

Digital electronics essentials

Занятие 1. Электрические цепи.

Электрический ток. Способы измерения величин – тока напряжения. Род тока, осциллограммы. Цепь. Закон Ома. Сопротивление, способы измерения.

ТОЭ, физика, теория управления

Олег Уржумцев

План курса

- Теория
 - Основы: электрический ток, закон Ома
 - Электронные компоненты и приборы
- Практика
 - Проектирование схем
 - Сборка и макетирование
 - Технологии промышленного производства электронных модулей
- Проект

Электричество

В мире существует электрическое и магнитное поле

Электрическое поле характеризуется зарядом [Кл]

При наличии **замкнутой** цепи и зарядов с разным потенциалом в разных её точках в ней начинает течь **электрический ток**

Электрические цепи

В данной цепи предполагается наличие источника постоянного тока

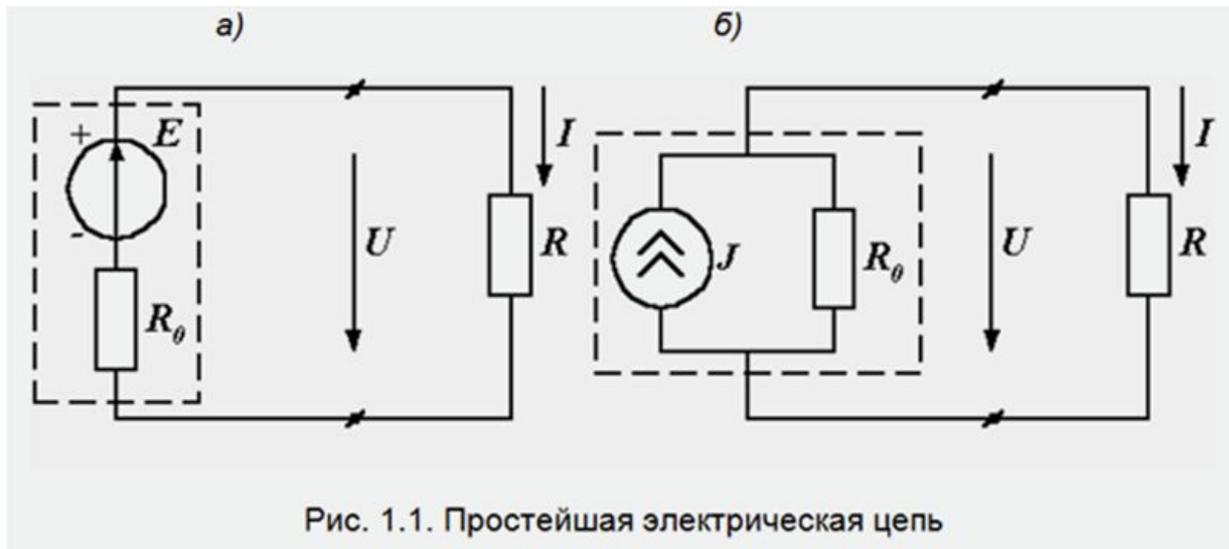
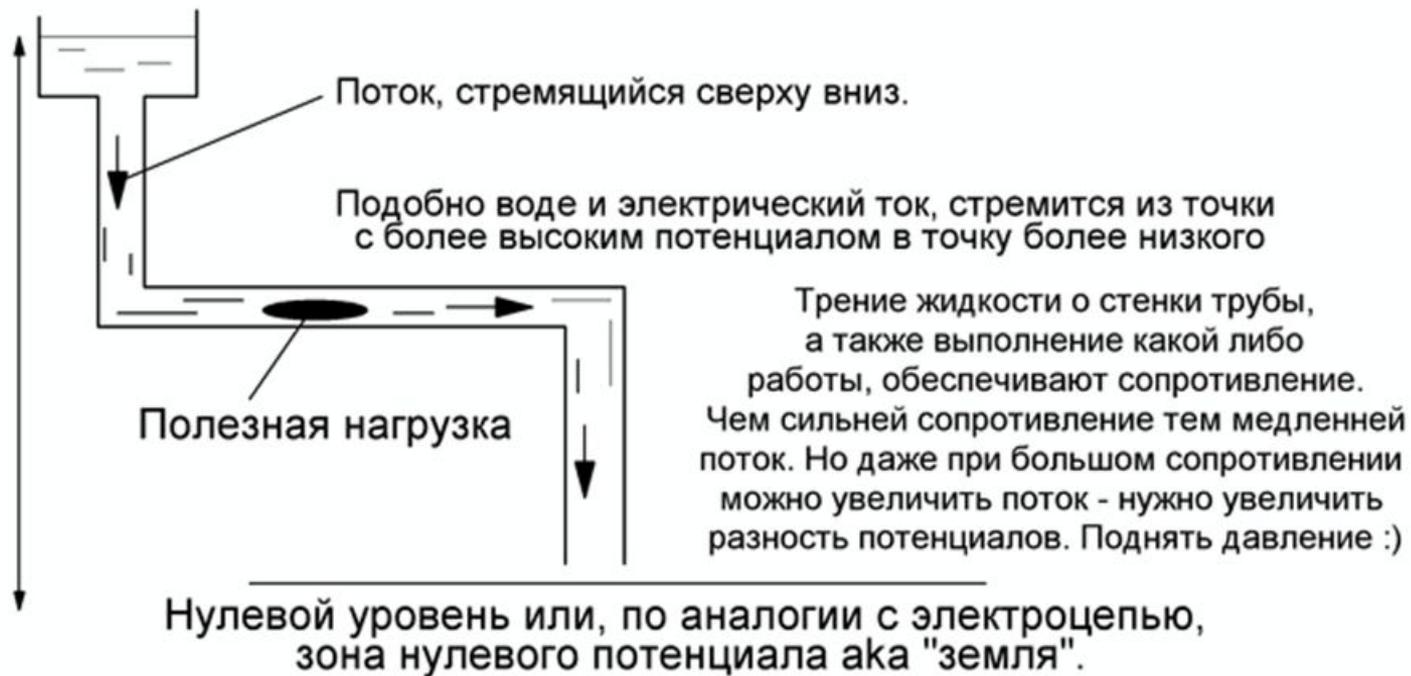


