



Рис. 7

батареи и светодиод HL1 отсоединяются от плюсового вывода ионистора, а вместо них подключается светодиод белого свечения EL1 (TDS-P001L4U15), который можно включить/выключить с помощью выключателя SA2 (SMRS-101-1C2 или аналогичный). Последовательно с этим светодиодом включён резистор R1 (МЛТ, С2-23).

Конструктивной основой ионисторного фонаря послужил корпус аккумуляторного светодиодного фонаря "Яркий луч LA-1W", из которого были удалены все внутренние компоненты, кроме светодиодного рефлектора (рис. 2). Для размещения ионистора С1 пришлось удалить часть пластиковых держателей аккумуляторной батареи.

На месте торцевой светодиодной панели и на её крышке были размещены солнечные батареи (рис. 3), которые в режиме зарядки должны быть раскрыты и размещены так, чтобы по возможности лучи солнечного света падали перпендикулярно их поверхности. В рабочем режиме батареи можно сложить для уменьшения габаритов корпуса. Переключатель SA1 размещён на том месте, где в фонаре "Яркий луч LA-1W" располагался разъём для

подключения сетевого шнура питания, необходимого для питания встроенного зарядного устройства (рис. 4). Клавишный выключатель SA2 размещён в рукоятке фонаря на месте штатного выключателя (рис. 5). Светодиод HL1 установлен на месте штатного светодиодного индикатора, для чего отверстие было рассверлено до

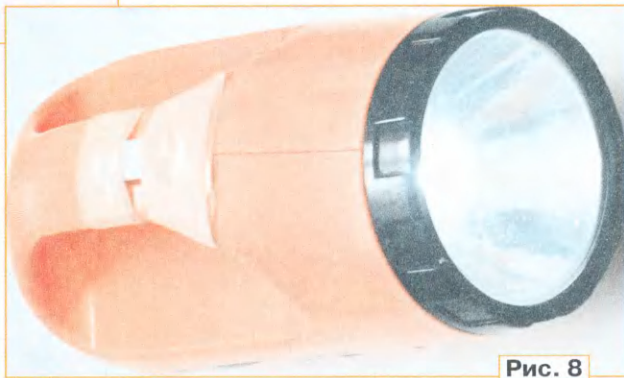


Рис. 8

диаметра 5 мм (рис. 6). Светодиод EL1 размещён на штатном месте в центре параболического рефлектора (рис. 7).

В этом устройстве потребуется подборка подходящего светодиода HL1, который должен открываться по мере зарядки ионистора и не давать напряжению на ионисторе превысить 2,6...2,7 В после длительной зарядки под прямыми солнечными лучами. Фонарь требует полной зарядки в течение 4...5 ч, хорошо подойдёт залитый солнечным светом подоконник закрытого окна. После этого фонарь может работать непрерывно примерно 2 ч (рис. 8) При этом яркость свечения светодиода EL1 постепенно убывает.

Эта конструкция не содержит компонентов, нуждающихся в регулярной замене, при этом за счёт использования ионистора время работы фонаря существенно выше, чем у известных автору конденсаторных фонарей [2, 3], также, в отличие от [3], в данном фонаре нет компонентов, находящихся под высоким напряжением. Использование солнечных батарей делает возможным применение ионисторного фонаря в качестве резервного источника света в неэлектрифицированном дачном домике или гараже. Отсутствие потребности в сменных элементах питания или электросети для подзарядки аккумулятора позволяет использовать фонарь с максимальным отрывом от цивилизации, исключая разве что пещеры. Это делает ионисторный фонарь идеальным в качестве резервного источника света на случай каких-либо стихийных бедствий, исключая, разумеется, сценарии, в которых на некоторое время сильно уменьшится поступление солнечного света на поверхность Земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков В. Солнечная энергетика — своими руками. — Юный техник, 2011, № 4, с. 73—77.
2. Шемякин А. Конденсаторный фонарь. — Моделист-конструктор, 2009, № 9, с. 22.
3. Фонарь на конденсаторах. — URL: https://radioskot.ru/publ/bp/fonar_na_kondensatorakh/7-1-0-1342 (09.08.22).

