

HT48Exx: микрopotребление + MTP-память

Николай РАКОВИЧ
info@chipselect.ru

Микроконтроллеры нового семейства HT48Exx позволяют перепрограммировать память программ до 1000 раз с помощью интерфейса внутрисистемного программирования (ISP) (можно использовать код, написанный для уже используемых микроконтроллеров). Эта возможность быстро и легко изменять программу микроконтроллера в уже выпускаемых изделиях позволяет снизить затраты и время на их модернизацию, а также сократить время разработки новых устройств. Например, код программы можно записать непосредственно перед отгрузкой изделий заказчику.

Серия 8-разрядных микроконтроллеров I/O типа HT48Exx состоит из пяти новых приборов: HT48E06, HT48E10, HT48E30, HT48E50 и HT48E70. Основные характеристики этих микроконтроллеров приведены в таблице 1.

Подробнее параметры микроконтроллеров серии HT48Exx разберем на примере HT48E30.

Микроконтроллер HT48E30, как и остальные приборы этого семейства, представляет собой высококачественный 8-разрядный микроконтроллер с RISC-архитектурой, специально разработанный для управления множеством линий ввода/вывода (рис. 1). Очень небольшое потребление (табл. 2), гибкость при работе с линиями ввода/вывода, внутренний программируемый делитель частоты (PFD) прибора, программируемый для формирования на выходе различных частот, вместе с таймером/счетчиком событий, контроллером прерываний и другими функциями предоставляют разработчикам широкие возможности применения этих приборов в самых различных устройствах. Если сюда добавить еще встроенные таймер и генератор, функции HALT и WAKE-UP, сторожевой таймер, драйвер зуммера и низкую цену,

Микроконтроллеры с однократно программируемой памятью (OTP) широко используются в серийных изделиях благодаря своей надежности, простоте в эксплуатации и дешевизне. Однако программы с течением времени имеют тенденцию, как и «железо», устаревать, а их модернизация для контроллеров с OTP достаточно проблематична. Наиболее простое решение этой проблемы — применение микроконтроллеров с многократно программируемой памятью (MTP) — не всегда подходило из-за разницы в стоимости микроконтроллеров с OTP и MTP. Компания Holtek Semiconductor решила эту проблему, выпустив микроконтроллеры с MTP-памятью, стоимость которых сопоставима с ценами на микроконтроллеры с OTP-памятью.

Таблица 1. Основные характеристики микроконтроллеров HT48Exx

Характеристика	HT48E06	HT48E10	HT48E30	HT48E50	HT48E70
Двухнаправленные линии ввода/вывода	19	19	23	33	56
Многократно программируемая память программ (MTP), бит	1024×14	1024×14	2048×14	4096×15	8192×16
EEPROM память данных, бит	128×8	128×8	128×8	256×8	256×8
ОЗУ данных, бит	64×8	64×8	96×8	160×8	224×8
Рабочее напряжение при $f_{SYS} = 4$ МГц при $f_{SYS} = 8$ МГц	2,2–5,5 В 3,3–5,5 В				
Сброс при снижении напряжения питания	+				
Вход прерывания, совмещенный с линией ввода/вывода	+				
8-битный программируемый таймер/счетчик событий с прерыванием по переполнению и 8-битным предварительным делителем	+				
Встроенный кварцевый и RC-генератор	+				
Сторожевой таймер	+				
Память программ может быть перезаписана 1000 раз	+				
Дифференциальный драйвер зуммера и поддержка внутреннего программируемого делителя частоты (PFD)	+				
Функции HALT и WAKE-UP для пониженного потребления	+				
Двухуровневый стек	+				
Время выполнения команд при частоте 8 МГц и напряжении питания $V_{DD} = 5$ В до 0,5 мкс	+				
Команды манипуляции с битами	+				
14-разрядные команды	+				
63 мощные команды	+				
Перезапись EEPROM памяти данных, раз	10 ⁶				
Время хранения данных в EEPROM памяти при отключенном питании не менее, лет	10				
Выполнение всех команд	1 или 2 цикла				
Поддержка внутрисистемного программирования (ISP)	+				
Корпус	18-контактный DIP/SOP, 20-контактный SSOP	24-контактный SKDIP/SOP	24/28-контактный SKDIP/SOP	28-контактный SKDIP/SOP, 48-контактный SSOP	48-контактный SSOP, 64-контактный QFP

