

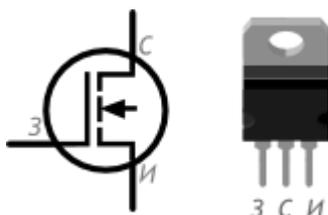
## Практическая работа 9

### Миксер

В этом эксперименте мы создаем модель миксера с двумя скоростями работы.

### Полевой транзистор

Полевой MOSFET-транзистор — ключ для управления большими токами при помощи небольшого напряжения.



«Кнопка» называется затвором (англ. gate)

Пока на затворе есть небольшое напряжение, транзистор открыт:

Большой ток может втекать в сток (англ. drain)

и вытекать из истока (англ. source)

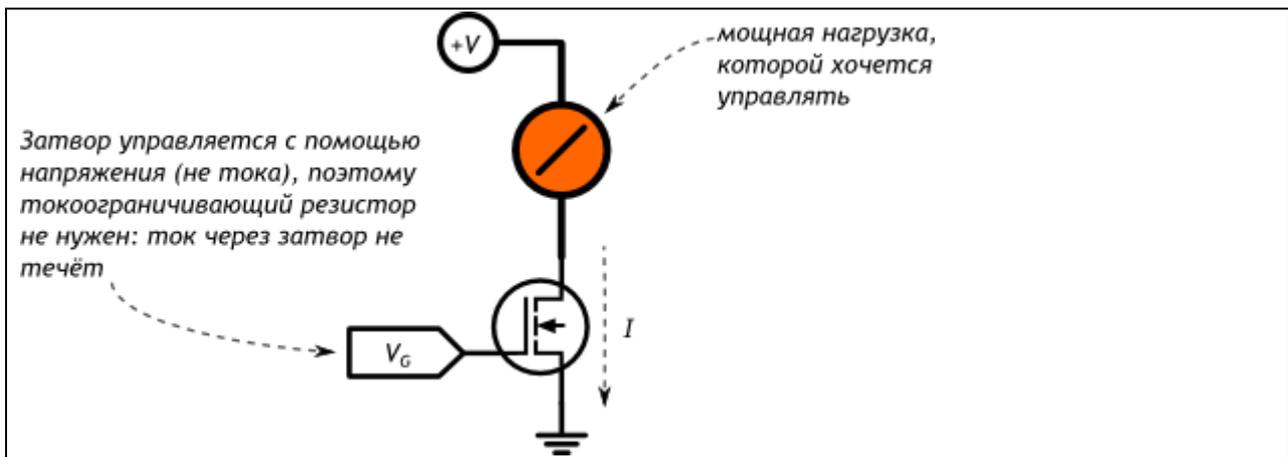
В отличие от биполярного транзистора полевой контролируется именно напряжением, а не током. Т.е. в открытом состоянии ток через затвор не идёт.

Используйте MOSFET для управления большими токами, от сотен миллиампер, когда дешёвого биполярного транзистора уже не достаточно.

Основные характеристики

Максимальное напряжение сток-исток	VDS	Вольт
Максимальный ток через сток	ID	Ампер
Сопротивление сток-исток	RDSon	Ом
Рассеиваемая мощность	PD	Ватт

Типовая схема подключения



### Рассеивание тепла

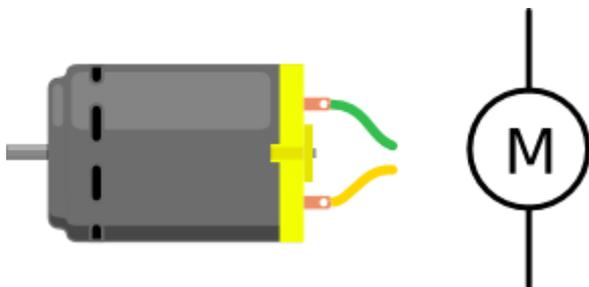
Транзистор не идеален и часть пропускаемой мощности превращается в тепло.

$$P_H = I^2 \times R_{DSon}$$

Если  $P_H$  превысит  $P_D$ , без помощи дополнительного охлаждения транзистор сгорит.

### Мотор

Мотор переводит электрическую энергию в механическую энергию вращения.



