

Рис. 10

Для удобства экспериментов, в отличие от авторской реализации, рисовать лучше на поверхности стекла 3 (рис. 9), подкладывая под него отрезки ламинированного ДВП 2 светлых тонов. Были использованы мате-

риалы от старой мебельной стенки. Стирать рисунки можно спиртосодержащими растворами, хотя допустимо использовать кусочки ваты, смоченной водой. Погрешности 1 построения отрезков и углов незначительны. Для их

компенсации в скетчах производят подбор значений переменных **wheel_dia=65.5; wheel_base=110;**. Также необходимо подобрать значения граничных углов качалки сервопривода — переменные **PEN_DOWN = 80; PEN_UP = 20;**. Были переписаны функции управления пером, сделав его движение более плавным. Практика показала, что на точность выполнения рисунка также влияет качество поверхности (гладкая, ровная, горизонтальная) **рис. 10**.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черепашня графика. — URL: <https://clck.ru/34BgAe> (19.04.23).
2. Drawing Robot for Arduino. — URL: <https://www.instructables.com/Arduino-Drawing-Robot/> (19.04.23).
3. Open Source Turtle Robot. — URL: <https://github.com/aspro648/OSTR> (19.04.23).

От редакции. На нашем FTP-сервере по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2023/08/robot.zip> находятся материалы проекта и видеоролик, иллюстрирующий работу устройства.

Ответы на викторину

"Arduino:

аппаратная часть-4"

("Радио", 2023, № 7, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1. Ответ — 0. Изображения контактов прикладного процессора U2 расшифровываются следующим образом: A24 — цифровой выход, D26 — двунаправленный цифровой порт, A25 — цифровой вход, A26 — аналоговый вход, J26 — свободный контакт. Подобная графика принята на всех схемах модулей семейства Portenta.

Интересно, что, согласно ГОСТу 2.743-91, контакт A24 классифици-

ровался бы как динамический вход, а не выход. Снять сомнение помогает техническая документация на чип i.MX 8M Mini, где сигнал PMIC_ON_REQ однозначно относится к Open-drain output.

2. Ответ — 1. Микросхемы U17, U18 являются генераторами тактовых импульсов. У них разные выходные частоты — 25 МГц и 27 МГц, а также разные напряжения питания — 3,1 В и 1,8 В. Включаются и выключаются

оба генератора сигналом OSCEN через делитель на резисторах R50, R25. При полном равенстве их сопротивлений напряжение в средней точке будет составлять $3,1 \text{ В} / 2 = 1,55 \text{ В}$. Этого достаточно для управления генератором U18, поскольку уровень лог. 1 по входу для него составляет не менее $0,7 \cdot 1,8 \text{ В} = 1,26 \text{ В}$.

Разброс сопротивлений резисторов влияет на напряжение V_H на входе U18:1. В худшем случае для однопроцентных резисторов $V_H = 3,1[\text{В}] \cdot 99[\text{кОм}] / (101 + 99)[\text{кОм}] = 1,53 \text{ В}$, для пятипроцентных — $V_H = 3,1[\text{В}] \cdot 95[\text{кОм}] / (105 + 95)[\text{кОм}] = 1,47 \text{ В}$. Как видно, запас до напряжения 1,26 В имеется, поэтому можно применять резисторы как $100 \text{ кОм} \pm 1 \%$, так и $100 \text{ кОм} \pm 5 \%$.

3. Ответ — 0. Модуль Portenta H7 является флагманской моделью. Это означает, что в нём предусмотрен максимально полный набор базовых интерфейсов. Модули Portenta H7 Lite и Portenta H7 Lite Connected имеют ограниченный функционал с потерей некоторых интерфейсов, правда, при более низкой цене.

Электрические схемы всех трёх модулей Portenta одинаковые, но для

отличия на них перечёркнуты отсутствующие в конкретной модели радиоэлементы. Так произошло и с микросхемой U14 PCMF2USB3B, которая не нужна в модели Portenta H7 Lite, поскольку у неё нет интерфейса Display Port.

С другой стороны, в целях удешевления продукции, все три модуля используют одну и ту же печатную плату, следовательно, для микросхемы U14 место в ней предусмотрено, но оно пустует.

