

ОСОБЕННОСТИ ПЕРИФЕРИИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC ОТ MICROCHIP

МЭРИ ТЭН (MARY TAN), инженер по приложениям, Microchip Technology,
УИЛЛЕМ СМИТ (WILLEM SMIT), Microchip Technology,
АЛЕКСАНДРУ ВАЛЕАНУ (ALEXANDRU VALEANU), Microchip Technology

В статье подробно рассматриваются функции, которые обеспечивают периферийные устройства 8-разрядных микроконтроллеров PIC компании Microchip. Приводятся конкретные примеры того, как с помощью модулей операционных усилителей, ШИМ-модулей, часов реального времени и других периферийных устройств в составе МК уменьшить расходы и повысить эффективность конечных систем.

МОДУЛЬ ОУ

Одним из основных элементов аналоговых цепей является операционный усилитель (ОУ), который выполняет две базовые функции – математические операции и усиление входных сигналов. Эту универсальную и широко используемую аналоговую схему можно найти в широком ряду аналоговых и цифровых систем для нормирования и обработки сигналов.

Некоторые микроконтроллеры, например 8-разрядные МК серии PIC от Microchip, оснащаются модулем ОУ, который обеспечивает базовые функции операционного усилителя. При его совместном использовании с другими встроенными интеллектуальными аналоговыми периферийными устройствами, к которым относятся АЦП, компаратор, ЦАП, источник опорного напряжения (ИОН), детектор пересечения нуля, компенсатор угла наклона и программируемый генератор пилообразного напряжения, можно реализовать многие аналоговые приложения. Более того, такие микроконтроллеры упрощают интеграцию аналоговой и цифровой периферии во многие сложные системы.

Модуль операционного усилителя можно реализовать как ОУ с однополярным питанием, что повышает гибкость и надежность решения. В состав 8-разрядных модулей PIC входят ОУ с малым током утечки, у которых величина напряжения смещения калибруется при изготовлении. Выводы ОУ соединены с портами ввода/вывода МК. Размах входных и выходных сигналов ОУ равен размаху напряжению питания. Эти усилители обеспечивают программируемый выбор источников положи-

тельного и отрицательного напряжения. Полоса пропускания усилителей составляет 3 МГц. Выходы ОУ могут быть переведены в третье (высокоимпедансное) состояние. На рисунке 1 представлена структурная схема модуля ОУ из пяти блоков. Не все блоки и функции поддерживаются всеми микроконтроллерами.

У операционного усилителя – высокий коэффициент усиления, два входа неинвертирующий (положительный) и инвертирующий (отрицательный), а также несимметричный выход. В зависимости от конкретного устрой-

ства применяются разные источники напряжения для положительного и отрицательного входов. В их качестве могут использоваться внешние источники, напряжение с которых подается на выводы устройства, или внутренние аналоговые источники, например периферийные блоки микроконтроллера.

Поскольку операционный усилитель работает с цепью обратной связи, ее компоненты должны подключаться к выводам модуля в зависимости от приложения. Эти внешние компоненты, в основном, определяют параметры

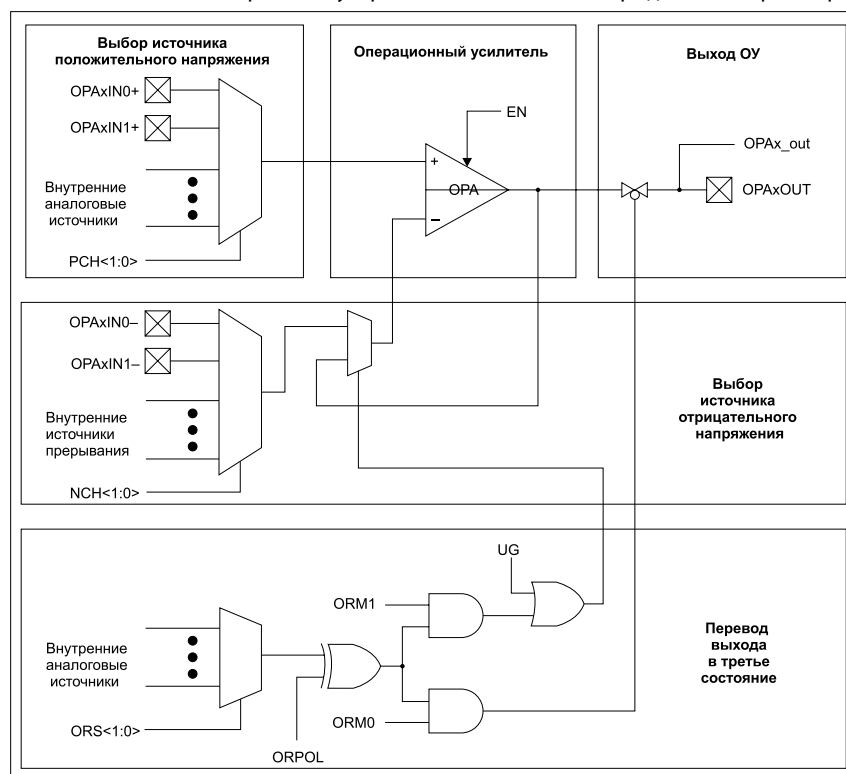


Рис. 1. Структурная схема модуля ОУ

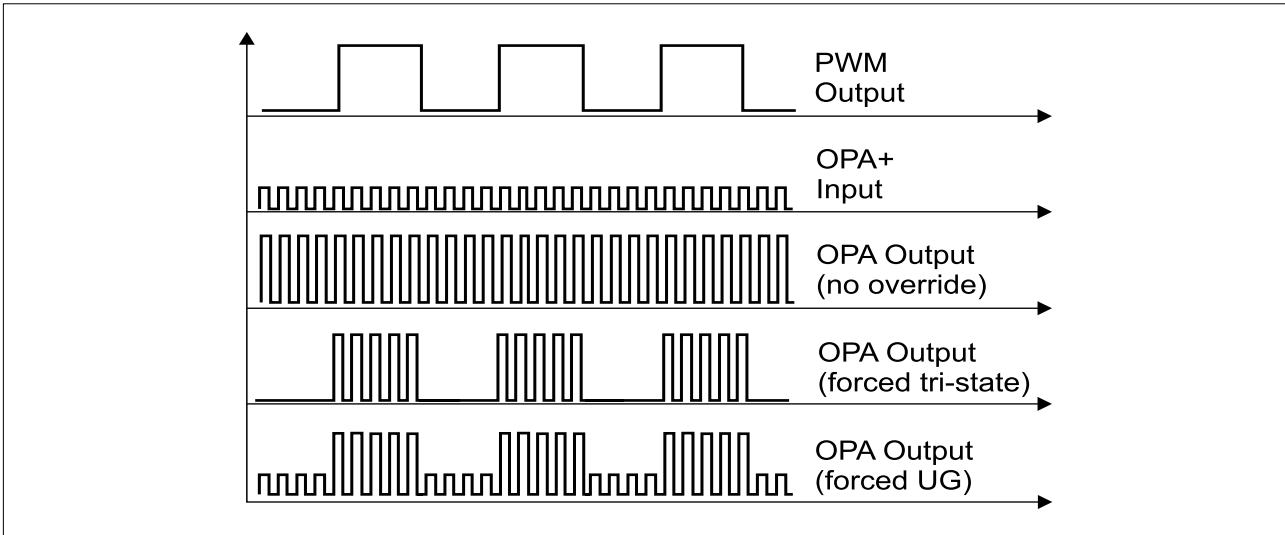


Рис. 2. Выходные сигналы в двух режимах с использованием ШИМ-модуля в качестве источника управления

выходного сигнала модуля. Выходной сигнал снимается с выводов устройства и напрямую подается на другую аналоговую периферию кристалла.