Рис. 1.1. Простейшая электрическая цепь

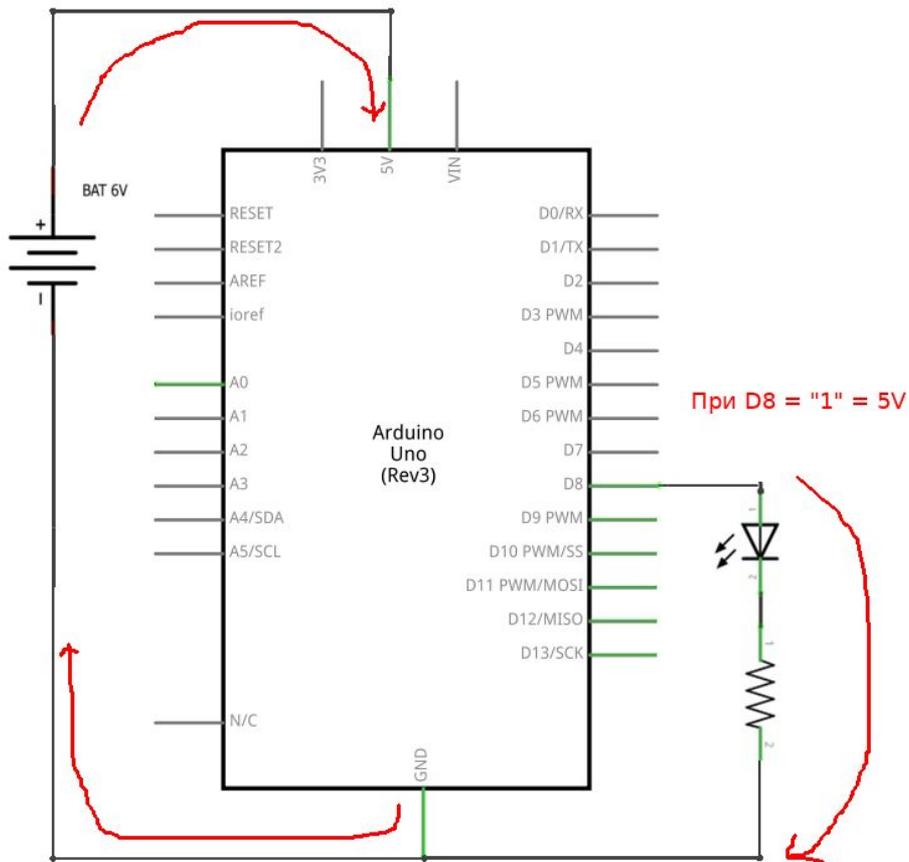
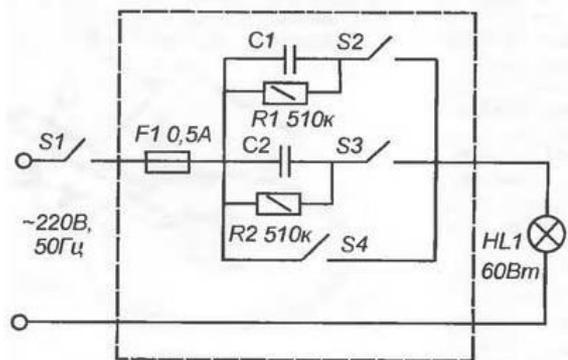
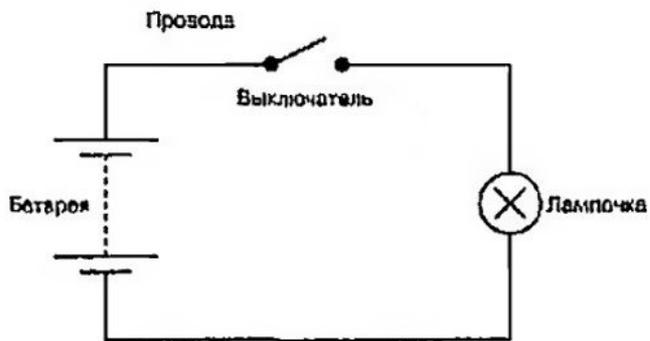
$$E = U + IR_0, \text{ отсюда } U = E - IR_0. \quad (1.1)$$

