

ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЛЕРОВ СМЕШАННЫХ СИГНАЛОВ PIC16C781(2)

Илья Афанасьев, Алексей Газеев, Константин Елисеев, ООО «Аверон»

Уходят в прошлое полностью аналоговые системы измерения, управления и обработки данных. Современная аппаратура практически целиком состоит из цифровых схем, однако, полностью отказаться от аналоговых элементов удается не всегда. Фирма Microchip начала выпуск микроконтроллеров смешанных сигналов – PIC16C781(2), которые имеют уникальный набор периферийных устройств.

Описываемые контроллеры можно рассматривать как конструктор, из элементов которого разработчиком создается цифроаналоговое устройство, обладающее при этом собственным интеллектом.

Контроллеры смешанных сигналов PIC16C781(2) выпускаются в 20-выводном корпусе. Помимо высокопроизводительного RISC-ядра с 2 (для 782) и 1 (для 781) Кслов памяти программ контроллер содержит также модули: АЦП, ЦАП, два компаратора с входными мультиплексорами, калибруемый операционный усилитель, программируемый импульсный контроллер (PSMC), источник опорного напряжения. Причем необходимые соединения перечисленных устройств можно осуществлять программно внутри кристалла, формируя законченное цифроаналоговое устройство.

Новые контроллеры из цифровой периферии имеют два таймера: один 8-разрядный **Timer0** и один расширенный 16-разрядный **Timer1** с возможностью работы от кварцевого резонатора и внешним входом разрешения счета. Сторожевой таймер **WDT** с собственным RC-генератором теперь может включаться программно для выборочного использования. Раздельные цепи цифрового и аналогового питания позволяют минимизировать цифровой шум в аналоговых цепях. Контроллеры могут работать с тактовой частотой до 20 МГц от внешнего кварцевого резонатора, однако существует и встроенный RC-генератор с возможностью работы с частотой 4 МГц (калиброванной) или 37 кГц. Частоту внутреннего RC-генератора можно переключать программно, изменяя энергопотребление системы; при этом, в отличие от режима SLEEP, контроллер продолжает выполнение программы. При работе от внутреннего генератора высвобождается два вывода, которые могут использоваться как дополнительные порты ввода/вывода.

Для совместного использования с аналоговой периферией в PIC16C78x встроен прецизионный **источник опорного напряжения** ($V_R = 3,072 \text{ В} \pm 0,7\%$), который может быть использован в качестве

опорного напряжения для АЦП, ЦАП или подключен к выводу контроллера.

Модуль **операционного усилителя (ОУ)** может быть использован непосредственно как операционный усилитель или как компаратор напряжения и обладает следующими особенностями:

- переключаемая активная полоса частот;
- входы с малым током утечки;
- наличие модуля автоматической калибровки входного напряжения смещения;
- прерывание по изменению выходного сигнала в режиме компаратора;
- все выводы модуля соединены с линиями ввода/вывода, а также с входным мультиплексором АЦП.

Используя внешние выводы, можно проектировать все типовые схемы на ОУ: усилители, в том числе дифференциальные; сумматоры; преобразователи напряжение – ток и ток – напряжение; активные фильтры и многое другое. При этом диапазон входного напряжения составляет от 0 до ($V_{dd} - 1,4$) В, выходного – от 0,1 до ($V_{dd} - 0,1$) В. Ток короткого замыкания равен 25 мА.

ОУ с обратной связью по напряжению имеет в своем составе ФНЧ для стабильности работы схемы. В PIC16C78x имеется возможность переключать полосу пропускания этого фильтра между 70 кГц и 2 МГц. Такая особенность позволяет в зависимости от задачи изменять потребление схемы: чем меньше полоса – тем меньше потребление ОУ. В приборах с батарейным питанием с использованием низкоскоростных датчиков, таких как сенсоры температуры, влажности, загазованности, для снижения потребления можно выбрать низкую полосу пропускания.

