

Тема 4. Робота з аналоговими сигналами

Урок 4.1. Потенціометр

4.1.1. Аналоговий сигнал і АЦП

Не секрет, що всі величини в фізичному світі носять аналоговий характер. Для вимірювання цих величин, люди придумали безліч різних приладів. Так, наприклад, термометр дозволяє дізнатися температуру речовини, барометр тиск газу. А за допомогою терезів можна виміряти вагу тіла.

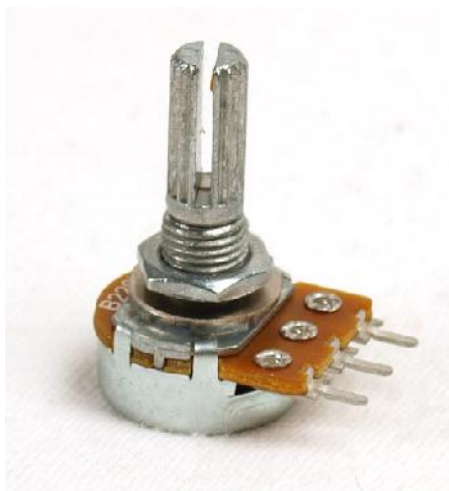
Всі ці пристрої мають шкалу, яку ми використовуємо для фіксації їх показань. Розглянемо простий приклад визначення температури за допомогою звичайного градусника. Людина вирішує цю завдання дуже просто: ми дивимося, до якого з поділів найближче наблизився рівень рідини в градуснику. Отримане таким чином значення і буде вимірювати температуру. Іншими словами, ми здійснюємо перетворення аналогової фізичної величини в дискретну, яку можна записати на папері за допомогою цифр.

Щоб автоматизувати процес вимірювання аналогових величин, і покласти це завдання на електронні прилади, інженери створили спеціальний електронний пристрій, зване аналого-цифрового перетворювачем (АЦП). Цей пристрій дозволяє перетворювати аналоговий сигнал в цифровий код, придатний для використання в ЕОМ.

В робототехніці АЦП є важливою складовою системи датчиків машини. акселерометр, гіроскоп (гіротахометр), барометр, магнітометр, і навіть відеокамера всі ці прилади з'єднуються з центральним процесором за допомогою АЦП.

Слід зазначити, що існує і пристрій зі зворотним функцією, зване цифроаналоговим перетворювачем (ЦАП, DAC). Воно дозволяє переводити цифровий сигнал в аналоговий. Наприклад, під час програвання мелодії на мобільному телефоні відбувається перетворення цифрового коду з MP3 файлу в звук, який ви чуєте у себе в навушниках.

4.1.2. Пристрій потенціометра.



У попередніх уроках, для обмеження струму через світлодіод, ми використовували резистори. Як було тоді відзначено, існує безліч резисторів, різного номіналу, розрахованих на різну потужність навантаження. Але виявляється, крім звичайних резисторів, є аналогічні прилади із змінним опором, звані потенціометрами (або реостатами).

Для чого потрібен потенціометр? По-перше, виходячи з назви приладу, його можна використовувати для завдання необхідного опору, в разі, якщо немає відповідного резистора.

По-друге, за допомогою потенціометра можна зробити регульований дільник напруги пристрій, який дозволяє

передавати на навантаження тільки частина напруги від джерела.

На цьому уроці, ми будемо використовувати реостат саме в ролі дільника напруги, варіюючи напруга на одному з аналогових входів Arduino.

4.1.3. Функція введення аналогового сигналу

Під час роботи з кнопками, ми вже познайомилися з функцією **digitalRead**, яка вміє зчитувати цифровий сигнал з певного висновку контролера. У цій функції існує аналоговий побратим **analogRead**, який може робити те ж саме, але тільки для аналогового сигналу.

результат = analogRead (номер_контакта);

після виклику цієї функції в програмі, змінна результат буде зберігати рівень аналогового сигналу, що детектується на відповідному контакті. При цьому, на відміну від цифрового сигналу, результат функції **analogRead** буде зберігати число від 0 до 1023.

