

Микроконтроллеры семейства PIC12C5XX фирмы Microchip Technology, Inc.

Семейство 8-разрядных микроконтроллеров PIC12C5XX фирмы Microchip Technology, Inc. (<http://www.microchip.com>), выполненных по КМОП-технологии фирмы Microchip, представлено высокоэффективными, полностью статическими изделиями невысокой стоимости. Микроконтроллеры размещаются в 8-выводных корпусах и базируются на расширенном семействе PIC16C5X. Они имеют RISC-архитектуру с 33-мя командами, выполняемыми за один цикл, исключая команды перехода, которые выполняются за 2 цикла. 12-разрядные команды являются высокосимметричными и обеспечивают по сравнению с другими 8-разрядными микроконтроллерами этого класса уменьшение объёма программного кода в соотношении около 2:1. Лёгкая в использовании и простая для запоминания система команд значительно сокращает время разработки. Микроконтроллеры PIC12C5XX снабжены специальными средствами, которые снижают стоимость системы и потребляемую мощность. Сброс при включении питания (POR) и таймер сброса устройства (DRT) устраняют потребность во внешней схеме сброса.

Микроконтроллеры доступны в отладочной OTP-версии, подходящей для выпуска продукции в любом объёме.

Микроконтроллеры PIC12C5XX обеспечиваются полнофункциональным макроассемблером, программным симулятором, внутрисхемным симулятором, Си-компилятором, средствами поддержки нечёткой логики, дешёвым программатором для разработки и полнофункциональным программатором. Все инструментальные средства функционируют на IBM PC-совместимых компьютерах. Ниже приведен перечень микроконтроллеров семейства и их характерные архитектурные особенности. В таблице используются следующие условные обозначения:

OTP	—	Однократно программируемый кристалл
ROM	—	Память программ с масочным ПЗУ
EE	—	Электрически программируемая память
WDT	—	Сторожевой таймер

Микроконтроллеры семейства PIC12C5XX

Название	Память программ	OTP/ROM	RAM	МГц	I/O	Таймер	Особенности	Корпус
PIC12C508, PIC12C508A	512×12	OTP	25	4	6	1 + WDT	25 мА втек./вытек. ток, внутренний генератор, ICSP	8P, 8SM, 8JW
PIC12C509, PIC12C509A	1024×12	OTP	41	4	6	1 + WDT	25 мА втек./вытек. ток, внутренний генератор, ICSP	8P, 8SM, 8JW
PIC12CE518	512×12	OTP	25 + 16EE	4	6	1 + WDT	25 мА втек./вытек. ток, внутренний генератор, ICSP	8P, 8SM, 8JW
PIC12CE519	1024×12	OTP	41 + 16EE	4	6	1 + WDT	25 мА втек./вытек. ток, внутренний генератор, ICSP	8P, 8SM, 8JW
PIC12C671	1024×14	OTP	128	10	6	1 + WDT	25 мА втек./вытек. ток, внутренний генератор, АЦП 4 вх., ICSP	8P, 8SM, 8JW
PIC12C672	2048×14	OTP	128	10	6	1 + WDT	25 мА втек./вытек. ток, внутренний генератор, АЦП 4 вх., ICSP	8P, 8SM, 8JW
PIC12C673	1024×14	OTP	128 + 16EE	10	6	1 + WDT	25 мА втек./вытек. ток, внутренний генератор, АЦП 4 вх., ICSP	8P, 8JW
PIC12C673	2048×14	OTP	128 + 16EE	10	6	1 + WDT	25 мА втек./вытек. ток, внутренний генератор, АЦП 4 вх., ICSP	8P, 8JW

Основные особенности микроконтроллеров:

Высокоэффективный RISC-процессор

- Только 33 12-битных команды, обеспечивающие лёгкость обучения
- Все команды выполняются за 1 цикл, за исключением команд перехода, выполняемых за 2 цикла
- Тактовая частота от 0 до 4 МГц, минимальная длительность цикла выполнения команд 1 мкс
- 8-битные регистры памяти данных
- Семь аппаратных регистров специальных функций
- Двухуровневый стек подпрограмм
- Прямые, косвенные и относительные способы адресации для данных и команд
- Внутренний генератор 4 МГц с программной калибровкой
- Программирование на плате