Особенностью ОУ в PIC16C78x является возможность программного включения автоматической калибровки входного напряжения смещения. При

инициализации процедуры калибровки, время которой составляет 300 мкс, выводы ОУ подключаются к внутренним тестовым цепям. После калибровки входное напряжение смещения не превышает $\pm 0,1 \text{ мВ}$.

Модуль **компараторов** включает в себя два независимых компаратора напряжения C1 и C2. Каждый компаратор имеет следующие особенности:

- две задаваемые скорости срабатывания;
- доступность выходного сигнала компаратора на выводе контроллера (состояния выходов отображаются в регистрах для программного использования);
- программируемая выходная полярность;
- наличие флагов прерывания по изменению состояния выходного сигнала;
- возможность выхода из режима энергосбережения SLEEP по изменению состояния выхода;
- возможность формирования обратной связи для модуля PSMC;
- программируемый входной мультиплексор на четыре входа для выбора источника входного сигнала;
- программируемый выбор источника напряжения на положительном входе;
- синхронизация выхода с тактовым входом таймера (Timer1) (только C2).

Подобно ОУ, входное напряжение компараторов ограничено диапазоном от 0 до ($V_{dd} - 1,4$) В. Аналогично выбору ограничения полосы пропускания в операционном усилителе, у компараторов существует возможность выбора времени реакции, которое по умолчанию составляет 75 нс. Для уменьшения потребления можно выбрать время реакции 5 мкс.

В компараторах существует дополнительная возможность управления полярностью выходного сигнала. Это свойство позволяет проводить сравнение в «окне», т.е. использовать один входной сигнал и задавать разные пороги срабатывания для каждого компаратора, меняя у одного из них полярность выхода. В таком режиме, только при нахождении входного уровня в заданном «окне», на выходе обоих компараторов будет наблюдаться одинаковый выходной сигнал.

В режиме формирования обратной связи для PSMC внутренний выход компаратора соединяется с тригге-

ром, формируя сигналы завершения или пропуска выходных импульсов модуля PSMC. Изменение выходной полярности компаратора может потребоваться в схемах с обратной связью по току, в зависимости от способа включения и типа датчика тока.

Обычно установление выходного сигнала в компараторах микроконтроллеров не синхронизировано с тактовой частотой. В PIC16C78x один из компараторов может синхронизироваться с таймером (Timer1) и управлять разрешением его счета.

Контроллеры PIC16C78x стали первыми в линейке продукции Microchip, в которых появился 8-разрядный ЦАП, со временем установки выходного напряжения 5 мкс с точностью 0,5 МЗР. Частота обновления не более 30 кГц.

В качестве опорного напряжения для модуля ЦАП может быть использовано напряжение питания аналоговой части контроллера AV_{dd} , напряжение с внешнего вывода, совмещенного с входом компаратора, или внутренний источник опорного напряжения V_R (3,072 В).

Выходное напряжение ЦАП можно использовать как:

- источник опорного напряжения для модуля АЦП — возможность оперативно изменять дискретность измерения или формировать нелинейную передаточную функцию АЦП;

- источник опорного напряжения для компараторов — изменять порог срабатывания;

- аналоговый выход для взаимодействия с внешними устройствами (вывод порта RB1).

Особенностью АЦП в контроллерах PIC16C78x стало то, что в качестве опорного напряжения можно использовать не только напряжение питания или внешний источник, но и внутренний прецизионный источник опорного напряжения V_R на 3,072 В или напряжение с выхода ЦАП.

АЦП имеет 8 внешних и 2 внутренних измерительных канала. Внешние измерительные каналы могут быть подключены к входам и выходам операционного усилителя, входам компараторов, а также к выходам ЦАП и ис-

точника опорного напряжения V_R , которые являются и внутренними каналами измерения и позволяют осуществлять калибровку или проверку работоспособности АЦП.