Таблица 2. Рабочие напряжения и токи потребления HT48Exx

Параметр	Условия	Мин.	Тип	Макс.
Рабочее напряжение, В	$f_{SYS} = 4$ МГц $f_{SYS} = 8$ МГц	2,2 3,3	—	5,5 5,5
Рабочий ток, мА (кварцевый генератор), напряжение питания 3 В напряжение питания 5 В	Без нагрузки, $f_{SYS} = 4$ МГц	— —	0,6 2	1,5 4
Рабочий ток, мА (RC генератор), напряжение питания 3 В напряжение питания 5 В	Без нагрузки, $f_{SYS} = 4$ МГц	— —	0,8 2,5	1,5 4
Рабочий ток, мА, напряжение питания 5 В	Без нагрузки, $f_{SYS} = 8$ МГц	—	4	8
Ток в режиме ожидания (сторожевой таймер запущен), мкА	Без нагрузки, система HALT	—	—	5 10
Ток в режиме ожидания (сторожевой таймер остановлен), мкА	Без нагрузки, система HALT	—	—	1 2
Резистор нагрузки, кОм, напряжение питания 3 В напряжение питания 5 В		20 10	60 30	100 50

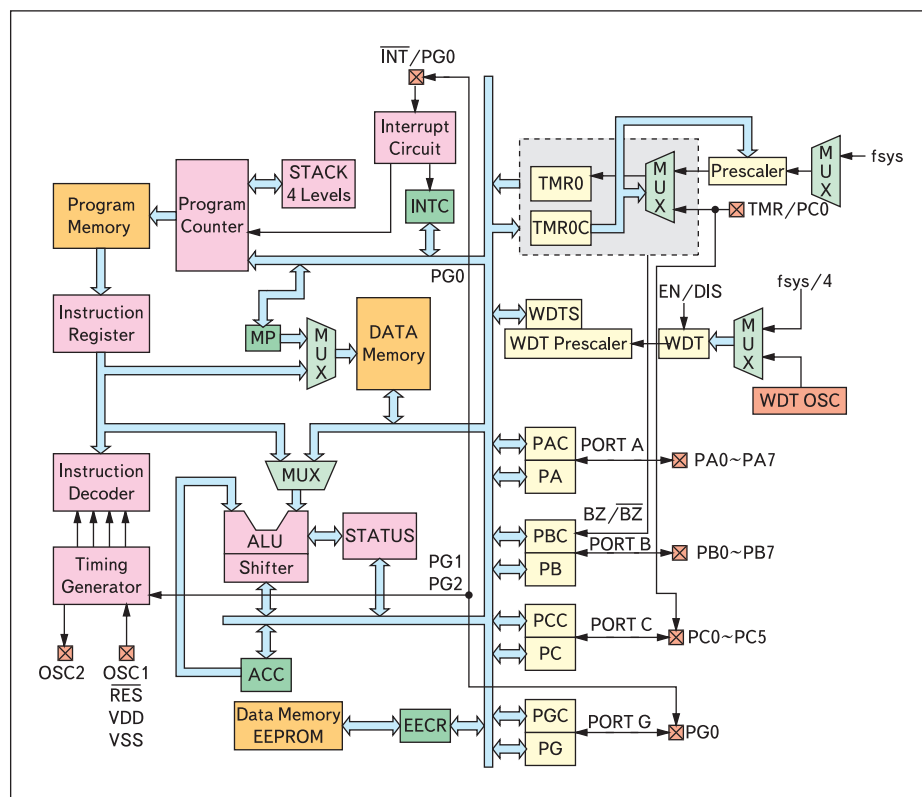


Рис. 1. Блок-схема микроконтроллера серии NT48xx на примере NT48E30

то получается универсальный прибор, почти идеальный для применения в самых различных устройствах — от промышленных систем управления, потребительских товаров до контроллерных подсистем и т. д.

Чтобы не повторяться, остановимся на тех особенностях NT48Exx, которые являются определяющими для этого семейства.

Линии ввода/вывода

Все двунаправленные линии ввода/вывода (23 — для NT48E30) могут работать как на ввод, так и на вывод. Регистры линий ввода/вывода обозначаются от PA до PC и PG и находятся в памяти данных по адресам [12H], [14H], [16H] и [1EH] (для NT48E30). При приеме данных на вход эти порты не работают как защелки, поэтому их содержимое должно быть считано по фронту T2 команды MOV A [m]_ (m=12H, 14H, 16H или 1EH). Регистры работают как защелка при выводе данных, и их состояние не меняется до тех пор, пока не будут записаны новые данные.