— Программирование бита защиты

Возможности периферии

- до 6 линий ввода-вывода (GP0...GP5)
- 8-разрядный таймер/счётчик (TMR0) с 8-разрядным предварительным делителем
- внешний вход таймера/счётчика (T0CKI)
- Сброс при включении питания (POR)
- Таймер сброса устройства (DRT)
- сторожевой таймер (WDT) с собственным встроенным RC-генератором
- Программная защита кода
- Экономичный (SLEEP) режим
- «Пробуждение» из экономичного режима при изменении состояния на выводах
- Внутренние резисторы к напряжению питания на линиях ввода-вывода
- Выбираемые режимы тактового генератора
 - INTRC: внутренний RC-генератор 4 МГц
 - EXTRC: дешёвый внешний RC-генератор
 - XT: стандартный кварцевый резонатор
 - LP: экономичный низкочастотный кварцевый резонатор
 - внешний источник тактовых импульсов в режимах XT и LP
 - Внутренний резистор к напряжению питания на выводе MCLR

КМОП технология

- Малопотребляющая высокоскоростная технология КМОП ППЗУ
- Полностью статическая архитектура
- Широкий диапазон рабочих напряжений: 2,5...5,5 В
- Низкое потребление по питанию:
 - не более 2 мА
 - 15 мкА (типичное значение) при напряжении питания 3 В и частоте тактового генератора 32 кГц
 - не более 1 мкА (типичное значение) в экономичном режиме (SLEEP)

Приложения

Спектр применения микроконтроллеров семейства PIC12C5XX простирается от приборов персонального мониторинга и охранных систем до маломощных удалённых приёмников/трансммиттеров данных. Технология ППЗУ делает настройку параметров прикладных программ (коды трансмиттера, установки прибора, частоты приёмника и т. д.) чрезвычайно быстрой и удобной. Малый размер корпуса делает микроконтроллеры оптимальными для приложений с ограничениями по размеру устройства. Дешевизна, маломощность, высокая эффективность, лёгкость в использовании и гибкость ввода-вывода делают микроконтроллеры универсальными даже в тех областях, где использование микроконтроллеров раньше не рассматривалось, например, функции таймера, замена периферийной логики и ПЛИС в больших системах, приложения сопроцессора.

Архитектура

Высокая эффективность микроконтроллеров PIC12C5XX объясняется рядом архитектурных особенностей, свойственных RISC-контроллерам. Одним из преимуществ является использование гарвардской архитектуры, при которых шины адреса и данных разделены. Это увеличивает скорость обмена по сравнению с традиционной архитектурой Фон Неймана, при которой программный код и данные разделяют одну шину. Разделение программного кода и данных позволяет использовать разную разрядность для данных и команд. В микроконтроллерах ширина слова программы составляет 12 битов, что позволяет разместить каждую команду в одном слове. Двухступенчатый конвейер позволяет выполнять текущую команду одновременно с выборкой следующей. Он обеспечивает выполнение всех 33 команд за один цикл (1 мкс при частоте тактового генератора 4 МГц), исключая команды перехода.

Микроконтроллеры обеспечивают возможность непосредственной и косвенной адресации программного кода и регистров данных. Все регистры специальных функций, включая счётчик команд, отображаются в память данных. Микроконтроллеры имеют высоко симметричную систему команд, которая обеспечивает выполнение любой операции над любым регистром с использованием любого способа адресации. Этот симметричный характер делает программирование простым и эффективным. Кроме того, значительно уменьшается срок обучения.

Микроконтроллеры содержат 8-разрядное АЛУ, которое выполняет арифметические и логические операции, и неадресуемый рабочий регистр W. В командах с двумя операциями один из регистров — рабочий регистр W. Другой операнд может быть либо регистром данных, либо константой.

Сигнал синхронизации от тактового генератора делится на 4 фазы цикла выполнения команды Q1...Q4, таким образом, частота цикла выполнения команды в 4 раза меньше частоты тактового генератора.