Гидродинамическая модель цепи

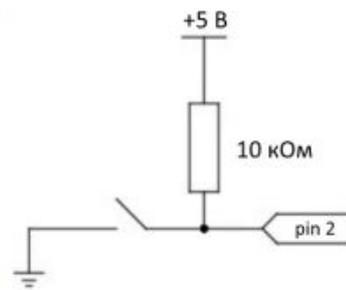
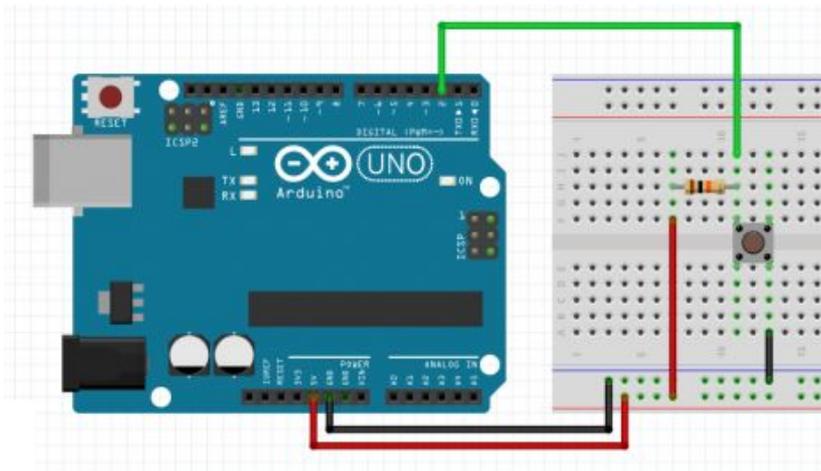
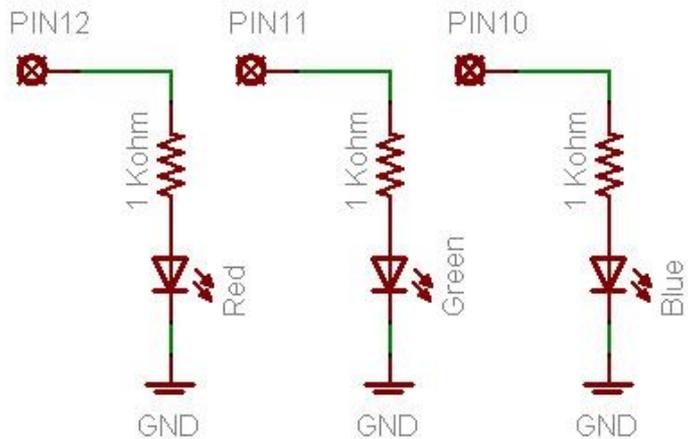
Высота жидкости подобна напряжению. Чем больше разность уровней, тем больше энергия. Очень характерно альтернативное название напряжения - разность потенциалов. Тут аналогия почти прямая выходит. Чем больше разность уровней - тем быстрее и сильнее поток.



Электрические цепи. Примеры



Электрические цепи. Примеры



Свойства элементов цепи. Напряжение

Напряжение (U) - характеристика источника питания, выражается в вольтах (B, V)

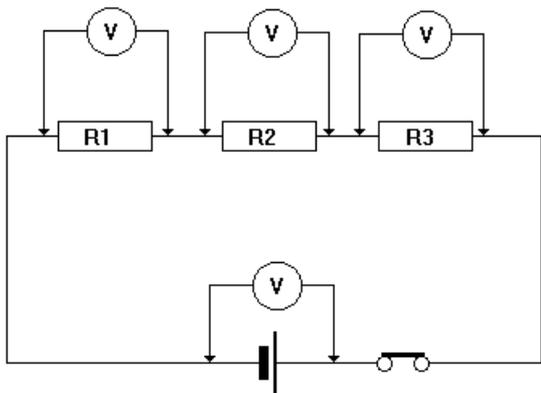
Выражает потенциал между его выводами

Измеряется **вольтметром**

Измерение напряжения

Вольтметр подключается **параллельно** точкам, между которыми измеряется напряжение. Важно выбрать нужные точки!

