

Digital electronics essentials

Занятие 9. Датчики (сенсоры) и актуаторы (исполнительные элементы)

Датчики. Фотодиод. Терморезисторы. Термопары. Тензорезисторы. Эффект магниторезистивности. Эффект Холла

MEMS – что такое, что внутри, как пользоваться. Микрзеркала. Микросопла. Нагреватели. Гироскопы

Recap?

Recap?

- Микроконтроллеры
 - AVR
- Установка VS Code, PlatformIO

Arduino и управление нагрузкой

- NPN-транзистор
 - Коэффициент усиления по току! $I_{max} = 10ma$ на порт
- Mosfet мелкий (2N7000, NDS355)
- MOSFET мощный через пуш-пулл драйвер
- ULN2003
- L293 и прочие степперы

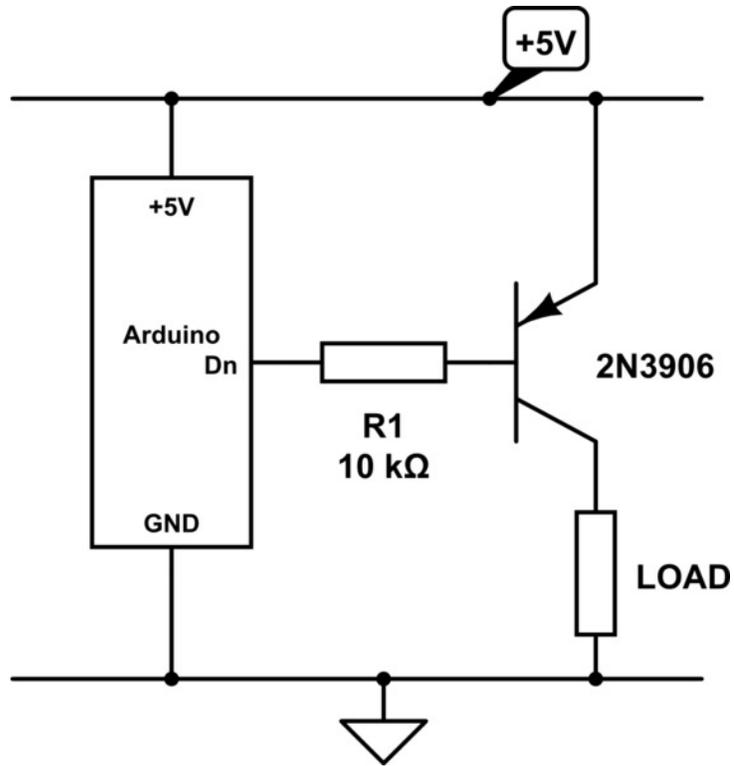
Сенсоры

- Устройства для преобразования физической величины в электрическую
- Используются для анализа внешней среды

Типы сенсоров

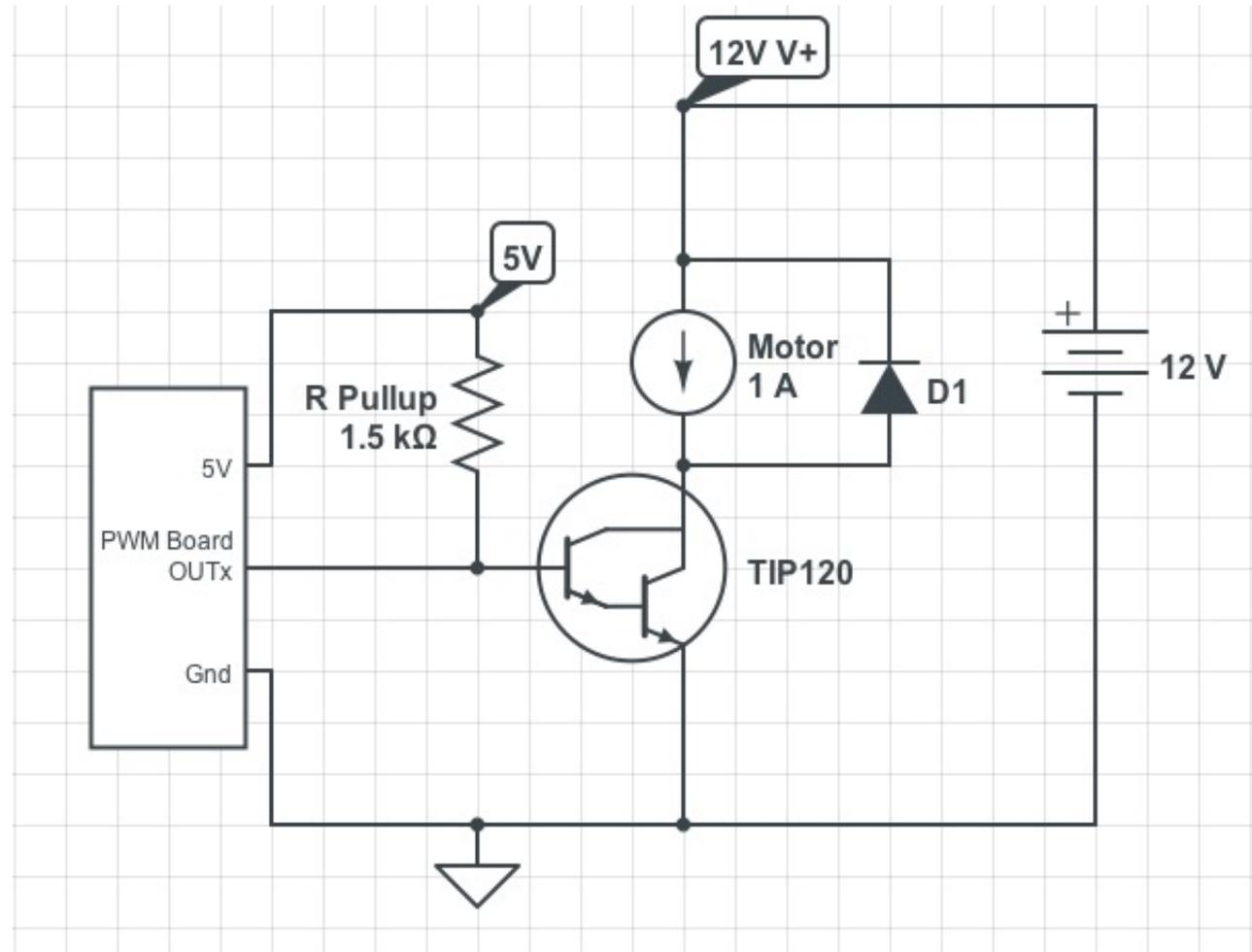
- Дискретные
 - Одиночные
 - Кнопки, концевики
 - Пороговые датчики (чего угодно)
 - Множественные
 - Переключатели
 - Энкодеры
- Аналоговые
 - Фотодатчики, термодатчики, тензорезисторы
 - Датчики расстояния (ИК, ультразвуковые)
 - Датчики электрических величин (напряжение, ток)
- Цифровые
 - Термометры (1-wire/i2c), акселерометры (i2c), барометры, магнетометры
 - Датчики позиционирования (GPS)

NPN

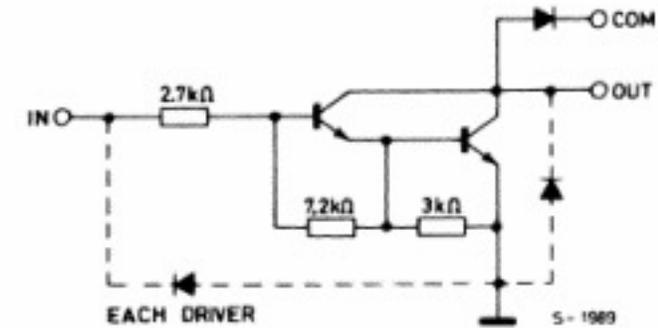
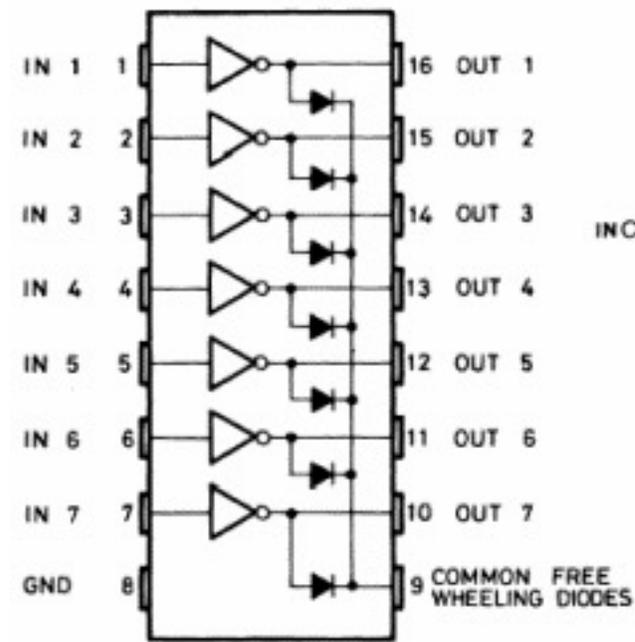


