



Рис. 5

символ **В** и начинается обмен командами между устройством и смартфоном для синхронизации мимики и речи. Добавляя и редактируя картинки в приложении и содержание фраз в файле **bluechikenn.txt**, можно менять репертуар аниматроники, "обучая его новому". При этом в программу приложения нужно добавлять элементы, аналогичные 5—10, а в текстовый документ —

новые фразы-строки. Именно символ новой строки приложение определяет как границу окончания фразы, а символ точки с запятой — как границу произношения слога.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамичев Д. Игрушка-аниматроник Bluechicken. — Радио, 2020, № 2, с. 60—62.

2. Мамичев Д. "Учим говорить игрушку-аниматроник Bluechicken". — Радио, 2020, № 4, с. 56—58.

От редакции. Скетч для Arduino Uno и видеоролик, иллюстрирующий работу устройства, находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2020/05/an2.zip> на нашем FTP-сервере.

Ответы на викторину "Микроконтроллеры и переменные резисторы"

("Радио", 2020, № 4, с. 58, 59)

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

1. Ответ — 0. Переменный резистор R1 на входе АЦП микроконтроллера обычно служит регулируемым делителем напряжения,

коэффициент деления которого зависит от положения движка. Резистор R2 — низкоомный, на точность работы АЦП он практически не влияет. Но

линия микроконтроллера, используемая в качестве входа АЦП, может, как правило, служить и обычным цифровым выходом. Её переключение в такой режим может быть результатом ошибки в программе или сбоем в её работе. Если это произойдёт, а движок переменного резистора будет установлен в одно из крайних положений, то соединённая напрямую с общим проводом или цепью питания линия микроконтроллера может быть повреждена. Резистор R2 призван ограничить ток аварийной нагрузки линии до безопасного значения.

Конечно, если речь идёт об устройстве, работающем по отлаженной программе, в которую никакие изме-

нения вносить не предполагается, то резистор R2 не нужен. Хотя иногда его всё-таки устанавливают, например, для защиты входа АЦП от импульсных помех.

2. Ответ — 1. В приведённой в вопросе схеме подразумевается, что линия микроконтроллера, к которой подключён резистор R2, работает попеременно в двух режимах. В режиме входа она принимает сигнал с движка переменного резистора R1, а в режиме выхода генерирует импульсы логических уровней $U_{\text{вых}}$. В последнем случае резисторы R1 и R2 представляют собой нагрузку выхода. Сопротивление этой нагрузки минимально (равно R2), когда движок переменного резистора находится в одном из крайних положений. Поскольку внутреннее сопротивление выхода микроконтроллера не нулевое (например, у ATmega168 при напряжении питания 3 В — около 50 Ом), амплитуда выходных импульсов под нагрузкой всё-таки уменьшается.

3. Ответ — 0. Переменный резистор R1 и выключатель SA1 спарены, ими управляют одной ручкой. Линия механической связи между ними заканчивается на схеме точкой, чаще всего находящейся вблизи нижней части условного обозначения резистора. Это означает, что контакты выключателя разомкнуты, пока движок переменного резистора находится на уровне или ниже этой точки, и замкнуты, когда он выше её. Такие переменные резисторы применяют, например, в качестве регуляторов громкости — при установке её минимальной одновременно выключается питание устройства. А включая его, избегают "удара по ушам", который был бы получен при включении устройства сразу с максимальной громкостью.

4. Ответ — 1. В рассматриваемом узле двохвостный переменный резистор R1 использован для косвенного измерения параметра, регулируемого одной из его составных частей R1.1. Сигнал с движка другой его части R1.2, подаваемый на вход АЦП микроконтроллера, изменяется синхронно с регулируемым параметром, поскольку обе части переменного резистора связаны общим валом. Такое техническое решение целесообразно применять, например, когда контролируемая установка находится под высоким напряжением и необходима электрическая изоляция измерительного прибора от неё. Но в общем случае для соединения цепей, относящихся к переменным резисторам R1.1 и R1.2, нет никаких препятствий.

5. Ответ — 1. На вход АЦП микроконтроллера поступает напряже-

ние с его делителя, верхнее плечо которого образовано резисторами R1 и R3 (подстроечным), а нижнее — резистивным датчиком, например терморезистором RK1 с отрицательным ТКС. При минимальной измеряемой температуре сопротивление такого терморезистора максимально. Если оно равно 10 кОм, напряжение на входе АЦП можно регулировать подстроечным резистором R3 лишь в пределах 4,8...4,9 В, но фактически стабилитрон VD1 ограничивает его на уровне 3,9 В. Таким образом, значительная часть интервала изменения температуры остаётся недоступной для измерения.

Расчёт показывает, что резисторы R1 и R2 указанного на схеме сопротивления дают возможность установить на входе АЦП напряжение не более 3,9 В при сопротивлении терморезистора от 638 до 1418 Ом. На самом деле этот интервал несколько уже, поскольку в расчёте не учтены возможные отклонения их сопротивления от номинальных значений. Так что правильный ответ — около 1 кОм.

