

Контроллер для светофора

Сергей Шишкин (Нижегородской обл.)

В статье описана плата управления на микроконтроллере AT89C4051, которая реализует алгоритм работы светофора и позволяет задавать временные интервалы включения и выключения его сигналов.

Напомним, что, согласно правилам дорожного движения, перекрёсток – место пересечения, примыкания или разветвления дорог на одном уровне, ограниченное воображаемыми линиями, соединяющими соответственно противоположные, наиболее удалённые от центра перекрестка начала закруглений проезжих частей. Не считаются перекрёстком выезды с прилегающих территорий.

Рассмотрим «классический» перекресток, регулируемый светофором С1 (рис. 1).

Световые сигналы светофора С1 по направлениям 1 и 3 регулируют движение на дороге А, соответственно, сигналы по направлениям 2 и 4 регулируют движение на дороге Б. Временные диаграммы переключения сигналов светофора приведены на рис. 2.

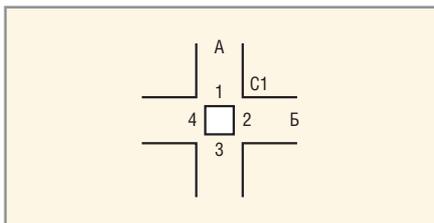


Рис. 1. Схема регулируемого перекрёстка

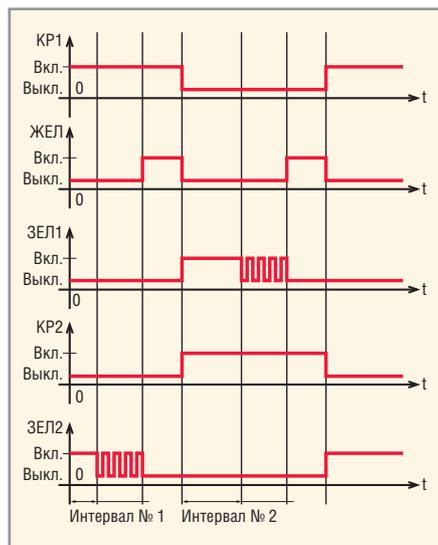


Рис. 2. Временные диаграммы переключения сигналов светофора

Алгоритм работы светофора следующий. Пусть на стороне 1 (на стороне 3) включен красный световой сигнал (КР1). На стороне 2 (на стороне 4) включен зелёный сигнал (ЗЕЛ2). Через заданный интервал времени на стороне 2 включается зелёный мигающий сигнал (на стороне 1 ещё включен красный), затем зелёный мигающий сигнал выключается, и одновременно на обеих сторонах включается жёлтый сигнал (ЖЕЛ). Далее на стороне 1 включается зелёный сигнал (ЗЕЛ1), а на стороне 2 – красный (КР2), и так далее. Обычно зелёный мигающий сигнал, так же как и жёлтый, включается на 3...4 с. Красный и зелёный сигналы включаются на интервалы времени, которые определяются интенсивностью движения и дорожной ситуацией на перекрёстке. В своём городе автор проанализировал работу светофоров на трёх перекрестках и установил, что на первом перекрестке красный сигнал (КР1) включался на 30 с, зелёный (ЗЕЛ1) – на 30 с (направления 1 и 2 выбирались условно); на втором перекрестке эти интервалы времени составляли 20 и 20 с; на третьем – 25 и 20 с соответственно.

Назовём условно интервал включения КР2 (или интервал включения ЗЕЛ1) – интервал № 1. Соответственно, интервал включения ЗЕЛ2 (или интервал включения КР1) – интервал № 2. Вышеуказанные интервалы в устройстве программируются в диапазоне 1...99 с, с дискретностью 1 с.

Принципиальная схема платы контроллера светофора (далее устройства) приведена на рис. 3, интерфейс устройства – на рис. 4. Обозначения элементов на рис. 4 в соответствии с принципиальной схемой показаны условно.

