

вать ток с этой частотой. Такая ситуация позволяет применить акустический излучатель без встроенного генератора, но излучатель должен быть обязательно электромагнитным (рис. 4), чтобы через него протекал постоянный ток. Такой сигнализатор работает следующим образом. При быстром изменении цвета раздаются щелчки, а при плавном

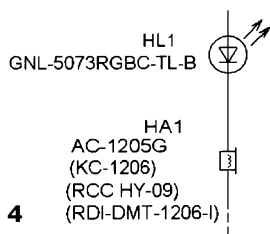


Рис. 4

изменении яркости — звуковой сигнал. Здесь можно использовать электромагнитные излучатели с сопротивлением 40...150 Ом, причём следует учесть, что большинство из них полярные, т. е. при их подключении следует соблюдать полярность. Если излучатель не имеет маркировки, электромагнитный не трудно отличить от пьезоэлектрического с помощью магнита, к которому он притягивается.

Ещё одним светодиодом, у которого плавно изменяется яркость свечения, причём практически случайным образом, является светодиод, имитирующий горение свечи, или так называемый flame-светодиод. Он, как правило, оранжевого свечения в прозрачном

бесцветном или оранжевом пластмассовом корпусе. В таком светодиоде встроенная микросхема изменяет яркость свечения светодиодного кристалла за счёт ШИ-регулирующего на частоте около 230 Гц.

Приобрести такие светодиоды можно отдельно, но они часто используются в малогабаритных недорогих имитаторах



Рис. 5

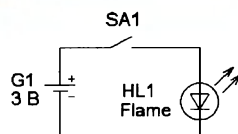


Рис. 6

рах горящей свечи (рис. 5). Схема такой свечи очень проста и показана на рис. 6. Если включить последовательно с таким светодиодом электромагнитный акустический излучатель по анало-



Рис. 7

гии с рис. 4, при подаче питающего напряжения будет звучать непрерывный сигнал с изменяющейся громкостью. Если встроить такой звуковой излучатель в корпус свечи (рис. 7), то она станет "поющей", хотя сигнал будет не совсем музыкальный.

В этих светозвуковых сигнализаторах при напряжении питания 5 В желательно использовать акустические излучатели с номинальным напряжением питания не более 6 В, но могут быть работоспособны и излучатели с большим номинальным напряжением. При напряжении питания 12 В светодиоды в некоторых случаях могут перегружаться, поэтому потребуется установка токоограничивающего резистора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаев И. Сигнализатор остановки вентилятора. — Радио, 2022, № 12, с. 56, 57.
2. Светодиод GNL-5073RGBC-TL-B. — URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8004660012> (21.01.23).

Ответы на викторину

"Arduino: аппаратная часть-2"

("Радио", 2023, № 3, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1. Ответ — 1. Микросхема U7 — это генератор тактового сигнала

для микроконтроллера (МК) U1 с частотой 12 МГц, габаритными размерами

Таблица 1

Параметры	Генератор кварцевый CFPS-55	Генератор МЭМС DSC61xx
Частота, МГц	0,75...50	0,002...100
Напряжение питания, В	2,85...3,15	1,7...3,6
Ток потребления, мА	5,5...7,5	3
Старение, ppm	±3	±1
ТКЧ, ppm	±30...±100	±25...±50
Размеры, мм	2×2,5×0,9	1,2×1,6×0,8
Фирма-изготовитель	IQD	Microchip

ми 1,6×1,2 мм и скважностью импульсов, близкой к меандру. Схема включения — стандартная, но внутри генератора может находиться как обычный кварцевый, так и микроэлектромеханический (МЭМС) резонатор [1].

Генераторы с МЭМС-резонаторами (к которым относится и микросхема U7 DSC6111 фирмы Microchip) имеют сверхмалые размеры, низкую стоимость и достаточно высокие технические характеристики (табл. 1).

Частотодающим элементом в генераторах с технологией МЭМС (англ. MEMS) служит, для простоты понимания, микроминиатюрная поли-

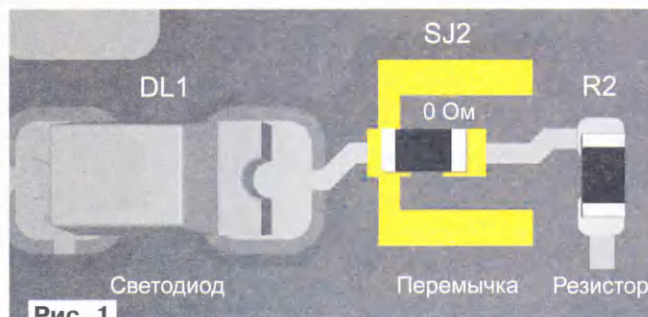


Рис. 1

кристаллическая кремниевая балка, которая колеблется в электрическом поле на частоте своего механического резонанса. МЭМС-резонаторы изготавливаются по технологии, совместимой с электронными КМОП-компонентами, что удешевляет производство.

