

КОНТРОЛЛЕРЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ И ВЫКЛЮЧЕНИЯ ПИТАНИЯ

СТАН Д'СУЗА (STAN D'SOUZA), технический сотрудник, Microchip Technology

В статье рассматривается реализация контроллера питания в приложениях, в которых компонентам требуются разные уровни питающего напряжения.

Контроллеры питания, как правило, используются в сложных платах в тех случаях, когда требуется, чтобы несколько источников питания работало в заданной последовательности. Эту схему легко реализовать с помощью небольшого микроконтроллера, который можно модифицировать для управления меняющимся числом модулей напряжения в разных системах.

Последовательная подача напряжения питания разного уровня не должна вызывать конфликтов между запрашиваемыми компонентами, и все блоки должны работать корректно. Процесс выключения системы тоже осуществляется в заданной последовательности. Последовательности включения и выключения программируются на основе заданного временного режима.

Рассмотрим, например, четырехканальный контроллер питания, который работает с четырьмя уровнями напряжения: 5,0; 3,3; 2,5 и 1,8 В. Каждый из этих уровней устанавливается с помощью силового модуля, у которого, как правило, имеется пять выводов.

У пользователей имеется возможность задействовать больше четырех силовых модулей. Число силовых модулей, достигающих десяти как максимум, выбирается в зависимости от конкретных нужд. В рассматриваемом приложении был выбран микроконтроллер PIC16F1509 с усовершенствованным ядром от Microchip. В качестве периферийных устройств были задействованы GPIO, timer1, АЦП, I²C и блок ШИМ.

Силовые модули предлагаются на рынке с уже заданными параметрами – определенным током и мощностью. В рассматриваемой схеме используется силовой модуль VRAE-10E1A0 от BEL Power Products. У каждого силового модуля имеются пять выводов: входного напряжения (V_{IN}), выходного напряжения (V_{OUT}), земли, Enable и регулирования (trim) выходного напряжения. Сигнал на выводе Enable находится в высоком логическом состоянии; при активированной функции Enable на выводе выходного напряжения появляется выходное напряжение силового модуля. Вывод регулировки с соответствующим резистором R_{TRIM} задает требуемое выходное напряжение.

Напряжение на выводе регулировки, как правило, составляет 0,591 В. Напряжение по постоянному току на этом выводе также позволяет системе осуществлять регулирование напряжения нагрузки V_{OUT} . В рассматриваемой схеме напряжение по постоянному току формируется с помощью RC-фильтра,

который выделяет постоянную составляющую, поступающую с ШИМ-управляемой цепи. Кроме того, напряжение по постоянному току может подаваться с этого вывода с использованием постоянных резисторов, подключенных к земле. В этом случае исключаются ШИМ-управление и соответствующее аппаратно-программное обеспечение.

ВКЛЮЧЕНИЕ ПИТАНИЯ

Микроконтроллер PIC16F1509 с собственным RC-генератором, работающий при напряжении 5,0 В с производительностью 4 MIPS, управляет последовательностью включения питания. Эта последовательность инициируется с помощью команды интерфейса I²C путем нажатия кнопки.

Каждый силовой модуль последовательно запускается через заданный интервал времени в диапазоне 1–16393 мс (16,4 с) с точностью 1 мс. Например, первый силовой модуль может включиться через 10 мс после команды пуска; вслед за ним через 25 мс запускается второй модуль, четвертый модуль – через 200 мс, а третий – через 1000 мс. Каждый из них запускается в соответствии с заданным значением времени, которое является 14-бит целым числом без знака. Значения временных интервалов записываются в память МК. Каждое значение сравнивается со значением таймера, которое постоянно увеличивается на одну миллисекунду. При совпадении значения таймера с заданным значением пуска включается соответствующий силовой модуль.

