

дежурном режиме позволит (при желании) для питания сигнализатора применить автономный источник, например малогабаритную батарею 23А.

Основой датчика тока является дроссель, намотанный на гантелеобразном ферритовом магнитопроводе. Его размеры могут быть разными (рис. 2), главное, чтобы его индуктивность была не менее 4 мГн. При меньшей индуктивности число витков обмотки может быть недостаточным. Поверх собственной обмотки дросселя наматывают токовую обмотку — 5—20 витков провода диаметром 0,2...0,3 мм. Число витков подбирают экспериментально в процессе налаживания, причём в некоторых случаях для более мощного вентилятора потребовалось намотать большее число витков.

Все детали размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж платы показан на рис. 3. Применены резистор МЛТ, С2-23, конденсатор — оксидный К50-35 или импортный с номинальным напряжением не менее 50 В. У конденсаторов с большим номинальным напряжением ток утечки будет меньше. Светодиод можно применить и одноцветный мигающий, например серии GNL-3014SRD-B [3] красного свечения. Акустический излучатель ОВО-1206С-А2 [4] можно заменить аналогичным со встроенным генератором и электромагнитным излучателем. Для дросселей с разным рас-

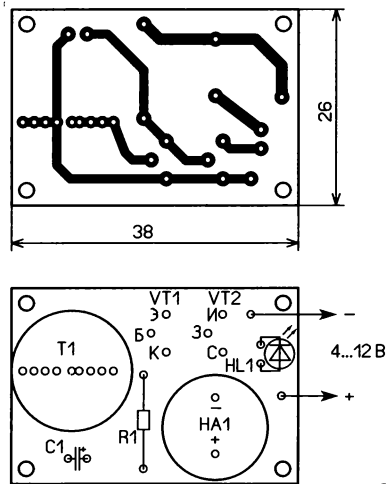


Рис. 3

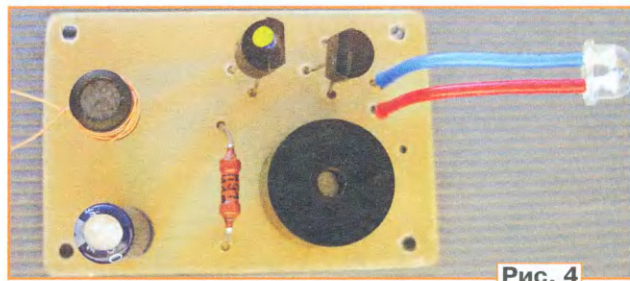


Рис. 4

стоянием между выводами предусмотрен ряд отверстий. Смонтированная плата показана на рис. 4.

Как отмечено выше, налаживание сводится к подборке числа витков токовой обмотки трансформатора Т1. Обмотку включают в разрыв любого из пи-

тающих проводов вентилятора с двухпроводной схемой подключения. Наматывают временную обмотку и проверяют работу сигнализатора. Поскольку импульсы напряжения разной полярности на вторичной обмотке трансформатора Т1 имеют разную амплитуду, токовую обмотку включают так, чтобы сигнализатор устойчиво работал при минимальном числе витков токовой обмотки. Наматывать дополнительную обмотку можно при установленном на плате дросселе.

После налаживания дополнительную обмотку можно закрепить с помощью какого-либо клея, например термоклея. Затем проводят окончательную проверку работоспособности сигнализатора. При отключении питания вентилятора или принудительной остановке вращения его лопастей сигнализатор должен подать сигналы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаев И. Звуковые сигнализаторы остановки вентилятора. — Радио, 2002, № 11, с. 19, 20.

2. Светодиод GNL-5073R GBC-TL-B. — URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8004660012> (27.10.22).

3. GNL-3014xx-B. — URL: <https://datasheet-pdf.com/PDF/GNL-3014SRD-B-Datasheet-G-NOR-1257521> (27.10.22).

4. ОВО-1206С-А2. — URL: <https://click.ru/32UnNq> (27.10.22).