2. Ответ — 0. Перемычки SJ1, SJ2, SJ4 относятся к конструктивным. Судя по расшифровке сокращения SJ (Solder Jumper) — это короткозамыкающие запаиваемые перемычки. Две из них — SJ1, SJ4 — находятся на нижней стороне платы Arduino Nano RP2040 Connect. Они выполнены в виде двух близко расположенных площадок, между которыми имеется (SJ4) или отсутствует (SJ1) печатный проводник.

Перемычка SJ2 — особенная. Она размещается на верхней стороне платы, где устанавливаются все без исключения радиоэлементы модуля Arduino. А раз так, то вместо печатного проводника замыкание сделано с помощью SMD-резистора, который легче снимать паяльником.

Коммутирующим элементом служит резистор CRCW02010000Z0ED фирмы Vishay сопротивлением 0 Ом типоразмера 0603 (рис. 1). К сожалению, он не показан на рассматриваемой электрической схеме, что затрудняет понимание принципа работы.

Интересный нюанс — на схеме изображены линии бокового "обхвата" перемычки SJ2, которые повторяют топологию проводников на печатной плате. Сделано это, скорее всего, для удобства заливки контактных площадок каплей припоя после удаления резистора.

3. Ответ — 1. Сокращение TP (Test Point) относится к тестовым контактным площадкам. В рассматриваемой схеме они предназначены для программирования 32-разрядного МК ATSAM21G18A фирмы Microchip на заводе-изготовителе через интерфейс SWD, о чём говорят названия сигналов SWDIO и SWDCLK.

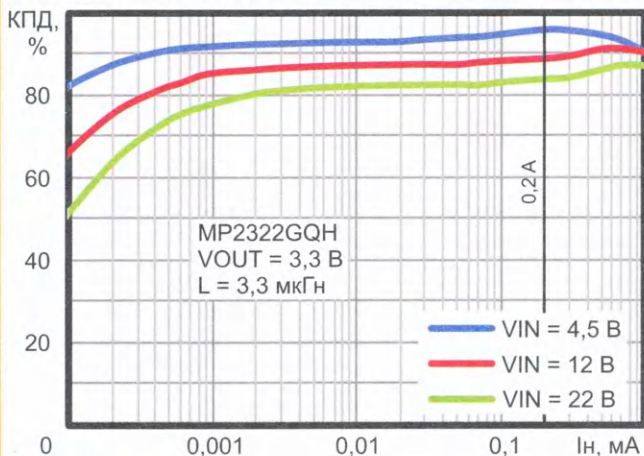


Рис. 2

Окружностями на электрических схемах принято обозначать контакты разборного соединения. Действительно, соединение с заводским программатором происходит через иголки щупов технологического стенда. На поверхности площадок TP, если приглядеться, можно заметить следы проколов. Следовательно, соединение разборное. Налицо тот редкий случай, когда УГО элемента на зарубежной схеме совпадает по назначению с ГОСТ 2.755-87.

4. Ответ — 1. На транзисторе Q1-1 и резисторах R16, R17 выполнен стандартный двунаправленный преобразователь уровней 3,3/5 В [2].

Если затвор транзистора Q1-1 подключить вместо цепи +3V3 к цепи +5V, то при любом напряжении сигнала TX_D11 в пределах 0...3,3 В транзистор будет постоянно открыт (его напряжение включения 0,8...1,5 В), значит, выполнять свои функции преобразователь уровней не сможет.

5. Ответ — 0. Микросхема U6 — MP2322 фирмы MPS — это импульсный понижающий DC/DC-преобразователь в корпусе размерами 1,5×2 мм (без учёта внешних элементов). При входном напряжении VIN 4...20 В на выходе формируется стабильное напряжение 3,3 В при токе нагрузки до 1 А.

В вопросе викторины рассматриваются два варианта подачи питания VIN — от сетевых вилок с выходными постоянными напряжениями 5 и 12 В. Так как обе сетевые вилки по условиям задачи имеют одинаковый КПД, экономичность будет определяться параметрами DC/DC-преобразователя.

На рис. 2 показана зависимость КПД преобразователя от тока нагрузки [3]. Поскольку кривая на графике для входного напряжения 5 В будет практически такая же, как и для 4,5 В, то можно сделать вывод — при токе 0,2 А экономичность будет выше, когда на вход VIN подаётся напряжение 5 В, а не 12 В.