Назначение выводов

Имя	Вывод DIP*	Вывод SOIC*	Тип I/O/P	Тип буфера	Назначение
GPO	7	7	I/O	TTL/ST	Двухнаправленный порт ввода-вывода / вход синхронизации при программировании. Может быть запрограммирован на подключение внутреннего резистора к напряжению питания и на «пробуждение» из экономичного режима при изменении состояния на выводе. В режиме программирования вход буферизован триггером Шмитта.
GP1	6	6	I/O	TTL/ST	Двухнаправленный порт ввода-вывода / линия данных при программировании. Может быть запрограммирован на подключение внутреннего резистора к напряжению питания и на «пробуждение» из экономичного режима при изменении состояния на выводе. В режиме программирования вход буферизован триггером Шмитта.
QP2/ T0CKI	5	5	I/O	ST	Двухнаправленный порт ввода-вывода. Может быть сконфигурирован как вход таймера/счётчика T0CKI.
QP3/ MCLR/ VPP	4	4	1	TTL	Порт ввода / вход очистки (сброса) / вход напряжения программирования. Когда вывод сконфигурирован как MCLR, активным для выполнения сброса является низкий уровень. Напряжение на выводе не должно превышать VDD при выполнении нормальных операций. Может быть запрограммирован на подключение внутреннего резистора к напряжению питания и на «пробуждение» из экономичного режима при изменении состояния на выводе. Если вывод сконфигурирован как MCLR, подключение внутреннего резистора осуществляется жёстко.
GP4/ OSC2	3	3	I/O	TTL	Двухнаправленный порт ввода-вывода / выход кварцевого генератора. OSC2 только в режимах кварцевого генератора XT и LP, в остальных режимах — GPIO.
GP5/ OSC1/ CLKIN	2	2	I/O	TTL/ST	Двухнаправленный порт ввода-вывода / вход кварцевого генератора / вход внешнего тактового генератора. GPIO в режиме внутреннего тактового генератора, OSC1 в других режимах генератора.
VDD	1	1	P	—	Положительное напряжение питания для логики и линий ввода-вывода.
VSS	8	8	P	—	Общий вывод для логики и линий ввода-вывода.

Пояснения: I — вход, I/O — вход/выход, P — питание, TTL — вход TTL, ST — вход с триггером Шмитта.

Память программ

Для устройств с объёмом памяти программ более 512 слов используется страничная организация памяти. Обращение к страницам памяти выполняется с использованием бита PA0 регистра состояния STATUS. Вектор сброса располагается по адресу 0000h. По адресу 01FFh (PIC12C508) или 03FFh (PIC12C509) размещена константа калибровки внутреннего тактового генератора. Это значение никогда не должно изменяться.

Память данных

Для микроконтроллера PIC12C509, имеющего больше 32 регистров данных, память данных разделена на банки. Доступ к банкам данных обеспечивается через регистр выбора файла (FSR).

Вся память данных подразделяется на регистры специальных функций и универсальные регистры. Регистры специальных функций включают в себя регистр 8-разрядного таймера/счётчика TMR0 (01h), регистр счётчика команд PC, представленный младшим байтом PCL (02h), регистр состояния STATUS (03h), регистр выбора файла FSR (04h), регистр константы калибровки внутреннего тактового генератора OSCCAL (05h) и регистр порта ввода-вывода GPIO (06h). Неотображаемые в память данных регистры специальных функций использу-

ются также для управления драйверами выходов (TRIS) и управления предварительным делителем частоты таймера/счётчика и пр. (OPTION).

