

Ответы на викторину

"Микроконтроллеры и контактные датчики"

("Радио", 2019, № 10, с. 63, 64)

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

1 ● Ответ — 1. Каждый вход микроконтроллера, к которому так же как на рассматриваемой схеме, подключён контактный датчик (в данном случае набор выключателей в корпусе DIP), должен быть снабжён резистором, соединяющим вход с плюсом питания микроконтроллера и при разомкнутых контактах датчика поддерживающим высокий логический уровень на этом входе.

У многих микроконтроллеров такие резисторы сопротивлением 30...80 кОм есть внутри, но по умолчанию они выключены, при необходимости их нужно включить программно. Иначе нужны внешние резисторы. Поскольку сопротивление внутренних резисторов микроконтроллера, соединяющих его входы с плюсом питания, лежит в пределах 30...80 кОм, то при напряжении питания 5 В через замкнутые контакты будет течь ток 62...166 мА.

Ток через замкнутые контакты четырёхканального DIP-выключателя A6FR-4101 должен быть более 10 мА [1]. В противном случае не разрушится окисная плёнка, покрывающая поверхность контактов, и контактное сопротивление будет очень большим.

При замене этого переключателя на кнопочный с независимой фиксацией П2КН-4 логика работы устройства не изменится. Но минимальный ток через контакты таких переключателей — 1 мА [2]. Коммутация получится ненадёжной. Чтобы гарантировать хороший контакт, нужно внутренние резисторы микроконтроллера заменить внешними сопротивлением не более 5 кОм.

2 ● Ответ — 1. При нажатой кнопке SB1 на вход микроконтроллера поступает напряжение высокого логического уровня от источника питания 3,3 В. Когда она отпущена, низкий логический уровень обеспечивает резистор R1. Однако на входах некоторых микроконтроллеров (например, STM32F103) имеются внутренние резисторы аналогичного назначения. Нужно только включить такой резистор программно. Резистор R1 станет ненужным.

Но далеко не все микроконтроллеры (в том числе ATmega328P) имеют

нужные резисторы. Для работы с ними резистор R1 обязателен.

3 ● Ответ — 0. Контакты геркона (герметизированного контакта) замыкаются под действием магнитного поля, например, приближающегося к нему постоянного магнита. С точки зрения микроконтроллера геркон ничем не отличается от обычной кнопки. Если разместить определённым образом два геркона вблизи вала, на котором укреплен постоянный магнит, то при вращении вала в одну сторону сначала замкнутся контакты геркона SF1, а затем — геркона SF2. При вращении в другую сторону порядок их замыкания будет обратным. Но поскольку герконы соединены последовательно, замыкание контактов лишь одного из них (любого) не приведёт к изменению уровня напряжения на входе микроконтроллера. Он станет низким лишь тогда, когда замкнуты контакты обоих герконов. Поэтому микроконтроллер не сможет различить, контакты какого геркона замкнулись или разомкнулись первыми.

Чтобы определять направление движения магнита, герконы нужно подключить к разным входам микроконтроллера.

4 ● Ответ — 1. Проблема дребезга контактов характерна для всех контактных датчиков. Применительно к обычным кнопкам ориентируются на его продолжительность 20...40 мс, в течение которых состояние контактов непредсказуемо. В микроконтроллерных устройствах с дребезгом контактов борются, как правило, программно, используя многократный опрос состояния контакта в течение определённого времени.

Конденсатор C1 мог бы претендовать на звание подавителя дребезга, если бы его ёмкость была бы на 2—3 порядка больше. При сопротивлении резистора R1 4,7 кОм конденсатор ёмкостью 0,01 мкФ заряжается до 95 % напряжения источника за 1,5 мс, что явно мало по сравнению с 20...40 мс неустойчивого контакта. Так что основное назначение конденсатора C1 — подавление высокочастотных наводок (например, от близко расположенного сотового телефона в

режиме поиска базовой станции). Они могут приводить к ложной оценке состояния кнопки SB1.

5 ● Ответ — 1. Если внутри микроконтроллера включить резистор, соединяющий его вход с плюсом питания, то при отпущенной кнопке SB1 образуется делитель напряжения из этого резистора (30...80 кОм) и соединённых с ним последовательно резисторов R1 и R2 общим сопротивлением около 300 кОм. Напряжение на этом входе будет находиться в пределах 3,9...4,5 В. Микроконтроллер сочтёт его имеющим высокий логический уровень, как и при нажатой кнопке. Следовательно, он не прореагирует на нажатую кнопку.