Наличие 8-разрядного АЦП с точностью 0,5 МЗР и временем преобразования до 16 мкс позволяет осуществлять качественные измерения, однако с помощью аналоговой периферии контроллера PIC16C78x возможно проводить измерения и с большей разрядностью. Один из методов — создание программируемого входа смещения входного напряжения для АЦП с использованием ОУ и ЦАП (см. рис. 1).

При равенстве сопротивлений резисторов R_1 и R_3 , R_2 и R_4 выходное напряжение ОУ пропорционально разнице входного напряжения и напряжения с выхода ЦАП.

Усиленное операционным усилителем напряжение внешнего источника подается на вход АЦП. При выходе измеряемого напряжения за края диапазона с помощью ЦАП смещается уровень входного сигнала, удерживая выход ОУ в допустимых пределах. В результате схема смещает часть большого входного напряжения в пределы измерения существующего АЦП. Ошибка измерения зависит от точности задания коэффициента усиления и точности ЦАП и может быть легко компенсирована программными методами.

Возможны и другие способы повышения разрядности измерений. Так, используя только периферию контроллера, можно построить преобразователь напряжение — частота или АЦП двойного интегрирования.

Модуль программируемого импульсного контроллера (PSMC — Programmable Switch Mode Controller) совместно с модулями компараторов, ОУ и ЦАП предоставляет разработчику возможность реализации импульсной системы управления с обратной связью. С помощью модуля PSMC возможно построение гибких, программно контролируемых систем управления импульсными источниками питания; регуляторами тока, скоростью вращения двигателей постоянного тока; управления элементами силовых схем и драйверами мощных передатчиков ИК-сигналов.

Выход модуля PSMC позволяет работать как в однотактном, так и в двухтактном режиме, при этом полярность выходных сигналов может быть выбрана программно. Контроллер PSMC генерирует выходные импульсы на основе аналоговой обратной связи, сигнал которой вырабатывается модулем компараторов, позволяющим организовать: — одно- или двухконтурную систему обратной связи;

- программный выбор опорного напряжения;

- программное задание полярности.

Модуль PSMC может быть запрограммирован либо на работу в режиме широтно-импульсной модуляции (PWM — Pulse Width Modulation), либо на работу в режиме с пропуском импульсов (PSM — Pulse Skip Modulation).

В режиме PWM частота следования выходных импульсов постоянна, изменяется величина рабочего цикла (коэффициент заполнения). В этом режиме можно запрограммировать рабочую частоту от 289 Гц до 1,25 МГц, минимальное (0; 12,5; 25 или 37,5%) и максимальное (50; 62,5; 75 или 93,75%) значение рабочего цикла.

В режиме PSM реализуется двухпозиционный принцип регулирования, при котором сигнал обратной связи разрешает или запрещает появление выходного импульса в каждом периоде. В этом режиме программируются рабочая частота и величина рабочего цикла (12,5; 37,5; 62,5 или 93,75%).

Одно из применений модуля PSMC — построение системы управления импульсным источником питания. Такой источник после инициализации будет функционировать, не загружая ядро контроллера, оставаясь под его полным управлением, при этом свободные выводы контроллера могут использоваться для других пользовательских задач. Модуль позволяет создавать различные типы преобразователей — это могут быть как одно-, так и двухтактные схемы. Разработчик может выбрать наиболее подходящий метод регулирования — пропорциональный (PWM) или двухпозиционный (PSM), задействовать обратную связь по напряжению или по току. Возможна программная реализация плавного пуска преобразователя, регулировки выходного напряжения изменением опорного напряжения (с помощью ЦАП), включения/выключения преобразователя. В однотактных схемах (см. рис. 2) свободный выход PSMC может использоваться для коррекции крутизны пилообразного напряжения, позволяя увеличить стабильность петли обратной связи при значениях рабочего цикла более 50%.