В интерфейс устройства (см. рис. 4) входит клавиатура (кнопки S1 – S4) и блок индикации (дисплей), выполненный на паре двухразрядных цифровых семисегментных индикаторов НG1, НG2. Кнопки клавиатуры имеют следующие назначения:

- S1 (▲) – увеличение задаваемого времени для выбранного интервала (№ 1 или № 2) (с);
- S2 (▼) – уменьшение задаваемого времени для выбранного интервала (№ 1 или № 2) (с);
- S3 (P) – выбор интервала (если включена точка h индикатора НG1.2, то выбран интервал № 2, если включена точка h индикатора НG2.2, то выбран интервал № 1). После нажатия на кнопку S3 заданный кнопками S1 (▲) и S2 (▼) параметр записывается в память данных микроконтроллера;
- S4 (C) – кнопка запуска или останова устройства (старт/стоп).

Разряды индикации интерфейса имеют следующие назначения (см. рис. 4, слева направо):

- 1-й разряд (индикатор НG1.1) индицирует десятки секунд интервала № 2;
- 2-й разряд (индикатор НG1.2) индицирует единицы секунд интервала № 2;
- 3-й разряд (индикатор НG2.1) индицирует десятки секунд интервала № 1;
- 4-й разряд (индикатор НG2.2) индицирует единицы секунд интервала № 1.

Сразу после подачи питания на индикаторах индицируются нулевые значения интервалов № 1 и № 2. Точка h индикатора НG1.2 включена, точка h индикатора НG2.2 выключена. Сначала кнопками S1 (▲) и S2 (▼) устанавливается необходимое значение интервала № 1. После нажатия на кнопку S3 (P) заданное значение интервала № 1 переписывается в память данных микроконтроллера; точка h индикатора НG1.2 выключается, точка h индикатора НG2.2 включается. Аналогично кнопками S1 (▲) и S2 (▼) устанавливается необходимое значение интервала № 2. После нажатия на кнопку S3 (P) заданное значение интервала выключения переписывается в память данных микроконтроллера; точка h индикатора НG1.2 включается, точка h индикатора НG2.2 выключается. После задания вышеуказанных параметров, для запуска необходимо нажать на кнопку S4 (C). Устройство переходит в рабочий режим, точка h индикатора НG1.2 включена.