Модуль ОУ может функционировать в режиме единичного усиления, если задать соответствующий бит в регистре. В результате инвертирующий вход внутренне подключается к выходу, что высвобождает вывод для входа и выхода общего назначения.

Несколько микроконтроллеров обладает функцией принудительного перевода выхода ОУ в тристабильное состояние или в режим с единичным усилением. Эти режимы выбираются с помощью соответствующих битов в регистре.

Модуль ОУ работает с полным размахом напряжения, что увеличивает его динамический диапазон. Линейная область находится в диапазоне напряжения $V_{SS}-V_{DD}$. Поскольку микроконтроллеры PIC предназначены для работы

с однополярным источником питания, напряжение V_{SS} , как правило, привязано к земляному потенциалу, что обеспечивает максимальный размах напряжения в пределах $0-V_{DD}$.

Линейная область модуля ОУ находится в диапазоне $V_{DD}-0$. Необходимо, чтобы напряжение входного сигнала не превышало значения V_{DD} и не падало ниже V_{SS} во избежание непредсказуемого поведения микроконтроллера.

Как и стандартный операционный усилитель, рассматриваемый модуль можно сконфигурировать для широкого ряда приложений с помощью таких внешних элементов управления как резисторы, конденсаторы и диоды. Поскольку модуль предназначен для работы в линейной области, необходимо всегда руководствоваться заявленными электрическими характеристиками и придерживаться определенных ограничений, чтобы оптимизировать его работу.

Режим единичного усиления

Некоторым приложениям требуется развязка между последовательными каскадами схемы, что обусловлено вариациями импеданса нагрузки. Схема развязки не потребляет ток из предшествующей цепи, но передает его в последующую цепь. Эта схема также применяется для усиления мощности. При том же напряжении источника с меньшим импедансом достигается более высокая выходная мощность. Операционный усилитель имеет очень высокий входной импеданс и очень малый выходной импеданс, что позволяет с успехом применять это устройство в таких приложениях.

Операционный усилитель можно сконфигурировать так, чтобы он не усиливал и не ослаблял входной сигнал. Этот тип ОУ называют также повторителем напряжения. Буфер с единичным усилением является неинвертирующим

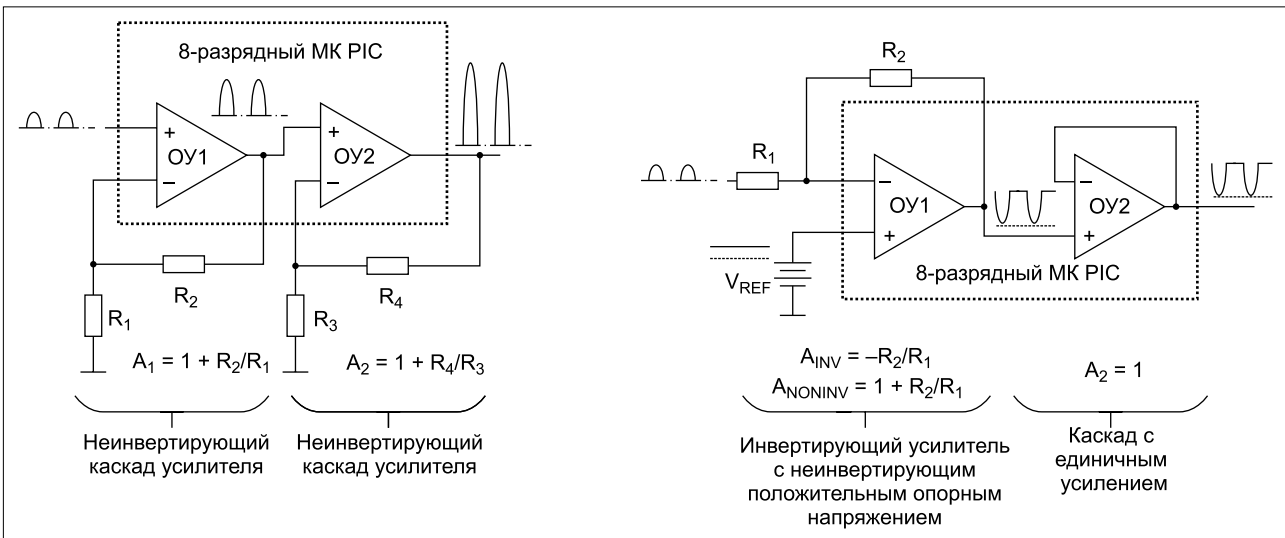


Рис. 3. Две конфигурации с последовательно включенными ОУ

усилителем, выход которого подключен к инвертирующему входу.

В микроконтроллерах PIC модуль ОУ можно сконфигурировать в режиме единичного усиления без дополнительных внешних компонентов, задав соответствующий бит в регистре. При выборе единичного коэффициента усиления выход внутри подключается к инвертирующему входу.

Перевод выхода в третье состояние

Несколько микроконтроллеров могут устанавливать выход усилителя в третье (высокоимпедансное состояние), в котором выходные импульсы с других модулей обеспечивают управление коммутацией выхода ОУ. Для принудительного изменения выходного сигнала используются два упомянутых выше режима – перевод в тристабильное состояние и режим единичного усиления. На рисунке 2 показаны выходные сигналы в двух режимах с использованием ШИМ-модуля в качестве источника управления. Схема перевода выхода в тристабильное состояние представлена на рисунке 5.

Последовательно включенные модули

Микроконтроллер PIC16F1769 от Microchip устанавливает запрограммированное подключение выхода одного ОУ к входу другого ОУ. Эти последовательно включенные модули используются для развязки выхода операционного усилителя от нагрузки. Выходной сигнал этих последовательно включенных модулей зависит, главным образом, от коэффициента усиления отдельных каскадов.