Завдання

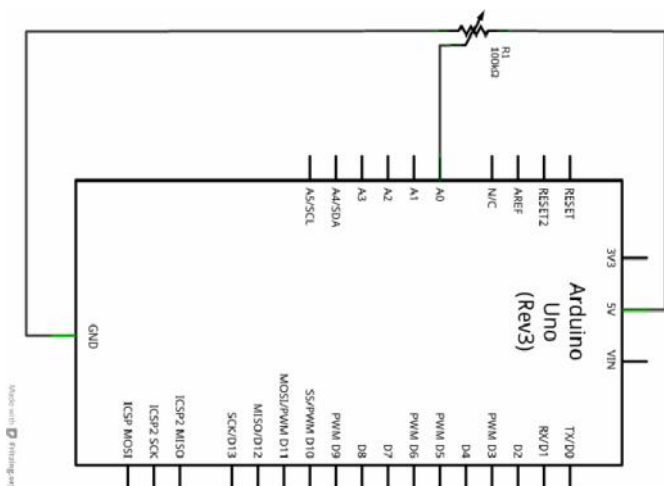
Завдання 1. Висновок значення потенціометра послідовний порт ПК

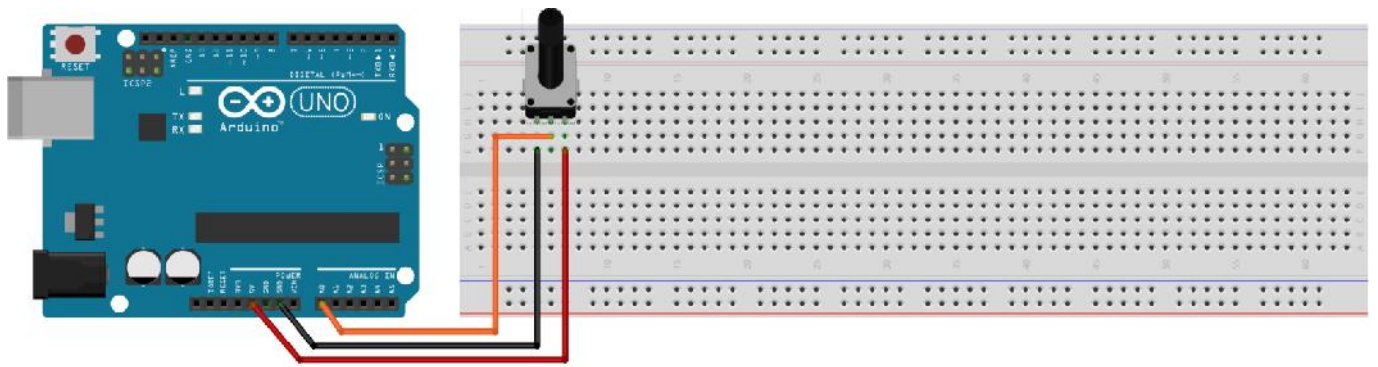
Результат праці

В консолі, кожну секунду з'являється число, залежне від положення потенціометра. В крайньому лівому положенні число дорівнює 0, а в крайньому правому 1023.



Схема установки





Програма

```
int pot = A0;
float result = 0,0;
void setup () {
  Serial.begin (9600);
  pinMode (pot, INPUT);
}
void loop () {
  result = analogRead (pot);
  Serial.println (result);
  delay (200);
}
```

Завдання 2. Висновок значення потенціометра на ЖК дисплей (самостійно)

Результат праці

На РК дисплеї відображається число, залежне від положення потенціометра. В крайньому лівому положенні число дорівнює 0, а в крайньому правому тисячу двадцять три.