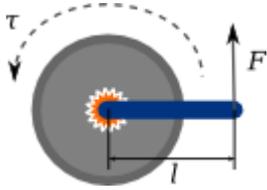
Самый простой вид мотора — коллекторный. При подаче напряжения в одном направлении вал крутится по часовой стрелке, в обратном направлении — против часовой

Основные характеристики

Рекомендуемое (номинальное) напряжение	V	Вольт
Потребляемый ток без нагрузки	I <sub>F</sub>	Ампер
Потребляемый ток при блокировке	I <sub>S</sub>	Ампер
Скорость вращения без нагрузки	ω	с <sup>-1</sup>

Максимальный крутящий момент	$\tau$	Н×м
------------------------------	--------	-----

### Крутящий момент



Крутящий момент определяет какая сила воздействует на точку рычага на заданном расстоянии от оси вращения.

$$\tau = F \times l$$

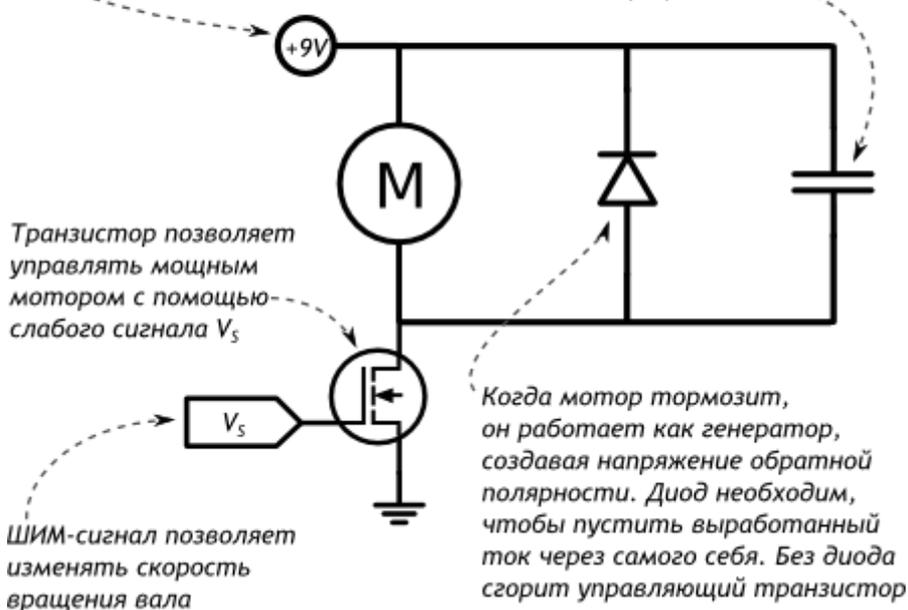
Силу иногда упрощённо измеряют в килограммах против гравитации Земли. А крутящий момент — в кг×см. Американцы любят измерять крутящий момент в унциях на дюйм (англ. oz×in).

Схема подключения без возможности реверса

Моторы — мощные потребители с рядом побочных эффектов. Для управления ими необходимы дополнительные компоненты.

*Чаще всего используют дополнительный источник питания с рекомендованным для мотора напряжением*

*При работе мотор создаёт электромагнитные шумы. Конденсатор сглаживает пульсации и делает ШИМ-сигнал для мотора ровнее*



### Предельные характеристики

IS всегда много больше IF и для хобби-моторов составляет до 2 А. Выбирайте транзистор и диод, способные выдержать этот ток или не допускайте блокировки мотора.

Моторы постоянного тока нельзя подключать напрямую к Arduino. Это обусловлено тем, что пины не способны выдавать ток более 40 мА. Мотору же, в зависимости от нагрузки, необходимо несколько сотен миллиампер. Потому возникает потребность увеличения мощности. Делается это, как правило, с помощью транзисторов.

### **Схема подключения**

По сути, обмотка мотора представляет собой катушку индуктивности. В момент подачи напряжения возникнет обратная электродвижущая сила, которая может вывести из строя транзистор. Flyback диод устанавливается в обратном направлении и предотвращает утечку тока с мотора на транзистор. Поэтому, если в транзисторе нет flyback диода, его необходимо установить дополнительно: анод на исток, катод на сток.

