

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

**1. Ответ — 0.** На разъём J11 выводятся сигналы JTAG для отладки и программирования МК ATSAM21G18A и ПЛИС Intel Cyclone 10CLO25. Сигналы электрически параллельны, поэтому программатор можно использовать как для 32-разрядных МК (ARM JTAG или Cortex Debug), так и для ПЛИС (Altera ByteBlaster или USB Blaster). Одна незадача — раскладка сигналов в модуле Arduino MKR Vidor соответствует стандарту ARM JTAG (рис. 1), поэтому для "байт-бластера" потребуется переходник.

ARM JTAG 10-pin				ByteBlaster 10-pin			
VTREF	1	2	TMS	TCK	1	2	GND
GND	3	4	TCK	TDO	3	4	VCC
GND	5	6	TDO	TMS	5	6	NC
KEY	7	8	TDI	NC	7	8	NC
GND	9	10	nRES	TDI	9	10	GND

Рис. 1

Такой нестыковке не следует удивляться, ведь интерфейс JTAG не накладывает ограничений на реализацию физического стыка. Отсюда многочисленные разновидности разъёмов JTAG от разных фирм-производителей с 8—20 контактами, с разным шагом выводов и разным составом сигналов.

**2. Ответ — 1.** Одним из способов питания модулей Arduino является подача напряжения 5 В от компьютера через разъём microUSB. В модуле Arduino MKR NB это напряжение поступает прямо в цепь +5V и параллельно выводится на разъёмы J4, J5, к которым обычно подключаются внешние нагрузки. Однако если отключить USB-кабель от компьютера, то внешнее стабилизированное напряжение 5 В можно подавать на один (любой) из разъёмов J1, J4, J5 в режиме входа, а нагрузки подключать к оставшимся двум разъёмам в режиме выхода. Самовосстанавливающийся предохранитель F1 будет защищать от коротких замыканий.

**3. Ответ — 0.** Интерфейс ESLOV был разработан в 2015 году специально для модулей семейства Arduino MKR. Это разновидность интерфейса I<sup>2</sup>C с сигналами SCL, SDA, GND, ко-

торый дополняется проводом питания 5 В и цифровым аварийным сигналом GPIO. Все датчики и исполнительные устройства в сети ESLOV имеют собственные МК, соединяются в цепочку по схеме "общая шина" и запитываются от единого источника с напряжением 5 В.

По замыслу разработчиков, пользователь получает простой блочный конструктор для систем "умного дома", когда к базовому модулю Arduino MKR с помощью кабелей присоединяются внешние устройства под требуемый функционал. Плат, поддерживающих интерфейс ESLOV, производится 25 разновидностей, но большой популярности они не получили из-за достаточно высокой цены.

При желании разъём J4 можно использовать не только для ESLOV, но и для подключения узлов со стандартным интерфейсом I<sup>2</sup>C через контакты J4:3, J4:4, J4:5 с нагрузкой в виде резисторов R13, R14. Можно также организовать однопроводную связь с интерфейсом 1-Wire через контакты J4:2, J4:5 при соответствующей программной поддержке.

**4. Ответ — 1.** К разъёму J7 подключается аккумулятор Li-ion или Li-Po с напряжением 3,7 В, при этом в цепи VBATT/1.4В напряжение будет практически таким же из-за низкого сопротивления 0,1...0,8 Ом предохранителя F2.

Для дальнейшего анализа схемы надо мысленно соединить перемычкой цепи VBATT/1.4В и VBATT/2.4В. Сигнал со средней точки делителя R8R9 прямо пропорционален уровню заряда аккумулятора. Напряжение фильтруется конденсатором C6 и оцифровывается в канале АЦП МК по входу PA09.

На рисунке из викторины цепи VBATT/1.4В и VBATT/2.4В расположены вместе, но в реальной схеме модуля Arduino MKR WiFi они выполнены разнесённым способом на двух листах. Надпись "VBATT/2.4В" расшифровывается так: "VBATT" — название цепи; "2" — номер листа электрической схемы, на котором надо искать продолжение цепи; "4В" — координаты квадрата с искомой цепью по вертикали (4) и

горизонтали (В). Имеется в виду, что по периметру каждого листа схемы нанесены цифры 1—8 и буквы латинского алфавита А—Е, как на шахматной доске или в игре "Морской бой".

Надпись "VBATT/1.4В" расшифровывается аналогично, но продолжение цепи VBATT надо искать в квадрате 4В на первом листе схемы. По такому же принципу маркируются и другие сигналы, например, PA08\_S0\_I2C\_SDA/1.7C.

**5. Ответ — 1.** Низкочастотный резонатор Y1 служит для стабилизации тактовых импульсов узла RTC в МК U5A. Оптимальные условия его запуска и точная настройка часов реального времени соблюдаются, если нагрузочная ёмкость CLOAD резонатора совпадает с суммарной внешней ёмкостью CL.

