

Рис. 3

чатке футляра и рассеивателя желательно ориентироваться на следующие настройки 3В-принтера: материал — PLA; высота слоя — 0,2 мм; ширина линии — 0,4 мм; плотность заполнения — 20 %; поддержка — да, температура сопла — 195 °С; температура стола — 55 °С; тип прилипания к столу — нет. Все электрические соединения выполняются пайкой с помощью тонких гибких проводов.

Анимация пламени (рис. 5) в скетче состоит из зацикленного перебора шести кадров с изображением языка пламени. Временной интервал 10...80 мс между сменой соседних кадров в одном цикле — одинаковый и меняется ступенчато псевдослучайным образом лишь от цикла к циклу. Это создаёт иллюзию биения пламени на сквозняке. Светодиод подсветки корпуса свечи изменяет свою яркость в начале каждого цикла. Так происходит имитация смены освещённости от свечи из-за биений пламени. Изображения преобразованы в массивы однобайтовых чисел. Для их получения предварительно следует выполнить ряд действий с исходными файлами. Сначала с помощью графического редактора изображение переводят в чёрно-белое. Затем изображение обрезают в пропор-

ции высота/ширина как 2/1. Далее, используя программу Paint.NET, с помощью опций "Изменить размер...", "Размер полотна..." устанавливают размеры в пикселах — 128 на 64 и сохраняют изображение

в расширении **.jpg**. Потом производят конвертацию в массив. Подробнее этот процесс описан в [3].

Рис. 5

A2

A1 SA1 G1 R1

(G) (IIII

3. **Мамичев Д.** Игрушка-имитация "Цифровая фоторамка". — Радио, 2021, № 8, с. 59—61.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. **Мамичев Д.** Светодиодная "свеча". Радио, 2014, № 12, с. 41, 42.
- 2. Clapper LED Candle. URL: https://www.instructables.com/Clapper-LED-Candle/(14.01.22).

От редакции. На нашем FTP-сервере по адресу http://ftp.radio.ru/pub/2022/04/candel.zip находятся файлы проекта и видеоролик, иллюстрирующий работу игрушки.

Ответы на викторину

"Arduino: программная часть-9"

("Радио", 2022, № 3, с. 63, 64)

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

Ответ — 1. К плате Arduino A1 подключается цифровой потенциометр DD1 (10 кОм), имеющий 256 положений движка. Это современная замена традиционным переменным и подстроечным резисторами. Внутри микросхемы DD1 размещается матрица резисторов,

коммутируемая КМОП-ключами. Доступ к ключам производится по командам от микроконтроллера Arduino через интерфейс SPI (выводы **CS**, **SCK**, **SI**). Выводы **A**, **W**, **B** — это аналоги трёх контактов переменного резистора (движок — вывод **W**).

Питание на цифровой потенциометр поступает от двух источников: 3,3 В и 5 В, причём 3,3 В подаётся на аналоговую, а 5 В — на цифровую части. Поскольку микроконтроллер в Arduino UNO запитан от напряжения 5 В, то согласование уровней не требуется.

Ответ — 0. Назначение скетча — преобразовать цифровой код 0хС0 в строке 4 в одно из 256 положений движка переменного резистора микросхемы МСР41010. Крайние выводы резистора A и B подключаются к общему проводу и питанию 3,3 В. Следовательно, на вход А0 Arduino будет поступать напряжение 0—3,3 В в зависимости от кода, определяющего положение движка W.

Нюанс в том, что выводы **A** и **B** на электрической схеме "перевёрнуты" на 180 градусов по сравнению с клас-

сическим включением, значит, минимальный код 0х00 приведёт к установке максимального напряжения на среднем выводе W, и наоборот.

Расчёт. Код 0хС0 в десятичном виле 192. Напряжение на среднем выводе W рассчитывается по формуле делителя напряжения [1] при условии общего числа градаций 256: V[B]= =3,3[B]·(256-192) / 256=0,825 B.

Расчёт не учитывает собственное сопротивление R, движка, равное 50-100 Ом, поскольку оно много меньше, чем входное сопротивление линии A0 Arduino. На практике получить вычисленное напряжение с точностью до третьего знака после запятой не удастся ввиду погрешности сопротивления переменного резистора и нестабильности источника питания 3,3 В.

Ответ - 1. Назначение скетча -• сформировать на входе АО Arduino изменяющийся во времени ступенчатый сигнал. Начальное напряжение задаётся в строке 3, и оно равно 3,3 В (выводы В и W переменного резистора закорочены). Далее в бесконечном цикле движок W "опускается" вниз по схеме, поскольку переменная w в строке 8 увеличивается при каждой итерации на единицу.

По достижении максимума 0xFF переменная w скачком обнуляется, и счёт начинается заново. Из-за этого скачка на входе A0 Arduino формируется спадающий пилообразный сигнал, который в числах можно проконтролировать по монитору компьютера (строка 7). Скорость спада "пилы" задаётся в строке 8 командой задержки времени delay(50).