Ответы на викторину "Arduino: программная часть-12"

("Радио", 2022, № 9, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1 Ответ — 1. К плате Arduino Uno через ключ на транзисторе VT1 подключено реле K1. Контакты реле K1.1 коммутируют ток 10 мА, который задаётся резисторами R1, R2. В исходном состоянии в Arduino на входе

D2 — лог. 1, на входе D3 — лог. 0. При подаче с порта D4 лог. 1 транзистор открывается, реле срабатывает, на входе D2 формируется низкий уровень, а на входе D3 — высокий уровень.

Особенностью схемы является выключатель SA1, который подключает параллельно катушке реле защитный диод VD1. Дело в том, что в справочных данных часто указывается время выключения реле отдельно с диодом (Release time with diode in parallel < 5 мс) и без него (Release time without diode in parallel < 3 мс). В тестере должны быть предусмотрены оба варианта замеров.

Диод ограничивает короткий импульс напряжения на стоке транзистора VT1 в момент выключения реле, когда возникает ЭДС самоиндукции. Практика показывает, что амплитуда импульса может в 50...80 раз превысить напряжение питания. Например, при питании 5 В на стоке транзистора может появиться импульсное напря-

жение 250...400 В. Чтобы транзистор не вышел из строя, он должен быть высоковольтным. В частности, у транзистора IRF820 максимально допустимое напряжение между стоком и истоком составляет 500 В [1].

2. Ответ — 0. Назначение скетча — измерить время выключения реле (строки 4, 8—10) и вывести результат на экран компьютера в микросекундах (строки 11, 12). Для повышения точности используется прерывание по входу D2 при спаде сигнала (параметры 0 и RISING в строке 8). Задержка в 1 с в строке 7 нужна для стабилизации замыкания контактов K1.1. Задержка времени 0,5 с в строке 10 гарантирует отработку прерывания.

Защитный диод VD1, который подключается выключателем SA1, не влияет на время включения, но всегда увеличивает время выключения реле. Как правило, это не критично, хотя может стать причиной "подгорания" контактов при частой коммутации и большом токе нагрузки. В таких случаях вместо диода ставят специально подобранную демпферную цепочку.

3. Ответ — 0. Назначение скетча — провести допусковый контроль времени "дребезга контактов" при включении реле K1. Норма задаётся в строке 2 по образцу "не более 2 мс".

На рис. 1 показана условная осциллограмма процесса размыкания контактов согласно [2], совпадающая с графиком напряжения на входе D3 Arduino Uno. Начало графика — это момент открывания транзистора VT1 (строка 6). Время включения реле T_O — это время опроса входа D3 в строке 7. Время "дребезга контактов" T_B имитируется задержкой в строке 8. После этого в строках 9, 10 производится проверка окончания "дребезга" (время T_C), и на экран компьютера выводится результат (строки 11, 12).

4. Ответ — 0. Прибор P1, измеряющий сопротивление и (или) индуктивность, подключается параллельно катушке реле через сдвоенный переключатель SA1. Это позволяет полностью отсоединить внешние цепи, что особенно важно при измерениях индуктивности на переменном токе.

Факт установки переключателя в правое по схеме положение удостоверяет группа контактов SA1.1, с помощью которых на входе D6 Arduino формируется уровень лог. 0. Программа анализирует этот уровень в своих целях, а пользователь визуально контролирует его по гашению светодиода HL1.

5. Ответ — 0. Назначение скетча — вывод на компьютер информации о порядке измерения сопротивления катушки реле и сверки полученных

результатов. Ранжирование ведётся по мощности реле 140—360 мВт. Чем меньше мощность, тем выше так называемая "чувствительность" реле и ниже энергопотребление.

