

ТУРЧАНИНОВ В. Светодиодный куб 5×5×5 на микроконтроллере PIC16F877A. — Радио, 2015, № 12, с. 32–34.

Загадка R-M-W

После публикации статьи в редакцию стали приходиться письма читателей, утверждавших, что уровень 1 светодиодов "куба", управляемый сигналом с вывода 6 (RA4) микроконтроллера, не работает. Эта проблема обсуждалась и на нашем форуме (<http://www.radioforum.ru/forum/viewtopic.php?f=1&t=9131>). В связи с тем что автор конструкции утверждал: "А у меня всё работает", редакция решила установить истину, собрав куб и проверив его в действии. Скажем сразу, уровень 1 светодиодов не заработал. Нужно было искать причину.



Рис. 1

ток, текущий через резистор R3, втекает в его базу. Но напряжение на базе открывшегося транзистора и, следовательно, на выводе 6 микроконтроллера не может подняться выше приблизительно 0,6 В.

Но почему же не светятся светодиоды? Потому что вслед за записываемой лог. 1 в четвёртый разряд порта А инструкцией

BSF PORTA, 4

в программе следуют инструкции, обращающиеся к другим разрядам этого порта (таких мест несколько). Например,

BCF PORTA, 5

Эта инструкция изменяет состояние RA5, она не должна затрагивать RA4. Так бы и было, но выполняя её в режиме "чтение-модификация-запись", процессор микроконтроллера читает состояние всех выводов порта А и в четвёртом



Рис. 2

Разгадка нашлась в п. 15.1 документа PIC16F877A 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers. — URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582C.pdf> (08.11.16), где сказано: "Любая инструкция, операнд которой — регистр, выполняется в режиме "чтение-модификация-запись" (англ. Read-Modify-Write, R-M-W). Регистр читается, прочитанные данные модифицируются в соответствии с кодом операции, а результат записывается туда, куда указано в инструкции. Чтение регистра происходит даже в том случае, если он же служит местом записи результата". Обычно этот приём работает успешно, но иногда он создаёт побочные эффекты.

Один из них возникает при выводе информации на линию порта RA4. Выход этой линии выполнен, как известно, по схеме с "открытым стоком". Имеющийся во всех других выходных буферах портов (их схемы приведены в документе) "верхний" полевой транзистор, открывающийся при выводе лог. 1, в буфере выхода RA4 отсутствует. Чтобы получить на этом выходе при закрытом "нижнем" транзисторе высокий логический уровень, необходимо соединить вывод 6 микроконтроллера с плюсом питания через нагрузочный резистор, что и сделано автором (резистор R3 согласно схеме на рис. 1 в статье).

Но к этому же выводу подключена база транзистора VT5, управляющего уровнем 1 светодиодов. При закрытии "нижнего" транзистора буфера транзистор VT5 открывается, поскольку

разряде считанного кода получает лог. 0 (ведь напряжение на выводе RA4 всего 0,6 В). После этого процессор согласно инструкции устанавливает ноль в пятом разряде кода, а затем записывает модифицированный код в регистр PORTA, обнуляя вместе с предписанным пятым и четвёртый разряд. На экране осциллографа это выглядит, как показано на рис. 1. Для сравнения на рис. 2 показаны осциллограммы в тех же точках при отключённой от вывода 6 микроконтроллера базе транзистора VT5.

Что же делать? Самым правильным было бы, не меняя схему и печатную плату, переписать программу так, чтобы исключить конфликтные ситуации. Но программа довольно сложна, переделать её сможет, пожалуй, только автор. Другой выход предлагали участники форума — перенести управление транзистором VT5 на любой свободный выход микроконтроллера, построенный по обычной схеме с тремя состояниями. Базу транзистора нужно подключить к нему по той же схеме, что и базы других четырёх транзисторов. И, конечно, заменить в программе все упоминания порта RA4 на упоминания выбранного порта. Это несложно, но недоступно, к сожалению, не владеющим программированием.

Однако существуют способы устранить недостаток, не требующие вмешательства в программу. Первый из них — изменить схему базовой цепи транзистора согласно рис. 3. Для этого придётся разрезать печатный проводник, соединяющий вывод 6 микроконтроллера с базой транзистора, и впаять в

образовавшийся зазор резистор R34, а также уменьшить сопротивление резистора R3. Сумма сопротивлений резисторов R3 и R34 должна быть равной 2 кОм, а их соотношение таким, чтобы напряжение высокого логического уровня на выводе 6 микроконтроллера превысило 2 В. Однако чрезмерно уменьшать сопротивление резистора R3 не следует. Это может привести к перегрузке выхода микроконтроллера по току.

Второй способ — заменить биполярный транзистор VT5 полевым, например 2N7002, подключив его по схеме, показанной на рис. 4, ничего не меняя ни в программе, ни в конфигурации проводников печатной платы. Как известно, входное сопротивление полевого транзистора очень велико, и напряжение высокого логического уровня на его затворе и выводе 6 микроконтроллера останется равным напряжению питания. Нужно только выбрать полевой транзистор с небольшой входной ёмкостью, иначе эта ёмкость не успеет

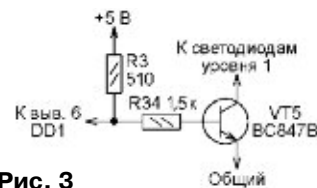


Рис. 3

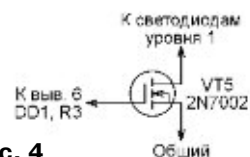


Рис. 4

зарядиться до уровня логической единицы, прежде чем будет выполнена следующая инструкция, и эффект "чтения-модификации-записи" проявится вновь. В этом случае нужно аналогично описанному выше вставить резистор в разрыв печатного проводника, соединяющего вывод 6 микроконтроллера и затвор полевого транзистора. Сопротивление этого резистора может быть около 10 кОм, а резистора R3 остаётся прежним. Вызванная этим небольшая задержка открывания и закрывания полевого транзистора в рассматриваемом случае значения не имеет, поскольку длительность его открытого состояния намного больше (около 2 мс).

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

ДЫМОВ А. Лабораторный блок питания. — Радио, 2016, № 11, с. 16–22.

Об установке компонентов.

Компоненты X1-X4, L1, R31, R38, R46, R47, C2, C3, C28, C36, VD1, VD2, ZQ1, отображённые на рис. 5, устанавливают на обратной стороне печатной платы.

МАМОНТОВ И. Терменвокс "Etherway". — Радио, 2016, № 11, с. 37–40; № 12, с. 40–44.

Рис. 3: R30 — 470 Ом; рис. 6: L2 — 40 мГн.