Кроме того, в устройстве предусмотрен режим, при котором включается

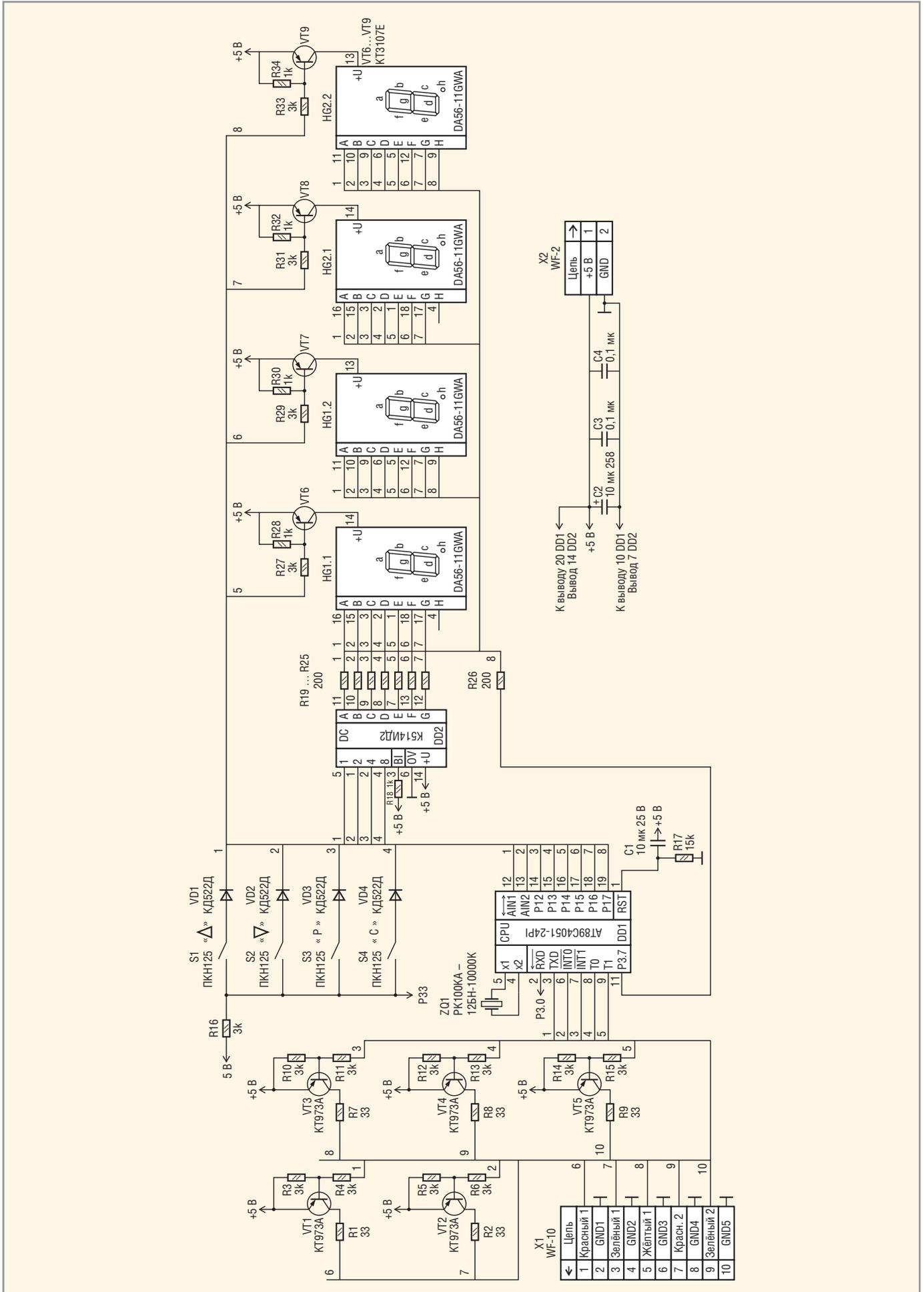


Рис. 3. Принципиальная схема контроллера светофора

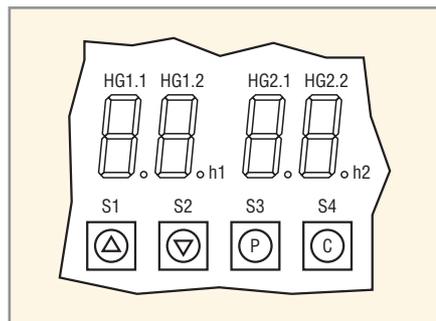


Рис. 4. Интерфейс контроллера светофора

жёлтый мигающий сигнал, а все остальные сигналы выключены. Для перевода устройства в этот режим необходимо сначала нажать кнопку S1 (▲) и только после этого подать питание на плату.

Рассмотрим основные функциональные узлы принципиальной схемы. Устройство выполнено на базе микроконтроллера DD1. Частота его работы задается резонатором ZQ1 на 10 МГц. Клавиатура собрана на кнопках S1 – S4. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 2 (P3.0) микроконтроллера DD1. Ключи, управляющие сигналами светофора, выполнены на транзисторах VT1 – VT5.

Ключ на транзисторе VT1 (KP1) управляется сигналом с вывода 3 микроконтроллера DD1. Ключ на транзисторе VT2 (ЗЕЛ1) управляется сигналом с вывода 6 микроконтроллера DD1. Ключ на транзисторе VT3 (KP2) управляется сигналом с вывода 7 микроконтроллера DD1. Ключ на транзисторе VT4 (ЗЕЛ2) управляется с вывода 8 микроконтроллера DD1. Ключ на транзисторе VT5 (ЖЕЛ) управляется сигналом с вывода 9 микроконтроллера DD1 (жёлтый сигнал светофора включается одновременно на обоих направлениях). Узел динамической индикации собран на микросхеме DD2, транзисторах VT6 – VT9, сдвоенных цифровых семи-сегментных индикаторах HG1, HG2. Сигнал с вывода 11 микроконтроллера DD1 через резистор R26 включает точку h в индикаторах HG1.2, HG2.2.

