

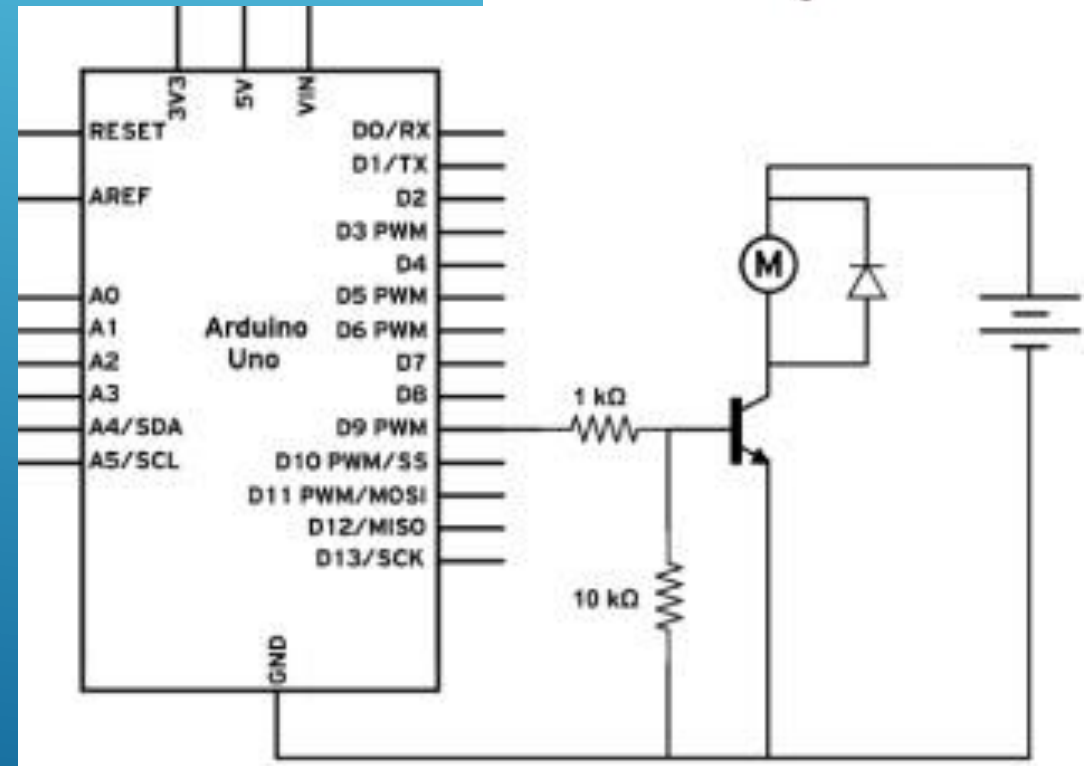
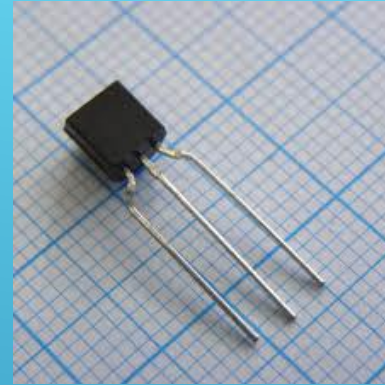
ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА

Лекция 5. Основы электроники
вместе с Arduino



ПРИМЕНЕНИЕ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

- ▶ **Электромотор** – это индуктивная нагрузка, которая в момент отключения создаёт выбросы по току и напряжению. У многих моторов есть графитовые щетки, которые являются источником искр и помех. Сам мотор потребляет энергию очень неравномерно, что также может стать причиной помех по линии питания. Пусковой ток мотора гораздо больше рабочего тока, что гарантированно просадит слабое питание при запуске.
- ▶ Для управления мотором постоянного тока с помощью платы Arduino необходима **сильноточная цепь**, которая обычно реализуется с помощью внешнего источника тока и одного или нескольких транзисторов.
- ▶ **Биполярный транзистор** – полупроводниковый прибор, состоящий из трёх областей с разным типом проводимости (p-n-p либо n-p-n). Контакты к этим областям называются эмиттером, базой и коллектором. Транзистор может использоваться либо в режиме усиления сигнала (малый переменный сигнал, подаваемый на базу, даёт усиленный по току и напряжению сигнал, снимаемый с коллектора), либо в **ключевом режиме** (изменение напряжения на базе приводит к резкому изменению тока между эмиттером и коллектором).



БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР

Режим транзистора в усилительных схемах определяется рабочей точкой (А). Рабочая точка характеризуется напряжениями $U_{кэ}$, $U_{бэ}$ и токами $I_к$, $I_б$. Транзистор управляется посредством малых отклонений в окрестностях этой рабочей точки.

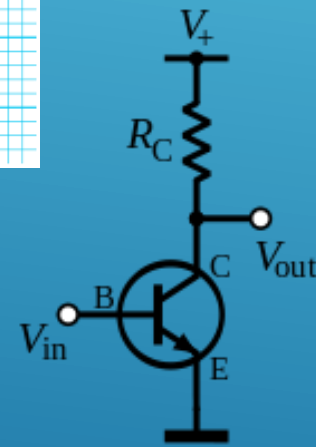
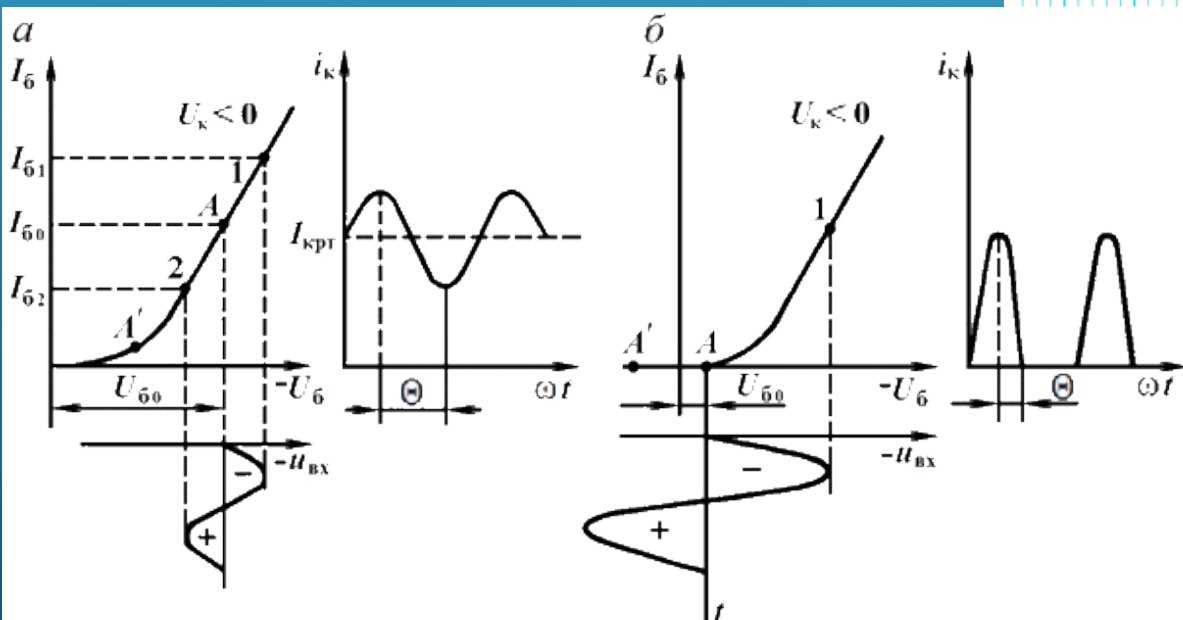
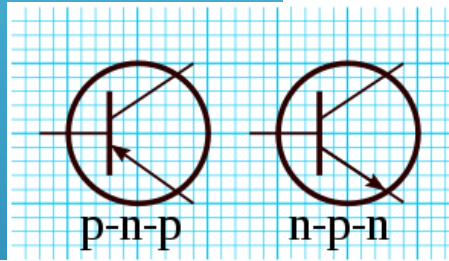
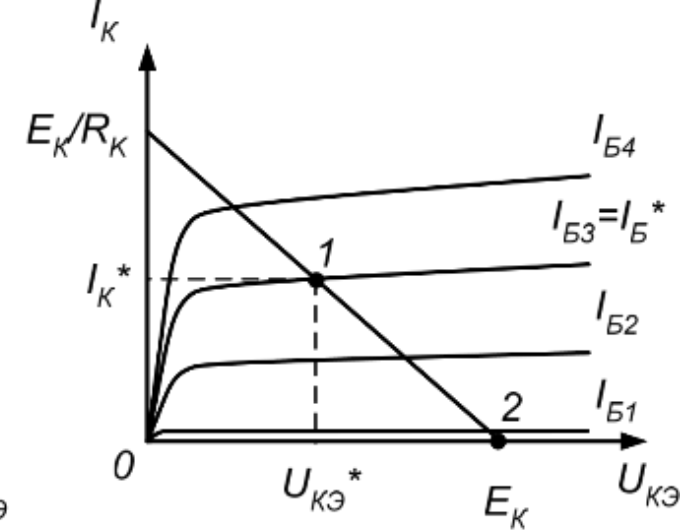
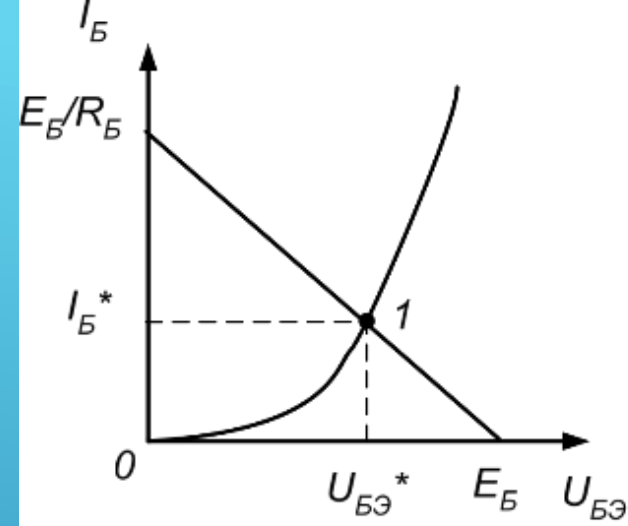


