

Опір і яскравість LED

Підключимо три однакові червоні LED через різні резистори та порівняємо їхню яскравість.

- Arduino Uno, USB-кабель і макетна плата.
- Три однакові червоні світлодіоди.
- Резистори 220 Ом, 1 кОм і 10 кОм — по одному.
- Два дроти до Arduino та шість коротких перемичок до шин.

1 кОм = 1000 Ом, 10 кОм = 10 000 Ом. Кожен LED матиме власний резистор. Не підключай світлодіод без нього.

Перед зміною схеми від'єднай живлення. У Wokwi зупини симуляцію. Справжню схему перевір разом з учителем перед підключенням USB.

Від D8 до GND — трьома шляхами

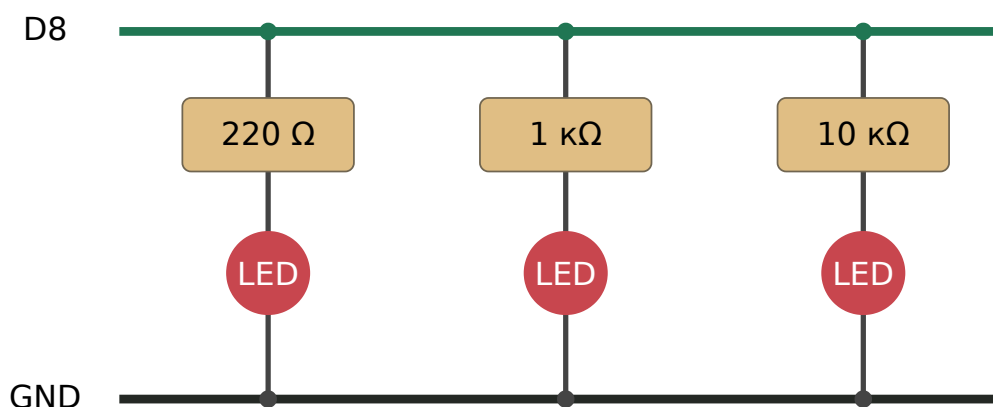
Верхня довга шина біля червоної лінії + буде спільним початком усіх гілок. Нижня шина біля синьої лінії – — їхнім спільним кінцем.

1. З'єднай **D8** з верхньою шиною + зеленим дротом.
2. З'єднай **GND** з нижньою шиною – чорним дротом.

Поки не вмикай живлення. Напис «+» сам не створює напругу: у нас ця шина отримує сигнал саме від **D8**, а не від контакту **5V**.

Усі отвори однієї довгої шини з'єднані між собою. Верхня й нижня шини — різні контакти. На справжній платі перевір, чи немає розриву посередині шини.

На малюнку кожна вертикальна гілка містить резистор і LED. Обидва її кінці підключені до тих самих двох шин — це **паралельне з'єднання гілок**.



Кожна гілка має власний шлях між двома шинами

Однакова будова, різні резистори

Отвори а-е одного номера з'єднані всередині плати. Сусідні номери — окремі групи.

1. **Ліва:** резистор 220 Ом у **4e–10e** ; LED анод А → **4a** , катод С → **3a** .
2. **Середня:** резистор 1 кОм у **13e–19e** ; LED А → **13a** , С → **12a** .
3. **Права:** резистор 10 кОм у **22e–28e** ; LED А → **22a** , С → **21a** .

Усередині кожної гілки резистор і світлодіод стоять **послідовно**: струм проходить спочатку через резистор, потім через LED. Поки гілки не підключені до шин, коло не замкнене.

Бери однакові червоні LED. На новому LED довга ніжка зазвичай є анодом; плоский край корпусу позначає катод.