- $I_{LOAD} = I_{Dn} * h_{21э}$

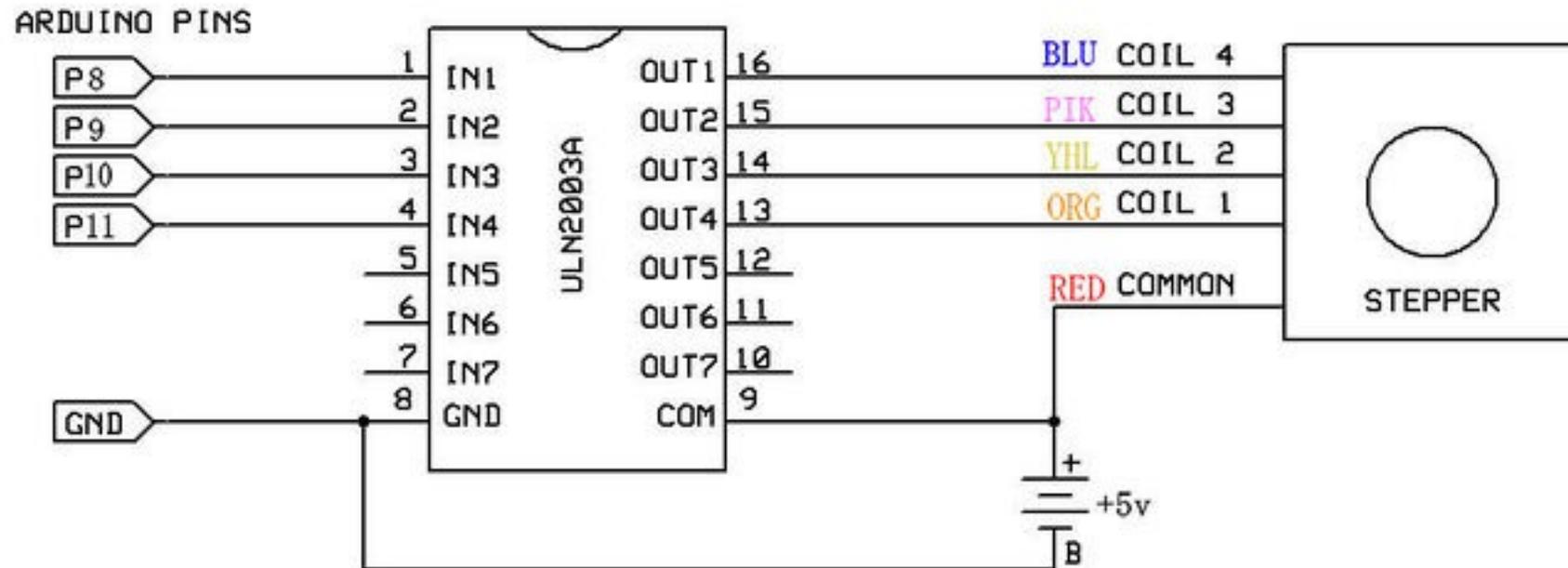
- => нужен высокий коэффициент усиления!



ULN2003

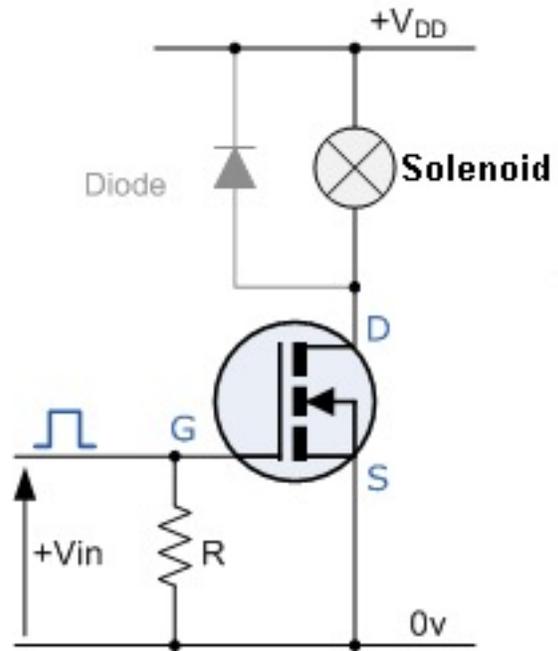


ULN2003 (each driver)

