

Просматривать получившиеся кадры на предмет допущенных ошибок можно, используя программу, написанную в редакторе OpenSCAD (рис. 8). Легче всего найти ошибки, если иметь статичные изображения двух соседних кадров. Загружая их данные 1 в массивы программы, можно визуализировать текущий кадр 3 и предыдущий 5, их границы и пересечения, а также, используя прозрачные экраны 2, рассмотреть отдельно текущий кадр. Имея

небольшой опыт в программировании в OpenSCAD, программу можно редактировать, расширив возможности до целого эффекта. Линия 4 — оранжевого цвета, указывает общие элементы, которые использованы в предыдущем и текущем кадрах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамичев Д. Светодиодный куб 6х6х6 на Arduino. — Радио, 2018, № 1, с. 61—64.

2. Мамичев Д. Разработка эффектов для светодиодного куба без программирования. — Радио, 2018, № 9, с. 61—63.

3. Основы HiAsm — основы графического программирования. — URL: <https://forum.hiasm.com/wiki/5025> (09.06.20).

От редакции. Скетч для Arduino Uno и другие упомянутые в статье файлы находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2020/10/progcub6-2.zip> на нашем сервере.

Ответы на викторину "Микроконтроллеры и реле"

("Радио", 2020, № 9, с. 63, 64)

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

1 Ответ — 0. В большинстве случаев одна линия порта МК обеспечивает втекающий и вытекающий токи до 20 мА. Если для управления реле требуется ток больше, используют параллельное соединение двух и более выводов МК. Соединение может быть "вывод к выводу", но для выравнивания нагрузок применяют и низкоомные резисторы, в данном слу-

чае это R1, R2. Логические уровни на выходах МК должны быть одинаковыми, т. е. синфазными. Если они будут противофазными, например, на одном выводе лог. 1, а на другом лог. 0, вместо увеличения тока нагрузки произойдет его уменьшение.

2 Ответ — 0. Согласно справочным данным [1], сопротивление обмотки реле K1 IM01TS — 64 Ом. Номинальное напряжение — 5 В, ток через неё при открытом транзисторе VT1 будет около 78 мА. Минимальное напряжение срабатывания — 2,25 В, максимальное допустимое напряжение — 7,2 В.

Транзистор VT1 открывается уровнем лог. 1, который выставляет МК. При питании 2,7 В можно считать этот уровень равным $U_{\text{пор.1}} = 2,6$ В. Через переход база—эмиттер транзистора

VT1 протекает ток $I_0 = (U_{\text{лог.1}} - U_{\text{бэ}})/R1 = (2,6 - 0,7)/4,7 = 0,4$ мА. Если учесть, что минимальный коэффициент передачи транзистора $h_{213} = 120$ [2], через коллекторную нагрузку может протекать ток $I_k = I_0 \times h_{213} = 0,4 \times 120 = 48$ мА.

При напряжении на обмотке реле 2,25 В через неё протекает ток $I_{K1} = 2,25/64 = 35$ мА, при этом токе реле гарантированно срабатывает. Значит, транзистор может обеспечить такой ток. Напряжение насыщения транзистора SS8050C $U_{\text{кэ}} = 0,28$ В, поэтому на реле будет напряжение $U_{K1} = 2,7 - 0,28 = 2,42$ В. Таким образом, для реле будут обеспечены требуемые напряжение и ток, поэтому оно будет устойчиво срабатывать.

3. Ответ — 0. Если для коммутации реле используется ключ на транзисторе структуры р-п-р (а не п-р-п), логика формирования выходных уровней МК должна быть противоположной, т. е. лог. 0 — включение, а лог. 1 — выключение реле.

4. Ответ — 1. Рассматриваемое устройство можно использовать в качестве аварийной сигнализации. Реле K1 включается коротким положительным импульсом с выхода МК, при этом открывается тиристор VS1. Закрывать открытый тиристор можно, лишь отключив питающее питание. МК здесь не поможет.

5. Ответ — 0. Резистор R1 нужен, если используется ключ на транзисторе структуры п-р-п. Для полевого транзистора он, в принципе, не нужен, но его наличие защищает МК от помех и наводок, которые могут пройти через ёмкость сток—затвор транзистора VT1 при коммутационных процессах, связанных с реле K1.

