

денсатор C2 зарядится до небольшого напряжения, базовый ток уменьшится и генерация сорвётся. После разрядки конденсатора генерация может кратковременно возникнуть снова. Чтобы устранить такую ситуацию, и потребовалась установка резистора R1. Через него протекает часть тока утечки, и запуск генерации на микротоках не происходит. Этот резистор надо подо-

из пределов. Выключаться преобразователь должен при выключении мультиметра. Контролировать это можно с помощью измерителя тока, включённого в разрыв цепи питания преобразователя.

В преобразователе была проверена работоспособность транзисторов PN2222A и их аналогов — KSP2222A. Из нескольких экземпляров тех и других

указанным на схеме номиналом резистора R1. При испытании нескольких транзисторов BC547C они также работали неустойчиво, видимо, из-за слишком большого коэффициента передачи тока базы  $h_{213}$ .

Этот эквивалент "Кроны" был испытан с тремя мультиметрами: DT830B, DT838 и M838. Во всех случаях он показал одинаковые результаты. Работоспособность мультиметров (до появления сигнала "Батарея разряжена" на ЖКИ) сохранялась при снижении напряжения элемента AAA до 1,1 В.

Необходимо отметить, что этот преобразователь не получится применить в некоторых мультиметрах с питанием от батареи 6F22, отдельным выключателем питания и с системой автоматического отключения (таймером), например, MY-63 и аналогичных. Дело в том, что в мультиметре MY-63 при его включении сначала запускается таймер, который затем включает мультиметр. Таймер с таким преобразователем может просто не запуститься.

От редакции. По адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/12/krona.zip> имеется файл печатной платы устройства в формате Sprint Layout.



Рис. 4

брать так, чтобы преобразователь запусклся на напряжении питания 1...1,1 В и при включении мультиметра на любом

транзисторов только один транзистор KSP2222A "отказался" работать устойчиво, остальные работали нормально с

## Ответы на викторину "Arduino: программная часть-7"

("Радио", 2021, № 11, с. 63, 64)

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

**1** Ответ — 1. Модуль A1 — аналоговый трёхосевой акселерометр на микросхеме ADXL335. Модуль A3 — карт-ридер памяти формата SD (microSD с переходником). Информационные выводы модуля A1 подключаются к аналоговым входам A0—A2 АЦП Arduino, а выводы модуля A3 — к цифровым входам и выходам D7, D10—D13. Используемые интерфейсы — аналоговый (A1), цифровой (A3).

**2** Ответ — 0. Назначение скетча — оцифровать аналоговое напряжение в канале X акселерометра модуля A1 (строка 9), отфильтровать высокочастотные гармоники (стро-

ка 10), вывести на монитор компьютера переменные **S**, **fs** — это, соответственно, отсчёты до и после ФНЧ (строки 11—13).

В выражении для цифровой фильтрации участвует коэффициент **k**. Подбирается он экспериментально в зависимости от требуемой степени сглаживания графика (рис. 1).

Для выяснения функциональных пределов можно воспользоваться методом подстановки крайних значений. Если в формулу в строке 10 скетча подставить **k=0**, то **fs=fs**. Это означает максимальную степень фильтра-

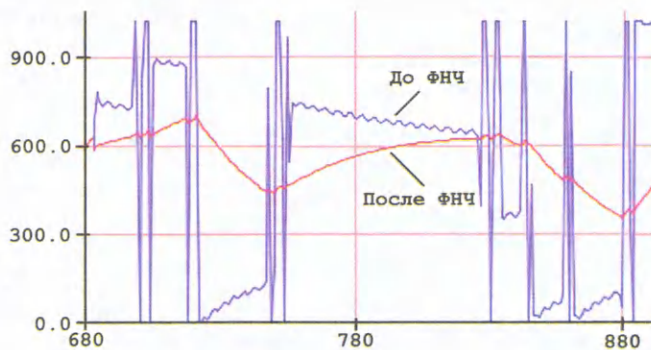


Рис. 1



ции, когда для любого отсчёта сигнала  $S$  переменная  $fs=0$ . Если в формулу подставить  $k=100$ , то  $fs=S$ , следовательно, сигнал акселерометра вообще фильтроваться не будет.

За основу скетча взята публикация [1], но с изменением формулы цифрового ФНЧ, чтобы уйти от чисел с плавающей запятой **float**. Это позволило в 1,5 раза уменьшить длину скетча и на 20 % увеличить быстродействие опроса выходного сигнала канала акселерометра модуля A1.

