

Практическая работа 8

Проект Пульсар

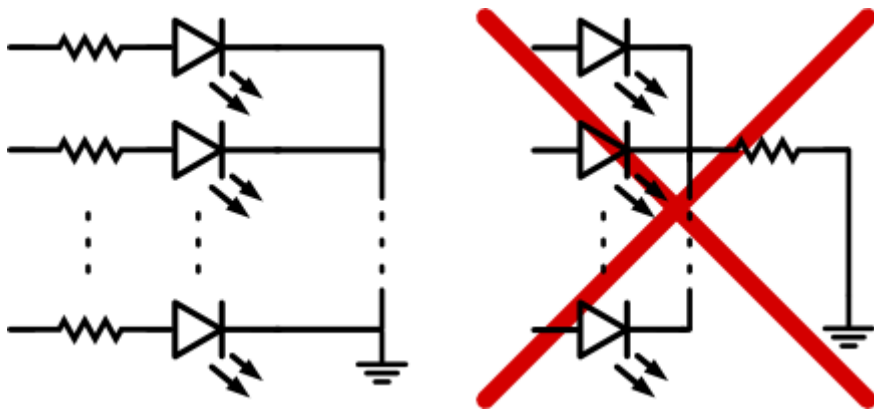
В этом эксперименте мы плавно наращиваем яркость светодиодной шкалы, управляя большой нагрузкой через транзистор.

Светодиодная шкала — это десяток отдельных светодиодов, каждый со своим анодом и катодом.

Токоограничивающие резисторы

Используйте **отдельный** резистор для каждого светодиода, иначе при разном количестве включенных сегментов их яркость будет «скакать».

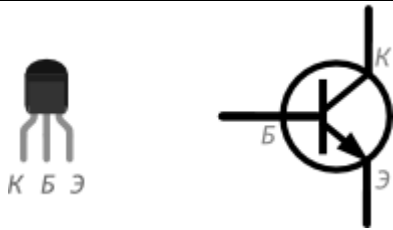
Даже в случае, когда все светодиоды включаются и выключаются синхронно, лучше придерживаться этого правила. Светодиоды могут чуть отличаться своей вольт-амперной характеристикой друг от друга. Первый открывшийся пропустит через себя ток, предназначенный для всех. Из-за чего он может выйти из строя и «эстафета» перейдет к следующему.



Биполярный транзистор

Транзистор — это электронная кнопка. На кнопку нажимают пальцем, а на биполярный транзистор — током.

Транзисторы используют для управления мощными нагрузками при помощи слабых сигналов с микроконтроллера.



Нога, выполняющая роль «кнопки» называется база (англ. base)

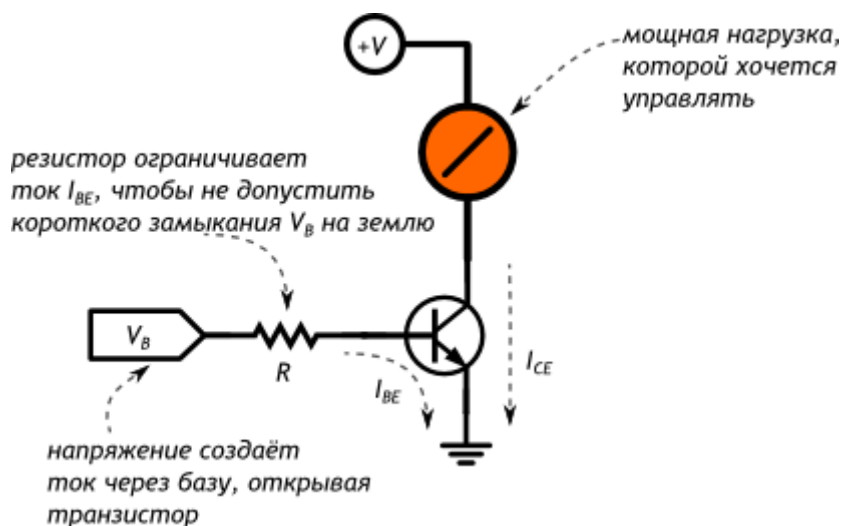
Пока через базу течёт небольшой ток, транзистор открыт:

- ✓ Большой ток может втекать в коллектор (англ. collector)
- ✓ и вытекать из эмиттера (англ. emitter)

Основные характеристики

Макс. напряжение коллектор-эмиттер	V _{CE}	Вольт
Максимальный ток через коллектор	I _C	Ампер
Коэффициент усиления	h _{fe}	

Типовая схема подключения



Транзистор усиливает максимально допустимый ток в h_{fe} раз:

$$I_{CE} = I_{BE} \times h_{fe}$$

Пример расчёта

Если управляющий сигнал на базе транзистора с h_{fe} и резистором номиналом 1 кОм составляет 5 вольт:

Какой максимальный ток сможет пропустить через себя транзистор?