6. Ответ — 0. Модуль Arduino Nano RP2040 Connect

имеет в своём составе два МК. Первый из них (основной) RP2040 — это 32-разрядный двухядерный ARM Cortex-M0+ с тактовой частотой 133 МГц, применяемый в микрокомпьютерах Raspberry Pi Pico. Второй (вспомогательный) 32-разрядный МК находится внутри интерфейсного чипа NINA-W102, работает на частоте 240 МГц и содержит два ядра с архитектурой Xtensa LX6.

МК RP2040 имеет четыре канала 12-разрядного АЦП. Однако, согласно стандарту Arduino, доступными должны быть восемь входов АЦП, через которые можно оцифровывать амплитуду сигналов. Как следствие, недостающие четыре канала АЦП переподключаются ко второму МК, находящемуся внутри чипа NINA-W102.

Такое техническое решение имеет плюсы и минусы. С одной стороны, соблюдается совместимость с программами Arduino в части восьмиканального АЦП. С другой стороны, входы A4—A7 не всегда доступны для функций АЦП и ШИМ при работе, например, с интерфейсом Bluetooth, что надо учитывать на практике.

7. Ответ — 0. Трёхцветный светодиод DL3 подключается к цифровым выходам МК U2A через токоограничивающие резисторы R13—R15. Если выставить лог. 0 на всех трёх выходах МК, то свечение DL3 будет близким к одному из оттенков белого.

Чтобы рассчитать токи через излучатели R, G, B, нужно построить нагрузочную прямую на вольт-амперной характеристике (ВАХ) светодиода SMLP34RGB [4]. Прямая строится по двум точкам. В первой точке А предполагается, что излучатель светодиода замкнут накоротко, напряжение на нём 0 В, протекающий ток $I = V_{CC}/R_{13} = 3,3/0,33 = 10$ мА (сопротивление в килоомах). Вторая точка В строится в предположении, что излучатель светодиода в обрыве, напряжение на нём — 3,3 В, ток — 0 мА. По двум точкам составляется уравнение прямой: $x = 3,3 - 0,33 \cdot y$, где x — вольты, y — миллиамперы.

Однако точки А и В находятся далеко за пределами графика ВАХ свето-

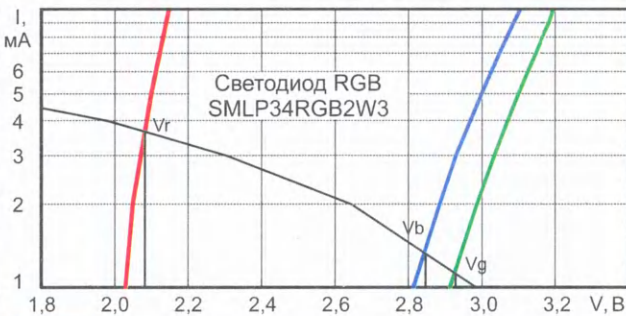


Рис. 3

диода [4]. Более того, график выполнен в полулогарифмическом масштабе, из-за чего нагрузочная прямая превращается в параболическую кривую (рис. 3), которая строится по точкам решения уравнения согласно табл. 2. Резисторы R13—R15 имеют равные сопротивления, значит, все три линии совмещаются друг с другом.

Таблица 2

I, mA	0	1	2	3	4	5
V, В	3,3	2,97	2,64	2,31	1,98	1,65

Падение напряжения на излучателях определяется в точках пересечения нагрузочной кривой и ВАХ: $V_r = 2,08$ В; $V_b = 2,84$ В; $V_g = 2,93$ В. Далее по закону Ома рассчитываются токи через излучатели: $I_r = (V_{CC} - V_r)/R15 = (3,3 - 2,08)/0,33 = 3,7$ мА; $I_b = (V_{CC} - V_b)/R13 = (3,3 - 2,84)/0,33 = 1,4$ мА; $I_g = (V_{CC} - V_g)/R14 = (3,3 - 2,93)/0,33 = 1,1$ мА. Точность расчёта для практики достаточная, поскольку погрешность, вызванная кусочно-линейной аппроксимацией, невелика.

Примечание. УГО светодиода DL3 выполнено крайне неудачно. Мало того, что используются УГО обычных диодов, так ещё и отсутствует нумерация выводов корпуса: 1 — общий анод, 2 — R, 3 — B, 4 — G.

8. Ответ — 1. Микросхема U3 LSM6DSOX фирмы STM содержит цифровые датчики акселерометра и гироскопа. Корпус — 14-выводной с габаритными размерами 2,5×3 мм.

В микросхеме U3, согласно её справочным данным, имеются два вывода общего провода, обозначение которых одинаковое — GND. Физически они размещаются друг возле друга, специальных рекомендаций по трассировке печатных проводников для них нет.

Следовательно, не было необходимости на схеме применять разные наименования выводов GND6, GND7 (по номерам контактов 6, 7 микросхемы). В подобных случаях лучше "не изобретать велосипед", а придерживаться названий, рекомендованных фирмой-изготовителем.