Завдання 3. Потенціометр і сегментний індикатор (самостійно)

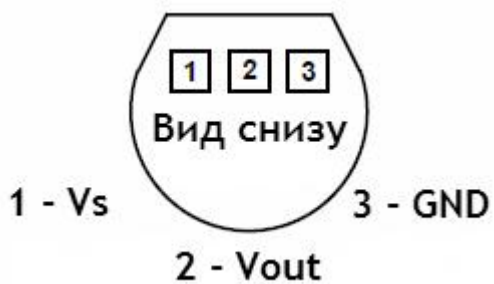
Результат праці

На сегментному індикаторі відображається число, залежне від положення потенціометра. В крайньому лівому положенні число дорівнює 0, а в крайньому правому 9.

Урок 4.2. Вимірювання температури

4.2.1. Датчик температури

Прикладом датчика, для використання якого потрібно конвертувати з аналогового сигналу в цифровий, послужить датчик температури. Ми будемо використовувати прилад TMP35, схема підключення якого представлена на малюнку нижче.



Vs - живлення 2.7 5.5В (в нашому випадку +5);

Vout - напруга від 0 до Vs;

Gnd - земля.

Датчик TMP35 має дозвіл 10мВ на градус Цельсія. Це означає, що для перетворення сигналу датчика потрібно застосувати формулу:

$$\text{температура} = (\text{сигнал_ацп} / 1023) * \text{опорна_напруга} * 1000/10$$

Тут, **сигнал_ацп** результат функції **analogRead** число від 0 до 1023;

опорна_напруга 5В;

10 - дозвіл датчика;

1000 - множник для перетворення мілівольт в вольти.

Завдання

Завдання 1. Висновок показань датчика в послідовний порт

Результат праці

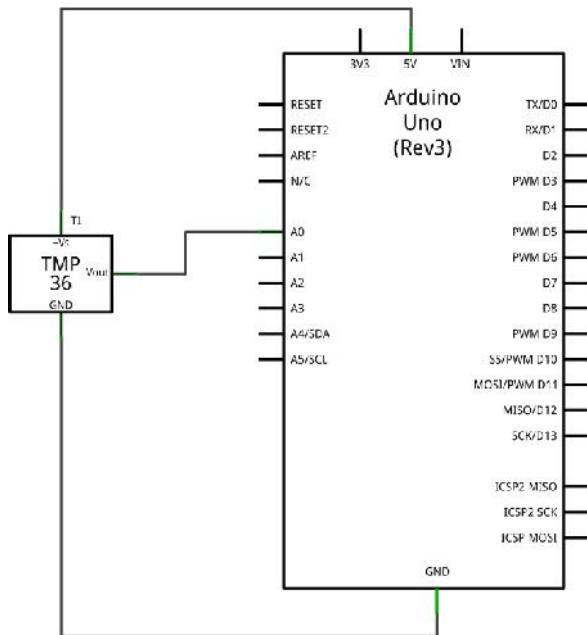
Після запуску програми, в послідовний порт ПК, кожну секунду, відправляється температура навколишнього повітря.

Використовувані компоненти:

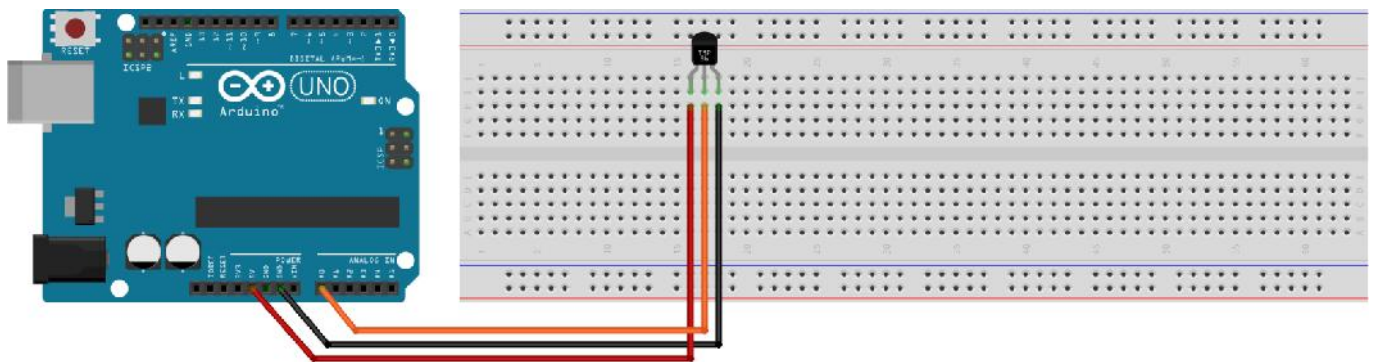


Датчик температури TMP35

Схема стенду



Made with [Fritzing.org](https://www.fritzing.org/)