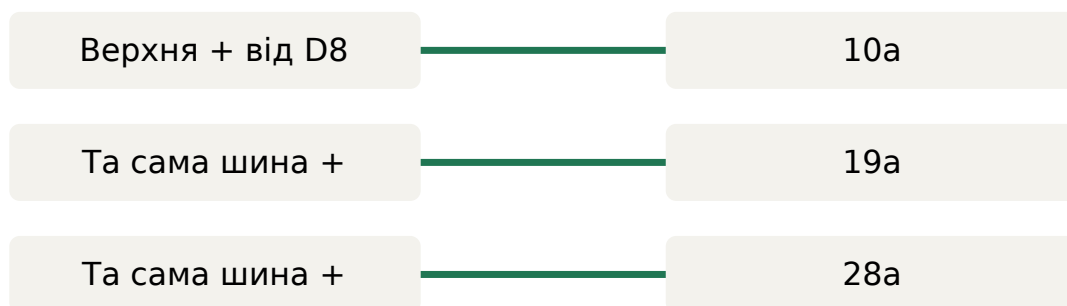
Кожен резистор — до спільного D8

1. Від верхньої шини + проведи короткий зелений дріт до 10a.
2. Від тієї самої шини — другий дріт до 19a.
3. Від тієї самої шини — третій дріт до 28a.

Вибирай отвір шини найближче до потрібної групи. У файлі Wokwi використані tp.8, tp.16, tp.24 — це номери отворів шини, а не номери колонок основної плати.

10a з'єднаний із кінцем резистора в 10e. Так само з'єднані 19a–19e та 28a–28e. Тепер кожна гілка окремо отримує сигнал D8.

Одна шина → три резистори



Електричні з'єднання · не масштаб плати

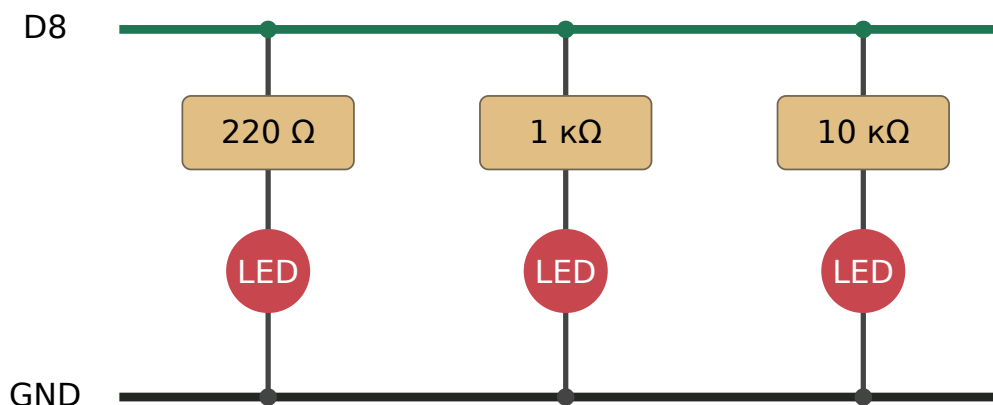
Кожен LED — до спільного GND

1. З'єднай **3e** з нижньою шиною **—**.
2. З'єднай **12e** з тією самою шиною.
3. З'єднай **21e** з тією самою шиною.

Ці групи з'єднані з катодами LED у **3a**, **12a** та **21a**. У Wokwi використані отвори нижньої шини **bn.2**, **bn.10**, **bn.18**.

Тепер є три окремі замкнені шляхи від D8 до GND. Струм однієї гілки не мусить проходити через світлодіоди інших гілок.

Перевір: кожен шлях містить власний резистор. Прямі перемички між шинами **+** і **—** бути не повинно.



Кожна гілка має власний шлях між двома шинами

Постійне світло

```
#include <Arduino.h> // Команди керування Arduino.

const int PIN = 8; // Спільний вихід для трьох гілок із LED.

void setup() { // Виконується один раз після запуску.
  pinMode(PIN, OUTPUT); // Налаштовуємо пін 8 як вихід.
  digitalWrite(PIN, HIGH); // Подаємо високий рівень на всі три гілки.
}

void loop() { // Нічого не змінюємо: вихід зберігає стан HIGH.
}
```

`setup()` один раз встановлює вихід **D8** у стан HIGH. Порожня `loop()` нічого не змінює: стан виходу зберігається.