4. Ответ — 0. Микросхема U3 LM66100 фирмы Texas Instruments — это так называемый "идеальный диод" (Ideal Diode), точнее, "идеальный низковольтный диод", поскольку у него интервал напряжений $-6...+6$ В. Диод имеет низкое прямое

сопротивление 79 мОм при допустимом токе 1,5 А, обратное сопротивление — не менее 1 МОм, максимальную частоту — до 10 кГц, а также сверхмалый собственный ток потребления — 150 пА.

Сколько раз хоть один сигнал шины задействуется в разных местах, столько раз будет нарисован её полный состав! Например, цепи TX, RX шины UART2 физически подключаются к разъёму J2, а остальные — нет. Но из-за этого приходится добавлять в схему лишние сигналы RTS, CTS и помечать их условными крестами.

6. Ответ — 0. Микросхема Y1 SiT1532 фирмы SiTime — это генератор стабильных импульсов частотой 32768 Гц, изготовленный по кремниевой МЭМС-технологии. Применение в модулях Portenta H7 гене-

1,5...3,6 В; потребляемый ток — 0,9 мкА.

На рис. 2 для сравнения показаны типовые температурные зависимости генератора SiT1532 и кварцевого резонатора CC8V-T1A 32.768 kHz фирмы Micro Crystal. Характеристика резонатора имеет форму классической параболы с точкой перегиба $T_0 = 25^\circ\text{C}$, подчиняющуюся формуле $-0,035 \cdot (T - T_0)^2 \pm \pm 10\%$ [1].

Как видно, уход частоты у МЭМС-генератора низкий, что позволяет стабилизировать параметры системы в широком температурном интервале $-40...+85^\circ\text{C}$. У резонатора характеристика хуже, хотя сам интервал температур, в зависимости от модели, может быть и шире $-55...+125^\circ\text{C}$ [1].

7. Ответ — 0. Модуль Portenta H7 имеет в своём составе два 80-контактных разъёма расширения для шилдов, а также два ряда по 14 свободных контактных площадок с обозначениями JANALOG и JDIGITAL. Именно на эти контактные площадки выводятся хорошо знакомые "ардуиновские" сигналы с аналоговыми и цифровыми входами и выходами, сигналом сброса, ИОН, питанием и т. д.

Сигналы АЦП и ШИМ поступают прямо с контактов микроконтроллера (МК) STM32H747. Совпадение порядковой нумерации сигналов МК и названий площадок JANALOG не принципиально, ведь линии портов АЦП и ШИМ функционально одинаковые и их легко программно перестроить.

8. Ответ — 1. Для нормальной работы прикладного процессора U2 i.MX 8M Mini фирмы NXP тре-

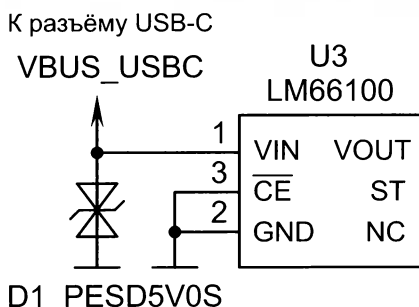


Рис. 1

сопротивление 79 мОм при допустимом токе 1,5 А, обратное сопротивление — не менее 1 МОм, максимальную частоту — до 10 кГц, а также сверхмалый собственный ток потребления — 150 пА.

Микросхема U3 успешно защищает модуль Portenta от подачи напряжения -5 В через разъём USB-C. Но вопросы остаются к элементу D1 PESD5V0S, который, судя по УГО, является однополярным стабилитроном и может выйти из строя при подаче минусового. Однако УГО этого элемента на схеме нарисовано некорректно. Правильный вариант показан на рис. 1, D1 — это двунаправленный супрессор (TVS Diode), который рассчитан на подавление коротких ESD-импульсов напряжением до ± 30 кВ. Порог ограничения супрессора D1 начинается с $6...8$ В, поэтому при напряжении ± 5 В он представляет собой высокоомный резистор сопротивлением 5 МОм.