Made with [Fritzing.org](https://www.fritzing.org/)

Програма

```
int tmp = A0;
float result = 0,0;
void setup () {
  Serial.begin (9600);
  pinMode (tmp, INPUT);
}
void loop () {
  result = analogRead (tmp);
  Serial.println ((result / 1023.0) * 5 * 1000 / 10.0);
  delay (1000);
}
```

Завдання 2. Висновок температури на ЖК дисплей (самостійно)

Результат праці

Після запуску програми, на ЖК дисплеї повинна відобразити температура навколишнього повітря.

Завдання 3. Світлова сигналізація перевищення рівня температури (самостійно)

Результат праці

Після запуску, програма переходить в режим очікування. При підвищенні температури вище 30 градусів, запалюється світлодіод і включається зумер.

Урок 4.3. Датчик світла

4.3. Пристрій датчика освітленості



На цьому уроці ми познайомимося ще з одним різновидом резисторів. На цей раз, опором приладу буде управляти не людина, а світло! Називається такий пристрій фоторезистором.

Для чого використовуються фоторезистори? Найпростіший приклад датчик освітленості. У сучасних автомобілях, за допомогою такого датчика бортовий комп'ютер приймає рішення про те, коли включити світло фар.

Енергоефективні системи освітлення вулиць також використовують фоторезистор для того, щоб запалювати ліхтарі тільки після заходу сонця.

Завдання

Завдання 1. Висновок показань датчика в послідовний порт

Результат праці

Після запуску програми, в послідовний порт ПК, кожні 200мс, відправляються свідчення датчика у вигляді числа від 0 до 1023.

Завдання 2. Контроль за перевищенням рівня освітленості (самостійно)

Результат праці

Після запуску, програма переходить в режим очікування. У разі, якщо датчик фіксує рівень освітленості нижче заданої межі, включаються ліхтарі (світлодіоди).

Урок 4.4. Управління рівнем сигналу

4.4.1. Принцип широтно-імпульсної модуляції

Як нам вже відомо, мікроконтролер вміє працювати виключно з цифровими даними. Він легко може виконувати арифметичні операції над ними, приймати і передавати цифрові дані. Наприклад, ми можемо запросто запалити світлодіод, подавши на нього позитивний сигнал, рівний напрузі живлення контролера.

Для того щоб погасити світлодіод просто відключимо його від живлення. Виходить, для управління ми використовуємо тільки нуль або одиницю, що і називається цифровим управлінням.

Але що робити, якщо нам потрібно запалити цей самий світлодіод тільки на половину яскравості? Або запустити двигун, на 30% його потужності? Для того щоб це зробити, нам буде потрібно перетворити цифровий сигнал в якусь подобу аналогового сигналу з заданим рівнем напруги.

Для цієї мети можна використовувати спеціальний пристрій, зване **цифроаналоговим перетворювачем (ЦАП, DAC)**. Про його брата "аналого-цифрового перетворювачі" ми говорили на минулому занятті. ЦАП вміє генерувати необхідний рівень напруги, який задається мікроконтролером в цифровому вигляді. Однак, такий спосіб занадто надлишковий для більшості задач робототехніки. Крім того, якщо буде потрібно управляти потужним двигуном, доведеться використовувати дуже дорогий ЦАП.