Особенностью скетча являются надписи на кириллице. В старых версиях Arduino IDE такой подход мог бы вызвать нечитаемость текста после прошивки контроллера, но теперь кодировки редактора и встроенного

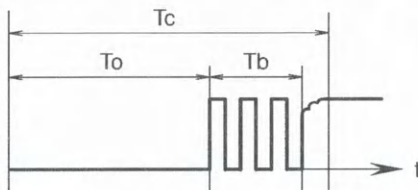


Рис. 1

терминала сделаны одинаковыми — UTF-8, и проблемы исчезли.

Активация пункта меню **Инструменты→Исправить кодировку и перезагрузить** в рассматриваемом скетче ни на что не повлияет. Этот приём полезен в случае скачивания из Интернета чужого кода, который в редакторе IDE нельзя прочитать из-за разных кодировок.

6. Ответ — 1. Назначение скетча — аналогично вопросу 5, но с измерением индуктивности и с программной проверкой состояния входа D6 Arduino (строка 7), чтобы удостовериться в переводе переключателя SA1 в правое по схеме положение.

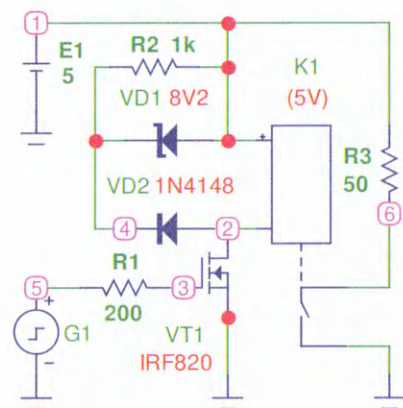


Рис. 2

Индуктивность катушки в справочных данных на низковольтные реле, как правило, не указывается, хотя методика измерения в [2] описана. Полезность этого параметра проявляется при компьютерном моделировании.

На рис. 2 показана схема, составленная в программе Micro-Cap 12.2.0.5,

где элемент **Analog Primitives→Macros Relays→Relay1** содержит реально измеренные параметры реле Songle SRU-5VDCSLC: $R_{COIL} = 74 \text{ Ом}$, $L_{COIL} = 70 \text{ мГн}$, $R_{ON} = 20 \text{ МОм}$, $R_{OFF} = 100 \text{ МОм}$ (справочное значение), $I_{ON} = V_{PICK-UP}/R_{COIL} = 41 \text{ мА}$, $I_{HOLD} = V_{DROP-OUT}/R_{COIL} = 10 \text{ мА}$. Модель не учитывает задержку времени, связанную с "механикой" реле, но для оценочного анализа электрической части этого достаточно.

Результаты моделирования времени выключения реле показывают, что одиночный защитный диод лучше применять импульсный 1N4148, чем силовой 1N4004 или диод Шоттки 1N5819. Правда, разница небольшая, доли миллисекунд. Гораздо больший выигрыш во времени обеспечивает демпферная цепочка "диод + стабилитрон + резистор", где стабилитрон увеличивает всплеск напряжения в допустимых пределах, а резистор снижает колебательный "звон" сигнала, т. е. уменьшает электромагнитные помехи (рис. 3).

7. Ответ — 1. К плате Arduino подключается испытуемое реле K1, имеющее две независимые группы контактов K1.1, K1.2. Измерение сопротивления замкнутых контактов производится методом вольтметра—амперметра [2]. Для этого при токе 100 мА, который задаётся резисторами R1—R4, милливольтметром PV1 измеряют падение напряжения на соответствующих контактах, после чего по закону Ома рассчитывают сопротивление.

Поскольку реле K1 имеет две группы контактов на два положения, необходимо провести четыре измерения. Для этого милливольтметр PV1 подключают "минусовым" щупом к гнезду X5, а "плюсовым" — последовательно к гнездам X1—X4 при включённом и выключенном реле.

8. Ответ — 1. Назначение скетча — провести допусковый контроль сопротивления замкнутых контактов реле K1.2 между резистором R3 и общим проводом. Измерение осуществляется милливольтметром на гнездах X1—X5 в динамическом режиме, для чего в скетче в строке 10 сначала реле включается, затем в строке 11 выключается, после чего делается пауза 1 с для окончания переходных процессов.