Каким по величине будет управляющий ток?

Дано

$$V_B = 5 \text{ В}$$

$$R = 1 \text{ кОм}$$

$$h_{fe} = 50$$

Найти

$$I_{CE}, I_{BE}$$

Решение

$$I_{BE} = \frac{V_B}{R} = \frac{5 \text{ В}}{1000 \text{ Ом}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$I_{CE} = I_{BE} \times h_{fe} = 250 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

Вывод

Если на базу подаётся 5 В через резистор в 1 кОм, транзистор откроется настолько, что будет способен пропустить до 250 мА. При этом управляющий ток составит всего 5 мА

Задание 1. Ответить на вопросы

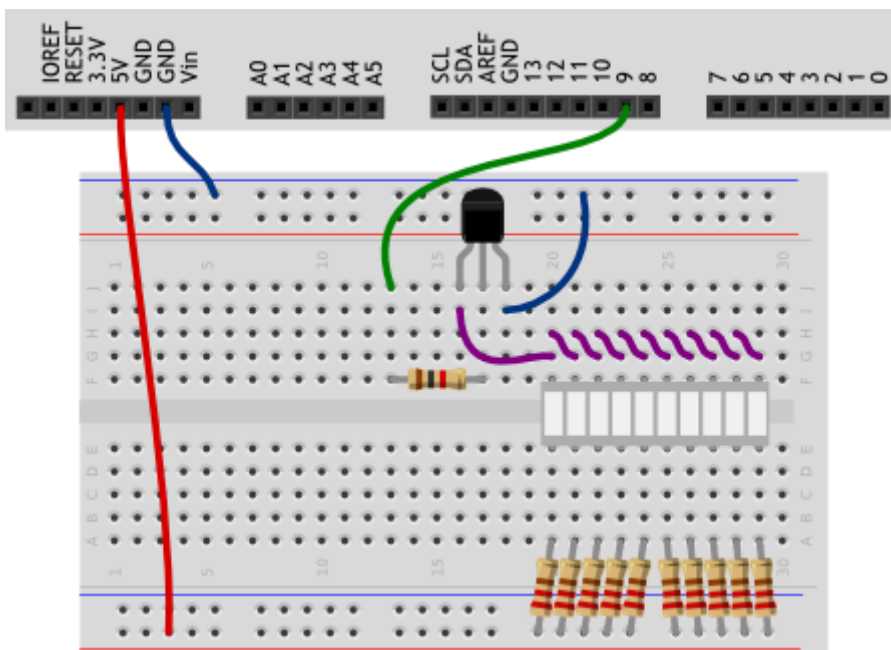
1. Зачем в светодиодной шкале каждому светодиоду свой резистор?
2. Какие виды транзисторов бывают?
3. Опишите принцип работы полевого транзистора.
4. Чем биполярный транзистор отличается от полевого?
5. Если управляющий сигнал на базе транзистора с h_{fe} и резистором номиналом 10 кОм составляет 5 вольт:
 - ✓ Какой максимальный ток сможет пропустить через себя транзистор?
 - ✓ Каким по величине будет управляющий ток?

Задание 2. Список деталей для эксперимента

1. 1 плата Arduino Uno

2. 1 беспаячная макетная плата
3. 10 светодиодов (или светодиодная шкала)
4. 10 резисторов 220 Ом тлт 240Ом (при использовании светодиодной шкалы резисторы не потребуются, т.к. они уже встроены в плату)
5. 1 резистор 1Ком
6. 1 биполярный транзистор
7. 13 проводов «папа-папа»

Схема на макетной плате:



1. Зарисуйте принципиальную схему установки.

Обратите внимание

✓ Светодиодная шкала — это несколько светодиодов. Нам нужно чтобы питание шло к их анодам, а катоды направлялись к земле. Скорее всего на вашей шкале аноды находятся со стороны маркировки. Если шкала не светится, когда должна, попробуйте перевернуть ее.

✓ База биполярного транзистора — это его средняя ножка. Если повернуть транзистор плоской стороной к себе, ножками вниз, то левая ножка это коллектор, а правая — эмиттер.

✓ Если эту схему собрать без резистора между базой транзистора и портом Arduino, мы практически устроим **короткое замыкание** порта на землю. Рано или поздно это выведет из строя транзистор или ножку микроконтроллера.

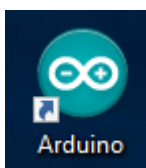
✓ Зачем здесь вообще транзистор? Без него такое количество светодиодов будет потреблять больше тока, чем 40 мА, которые может себе позволить цифровой пин платы. Поэтому мы берем питание из порта 5V, рассчитанного на ток до 500 мА, а на цифровой порт ставим транзистор, чтобы с помощью малого тока управлять большим.