Алгоритм работы устройства следующий. Сразу после подачи питания необходимо с клавиатуры задать параметры интервалов № 1 и № 2. Эти параметры отображаются на дисплее. Устройство переходит в рабочий цикл сразу после нажатия на кнопку S4 (старт/стоп). Микроконтроллер устанавливает лог. 0 на выводах 3 и 8, при этом открываются ключи на транзисторах VT1 и VT4. Включается KP1 и ЗЕЛ2 (см. рис. 1). Время, отображаемое

на индикаторе HG2 (интервал № 1), декрементируется с каждой секундой. Как только на индикаторе появляется нулевое значение, микроконтроллер с вывода 8 выдаёт четыре импульса с периодом 1 с (ЗЕЛ2 мигает). Далее микроконтроллер устанавливает лог. 1 на выводе 8 и лог. 0 на выводе 9 на 3 с. То есть ЗЕЛ2 выключается, ЖЕЛ включается и будет гореть 3 с. Через 3 с микроконтроллер устанавливает лог. 1 на выводах 3 и 9 и лог. 0 на выводах 6 и 7 (KP1 и ЖЕЛ выключаются, ЗЕЛ1 и KP2 включаются).

Индикатор HG2 снова индицирует первоначальное заданное значение времени, равное интервалу № 1. Далее время, отображаемое на индикаторе HG1 (интервал № 2) декрементируется с каждой секундой. Как только оно станет равно нулю, микроконтроллер с вывода 6 выдаёт четыре импульса с периодом 1 с (ЗЕЛ1 мигает). Далее микроконтроллер устанавливает лог. 1 на выводе 6 и лог. 0 на выводе 9 на 3 с. То есть ЗЕЛ1 выключается, ЖЕЛ включается и будет гореть 3 с. Через 3 с микроконтроллер устанавливает лог. 1 на выводах 7 и 9 и лог. 0 на выводах 3 и 8 (KP2 и ЖЕЛ выключаются, ЗЕЛ2 и KP1 включаются). Индикатор HG1 снова индицирует первоначальное заданное значение времени, равное интервалу № 2. Рабочий цикл завершён. Такие циклы повторяются периодически.

Для остановки работы устройства, как уже упоминалось выше, необходимо нажать на кнопку S4 (старт/стоп), при этом на всех выводах порта P3 микроконтроллера устанавливается лог. 1. Все сигналы светофора выключены.

Программное обеспечение микроконтроллера DD1 обеспечивает реализацию алгоритма работы реле устройства с обратным отсчётом времени заданных интервалов № 1 и № 2, с выводом задаваемых параметров на динамическую индикацию. Таймер TF0 микроконтроллера DD4 формирует запрос на прерывание чрез каждые 310 мкс. Этот таймер играет роль базового счётчика, который определяет время, необходимое для отображения разрядов динамической индикации и задания временных интервалов для включения сигналов светофора в рабочем цикле.

Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 через RC-цепь (R17, C1) формируется сигнал системного аппаратного сброса мик-

роконтроллера DD1. Далее идёт инициализация программы, в которой задаются параметры работы динамической индикации и счётчика для задания временного интервала 1 с. При инициализации на всех выводах порта P3 микроконтроллера DD1 устанавливаются лог. 1. Затем запускается таймер TF0 и разрешается работа устройства по приведённому выше алгоритму. Для работы динамической индикации в ОЗУ микроконтроллера DD1 организован буфер отображения.