На рисунке 3 показаны две конфигурации схемы с последовательно включенными ОУ. В левой части этого рисунка представлены два неинвертирующих усилительных каскада с высоким КУ. Эта схема используется в высокочастотных приложениях благодаря обратной зависимости между коэффициентом усиления и частотой при КУ ниже –3 дБ. Кроме того, из-за большего сопротивления увеличивается тепловой шум от этих резисторов. Чтобы его устранить, используются последовательно включенные усилители с требуемым КУ.

Схема в левой части рисунка 3, состоящая из инвертирующего усилителя с неинвертирующим положительным опорным напряжением, как правило, генерирует усиленный разностный сигнал между инвертирующим входом и опорным напряжением. В состав этой схемы также входит усилитель с единичным КУ, который обеспечивает развязку между предшествующим каскадом и нагрузкой во избежание нежелательных эффектов.

Модули ОУ, состоящие из последовательно включенных блоков, можно реализовать с помощью встроенного ПО, задав выходное напряжение одного модуля отрицательным или положительное входное напряжение другого модуля. Модуль ОУ легко интегрируется в другие периферийные устройства, исключая необходимость во внешних компонентах в широком ряду приложений.

Формирование сигнала

Одним из наиболее распространенных приложений операционного усилителя является преобразование входного сигнала в соответствии с требованиями последующих каскадов. На рисунке 4 показана базовая схема для преобразования входных сигналов в диапазоне 0,6–1 В в сигналы с напряжением 0–5 В, прежде чем подать их в модуль АЦП. Эта цепь выполняет две функции – масштабирование и смещение уровня.

У модуля ОУ в инвертирующей конфигурации выходной сигнал инвертирован и представляет собой усиленный дифференциальный входной сигнал. Диапазон напряжения выходного сигнала зависит от КУ инвертирующего усилителя. Произведение входного сигнала на коэффициент усиления определяет шкалу напряжения выходного каскада.

Однако поскольку величина масштабированного напряжения 5 В в точности не попадает в диапазон 0–5 В, необходимо осуществить смещение выходного напряжения до заданного значения, добавив положительное опорное напряжение на неинвертирующий вход операционного усилителя.

Чтобы обеспечить величину выходного сигнала с большей точностью, необходимо изменять опорное напряжение. Вместо внешних источников напряжения можно задействовать внутренний источник фиксированного опорного напряжения и модуль ЦАП. Этот источник фиксированного опорного напряжения настраивается так, чтобы на ЦАП подавалось стабильное опорное напряжение, которое затем делится на 512 программно конфигурируемых уровней для подачи на неинвертирующий вход модуля ОУ.

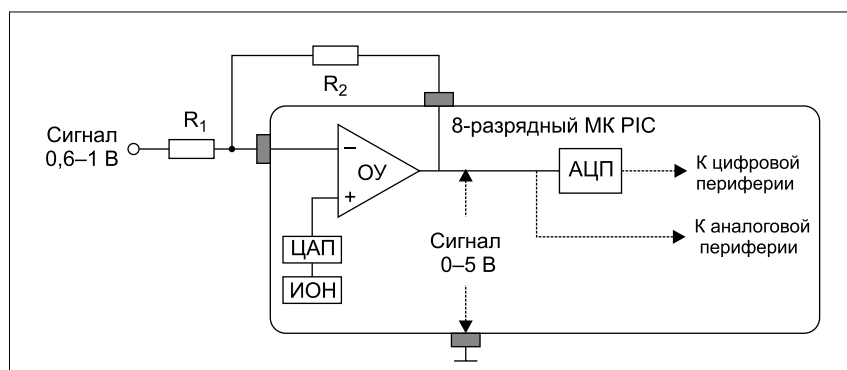


Рис. 4. Формирование сигнала для АЦП

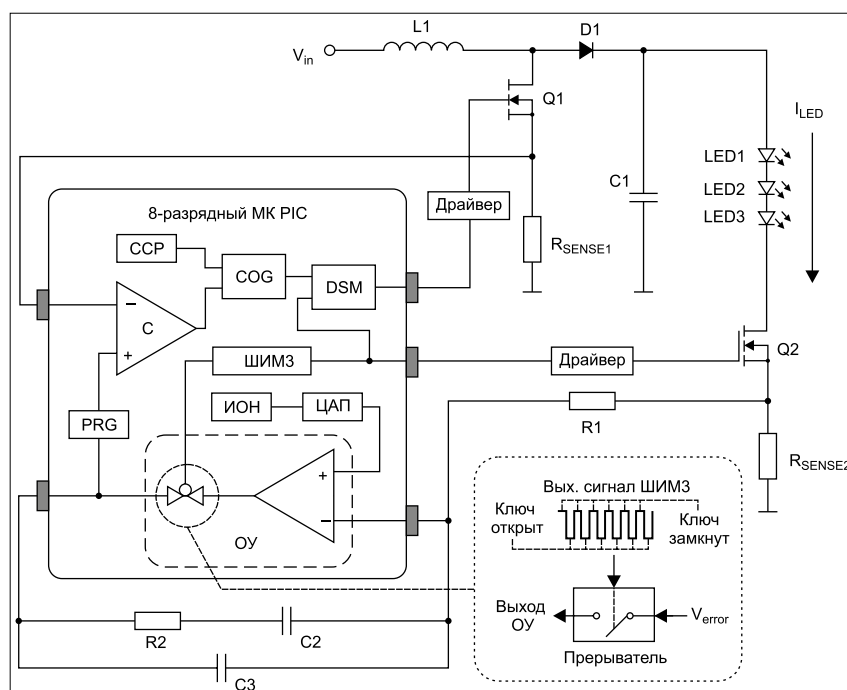


Рис. 5. Схема регулировки яркости светодиодов с ШИМ-модуляцией постоянным током

После того как сигнал был масштабирован и смещен по уровню до требуемой величины, он подается на модуль АЦП для цифровой обработки. Благодаря тому, что с модуля ОУ поступает оптимизированный сигнал, значительно уменьшается размер шагов АЦП, что обеспечивает намного более высокое эффективное разрешение по сравнению с ненормированным сигналом. Выходной сигнал ОУ подается на другие аналоговые периферийные устройства для последующей обработки.

Схема обратной связи светодиода ШИМ-диммера

На рисунке 5 представлен повышающий контроллер в токовом режиме для ШИМ-управления яркостью светодиодного освещения при постоянном токе.

В этой схеме повышающий преобразователь подает постоянный ток на последовательно включенные светодиоды. Поддержание тока постоянным независимо от изменения входного напряжения и суммарного сопротивления светодиодов позволяет сохранить требуемый цвет светодиодного освещения. Как известно, величина тока, главным образом, зависит от коэффициента заполнения выходных импульсов с генератора комплементарных сигналов (COG, ГКС).

Выходной сигнал с этого генератора поступает в монитор сигнала данных и используется для коммутации силового MOSFET Q1 (см. рис. 4). Период коммутации определяется логической схемой управления (модулем ССР), которая является для генератора комплементарных сигналов источником запуска событий по восходящему фронту импульса и компаратором, запускающим события по нисходящему фронту импульса. Модуль ССР настраивается в ШИМ-режиме, чтобы обеспечить фиксированную частоту последовательности импульсов в диапазоне 100–500 кГц.