На рис. 2 приведена схема включения резонатора Y1 с указанием ёмкостей согласно техническому описанию МК [1]. Формула для расчёта [1]:  $C_L = (C55 + C_{XIN32}) \cdot (C56 + C_{XOUT32}) / (C55 + C_{XIN32} + C56 + C_{XOUT32}) + C_{STRAY} = (20 + 3,1) \cdot (20 + 3,3) / (20 + 3,1 + 20 + 3,3) + 1,5 = 13,1$  пФ.

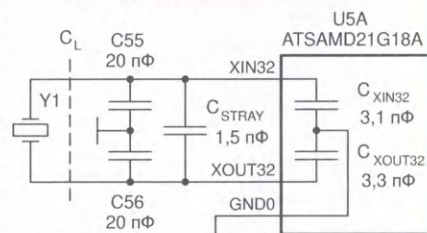


Рис. 2

У применённого в схеме резонатора ABS07-32.768KHZ-9-T параметр  $C_{LOAD} = 9$  пФ [2], что меньше  $C_L$ . Разница небольшая, поэтому проблем с генерацией быть не должно. Но в линейке Abracon ABS07 имеется такой же по частоте, габаритам и цене резонатор ABS07-32.768KHZ-T с нагрузочной ёмкостью  $C_{LOAD} = 12,5$  пФ [2]. Именно его и следовало бы указать на схеме в качестве основного элемента, а заодно уменьшить ёмкости конденсаторов C55, C56 до 18 пФ для полного согласования импеданса.

**6. Ответ — 0.** Кнопка PB1 обеспечивает начальный сброс внутренних регистров МК U1. Через её контакты разряжается конденсатор C2. Резистор R3 уменьшает ток разрядки до нескольких миллиампер.

Резистор входит в типовую схему включения МК [1]. Он обеспечивает долговременную надёжность работы кнопки ("Кашу маслом не испортишь") и снижает импульсные помехи "по земле", возникающие в момент коммутации.

В модуле Arduino MKR Vidor ограничительного резистора R3 нет, вместо него — проводник на печатной



плате. Это не означает, что кнопка PB1 сразу выйдет из строя. Импульс разряда очень короткий, энергия, запасаемая конденсатором C2, невелика, нажимается кнопка сброса не часто. С другой стороны, импульсный ток для тактовых кнопок Tact switch 12V/50mA в справочных данных не регламентируется, поэтому рассчитать последствие сложно.

Ставить резистор или не ставить — решает разработчик, но в профессиональной аппаратуре на "копеечных" резисторах не экономят, тем более что резистор рекомендован фирмой-изготовителем МК и для него на печатной плате имеется место.

**7 Ответ — 1.** Вывод 4 в МК ● ATSAMD21G18A-48 выполняет несколько функций: цифровой порт PA03, аналоговый вход АЦП AIN[1], линия ёмкостного сенсорного контроллера Y[1], вход внешнего источника опорного напряжения VREFA (1...2,7 В). Последний случай как раз и используется в рассматриваемой схеме.

Для снижения высокочастотных и импульсных помех вход PA03 шунтируется двумя конденсаторами C12, C14. Оба они — керамические, но у C12 меньше ёмкость и ниже ESR. В техническом описании МК [1] прямо указано, что развязывающий конденсатор C12 (decoupling capacitor) должен физически располагаться как можно ближе к выводам PA03 и GND. Фильтрующий конденсатор C14 (filtering capacitor) может находиться ближе к контакту 1 "гребёнки" J4 Arduino.

**8 Ответ — 1.** В формулировке ● вопроса викторины содержится сарказм, поскольку элементы D4—D6 с УГО в виде одноваттных резисторов на самом деле являются супрессорами — полупроводниковыми устройствами защиты от перенапряжений (ESD Protector). Супрессоры D4—D6 двуправленные и обладают низкой проходной ёмкостью 0,25 пФ, что полезно для защиты высокоскоростных цепей в интерфейсах: HDMI, LCD, HDTV, Ethernet, DVI, USB и т. д.

Установка супрессоров на информационных сигналах мобильных сим-карт является стандартным решением. Это позволяет сохранить внутренние цепи МК при извлечении сим-карты из держателя SIM1, когда наэлектризованная рука человека может случайно коснуться контактов.

**9 Ответ — 1.** Микросхема U1 служит преобразователем уровней 1,8/3,3 В, а микросхема U3 — преобразователем уровней 3,3/1,8 В. Направление преобразования задаётся напряжениями лог. 0 и лог. 1 на входах U1:5, U3:5.

Анализ технического описания микросхемы 74LVC1T45 [3] показывает,

что тракты передачи сигналов A и B в обоих направлениях симметричны. Следовательно, задержки логических сигналов по времени должны быть одинаковыми. Так оно и есть, но только при равенстве питающих напряжений VA и VB.