6. Ответ — 0. В момент включения транзистора VT1 конденсатор C1 можно представить в виде переключки, следовательно, на реле K1 будет подаваться полное напряжение 12 В, и оно сработает. По мере зарядки конденсатора C1 напряжение, подаваемое на реле, будет снижаться из-за падения напряжения на резисторе R2. Учитывая, что сопротивление обмотки реле составляет около 400 Ом [3], напряжение на реле снизится примерно вдвое, при этом реле всё ещё будет находиться во включённом состоянии, поскольку напряжение его выключения (Drop-Out Voltage) — 1,2 В. Ток через обмотку реле уменьшится с 30 до 15 мА. Если реле во включённом состоянии будет находиться длительное время, это позволит сэкономить энергию. На помехоустойчивости закорачивание резистора не отражается.

7. Ответ — 1. При выключении реле K1 возникает ЭДС самоиндукции, приводящая к большим

выбросам напряжения, способным пробить переход коллектор—эмиттер транзистора VT1. Для его защиты параллельно обмотке реле обычно ставят диод VD1 в обратном направлении при выключении. Данные исследований [4] показывают, что без диода время выключения реле составляет 1,2 мс, напряжение выброса на коллекторе транзистора VT1 — до 500 В. С диодом — соответственно 7,2 мс и 0,65 В. Если последовательно с диодом установить стабилитрон VD2, время выключения уменьшится до 3,5 мс, а амплитуда выброса увеличится, но всего лишь до 30 В. Однако надо правильно понимать, что эти данные не универсальные и могут отличаться в зависимости от типа реле, следовательно, в каждом конкретном случае нужна экспериментальная проверка.

8. Ответ — 0. Контакты 1 и 10 реле K1 относятся к обмотке управления. По физической сути это катушка индуктивности, поэтому, на первый взгляд, может показаться, что от перемены полярности напряжения на ней ничего не изменится. Однако изготовители реле не зря указывают в справочных данных полярность обмотки, в частности, для реле FRT5S-DC12V вывод 1 маркируется знаком "+", поэтому его надо присоединять к плюсовому проводу источника питания. Это — так называемое поляризованное реле, конструкция которого критична к полярности напряжения на обмотке управления. Если полярность перепутана, реле из строя не выйдет, ток через катушку будет исправно протекать, но контакты реле переключаться не будут.

9. Ответ — 0. Рассматриваемый узел представляет собой реле с самоблокировкой, по-другому — с однократным включением. В исходном состоянии транзистор VT1 закрыт, через реле K1 и резистор R2 протекает небольшой ток, не достаточный для срабатывания реле. После включения и выключения транзистора VT1 реле блокируется и не может самостоятельно отключиться. Причина — разные напряжения на обмотке при включении и выключении реле. Например, для реле [1] это соответственно 70 % и 10 % от номинального напряжения. Сопротивление резистора R1 выбирается так, чтобы в закрытом состоянии транзистора VT1 реле находилось вблизи границы срабатывания. Требование к реле — оно должно иметь как можно большую разность между током срабатывания и током отпускания, тогда процесс самоблокировки будет стабильным.

10. Ответ — 1. В исходном состоянии транзистор VT1 открыт сигналом от МК, и реле включено. Худшие условия для транзистора VT1 возникают в момент выключения реле K1, когда появляются выбросы напряжения на обмотке. Для минимизации негативных явлений служит цепочка R2C1, благодаря которой транзистор VT1 выключается не резко, а более плавно. Амплитуда выбросов на стоке транзистора VT1 настолько снижается, что не требуется защитный диод, обычно устанавливаемый параллельно обмотке реле.

11. Ответ — 1. Во время стационарной работы при включённом реле через его обмотку протекает постоянный ток, гармоник в спектре практически нет или они не существенны. Однако в моменты включения и выключения реле через обмотку протекают большие импульсные токи, содержащие высшие гармоники, которые простираются по частоте вплоть до радиодиапазона. Проявляется это, например, в виде щелчков в компьютерных звуковых колонках или в помехах при работе чувствительных КВ- и УКВ-приёмников и т. д. Снизить радиочастотные помехи помогают керамические конденсаторы небольшой ёмкости. В рассматриваемом узле это — конденсаторы C1 (применяется реже) и C2 (применяется чаще).