Однаковий сигнал надходить до трьох гілок. Різні опори резисторів задають різний струм і яскравість LED.

Яку напругу ділимо на опір

Для резистора $I = U / R$: струм I дорівнює напрузі U на резисторі, поділений на опір R .

Припустімо, на виході близько 5 В, а на червоному LED — близько 2 В. Тоді на резисторі залишається $5 - 2 = 3$ В.

Для 220 Ом: $I \approx 3 / 220 \approx 0,0136$ А = 13,6 мА.

У формулу підставляємо напругу на резисторі: у цьому прикладі це 3 В.

Це наближений розрахунок. Реальні напруги залежать від LED, струму та виходу Arduino. Щоб отримати точніше значення, учитель може виміряти напругу на резисторі й поділити її на його опір.

Три різні струми

Для тієї самої приблизної напруги 3 В на резисторі:

- **220 Ом:** $3 / 220 \approx 13,6$ мА.
- **1 кОм:** $3 / 1000 = 3$ мА.
- **10 кОм:** $3 / 10\,000 = 0,3$ мА.

За цих припущень сумарний струм **D8** — близько **16,9 мА**. Струми паралельних гілок додаються. Це нижче рекомендованих 20 мА на пін Uno, але додавати ще LED до цього виходу без нового розрахунку не слід.

Очікуємо: LED із 220 Ом найяскравіший, із 10 кОм — найтьмяніший. Не можна визначити точний струм за яскравістю на око.

Wokwi має лише базову аналогову симуляцію. Для досліду порівняй яскравість LED на зібраній платі та вимірй напругу на резисторах.

Порівняй три LED

Запуск у Wokwi

Натисни кнопку запуску. Для самостійного завдання збережи власну копію проєкту.

Готовий проєкт: <https://wokwi.com/projects/475797462129308673>. Схему можна зібрати вручну за кроками уроку. Повний код — на останній сторінці.

1. Запиши свій прогноз: який LED буде яскравішим, а який — тьмянішим.
2. У Wokwi перевір, що всі три LED увімкнені. Порівняння яскравості виконай на справжній платі.
3. На справжній платі вимкни живлення, від'єднай лише чорну перемичку з **3e** й увімкни знову. Лівий LED згасне, два інші продовжать світитися: їхні гілки мають власні шляхи до **GND**. Знову знеструм схему й поверни перемичку.

На справжній платі спочатку перевір схему з учителем, потім розпакуй архів коду, відкрий `sketch/sketch.ino` та завантаж програму через Arduino IDE.

Світиться лише перший LED

Перевір зелені й чорні перемички з кроків 4 та 5, а також цілісність шин. Кожна гілка повинна мати зв'язок і з **D8**, і з **GND**.

Один LED не світиться

Вимкни живлення та перевір його полярність, номінал резистора і координати. LED із 10 кОм може бути дуже тьмяним при яскравому освітленні.

Поміняй резистори місцями

Вимкни живлення. Поміняй місцями резистори 220 Ом і 10 кОм, залишивши LED та код незмінними.

1. Перевір: у кожної гілки все ще є окремий резистор.
2. Перед запуском запиши новий прогноз яскравості.
3. Запусти й порівняй із попереднім результатом.

Пояснення після спроби

Найбільший струм тепер очікуємо у правій гілці з 220 Ом, найменший — у лівій із 10 кОм. Положення LED на платі не визначає яскравість.

Поясни, чому код не довелося змінювати. Наприкінці поверни резистори на початкові місця.

Закон Ома

Пін 8 постійно в стані HIGH; три LED мають окремі резистори.

```
#include <Arduino.h> // Команди керування Arduino.

const int PIN = 8; // Спільний вихід для трьох гілок із LED.

void setup() { // Виконується один раз після запуску.
  pinMode(PIN, OUTPUT); // Налаштовуємо пін 8 як вихід.
  digitalWrite(PIN, HIGH); // Подаємо високий рівень на всі три гілки.
}

void loop() { // Нічого не змінюємо: вихід зберігає стан HIGH.
}
```