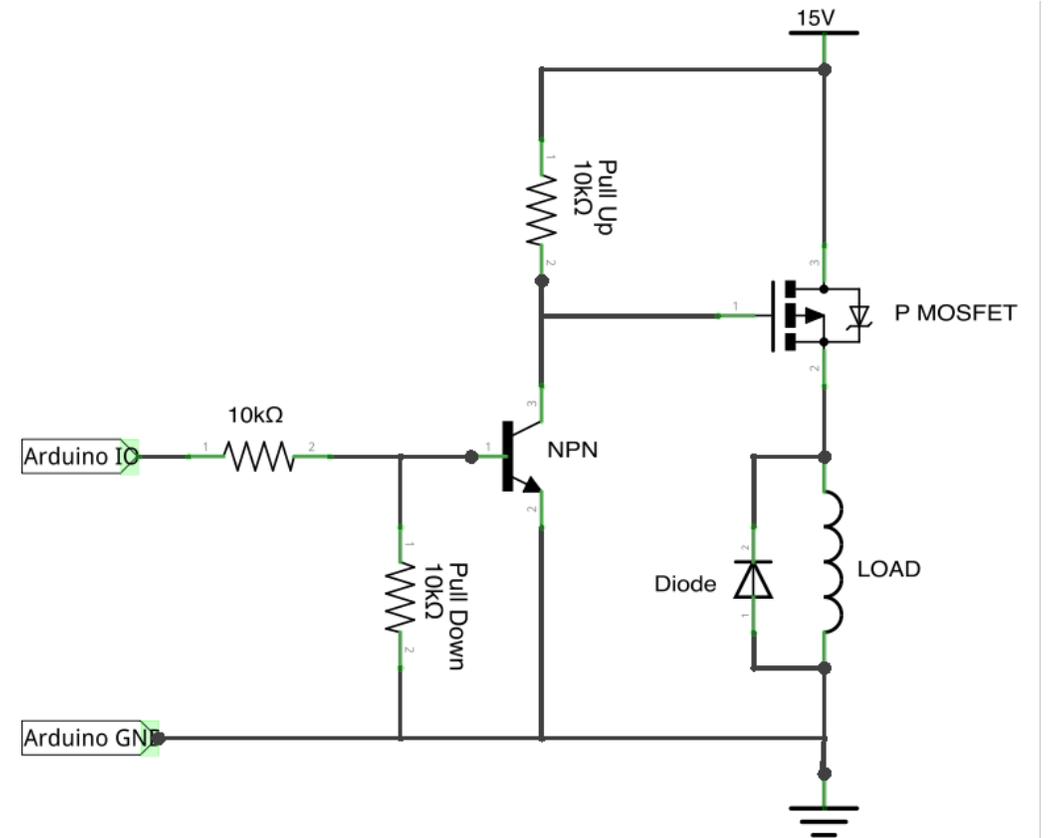


Доступно в виде шилда

Small MOSFET

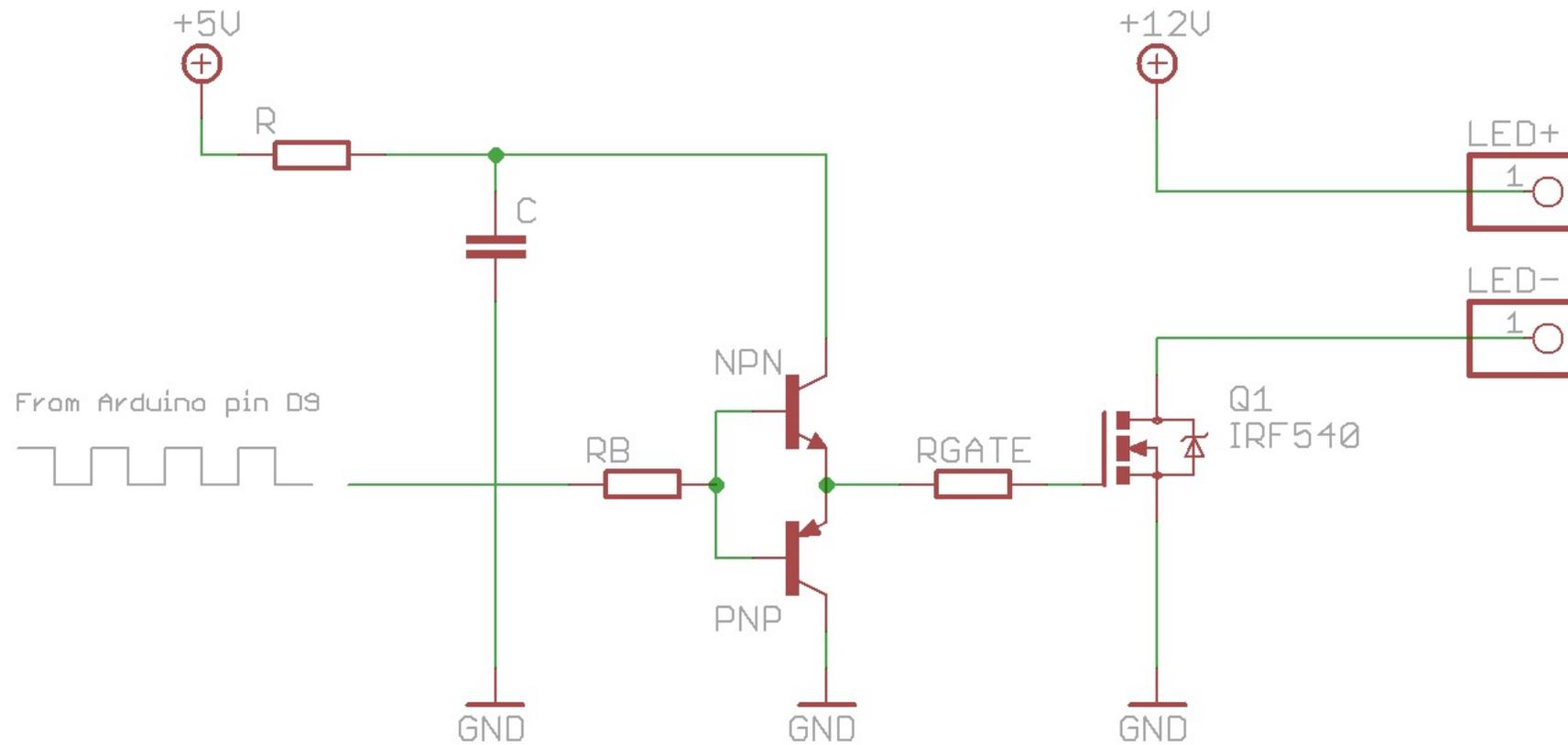


Power MOSFET

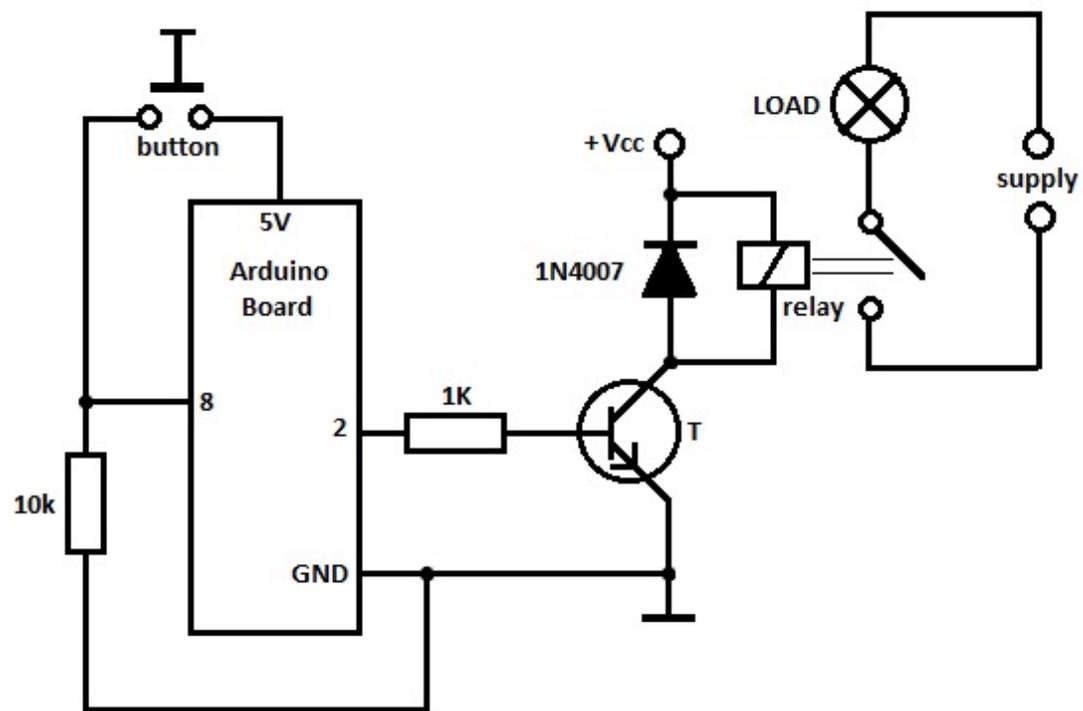


fritzing

MOSFET на высокой частоте

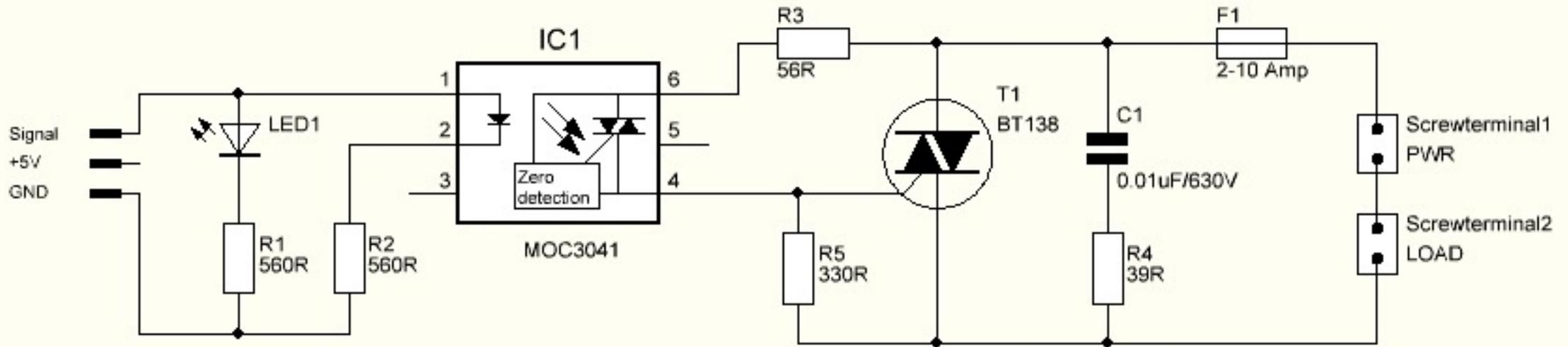


Реле (12/220В)



Доступно в виде шилда

Симистор (220В, переменный ток)



- Использует симистор (англ. Triac) для управления нагрузкой
- Реализует безопасную развязку по питанию
- В отличие от реле, может регулировать плавно

Датчики (сенсоры)

Компоненты могут изменять свои номиналы

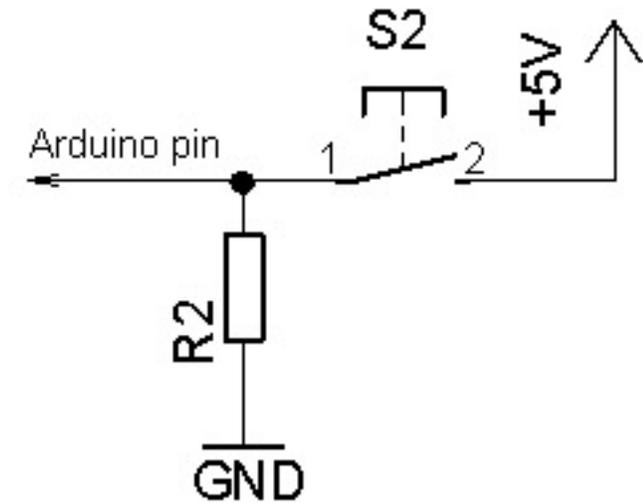
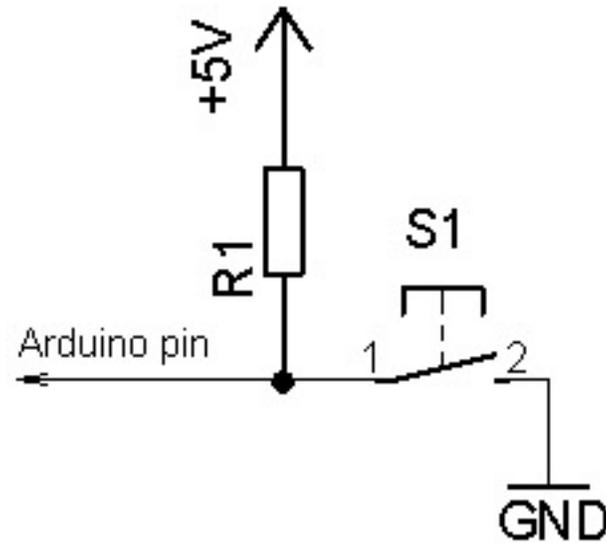
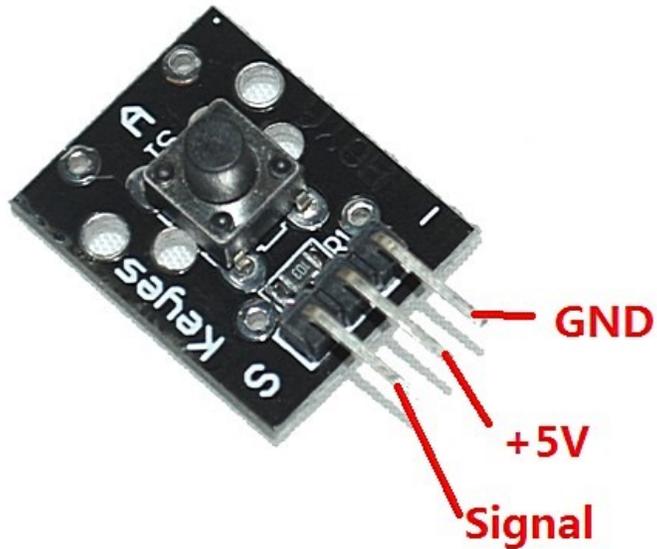
Обычно это нежелательно, но можно использовать на пользу

Типы сенсоров

- Дискретные
 - Одиночные
 - Кнопки, концевики
 - Пороговые датчики (чего угодно)
 - Множественные
 - Переключатели
 - Энкодеры
- Аналоговые
 - Фотодатчики, термодатчики, тензорезисторы
 - Датчики расстояния (ИК, ультразвуковые)
 - Датчики электрических величин (напряжение, ток)
- Цифровые
 - Термометры (1-wire/i2c), акселерометры (i2c), барометры, магнетометры
 - Датчики позиционирования (GPS)

Кнопка

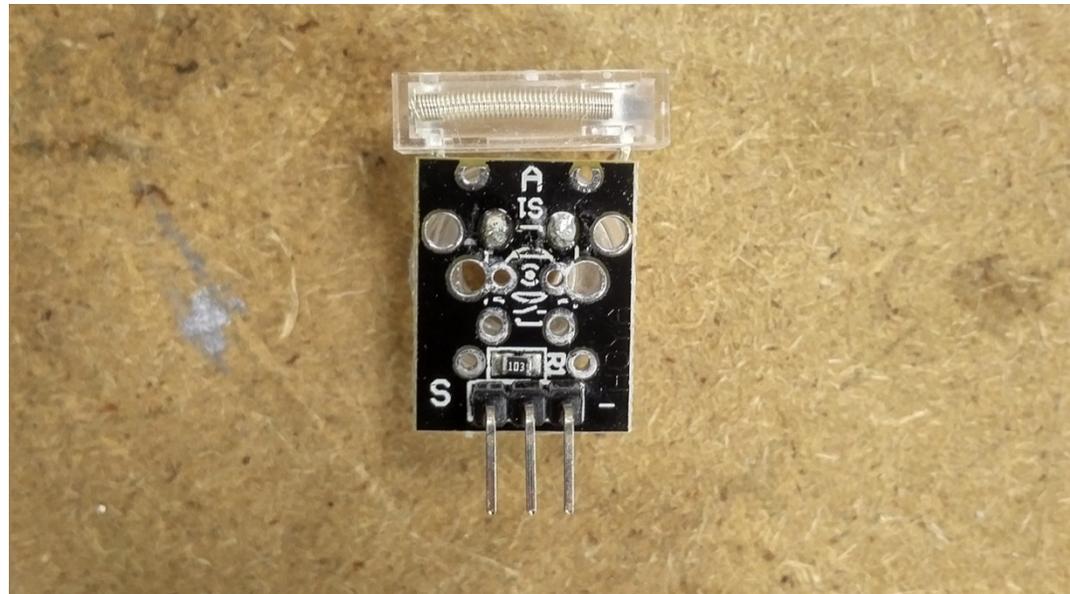
- Самый простой способ получить намерение пользователя
- Можно использовать несколько