6 ● Ответ — 1. Обычно для подключения каждой кнопки требуется отдельный вход микроконтроллера. Чем больше кнопок — тем больше ими занято входов. Если число выводов микроконтроллера невелико, это вызывает проблемы. Их необходимо число можно уменьшить, если в микроконтроллере есть АЦП. К одному его входу можно подключить управляемый несколькими кнопками резистивный делитель напряжения. Резисторы этого делителя следует подбирать так, чтобы значения напряжения на входе АЦП максимально различались при нажатиях на разные кнопки и их комбинации. Это даст микроконтроллеру возможность распознать их.

Пример схемы, работающей по такому принципу, приведён в вопросе. При нажатых кнопках SB2 и SB3 сопротивление соединённых параллельно резисторов R2 и R3 будет $1,5 \times 3,3 / (1,5 + 3,3) = 1,03125$ кОм, а напряжение на входе АЦП — $2,5 \times 1,03125 / (10 + 1,03125) = 0,23$ В. Аналогичный расчёт показывает, что при одновременном нажатии на кнопки SB1 и SB2 напряжение будет около 0,12 В. Такие значения сможет различить даже восьмизначный АЦП с образцовым напряжением 2,5 В.

7 ● Ответ — 0. В вопросе показана схема подключения к микроконтроллеру двухпозиционного переключателя со средним нейтральным положением. Это может быть, например, манипулятор автоматического телеграфного ключа. При нажатии на его рычаг в одну сторону микроконтроллер формирует тире, а в другую — точки. Элементы R1C1 и R3C2 служат фильтрами подавления помех от работающего радиопередатчика.

Микроконтроллеры ATmega328P и многие другие при напряжении питания 5 В воспринимают логический уровень напряжения на дискретном входе как высокий при напряжении на нём более 2,7 В, а как низкий — при напряжении менее 2,2 В (fig. 29-11,

29-12 в [3]). Обычно резисторы, от которых зависят эти уровни при разных положениях манипулятора, выбирают одинаковых номиналов. Но это не догма. Главное, чтобы при разомкнутых контактах напряжение на соответствующем входе микроконтроллера соответствовало высокому логическому уровню, а при замкнутых — низкому. Предложенная в вопросе перестановка резисторов это условие не нарушит. Значит, она допустима.

8. Ответ — 0. Согласно [3], большую часть времени линия микроконтроллера сконфигурирована как выход, на котором установлен высокий логический уровень напряжения. При этом светодиоды HL1 и HL2 светятся. Для определения состояния кнопки SB1 микроконтроллер на короткое время конфигурирует эту линию как вход с включённым резистором, соединяющим её с плюсом питания. Если напряжение на входе имеет низкий уровень, кнопка нажата, если нет — отпущена. Короткая пауза в свечении светодиода остаётся незаметной человеческому глазу.

Светящиеся светодиоды потребляют ток около 5 мА. Нажатие на кнопку SB1 добавляет ещё 0,95 мА, текущих через резистор R2. При таком приращении тока напряжение на выходе микроконтроллера уменьшается всего на 0,02 В (fig. 29-10 в [3]). Так что на яркость свечения светодиодов состояние кнопки практически не влияет.

9. Ответ — 0. Конденсатор C1 подавляет высокочастотные помехи, попадающие на вход микроконтроллера, например, в результате наводок на длинные провода, идущие к кнопке SB1. Однако если заменить резистор R1 перемычкой, то конденсатор C1 при нажатии на кнопку будет разряжаться лишь через малое (доли ома) сопротивление её замкнутых контактов. Это вызовет сильный бросок тока в цепи кнопки, способный навести импульсную помеху на другие цепи и даже повредить контакты кнопки. Резистор R1 уменьшает амплитуду импульса тока разрядки конденсатора C1. Чем больше его сопротивление, тем она меньше, однако тем менее эффективной становится защита входа микроконтроллера от высокочастотных помех.

10. Ответ — 1. Нажатие на кнопку SB1 не только устанавливает низкий уровень напряжения на входе микроконтроллера, но

и включает светодиод HL1, что весьма удобно на практике. Но если удалить резистор R2, то микроконтроллер не сможет правильно проанализировать состояние кнопки SB1, поскольку, когда она не нажата, р-п переход светодиода будет закрыт и потенциал входа микроконтроллера "плавает" в зависимости от уровня наводок и утечек тока. Следовательно, исключить резистор R2 можно только в микроконтроллерах, к входам которых подключены (и включены программно) внутренние резисторы, соединяющие их с плюсом питания.

