

Рис. 3

чатке футляра и рассеивателя желателно 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 °C; температура стола — 55 °C; 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 файла-

ми. Сначала с помощью графического редактора изображение переводят в чёрно-белое. Затем изображение обрезают в пропорции 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].

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).

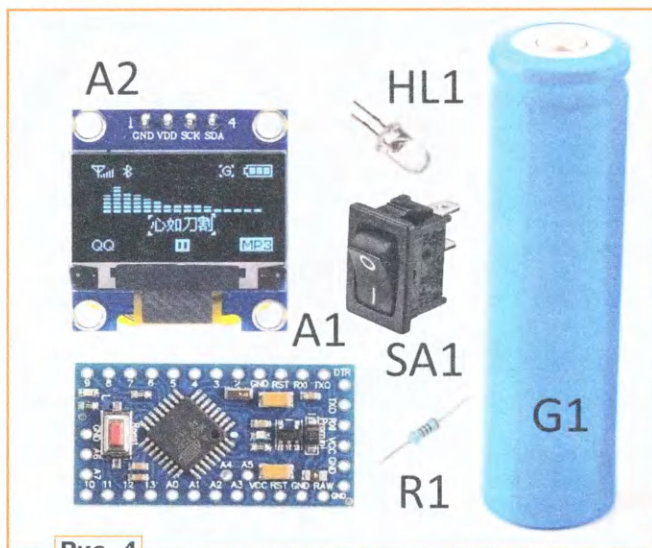


Рис. 4

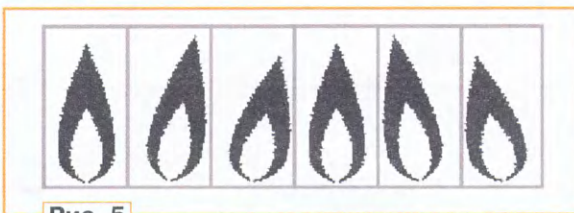


Рис. 5

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

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

1. 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.

2. Ответ — 0. Назначение скетча — преобразовать цифровой код 0xC0 в строке 4 в одно из 256 положений движка переменного резистора микросхемы MCP41010. Крайние выводы резистора A и B подключаются к общему проводу и питанию 3,3 В. Следовательно, на вход A0 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 "перевернуты" на 180 градусов по сравнению с клас-

сическим включением, значит, минимальный код 0x00 приведёт к установке максимального напряжения на среднем выводе **W**, и наоборот.

Расчёт. Код 0xC0 в десятичном виде 192. Напряжение на среднем выводе **W** рассчитывается по формуле делителя напряжения [1] при условии общего числа градаций 256: $V[B] = 3,3[B] \cdot (256 - 192) / 256 = 0,825 \text{ В}$.

Расчёт не учитывает собственное сопротивление R_w 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.

3 Ответ — 1. Назначение скетча — сформировать на входе A0 Arduino изменяющийся во времени ступенчатый сигнал. Начальное напряжение задаётся в строке 3, и оно равно 3,3 В (выводы **B** 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)`.

4 Ответ — 0. Рассматриваемое 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 конденса-

торов C1, C2 не обязательна. Более того, увеличение ёмкости конденсатора C1 при прочих равных условиях приводит к дополнительному снижению пульсаций, правда, при большем времени выхода на рабочий режим.

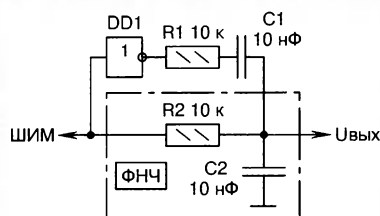


Рис. 1

На рис. 2 показаны результаты моделирования схемы подавления пульсаций в бесплатной среде Micro-Cap 12.2.0.5 [3] при частоте сигнала ШИМ 7,8 кГц. Разность амплитуд **A** меньше, чем **B**, 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.

5 Ответ — 1. Назначение скетча — формирование противофазных сигналов частотой 10 кГц на выходах D9, D10 Arduino методом синхронного изменения битов в управляющем слове порта B. Замена строки 12 текстом `PORTB=0`; приведёт к установке постоянного лог. 0 на выводе D9 Arduino. Это эквивалентно подключению цепочки R1C1 параллельно конденсатору C2, а значит, повышению степени фильтрации высших гармоник из-за введения дополнительного ФНЧ.

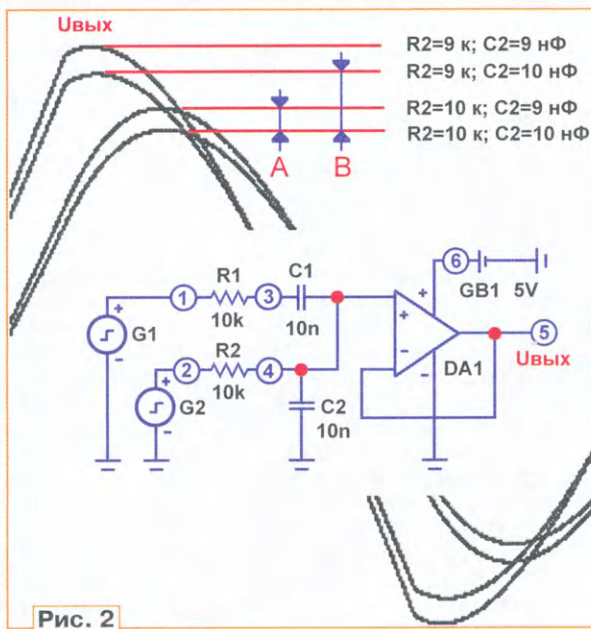


Рис. 2

6 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_{вых}** задаётся переменной **pwm** в строке 3.

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

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

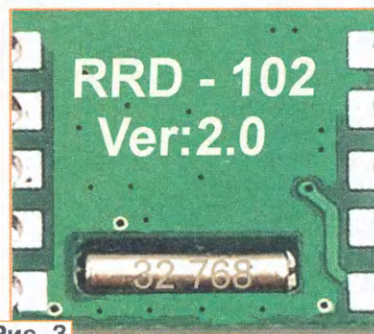


Рис. 3

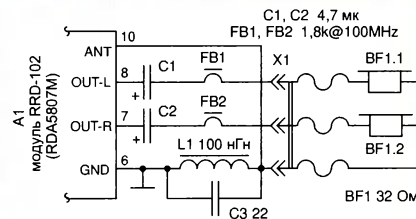


Рис. 4

ние текста программы, поскольку прямой сигнал ШИМ формируется похожий по 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.

7 Ответ — 1. К плате Arduino подключается миниатюрный модуль УКВ-приёмника RRD-102 (рис. 3), выполненный на микросхеме

5. Rob Tillaart/AD985X. — URL: <https://github.com/RobTillaart/AD985X> (16.01.22).