

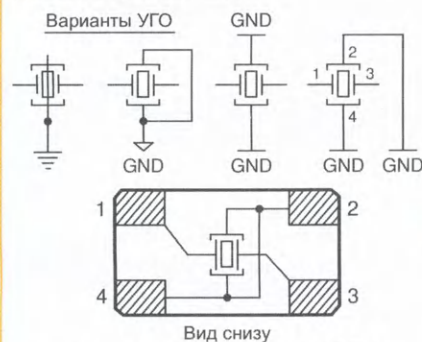
"Arduino: аппаратная часть"

("Радио", 2023, № 1, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1 Ответ — 1. Кварцевый резонатор Y1 служит для тактирования микроконтроллера (МК) ATmega16U2. Это пассивный элемент с двумя выводами. Однако многие кварцевые резонаторы в SMD-исполнении имеют дополнительные контакты, подключённые к верхней металлической крышке-экрану, что позволяет его заземлить и этим самым снизить излучаемые ВЧ-помехи.

В рассматриваемом случае экран резонатора Y1 обозначен квадратными скобками по бокам УГО. Точек соединения на схеме — три (так задумал разработчик), но физических контактных площадок на резонаторе четыре (рис. 1), и все они могут быть задействованы при монтаже.



Резонатор CX3225SB16000D0GZJC1

Рис. 1

Важный нюанс. Чтобы выяснить, какой корпус имеет элемент Y1, надо знать его полное наименование, однако на электрической схеме Arduino UNO Mini Limited Edition оно не указано. На помощь придёт файл автоматизированного проектирования в разделе CAD FILES меню Documentation на сайте [1]. Этот файл следует скачать и открыть в бесплатном онлайн-просмотрщике [2], после чего выбрать перечень элементов BOM (Bill Of Materials), в котором указана марка резонатора CX3225SB16000D0GZJC1 фирмы Kyocera.

2 Ответ — 1. Светодиод DL4 — это "пользовательский" индикатор с маркировкой L, который программно

управляется через порт D13 Arduino, например, в знаменитом скетче мигания "Blink.ino". Порт D13 физически соединяется с цепью SCLK1 и линией PB5 МК. Если установить лог. 1 на линии PB5, светодиод включается, и наоборот.

Чтобы светодиод DL4 не подсаживал выходное напряжение порта D13, в схему вводится развязывающий полевой транзистор Q1. Нажатие на кнопку сброса PB1 переводит все линии МК в высокоимпедансное состояние, при этом транзистор Q1 закрывается за счёт нулевого напряжения на затворе, светодиод DL4 гаснет.

Установка линии PB5 в режим входа с "pull-up" резистором приводит к подключению между затвором транзистора Q1 и цепью +5V внутреннего резистора сопротивлением 20...50 кОм. Этого достаточно, чтобы на затворе транзистора Q1 появилось напряжение, близкое к напряжению питания. Как следствие, транзистор открывается (порог его включения — 1...2 В), и светодиод DL4 загорается.

3 Ответ — 1. Элемент L1 в перечне элементов модуля Arduino Zero называется SMD ferrite, т. е. ферритовый фильтр в SMD-исполнении. Марка и изготовитель не указаны. Назначение фильтра — снижение ВЧ-помех, излучаемых через металлическую оплётку соединительного кабеля, подключаемого к USB-разъёму J5. С аналогичной целью на качественные USB-кабели надевают внешние ферритовые цилиндры.

Основным параметром ферритовых фильтров является импеданс на высокой частоте. Чем он больше, тем лучше фильтрация. Измерение, как правило, проводится на тестовой частоте 100 МГц [3], где для фильтра L1 гарантируется импеданс не менее 30 Ом.

4 Ответ — 0. Кнопка начального сброса присутствует практически во всех фирменных платах Arduino. Она, в зависимости от типа, может иметь 2, 4, 5 или 6 контактов (рис. 2). В рассматриваемой схеме число контактов — пять, причём последний по счёту относится к металлическому корпусу кнопки. Его "за-

земление" (подключение к цепи GND) на функционирование платы никак не влияет, более того, снижается вероятность повреждения устройства электростатическим потенциалом.