Регистр состояния STATUS

Регистр состояния содержит информацию о результатах выполнения арифметических операций, состоянии сброса и бит выбора страницы для памяти программ объёмом более 512 слов. Биты регистра состояния имеют следующее назначение:

Флаги регистра состояния

Обозначение	Бит	Функция
C	0	Бит переноса/не заёма (изменяется командами ADDWF, SUBWF, RRF и RLF) ADDWF: 1 — перенос, 0 — отсутствие переноса SUBWF: 1 — отсутствие заёма, 0 — заём RRF — загрузка старшим битом операнда RLF — загрузка младшим битом операнда
DC	1	Бит переноса/не заёма цифры младшего полубайта (изменяется командами ADDWF и SUBWF) ADDWF: 1 — перенос, 0 — отсутствие переноса SUBWF: 1 — отсутствие заёма, 0 — заём
Z	2	Бит нулевого результата 1 — результат арифметической или логической операции нулевой 0 — результат арифметической или логической операции ненулевой
PD	3	Бит экономичного режима 1 — после включения питания или выполнения команды CLRWDT 0 — после выполнения команды SLEEP
TO	4	Бит тайм-аута 1 — после включения питания или выполнения команд CLRWDT, SLEEP 0 — после наступления тайм-аута сторожевого таймера
PA0	5	Выбор страницы памяти программы 1 — страница 1 (200h...3FFh), PIC12C509 0 — страница 0 (000h...1FFh), PIC12C508 и PIC12C509
—	6	Не определён, читается 0.
GPWUF	7	Бит сброса GPIO: 1 — сброс при «пробуждении» от изменения состояния на линии ввода-вывода 0 — после включения питания или после других видов сброса

Регистр состояния может быть операндом любой команды, как и любой другой регистр. Если регистр состояния является операндом в команде, которая воздействует на его биты Z, DC и C, то запись в эти биты заблокирована. Эти биты устанавливаются и очищаются в данном случае согласно логике АЛУ. Кроме того, биты TO и PD предназначены только для чтения. Поэтому результат выполнения команды с регистром статуса как операндом отличается от обычной логики. Учитывая это, рекомендуется для изменения регистра состояния пользоваться только командами BCF, BSF и MOVWF, так как эти команды не воздействуют на биты Z, DC и C.

Порт Ввода-Вывода GPIO

Как и любой регистр, регистр ввода-вывода может быть доступен для чтения и записи. Однако чтение регистра производится независимо от установленных режимов линий ввода-вывода. В регистре используется только 6 младших разрядов, в двух старших всегда читается 0. Следует обратить внимание, что вывод GP3 является только входом. Слово конфигурации может устанавливать для некоторых линий ввода-вывода выполнение альтернативных функций, например, выхода тактового генератора. При выполнении этих функций в бите соответствующей линии всегда читается 0. После сброса все линии ввода-вывода запрограммированы как входы. К выводам GP0, GP1 и GP3 могут быть задано программой подключение внутренних резисторов к напряжению питания. Подключение резисторов программируется битом GPWU регистра OPTION. Кроме того, для них может быть запрограммирована битом GPPU регистра OPTION функция «пробуждения» из экономичного режима.

Регистр управления драйверами выходов TRIS может быть загружен содержимым регистра W посредством выполнения команды «TRIS f». Установка 1 в бите регистра приводит к переходу соответствующего драйвера

выхода в состояние высокого импеданса. Установка 0 приводит к передаче содержимого буферного регистра на вывод.

Таймер / счётчик

Состояние 8-разрядного таймера/счётчика отображается в регистре TMR0. Таймер/счётчик снабжён 8-разрядным программируемым предварительным делителем частоты и может тактироваться от тактового генератора микроконтроллера или внешнего сигнала. При тактировании от внешнего источника программируется направление перепада импульса, на которое реагирует таймер/счётчик.

Режим таймера устанавливается сбросом бита TOCS регистра OPTION в 0. В режиме таймера приращение значения регистра TMR0 происходит каждым циклом выполнения команды, предварительный делитель при этом не используется. При выполнении записи в регистр TMR0 приращение не выполняется в течение двух последующих циклов. Это следует учитывать, записывая в регистр откорректированное значение.

Режим счётчика устанавливается установкой бита TOCS в 1. В этом случае приращение значения регистра TMR0 происходит при изменении уровня сигнала на входе TOCKI. В зависимости от значения бита TOSE регистра OPTION активным является переход от 0 к 1 (TOSE = 0), или от 1 к 0 (TOSE = 1).