Ответы на викторину "Arduino: программная часть-13"

("Радио", 2022, № 11, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1 Ответ — 1. К плате Arduino Uno подключается модуль В1 HY-SRF05 (в различных источниках часто называемый SRF05), перед которым на фиксированном расстоянии установлен какой-либо объект с поверхностью, хорошо отражающей звук. Такой стенд позволяет проводить различные эксперименты с целью получения статистических данных при измерениях дальности.

Как известно, существуют две разновидности модулей SRF05. Отличаются они маркировкой и функциональным назначением пятого дополнительного (по сравнению с модулем HC-SR04) контакта разъёма. В одной версии это — вход MODE, в другой (как в рассматриваемой схеме) — выход OUT, на котором генерируется сигнал огибающей зондирующих импульсов. Соединять выход OUT с

общим проводом GND не рекомендуется, чтобы не повредить управляющий контроллер модуля В1. Но кратковременное соединение к негативным последствиям не приводит, это проверено на практике.

2 Ответ — 1. Назначение скетча — вывести на экран монитора в режиме плоттера в Arduino IDE два графика измерения длительности импульса Echo: вверху — без фильтрации, внизу — с фильтрацией (рис. 1). Смещение второго графика вниз на 50 мкс задаётся в строке 12.

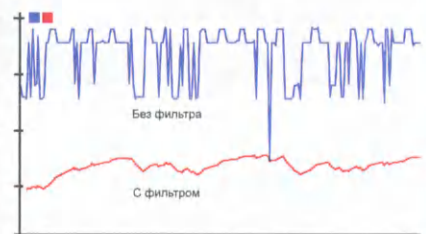


Рис. 1

Смещение условное здесь, главное — сравнить форму двух кривых. Чем график ровнее, тем лучше, тем меньший будет разброс измерения расстояния.

Фильтр "бегущее среднее" в строке 10 является эффективным, но не единственно возможным средством сглаживания графиков. Стенд как раз и позволяет подобрать лучший метод фильтрации сигнала для конкретного модуля, определённой дистанции и свойств отражающей поверхности [1].

3 Ответ — 1. Назначение скетча — вычислить среднеквадратическое отклонение (СКО) для 10000 замеров длительности эхоимпульса (сигнал Echo). Чем меньше СКО в строке 13, тем "кучнее" модуль В1 измеряет расстояние до препятствия. Время измерения составляет около 8 мин. Для быстрого экспресс-теста достаточно 300—500 замеров.

Строка 11, о которой идёт речь в вопросе викторины, не является обязательной. Однако с её помощью можно сохранить данные в текстовом файле на жёстком диске компьютера,

цу MS Office Excel и выполнить математическую обработку. Например, на **рис. 2** показаны графики частоты распределения длительностей импульса Echo, построенные в Excel из 10000 выборок скетча. Верхняя гистограмма базируется на функциях библиотеки **NewPing** (строки 3, 4, 10), а нижняя — на функции **pulseln**, аналогично скетчу из вопроса 2. Как видно, разница существенная, что следует учитывать при точных измерениях.

4 Ответ — 0. К плате Arduino подключены два модуля SRF05, которые отличаются от HY-SRF05 наличием пяти дополнительных выводов программирования и другим назначением сигнала MODE [3]. Располагаются модули друг за другом, как фотодатчики в старых турникетах метрополитена. Задача — определить направление движения объекта, который перемещается перед модулями.