Способ подключения

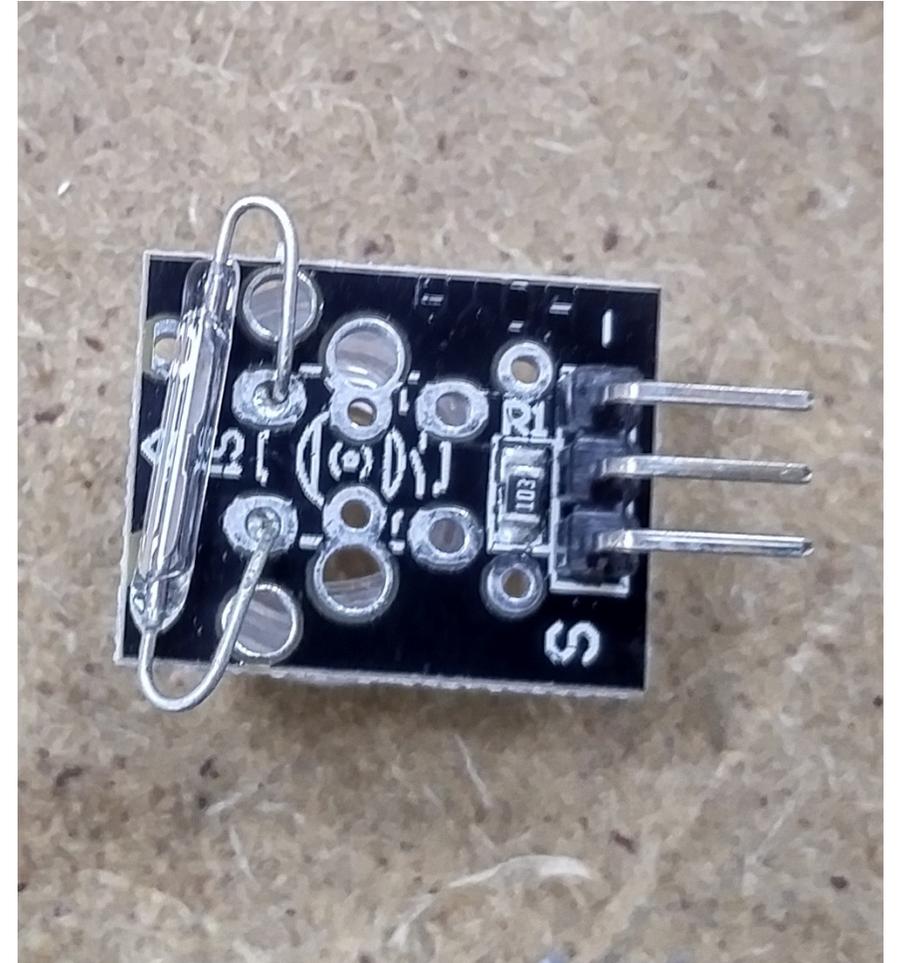
Датчик удара

- В отличие от акселерометра, не измеряет силу, только сообщает о факте удара
- Один удар может быть причиной нескольких импульсов!



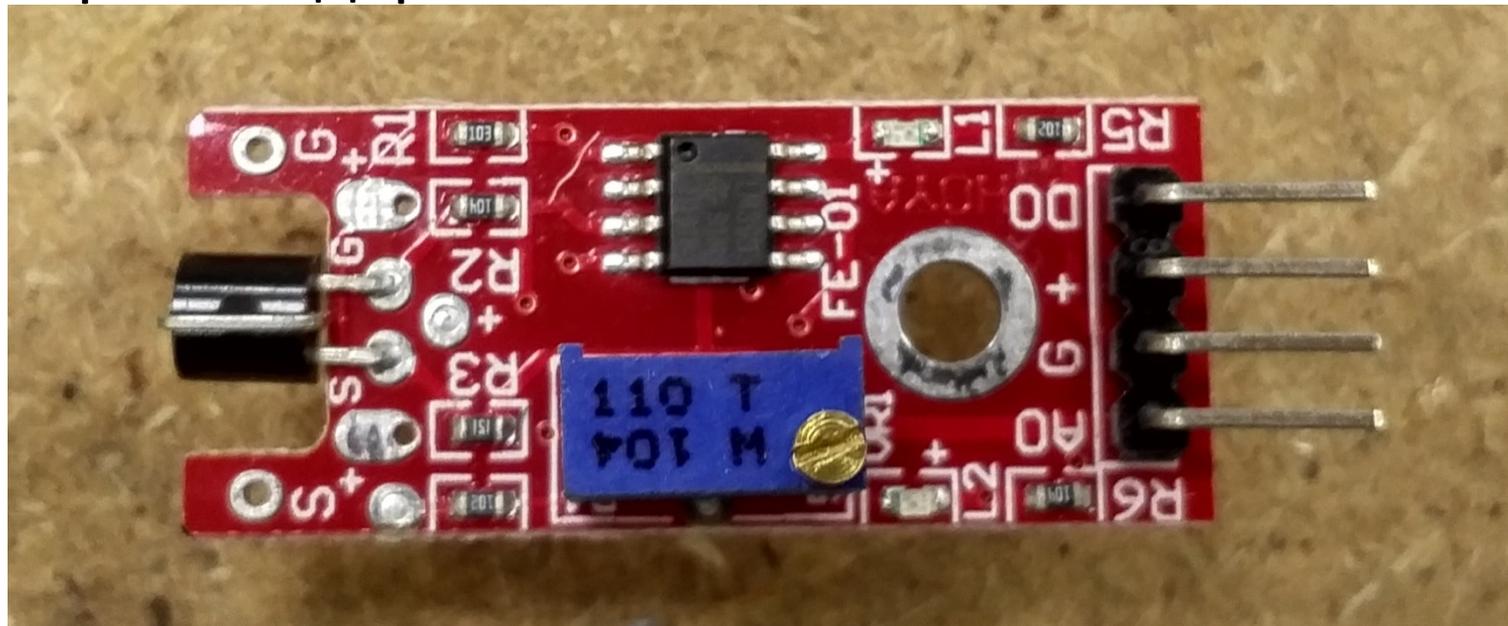
Геркон: датчик магнитного поля

- Срабатывает, когда рядом есть магнит
- По сути – магнитная кнопка

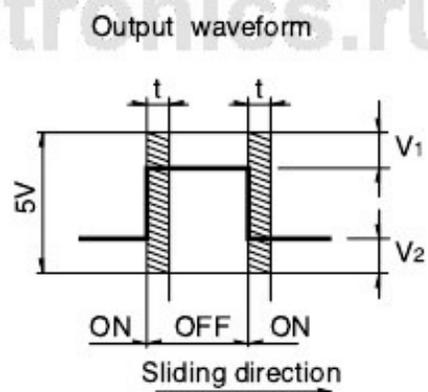
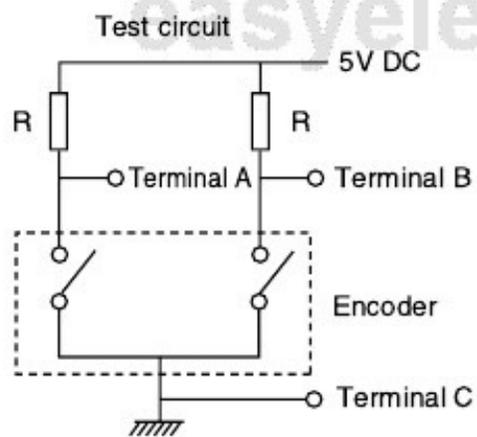
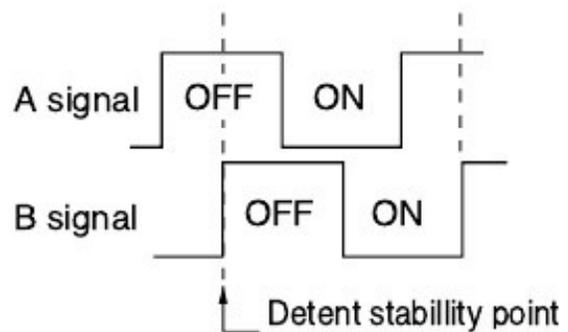


Сенсор прикосновения (touch sensor)

- Открывается от наводок от человеческого тела
- При прикосновении к выводу транзистора
- Может срабатывать неоднократно: необходимо проверить несколько раз с задержкой