Інший спосіб генерації сигналу з заданим рівнем напруги називається **широтноімпульсною модуляцією (ШИМ, PWM)**. Цей спосіб дозволяє обійтися чисто цифровими пристроями, що значно спрощує схему і тим самим значно здешевлює процес створення робота.

Простіше за все такий підхід можна описати за допомогою звичайного маховика. Уявімо, що якийсь маховик підключений до двигуна. Якщо ми включимо двигун на цілу годину, то маховик розкрутиться до максимально можливої швидкості, яку буде підтримувати поки двигун не вимкнеться.

Після того, як ми вимкнемо двигун маховик деякий час ще буде обертатися по інерції, а потім зупиниться.

Але що, якщо протягом цієї години, ми будемо ненадовго вмикати двигун кожні 10 хвилин?

Очевидно, що маховик стане обертатися не на повній швидкості. І чим рідше ми будемо включати двигун, тим повільніше буде швидкість маховика. Аналогічно, якщо залишити момент включення двигуна незмінним, а міняти лише час його роботи, то швидкість маховика також буде зменшуватися.

Таким чином, маючи можливість включати і вимикати двигун, і варіювати період і тривалість його включення, ми можемо плавно керувати маховиком.

Подібним чином влаштований і ШИМ. На відміну від випадку з маховиком, тут ми маніпулюємо напругою на конкретному виведення мікроконтролера. Причому, для роботи з світлодіодом нам буде потрібно дуже часто вимикати і включати струм в ланцюзі близько 100 тисяч разів в секунду. Адже світлодіод не має такої інерції як маховик, як тільки ми його відключимо він відразу перестав випромінювати світло.

Отже, Будемо передавати на наш світлодіод сигнал у вигляді послідовності імпульсів з частотою 100 кілогерц. Виглядають ці імпульсні сигнали наступним чином.

Широтно-импульсная модуляция

Заполнение 0% (=0В)



Заполнение 25% (~1.25В)



Заполнение 50% (~2.5В)



Заполнение 75% (~3.75В)



Заполнение 100% (=5В)



На самому верхньому графіку імпульсів зовсім немає, а значить світлодіод буде вимкнений. На другому графіку, чверть періоду струм надходить на світлодіод, а три чверті немає. Таким чином, сумарний світло, який зловить наше око буде в чотири рази менше максимальної яскравості.

Далі ми збільшуємо ширину імпульсу все більше і більше, до 100%. В останньому випадку, сигнал являє собою один суцільний імпульс, що відповідає максимальній яскравості світлодіода.

4.4.2. Функція виведення аналогового сигналу

Аналогічно функції виведення цифрового сигналу *digitalWrite*, існує і аналогова функція

analogWrite. Формат її використання має вигляд:

```
analogWrite (номер_контакта, рівень_сигналу);
```

номер_контакта як і раніше, вказує на контакт контролера в який буде переданий сигнал.

Важливо відзначити, що функція *analogWrite* працює тільки для контактів, позначених на схемі аббревіатурою ШІМ (3, 5, 6, 9, 10, 11).

рівень_сигналу задається числом від 0 до 255.

Завдання

Завдання 1. Управління яскравістю світлодіода

Результат праці

Після запуску програми, світлодіод кожну секунду буде додавати чверть своєї яскравості.

Установка стенду, ідентична установці в Завданні №1, Уроці 2.1.

Програма

```
int led = 3;
void setup () {
  pinMode (led, OUTPUT);
  analogWrite (led, 0);
  delay (1000);
  analogWrite (led, 32);
  delay (1000);
  analogWrite (led, 64);
  delay (1000);
  analogWrite (led, 128);
  delay (1000);
  analogWrite (led, 255);
  delay (1000);
}
void loop () {
}
```

Завдання 2. Потенціометр і світлодіод (самостійно)

Результат праці

Після запуску, програма переходить в режим очікування. При повороті ручки потенціометра, яскравість світлодіода плавно змінюватись.

Завдання 3. Плавне миготіння (самостійно)

Результат праці

Після запуску програми, світлодіод починає плавно гаснути і розпалюватися, з періодом 1 сек.