Измеренное напряжение пересчитывается в сопротивление по формуле $R[\text{МОм}] = V[\text{мВ}]/0,1[\text{А}]$, т. е. напряжению 5 мВ соответствует сопротивление 50 МОм. Если напряжение меньше 5 мВ, значит, норма. Разумеется, что для разных типов реле эта норма разная.

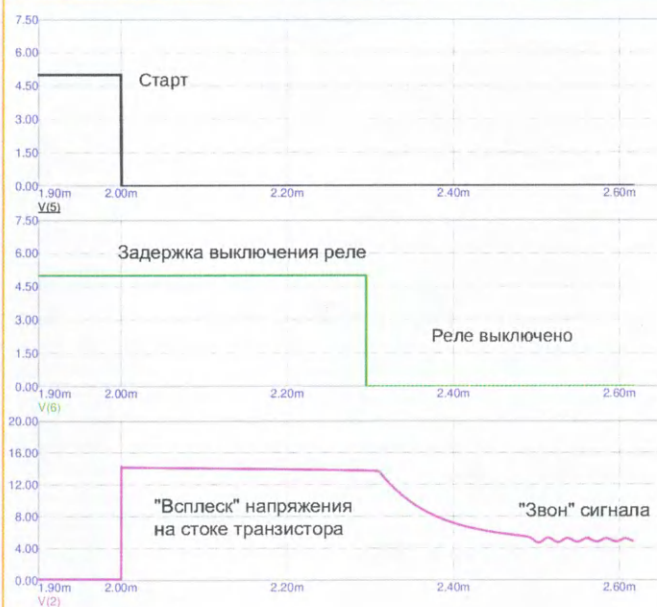


Рис. 3

Чтобы измерение проводилось многократно, вводится опрос клавиатуры нажатием на клавиши `<1>`, `<Enter>`. Функция `Serial.available` в строке 8 запоминает в буфере число введенных с клавиатуры символов. Функция `Serial.read` в строке 9 каждый раз уменьшает число символов в буфере на единицу. Следовательно, при нажатии на клавишу `<1>` надпись "If $V < 5 \text{ mV} \dots$ " в строке 12 будет печататься один раз, а при нажатии на клавиши `<1>`, `<2>`, `<3>` — три раза подряд.

9 Ответ — 0. Назначение скетча — аналогично вопросу 8, но с клавиатуры вводится измеренное число милливольт (строки 6—9). Расчет сопротивления контактов производится в строке 10 в миллиомах с выводом результата на компьютер (строки 11, 12). Конвертацией символов, введенных с клавиатуры, в десятичные числа занимается оператор `Serial.parseInt` (строка 10). Символ `,` для него означает конец ввода текста, поэтому дробное число 2,57 преобразуется в 2, т. е. любые милливольты с дробными будут округляться до меньшего целого. Для получения сопротивления результат умножается на 10, следовательно, на экране компьютера появляется надпись "R[мОм] = 20".

10 Ответ — 1. К плате Arduino Uno подключается реле K1, на катушку которого подается плавно изменяющееся напряжение. Это позволяет с помощью вольтметра PV1 зафиксировать пороги включения $V_{\text{PICK-UP}}$ и выключения $V_{\text{DROP-OUT}}$ реле [3]. Момент фиксации определяется логическим уровнем на входе D2 Arduino Uno.

Транзистор VT1 работает не в ключевом, а в линейном режиме. На его затвор поступает программно управляемое напряжение через канал ШИМ с

IRF820 имеет большой технологический разброс $V_{\text{GS(th)}} = 2 \dots 4 \text{ В}$ [1].