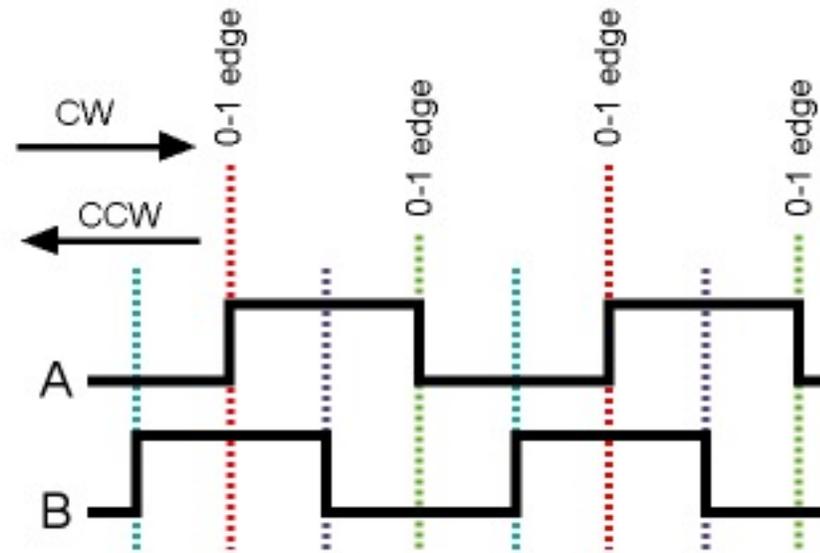


Энкодер



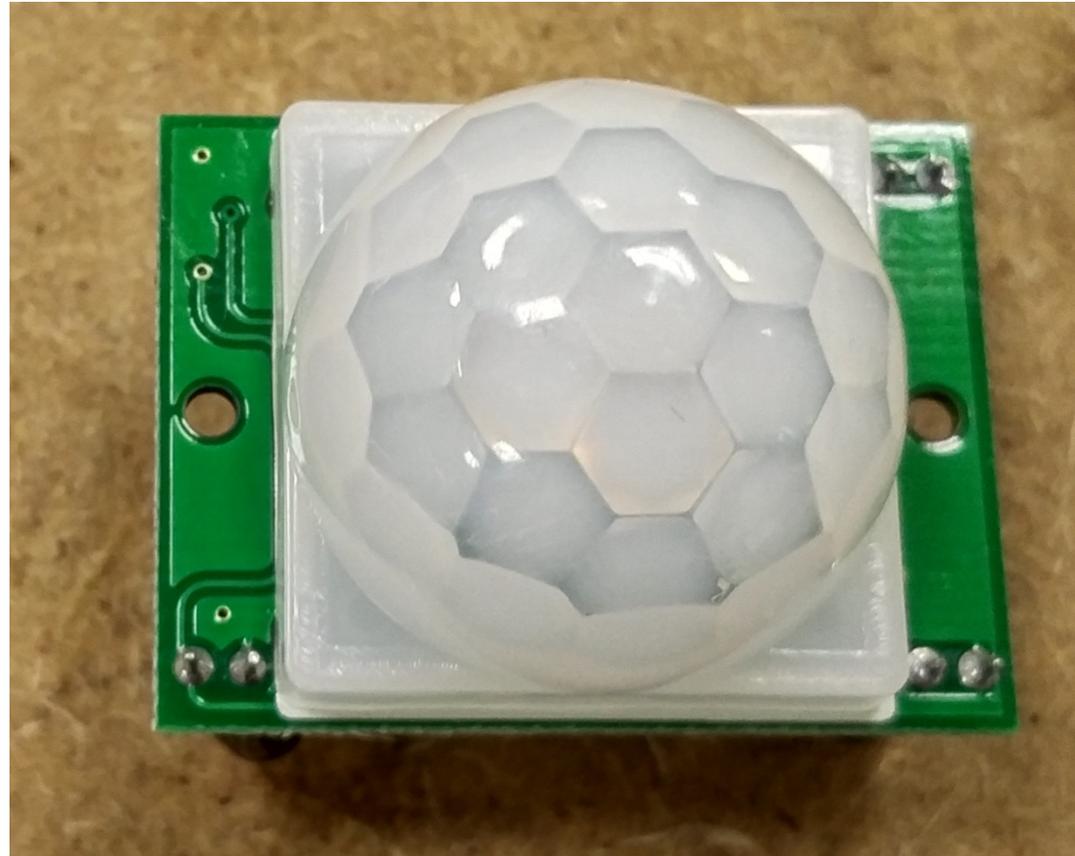
Энкодеры

- Квадратурные энкодеры (линейные и угловые) выдают сдвинутые по фазе импульсы:
- Библиотеки Encoder и ClickEncoder



PIR датчик движения

- Модуль, срабатывающий при движении тёплого тела



Использование делителя напряжения

<https://habr.com/ru/post/441514/>

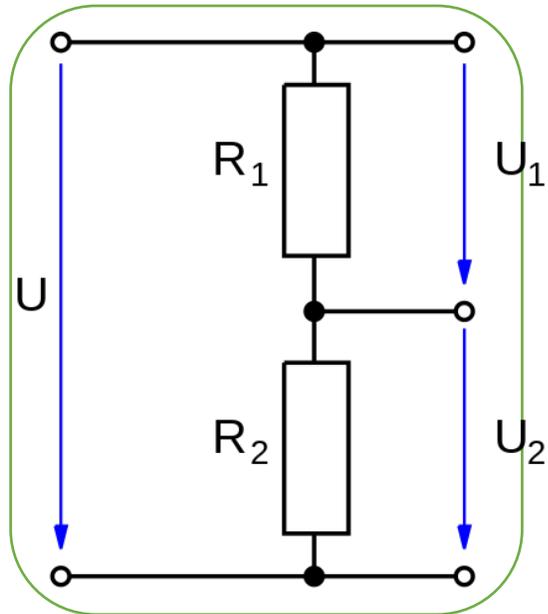
Врача спрашивают: «полезнее для здоровья спать головой на запад или ногами на запад?», отвечает: «полезнее всего для здоровья спать целиком на Западе».

1 правило: Если изменение сопротивление незначительно, то постоянное сопротивление должно быть примерно равным среднему изменяющемуся. Но и изменение напряжения будет ничтожно. Используй лучше мостовую схему.

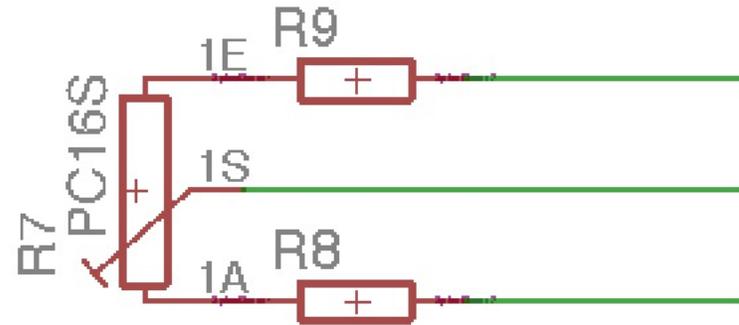
2 правило: Если сопротивление изменяется в разы, то постоянное сопротивление должно быть меньше максимально возможного у изменяемого.

3 правило: Чем больше изменяется сопротивление в изменяемом резисторе, тем меньше должно быть сопротивление постоянного относительно максимума изменяемого.

Делитель напряжения



$$\begin{cases} U_1 = IR_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ U_2 = IR_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2} \end{cases}$$



- Добавив в схему линейного регулятора (Рис. 3 в раздатке) резисторы ($R_9=47k$, $R_8=470 \text{ R}$ при сопротивлении $R_7=10k$), мы добьёмся более плавной регулировки тока через нагрузку, сузив диапазон регулировки напряжения потенциометром.

Резисторы

Переменные и подстроечные

Управляемые температурой (термисторы) - NTC и PTC

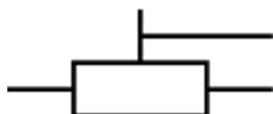
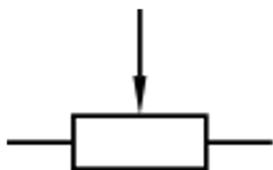
Управляемые напряжением (варисторы)

Зависящие от освещённости (фоторезисторы)

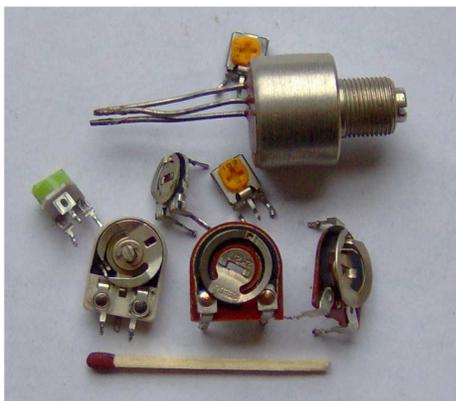
Зависящие от механического воздействия (тензорезисторы)

Переменные резисторы

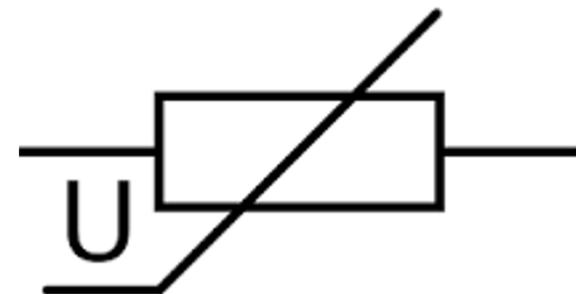
Служат для регулировки электрических параметров схемы при настройке и эксплуатации



Могут иметь весьма низкий класс точности (10-20%)

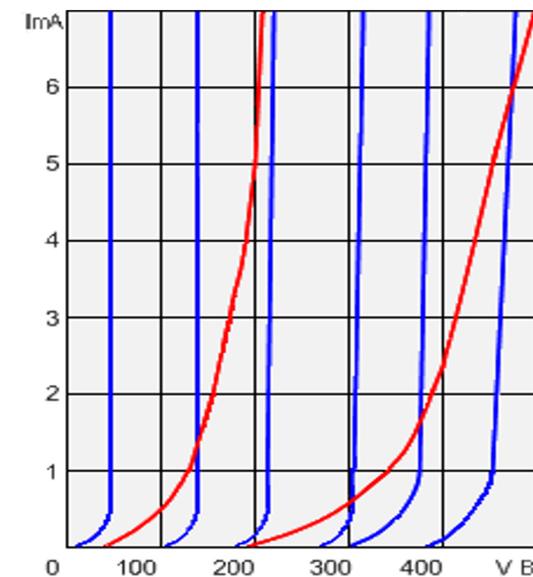


Варисторы



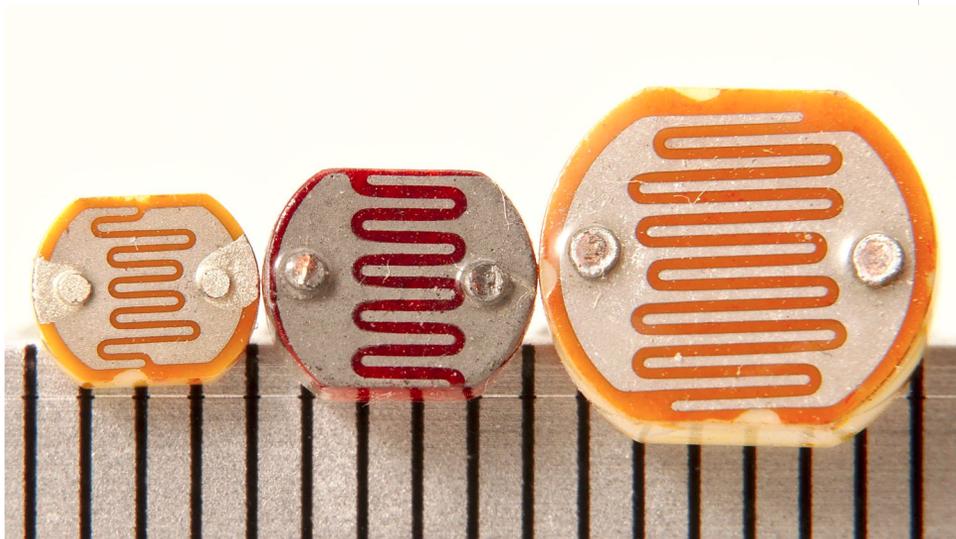
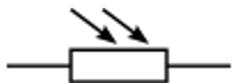
Резко уменьшает своё сопротивление с миллиардов до десятков Ом при увеличении приложенного к нему напряжения выше пороговой величины

Вольт-амперная характеристика варистора



Фоторезистор

Используются как недорогие датчики освещённости



Обладает задержкой в десятки мс!