6. Ответ — 0. Подстроечным резистором R1 задают порог срабатывания встроенного в микроконтроллер аналогового компаратора напряжения. Как только напряжение $U_{\text{вх}}$, подаваемое на его неинвертирующий вход AIN+, станет больше напряжения, установленного с помощью подстроечного резистора R1 на инвертирующем входе AIN-, в выделенный для этого разряд одного из внутренних регистров микроконтроллера будет автоматически записана лог. 1. В обратной ситуации в него записан лог. 0.

По электрическим характеристикам входы AIN+ и AIN- одинаковы, поэтому их можно поменять местами. Логика срабатывания компаратора при такой замене будет проинвертирована, что несложно учесть в программе.

7. Ответ — 0. Подстроечный резистор R1 использован здесь не как потенциометр (регулируемый делитель напряжения), а как реостат — двухвыводный резистор переменного сопротивления, регулирующий ток в цепи, в которую включён. Поэтому его правый по схеме вывод можно оставить никуда не подключённым. Единственный смысл соединения этого вывода с движком — цепь, в которую включён резистор, не разрывается при временном нарушении контакта между проводящим слоем резистора и его движком (что иногда случается при перемещении последнего). Вклю-

чённое в эту цепь сопротивление лишь кратковременно увеличивается до максимального сопротивления подстроечного резистора. Зачастую это приводит к менее тяжким последствиям, чем полный разрыв цепи.

8. Ответ — 1. Переменные резисторы выпускают с различной зависимостью сопротивления от угла поворота движка или его линейного перемещения. Наиболее распространены линейная, логарифмическая и антилогарифмическая зависимости. Они изображены на рис. 1. В полном названии резистора их обозначают буквенными индексами, перечисленными в таблице. Основой для неё послужила таблица, опубликованная в [1]. Как видите, у резисторов, произведённых в разных странах, частях света и разными фирмами, эти индексы не совпадают, так что будьте внимательны.

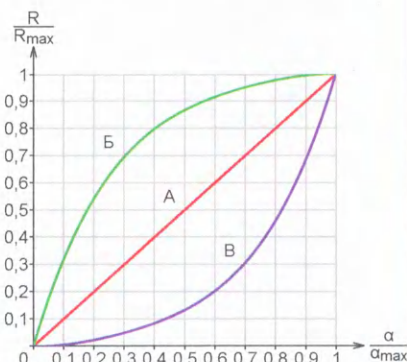


Рис. 1

Зависимость	Индекс				
	СССР, Россия	Азия (обычно)	Европа	Америка	Фирма Vishay
Линейная	А	В	А	В	А
Логарифмическая	Б	А	С	А	Л
Антилогарифм.	В	—	Е	С	Е

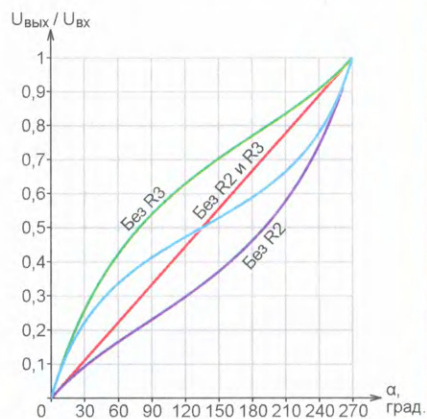


Рис. 2

мательны. Редко, но бывают и другие зависимости, например синусоидальная.

У применённого переменного резистора СПЗ-46М-А (R1) без подключённых к нему постоянных резисторов она линейная (красная линия на рис. 1 и рис. 2). Однако подключение постоянных резисторов (в том числе резистора нагрузки) между движком и крайними выводами переменного резистора изменяет её. При подключённых резисторах R2 и R3 она становится S-образной (голубая линия на рис. 2), аппроксимируемой полиномом как минимум третьей степени.

9 Ответ — 1. Если раскрыть внутреннюю структуру микроконтроллера PIC16F527 [2], то всё станет ясно. К выводам RB4, RB5 и RC2 под-

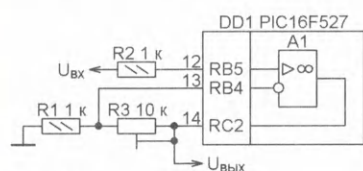


Рис. 3

ключены входы и выходы одного из двух имеющихся в этом микроконтроллере ОУ (рис. 3). Показанные на схеме из вопроса элементы превращают его в неинвертирующий усилитель, коэффициент усиления которого равен

$$K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = 1 + \frac{R_3}{R_1}.$$

Подстроечным резистором R3 этот коэффициент можно регулировать от 1 (повторитель напряжения) до 11. К смещению нуля резистор R3 отношения не имеет.