Схема с ОЭ

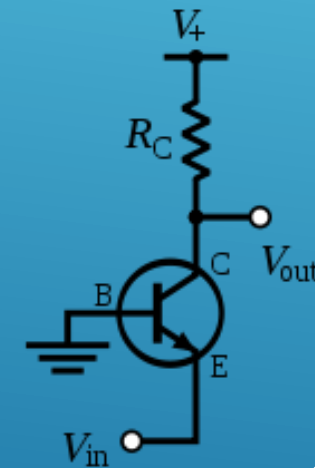


Схема с ОБ

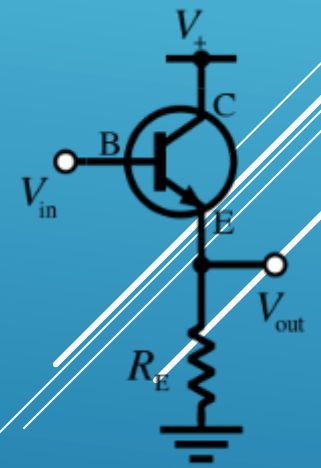
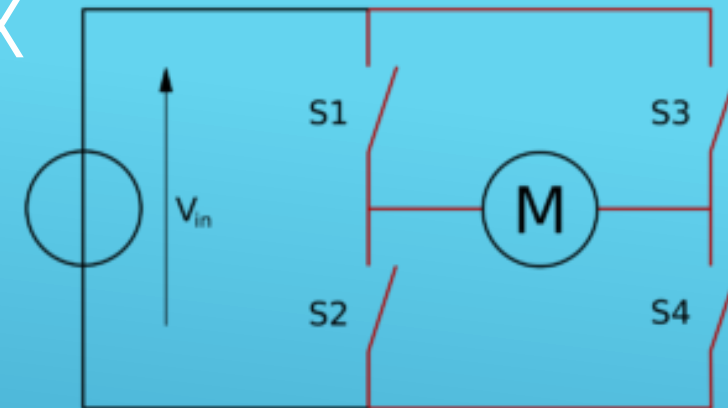


Схема с ОК

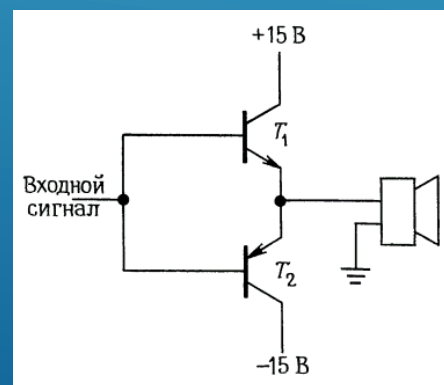
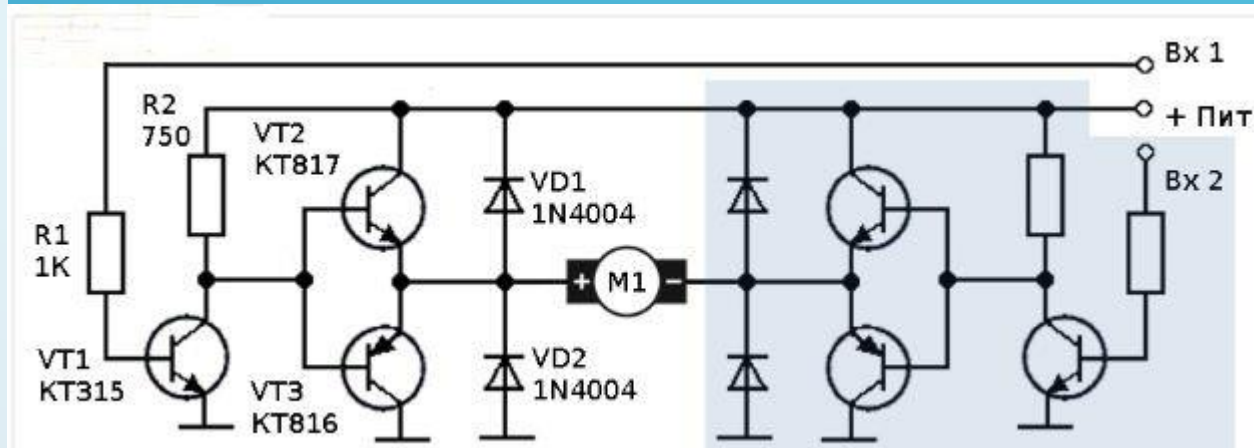
H-МОСТ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ



▶ Принципиальная схема H-моста напоминает латинскую букву «H», отсюда название устройства. В схему входят 4 ключа, расположенных попарно, слева и справа, а между ними включена нагрузка.

▶ Для того чтобы исключить возможное короткое замыкание, h-мост на транзисторах дополняется входной логикой, которая исключает появление короткого замыкания. В современных электронных устройствах мостовые схемы изменения полярности дополняются устройствами, обеспечивающими плавное и медленное торможение перед включением реверсного режима.