Методика подбора. Заменить текст в строке 9: `analogWrite(9, 0); delay(40);`. Скомпилировать скетч, после чего на выходе D9 Arduino Uno сформируется низкий уровень напряжения. Это есть начало зоны управления. Теперь надо подобрать сопротивление резистора R5 так, чтобы вольт-

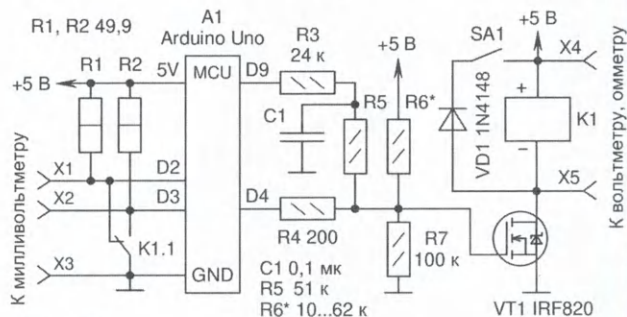


Рис. 4

вывода D9, далее через RC-фильтр R2C1 и сумматор R3—R5*. Резистор R3 в цепь фильтрации не входит, но он выполняет функцию высокоомного буфера для конденсатора C1, что полезно при объединении со схемой из вопроса 1.

В качестве примера на рис. 4 показан один из возможных вариантов тестера, построенный по принципу объединения узлов. Реле K1 можно устанавливать в колодку. Транзистор VT1 в корпусе TO-220AB теплоотвода не требует.

Питание на плату Arduino Uno в тестере следует подавать от внешнего сетевого блока питания, а не от USB-гнезда компьютера, чтобы избежать просадок напряжения. При проверке параметров времени линия D9 должна настраиваться на вход. При проверке пороговых напряжений линия D4 должна настраиваться на вход.

Омметром следует пользоваться при выключенном питании 5 В. Для надежности лучше провести два измерения сопротивления катушки реле с разной полярностью щупов и выбрать большее значение.

11 Ответ — 0. Назначение скетча — плавно повышение напряжения на катушке реле K1 (строка 9) с фиксацией напряжения $V_{\text{PICK-UP}}$ в момент переключения контактов K1.1 (строка 10). Частота сигнала ШИМ выбрана высокой — 62,5 кГц (строки 6, 7), чтобы снизить пульсации напряжения, поступающего на затвор транзистора VT1.

Подборкой резистора R5 устанавливается оптимальная рабочая точка транзистора VT1. Подбор нужен, поскольку порог включения транзистора

метр PV1 показывал напряжение 50...150 мВ, т. е. транзистор VT1 начал выходить на линейный режим. Для ориентира, $R5 = 10 \text{ кОм}$ при $V_{\text{GS(th)}} = 4 \text{ В}$; $R5 = 62 \text{ кОм}$ при $V_{\text{GS(th)}} = 2 \text{ В}$.

12 Ответ — 1. Назначение скетча — аналогично вопросу 11, но с плавным снижением напряжения на катушке реле K1, чтобы после остановки зафиксировать напряжение $V_{\text{DROP-UP}}$ внешним вольтметром PV1.

Сообщение "Error!" в строке 11 появляется только тогда, когда переменная `flag = 0`. Это может случиться при неисправности реле или слишком малом сопротивлении резистора R5. В аварийном варианте в строке 9 сформируются все возможные ступени выходного сигнала ШИМ. Число ступеней — 255, оно задается в строке 2. Длительность каждой ступени составляет 30 мс (строка 9), итого $255 \cdot 0,03 = 7,6 \text{ с}$. Но если учесть начальную задержку времени 1 с в строке 7, то в сумме получается больше 8 с, что и является ответом на вопрос викторины.

ЛИТЕРАТУРА

1. IRF820. — URL: <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irf820.pdf> (28.06.22).
2. ГОСТ ИЕС 61810-7—2013. Реле логические электромеханические. Часть 7. Методики испытания и измерения. — М.: Стандартинформ, 2015, 65 с.
3. Сергеев Р. Ответы на викторину Arduino: программная часть-11. — Радио, 2022, № 8, с. 63—64.

От редакции. Контрольная сумма должна быть 2165.