С другой стороны, компаратор генерирует выходную последовательность, когда напряжение на R_{SENSE1} превышает выходное напряжение программируемого модуля. Входной сигнал поступает в этот модуль с выхода ОУ по цепи обратной связи. Модуль PRG настраивается как компенсатор угла наклона, чтобы нейтрализовать внутренние субгармонические колебания в тех случаях, когда коэффициент заполнения выше 50%.

Модуль ШИМ3 управляет яркостью светодиодов, обеспечивая эффективный средний ток для управления яркостью светодиодов и не влияя при этом на цвет их излучения. 200-Гц ШИМ-сигнал модуля используется для модуляции гене-

ратора комплементарных сигналов, коммутации нагрузки и управления выходным сигналом ОУ. Коэффициент заполнения ШИМ2 определяет коэффициент затемнения светодиодного освещения, который, в свою очередь, обуславливает интенсивность светодиодного освещения. Чем выше коэффициент заполнения, тем больше продолжительность включенного состояния MOSFET Q2 и, следовательно, ярче свет.

Когда выходной сигнал ШИМ3 принимает низкое логическое значение, выход генератора отключается через модулятор сигналов (DSM), Q2 размыкается, и выход операционного усилителя переходит в тристабильное состояние. Модулятор сигналов использует ШИМ3 в качестве источника модуляции, обеспечивая синхронизированную коммутацию с Q2 и выходным сигналом ОУ. Кроме того, он прекращает формирование импульсной последовательности на выходе генератора COG, прежде чем выходные ключи перейдут в нижнее логическое состояние. Выключение ГКС предотвращает возможность появления перенапряжения, а переход ОУ в тристабильное состояние поддерживает светодиодный ток в установившемся режиме.

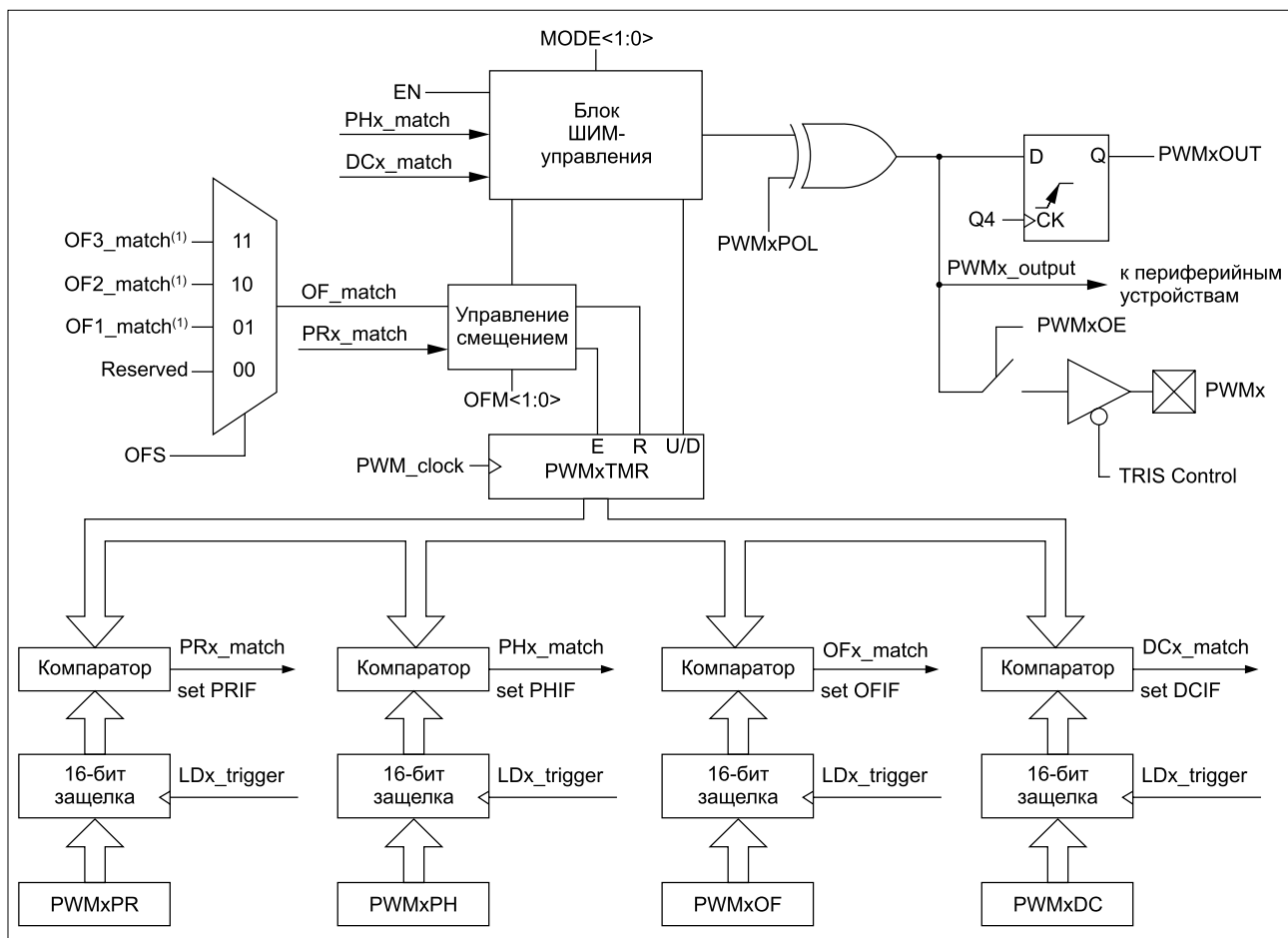


Рис. 6. Структурная схема 16-разрядного ШИМ-модуля

При размыкании ключа Q2 обратная связь исчезает, а выходное напряжение модуля ОУ возрастает до максимальной величины, перезаряжая цепь компенсации. При следующем включении ШИМЗ компенсатору требуется несколько коммутационных циклов для восстановления, когда большой пиковый ток протекает через светодиоды. В результате часто возникают перегрузки по току, что сокращает срок службы светодиодов. В рассматриваемом приложении модуль операционного усилителя настраивается вместе с ШИМЗ как источник прерывания, а выход принимает тристабильное состояние, если у выходного ШИМ-сигнала низкое логическое состояние, что позволяет уменьшить бросок напряжения и предотвратить изменение цвета освещения.

Таким образом, модуль ОУ в 8-разрядных микроконтроллерах PIC не только обеспечивает базовые функции операционных усилителей с однополярным источником питания, но и обладает другими возможностями, которые увеличивают проектную гибкость решений.