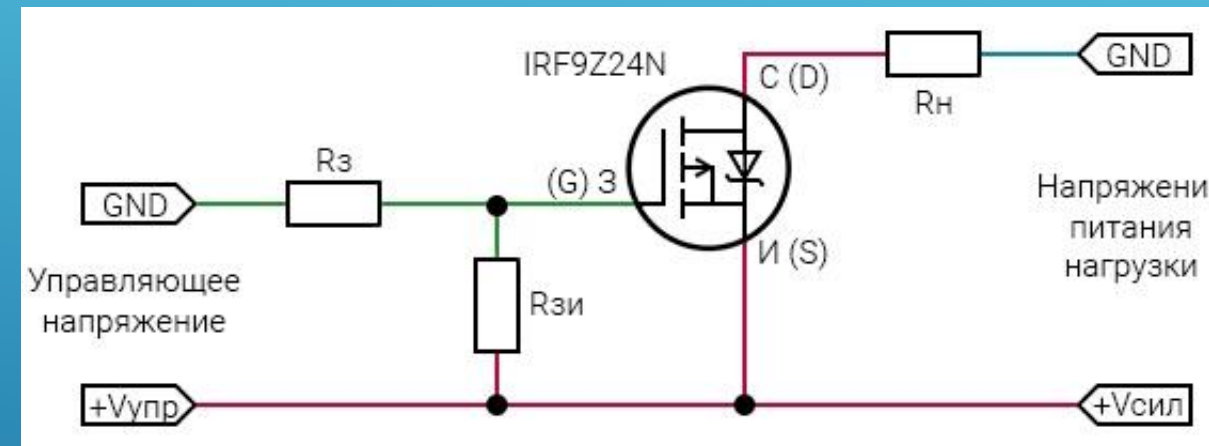
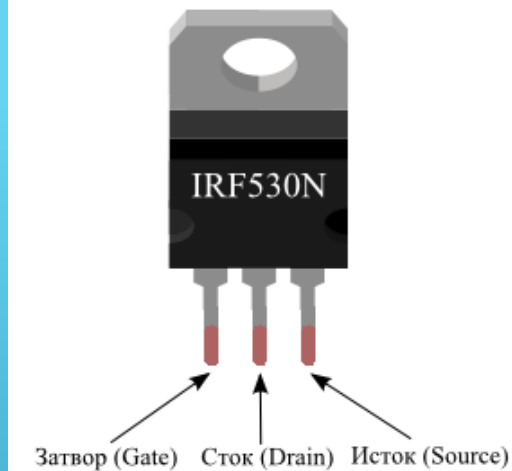
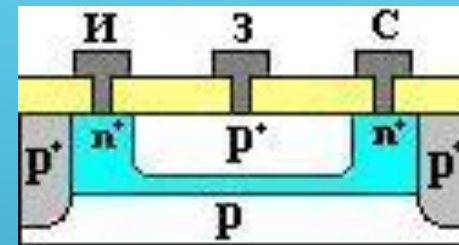
▶ Для корректной работы схемы транзисторы должны быть установлены на радиаторы. Диоды обеспечивают защиту мощных транзисторов от обратного тока.



Двухтактная схема эмиттерного повторителя: Транзистор T1 открыт при положительных значениях сигнала, а транзистор T2 - при отрицательных.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА

- ▶ Современная микроэлектроника в основном базируется на приборах со структурой металл-диэлектрик-полупроводник (МДП), что связано с простотой планарной технологии, обеспечивающей в тоже время высокую степень интеграции микросхем при малых токах потребления.
- ▶ В зависимости от типа полевого транзистора напряжение определённого знака, приложенное к затвору, может либо открыть канал (т.е. увеличить проводимость между истоком и стоком) либо закрыть его (т.е. сделать транзистор неэлектропроводным). Типичный режим работы таких полевых транзисторов – ключевой.
- ▶ Наиболее важной особенностью полевого транзистора является отсутствие тока затвора. Как следствие этого, высокое входное полное сопротивление (больше 10^{14} Ом) упрощает проектирование схем. Все МДП-транзисторы исключительно чувствительны к электростатическим разрядам, вызывающим пробой изолирующего затвор окисла.



Максимальное напряжение сток-исток ($U_{си}$): **55 В**;
Максимальный продолжительный ток стока (I_c): **12 А**;
Максимальный импульсный ток стока (I_c): **48 А**;
Ток утечки затвора: **100 нА** (при $U_{зи} = -20 В$);
Сопротивление открытого канала ($R_{си}$): **175 мОм**;

ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР

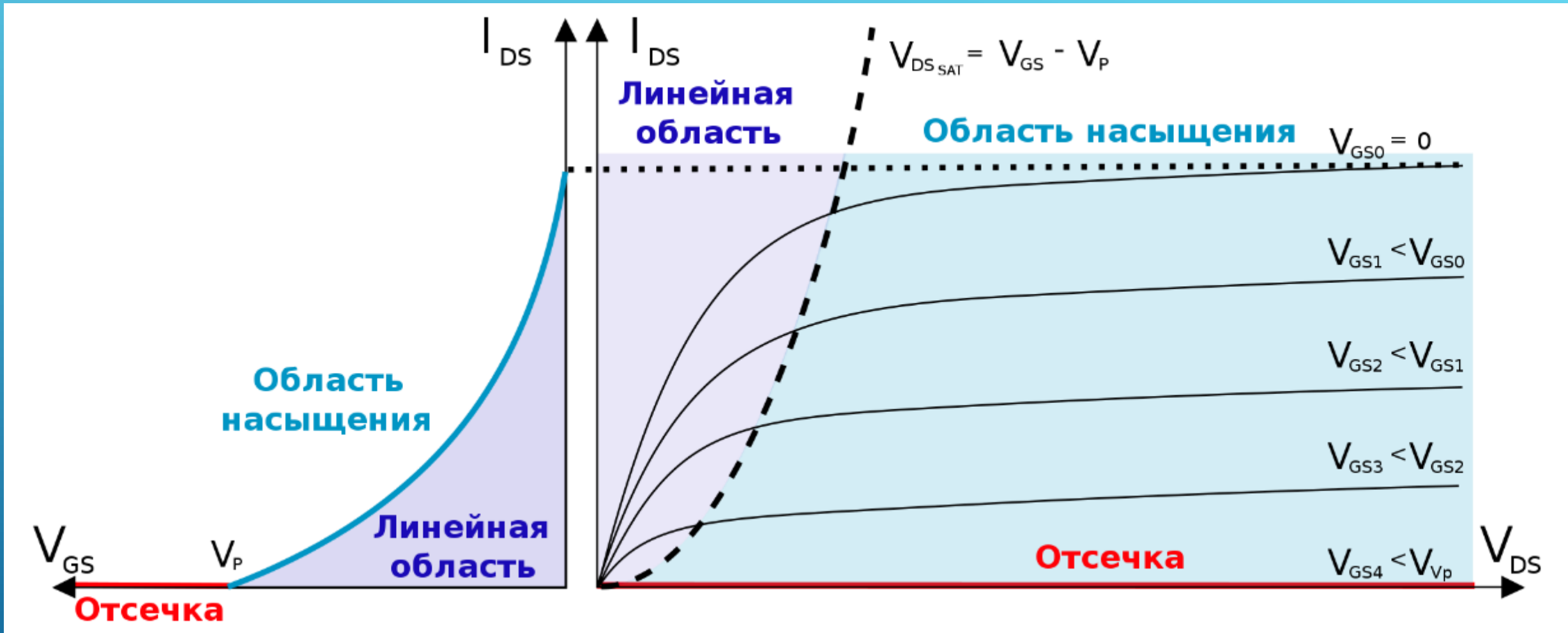
Полевые транзисторы являются униполярными полупроводниковыми приборами, работающих на основе эффекта поля.

В транзисторах со встроенным (собственным) каналом (транзистор обедненного типа) канал существует до подачи напряжения на затвор. Канал может иметь проводимость как р-типа, так и n-типа.

В транзисторах с индуцированным каналом (транзистор обогащенного типа) канал формируется только при подаче напряжения на затвор.



ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР



Пример вольт-амперных характеристик полевого транзистора

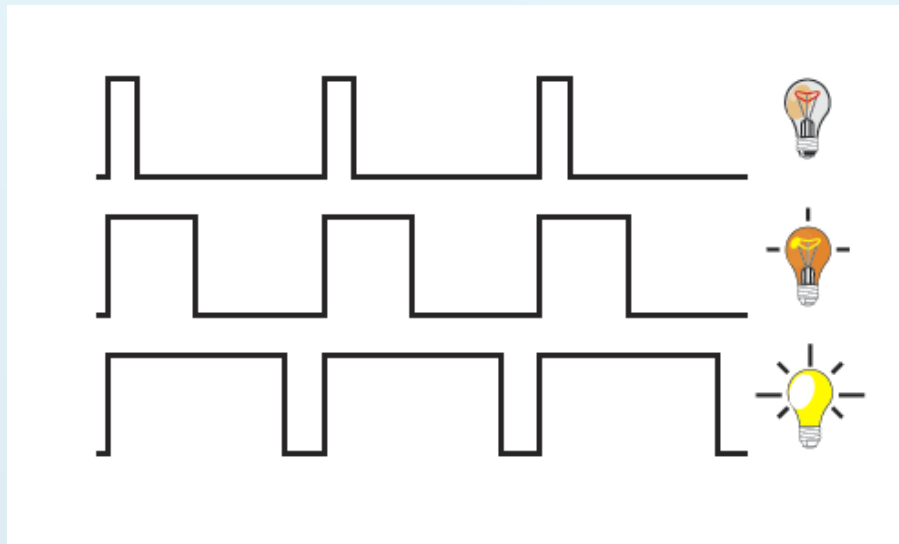
ПРОГРАММИРОВАНИЕ ШИМ

```
int drv = 9;           // Пин, к которому подключён затвор транзистора
int rate = 0;         // Скорость вращения
int fadeAmount = 5;  // Шаг изменения скорости
```

```
void setup()
{
  pinMode(drv, OUTPUT);
}
```

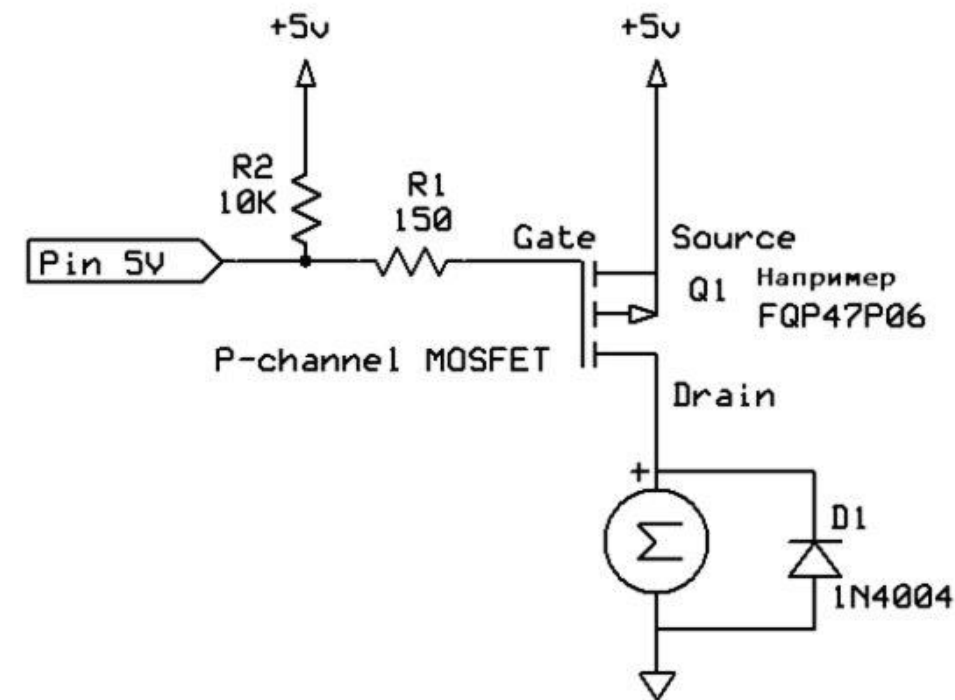
```
void loop()
{
  analogWrite(drv, rate);
  rate += fadeAmount;
```

```
  if (rate == 0 || rate == 255)
  {
    fadeAmount = -fadeAmount;
    delay(1000);
  }
  delay(30);
}
```

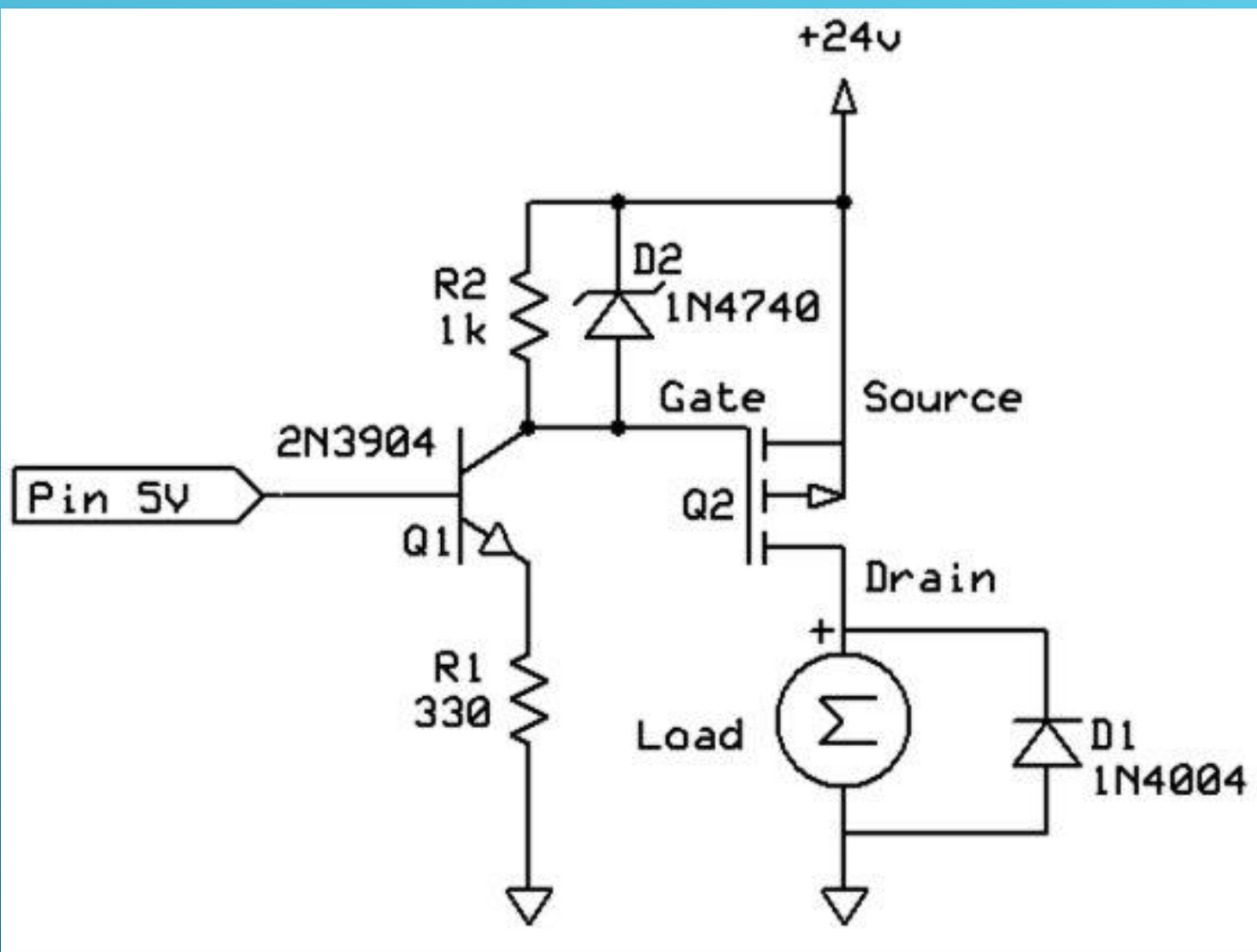


Несмотря на то, что программно можно реализовать ШИМ на любом выходе Arduino, функция `analogWrite()` реализует аппаратный ШИМ только на следующем наборе пинов: 3, 5, 6, 9, 10, 11.