9. Ответ — 0. Микросхема U2 LSM9DS1 фирмы STM содержит цифровые датчики акселерометра, гироскопа и магнитометра. Корпус — 24-выводной с габаритными размерами 3,5×3 мм.

Автор схемы модуля Arduino Nano 33 BLE Sense решил сэкономить место и ввёл нестандартные обозначения для закороченных выводов микросхемы U2, в частности, для RES — 14*5, для VDD — 22*2, для GND — 19*2, для VDDIO — 1*2.

Разгадка шарады простая. Первое из чисел указывает на номер вывода, с которого следует начинать отсчёт вверх на указанное вторым числом раз. То есть выводы RES имеют номера 14, 15, 16, 17, 18; VDD — 22, 23; GND — 19, 20.

А что делать с выводами VDDIO, ведь номер 2 уже занят сигналом SCL? Здесь вступает в силу остаточный принцип, согласно которому ищется последний незадействованный в УГО вывод, и им оказался номер 3. Итак, выводы VDDIO имеют номера 1 и 3 (рис. 4).

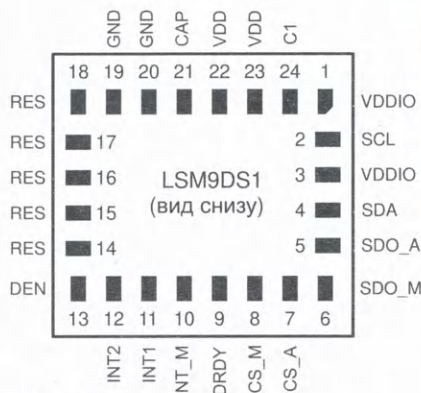


Рис. 4

Приведённый на схеме способ группового обозначения контактов хоть и экономит место, но рекомендовать его в качестве стандарта нельзя.

10. Ответ — 1. Микросхема U1 ATSAM21G18A фирмы Microchip — это 32-разрядный МК, который, кроме всего прочего, обеспечивает связь с компьютером через разъём J1 micro-USB.

Протокол USB предусматривает передачу информации с помощью дифференциальной пары сигналов D+, D-, что повышает помехоустойчивость. Лог. 1 передаётся, если напряжение в линии D+ по крайней мере на 200 мВ больше, чем в линии D-. Для уровня лог. 0, наоборот, напряжение в линии D- должно быть на 200 мВ больше, чем в линии D+.

Графические знаки противофазных импульсов на линиях D+, D- обозначают дифференциальную пару. Наносить такие рисунки на схему не обязательно, это вспомогательная информация.

11. Ответ — 0. Разъём J2 расчитан на подключение внешней антенны 2,4 ГГц для беспроводных сетей Wi-Fi и Bluetooth. Место для него в плате предусмотрено, однако физически распаять нельзя — мешает антенна чипа U2A NINA-W102 (рис. 5).

Как известно, семейство чипов NINA-W10x фирмы u-blox содержит три разновидности: NINA-W101 (без антенны), NINA-W102 (с встроенной "металлической" антенной), NINA-W106 (с встроенной "печатной" антенной). Технические параметры у них одинаковые, посадочные места для пайки выводов совпадают. Отличаются они габаритными размерами, для версий с антенной — 10×14 мм, без антенны — 10×10,6 мм.



Рис. 5

Если на место U2A запаять чип NINA-W101, появится возможность подключить внешнюю антенну к разъёму J2. Это важно, когда корпус устройства, в котором размещается модуль Arduino Nano RP2040 Connect, металлический или имеет экранирующее покрытие.

12. Ответ — 1. В модуле Arduino Nano Every применяется двухпроцессорная система, состоящая из 8-разрядного AVR-контроллера U1 и 32-разрядного МК U2A. И первый, и второй МК предварительно прошиваются на заводе-изготовителе через разъём J2. Прошивки называются "фирменными" (Firmware) и обеспечивают обмен данными в системе между двумя МК, а также запуск начального загрузчика Bootloader.

Скетчи Arduino загружаются через интерфейс USB и размещаются в памяти программ МК поверх Firmware, не конфликтуя с ним. Отладка скетчей производится через среду Arduino IDE, разъём J2 при этом не используется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаева Н. Радиочастотные элементы на основе компонентов микросистемной техники. — Радио, 2012, № 12, с. 10, 11.
2. Двухнаправленный преобразователь уровня для шины I²C и других систем. — URL: <http://www.gaw.ru/html/cgi/txt/publ/interface/97055.htm> (10.01.23).
3. MP2322. — URL: <https://datasheetspdf.com/pdf/file/1471664/MPS/MP2322/1> (10.01.23).
4. SMLP34RGB Series. — URL: <https://www.mouser.com/datasheet/2/348/smlp34rgb-e-1139142.pdf> (10.01.23).