Мультиметр необходимо перевести в режим измерения напряжения (V, реж U). Важно также выбрать корректный род тока (в случае схем с батарейным питанием - постоянный)



Измерение напряжения



Свойства элементов цепи. Ток

При наличии разницы потенциалов (напряжения) между двумя точками и наличии цепи между ними, через эту цепь начинает идти ток

Ток (I) выражается в амперах (А)

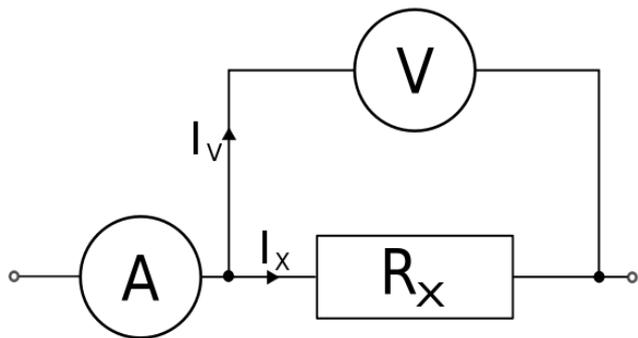
Выражает скорость передачи заряда (уравнивания потенциалов) между точками цепи

Измеряется **амперметром**

Измерение тока

Так как ток течёт только в замкнутой цепи, мы должны вклиниться в эту цепь

Это делается либо включением **в разрыв** существующей цепи, либо косвенным измерением наведённого магнитного поля (для больших токов, более 10А)



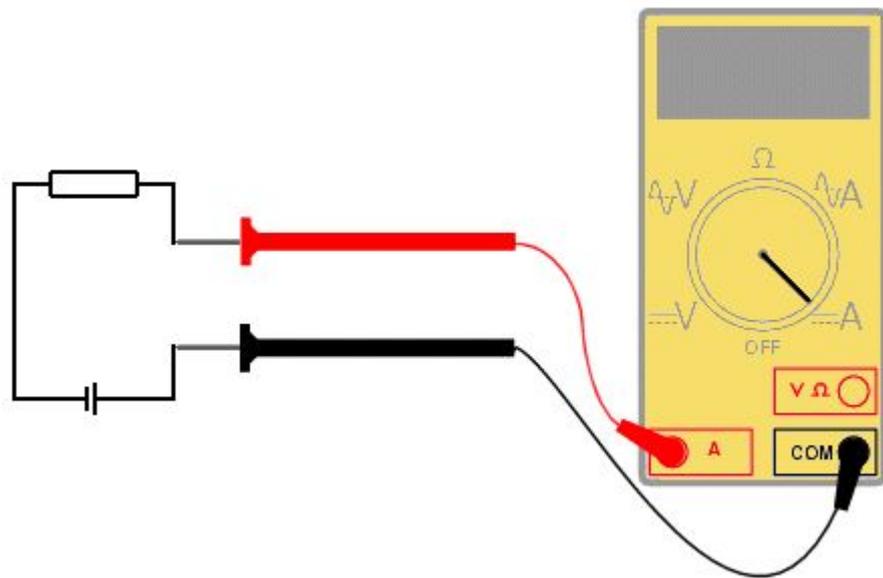
Попытка измерить ток с созданием **новой** цепи (например, подключением амперметра параллельно источнику питания) приведёт к совершенно не тому результату, который был нужен (а именно - к измерению тока КЗ батареи на измерительный прибор) и чаще всего выводит прибор из строя!

Измерение тока мультиметром

Важно выбрать правильный предел: заведомо больше измеряемого!

Включение **в разрыв** цепи!

При включении в цепь, в которой ток не ограничен нагрузкой,



Закон Ома

- $I = U/R$
 - Эквивалентно $U = IR \sim R = U / I$
 - Сила тока в цепи пропорциональна напряжению и обратно пропорциональная полному сопротивлению цепи.

U – величина напряжения в вольтах.

R – сумма всех сопротивлений в омах.

I – протекающий по цепи ток.

Закон Ома. Пример

$$I=U/R$$

• **Пример 1.1.** Напряжение холостого хода батареи равно 16,4 В. Чему равно ее внутреннее сопротивление, если при токе во внешней цепи, равном 8 А, напряжение на ее зажимах равно 15,2 В?

Закон Ома. Пример

$$I=U/R$$

• **Пример 1.1.** Напряжение холостого хода батареи равно 16,4 В. Чему равно ее внутреннее сопротивление, если при токе во внешней цепи, равном 8 А, напряжение на ее зажимах равно 15,2 В?

Решение. В соответствии с уравнением (1.1) из схемы, показанной на рис. 1.4, а, следует $U = U_X = E = 16,4$ В.

