображення інформації через світлодіод. (по прикладу п1.4)

```
void HAL_GPIO_EXTI_Callback(uint16_t GPIO_Pin){ }
```

Індивідуальне завдання

1. Під'єднати ще один оптичний датчик перешкоди, та реалізувати зчитування через зовнішнє переривання. Причому в основному циклі має бути затримка HAL_Delay(300000).

Зміст звіту

1. Тема та мета роботи;
2. Скріншот конфігурації контролера GPIO пінів для пункту 1 ходу виконання роботи;
3. Висновки по пункту 1;
4. Скріншот конфігурації контролера GPIO пінів для пункту 2 ходу виконання роботи та вкладки System Core -> NVIC; Код реалізації переривання в main.c
5. Код з реалізованою функцією **void HAL_GPIO_EXTI_Callback** та скріншот конфігурації у файлі .ioc.
6. Загальні висновки

Контрольні питання

1. Який фізичний принцип роботи оптичного датчика перешкоди?
2. Чим відрізняється опитування (polling) від обробки через переривання (interrupt)?
3. Яка роль контролера NVIC у системі переривань?
4. Яку функцію виконує HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler()?
5. Для чого використовується HAL_GPIO_EXTI_Callback()?