Мотор включен когда пин = low



ЧУТЬ БОЛЕЕ СЕРЬЁЗНАЯ СХЕМА



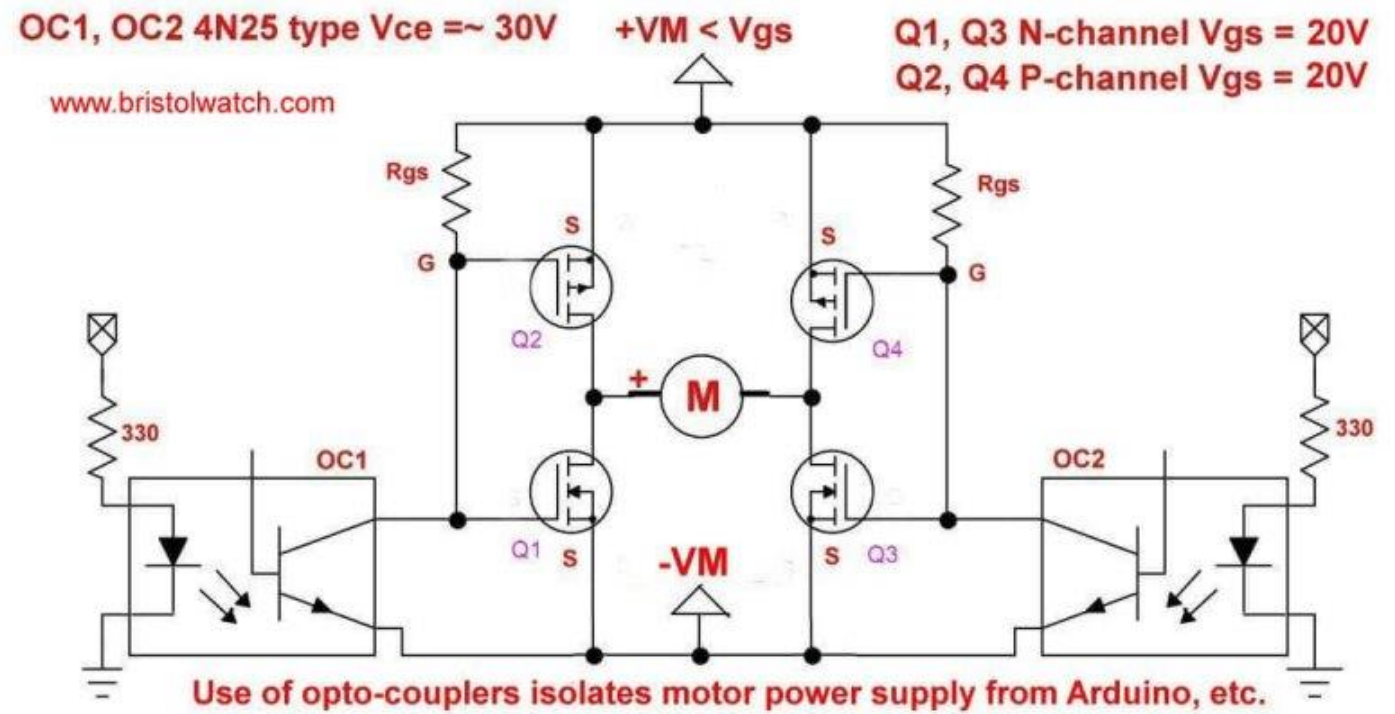
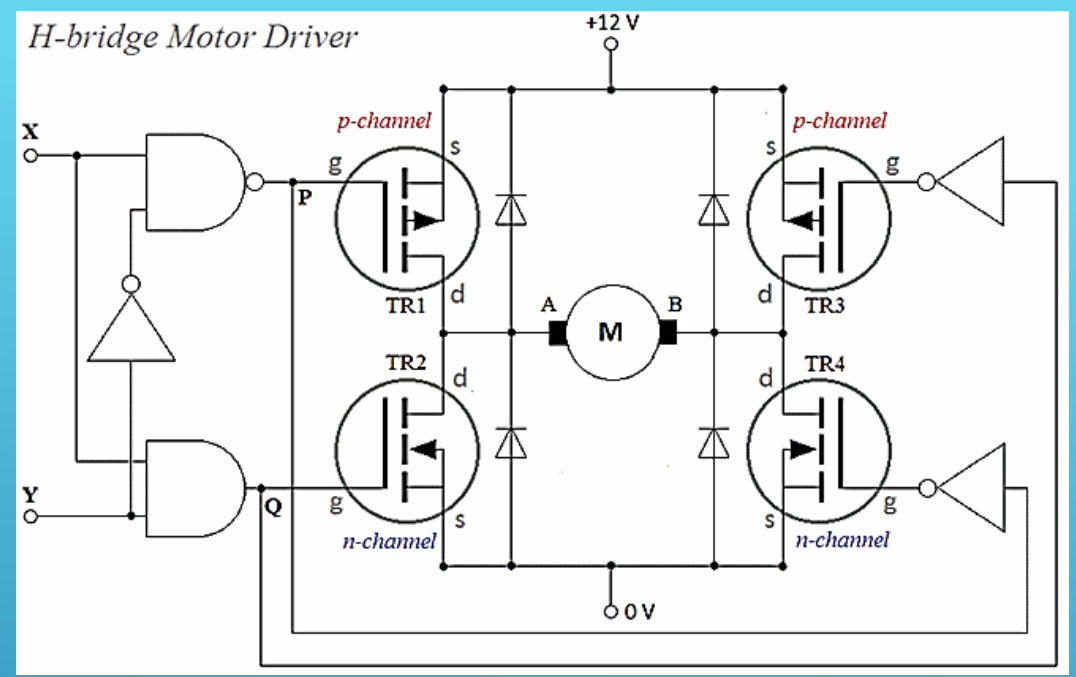
Двигатель запитывается от 24 В. Полевой транзистор может выдержать это напряжение и экстра-токи, но управлять затвором лучше через маломощный биполярный транзистор. Стабилитрон использован, чтобы не пропустить высокое напряжение на выход Arduino.

H-МОСТ НА MOSFET

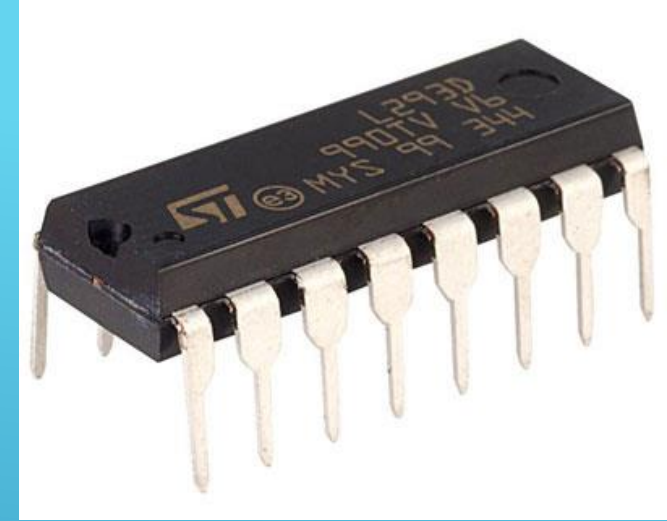
При выборе полупроводниковых элементов обычно учитывается напряжение, ток нагрузки и частота переключения ключей. Последнее важно при использовании широтно-импульсной модуляции. Когда полевой транзистор работает в ключевом режиме, скорость переключения транзисторов определяет диапазон использования ШИМ.

Негативным фактором использования полевых транзисторов является зависимость сопротивления канала от температуры. С увеличением температуры этот параметр заметно растёт, поэтому при использовании мощных полевых транзисторов следует предусмотреть соответствующие радиаторы или активные схемы охлаждения.