Схема 1.4, б дает
$$R_0 = \frac{E - U}{I} = \frac{16,4 - 15,2}{8} = 0,15 \text{ Ом.}$$

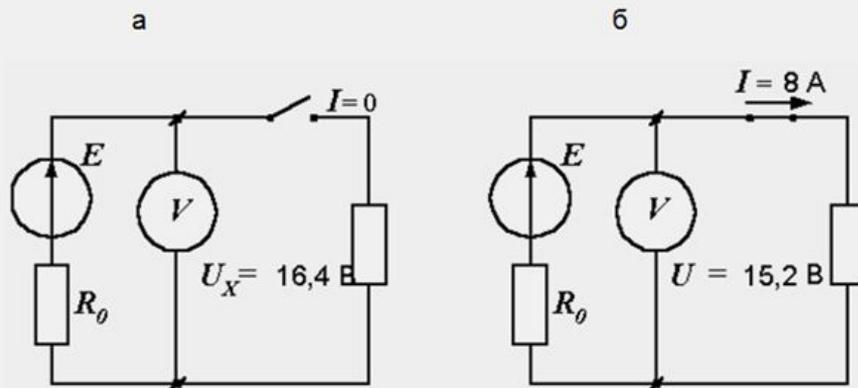
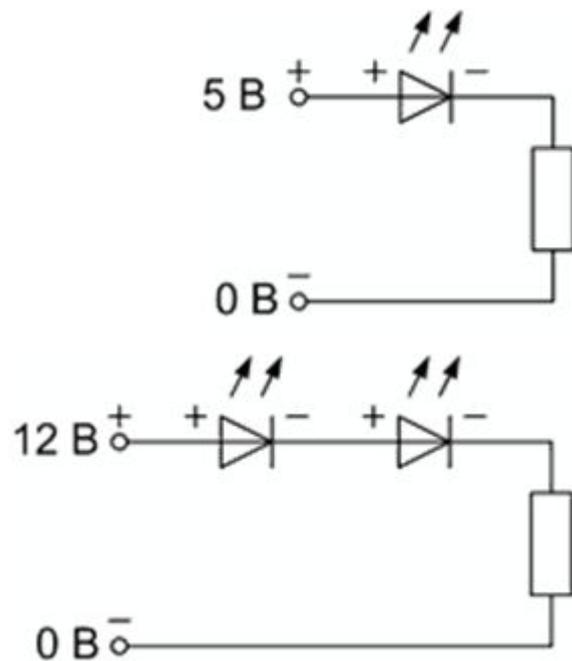


Рис. 1.4. Разомкнутая (а) и замкнутая (б) цепи

Закон Ома. Практика

- Рассчитать добавочный резистор для тока $I_{\text{пр}} = 10 \text{ мА}$ для питающего напряжения $U_{\text{пит}} = 9\text{В}$
- Собрать схему на макетной плате
- Проверить на стенде



Закон Ома. Практика

- Измерить параметры собранной цепи мультиметром (напряжение батареи, ток в цепи)