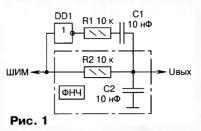
Ответ — 0. Рассматриваемое

Ивых

4 ответ — о. гассина, устройство представляет собой ЦАП на основе ШИМ, в котором с целью снижения пульсаций применяется ФНЧ с активной схемой подавления [2].

Основную фильтрацию обеспечивает стандартная цепочка R2C2 (рис. 1). Дополнительно подключают инвертор DD1 (формируется программно внутри Arduino) и элементы R1C1. В точке **U**вых прямой и инвертированный сигналы суммируются, компенсируя спады и подъёмы амплитуд.

Пульсации, в зависимости от частоты ШИМ, снижаются в десятки и даже сотни раз. Главное - обеспечить равенство амплитуд прямого и инвертированного сигналов, для чего нужны одинаковые резисторы R1, R2. Идентичность конденсаторов С1, С2 не обязательна. Более того, увеличение ёмкости конденсатора С1 при прочих равных условиях приводит к дополнительному снижению пульсаций, правда, при большем времени выхода на рабочий режим.



На рис. 2 показаны результаты моделирования схемы подавления пульсаций в бесплатной среде Місго-Сар 12.2.0.5 [3] при частоте сигнала ШИМ 7.8 кГц. Разность амплитуд А меньше, чем В, что подтверждает необходимость подбора, в первую очередь, резисторов, а не конденсаторов. На практике для получения максимального подавления рекомендуется вместо резистора R1 включить резистор 9.1 кОм последовательно с подстроечным резистором 2,2 кОм.

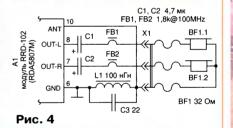
Ответ - 1. Назначение скетча -• формирование противофазных сигналов частотой 10 кГц на выходах D9, D10 Arduino методом синхронного изменения битов в управляющем слове порта В. Замена строки 12 текстом **PORTB=0**; приведёт к установке постоянного лог. 0 на выводе D9 Arduino. Это эквивалентно подключению цепочки R1C1 параллельно конденсатору С2, а значит, повышению степени фильтрации высших гармоник из-за введения дополнительного ФНЧ.

Ответ - 0. Назначение скетча -• аналогично скетчу из ответа 5. но с использованием таймеров (строки 6-9) и повышенной до 31,4 кГц частотой сигнала ШИМ. Начальное напряжение U задаётся переменной рут в строке 3.

Особенностью скетча является директива #define с макросом, состоящим из функции с аргументом х (строка 2). Это означает, что каждый раз при встрече такого макроса в программе аргумент х будет замещаться реальным аргументом, например, рwm в строке 11.

Макрос-функция analogWriteZ(x) как раз и формирует инверсный сигнал ШИМ через регистр сравнения OCR1A Такой подход облегчает чте-





R2=9 к; C2=9 нФ R2=9 к; C2=10 нФ R2=10 к; C2=9 нФ R2=10 к; C2=10 нФ (6)H⊢ C1 R1 **GB1 5V** 10k 10n (5) R2 **Ивых** DA1 10k G2 C2 10n Рис. 2

текста программы. поскольку прямой сигнал ШИМ формируется похожей названию функцией AnalogWrite в строке 10.

Если удалить точку с запятой в строке 11, то компилятор ошибку не выдаст. В программу будет подставлен текст OCR1A = pwm; из строки 2, где в конце уже имеется точка с запятой. Для справки, наличие двух и более точек с запятой после оператора не воспринимается в среде Arduino как ошибка, компилятор считает, что это пустые команды и игнорирует их.

Ответ - 1. К плате Аг-• duino подключается миниатюрный модуль УКВ-приёмника RRD-102 (рис. 3), выполненный на микросхеме RDA5807М. Параметры приёмника: диапазон частот — 50...115 МГц, шаг перестройки — 25....200 кГц, встроенный УНЧ класса АВ с выходом на стереотелефоны 32 Ом, напряжение питания — 2,7...3,3 В, ток потребления — 20 мА, габаритные размеры — 11×11×2 мм.

Параметры приёмника настраиваются через интерфейс I²C. В плате Arduino UNO для этого аппаратно выделены выводы A4, A5, поэтому согласование уровней 5/3,3 В не требуется.

Антенна УКВ может быть штыревая, отрезок провода длиной 60...90 см или кабель стереотелефонов (рис. 4). Во всех случаях сигнал ВЧ поступает на вход ANT модуля RRD-102 и далее на вход FMIN микросхемы RDA5807M. А это означает, что биты LNA_PORT_SEL[1:0] внутреннего регистра приёмника [4], определяющие источник сигнала, программно корректировать не надо.

Ответ — 1. Назначение скетча — чтение идентификационного кода СНІР-ІD микросхемы RDA5807М и вывод его в шестнадцатеричном виде на монитор компьютера. Согласно справочным данным, этот код — 0x5804. Однако микросхема RDA5807М откликается на три различных адреса на шине I²C: 0x60 (совместимость с RDA5800); 0x10 (совместимость с RDA5800); 0x11 (собственно RDA5807).