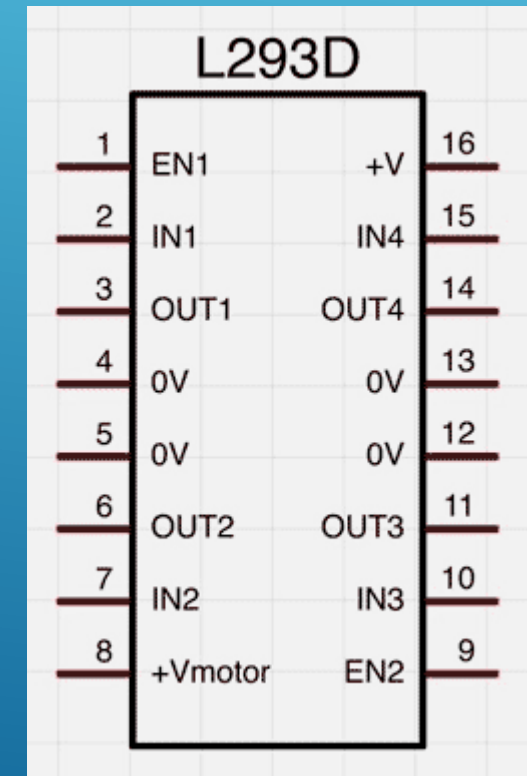
Поскольку сложно подобрать полевые транзисторы для моста с разным типом канала, удобно использовать CMOS в виде интегральных сборок.



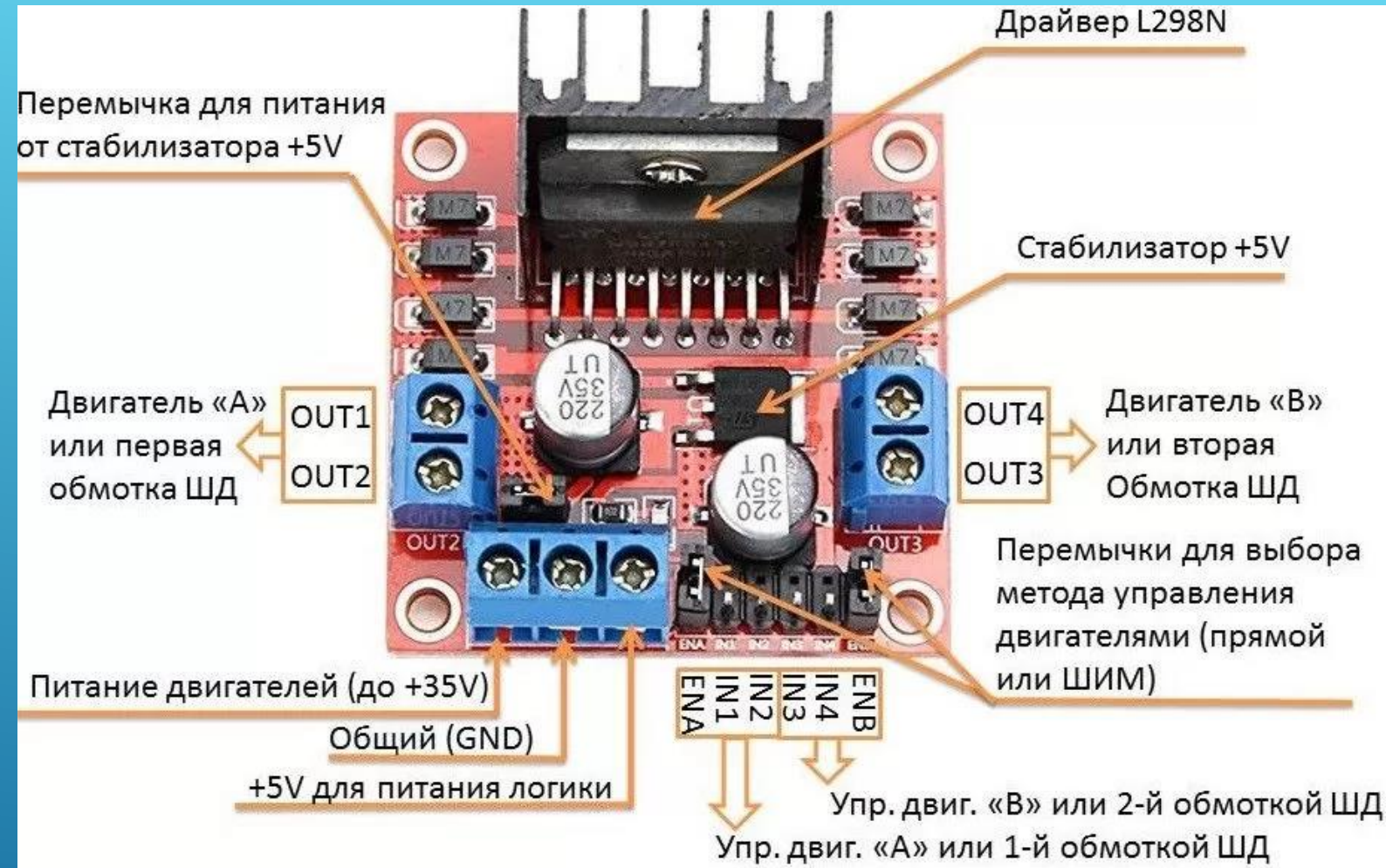
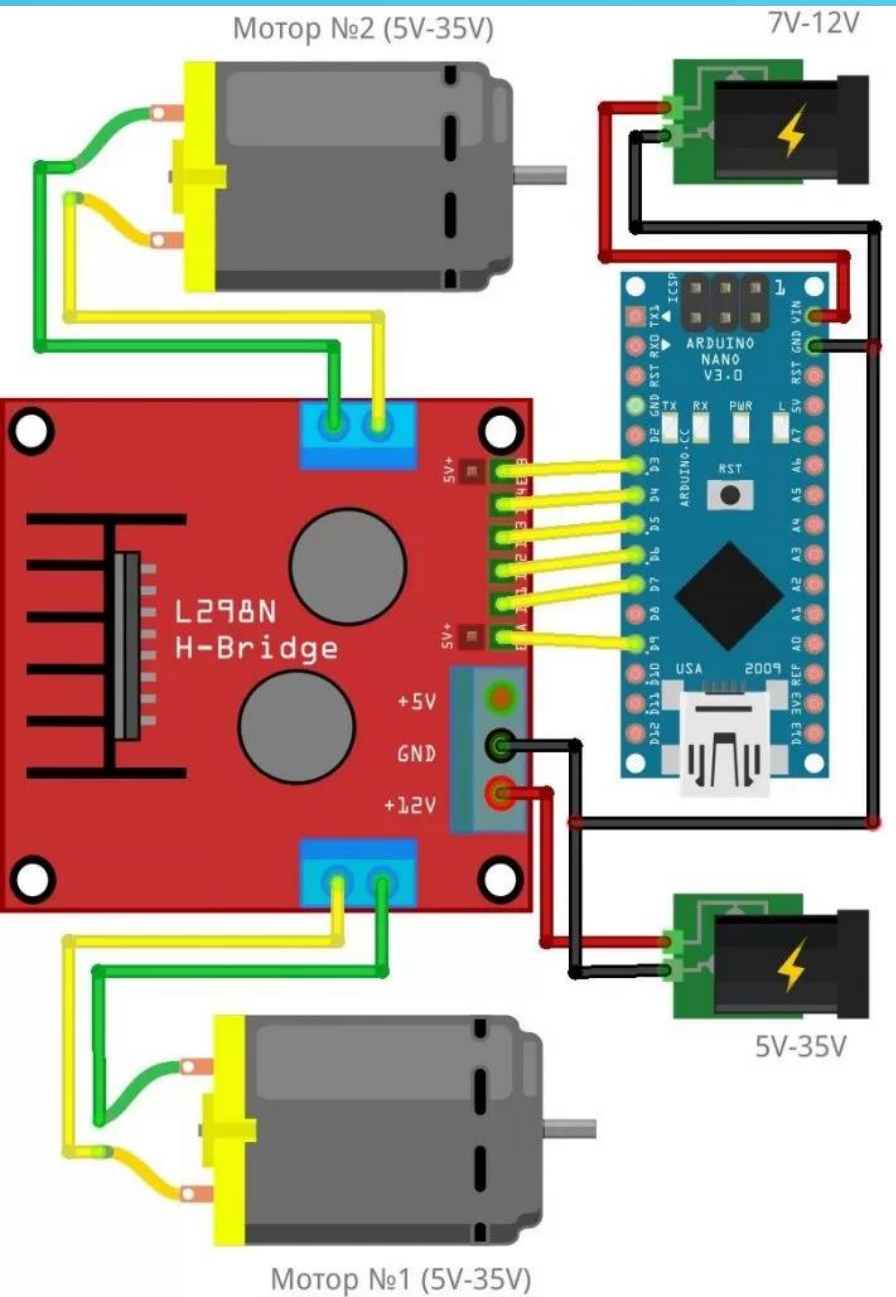
ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСХЕМЫ-ДРАЙВЕРА