Ток и напряжение на источнике питания

При повышении тока нагрузки,
напряжение источника падает

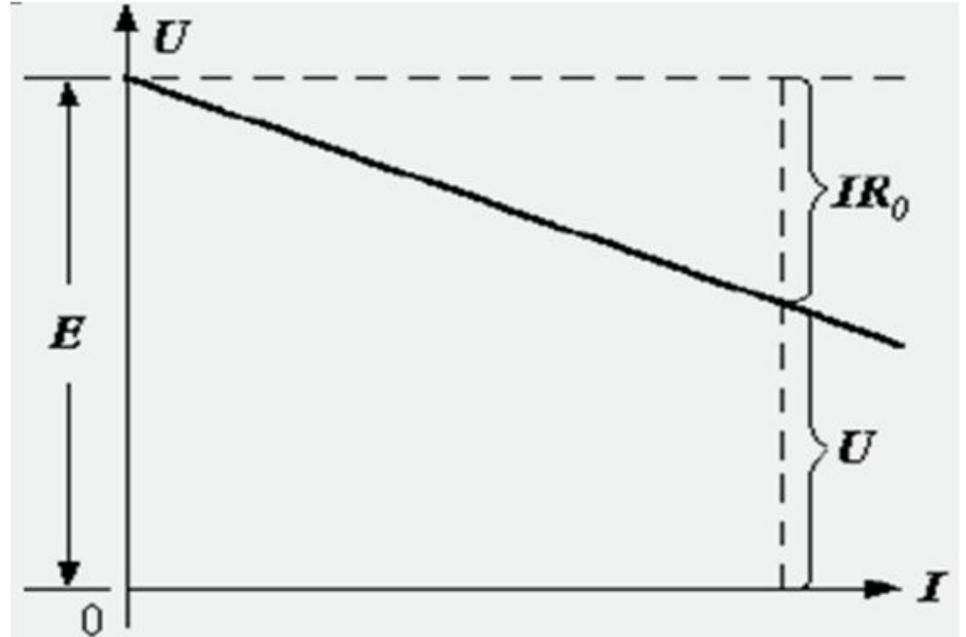


Рис. 1.2. Внешняя характеристика генератора

Сопротивление

Сопротивление - свойство любой реальной цепи

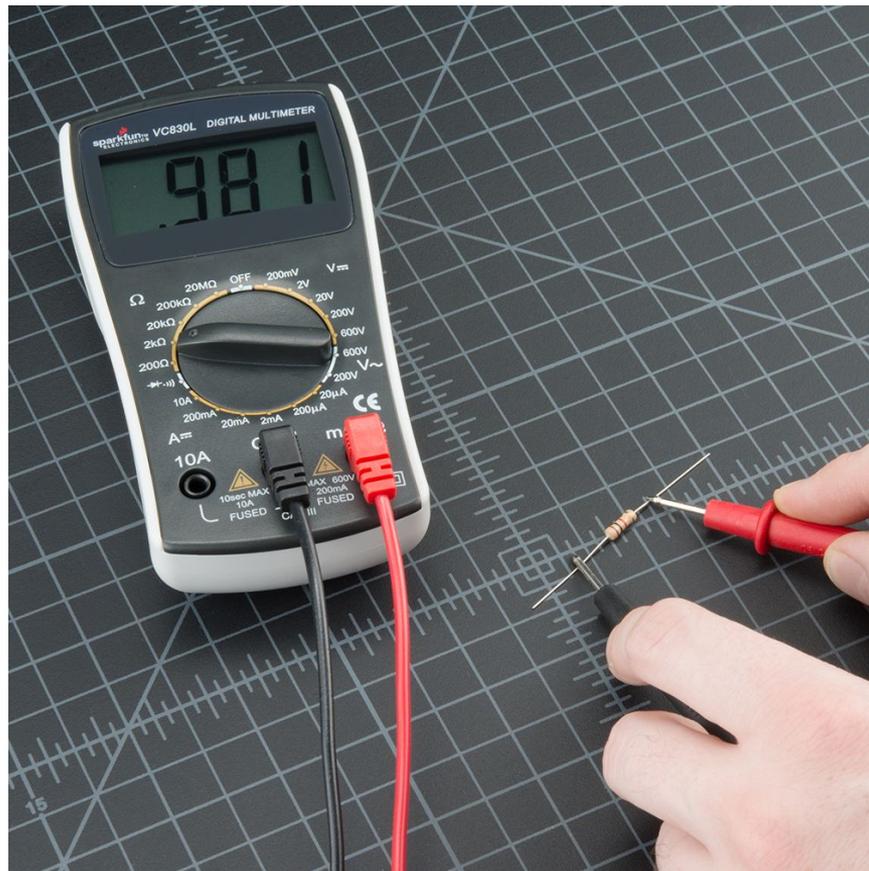
Определяет падение напряжения при протекании определённого тока

Чаще всего оно нелинейно, однако в фиксированных условиях не составляет труда его измерить

Измерение сопротивления

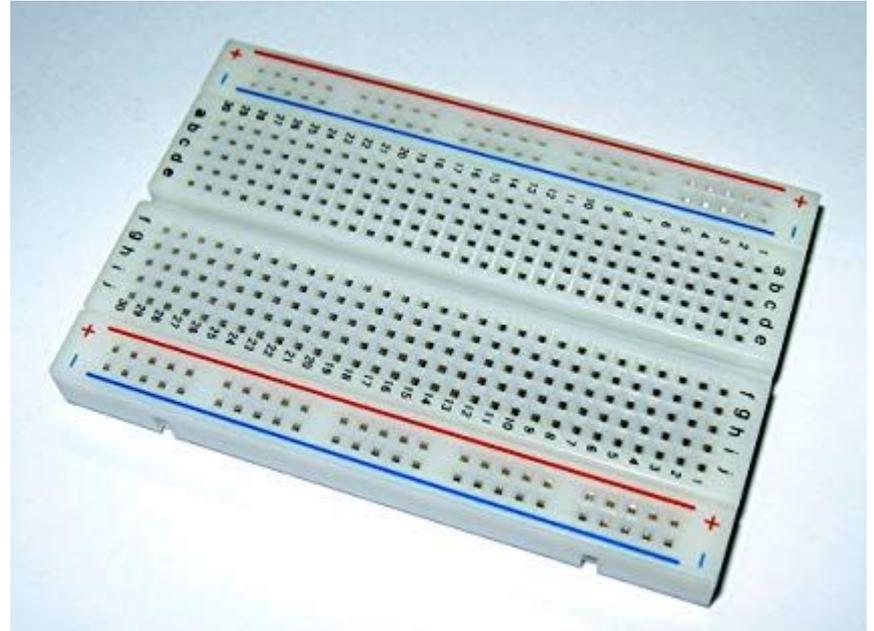
В реальной цепи: $R = U / I$

Мультиметром: исключите влияние сопротивления тела (через руку)!



Практика. Макетная плата

- Удобна для быстрого макетирования
- Позволяет использовать выводные (DIP) компоненты
- Имеет ограничения по частоте сигнала, напряжению
- Не обеспечивает механическую надёжность