ВЫСОКОТОЧНЫЕ ШИМ-МОДУЛИ С РАСШИРЕННЫМ ФУНКЦИОНАЛОМ

ШИМ-модули в некоторых микроконтроллерах оснащены инновационными функциями для использования этих устройств в источниках питания, в системах светодиодного освещения, смещения цветов и управления электроприводами. В указанных приложениях ШИМ-модули позволяют с большей точностью и легкостью изменять фазу, коэффициент заполнения и вести счет операциям смещения. С помощью режимов смещения каждый ШИМ-выход может смещать свой сигнал относительно сигнала любого другого ШИМ-модуля на том же устройстве.

Если ШИМ-выходы не используются в этих высокоточных 16-разрядных ШИМ-модулях, которыми оснащены, например, микроконтроллеры PIC16 от Microchip, эти выходы можно добавить к четырём дополнительным 16-разрядным таймерам общего назначения. У каждого ШИМ-модуля имеется свой таймер, который независимо синхронизируется с помощью одного из трех источников. Кроме того, частоту источника синхронизирующих импульсов для ШИМ-модулятора можно при необходимости разделить с помощью семи предварительных делителей частоты.

Значение таймера сравнивается со значениями регистров событий для генерации ШИМ-сигналов. Четыре 16-разрядных регистра-счетчика позволяют управлять фазой, коэффициентом заполнения, периодом и смещением (см. рис. 6).

ШИМ-режимы

Каждый ШИМ-модуль имеет четыре рабочих режима: стандартный, запуск при совпадении, переключение при совпадении и выравнивание по центру. В стандартном режиме генерируется однофазный ШИМ-сигнал, который создается при сравнении и соответствии значения ШИМ-счетчика со значениями фазы, периода и коэффициента заполнения 16-бит регистров. При совпадении значения регистра-счетчика фазы запускается рабочий цикл, который заканчивается при соответствии значению счетчика коэффициента заполнения.

В режиме запуска при совпадении генерируется выходной сигнал при соответствии значения счетчика фазы значению ШИМ-таймера. Этот выходной сигнал активен до тех пор, пока не очистится значение выходного бита или не отключится ШИМ-модуль.

В режиме переключения при совпадении генерируются 50% рабочего цикла ШИМ-сигнала с периодом, который в два раза превышает величину периода в стандартном ШИМ-режиме. Счетчики фазы определяют количество периодов ШИМ-таймера с соответствующего момента отсчета периода до переключения ШИМ-сигнала.

В режиме выравнивания по центру генерируется ШИМ-сигнал, который центрируется по периоду ШИМ. Этот период в два раза превышает значения регистров-счетчиков PWMxPR. В данном режиме ШИМ-таймер работает, пока его значение не совпадет со значениями регистров PWMxPR, а затем начинается обратный отсчет до нуля. Активный передний и задний фронты ШИМ-сигнала определяются с помощью регистров-счетчиков рабочего цикла.

Режим смещения

Помимо упомянутых режимов у каждого ШИМ-модуля имеются четыре режима смещения, которые позволяют смещать сигнал относительно любого другого ШИМ-модуля. К этим режимам относятся: независимая работа; работа ведомого устройства с синхронным запуском; однократная работа ведомого устройства с синхронным запуском и непрерывная работа ведомого устройства с синхронным запуском и сбросом таймера.

В режиме независимой работы другие ШИМ-модули не влияют на смещение, фазу, коэффициент заполнения и период. В этом режиме ШИМ работает непрерывно, пока имеется возможность (см. рис. 7).

В режиме работы ведомого устройства с синхронным запуском необходимо, чтобы, по крайней мере, два или больше ШИМ-модуля были активными

для создания пары «ведущий–ведомый». В этом режиме ведомое устройство ждет, пока не выполнится условие смещения для ведущего, чтобы начался отсчет.

Как и в предыдущем режиме, при однократной работе ведомого устройства с синхронным запуском также требуется, чтобы активными были два или больше ШИМ-модуля. При этом один из модулей является ведущим, а другой – ведомым. В этом режиме отсчет таймера начинается с заранее выбранного значения и продолжается, пока не совпадут значения периода. Затем ШИМ-таймер ожидает совпадения значения со значением смещения ведущего устройства, после чего цикл повторяется.

В режиме непрерывной работы ведомого устройства с синхронным запуском и сбросом таймера ведомый ШИМ-таймер не начинает отсчет, пока не достигнуто первое соответствие со значением смещения ведущего модуля. Последующие совпадения значений со смещением ведущего модуля сбрасывают значение ведомого ШИМ-таймера до 1, после чего продолжается отсчет (см. рис. 8).

Итак, высокоточный 16-разрядный ШИМ-модуль, которым оснащены микроконтроллеры PIC16 компании Microchip, обеспечивает расширенные функции помимо тех, которые имеются в стандартных ШИМ-модулях.

ЧАСЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Электронные часы, в которых дисплей, время и дата выбираются с помощью двух кнопок, можно создать с использованием часов реального времени и календаря (RTCC). В состав этих схем входит память EEPROM, SRAM, уникальная идентификационная метка времени, сторожевой таймер и модуль обнаружения событий.

Такое устройство как MCP795WXX SPI RTCC от компании Microchip и исходный проект можно реализовать на демонстрационной плате PIC18 Explorer, задействовав установленный на ней ЖКД, доступ к которому осуществляется через шину SPI и кнопки. На рисунке 9 представлена схема с платой PIC18 Explorer и дочерней платой AC164147 SPI RTCC PICtail.

Для доступа к ЖКД с помощью минимального количества выводов используется SPI-интерфейс модуля MSSP1 с 16-бит расширителем системы портов ввода/вывода с SPI-интерфейсом (MCP23S17). Две встроенные кнопки S1 и S2 подключаются к портам ввода/вывода общего назначения RB0 и RA5. SPI RTCC – часть оценочной платы PICtail, которая напрямую под-