- ▶ Существует множество готовых микросхем, которые позволяют управлять разными типами двигателей. В качестве примера – микросхема L293D.
- ▶ Микросхема представляет собой два H-моста, что позволяет управлять сразу двумя двигателями. Каждый мост снабжён четырьмя защитными диодами и защитой от перегрева. Максимальный ток, который можно передать на двигатель — 1.2А. Рабочий ток — 600мА. Максимальное напряжение — 36 В.
- ▶ Функции выводов микросхемы:
 - ▶ +V — питание микросхема, 5В;
 - ▶ +V_{motor} — питание двигателей, до 36В;
 - ▶ 0V — земля;
 - ▶ En1, En2 — выводы включения/выключения H-мостов;
 - ▶ In1, In2 — управляющие выводы первого H-моста;
 - ▶ Out1, Out2 — выводы для подключения первого двигателя;
 - ▶ In3, In4 — управляющие выводы второго H-моста;
 - ▶ Out3, Out4 — выводы для подключения второго двигателя.



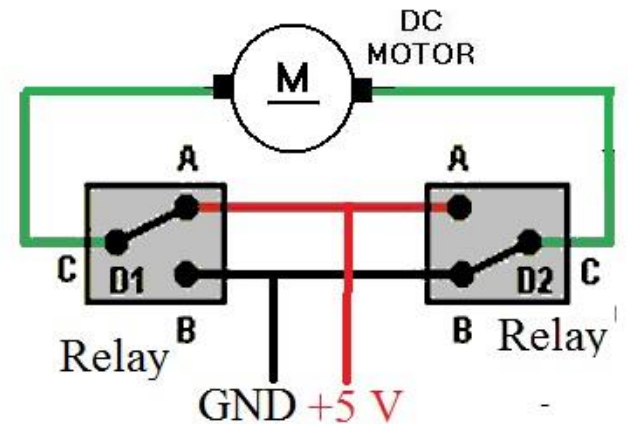
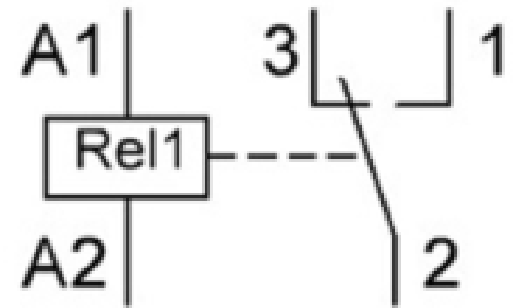
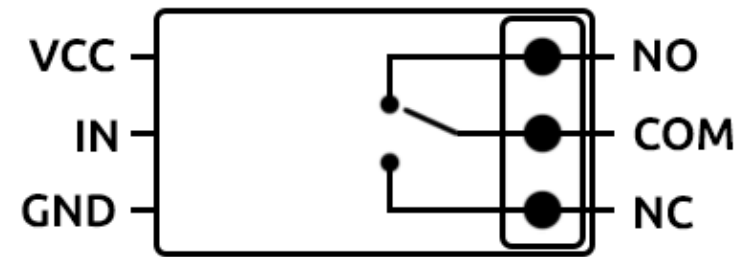
ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСХЕМЫ-ДРАЙВЕРА L298N



Напряжение питания моторов: от 5V до 35V;
Рабочий ток драйвера: 2 А;
Пиковый ток драйвера 3 А;
Максимальная мощность: 20 Вт (при температуре 75о С);

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЛЕ

- ▶ Применение **электромагнитного реле** – универсальный способ коммутировать нагрузку, поскольку реле имеет механически замыкаемые контакты силовой цепи. Входящий в набор Arduino Starter Kit блок реле (SRD-05 VDC) позволяет коммутировать нагрузку как переменного, так и постоянного тока вплоть до напряжения **220 В** и тока **10 А**. Модуль реле, помимо самого реле, содержит элементы обвязки, согласующие значение напряжения на выходе Arduino с током срабатывания электромагнитного выключателя (60 мА). Для включения реле достаточно подать сигнал высокого уровня на логический вход.
- ▶ Контакты питания и управления реле:
 - ▶ V_{CC} – питание,
 - ▶ GND – "земля",
 - ▶ IN – логический управляющий сигнал.
- ▶ Силовые выходы реле:
 - ▶ COM – общий контакт,
 - ▶ NO – нормально разомкнутый относительно COM контакт,
 - ▶ NC – нормально замкнутый относительно COM контакт.
- ▶ В настоящее время находят широкое распространение твердотельные реле с электронным переключением ключей.

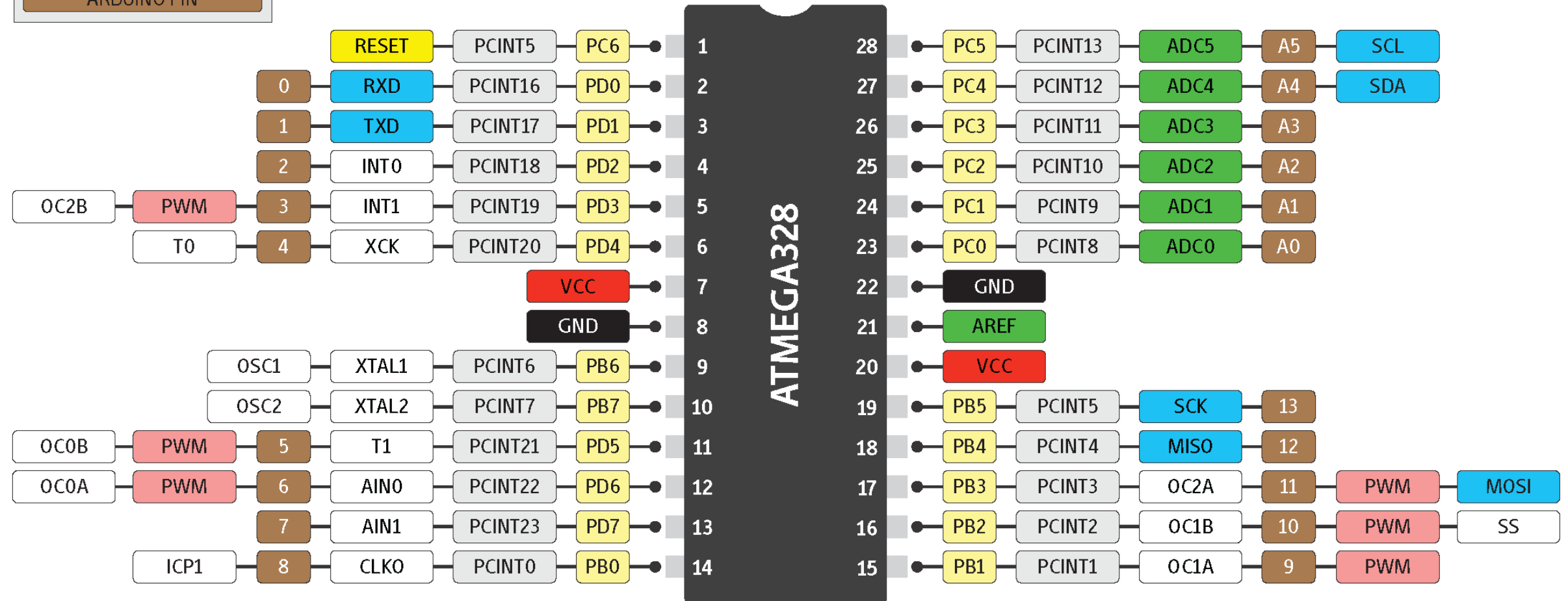


СЕРДЦЕ ARDUINO



Микроконтроллер **Atmel ATmega328** объединяет в одной микросхеме: 32 КБ ISPflash память с возможностью чтения во время записи, 1 КБ EEPROM, 2 КБ SRAM, 23 линии ввода-вывода общего назначения, 32 рабочих регистра общего назначения, три таймера/счетчика с режимами сравнения, внутренние и внешние прерывания, UART, TWI (I²C), SPI, 6-канальный 10-битный АЦП, программируемый сторожевой таймер с внутренним генератором, пять режимов энергосбережения, выбираемых программно.