Предварительный делитель частоты может быть использован либо счётчиком, либо сторожевым таймером. Очистка бита PSA регистра OPTION программирует использование предварительного делителя счётчиком. Предварительный делитель может быть запрограммирован на коэффициент деления частоты от 1:2 до 1:256 соответствующей установкой битов PS0...PS2 регистра OPTION. При использовании предварительного делителя счётчиком все команды, выполняющие запись в регистр TMR0, приводят к очистке предварительного делителя. При сбросе устройства предварительный делитель также очищается.

Сброс

В микроконтроллерах различаются следующие случаи сброса:

- Сброс при включении питания (POR)
- Внешний сброс в нормальном режиме
- Внешний сброс в экономичном режиме
- Сброс по тайм-ауту сторожевого таймера в нормальном режиме
- Сброс по тайм-ауту сторожевого таймера в экономичном режиме
- Пробуждение из экономичного режима при изменении состояния на выводах

Микроконтроллеры PIC12C5XX включают в себя схему сброса при включении питания, обеспечивающую в большинстве случаев качественное выполнение сброса. Частью этой схемы является таймер сброса устройства (DRT), который тактируется специальным внутренним генератором. При включении питания таймер сброса очищается и устанавливается сигнал сброса системы. После наступления тайм-аута таймера сброса (типовая задержка 18 мс) действие сигнала сброса прекращается.

Сторожевой таймер WDT

Сторожевой таймер тактируется от отдельного встроенного RC-генератора, поэтому он продолжает функционировать и при остановке тактового генератора микроконтроллера, как это происходит при переходе в экономичный режим. Наступление тайм-аута сторожевого таймера вызывает сброс устройства. При сбросе устройства от сторожевого таймера очищается бит TO регистра состояния. При программировании конфигурации можно выключить сторожевой таймер, задав биту WDTE значение 0.

Без использования предварительного делителя типовое значение периода наступления тайм-аута сторожевого таймера составляет 18 мс. Если желателен более длительный период, необходимо использовать предварительный делитель, при этом может быть установлен коэффициент деления до 1:128. Таким образом, максимальное значение периода тайм-аута может достигать 2,3 с. Следует учесть, что период тайм-аута изменяется в зависимости от напряжения питания и температуры кристалла.

Экономичный режим

В микроконтроллерах предусмотрен экономичный режим, обеспечивающий уменьшение потребления по питанию, переход в который вызывается выполнением команды SLEEP. При этом очищается сторожевой таймер, который продолжает работать, бит TO регистра состояния устанавливается в 1, а бит PD сбрасывается в 0, и останавливается тактовый генератор микроконтроллера. Линии ввода-вывода сохраняют состояние, которое они имели до выполнения команды SLEEP. Для минимального потребления энергии внешний вход тайме-

ра/счётчика T0СК1 в это время должен быть привязан либо к напряжению питания, либо к общей шине, а сигнал на входе внешнего сброса (если он разрешён) должен иметь высокий уровень.

«Пробуждение» из экономичного режима наступает в следующих случаях:

- При появлении сигнала низкого уровня на входе внешнего сброса MCLR
- При наступлении тайм-аута сторожевого таймера
- При изменении состояния на входах GP0, GP1 и GP3

«Пробуждение» вызывает сброс устройства. Биты TO, PD и GPWUF могут быть использованы для определения причины сброса. Бит TO очищается при наступлении тайм-аута сторожевого таймера. Бит PD, устанавливаемый в 1 при включении питания, сбрасывается в 0 при переходе в экономичный режим. Бит GPWUF устанавливается в единицу, если в экономичном режиме произошло изменение состояния на одном из входов GP0, GP1 или GP3.

Сторожевой таймер очищается при «пробуждении» из экономичного режима независимо от вызвавшей его причины.

Из книги:

Современные микроконтроллеры: Архитектура, средства проектирования, примеры применения, ресурсы сети Интернет. © «Телесистемы». Под ред. Коршуна И. В.; Составление, пер. с англ. и литературная обработка Горбунова Б. Б. — М: Издательство «Аким», 1998. — 272 с., ил.