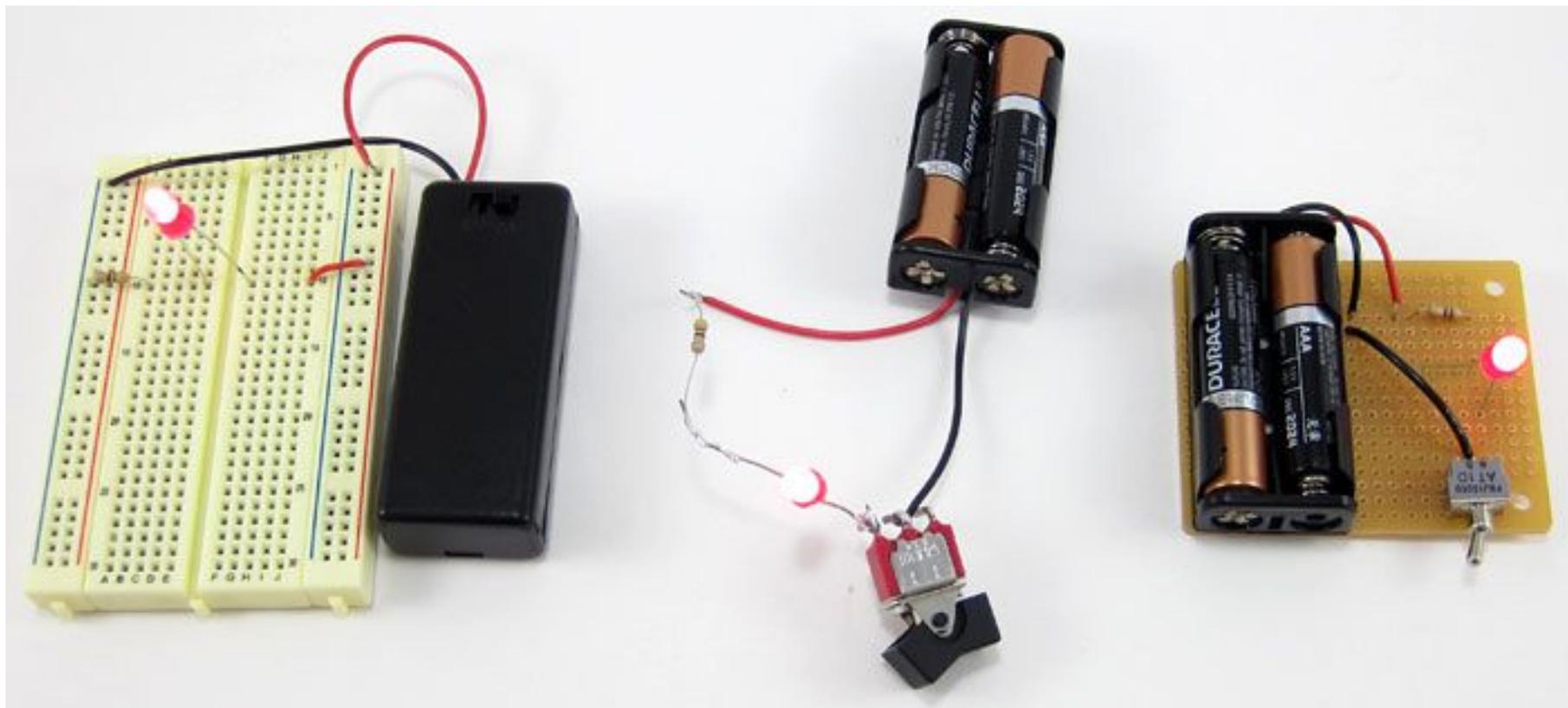


Почему?

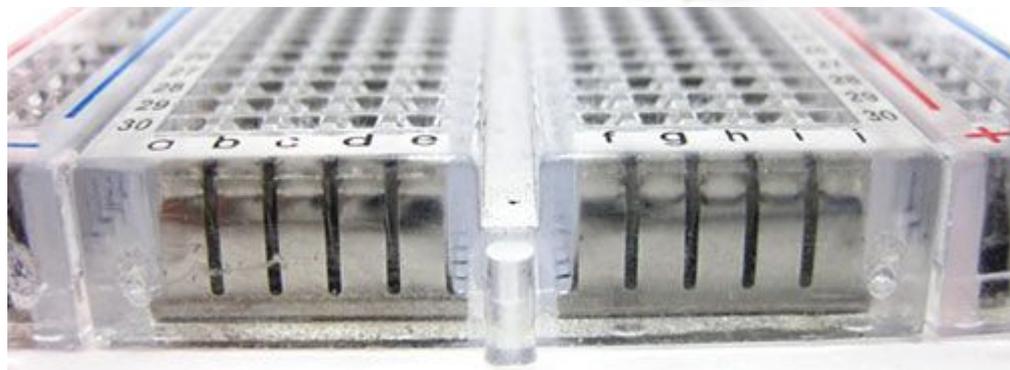
Чтобы не делать так!