Транзистор IRF530N является мощным и поставляется в корпусе TO-220.

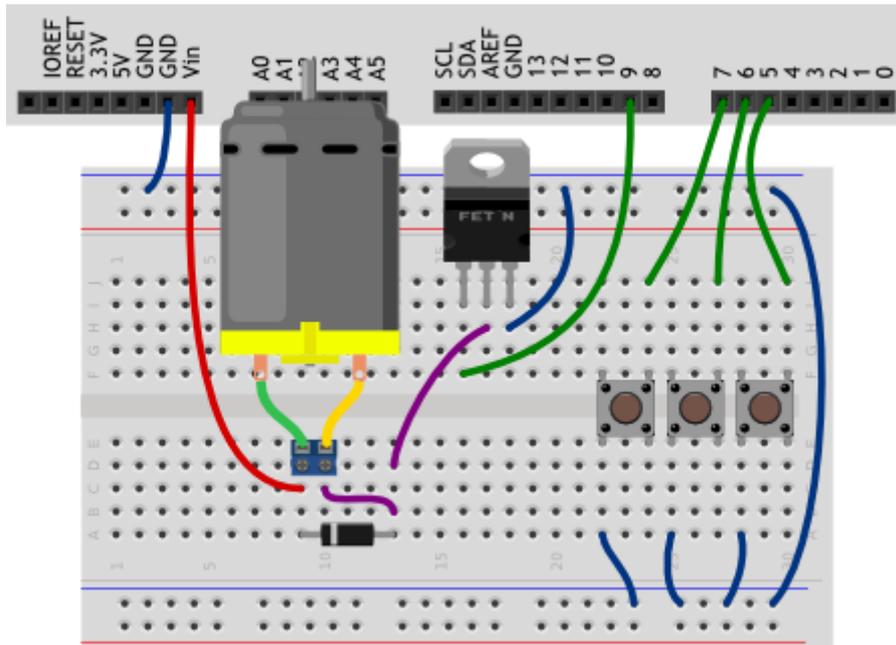
### Задание 1. Ответить на вопросы

1. Что такое транзистор?
2. Чем полевой транзистор отличается от биполярного?
3. Опишите принцип работы двигателя
4. Где применяются коллекторные двигатели?

### Задание 2. Список деталей для эксперимента

1. 1 плата Arduino Uno
2. 1 беспаячная макетная плата
3. 3 тактовых кнопки
4. 1 коллекторный двигатель
5. 1 выпрямительный диод
6. 15 проводов «папа-папа»

Схема на макетной плате:



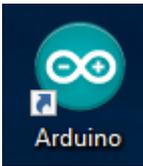
1. Зарисуйте принципиальную схему установки.

### Обратите внимание

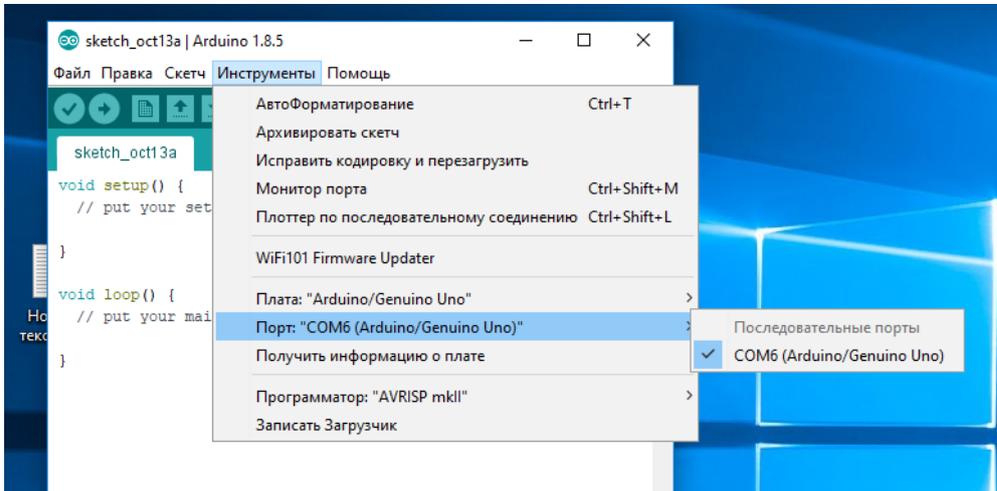
- ✓ Защитный диод нам нужен для того, чтобы ток обратного направления, который начнет создавать двигатель, вращаясь по инерции, не вывел из строя транзистор.
- ✓ Не перепутайте полярность диода, иначе, открыв транзистор, вы устроите короткое замыкание!
- ✓ Причину отсутствия подтягивающих/стягивающих резисторов в схеме вы поймете, ознакомившись с программой.
- ✓ Мы подключили питание схемы к выходу  $V_{in}$  платы микроконтроллера, потому что, в отличие выхода  $5V$ , отсюда можно получить напряжение, подключенное к плате, без изменений и без ограничений по величине тока.