Выводы MODE обоих модулей В1, В2 соединяются с общим проводом GND, что переводит их в режим с общей линией связи Trig. Сначала по этой линии передаётся импульс от

HC-SR04 по схеме, изображённой на **рис. 3**, где резисторы R1, R2 служат развязкой между выходами D2, D3 Arduino и выходами внутренних контроллеров модулей В1, В2 по линии Trig. Сопротивление резисторов — 0,5...3 кОм. Ограничение на сопротивление снизу — нагрузочная способ-

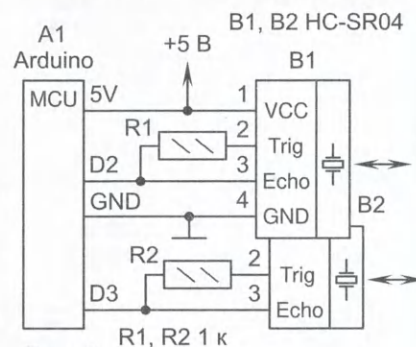


Рис. 3

ность портов AVR-контроллера Arduino, ограничение сверху — снижение помехоустойчивости.

5 Ответ — 0. Назначение скетча — вывести на экран монитора надпись **Left to right** в строке 13 при движении объекта слева направо. Порогом считается приближение объекта на расстояние меньше 7 см к любому из модулей (строка 5).

Модули В1, В2 посылают и принимают ультразвуковые сигналы по очереди, сначала В1 (строка 8), затем В2 (строка 9). От перемены строк 8, 9 местами формально ничего не изменится, ведь обработка информации начинается дальше, со строки 10. Истинная смена направления движения произойдёт, если поменять местами на плате Arduino провода, подводящие сигналы к выводам 2 и 3.

6 Ответ — 1. Назначение скетча — индикация встроенным светодиодом в Arduino равноудалённого расстояния до препятствия от каждого из модулей В1, В2. Если расстояния одинаковы, светодиод горит (строка 11), иначе он гаснет (строка 12).

Пауза 0,2 с в строке 13 удлиняет время свечения светодиода, визуально сглаживая "просадки". Снизить ультразвуковые перекрёстные помехи пауза не может, поскольку модули В1 и В2 работают по очереди. К примеру, пока модуль В1 в строке 9 посылает и принимает сигналы, модуль В2 "спит", поэтому он физически не может получить чужой отражённый сигнал в качестве перекрёстной помехи.

В некоторых системах модули В1, В2 генерируют сигналы одновременно. В этом случае действительно могут возникнуть ультразвуковые помехи. Но они успешно подавляются сужением диаграммы направленности

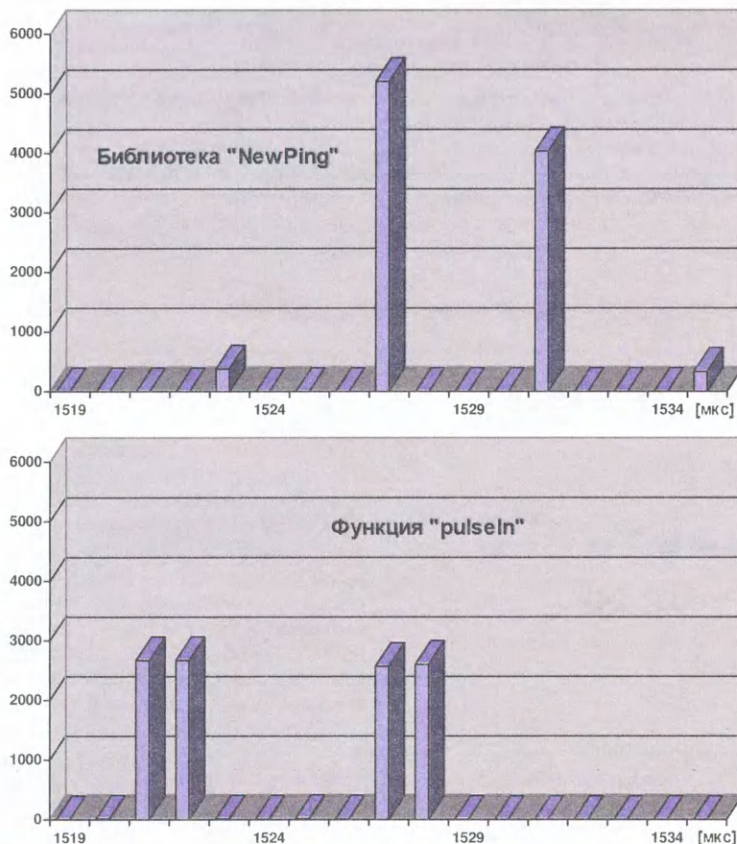


Рис. 2

используя бесплатную терминальную программу PuTTY по методике [2].