На практике во многих моделях Arduino корпус кнопки сброса "висит в воздухе", и... ничего страшного. С другой стороны, в плате Arduino UNO WiFi корпус кнопки "заземляется", что

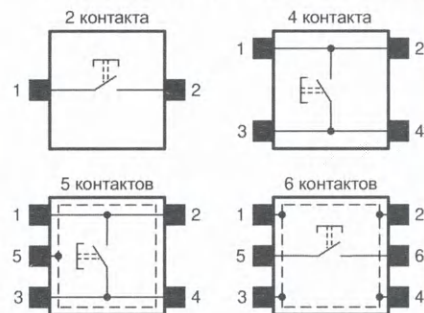


Рис. 2

в теории должно снижать электромагнитные наводки на цепь сброса МК от радиоизлучений на частоте Wi-Fi — 2,4 ГГц.

5 Ответ — 1. Микросхема U5 — это импульсный понижающий преобразователь напряжения (5 В, 1,2 А) со встроенным накопительным дросселем, относящийся к новому поколению микросхем преобразователей, не требующих внешних силовых моточных изделий.

В справочных данных на микросхему U5 [4] содержится типовая схема включения, но она отличается от приведённой в документации Arduino UNO Mini Limited Edition. Главная ошибка — УГО преобразователя U5 относится к микросхеме MPM3610, а применяется MPM3610A!

С технической стороны это не критично, ведь обе микросхемы почти полностью взаимозаменяемы. Отличие между ними в выводе 18, который в MPM3610 называется AAM (Advanced Asynchronous Modulation), а в MPM3610A — PG (Power Good). Соответственно резистор R14 должен быть подключён для MPM3610A не к общему проводу GND, а к контакту VCC.

Кроме того, на УГО микросхемы U5 не нарисованы свободные выводы 19, 20 (Not Connect), как рекомендуется в [4]. Без них может возникнуть резонный вопрос, почему выводов на схеме 18, а корпус микросхемы QFN20.

6 Ответ — 0. Микросхема U1 ECC608 — это чип аутентификации шифрования, работающий совместно с блоком Wi-Fi в плате Arduino UNO WiFi. Чип предназначен для прохождения аутентификации в облачных сервисах "Интернета вещей", таких как Amazon AWS IoT,

Google Cloud IoT, по принципу "одно устройство — несколько аккаунтов". В память чипа записываются все необходимые ключи и шифры.

На УГО микросхемы U1 имеются 9 (а не 8) выводов, следовательно, она изготовлена в корпусе UDFN-8 [5]. "Земляной" контакт EP (Exposed Pad) находится с нижней стороны корпуса и обеспечивает отвод тепла, будучи припаянным к общему проводу. Микросхема ECC608 в корпусе SOIC-8 контакта EP не имеет.

Преимущество корпуса UDFN заключается в миниатюрности — 2×3 мм против 4,9×6 мм для корпуса SOIC, при этом отвод тепла через контакт EP обеспечивает корпусу UDFN практически такое же тепловое сопротивление R_{th} , что и корпусу SOIC.

7. Ответ — 0. Резисторы RN3A, RN3D служат для согласования волнового сопротивления дифференциального тракта сигналов D-, D+ в канале USB. Заговорка в том, что применяется SMD-сборка с четырьмя резисторами, два из которых — RN3B и RN3C — не используются. Не проще было бы заменить одну сборку двумя одинаковыми чип-резисторами таких же размеров, что дешевле в несколько раз?

Участники обсуждения этой темы на форуме [6] склоняются к тому, что причины применения сборки резисторов 22 Ом в Arduino UNO R3 скорее экономические, чем технические. Например, копеечная экономия в цене резисторов может оказаться меньше, чем трудозатраты на автоматизированную установку в печатную плату одного дополнительного элемента (закупка, инвентаризация, хранение и т. д.). Нюансы массового производства, которые далеко не очевидны.

8. Ответ — 1. Микросхема IC1 служит конвертером интерфейсов USB—TTL, которая соединяется с МК IC3 через токоограничивающие резисторы RP1A, RP1B. Чтобы организовать двухстороннюю связь, выводы передачи TXD (Transmit Data) и приёма RXD (Receive Data) обеих микросхем соединяются крест-накрест. Но как тогда правильно обозначить соединительные цепи — где TX, а где RX?

Названия цепей придумывает разработчик схемы, это условность. В платах Arduino маркировка линий интерфейса UART жёстко привязывается к портам D0 (RX, приём) и D1 (TX, передача). Следовательно, главным в связке выступает МК IC3, под него и подстраиваются названия цепей TX, RX.

9. Ответ — 0. Разъём J1 соответствует классификации USB Type-C, который постепенно становится стандартом "де-факто" в качестве единого порта для зарядки мобильных гаджетов по всему миру. Удобство заключа-

ется в подключении к нему ответного кабеля любой стороной соединителя.

