

Школьники конструируют прибор

В статье рассказывается, как в рамках элективного курса «Мир радиоэлектроники» учащиеся конструируют приборы. Конструирование здесь рассматривается как один из видов исследовательской деятельности. Представлен материал по конструированию прибора для изучения равноускоренного движения.

Пискорж Виктор Викторович,

учитель физики МОУ-СОШ № 14

г. Армавира Краснодарского края

Группой школьников, посещающих элективный курс «Мир радиоэлектроники» под моим руководством, был сконструирован прибор для изучения равноускоренного движения. С какой целью мы обратились такому виду исследовательской деятельности как конструирование?

Во-первых, если проводить опыты, применяя наклонную плоскость, набранную из стандартных уголков, то шарик, проходя стыки, меняет свою скорость, и демонстрация становится неубедительной. По этой причине пришлось изготовить наклонную плоскость в виде деревянного жёлоба длиной два метра. На одном из краёв жёлоба закреплён электромагнит для пуска шарика, а по длине его — координатная разметка.

Во-вторых, инерционность стандартного секундомера типа СЭД. Этот недостаток приводил к погрешности в измерении времени, достигавшей 0,03 с. Ну а датчики, прилагающиеся к секундомеру, вообще не выдерживают никакой критики. Они и тормозят движение шарика, и самопроизвольно отбрасываются в исходное положение, и вносят заметную ошибку в измерения гистерезисностью включения.

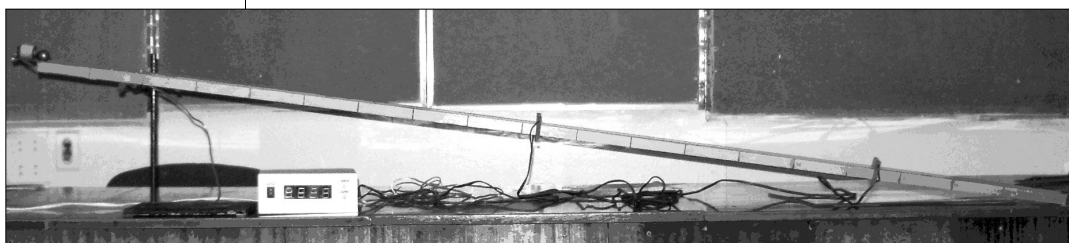


Рис. 1

В-третьих, мы посчитали, что такая работа — замечательная возможность привлечь детей, посещающих элективный курс «Мир радиоэлектроники» к решению конкретной инженерной задачи.

Было принято решение изготовить электронный секундомер с оптическими датчиками положения тела на координатной оси. Пришли к выводу, что секундомер должен измерять время с точностью до 0,01 с. При этом общее количество знаков измерения

может быть не более четырёх. Решались и другие задачи, возникшие в процессе создания прибора, т.о. школьники познакомились с элементами НИР.



Рис. 2.

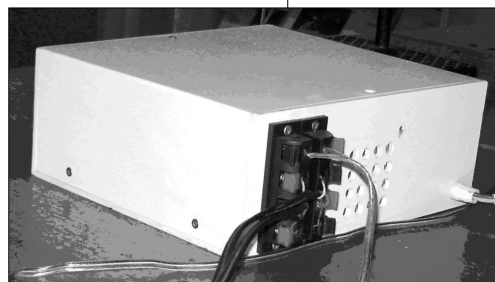
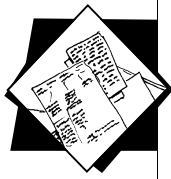


Рис. 3.

1. Выбор габаритной мощности трансформатора. При решении этого вопроса школьники, пользуясь справочной литературой, находят суммарный потребляемый ток всеми элементами прибора. После этого вычисляют потребляемую электрическую мощность и делают вывод о требованиях, предъявляемых к трансформатору. Таким образом, ими был выбран трансформатор типа ТПП-4-12.