5. Ответ — 1. Электрические схемы содержат ряд нестандартных графических обозначений, которые, по мнению разработчика, должны помогать лучшему пониманию принципа работы системы. Одной из таких "фишек" является автономная группировка

ратора, а не часового кварцевого резонатора, обусловлено несколькими факторами. Во-первых, сокращением числа деталей, поскольку один

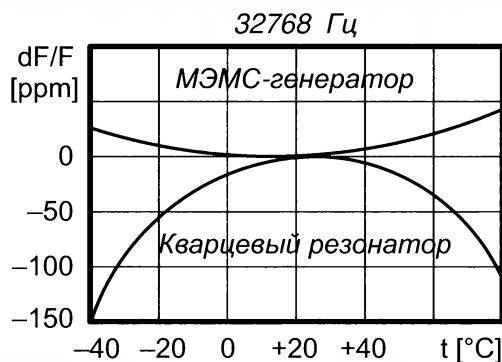


Рис. 2

миниатюрный элемент размерами $0,8 \times 1,5$ мм формирует сигналы с уровнями КМОП сразу для двух чипов. Во-вторых, стабильными техническими параметрами, не зависящими от ёмкости нагрузки: точность настройки частоты — 10 ppm; уход частоты за год — 1 ppm; время старта — $0,3...0,45$ с; фазовое дрожание (джиттер) — 35 нс; напряжение питания —

буются 39 (!) каналов питания с напряжением от 0,8 до 3,3 В. На каждую цепь обязательно устанавливают один или несколько керамических конденсаторов разной ёмкости. Они фильтруют импульсные помехи, каждый в своём частотном диапазоне. Сколько именно конденсаторов ставить параллельно и какой ёмкости — такими знаниями обладают лишь раз-

работчики прикладного процессора, участвовавшие в конструкторских испытаниях.

В техническом руководстве [2] приводится таблица 14, где подробно расписано рекомендуемое число конденсаторов для всех цепей питания с указанием ёмкостей от 2200 пФ до 10 мкФ. Именно по этой таблице и выбраны конденсаторы C61—C66.

9 • Ответ — 0. В модуле Portenta H7 сигналы физического канала Ethernet формируются не напрямую

"де-факто" стало применение в подобных случаях так называемых контроллеров питания PMIC (Power Management Integrated Circuit).

В модуле Portenta H7 эту функцию выполняет микросхема U10 MC34PF1550A фирмы NXP. Она имеет шесть отдельных каналов с программируемыми выходными напряжениями от 1 до 3,3 В. Каналы делятся на импульсные и линейные по типу встроенных стабилизаторов напряжения. Отличить, что есть что, помогают

использования в экономичных устройствах. Помечаются LVS-карты (Low Voltage Signaling) специальным логотипом с символами LV согласно рис. 4.

12 • Ответ — 0. В исходном состоянии транзистор Q2A открыт, транзистор Q2B закрыт. При однократном нажатии на кнопку PB1 формируется низкий уровень сигнала PWRON, после чего в работу запускаются стабилизаторы напряжения в контроллере питания PMIC

Рис. 4

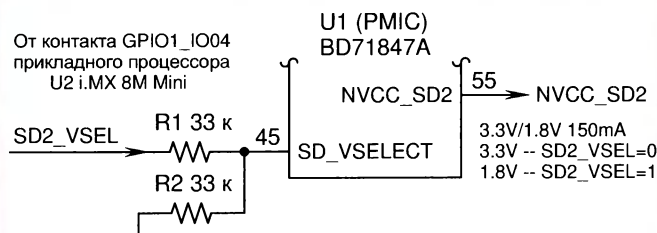


Рис. 3

на линиях МК STM32H747, а с помощью специальной микросхемы U5 LAN8742A фирмы Microchip Technology. У этой микросхемы, кроме всего прочего, имеются выводы LED1, LED2, к которым подключаются светодиоды жёлтого и зелёного свечения, находящиеся внутри сетевого разъёма RJ-45. Они мигают в процессе линкования, а также приёма и передачи данных по каналу Ethernet.