11. Ответ — 0. Переключатели серии P65 — поворотные кодовые на 10 или 16 положений. Каждое из них кодируется определённым сочетанием соединений контактов 1, 2, 4, 8 с контактом С. По

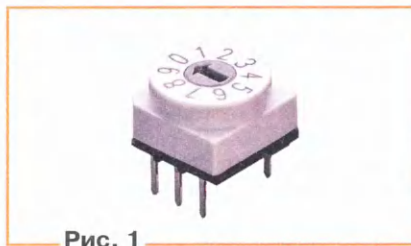


Рис. 1

Положение	Выходы, соединённые с выводом С							
	P65THR101				P65THR102			
	1	2	4	8	1	2	4	8
0					•	•	•	•
1	•					•	•	•
2		•			•		•	•
3	•	•					•	•
4			•		•	•		•
5	•		•			•		•
6		•	•		•			•
7	•	•	•					•
8				•	•	•	•	
9	•			•		•	•	

• — выходы соединены.

числу положений, внешнему виду, расположению и назначению выводов переключатели P65THR101 и P65THR102 (рис. 1) одинаковы. Отличаются они лишь формируемыми кодами. В таблице показаны кодовые таблицы для обоих переключателей [4]. Как из неё видно, состояния контактов этих переключателей взаимно инверсны. Поэтому при замене одного из переключателей другим снимаемые с них сигналы нужно аппаратно проинвертировать, а проще — предусмотреть их инверсию в программе. Перемена мест выводов переключателя правильного результата не даст.

12. Ответ — 0. От перемены мест соединённых последовательно элементов ничего не изме-

няется. На практике встречаются оба варианта. Выбор любого из них может быть связан, например, с удобством разводки проводников на печатной плате или с другими особенностями конструкции. Резистор R1 уменьшает амплитуду импульса тока при разрядке конденсатора C1 через нажатую кнопку, а также снижает добротность колебательного контура, образованного конденсатором C1 и индуктивностью длинных соединительных проводов между ним и кнопкой. Последнее уменьшает создаваемые при нажатии на кнопку помехи.

13. Ответ — 0. Варистор с длинным названием AVRМ1005С6 R8NT101N — один из серии таких приборов с малой собственной ёмкостью, предназначенных для поверхностного монтажа [5] и специально разработанных для защиты электронных приборов от статического электричества (static electricity) и коротких бросков напряжения (surge voltage). Они имеют симметричные ВАХ для положительного и отрицательного напряжений. Совместно с ограничивающим ток резистором R1 варистор RU1 защищает вход микроконтроллера от электростатических потенциалов, которые могут

попасть в устройство при прикосновении к контактам кнопки руками. Дребезг контактов кнопки SB1 обычно устраняют, подключая параллельно им конденсатор большой (сотни нанофард) ёмкости. Собственная ёмкость варистора серии AVR измеряется единицами пикофард, и для этого он не годится.

14. Ответ — 0. Линии портов микроконтроллера нередко выполняют несколько функций. В рассматриваемом случае это опрос состояния кнопки SB1 и генерация логического сигнала, подаваемого на нагрузку, изображённую в виде резистора R_н. Сопротивление резистора R2 должно быть достаточно большим, чтобы при нажатой кнопке уровень сигнала, подаваемого на нагрузку, заметно не уменьшался. При использовании микроконтроллеров AVR и PIC это условие выполняется при R_н более 1 кОм.

Однако при отпущенной кнопке резисторы R1, R2 и сопротивление R_н образуют делитель напряжения. Он уменьшает поступающее на вход микроконтроллера при опросе состояния кнопки напряжение. Например, при отпущенной кнопке и R_н = 1 кОм напряжение упадёт до 0,19 В и будет вос-

принято микроконтроллером как логически низкое, как и при нажатой кнопке.

Если же $R_n = 100 \text{ кОм}$, напряжение на входе микроконтроллера при отпущенной кнопке будет 4 В. Это выше порога (1,7 В согласно fig. 29-11 в [3]). Поэтому микроконтроллер считает это напряжение имеющим высокий логический уровень и распознаёт состояние кнопки правильно.

15 • Ответ — 0. Согласно [6], длительность дребезга контактов измеряют с момента их первого замыкания (или размыкания) и до момента устойчивого замыкания (или размыкания). Контакты считают разомкнутыми при напряжении между ними более 90 % напряжения питания и замкнутыми при напряжении менее 10 % этого напряжения. Длительность интервалов дребезга $t_{др1}$ и $t_{др2}$ по стандарту измеряют между этими уровнями (рис. 2,а). О состоянии контактов можно достоверно судить только по истечении этих интервалов.