Термистор

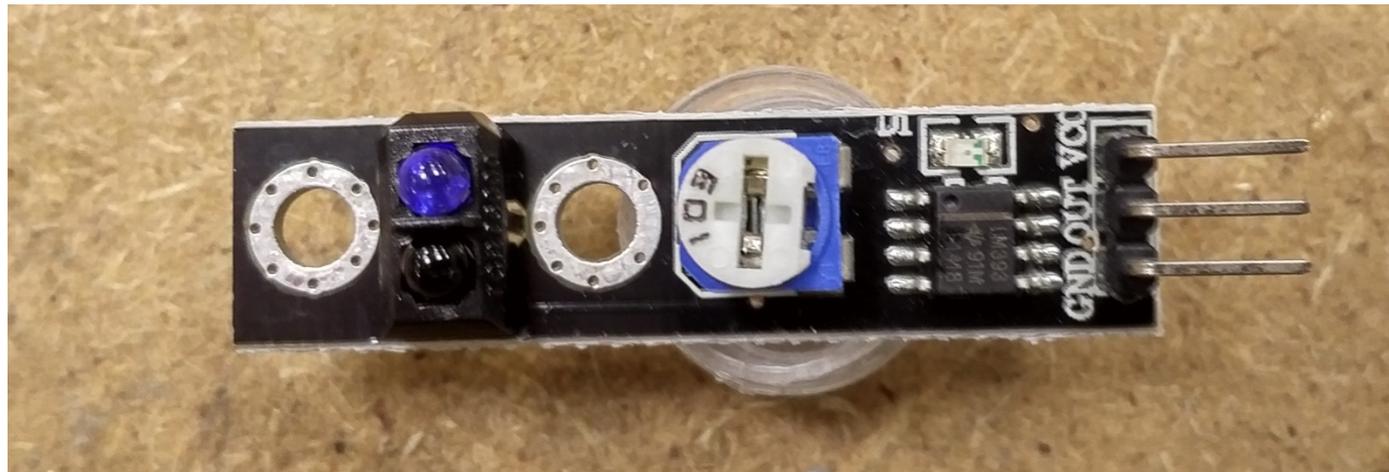
NTC (negative thermal coefficient)
Используются как датчики температуры



PTC (positive thermal coefficient)
Часто используются для ограничения (стабилизации) тока через нагрузку

Датчик приближения

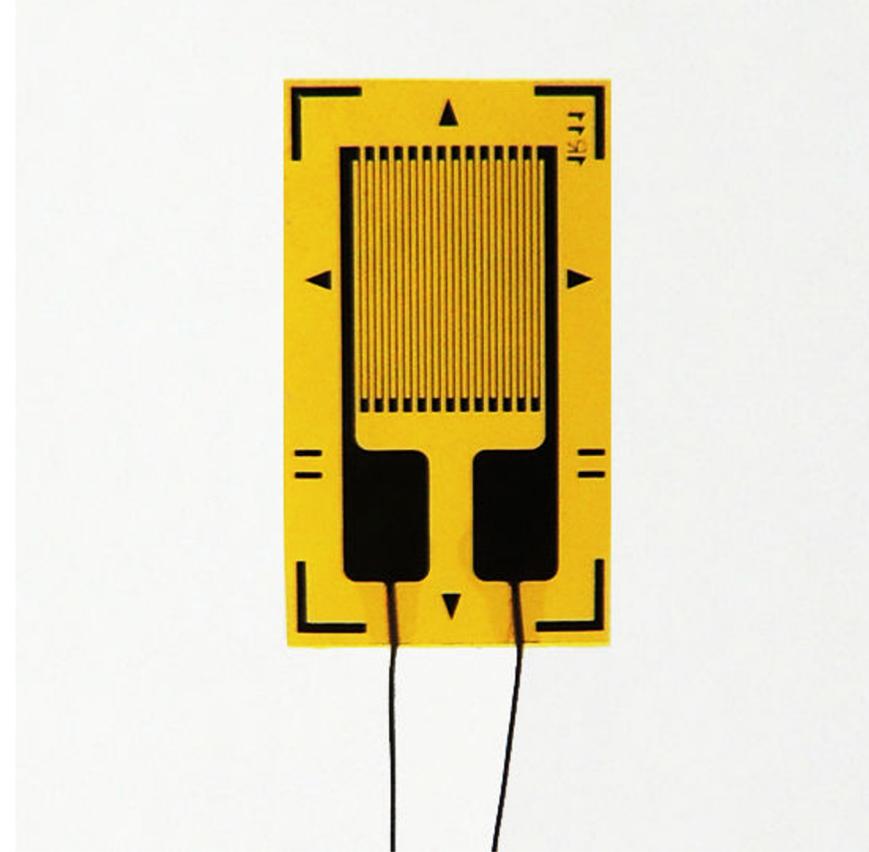
- ИК-светодиод + ИК-фотодиод



Тензорезистор

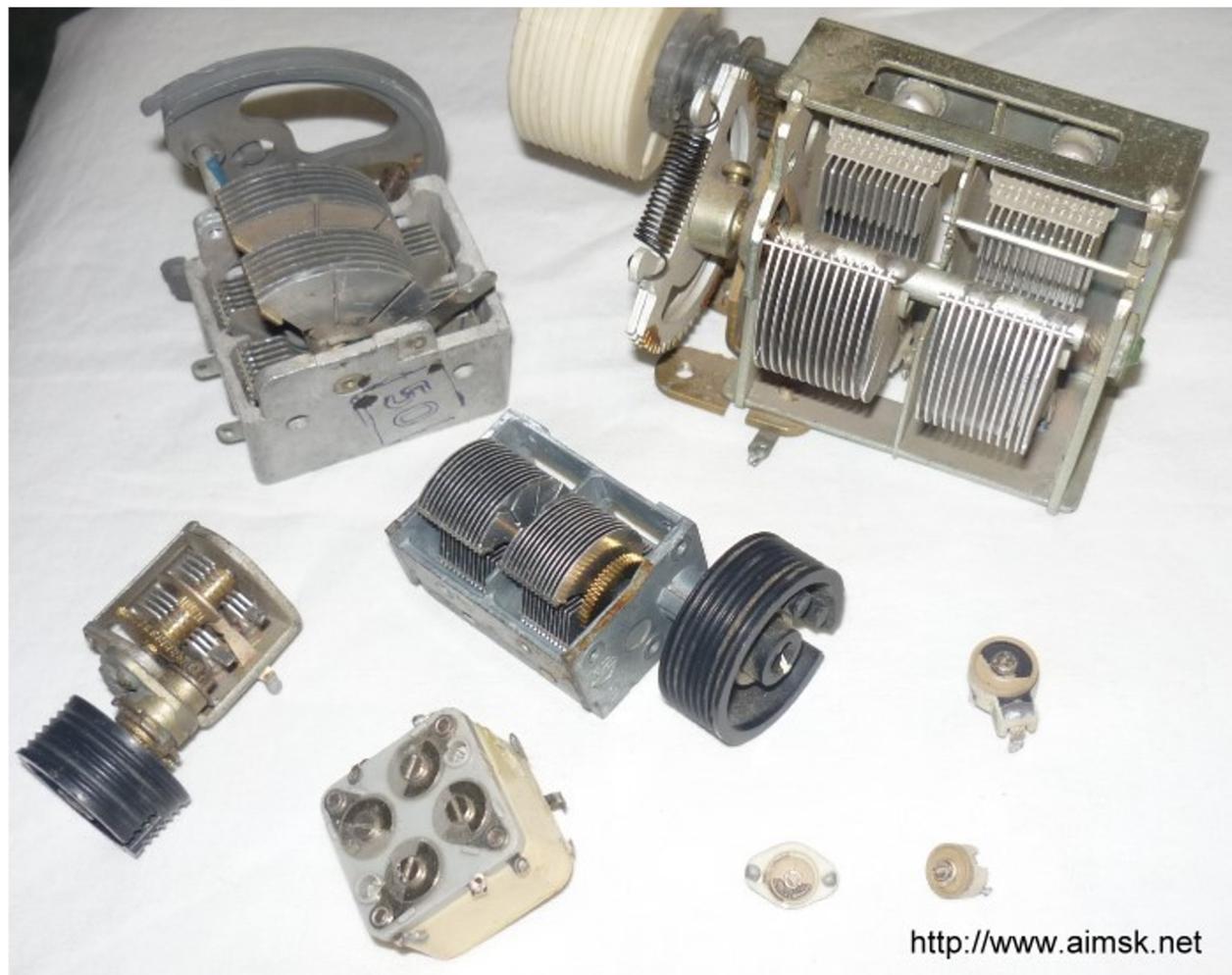
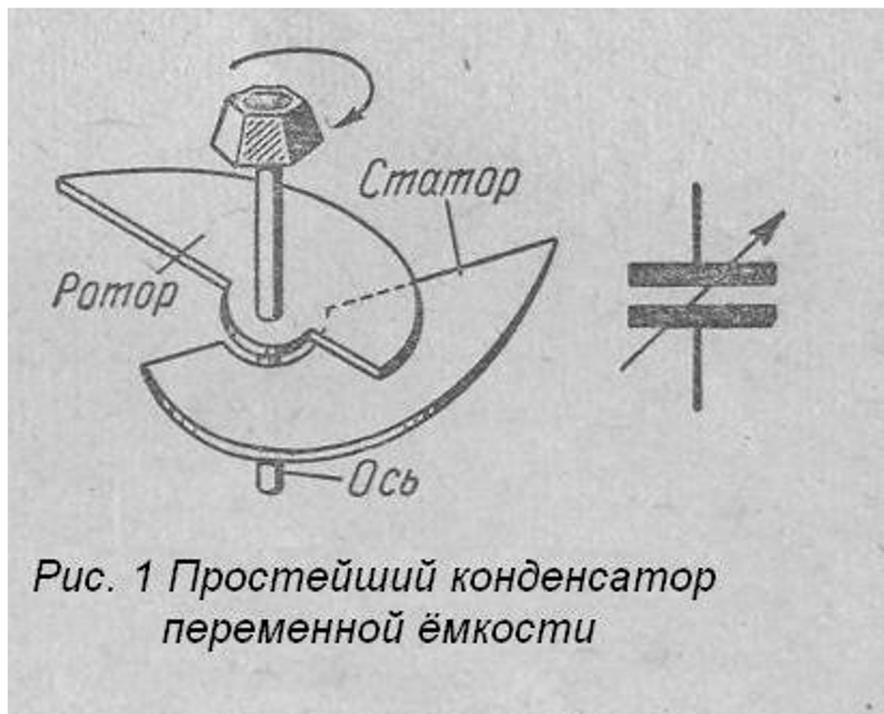
Изменяют сопротивление при механическом воздействии

Крайне нестабильны (температура, старение)