### Задание 3. Программирование микроконтроллера

1. Запустите приложение



## 2. Убедитесь, что выбран нужный порт



## 3. Наберите в редакторе кода следующий код программы:



sketch\_oct16a §

```
#define MOTOR_PIN      9
#define FIRST_BUTTON_PIN 5
#define BUTTON_COUNT   3
// имена можно давать не только числам, но и целым выражениям.
// Мы определяем с каким шагом (англ. step) нужно менять
// скорость (англ. speed) мотора при нажатии очередной кнопки
#define SPEED_STEP (255 / (BUTTON_COUNT - 1))

void setup()
{
  pinMode(MOTOR_PIN, OUTPUT);
  // на самом деле, в каждом пине уже есть подтягивающий
  // резистор. Для его включения необходимо явно настроить пин
  // как вход с подтяжкой (англ. input with pull up)
  for (int i = 0; i < BUTTON_COUNT; ++i)
    pinMode(i + FIRST_BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
}

void loop()
{
  for (int i = 0; i < BUTTON_COUNT; ++i) {
    // если кнопка отпущена, нам она не интересна. Пропускаем
    // оставшуюся часть цикла for, продолжая (англ. continue)
    // его дальше, для следующего значения i
    if (digitalRead(i + FIRST_BUTTON_PIN))
      continue;

    // кнопка нажата — выставляем соответствующую ей скорость
    // мотора. Нулевая кнопка остановит вращение, первая
    // заставит крутиться в полсилы, вторая — на полную
    int speed = i * SPEED_STEP;

    // подача ШИМ-сигнала на мотор заставит его крутиться с
    // указанной скоростью: 0 — стоп машина, 127 — полсилы,
    // 255 — полный вперед!
    analogWrite(MOTOR_PIN, speed);
  }
}
```

### **Пояснения к коду**

✓ Мы использовали новый режим работы портов: INPUT\_PULLUP. На цифровых портах Arduino есть встроенные подтягивающие резисторы, которые можно включить указанным образом одновременно с настройкой порта на вход. Именно поэтому мы не использовали резисторы при сборке схемы.

✓ На каждой итерации цикла мы задаем мотору скорость вращения, пропорциональную текущему значению счетчика. Но выполнение инструкций не дойдет до назначения новой скорости, если при проверке нажатия кнопки она окажется отпущенной. Инструкция continue, которая выполнится в этом случае, отменит продолжение данной итерации цикла и выполнение программы продолжится со следующей. А мотор будет крутиться со скоростью, заданной при последнем нажатии на какую-то из кнопок.

### Задание 4. Ответьте на следующие вопросы

1. Зачем в схеме использован диод?
2. Почему мы использовали полевой MOSFET-транзистор, а не биполярный?
3. Почему мы не использовали резистор между портом Arduino и затвором транзистора?
4. Как работает инструкция `continue`, использованная в цикле `for`?

### Задание 5. Самостоятельно измените существующую программу и схему

1. Внесите единственное изменение в программу, после которого максимальной скоростью вращения мотора составит половину от возможной.
2. Перепишите программу без использования инструкции `continue`.
3. Добавьте в схему еще одну кнопку, чтобы у миксера стало три режима. Понадобилось ли изменять что-либо в программе?