Резисторы R6, R29 соединены с выводами LED1, LED2 микросхемы U5, но на работу светодиодов они не влияют ввиду большого сопротивления. Их назначение — выбор полярности выходных сигналов LED1, LED2. Для этого линии U5:2, U5:3 при инициализации кратковременно переводятся в режим входа, после чего микросхема U5 считывает два бита данных — лог. 1 от резистора R6 и лог. 0 от резистора R29. Согласно справочным данным [3], наличие "pull-up" резистора R6 означает низкий активный уровень сигнала LED1, а наличие "pull-down" резистора R29 — высокий активный уровень сигнала LED2.

Узнать с помощью чтения логических уровней, вставлен или нет внешний шилд в колодку J1, нельзя, поскольку светодиоды подключаются параллельно резисторам и на состоянии входов не влияют.

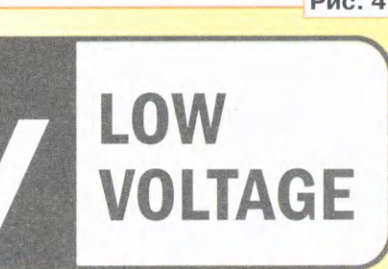
10 • Ответ — 1. Отличием модулей семейства Portenta, содержащих 32-разрядные МК, от классических модулей Arduino является более сложная система питания, которая требует несколько источников с разными напряжениями. Чтобы не усложнять схемотехнику, стандартом

слова в надписях возле выводов микросхемы U10: SW (Switching) — импульсный, LDO (Low Drop Output) — линейный стабилизатор с низким падением напряжения. Дополнительными признаками импульсного стабилизатора являются накопительные дроссели, например L9, и сигнал обратной связи U10:27.

11 • Ответ — 1. На электрических схемах модулей семейства Portenta применяется оригинальный способ изображения шин сигналов, обладающих общими свойствами. Например, для подключения карты памяти microSD используется шина, состоящая из девяти информационных сигналов прикладного процессора U2. Шина охвачена узким "цилиндром", похожим на экранированную цепь. Надпись сверху "3.3V/1.8V" указывает на общее свойство — уровень выходных сигналов данной шины может иметь напряжение 3,3 В или 1,8 В.

Почему сделано такое предположение? Подсказка находится внутри УГО чипа U2 в виде надписи "NVCC_SD2", которая относится к одноимённому источнику питания NVCC_SD2. Напряжение этого источника может быть 3,3 В или 1,8 В в зависимости от уровня лог. 0 или лог. 1 управляющего сигнала SD2_VSEL (рис. 3).

Для справки, традиционно карты памяти microSD работают при напряжении 3,3 В. Но в 2017 г. появился стандарт, разрешающий применение низковольтных карт с напряжением 1,8 В [4]. Такие карты потребляют меньше энергии и предназначены для



U1 BD71847A фирмы ROHM. Триггер Шмитта на транзисторах Q2A, Q2B переходит в противоположное состояние, транзистор Q2A закрывается, транзистор Q2B открывается, и кнопка PB1 блокируется.

Если сборку транзисторов Q2 выпаять, кнопка PB1 после первого включения блокироваться уже не будет. Теперь становятся доступными дополнительные функции, заложенные в архитектуру контроллера питания U1. В частности, контроллер на аппаратном уровне различает короткие и длинные нажатия на кнопку PB1. Это позволяет, например, удерживая её в нажатом состоянии несколько секунд, произвести холодный рестарт процессорной системы "с нуля". Разумеется, для активации подобного режима, кроме выпайки транзисторов, требуется внести изменения и в программное обеспечение.

ЛИТЕРАТУРА

1. CC8V-T1A. — URL: <https://www.microcrystal.com/fileadmin/Media/Products/32kHz/Datasheet/CC8V-T1A.pdf> (12.05.23).
2. i.MX 8M Mini Hardware Developer's Guide. — URL: <https://www.zlgmcu.com/data/upload/file/highmpu/i.MX-8MMini-yhsc.pdf> (12.05.23).
3. LAN8742A. — URL: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/8742a.pdf> (12.05.23).
4. 17 мгновений microSD. — URL: <https://3dnews.ru/974443/svodnoe-testirovanie-kart-pamyati-microsdbiomom-64-gbayt> (12.05.23).