**3. Ответ — 1.** Назначение скетча — проверка установок карты памяти SD или microSD в модуль A3 (строки 8—10), задержка на 1 с нужна для завершения переходных процессов (строка 11), проверки отклика информационных сигналов от карты памяти (строки 12, 13).

Особенностью модуля A3 является вывод INS (сокращение от англ. insert — вставить). Это выходной сигнал карт-ридера, который может быть с уровнями VCC или GND в зависимости от того, вставлена карта памяти в слот или нет.

Если вывод INS физически отсутствует в модуле A3, чтобы не переделывать программу, в ней нужно закомментировать строку 10 — поставить в начале строки две косые черты. Закомментирование строки 4 приведёт к ошибке компиляции.

**4. Ответ — 0.** Модуль A1 — сенсорная кнопка-выключатель с фиксацией нажатия. Модуль A3 — "умная" светодиодная RGB-лента, состоящая из 30 последовательно включённых индикаторов с пиксельной адресацией [2]. Другое название — адресная лента. По конструкции она гибкая, но только в одной плоскости, поэтому механически согнуть её в форме знакоместа для индикации цифр 0—9 не получится. Чтобы изготовить конструкцию индикатора, аналогичную **рис. 2**, надо острыми ножницами разрезать ленту на семь частей и провести электрические связи согласно схеме на **рис. 3**. Попутно придётся изменить программу, ведь цвет каждого пикселя задаётся отдельно.

**5. Ответ — 1.** Назначение скетча — если от сенсорной кнопки модуля A1, подключённой к цифровому входу D9 (строка 3), поступает высокий логический уровень, то включается внутренний светодиод Arduino (строки 9,10), иначе светодиод выключается (строка 12).

Внутри модуля A1 имеется управляющий контроллер, который обеспечивает обработку и фильтрацию сигналов от ёмкостного сенсорного датчика, а также формирует выходной сигнал интерфейса с открытым сто-

ком на выводе OUT. В зависимости от программы, загруженной на заводского изготовителя в контроллер, кнопка может быть как с фиксацией — M294.4, так и без фиксации — M294.3 [3].

Определить тип кнопки анализом скетча нельзя. Можно лишь визуально — если светодиод на плате Arduino после нажатия и отпускания сенсорной кнопки A1 не возвращается в пре-

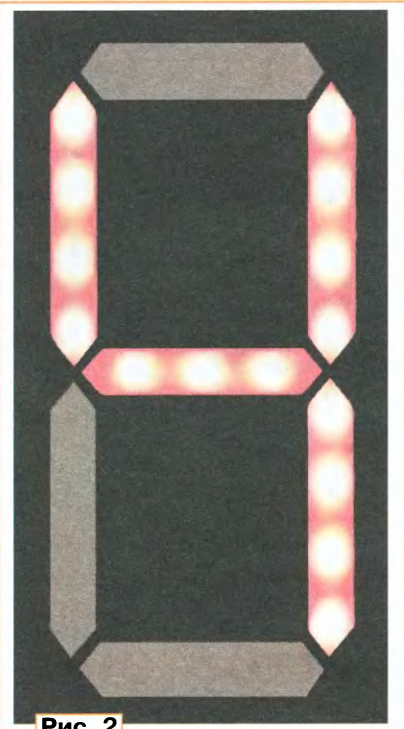
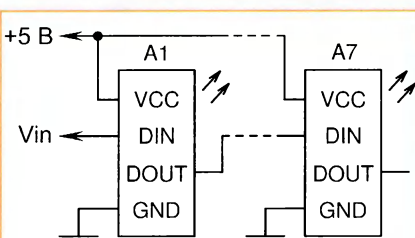


Рис. 2



A1, A3, A4, A6 - лента WS2812B-4;  
A2, A5, A7 - лента WS2812B-3

Рис. 3

дыдущее состояние — значит, кнопка с фиксацией, иначе — без фиксации.

**6. Ответ — 0.** Назначение скетча — мигание первого по счёту светодиода в адресной ленте A3 с частотой 1 Гц. В строке 10 задаётся красный цвет излучателя, в строке 12 — чёрный цвет, за который принимается выключенное состояние светодиода.

Общее число светодиодов в ленте указано в строке 3. Для каждого све-

одиода предусматривается отдельная ячейка в массиве **strip[]** (строка 5), причём строго по возрастанию номеров. Следовательно, первый элемент массива обозначается **strip[0]**, последний — **strip[29]**, что и является ответом на вопрос.