2. Определение режимов транзисторов. Применяемые в секундомере транзисторы работают в ключевом режиме. Базовым числом для вычислений является коллекторный ток транзистора, который равен номинальному току, протекающему, например, через обмотку электромагнита. Подключив электромагнит к источнику тока с ЭДС 5 В, школьники определили потребляемый ток, который составил 0,068 А. По этому току выбрали из имеющихся транзисторов транзистор типа КТ-633. Для перехода в ключевой режим транзистор должен находиться в состоянии насыщения. В этом случае его базовый ток должен быть не менее, чем 0,05 от коллекторного, то есть 0,0034 А. Теперь можно вычислить значение сопротивления резистора, по которому втекает базовый ток. На открытом переходе база – эмиттер кремниевого транзистора, находящегося в насыщенном состоянии, создается напряжение 0,65 В. Поэтому напряжение на резисторе будет $5 \text{ В} - 0,65 \text{ В} = 4,35 \text{ В}$. По закону Ома определяем сопротивление резистора. Получаем значение 1279 Ом и выбираем номинальных значений резистор, сопротивление которого 1,3 кОм. При правильном включении транзистора нужно учитывать существование в нем неосновных носителей электрических зарядов. Для рекомбинации этих носителей рекомендуется создавать в цепи эмиттер – база электрический ток, значение которого выбирается равным 0,1 от базового тока, то есть 0,00034 А. Вновь применив закон Ома, находим сопротивление и этого резистора. Найденное значение составляет 1911 Ом, поэтому выбираем резистор сопротивлением 1,9 кОм. Так как



школьники 9 класса знакомы с явлением электромагнитной индукции, то назначение полупроводникового диода, подключаемого параллельно обмотке электромагнита, объясняется легко. Ведь ЭДС самоиндукции, возникающая при выключении электромагнита, может достигать таких значений, которые приведут к разрушению транзистора.

Таким же образом производится расчет режимов и других транзисторов.

Эти примеры показывают, какого рода задачи решались школьниками в процессе разработки прибора под руководством учителя.



Датчики положения

То, что датчики должны быть оптическими, не подвергалось сомнению и на начальном этапе. Но ожидание было обмануто. Попытка применить датчики, работающие в видимой части спектра, не дали нужного результата — они срабатывали случайным образом от внешней «засветки». Пришлось применить датчики, работающие в инфракрасном диапазоне излучения. Хорошие результаты дала пара, образованная инфракрасными светодиодами и фотодиодами типа ФД 256 и АЛ 107.

Эти диоды были помещены в корпуса, изготовленные из листового текстолита, причём корпусам была придана такая форма, чтобы они плотно обхватывали рейку — наклонную плоскость и могли с трением переставляться на ней. Отверстия, в которые вклеены диоды, находятся на такой высоте, что шарик, прокатываясь по рейке, перекрывает инфракрасный луч. При помощи тонкого и гибкого кабеля диоды соединяются с секундомером. Для измерения времени прохождения шариком любых произвольных участков на наклонной плоскости изготовили два одинаковых датчика.

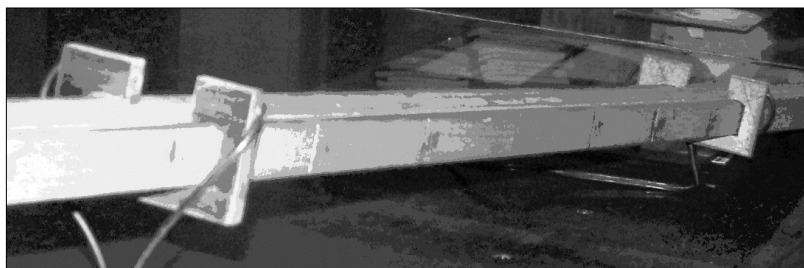


Рис. 4.

Электронный секундомер

Прибор можно условно разделить на несколько основных узлов:
1 — источник питания;

- 2 – генератор эталонных импульсов длительностью 0,01 с;
- 3 – счётчики импульсов с дешифраторами и индикаторами;
- 4 – элементы управления.