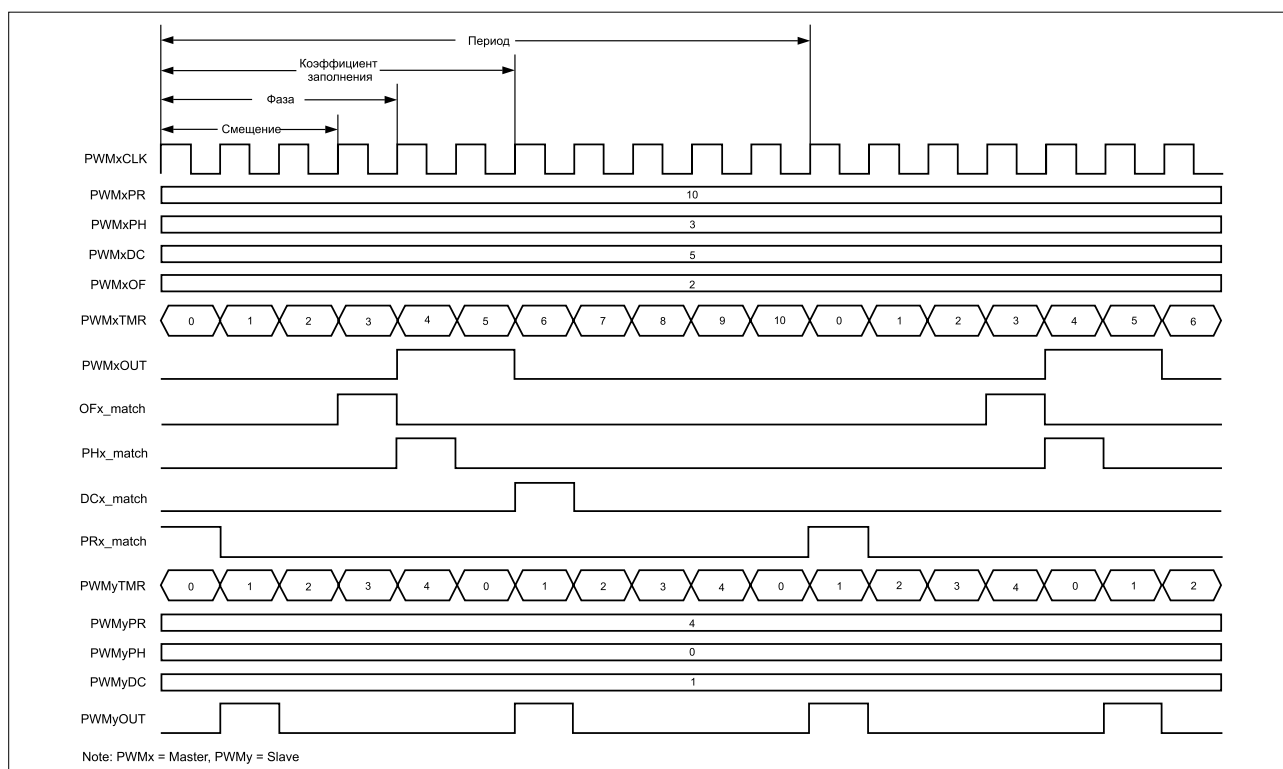


Рис. 7. Временная диаграмма независимого режима работы

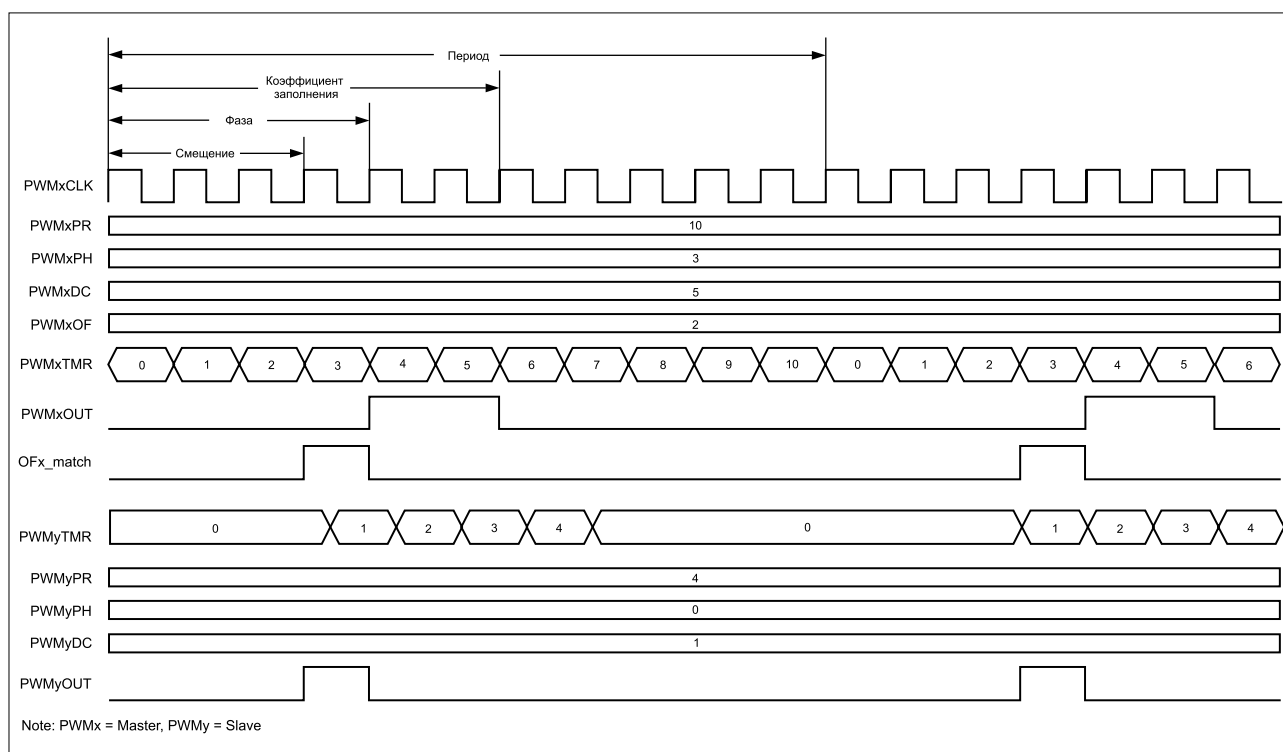


Рис. 8. Режим непрерывной работы ведомого устройства с синхронным запуском и сбросом таймера

ключается к модулю MSSP1 микроконтроллера.

Еще одним необходимым выводом является тот, с которого сигнал CLKOUT блока RTCC поступает на RA4/T0 CKI – тактовый вход счетчика TMR0. Блок RTCC программируется таким образом, чтобы обеспечить прямоугольный сигнал с частотой 1 Гц на выводе CLKOUT. Блок TMR0 программируется как счетчик,

который инициализируется при значении 0xFFFF, обеспечивая программное прерывание каждую секунду. Соединения между SPI RTCC и микроконтроллером реализуются без схемы с открытым стоком и, соответственно, без подтягивающих резисторов. Вспомогательным выводом, представляющим собой выход или входы с открытым стоком, требуются соответствующие подтягивающие

резисторы. Сигнал CLKOUT поступает на вход RA4/T0CKI без повышения и программируется на частоты 1; 4; 16 и 32 кГц.