10 Ответ — 1. Во многих микроконтроллерных устройствах, особенно с батарейным питанием, микроконтроллер активен лишь короткое время, требующееся для считывания показаний датчиков (в том числе резистивных) и состояния органов управления, их анализа, обработки и формирования команд управления исполнительными устройствами и индикаторами. Такие циклы повторяют периодически, а в промежутках между ними, как правило, довольно продолжительных, переводят микроконтроллер в "спящий" режим. Это значительно уменьшает средний потребляемый им ток и соответственно увеличивает срок службы батарей без замены или перезарядки. Но этого бывает недостаточно, если через некоторые внешние цепи продолжает течь ток, потребляемый от

источника и зачастую превышающий тот, который потребляет "спящий" микроконтроллер.

Такой ток течёт и через резистор R1 на схеме из вопроса, если его нижний вывод соединён, как обычно, с общим проводом. Для экономии энергии его соединяют с одной из линий микроконтроллера, работающей в режиме выхода. На время измерения на ней устанавливают низкий логический уровень, что эквивалентно соединению с общим проводом. А перед переводом микроконтроллера в "спящий" режим уровень делают высоким, что эквивалентно соединению нижнего вывода резистора с источником питающего микроконтроллер напряжения +3,3 В. Таким образом, на оба его крайних вывода оказывается поданным одно и то же напряжение. Ток через него не течёт.

Нужно заметить, что ток через резистор R1 можно прекратить, переводя линию микроконтроллера в режим входа (высокоимпедансное состояние). Нужно лишь убедиться в том, что внутри микроконтроллера нет резистора, соединяющего этот вход с общим проводом, либо программно отключить его.

11 Ответ — 0. Конденсаторы, которыми шунтируют движки переменных резисторов, обычно предназначены для устранения "шороха" контактов или устранения высокочастотных помех. Но в рассматриваемом случае микроконтроллер, измеряя длительность разрядки предварительно заряженного конденсатора C1 через переменный резистор R1, вычисляет текущее сопротивление этого резистора и, в зависимости от его значения, выполняет заданные программой действия. Измерение начинается с переключения линии в режим выхода и установки на нём напряжения высокого логического уровня. Спустя интервал времени, достаточный для зарядки конденсатора до этого напряжения, программа переводит линию в режим входа и периодически проверяет его состояние. Число проверок, выполненных до момента, когда напряжение на конденсаторе станет логически низким, пропорционально произведению текущего сопротивления резистора R1 на ёмкости конденсатора C1. Для повышения точности измерения можно использовать не обычный цифровой вход, а вход АЦП.

12 Ответ — 1. Известно, что результат преобразования в код напряжения с движка переменного резистора не зависит от напряжения питания последнего, если оно поступает от того же источника, что и

образцовое напряжение АЦП. Это относится и к такому датчику, как MPX1115A, представляющему собой, по существу, управляемый атмосферным давлением делитель напряжения питания.

Вывод VREF большинства микроконтроллеров, в зависимости от программно установленного режима, служит входом внешнего образцового напряжения или выходом образцового напряжения, формируемого его внутренним источником. В первом случае в схеме, приведённой в вопросе, не хватает подключённого к выводу VREF внешнего источника образцового напряжения. Во втором случае нагрузочная способность внутреннего источника очень мала, поэтому подключать к выводу VREF что-либо, кроме блокировочного конденсатора, строго запрещено.

13 Ответ — 1. При верхнем по схеме положении движка переменного резистора R1 делитель напряжения R2R3 в 11 раз оказывается подключённым между источниками напряжения $U_{\text{вх}}$ и +5 В. В этом состоянии $U_{\text{вх}}$ не должно превышать +5 В, иначе напряжение на входе АЦП станет выше этого значения, предположительно равного образцовому напряжению АЦП. Минимальное значение $U_{\text{вх}}$ не должно быть ниже -50 В, иначе напряжение на входе АЦП станет отрицательным. Интервал допустимого напряжения $U_{\text{вх}}$ 0...+55 В относится к случаю установки движка переменного резистора R1 в нижнее по схеме положение.

14 Ответ — 1. Большая разрядность АЦП, с помощью которого оцифровывают, например, музыкальный сигнал уменьшенной с помощью "электронного переменного резистора" DA1 амплитуды, нужна лишь для максимальной точности оцифровки. С точки зрения передачи сигнала с "верхнего" вывода В на "движок" W этот резистор совершенно линеен. Но командами, подаваемыми микроконтроллером по интерфейсу I²C, его коэффициент передачи (отношение $U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$) можно изменять от 0 до 1 равными ступенями по 1/256. Число и высота этих ступеней заданы схемой "электронного переменного резистора" и не могут быть изменены.

ЛИТЕРАТУРА

- Potentiometer taper. — URL: <http://www.resistorguide.com/potentiometer-taper/> (09.02.2020).
- PIC16F527 20-Pin, 8-Bit Flash Microcontroller. — URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001652D.pdf> (09.02.2020).