Если присвоить файлу расширение *.csv, то полученные данные можно вставить прямо в электронную табли-

Arduino для старта измерений, затем Arduino ожидает ответ от модуля в виде эхо-сигнала.

Однопроводную связь можно осуществить и в классических модулях



Рис. 4

луча, например, накладками из мягкого материала (рис. 4).

7 Ответ — 1. К плате Arduino подключается влагозащитный модуль V1. Его особенностью является двунаправленный пьезодатчик, который сначала выступает излучателем ультразвуковых импульсов, а затем становится приёмником отражённых сигналов частотой 40 кГц. Переключение режимов происходит по командам от внутреннего управляющего контроллера.

Собственно модуль состоит из трёх функциональных частей: печатная плата с радиоэлементами, соединительный шнур длиной 2,5 м и пьезодатчик. Два последних элемента герметичны по конструкции. Печатная плата не имеет влагозащиты, поэтому её надо помещать в закрытый корпус, это важно при эксплуатации на открытом воздухе.

8 Ответ — 0. Назначение скетча — измерить расстояние в воде до препятствия, которым служит дно реки или озера. Получается эхолот, который, судя по видеоролику [4], успешно реализован на практике.

В скетче используется стандартный алгоритм измерения дистанции с поправкой на более высокую скорость звука в воде. Из особенностей — увеличенная до 20 мкс длительность импульса запроса в строке 8. Это помогает и в других случаях при неустойчивых измерениях.

Формула расчёта дистанции в строке 11 рассчитана на скорость звука 1482 м/с (коэффициент 0,1482), что соответствует температуре воды +20 °С в летнее время. Для зимней рыбалки следовало бы выбрать скорость звука в воде 1421 м/с при +4 °С [5].

9 Ответ — 1. Назначение скетча — аналогично вопросу 8, но с измерениями не в воде, а в воздухе. Практическое применение — любые устройства, эксплуатирующиеся на территории, где возможны атмосферные осадки, например, парктроник для автомобиля, датчик присутствия человека перед калиткой, дверной звонок на улице и т. д.

В скетче используется библиотека функций **NewPing** (строки 2, 6, 7, 12). Для её нормальной работы в объекте **sonar** задаётся максимальное расстояние до препятствия **MAX_DISTANCE**, равное 400 см (строка 5). В связи с этим ультразвуковые волны, отражённые от объектов, находящихся на расстоянии больше 4 м, будут игнорироваться, а замер дистанции — обнуляться. То есть для расстояний 3...4 м "нулей" при печати в строке 12 не будет, а после 5 м они будут обязательно.

10 Ответ — 1. "Ультразвуковой хоккей" предполагает наличие у игроков двух клюшек в виде выносных пьезоизлучателей BQ1, BQ2. Мощности излучаемых ультразвуковых колебаний достаточно, чтобы перемещать по лёгкую "шайбу" из шарика пенопласта диаметром 2...3 мм. Игровым полем может служить обычная фоторамка A4 со стеклянной поверхностью и четырьмя бортами. Старт и стоп в игре осуществляет судья выключателем SA1.

Сердцем устройства служит плата драйвера управления двигателем A2 на основе микросхемы DRV8833 (Texas Instruments). На входы платы IN1, IN2 поступают сигналы лог. 0 и лог. 1 от Arduino Uno. К выходам OUT1, OUT2 подключаются пьезоизлучатели BQ1, BQ2 с маркировкой "Т", выпаянные из модулей, подобных HC-SR04. Для повышения мощности сигнала желательно удалить с излучателей металлические сетки.