Плата PIC18 Explorer оснащена микроконтроллером 8F87J11. Код для драйверов и основная функция пишутся на языке C с помощью MPLAB X v2.10 и компилятора XC8 v1.34. Электронные часы могут отображать шесть основных переменных времени и даты на встроенном ЖКД. К ним

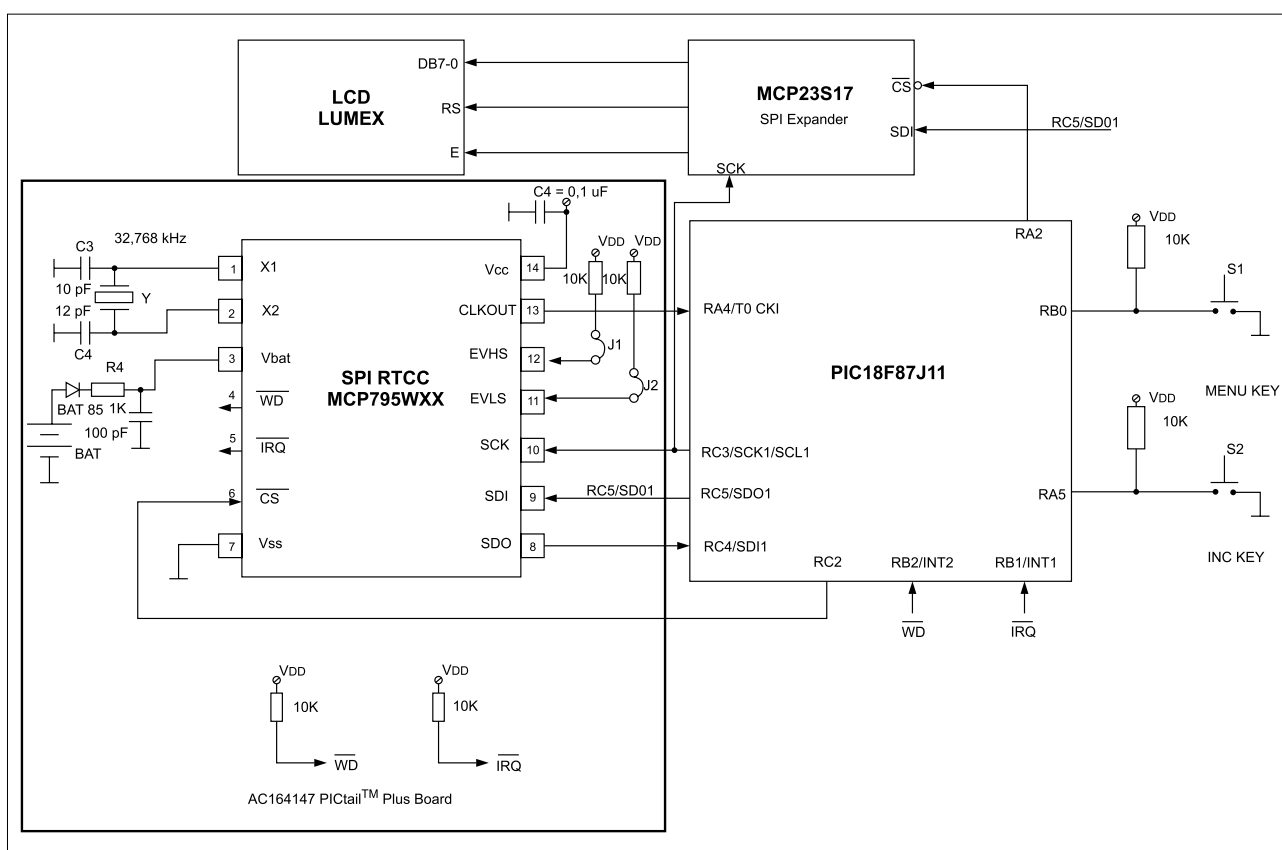


Рис. 9. Принципиальная схема платы PIC18 Explorer и дочерней платы AC164147 SPI RTCC PICtail

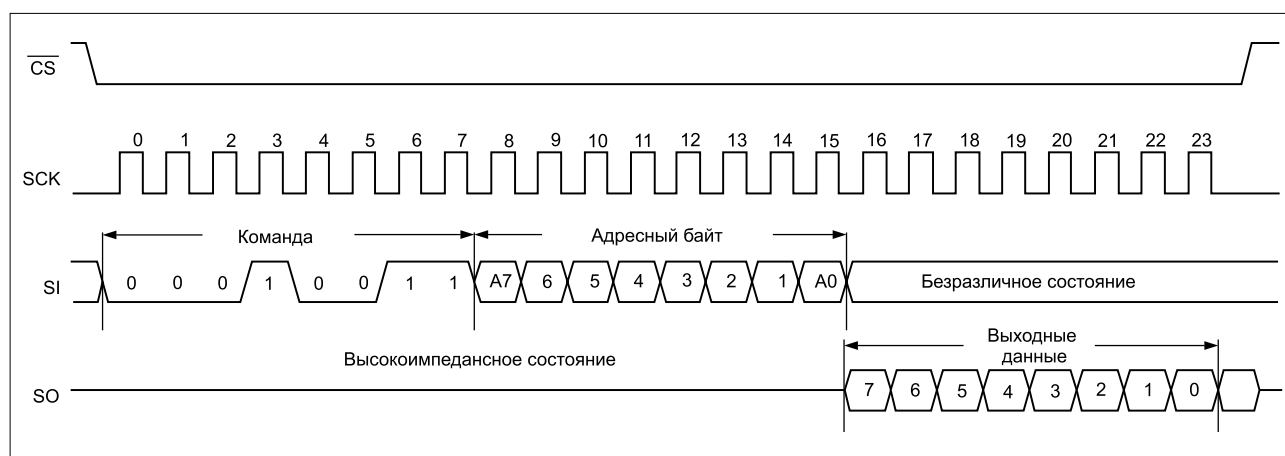


Рис. 10. Последовательность импульсов

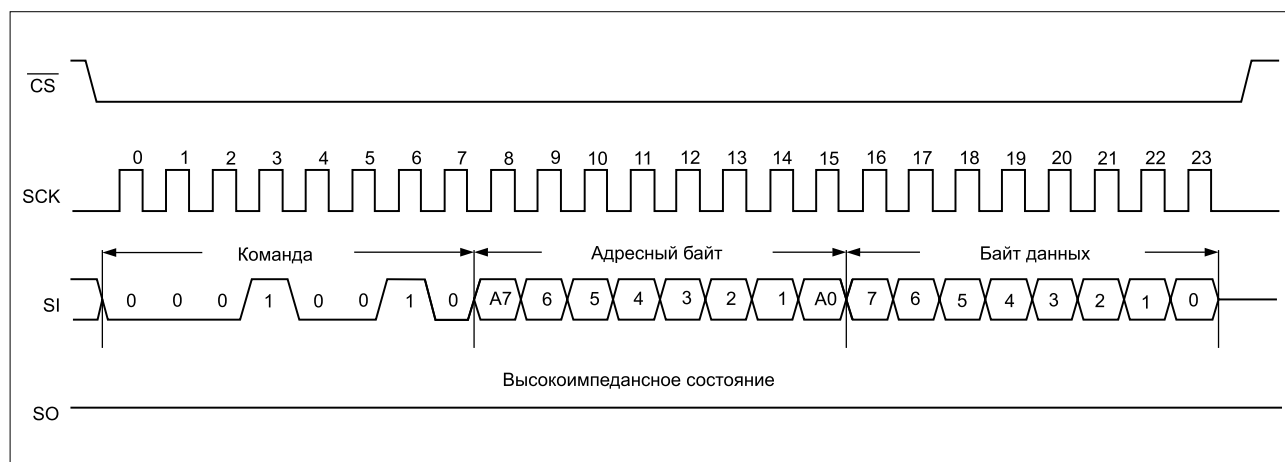


Рис. 11. SPI-последовательность записи

относятся год, месяц, дата, час, минуты и секунды. С помощью соответствующей последовательности задаются те же переменные времени и даты с использованием двух кнопок на оценочной плате: S1 – клавиша меню, а S2 – клавиша приращения. В то же время, код демонстрирует, как настраивать и использовать регистры хранения времени.