**7. Ответ — 1.** Модуль A1 — часы реального времени RTC (Real Time Clock) на микросхеме DS1307. Модуль A3 — ЖКИ с организацией две строки по 16 знакомест с двухпроводным интерфейсом I<sup>2</sup>C.

Как известно, сигналы **SCL**, **SDA** шины I<sup>2</sup>C должны быть нагружены на pull-up резисторы. В рассматриваемой электрической схеме их нет. Следовательно, они находятся или внутри модулей A1, A3, или внутри Arduino.

Внутренние pull-up резисторы AVR-контроллеров, которые применяются в Arduino Uno, интегральные высокоомные с разбросом сопротивления 20...50 кОм. Надеяться на то, что они и только они обеспечат нормальную нагрузку общей шины, нельзя, особенно при высоких скоростях передачи данных и больших распределённых ёмкостях соединительного тракта.

В модулях датчиков Arduino с интерфейсом I<sup>2</sup>C нагрузочные резисторы — встроенные. Их сопротивление обычно рассчитывается на ток замыкания 1 мА по отношению к цепи GND. Как следствие, в пятивольтовых модулях чаще устанавливаются резисторы 4,7 кОм, в трёхвольтовых — 3,3 кОм. Реже, но встречаются резисторы с сопротивлением от 1,5 до 10 кОм.

В модулях A1 и A3 наличие нагрузочных резисторов легко проверить омметром между выводами **SCL**, **VCC** и **SDA**, **VCC**. Если изготовитель решил сэкономить на резисторах (такое не исключается при "перепечатке" продукции фирмами из стран Юго-Восточной Азии), то следует установить их самостоятельно.

**8. Ответ — 1.** Назначение скетча — начальная фиксация времени в модуле A1 (строки 5, 6) и вывод на экран компьютера показаний часов каждую секунду (строки 9—12).

Первичная установка регистров микросхемы RTC модуля A1 задаётся в строке 6 в виде набора чисел: 29, 7, 21, 1, 9, 21, 4. Формат индикации времени указывается в строке 11 в виде набора букв: **d-m-Y, H:i:s, D** (день, месяц, год, часы, минуты, секунды, день недели относительно воскресенья). Напрашивается идея — порядок размещения чисел в строке 6 совпадает с порядком индикации времени в строке 11. Но это ложный ход мысли, который опровергается



изучением библиотеки функций `iarduino_RTC` [4], упомянутой в строке 2.

Для наблюдательных читателей в формулировке вопроса викторины уже заложена прямая подсказка — день 29 июля 2021 года указан средой, но на самом деле это четверг, значит, ответ 0 сразу исключается из списка.

**9** Ответ — 0. Назначение скетча — вывод на экран ЖКИ модуля A3 надписи, состоящей из трёх латинских букв СТО (строка 12) и одного кириллического символа (строка 13). В зависимости от последней буквы общая надпись может иметь разный смысл. Какой именно и предстоит выяснить.

Анализ текста программы показывает, что символ кириллицы формируется в таблице знакогенератора CGROM ЖКИ в виде массива двоичных цифр Z[8] в строках 4—6. Если их расписать сверху вниз блоком пикселей 5×8, получится русская буква Л (рис. 4). В результате получится надпись "СТОЛ".

0	0	1	1	1	0b00111
0	1	0	0	1	0b01001
1	0	0	0	1	0b10001
1	0	0	0	1	0b10001
1	0	0	0	1	0b10001
1	0	0	0	1	0b10001
1	0	0	0	1	0b10001
0	0	0	0	0	0b00000

Рис. 4

**10** Ответ — 1. Модуль A1 — самодельный кнопочный модуль, состоящий из сдвоенной кнопки SB1 и pull-up резисторов R1, R2. Модуль A3 — трёхцветный RGB-светодиод с тремя токоограничивающими резисторами в цепи каждого из выводов R, G, B.