Конденсаторы переменной ёмкости

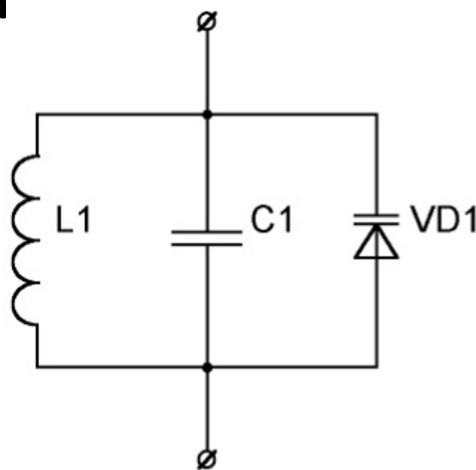
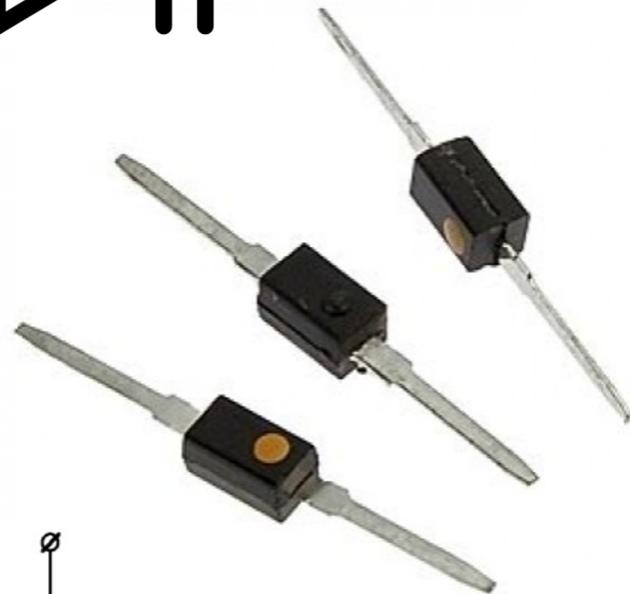
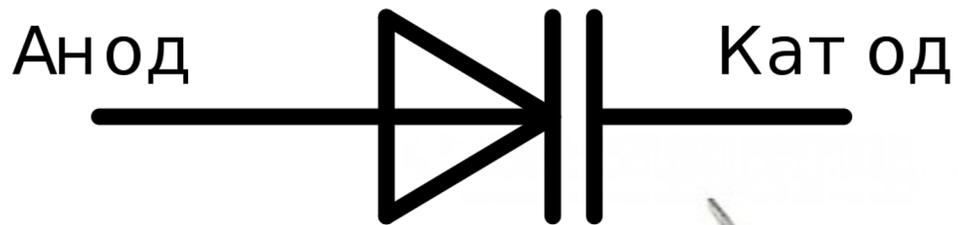
Используются для регулировки параметров колебательных контуров (приёмники, генераторы)



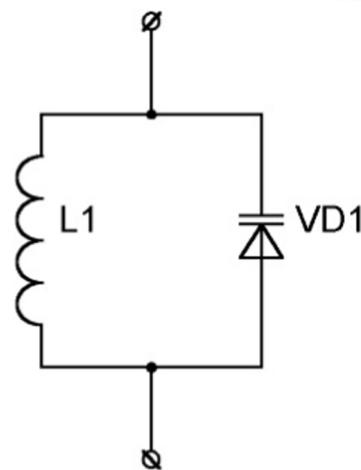
Варикап

Диод в обратном включении (закрытый) - р-п переход имеет ёмкость, изменяющуюся при изменении запирающего напряжения

Используются для управления параметрами колебательного контура без механических элементов



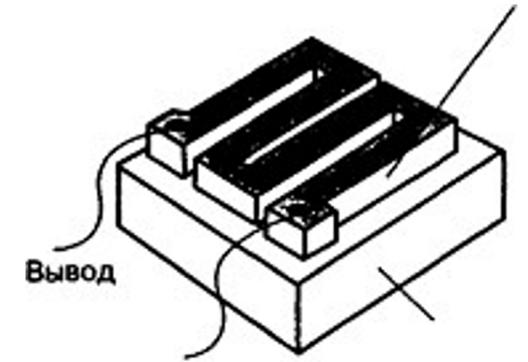
а)



б)

Магниторезистор. Эффект Холла

Эффект Гаусса: возрастание сопротивления проводника (или полупроводника) при помещении его в магнитное поле



Эффект Холла: возникновение ЭДС в пластине полупроводника, по которому протекает ток, при помещении в магнитное поле

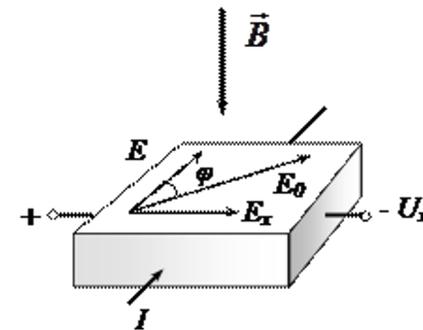


Рис. 8.1.1. Эффект Холла

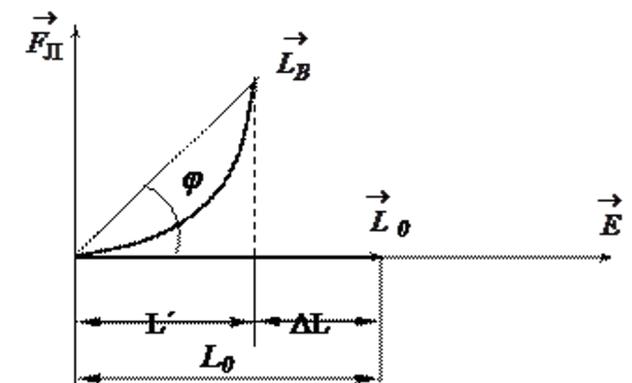


Рис. 8.1.2. Изменение характера движения носителей тока в магнитном поле

Датчики Холла

Могут иметь аналоговый (абсолютное напряжение от 0 до УПИТ, пропорциональное напряжённости магнитного поля), цифровой (пороговый) либо выход на шину. Срабатывают от любого (униполярные) либо поля определённой направленности (биполярные)



Датчик Холла?



Термопара (thermocouple)

Не путать с терморезистором!

Когда проводник подвергается воздействию t , его сопротивление и напряжение изменяется — это называется термоэлектрический эффект или эффект Зеебека. Попытка измерить это напряжение обязательно включает подключение другого проводника к «горячему» концу термопары. Вдоль площади соединения создаётся разность потенциалов (напряжение), зависящая от пары металлов.



Пример - бытовая термопара типа К, средняя по чувствительности (41 мкВ/С)

Чувствительность - 1..70 микровольт на градус Цельсия (мкВ / ° С)

Популярные типы термопар

Тип E: сплав хромель – константан. Высокая производительность (68 мкВ / °С), немагнитный. Диапазон температур составляет от -50 °С до +740 °С.

Тип J: железо – константан. От -40 °С до +750 °С, около 50 мкВ / °С.

Тип K: хромель-алюминий. наиболее распространены. Около 41 мкВ / °С. -200 °С до 1350 °С / -330 °F до +2460 °F.

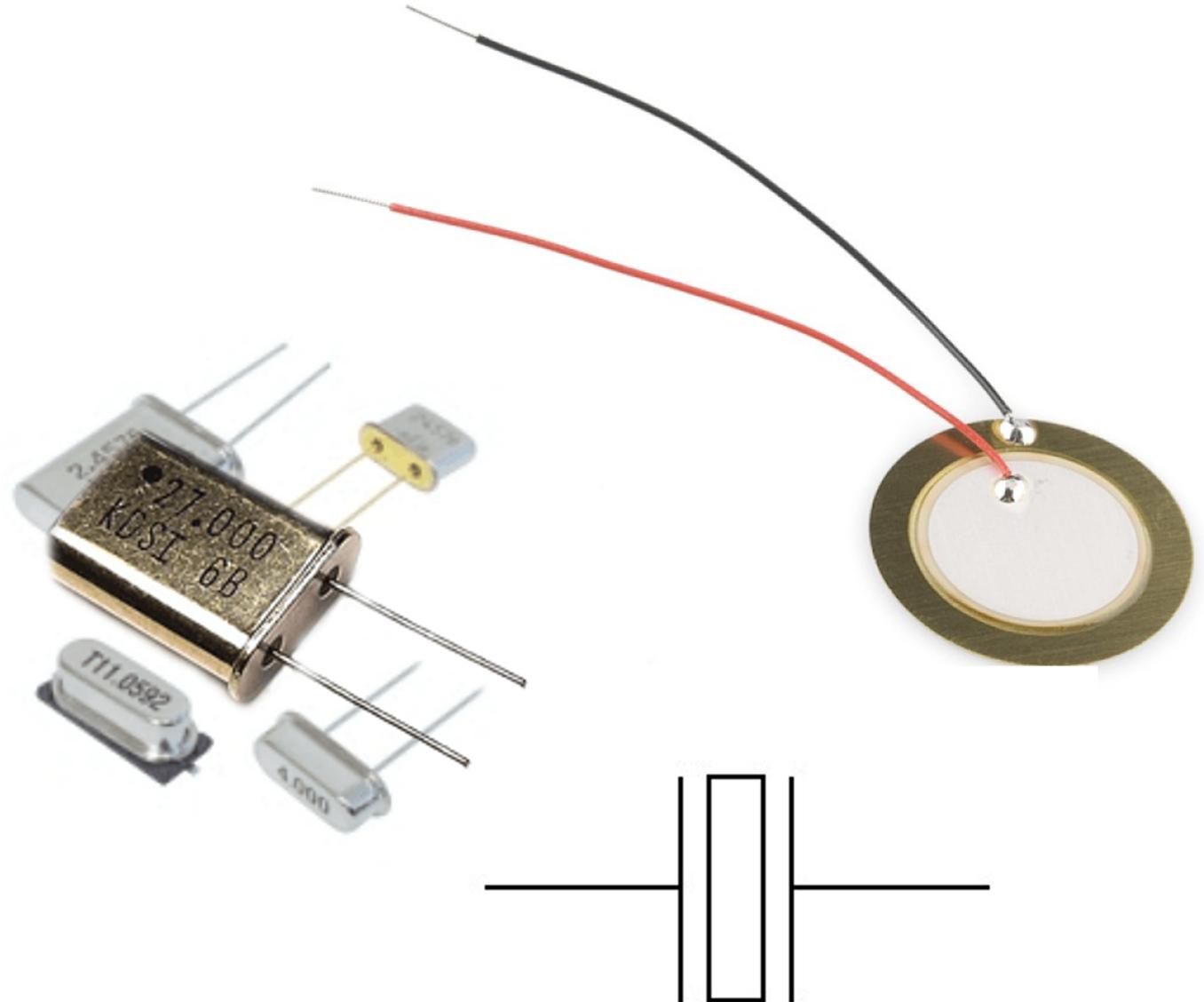
Тип M: (Ni / Mo 82% / 18% — Ni / Co 99,2% / 0,8%, по весу) используется в вакуумных печах. Максимальная температура составляет до 1400 °С.