12. Ответ — 1. Рассматриваемый узел является аналогом твёрдотельного оптореле с самоблокировкой. После подачи с выхода МК уровня лог. 1 открывается транзистор VT1, срабатывает реле K1 и замыкаются контакты K1.1, оставляя реле во включённом состоянии до отключения питания. Оптопара U1 разделяет цепи общего провода МК и транзистора VT1, к которому подключается реле K1. Это — одинарная гальваническая изоляция. Если бы контакты K1.1 реле не имели соединения с цепями транзистора VT1, относительно них речь могла бы идти о двойной изоляции от МК, что практикуется, например, в медицинской технике. Однако контакты K1.1 соединены с общим проводом, поэтому наличие одинарной изоляции.

13. Ответ — 1. Формально кнопка SB1 может выполнять как функцию тестирования, так и самоблокировки. В первом случае, при кратковременном нажатии на кнопку SB1, светодиод HL1 светит, значит, напряжение на обмотку реле K1 подаётся. Во втором случае надо замкнуть контакты кнопки постоянно, что приводит к невозможности отключения реле с помощью МК. Разгадка ответа

на вопрос кроется в треугольнике на УГО кнопки SB1. Он означает, что кнопка не имеет фиксации положения,

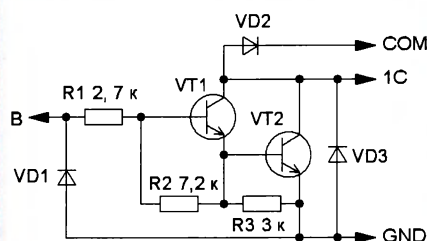


Рис. 1

она с самовозвратом. Поэтому постоянно замкнуть её контакты не удастся, при отпускании кнопки цепь автоматически разрывается. Но для тестирования реле это свойство кнопки подходит.

14. Ответ — 0. Высоким уровнем с выхода МК открывается транзистор VT2 (n-канальный) и срабатывает реле K1. Низкое напряжение на стоке транзистора VT2 приводит к открыванию транзистора VT1 (p-канальный), а значит, к появлению напряжения в цепи $+V_{out}$. При низком уровне на выходе МК реле выключается и напряжение в цепи $+V_{out}$ пропадает. Транзистор VT1 закрывается запирающим напряжением $+12$ В, поступающим на его затвор через обмотку реле K1. Такой режим работы для транзистора является допустимым, поскольку допустимое напряжение затвор—исток — 20 В.

15. Ответ — 1. При "просадках" или снижении напряжения питания ниже определённого порога реле K1 будет обесточено, поскольку ток через микросхему параллельного стабилизатора DA1 резко уменьшится. Порог срабатывания защиты определяется отношением резисторов R1 и R2.

16. Ответ — 0. В рассматриваемом устройстве МК используется двояко: как генератор сигналов для включения и выключения реле K1 (верхняя по схеме линия порта) и как приёмник сигнала обратной связи, подтверждающий факт подачи напряжения на обмотку реле K1 (нижняя по схеме линия порта). Поскольку сопротивления резисторов R2 и R3 десятки и сотни килоом,

нет ограничений перевода линии входа МК в режим цифрового выхода и генерировать через него сигналы для других цепей.