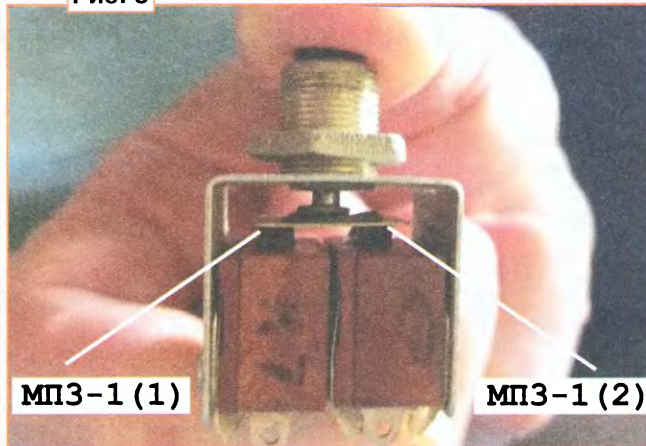
Определить тип RGB-светодиода можно по выводу с маркировкой "—", который является общим для трёх

излучателей. Поскольку он подключается к цепи GND, то в модуле находится светодиод с общим катодом.

Для справки, существуют также модули LED RGB, имеющие светодиод с общим анодом. У них вместо вывода с маркировкой "—" присутствует вывод с маркировкой V, который необходимо подключать к источнику питания +5 В.

**11** Ответ — 1. Назначение скетча — подсчёт числа различ-

Рис. 5



ных состояний двух переключателей кнопки SB1 (строки 7—9) с индикацией результата каждые 2 с (строки 10—13). Под различными имеются в виду состояния, когда логические уровни на входах D2 и D3 Arduino будут противоположными, а именно, лог. 0 и лог. 1 или лог. 1 и лог. 0.

Как известно, кнопка KM2-1 состоит из двух жёстко закреплённых микропереключателей МПЗ-1 (аналоги ПМ22-2). На рис. 5 показан момент неполного нажатия на кнопку KM2-1, когда в деталях можно рассмотреть металлический толкатель, который давит на горизонтальную пластину и дальше — на приводные элементы микропереключателей МПЗ-1(1) и МПЗ-1(2).

Несмотря на кажущуюся идентичность, в конструкцию изначально заложена несимметрия — из-за рельефности пластины, несоосности толкателя, разной высоты установки микропереключателей и разного паспортного усилия их прямого срабатывания — 0,98...2,94 Н.

На практике это означает, что в процессе нажатия на кнопку KM2-1 контакты микропереключателей МПЗ-1 будут замыкаться и размыкаться не одновременно, а по очереди. Соответственно, сигналы на входах D2, D3 Arduino будут немного сдвинуты во времени.

Чем плавнее и медленнее нажатие на кнопку KM2-1, тем больше несин-

хронность и тем большее число несовпадений логических уровней насчитает счётчик `tik` в строке 11. Чем быстрее нажатие на кнопку KM2-1, тем число несовпадений в счётчике `tik` меньше.

Рассматриваемый скетч можно использовать для отбора кнопок KM2-1 по максимальной синхронности включения контактных групп. Какой из двух микропереключателей МПЗ-1 включается раньше, можно определить на слух, если очень и очень медленно нажимать на толкатель кнопки до появления одного, а затем второго щелчков.

**12** Ответ — 0. Назначение скетча — начальное конфигурирование выводов D9—D11 Arduino (строки 2—8) и установка методом ШИМ требуемого цветового оттенка RGB-светодиода, входящего в модуль A3 (строки 11—13).

Плата Arduino UNO может формировать на своих выходах D3, D5, D6, D9—D11 сигналы ШИМ, которые вследствие инерционности зрения человека можно использовать для плавной регулировки яркости светодиодов.

В модуле A3 применяется трёхцветный RGB-светодиод. Яркости свечения его излучателей при методе управления ШИМ определяются числами 0—255, которые вводятся в операторы `analogWrite()`. Ноль означает минимум, а 255 — максимум яркости.

Если выключить зелёный и включить на полную яркость красный и синий излучатели, то получится пурпурный цвет свечения (англ. Magenta). То, что числа яркости в строках 11 и 13 отличаются от максимальных 255, не должно смущать. Цветовая смесь в пропорции R:G:B=226:0:122 соответствует так называемому типографскому цвету Process Magenta, используемому в системе цветопередачи CMYK.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Филтруется сигнал акселерометру. — URL: <https://arduino.ua/art172-filtrymo-signal-akselometry> (08.09.21).
2. Мусияка В. Комнатный термометр на Arduino и WS2812B. — Радио, 2017, № 7, с. 52, 53.
3. Сенсорная кнопка выключатель для Arduino TouchPad Модуль M294.x. — URL: <http://radio-kit.com/image/catalog/pdf/M-294.x.pdf> (08.09.21).
4. iarduino\_RTC. — URL: [https://github.com/iarduino/iarduino\\_RTC](https://github.com/iarduino/iarduino_RTC) (08.09.21).