Адрес I²C в скетче задаётся в строке 3. Чтение CHIP-ID производится командами из библиотеки Wire (строки 6—12), встроенной в Arduino IDE.

Проверка СНІР-ID при разных адресах на шине I²C не документирована, но узнать результат можно практическим способом. Стабильные показания 0x5804 получаются при адресе 0x11. В остальных случаях генерируются другие СНІР-ID. Например, при адресе 0x10 читается код 0x013F, при адресе 0x60 — 0x0000. Причина в том, что в режиме совместимости с микросхемами ТЕ5767, RDA5800 для получения правильных показаний надо придерживаться иного, чем в RDA5807M, протокола обмена данными, т. е. составлять другой скетч.

9 ответ — 1. Назначение скетча — поиск ближайшей УКВ-радиостанции (строки 6—8) и вывод её частоты на экран монитора (строки 9, 10).

Найденная радиостанция будет звучать до тех пор, пока подаётся питание на микросхему RDA5807M. Если нажать на кнопку сброса **RESET** Arduino, приёмник перестроится на следующую станцию, а не начнёт поиск сначала.

Почему? Потому что в скетче отсутствует оператор принудительной настройки на частоту конкретной станции rx.setFrequency. В строке 8 зада-

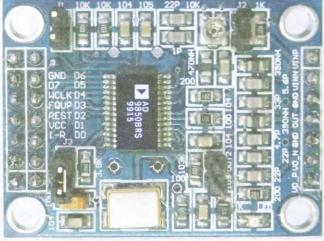


Рис. 5

ётся только направление поиска вниз по частоте от 108 до 88 МГц. Эта особенность позволяет использовать кнопку сброса в качестве переключателя каналов.

Чтобы постоянно звучала одна и та же станция, вне зависимости от нажатия кнопки сброса, нужно раскомментировать строку 11.

10 • Ответ — 1. К плате Arduino подключается модуль генератора DDS (прямой цифровой синтез) на микросхеме AD9850. Параметры генератора: диапазон частот — 0...40 МГц, режимы — АМ и ФМ, выход синусоидального и прямоугольного сигналов, напряжение питания — 3,3...5 В, ток потребления — 50...75 мА, габаритные размеры — 42×31×20 мм.

Существуют две разновидности модуля, которые отличаются между собой наличием или отсутствием входа I-R (рис. 5). Управление генератором производится через внутренние регистры. Доступ к ним может быть по последовательному или параллельному интерфейсу. Определить тип интерфейса позволяет анализ используемых сигналов.

Назначение цепей: **D7** (Data7) — данные, **WCLK** (Word Clock) — тактирование, **FQUP** (Frequency Update) — перестройка частоты, **REST** (Reset) — сброс, **I-R** (I-Resistor) — вход АМ.

В схеме имеется лишь одна цепь данных D7, поэтому интерфейс последовательный. При параллельном интерфейсе были бы задействованы восемь сигналов D0—D7.

Ответ — 0. Назначение скетча — сформировать на выходе ОООТ модуля А2 синусоидальный сигнал частотой 1 МГц. В скетче сначала инициализируются регистры (строка 10), затем калибруется опор-

ная частота 125 МГц (строка 11), и разрешается генерация сигнала (строка 12).

В модуле генератора DDS применяется кварцевый генератор на частоту 125 МГц с программно управляемыми делителями. Кварцевый генератор имеет допуск по частоте. Для его компенсации разброса подбирается число в строке 8, которое равняется истинной частоте генератора в герцах. Подбирать надо, подключив к выходу **OUT** частотомер, на котором должно отображаться ровно 1 МГц.

Калибровка физически не изменяет частоту кварцевого генератора. Она лишь корректирует коэффициенты деления. Число можно выставлять значительно больше, чем

125000000. Например, при замене строки 8 double calibr = 124999500*2; частота выходного сигнала получается не 1 МГц, а 500 кГц.

Ответ — 0. Назначение скетча — генерация АМ-сигнала частотой 800 кГц в диапазоне средних волн. Используется библиотека функций AD985X, согласно которой при создании структуры нужно указать не четыре (как в скетче вопроса 11 викторины), а пять сигналов. Причём пятый дополнительный сигнал (в данной схеме это линия D4 Arduino) допускается не задействовать физически. На него выводится сигнал разрешения SELECT, который используется при одновременном доступе к микроконтроллеру нескольких модулей DDS или микросхем на шине SPI [5].

ЛИТЕРАТУРА

- MCP41XXX/42XXX. URL: https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/11195c.pdf (16.01.22).
- 2. **Кураев И.** Проектирование высокопроизводительных ЦАП с ШИМ для промышленных приложений. — Электронные компоненты, 2021, № 3, с. 64—68.
- 3. Micro-Cap User Downloads. URL: http://www.spectrum-soft.com/download/download.shtm (16.01.22).
- 4. Про Ардуино и не только. Радио на RDA5807M. Часть 1. URL: https://tsibrov.blogspot.com/2019/11/rda5807m-part1.html (16.01.22).
- 5. Rob Tillaart/AD985X. URL: https://github.com/RobTillaart/AD985X (16.01.22).