Внутренний триггер Шмитта, показанный на схеме, иллюстрирующей вопрос, имеется на каждом логическом входе микроконтроллера ATmega328P. Значения порогов его переключения указаны в комментариях к ответу на вопрос 7. Этот триггер не пропускает на свой выход импульсы, не пересекающие пороги (рис. 2,б). В результате продолжительность интервалов дребезга ($t_{др1т}$ и $t_{др2т}$) несколько уменьшается, особенно, если амплитуда импульсов нарастает и спадает медленно. Однако основ-

ное назначение триггера Шмитта — увеличение крутизны перепадов медленно изменяющихся входных сигналов.

16 • Ответ — 1. Если использовать мый вход микроконтроллера логический, он может различить лишь два уровня сигнала — высокий

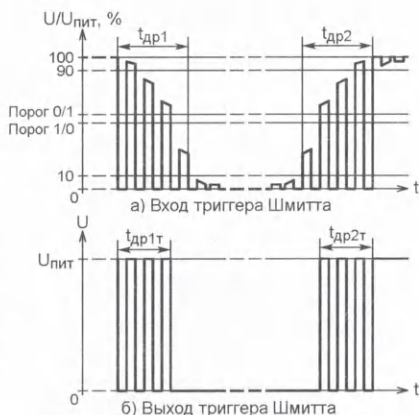


Рис. 2

и низкий. Для различения трёх и более уровней нужно использовать аналоговый вход (вход встроенного в АЦП микроконтроллера). Если измеренное напряжение 1,65 В, значит, работает резистивный делитель напряжения $R1R2$, следовательно, переключатель находится в положении "1". Если напряжение 3,3 В, то подключён только резистор $R2$, а переключатель установлен в положение "2", если 0 В — вход микроконтрол-

лера соединён с общим проводом, так как переключатель в положении "3". В принципе, десятиразрядный АЦП может различить 1024 уровня напряжения. Но на практике — значительно меньше. Нужно учитывать разброс и нестабильность (температурную и временную) сопротивления резисторов, образующих делители напряжения, а также возможные наводки на соединительные провода.

ЛИТЕРАТУРА

1. A6FR Piano DIP Switch. — URL: https://ru.mouser.com/datasheet/2/307/omron_03202018_A6FR_datasheet-1314011.pdf (13.07.19).
2. Переключатели модульные типа П2К, П2Кл. — URL: http://www.ltava.com.ua/download.php?file=pdf_docs/P2K-P2Kl.pdf (13.07.19).
3. ATmega328P 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash. — URL: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf (30.07.19).
4. P65 series. — URL: <http://www.yeint.ru/upload/2018/apem/PCB-serie-P65.pdf> (13.07.19).
5. Chip Varistors, AVR series. — URL: https://product.tdk.com/info/en/catalog/datasheets/vpd_varistors_avr_en.pdf (13.07.19).
6. ГОСТ 28627-90 (МЭК 1020-1-89). Электромеханические переключатели, используемые в электронной аппаратуре. Общие технические условия (с Поправкой). — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200017457> (09.08.2019).

Программный комплекс "Color and Code" помогает выбрать добавочный резистор для светодиода

Г. ГАЯЗОВ, г. Казань

Полезный радиолюбителям программный комплекс "Color and Code" собственной разработки был представлен автором в статьях [1–12]. Теперь он дополнен ещё одной функцией — расчётом сопротивления добавочных резисторов для одиночных и соединённых последовательно или параллельно светодиодов. Исходные данные для расчёта можно взять из имеющегося в комплексе электронного справочника.

Светодиод — полупроводниковый прибор, способный излучать свет, когда через его p-n переход в прямом направлении течёт ток. В зависимости от материала, из которого он изготов-

лен, светодиод может излучать свет разной длины волны — соответственно и разного цвета, от инфракрасного до ультрафиолетового. Светодиод имеет нелинейную ВАХ (вольт-амперную ха-

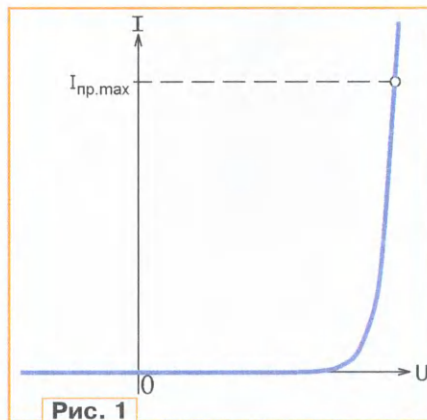


Рис. 1