✓ В данном случае мы включили 10 светодиодов параллельно, каждый через отдельный резистор. Включать их через один резистор неправильно: даже светодиоды из одной партии имеют минимальный разброс вольт-амперных характеристик, вследствие чего они:

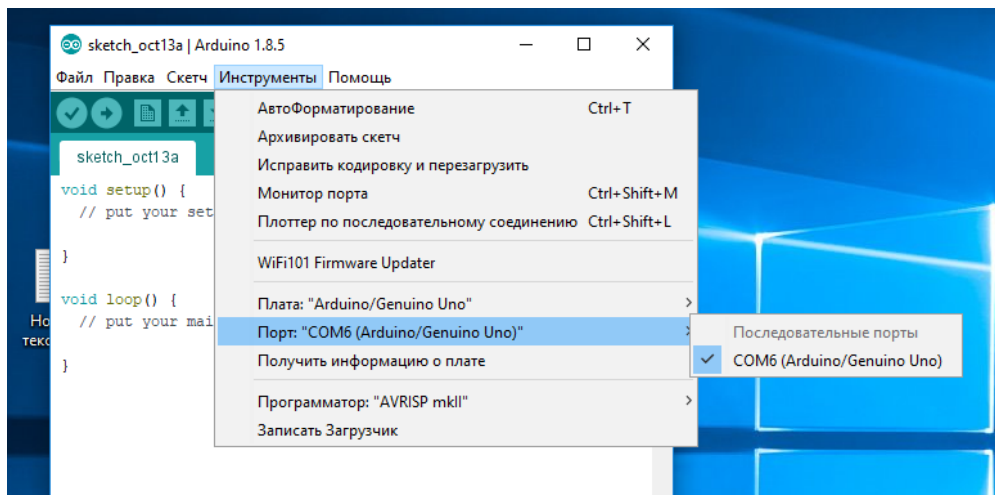
- Светились бы с различной яркостью
- Из-за минимальной разницы во времени включения, большой ток, прошедший через первый включившийся светодиод, мог бы вывести его из строя. И так по цепочке.

Задание 3. Программирование микроконтроллера

1. Запустите приложение



2. Убедитесь, что выбран нужный порт



3. Наберите в редакторе кода следующий код программы:

```
sketch_oct16a $
#define CONTROL_PIN 9

// переменные верхнего уровня, т.е. объявленные вне функций,
// называют глобальными. Их значения сохраняются всё время,
// пока работает микроконтроллер
int brightness = 0;

void setup()
{
  pinMode(CONTROL_PIN, OUTPUT);
}

void loop()
{
  // увеличиваем значение яркости на единицу, чтобы нарастить
  // яркость. Однако яркость не должна быть более 255, поэтому
  // используем операцию остатка от деления, чтобы при
  // достижении значения 255, следующим значением снова стал 0
  // Y % X — это остаток от деления Y на X;
  // плюс, минус, делить, умножить, скобки — как в алгебре.
  brightness = (brightness + 1) % 256;

  // подаём вычисленный ШИМ-сигнал яркости на пин с базой
  // управляющего транзистора
  analogWrite(CONTROL_PIN, brightness);

  // ждём 10 мс перед следующим наращиванием яркости. Таким
  // образом, полный накал будет происходить в течение
  // 256*10 = 2560 мс
  delay(10);
}
```

Пояснения к коду

✓ Как мы уже знаем, `analogWrite(pin, value)` в качестве `value` принимает значения от 0 до 255. Если передать значение из-за пределов этого диапазона, функция сработает, но в общем случае вы получите неожиданный результат.

✓ Оператор `X % Y` дает остаток от деления `X` на `Y`. Если `X` меньше `Y`, т.е. целая часть результата деления равна 0, оператор `%` будет возвращать `X`. Таким образом:

– Пока `brightness + 1` меньше 256, в `brightness` записывается значение `brightness + 1`

– Как только `brightness + 1` принимает значение 256, результатом `(brightness + 1) % 256` становится 0 и на следующей итерации `loop()` всё начинается сначала.

✓ Оператор `%` работает только с целыми операндами.

✓ В выражении `(brightness + 1) % 256` скобки используются для назначения порядка действий. Операция `%` имеет больший приоритет, чем `+`, а сложение нам нужно выполнять раньше. С операциями умножения и деления оператор взятия остатка имеет одинаковый приоритет.

Задание 4. Ответьте на следующие вопросы

1. Почему у светодиодной шкалы на 10 сегментов 20 ножек?
2. Зачем в схеме биполярный транзистор?
3. За счет чего увеличивается яркость шкалы?
4. Почему после достижения значения 255 переменная `brightness` обнуляется?

Задание 5. Самостоятельно измените существующую программу и схему

1. Измените программу так, чтобы яркость шкалы росла только до половины от максимальной.
2. Измените программу так, чтобы шкала становилась максимально яркой в три раза быстрее, без изменения функции `delay`.

3. Измените исходную программу так, чтобы такой же результат был получен без использования операции %, но с применением условного оператора if.