Для создания нужной конфигурации ввода/вывода каждая линия имеет собственный регистр управления (PAC, PBC, PCC, PGC), который позволяет динамически конфигурировать структуру ввода (триггер Шмитта) и выхода (КМОП) с или без нагрузочных резисторов программным способом. Если для входа возможны различные варианты структуры, то КМОП-выход является единственным возможным.

По сбросу на линиях ввода/вывода «висят» высокие уровни или они находятся в высокоимпедансном состоянии (в зависимости от нагрузочных резисторов). Доступ к регистрам-защелкам ввода/вывода реализован побитно, и их установка или сброс выполняются по командам SET [m].i и CLR [m].i (m=12H, 14H, 16H или 1EH). Для упрощения труда разработчика некоторые команды начинают работать с входящими данными, а завершают свою работу уже с выходом. Например, команды SET [m].i, CLR [m].i, CPL [m], CPLA [m] считывают состояние порта в микропроцессор, выполняют определенные операции (в побитном режиме), а затем записывают результаты в защелки или в аккумулятор.

Запуск NT48Exx может выполняться по каждой линии порта А. Кроме того, для всех линий ввода/вывода реализована возможность подключения нагрузочных резисторов (побитно): при выборе этой функции на линию ввода/вывода подключается нагрузочный резистор по питанию. Следует отметить, что работа линии ввода/вывода во входном режиме без нагрузочного резистора может привести к высокоимпедансному состоянию.

Для работы с пьезоизлучателем BZ предназначены две линии — PB0 и PB1. Если задан режим сигнала BZ, то при появлении сигнала переполнения от таймера/счетчика событий 0 на выходы PB0/PB1 подается импульсный сигнал звуковой частоты. Эти выходные сигналы управляются только регистром данных PB0. Входной режим при этом остается без изменений.

Для снижения потребления в высокоимпедансном режиме рекомендуется неиспользуемые линии устанавливать как выходные выводы (программным способом).

Память программ

В ИС серии NT48Exx (с возможностью перезаписи до 1000 раз!) хранятся исполняемые команды. Кроме того, в этой памяти находятся данные, таблицы и входы прерываний.

Функционально память программ разбита на несколько блоков (рис. 2).

000H	Программа инициализации
004H	Подпрограмма обработки внешнего прерывания
008H	Подпрограмма обработки прерывания от таймера/счетчика событий
	·
	·
n00H nFFFH	Таблица поиска (256 слов)
	·
	·
700H 7FFFH	Таблица поиска (256 слов)

Рис. 2. Память программ микроконтроллера серии NT48xx на примере NT48E30 (n = 0–7)

Блок с начальным адресом 000H предназначен для инициализации программ. После сброса программа всегда начинает работать с адреса 000H.

В блоке 004H находится программа обслуживания внешнего прерывания. Если на выводе INT появляется активный сигнал, прерывание разрешено и стек не полон, то программа начнет работу с ячейки памяти с адресом 004H.

Программа обработки прерываний от таймера/счетчика событий (при переполнении последнего и разрешении прерывания) запускается с адреса 008H.

Любая часть памяти программ может быть использована для размещения таблицы поиска. По командам TABRDC [m] (текущая страница, одна страница — 256 слов) и TABRDL [m] (последняя страница) содержимое младшего байта передается в специальную память данных, а старшего байта — в TBLH (08H). В таблице жестко определено место младшего байта, остальные биты табличного слова преобразуются в младшую часть регистра TBLH, а оставшиеся 2-битные слова читаются как ноль. Содержимое регистра старшего байта таблицы (TBLH) можно только прочитать, а указатель таблицы (TBLP 07H) работает и на чтение, и на запись. Если основная программа и подпрограмма

обслуживания прерывания (ISR) выполняют команду чтения, то содержимое TBLH в основной программе должно быть изменено командой чтения, используемой в ISR. Однако это может привести к ошибке. Поэтому необходимо избегать одновременного чтения в основной программе и в подпрограмме обработки прерывания. Все табличные команды выполняются за два цикла.