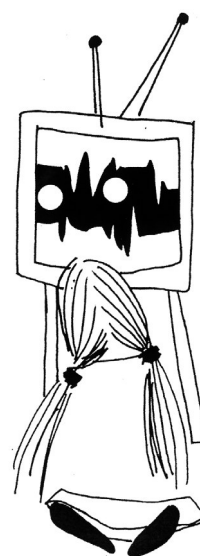
При создании прибора школьниками были решены задачи по определению необходимых параметров блока питания, логические задачи по таблицам состояний элементов схемы и требуемым их соединением для реализации секундомера, расчет ключевых режимов транзисторов с определением их типа по справочникам.

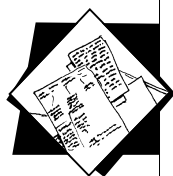
1. Напряжение 220 В от городской электросети с помощью трансформатора TV1 понижается до значения 12 В, выпрямляется диодным мостом VD1 и сглаживается конденсатором С1. Микросхема DA1 является стабилизатором, на выходе которой создаётся напряжение 5 В, необходимое для работы применяемых логических микросхем.

2. Генератор эталонных импульсов содержит собственно генератор на элементах DD3.1–DD3.3, вырабатывающий прямоугольные импульсы с частотой следования 10 МГц и делителя частоты DD4–DD8, на выходе которого и получают необходимые меандры длительностью 0,01 с.

3. Счётчик импульсов содержит четыре пересчётные декады на элементах DD9–DD12 и дешифраторов DD13–DD16, подключенных к семисегментным индикаторам HG1–HG4. Количество просчитанных импульсов, длительностью 0,01 с зависит от времени, в течение которого счётчики будут находиться в состоянии счёта.

4. Время счёта организуется элементами управления. Триггер DD2 включен таким образом, что в начальном состоянии имеющаяся на выводе 5 логическая «1» удерживает транзистор VT3 в открытом состоянии. Ток, протекающий через электромагнит, является коллекторным током этого транзистора. Если к магниту прислонить стальной шарик, то он прилипнет к нему и будет удерживаться до тех пор, пока транзистор не закроется за счёт переворота триггера. Логический «0» на выводе 6 триггера запрещает прохождение эталонных импульсов на счетчик. Прямое управление триггером от внешних кнопок невозможно из-за явления, которое называется «дребезг контактов», поэтому потребовалось применение одновибратора DD1. При замыкании любых контактных групп, подключенных к выводам 3,4 одновибратора, он вырабатывает кратковременный прямоугольный импульс, который переворачивает триггер, разрешая счет. Следующее замыкание этих же контактов счет останавливает. Фотодиоды VD4–VD5 непрерывно облучаются инфракрасным излучением, испускаемым светодиодами VD2–VD3. Благодаря этому транзисторы VT1–VT2 закрыты, и контакты реле K1.1, K2.1 разомкнуты. Если нажать на кнопку «Пуск», то одновибратор перевернет триггер, включится электромагнит, шарик покатится по направляющей. Как только он прокатится мимо любого оптодатчика, одновибратор вновь выработает импульс за счет замыкания контактов реле,





и триггер вновь перевернется. Таким образом, эталонные импульсы будут поступать на счетчик в течении всего времени движения шарика. Это приведет к измерению времени с точностью 0,01 с. Если нужно измерить время движения шарика от одного датчика до другого, то магнит отключаем и производим пуск шарика вручную.