В случае разных напряжений питания время задержки будет больше там, где входные уровни выше. Например, при VA = 3,3 В, VB = 1,8 В задержка в направлении A—B составляет 1,8...17,1 нс, а в направлении B—A — 1,5...8 нс [3].

Но ответ на вопрос викторины надо рассматривать шире, с учётом производственных допусков. Дело в том, что для преобразования уровней в модуле Arduino MKR NB используется не одна, а две разные микросхемы. В зависимости от года и партии выпуска, от технологического разброса параметров может случиться так, что время задержки в микросхеме U3 в направлении A3—B3 будет, предположим, 5 нс, а в микросхеме U1 в направлении B1—A1 — или 4, или 6 нс. Обе микросхемы исправны, а результат получается разным.

**10 Ответ — 1.** В схеме явная ● ошибка, ведь "нулевые" резисторы R15—R18 закорачивают источники питания 2,5 и 3,3 В. Номиналы резисторов указаны верно, поскольку на выводы ПЛИС U1-1 с обозначениями VCCIO2, VCCIO5 должно подаваться питание, а не логические уровни. Напряжение может быть 2,5 или 3,3 В в зависимости от требуемых уровней сигналов GPIO во втором и пятом банках вентилях ПЛИС.

По замыслу автора схемы, резисторы на печатной плате должны быть не четыре, а два, т. е. R15 или R16, R17 или R18. Загадка в том, что об этом нигде не написано! В подобных случаях резисторы обозначают на схеме двойными звёздами R15\*\*—R18\*\*, а в подрисунком тексте или таблице указывают, какие из резисторов устанавливаются по умолчанию и какие режимы работы при этом обеспечиваются.

**11 Ответ — 0.** Разъём J6 рассчитан на подключение внешней антенны к чипу LTE SARA-R410M-02B фирмы u-blox. Элементы R20, D7, C33 на плате не установлены, поскольку имеют пометку DNP (Do Not Place), что означает "не размещать".

Где искать номиналы элементов R20, D7, C33? Ответ — в руководстве по применению чипа LTE [4], где приведена типовая схема "обнаружителя антенны" с дополнительной диагностической платой (рис. 3).

Обнаружение факта подключения антенны к разъёму J6 основано на измерении суммарного сопротивления резисторов R20, Ra. Принцип работы:

Внутри чипа U3A имеется генератор стабильного тока, который подключён к выводу ANT\_DET. Ток, протекая через элементы R20, L4, J6, La, Ra, создаёт напряжение, которое оцифровывается в канале АЦП на выводе ANT\_DET.

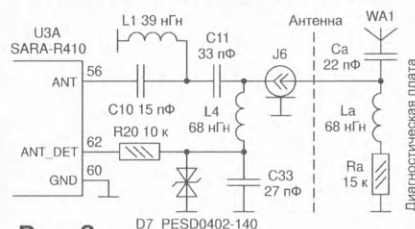


Рис. 3

Обнаружение антенны — программное, командой +UANTR AT, при этом отчёты АЦП математически преобразуются в сопротивление 1...53 кОм. При исправной антенне должно получиться  $R20 + Ra = 10 + 15 = 25$  кОм (сопротивления дросселей L4, La и кабельного тракта считаются нулевыми). При коротком замыкании в антенном кабеле — 10 кОм, при отсутствии антенны — больше 53 кОм.

**12 Ответ — 1.** Основное пита- ● ние на процессорную часть модуля Arduino MKR WAN 1300 поступает через цепь +3V3, где напряжение допускается 2,7...3,6 В. Транзисторы Q6A, Q6B служат электронным ключом, который разрешает или запрещает подачу напряжения в цепь +3V3 от двух пальчиковых батарей 1,5 В через разъём X1.

Если напряжение в цепи +5V отсутствует, то благодаря резистору R10 транзисторы открыты, питание поступает от батарей. Если напряжение в цепи +5V имеется, то транзисторы закрываются напряжением 3,3 В на их затворах, которое формируется стабилизатором U2.

Двухтранзисторный ключ даёт надёжную изоляцию в обе стороны, поэтому батареи могут быть постоянно подключены к разъёму X1 без опасности их повреждения втекающим током из цепи +3V3.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ATSAMD21G18. — URL: <https://www.microchip.com/en-us/product/ATSamd21g18> (04.03.23).
2. 32.768kHz SMD Crystal ABS07. — URL: <https://abracon.com/Resonators/ABS07.pdf> (04.03.23).
3. 74LVC1T45; 74LVCH1T45. — URL: [https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74LVC\\_LVCH1T45.pdf](https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74LVC_LVCH1T45.pdf) (04.03.23).
4. SARA-R4 series. — URL: [https://content.u-blox.com/sites/default/files/SARA-R4\\_DataSheet\\_UBX-16024152.pdf](https://content.u-blox.com/sites/default/files/SARA-R4_DataSheet_UBX-16024152.pdf) (04.03.23).