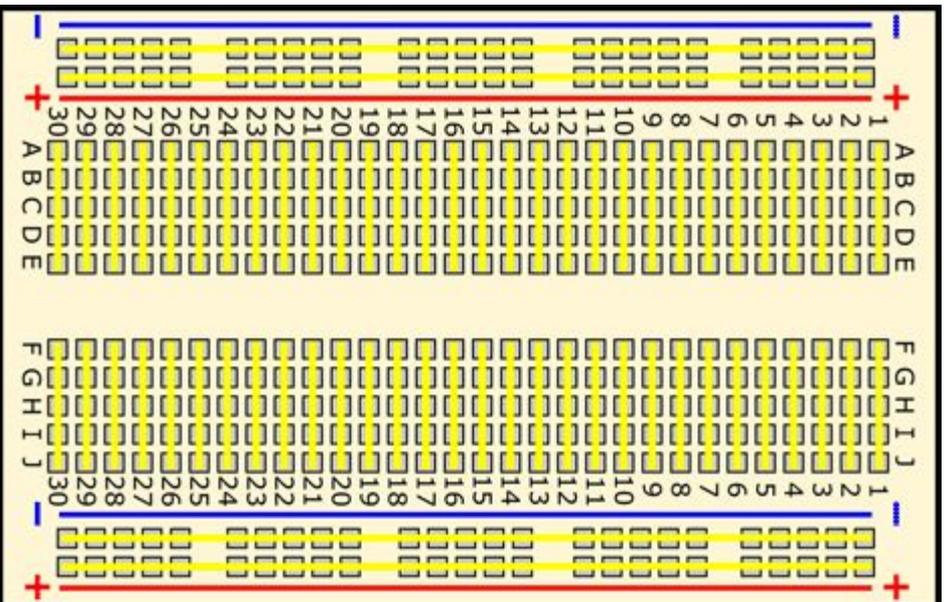
Варианты



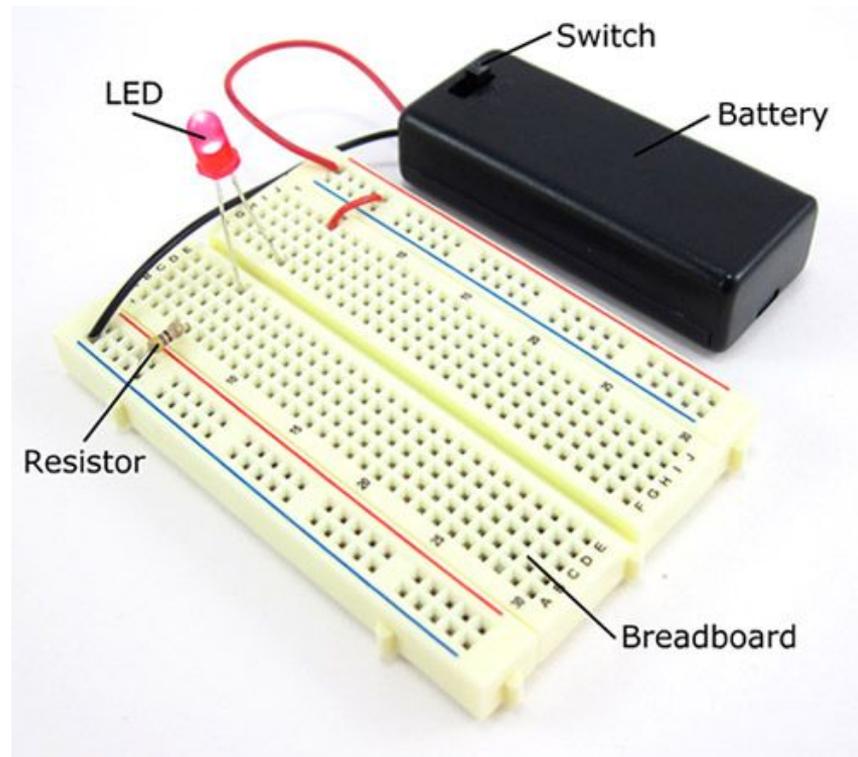
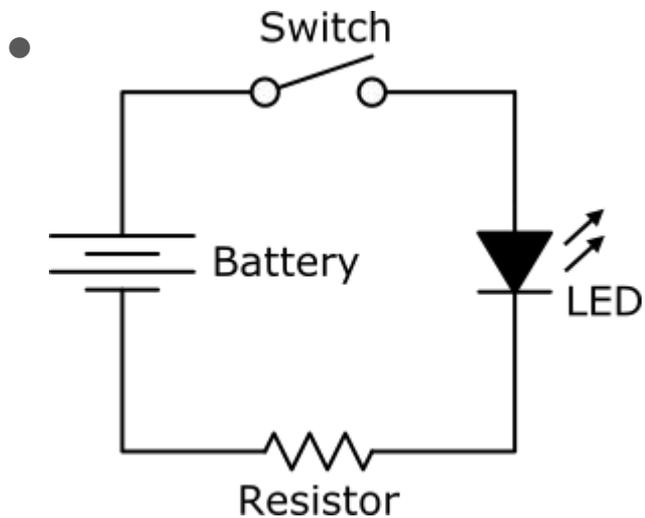
Внутри макетной платы



Схема



Практика. Использование breadboard



Полезные ссылки

- ТОЭ <http://www.toehelp.com.ua/lekcii/001.htm>
- Симулятор схем <http://scripts.mit.edu/~white/schematicvs.html>
- <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/how-to-use-a-breadboard>