Принцип работы

MCP795WXX – ведомое SPI-устройство, подключаемое к SPI-шине микроконтроллера. Выбор микросхемы RTCC осуществляется с помощью вывода GPO. Этот компонент выбирается путем перевода CS в низкое логическое состояние, после чего 8-бит команда чтения передается на MCP795WXX вслед за 8-бит адресом. После корректной отправки команды считывания и адреса данные, сохраняемые в памяти по выбранному адресу, перемещаются на вывод SO. Данные, хранимые в памяти по следующему адресу, считываются последовательно; при этом продолжается подача синхроимпульсов. Внутренний указатель адреса автоматически переходит к следующему адресу после замены каждого байта данных.

Поскольку регистры RTCC отделены от массива SRAM, при чтении набора регистров RTCC адрес возвращается в начало регистров RTCC. Кроме того, при загрузке адреса в массив SRAM внутренний указатель адреса возвращается в начало этого массива. Оператор считывания применяется для чтения массивов в течение неопределенного времени. Операция чтения прекращается путем повышения логического состояния вывода CS. Соответствующая последовательность представлена на рисунке 10.

Поскольку при операциях записи регистров RTCC и SRAM не требуется последовательность WREN, как память EEPROM, на выводе CS можно установить низкое состояние, выдавая команду записи данных вслед за адресом. Поскольку регистрам RTCC и SRAM не требуется цикл записи, весь массив можно записать за одну команду. Если данные необходимо записать в массив, вывод CS переводится в высокое логическое состояние после поступления всего байта. Если вывод CS переведен в высокое логическое состояние в любой другой момент времени, последний байт записываться не станет. На рисунке 11 последовательность записи иллюстрируется подробнее.

Две главные функции электронных часов отображают шесть переменных времени и даты с помощью прерываний микроконтроллера и установки переменных с использованием двух кнопок на плате.

Операция отображения выполняется на встроенном ЖКД в 24-ч формате. Отображение переменных на дисплее в реальном времени осуществляется до тех пор, пока не нажата кнопка меню. Нажатие кнопки приращений не действует на часы, на которых непрерывно отображается время и дата.

Нажатие кнопки меню запускает установочное меню, отключая прерывания. Меню позволяет установить год, месяц, дату, час, минуты и секунды. Переход от одной переменной к другой выполняется с помощью кнопки меню, а пошаговое изменение значения переменной – с помощью кнопки приращения. Последнее нажатие кнопки меню позволяет из него выйти.

Вход в установочное меню не останавливает работу генератора блока RTCC. В конце этой установки обновляются переменные времени и даты. Если пользователь входит в режим установки времени, все переменные записываются в блок RTCC в конце последовательно, даже если их значения не изменились. В этом случае при выходе из меню часы возобновят отсчет времени с того момента, когда был выполнен вход в меню.

Задержки и драйверы

Поскольку контроллеру ЖКД требуется дополнительное время для обработки команд, предусматриваются вспомогательные задержки. Длинные задержки используются для устранениядребезга контактов клавиатуры или как задержки общего назначения. ЖКД-драйверы обрабатывают данные, команды и последовательности при входе в ЖКД. Высокоуровневые функции ЖКД инициализируют или отображают дату и время на ЖКД. В библиотеку входят также глобальные переменные времени и даты.

Драйверы RTCC представляют коммуникации среднего уровня между модулем MSSP1 микроконтроллера PIC18 и SPI RTCC. Соответствующие функции вызывают SPI-драйверы. Более того, эта библиотека определяет все необходимые константы как регистры, адреса и маски. SPI-драйверы обеспечивают низкоуровневую SPI-связь с блоком RTCC и его функциями, а его функции вызываются драйверами SPI RTCC.

Набор драйверов клавиатуры имеет только одну функцию. Она ожидает выбора одной из двух встроенных клавиш: меню и приращения. После завершения выбора микропрограммное ПО обновляет код нажатой клавиши. После выхода из функции значение возвращается, и устраняетсядребезг контактов клавиши; контроль над состоянием клавиши происходит в течение

времени 2×100 мс. Эта функция завершается только после того, как клавиша вернется в исходное состояние.

Прерывания генерируются при переполнении таймера TMR0, который инициализируется при значении 0xFFFF как счетчик. Приращения значений таймера 0 происходит раз в одну секунду при поступлении сигнала CLKOUT с блока RTCC. Функция прерывания вызывает функцию времени отображения, которая считывает шесть соответствующих регистров блока RTCC и присваивает эти значения шести глобальным переменным (год, месяц, дата, час, минуты и секунды). Режим случайного байтового адреса применяется потому, что в некоторых версиях этого приложения используется только подмножество из этих шести переменных. Наконец, функция прерывания отображает шесть этих переменных на встроенном ЖКД.

Конфигурация

Процесс конфигурирования RTCC состоит из двух этапов: инициализации RTCC и настройки регистров хранения времени. Для инициализации блока SPI RTCC в заголовок его драйверов включены две соответствующие функции. Первая из них позволяет включить батарею с помощью бита VBATEN в регистре дня и задать управляющий регистр для отключения сигнала о неисправности и сконфигурировать вывод MFP на выдачу сигнала прямоугольной формы с частотой 1 Гц.

Вторая функция проверяет бит OSCON (регистр дня). Если генератор уже начал функционировать, никаких действий не производится. Если же генератор не работает, время и дата задаются произвольно, и он начинает функционировать.

Чтобы установить значения регистров хранения времени, можно найти последовательность в конце основной функции и обновить значения шести регистров времени и даты с помощью шести соответствующих переменных. Использование регистров хранения времени заключается в чтении и отображении их значений на ЖКД. Эти две операции выполняются с помощью функции отображения времени с частотой один раз в секунду при прерываниях.

Имеются две основные функции для доступа к регистрам RTCC: одна применяется для записи, другая – для чтения. Обе используют адреса регистров внутри зоны SRAM блока SPI RTCC. В базовых функциях чтения и записи различаются только адреса регистров. Чтение используется функцией прерывания. Запись применяется функцией инициализации и в установочной последовательности. ▀