На УГО разъёма J1 контакты расположены симметрично относительно центральной оси по горизонтали и попарно повторяются в названиях. Сигнальные цепи, в число которых входят D+ и D-, имеют по два контакта, а силовые VBUS, GND — по четыре контакта, из-за чего они визуально кажутся параллельными друг другу. Причина увеличенного числа контактов — через силовые цепи протекают большие токи, поэтому их запараллеливают, добываясь минимального омического сопротивления.

10. Ответ — 0. Полевой MOS-FET-транзистор T2 PMV48XP предназначен для защиты микросхемы стабилизатора U2 от входного напряжения VIN обратной полярности. Такое решение позволяет снизить потери мощности, по сравнению со схемами защиты от переплюсовки, выполненными на последовательно включённом кремниевом диоде 1N4007 в Arduino UNO WiFi или на диоде Шоттки SS24FL в Arduino Zero.

Для ориентира, падение напряжения на диоде 1N4007 при токе 1 А составляет примерно 0,9 В, на диоде SS24FL — 0,45 В, на открытом транзисторе PMV48XP — 0,15 В.

11. Ответ — 0. В схеме платы Arduino Mega2560 микросхема ATmega16U2 является конвертером интерфейсов USB—TTL. Кроме того, она формирует сигнал DTR, который через конденсатор C7 автоматически сбрасывает основной МК IC3 для загрузки в него скетча после компиляции в среде Arduino IDE. Если автоматическая загрузка не нужна, можно разорвать цепь, для чего скальпелем разрезать проводник, соединяющий две металлизированные прямоугольные площадки типоразмера 0805 с маркировкой RESET-EN (рис. 3).



Рис. 3

Схема платы Arduino Mega2560 в части полукругов нарисована неудачно, что затрудняет понимание. По-хорошему, электрическую связь между двумя полукругами следовало бы провести не снаружи, а внутри них, что

реально соответствует разводке печатной платы.

12. Ответ — 1. Сигнал с линии поступает на светодиод с маркировкой L через буферный ОУ LMV358. Этот ОУ рассчитан на питание однополярным напряжением 2,7...5 В, включён по схеме повторителя напряжения с единичным коэффициентом передачи, имеет стандартные входы и "rail-to-rail" выходы.

Напряжение 4,9 В с выхода МК поступает на неинвертирующий вход ОУ. Согласно рис. 4, это напряжение попадает в зону верхнего ограничения 4,2...5 В [7]. Как следствие, напряжение на выходе ОУ при отсутствии на-

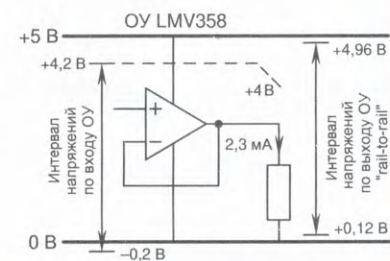


Рис. 4

грузки не будет превышать 4,2 В. И это несмотря на то, что по выходу имеется значительный запас "прочности", вплоть до 4,96 В из-за свойства "rail-to-rail".

Если учесть, что через светодиод L протекает ток примерно 2,3 мА, значит, напряжение на выходе ОУ будет меньше, чем 4,2 В. Исходя из нагрузочных характеристик [7], снижение будет около 0,15 В. Итого, на выходе ОУ будет присутствовать напряжение 4,2 - 0,15 = 4,05 В. Разумеется, расчёт оценочный, на практике могут быть отличия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arduino UNO Mini Limited Edition. — URL: <https://store.arduino.cc/collections/boards/products/uno-mini-le> (09.11.22).
2. Altium 365 Viewer. — URL: <https://www.altium.com/viewer/> (09.11.22).
3. Многослойные ферритовые чип-фильтры компании Chilisun. — URL: <https://www.compel.ru/lib/60228> (09.11.22).
4. MPM3610A. — URL: <https://www.monolithicpower.com/en/mpm3610a.html> (09.11.22).
5. ECC608-TFLXWPC. — URL: <https://www.microchip.com/en-us/product/ecc608-tflxwpc> (09.11.22).
6. Why resistors array 22 Ohm (USB). — URL: <https://forum.arduino.cc/t/why-resistors-array-22-ohm-usb/1044555> (09.11.22).
7. LMVxx. — URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmv324.pdf> (12.11.22).