Рассмотрим алгоритм работы программы устройства в рабочем цикле. После установки параметров (интервалов № 1 и № 2), с нажатием кнопки S4 (старт/стоп), устанавливается бит, разрешающий работу программы управления ключами. Интервал № 2 задан ранее и отображается на индикаторе HG1. Текущее значение времени, отображаемое на индикаторе HG1, хранится в ячейках EMIN (единицы секунд) и DMIN (десятки секунд). При задании параметров работы устройства, после нажатия кнопки S3 (P) вышеуказанное значение времени переписывается соответственно в ячейки EMINB и DMINB. Интервал № 1 задан ранее и отображается на индикаторе HG2. Текущее значение времени, индицируемое на индикаторе HG2, хранится в ячейках EMIN1 (единицы секунд) и DMIN1 (десятки секунд). При задании параметров работы устройства, после нажатия кнопки S3 (P) вышеуказанное значение времени переписывается соответственно в ячейки EMINB1 и DMINB1. В памяти данных микроконтроллера по адресам 22H – 25H организован буфер отображения для динамической индикации. Младшая тетрада каждого байта в буфере отображения представляет собой двоично-кодированное десятичное число, которое определяет значение разряда, а старшая тетрада определяет номер разряда в динамической индикации. Таким образом, в каждом байте буфера определено значение числа и его место при выводе на индикацию. Каждый байт из функциональной группы в цикле, в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 выводится в порт P1 микроконтроллера DD1. Старшая тетрада байта индикации представляет собой код «бегущий ноль». Таким образом, записывая поочередно в цикле в порт P1 байты из функциональной группы буфера, мы получаем режим динамической индикации. В подпрограмме обработки прерывания

происходит отсчёт одной секунды (счётчик организован на регистрах R1 и R2) и опрос клавиатуры, и лишь затем в порт P1 выводится байт динамической индикации. В регистр R0 записывается адрес ячейки из буфера отображения. При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания регистр R0 инкрементируется. В основной программе происходит декремент заданных интервалов № 1 и № 2 и управление ключами.

Конструктивно светофор состоит из платы интерфейса (см. рис. 3) и сетевой части. В качестве источников света в светофорах применяют, как правило, лампы накаливания или сверхъяркие светодиоды. Схема светильника (сетевой части) для включения лампы накаливания приведена на рис. 5.

В схеме в качестве ключа применено твердотельное реле S202T02. Понятно, что, например, для направления КР1 контакт 1 соединителя X3 (см. рис. 5) через соответствующий жгут нужно подключить к контакту 1 соединителя X1 принципиальной схемы, приведённой на рис. 3. Соответственно, контакт 2 соединителя X3 нужно подключить к контакту 2 соединителя X1.

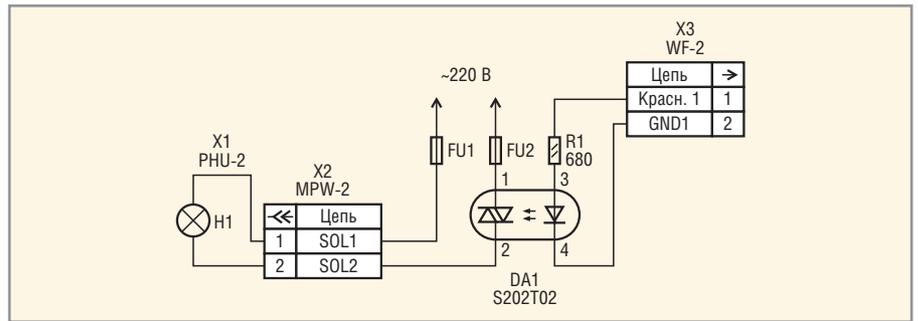


Рис. 5. Схема светильника для включения лампы накаливания

В качестве R1 – R34 в устройстве применены резисторы типа С2-33Н мощностью 0,125 Вт, хотя подойдут и любые другие с такой же мощностью рассеивания и разбросом номинальных значений 5%. С1 – С3 – конденсаторы типа К50-35. С3, С4 – конденсаторы типа К10-17а.

Желательно, чтобы цифровая часть принципиальной схемы устройства была гальванически развязана от сети. На плате управления размещены все элементы интерфейса. У микроконтроллера DD1 и регистра DD3 между цепью +5 В и общим проводом полезно установить блокировочные конденсаторы К10-17-Н90 ёмкостью 0,1 мкФ.

Потребление тока по цепи напряжения +5 В – не более 600 мА. Сдвоенные индикаторы НГ1, НГ2 можно заменить на любые с общим анодом и приемлемой яркостью свечения с максимальным прямым током до 20 мА. В устройстве, как и в любом другом цифровом автомате, нет никаких настроек и регулировок. И если монтаж выполнен правильно, то устройство начинает работать сразу после подачи на него напряжения питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродин В.Б., Шагурин И.И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. М.: ЭКОМ, 1999.
2. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! М.: СКИМЕН, 2002.