В PIC16C78x введены дополнительные функции **контроля питания**. На этапе программирования в конфигурационном слове можно выбрать уровень порога сброса из следующего ряда значений: 2,5; 2,7; 4,2 и 4,5 В. Ниже этого порога контроллер гарантировано находится в состоянии сброса. Еще один примечательный модуль — **детектор пониженного напряжения**: пользо-

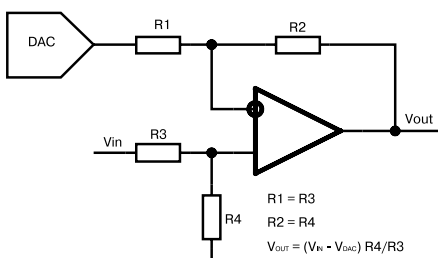


Рис. 1. Повышение разрядности АЦП с помощью ЦАП и ОУ

ватель в программе может задать порог напряжения из 11 значений в диапазоне 2,5...4,5 В так, что при снижении питания ниже заданного порога произойдет прерывание, по которому можно еще до наступления сброса отключить потребители энергии, сохранить критичные параметры во внешней энерго-независимой памяти, переключиться на резервный источник питания, снизить тактовую частоту и т.д.

Из-за большого разнообразия периферийных устройств контроллеров PIC16C78x при первоначальном освоении возможны трудности в правильной инициализации, преодолеть которые может помочь программа, входящая в комплект демонстрационной платы PICDEM MSC1 (<http://www.microchip.com/1010/pline/tools/picmicro/demo/pcdmmsc1/index.htm>). С помощью этой программы можно сконфигурировать все периферийные узлы микроконтроллера и создать ассемблерный файл инициализации.

В любой системе, будь то импульсные источники питания, регуляторы технологических процессов или датчики физических величин, существуют аналоговые элементы. Благодаря контроллерам из новой серии PIC16C78x, эти устройства можно выполнить, используя только

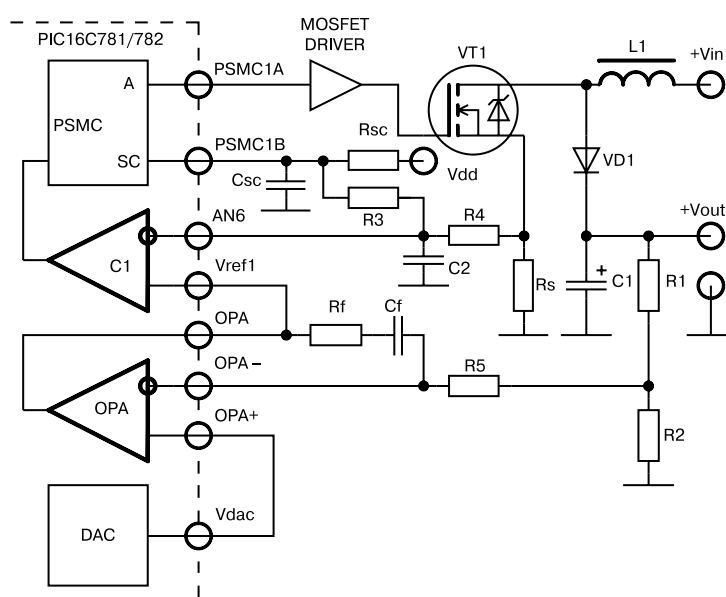


Рис. 2. Пример построения повышающего преобразователя с широтно-импульсной модуляцией, обратной связью по току и коррекцией крутизны пилообразного напряжения

одну микросхему, создать гибкую конфигурируемую аналого-цифровую систему, уменьшить количество элементов на плате, а значит, повысить надежность системы в целом и снизить себестоимость.

В рамках одной статьи невозможно рассмотреть все разно-

образие технических характеристик контроллеров семейства PIC16C78x и области их применения. Более подробно ознакомиться с некоторыми примерами использования можно в статье AN823 «Analog Design in a Digital World Using Mixed Signal Controller».