ARDUINO PIN

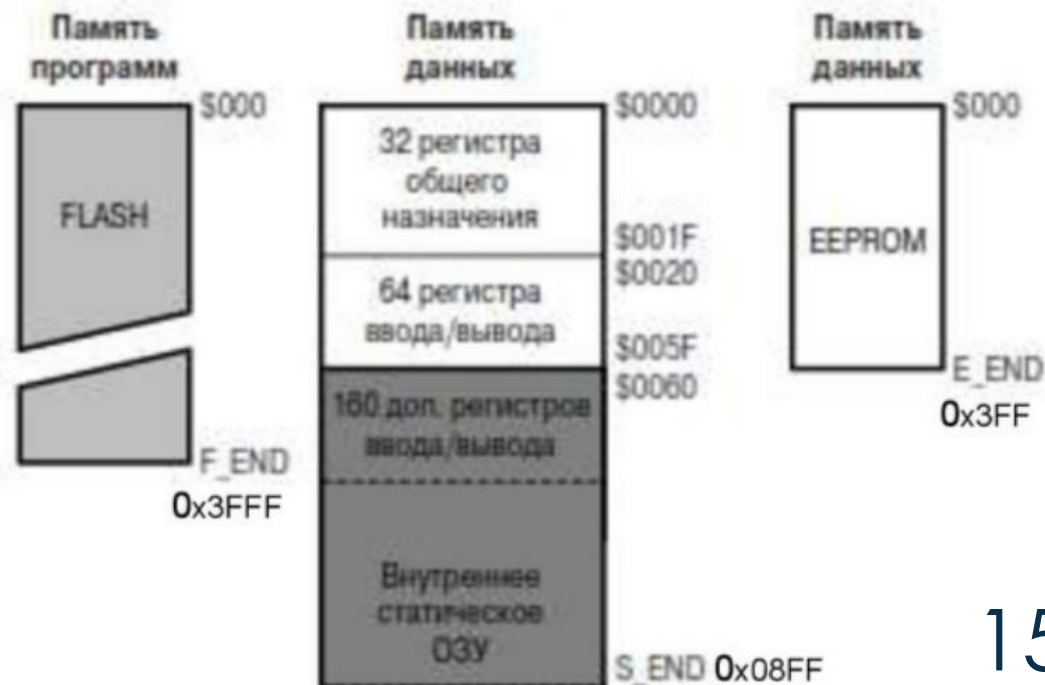


УСТРОЙСТВО ATMEGA328

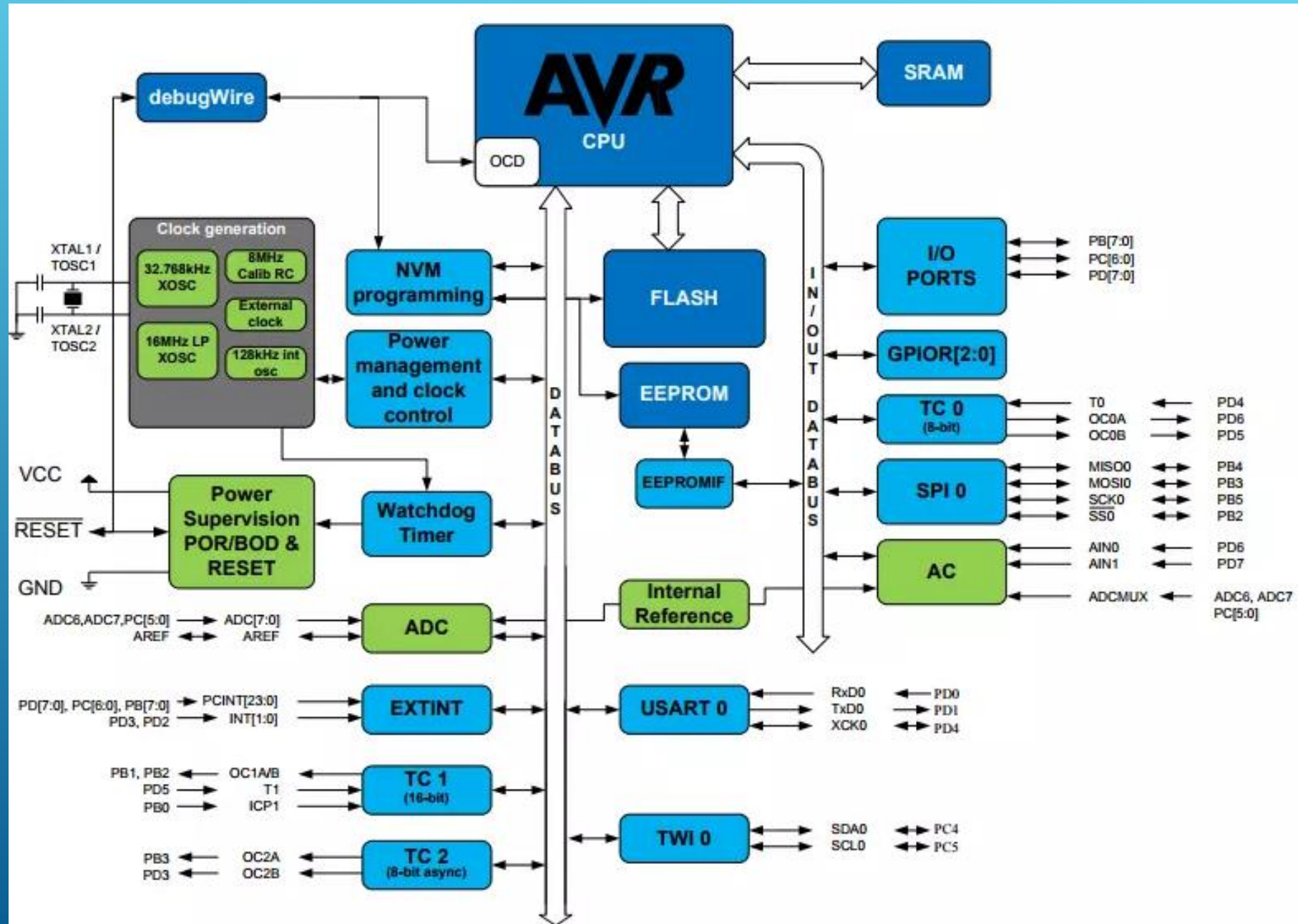


Контроллер изготовлен по энергоэффективной КМОП-технологии, которая в сочетании с RISC-архитектурой позволяет достичь хорошего соотношения "быстродействие/энергопотребление". Микроконтроллер построен по двухшинной (гарвардской) архитектуре. Также разделены адресные пространства памяти программ и памяти данных.

Логически память программ разделена на область прикладной программы и область загрузчика (2 кБ). В последней может располагаться специальная программа – загрузчик, позволяющая микроконтроллеру самостоятельно управлять загрузкой и выгрузкой прикладных программ.



УСТРОЙСТВО АТМЕГА328



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