Каналы IN1—OUT1, IN2—OUT2 выполнены однотипно на MOSFET-ключках микросхемы DRV8833. Следовательно, если на входы IN1, IN2 подавать противофазные сигналы, на пьезоизлучатели будет поступать знакопеременное напряжение Н-моста с полным размахом 18 В, т. е. с удвоенным напряжением питания VIN. Если входные сигналы синфазные, разность амплитуд близка к нулю, излучения ультразвуковых колебаний не будет.

11 Ответ — 0. Назначение скетча — генерация противофазных импульсов меандра с частотой 40 кГц на выходах A0, A1 Arduino Uno. Скетч применяется такой же, как в ультразвуковом левитаторе, который имеет похожую электрическую схему и способен поднимать в воздух мелкие предметы [6].

Выходы A0, A1 в Arduino Uno соответствуют разрядам PC0, PC1 порта C микросхемы ATmega328. В строке 3 все линии порта C настраиваются на выход. В строке 2 переменная **TP** определяет начальные уровни разрядов, а в строке 12 производится их синхронное инвертирование.

Поскольку "единицы" и "нули" в переменной **TP** поразрядно чередуются, то с одинаковым успехом в схеме

вместо A0, A1 можно использовать выводы A2, A3 (PC2, PC3) или A4, A5 (PC4, PC5) платы Arduino Uno. Программные изменения в скетче не нужны.

12 Ответ — 0. Назначение скетча — аналогично вопросу 11, но генерация сигнала 40 кГц производится с помощью регулируемых программных задержек времени, что позволяет увеличить скорость полёта "шайбы". Главным критерием подстройки является ток потребления платы A2. Чем он выше, тем больше мощность генерируемых ультразвуковых колебаний и сильнее удары "клюшек".

Максимальное потребление тока будет на частоте резонанса пьезоизлучателей BQ1, BQ2. Для них регламентируются центральная частота 40 ± 1 кГц и полоса пропускания не менее 5 кГц [7].

При параллельном соединении BQ1, BQ2 оптимальная частота генерации не обязательно будет равна 40 кГц. Нужен подбор. Для этого в строках 2, 3 подстраиваются коэффициенты T1, T2, от чего зависят длительности полупериодов выходных сигналов в строках 10, 13, а значит, и частота генерации.

Резонанс у пьезоизлучателей узкий, при этом ток потребления платы A2 скачком изменяется от долей миллиампера до 10...20 мА. Подбором коэффициентов T1, T2 ток можно увеличить на 10...15 % по сравнению с фиксированной частотой 40 кГц. Главное, чтобы пьезоизлучатели BQ1, BQ2 при экспериментах были неподвижными.

Если необходимо ещё больше повысить мощность излучаемых сигналов, следует заменить плату A2 аналогичной на микросхемах L293, L298 и повысить напряжение питания до 12 В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фильтрация сигналов. — URL: <https://alexgyver.ru/lessons/filters/> (15.09.22).
2. Запись данных Arduino в файлы на компьютере через Putty. — URL: <https://arduinoplus.ru/zapis-dannyh-arduino-na-komputer/> (15.09.22).
3. SRF05 — Ultra-Sonic Ranger. — URL: <https://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf05tech.htm> (18.09.22).
4. Эхолот на Arduino. — URL: <http://arduino-prom.ru/shemotehnika/263-eholot-na-arduino.html> (15.09.22).
5. GSCDD 190-2000. — URL: <https://click.ru/322rFB> (15.09.22).
6. Ультразвуковая акустическая левитация на Arduino и датчике HC-SR04. — URL: <https://microkontroller.ru/arduino-projects/ultrazvukovaya-akusticheskaya-levitaciya-na-arduino-i-datchike-hc-sr04/> (15.09.22).
7. Ultrasonic Transducer TR40-16. — URL: https://cdn.datasheetpdf.com/pdf-down/T/R/4/TR40-16_Waitrony.pdf (15.09.22).