Тип N: Никросил-нисил, -270 °С и 1300 °С, стабильны, стойки к окислению. Чувствительность около 39 мкВ / °С.

Пьезоэлемент

Ряд веществ (в основном, керамик) обладает эффектор деформации при приложении напряжения (без протекания тока). Пьезоэффект работает в обе стороны.

На этом эффекте работают микрофоны, излучатели и резонаторы



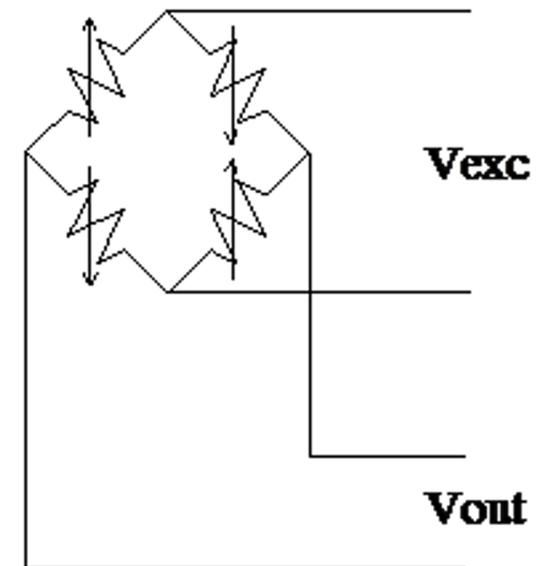
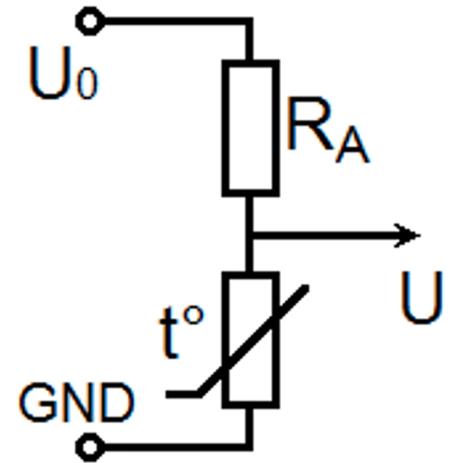
Измерительный мост

Изменение единственного элемента подвержено флуктуациям (тепловым, электрическим).

Для компенсации можно использовать опорные элементы (аналогичные элементы, на которые не действует измеряемая величина)

Делитель из двух измеряющих элементов позволяет избежать флуктуации параметров, но не флуктуации $U_{\text{пит}}$

Измерительный мост также гасит флуктуации $U_{\text{пит}}$, но выходное напряжение U_{OUT} пропорционально $U_{\text{пит}}$



Микросхемы датчиков

- Термодатчики
- Датчики Холла
- Более сложные ИМС (например, с АЦП и управлением по шине)

MEMS - microelectromechanical system

Микроэлектромеханические системы

- Датчики: ускорение, вращение, наклон
- Акустические компоненты: микрофоны, излучатели
- Микрзеркала (DLP)
- Нагреватели
- Сопла

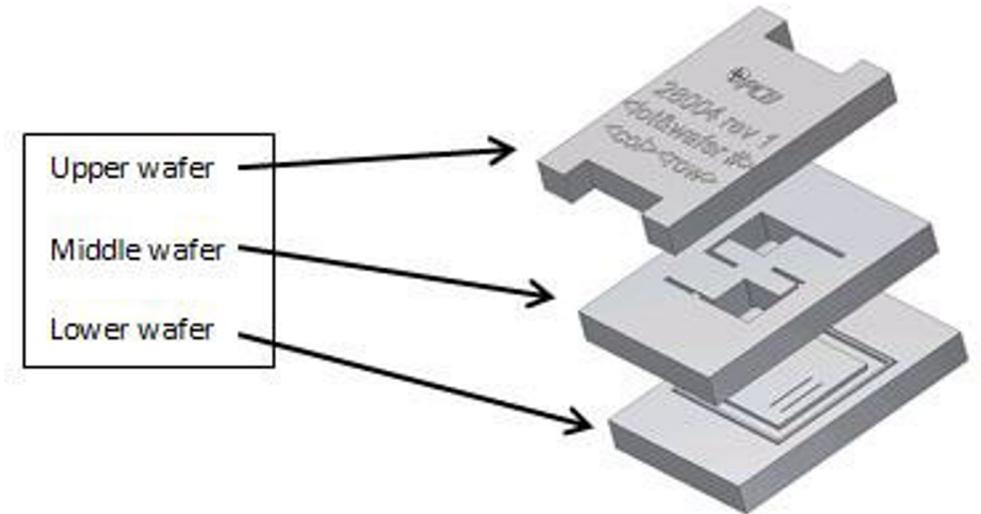
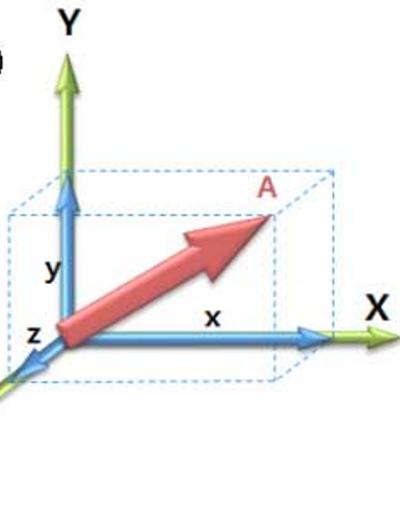
MEMS-датчики

Используют пьезорезистивный эффект либо изменение ёмкости при деформации

3-х осевой
Акселерометр

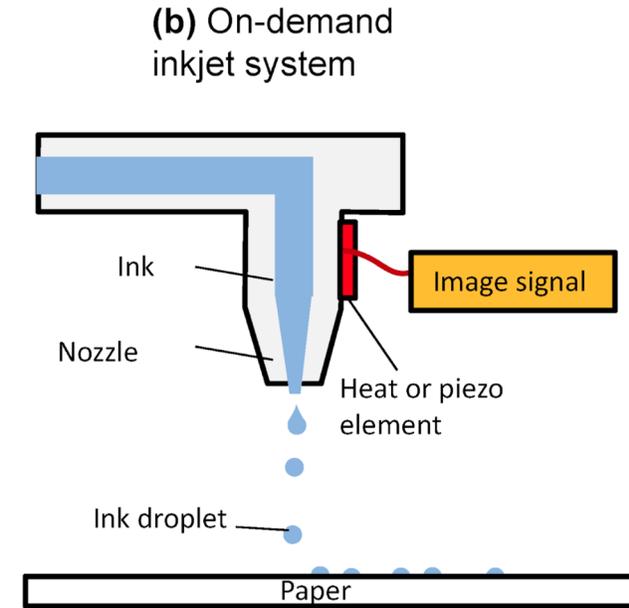
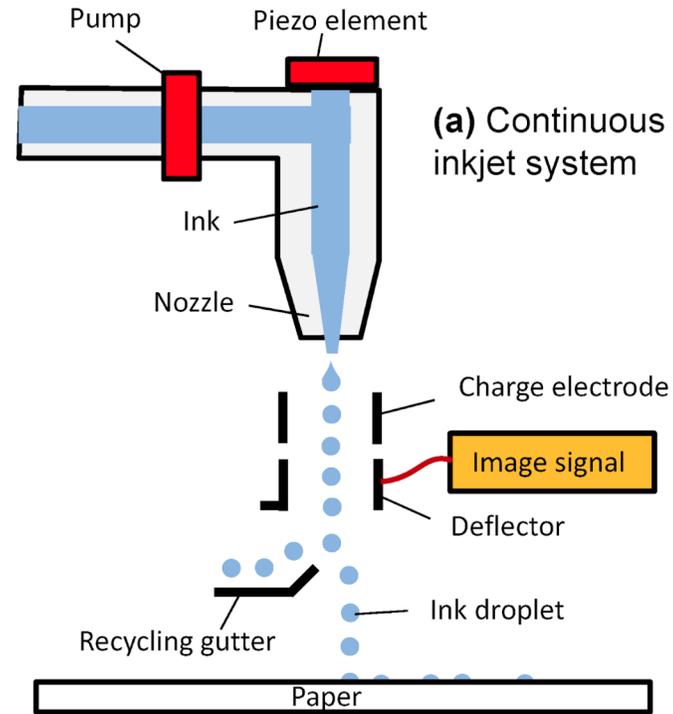
ADXL345

$$\bar{a} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$$



MEMS-нагреватели

Сопла струйных принтеров

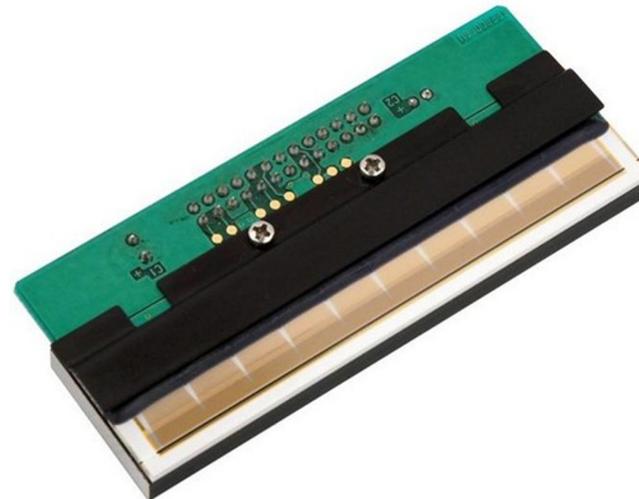


Головки термопринтеров

Новый тип головки



Обычная головка



Полезные ссылки

<http://www.nehudlit.ru/books/detail7863.html> - магниторезисторы

https://studopedia.ru/1_102871_fizicheskie-osnovi-raboti-magnitorezistorov.html - эффект Холла