Память данных

Память данных (RAM) делится на две части (неравные): регистры специальных функций и память общего назначения. В основном память полностью доступна для записи/чтения, за исключением нескольких регистров, которые только читаются. Регистры специальных функций аналогичны таким же регистрам микроконтроллеров с OTP, поэтому только перечислим их: регистры косвенной адресации (R0; 00H), таймер/счетчик событий (TMR; 0DH), регистр управления таймером/счетчиком событий (TMRC; 0EH), регистр младшего байта программного счетчика (MP; 01H), аккумулятор (ACC; 05H), указатель таблицы (TBLP; 07H), регистр старшего байта таблицы (TBLH; 08H), регистр состояния (STATUS; 0AH), регистр управления прерыванием (INTC; 0BH), регистр параметров сторожевого таймера (WDTS; 09H), регистры ввода/вывода (PA; 12H, PB; 14H, PC; 16H, PG; 1EH) и регистры управления вводом/выводом (PAC; 13H, PBC; 15H, PCC; 17H, PGC; 1FH). Оставшаяся память до адреса 20H зарезервирована для будущего применения и при чтении всегда дает 00H. Память общего применения с адресом от 20H до 7FH используется для данных и управляющей информации.

С каждой ячейкой памяти непосредственно можно выполнять арифметические, логические операции, а также операции инкремента, декремента и команды циклического сдвига. За исключением нескольких специальных битов, каждый бит памяти данных может быть установлен или сброшен командами SET [m].i и CLR [m].i. Возможна также косвенная адресация через регистры указания памяти (MP).

Доступ к EEPROM памяти данных с организацией 128×8 бит выполняется через трехпроводный последовательный интерфейс с помощью регистра управления EECR (косвенная адресация), расположенного по адресу 40H в банке 1. Для работы с этой памятью используются семь команд: READ, ERASE, WRITE, EWEN, EWDS, ERAL и WRAL с 10-разрядной организацией (1 стартовый бит, 2 бита кода операции и 7 адресных битов).

С целью экономии времени и денег Holtek Semiconductor предусмотрела в ИС серии HT48Exx внутрисистемное программирование для программирования и перепрограммирования микроконтроллера, уже установленного в устройстве. Использование про-

Таблица 3. Трехпроводной интерфейс для внутрисистемного программирования

Вывод	Функция	Описание
PA0	SDATA	Ввод/вывод последовательных данных
PA4	SCLK	Вход тактового сигнала
RES	RESET	Сброс устройства
VDD	VDD	Напряжение питания
VSS	VSS	«Земля»

стого 3-проводного интерфейса (табл. 3) позволяет, таким образом, работать с памятью программ и памятью данных EEPROM непосредственно на кристалле.

Счетчик программ

Счетчик программ управляет последовательностью выполнения команд, которые хранятся в ПЗУ программ, и определяет полный диапазон памяти программ. Его содержимое увеличивается на 1 после выборки кода команды из памяти. При выполнении команд перехода (безусловного и условного), загрузки в регистр PCL, входа и возврата из подпрограммы, инициализации сброса, внутреннего и внешнего прерываний или возврата из прерывания счетчик программ выполняет переход программы загрузкой адреса, соответствующего конкретной команде.

Системный тактовый генератор работает или от кварца или от RC-цепи и формирует 4 отдельные тактовые последовательности, четыре такта которой составляют один цикл команд. Для ускорения выполнения команд применяется конвейерная система, при которой выборка команды выполняется за один командный цикл, а декодирование и выполнение — за второй, что позволяет реально выполнять команду за один цикл. Два цикла на выполнение команды необходимо только в том случае, если команда изменяет содержимое программного счетчика (вызов подпрограммы или безусловный переход).

К вышесказанному следует добавить, что компания Holtek выпускает чрезвычайно мощный и дружелюбный набор средств разработки, в составе которого внутрисхемный эмулятор, интегрированная среда разработки HT-IDE3000, работающая под ОС Windows, программаторы, примеры применения и т. д. Все эти средства разработки являются очень эффективным набором, гарантирующим быструю разработку и отладку прикладных программ. Кроме того, компания Holtek Semiconductor теперь выпускает Starter Kit для этих приборов, которые обеспечивают новичков основными аппаратными и программными средствами. При помощи пяти имеющихся примеров можно быстро ознакомиться с работой и внутренней архитектурой микроконтроллеров для преодоления обычных трудностей и неудач, возникающих при разработке новых устройств. ■