17. Ответ — 0. Микросхема DA1 содержит внутри 8 инверторов с открытым коллектором, собранных по одинаковым схемам (рис. 1). Входы могут непосредственно подключаться к "цифровым" выходам МК. Инверторы по входам и выходам защищаются внутренними диодами. Один из них, так называемый Clamp Diode (VD2), подключается между выводами 10 и 18 микросхемы DA1, т. е. параллельно обмотке реле K1, причём в нужном обратном направлении. Ток че-

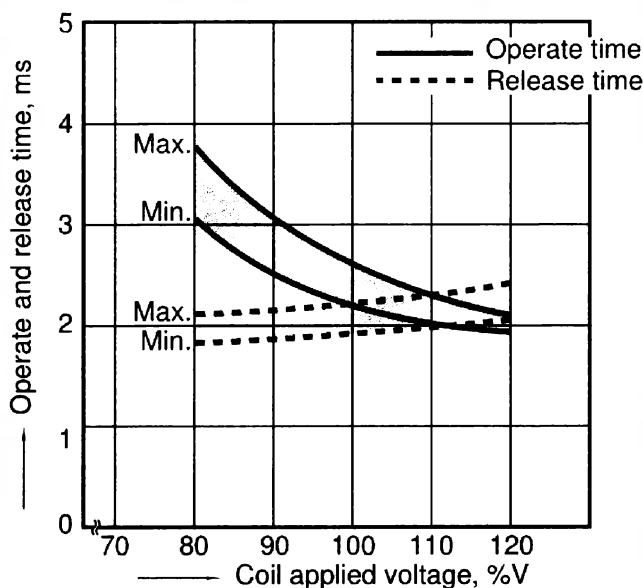


Рис. 2

рез защитный Clamp Diode допускается 350 мА [5], следовательно, внешний диод ставить не обязательно.

18. Ответ — 1. Транзисторы VT1 и VT2 должны открываться в противофазе, а именно, если один из них открыт, то другой — закрыт, и наоборот. Сделано это для того, чтобы потребление тока от источника питания не зависело от включения или выключения реле K1. Для полной симметрии нагрузок сопротивление резистора R3 и сопротивление обмотки реле K1 должны быть максимально близкими, т. е. 270 Ом. Похожее техническое решение применялось в блоке управления [6], чтобы изменение тока нагрузки не влияло на работу узла контроля напряжения.

19. Ответ — 0. Номинальное напряжение обмотки реле K1 — $4,5$ В, но оно подключено к источнику питания 6 В, поэтому максимальное

напряжение на обмотке будет около $5,5$ В из-за падения напряжения на открытом транзисторе VT1. Справочными данными это допускается, причём полный интервал разрешённых напряжений — $3,38...6,7$ В [7]. Повышенное питание имеет свои плюсы и минусы. Из минусов — увеличение потребления тока, протекающего через обмотку реле. Из плюсов — снижение времени включения реле (Operation Time). Но на рис. 2 видно, что одновременно повышается и время выключения реле (Release Time). По горизонтальной оси на графике отложен процент увеличения напряжения на обмотке реле, который рассчитывается по формуле

$$K = (U_{\text{макс}}/U_{\text{ном}}) \times 100 \% = (5,5/4,5) \times 100 = 122 \%$$

20. Ответ — 0. K1 — это поляризованное двустабильное реле с двумя группами переключающих контактов, они имеют нумерацию 11—13 и 21—23 (на схеме не показаны). При подключении плюса источника питания к выводу обмотки А, а минуса — к выводу В между собой замыкаются контакты 12, 13 и 22, 23. При подключении плюса источника питания к выводу обмотки Б, а минусового — к выводу Г замыкаются контакты 12, 11 и контакты 21 и 22. Одновременная подача напряжения на обмотки А—В и Б—Г не допускается. Следовательно, на выходах Р1 и Р2 МК надо формировать короткие импульсы, не совпадающие по времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. IM Relay. — URL: <https://static.chipdip.ru/lib/245/DOC000245354.pdf> (17.07.20).
2. SS8050. — URL: <http://www.e-ele.net/DataSheet/SS8050D.pdf> (17.07.20).
3. BS115C. — URL: <http://datasheet.elcodis.com/pdf2/90/28/902845/bs-115c.pdf> (17.07.20).
4. Loudspeaker Protection and Muting. — URL: <https://sound-au.com/project33.htm> (17.07.20).
5. ULN2803A. — URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/uln2803a.pdf> (17.07.20).
6. Москвин А. Блок управления холодильником. — Радио, 2003, № 10, с. 36—38.
7. TX-Relays. — URL: http://www.fulcrum.ru/LineCard/Relays/PDF/TX_e.pdf (17.07.20).