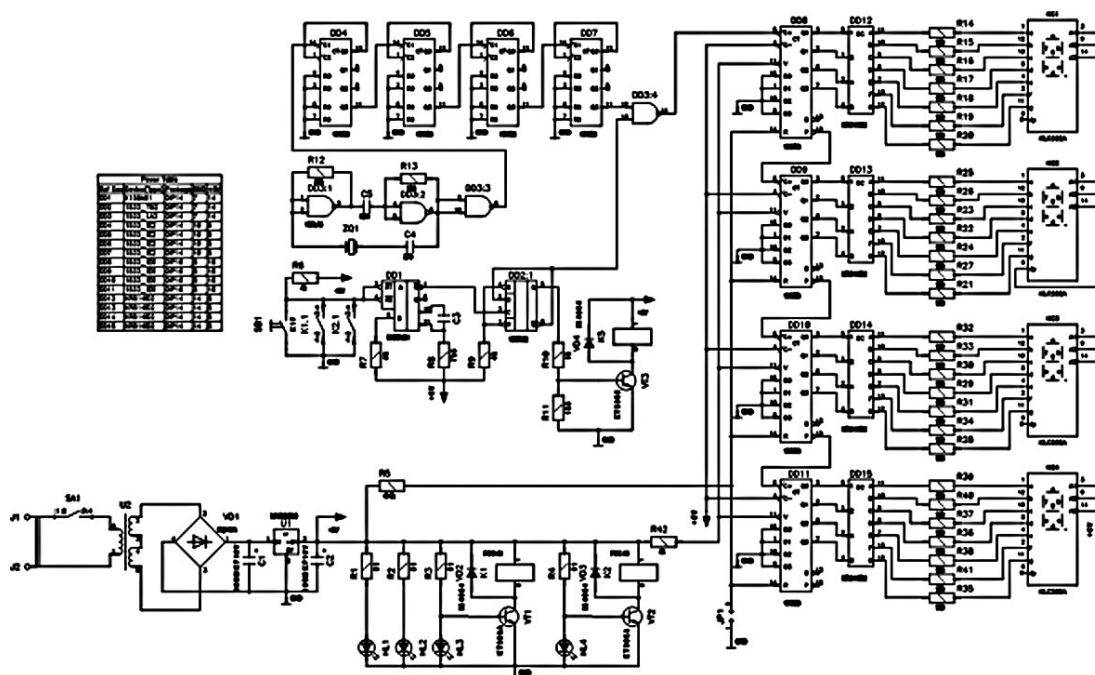


Рис. 5.

Работа с прибором

- 1. Введение понятия мгновенной скорости.** Собираем установку с двумя оптодатчиками и не подключаем электромагнит. Располагаем датчики в точках с координатами 10 и 280 см. Измеряем время движения и вычисляем среднюю скорость. Переносим датчики в точки 20 и 270 см, вновь находим скорость. Действия повторяем, постепенно сближая датчики, и вводим понятие мгновенной скорости.
- 2. Введение понятия ускорения.** При введении понятия ускорения можно показать, что время одинаковых перемещений (например, по 20 см) в верхней, средней и нижней частях рейки уменьшается, а значит, скорость шарика увеличивается.
- 3. Измерение ускорения движения.** Собираем установку с одним оптодатчиком. Измеряем время движения шарика и его перемещение. По полученным результатам вычисляем ускорение движения. Изменяем положение оптодатчика и вновь, измерив время, находим значение ускорения. Убеждаемся в том, что ускорение одинаково.



Рис. 6.

Изменяем угол наклона плоскости и убеждаемся в том, что ускорение движения зависит именно от угла наклона.

4. Опыт показывающий, что перемещения, совершаемые телом при равноускоренном движении, относятся как ряд нечетных чисел. Измеряем время движения шарика на первых 20 см, на последующих 60 см, а затем на последних 100 см. Убеждаемся в том, что временные интервалы получились одинаковыми.

5. Измерение ускорения свободного падения. Для проведения опыта располагаем установку вертикально. При различных положениях оптодатчика определяем время падения шарика и рассчитываем несколько значений ускорения свободного падения.

Понятно, что при современных темпах развития вычислительной техники работа по созданию этого прибора выглядит достаточно архаичной. Однако решение задачи дало, на мой взгляд, главный результат — дети были вовлечены в интересный, созидательный процесс. Надо сказать, что процесс этот имеет свое продолжение. В настоящее время решается задача по совмещению этого прибора с компьютером и мультимедийным проектором. В новом приборе будут только вырабатываться импульсы включения и выключения секундомера, которые будут подаваться на соответствующий порт компьютера. После обработки информации компьютер будет отображать на экране монитора значение времени, средней скорости, конечной скорости и ускорения движения тела. Создается соответствующая программа для компьютера и блок выдачи информации для него. 📺