Пользователь задает регулирование времени включения и выключения и сохраняет выбранные значения во флэш-памяти микроконтроллера. Запустить и остановить последовательность включения и выключения можно с помощью последовательного графического пользовательского интерфейса I²C. При включении силового модуля активируется соответствующий выходной ШИМ-сигнал. Отслеживание величины выходного напряжения V_{OUT} осуществляется с помощью АЦП микроконтроллера. Коэффициент заполнения ШИМ-сигнала соответствует значению 8-разрядного ЦАП для силового модуля. Пользователь может менять это значение с помощью графического интерфейса или микропрограммного обеспечения.

Напряжение на выходе Trim создается с помощью резистора R_{TRIM} и выходного напряжения ШИМ-сигнала с микроконтроллера: ШИМ-сигнал отправляется в RC-фильтр, создавая напряжение ЦАП; падение этого напряжения на резисторе R_{TRIM} обеспечивает напряжение на выводе Trim силового моду-

ля. Выходной сигнал этого модуля отслеживается с помощью 10-разрядного АЦП микроконтроллера.

16 измеренных значений напряжения каждого силового модуля усредняются, давая в результате 14-разрядное значение. Используются только старшие восемь битов этого значения, определяя величину опорного напряжения V_{OUT} каждого силового модуля. Опорное напряжение АЦП V_{DD} равно 5,0 В.

Например, если выходное напряжение силового модуля составляет 2,5 В, точность измерения равна $(2,5 \text{ В}/5,0 \text{ В})/256 = 1,95 \text{ мВ}$. Все значения выходного напряжения постоянно контролируются, чтобы установить их соответствие заданным значениям. Если напряжение силового модуля не находится в заданном диапазоне, поступает сигнал отказа, и система автоматически выключается.

ВЫКЛЮЧЕНИЕ ПИТАНИЯ

Микроконтроллер управляет программируемой последовательностью выключения четырех источников питания. Эта последовательность инициируется при поступлении команды с интерфейса I^2C , при наступлении любого условия отказа силовых модулей или при непредусмотренном изменении входного напряжения, а также при нажатии кнопки. Каждый силовой модуль последовательно выключается через заданный интервал времени в диапазоне 1–16393 мс (16,4 с) с точностью 1 мс. Например, четвертый модуль может выключаться через 20 мс после поступления команды «стоп»; через 25 мс отключается второй модуль, третий модуль – через 200 мс, а первый – спустя 1000 мс.

Каждый силовой модуль выключается в соответствии с заданным значением времени, которое является 14-бит целым числом без знака. Это значение, не зависящее от величины времени включения, сравнивается со значением 16-разрядного счетчика, которое постоянно увеличивается на одну миллисекунду. При их совпадении выключается соответствующий силовой модуль.

Значения времени выключения определяются пользователем и сохраняются во флэш-памяти. При возникновении условия отказа в выключении питания автоматически инициируется новая последовательность его включения в зависимости от числа повторных попыток, определяемого пользователем. Как правило, пользователь устанавливает две или три попытки. Если все они оказались неудачными, система выключается, и отправляется сигнал о наступлении условия отказа.

С помощью пользовательского графического интерфейса I^2C можно установить причину отказа силового модуля или непредусмотренного изменения входного напряжения. Пользователь выполняет соответствующую коррекцию, чтобы устранить условие возникновения отказа и перезапустить систему с использованием команды I^2C или графического интерфейса, а затем повторно инициировать последовательность включения питания.

МИКРОКОНТРОЛЛЕР

Поскольку в рассматриваемом случае задействованы четыре канала силовых модулей, требуются, по крайней мере, четыре линии ввода/вывода, осуществления функций активации и перевода в неактивное состояние. Кроме того, необходимо задействовать четыре канала АЦП, четыре выходных ШИМ-сигнала и две линии I^2C . Для выборки входного напряжения используется дополнительный канал АЦП, выводы MCLR, V_{DD} , V_{SS} и программирования. Всего их 20. На рисунке 1 показана структурная схема этой системы.

На микроконтроллер подается напряжение питания 5,0 В с 5-В стабилизатора. Внутренний 16-МГц RC-генератор управляет ЦП с производительностью 4 MIPS. Аппаратное и микропрограммное обеспечение можно модифицировать

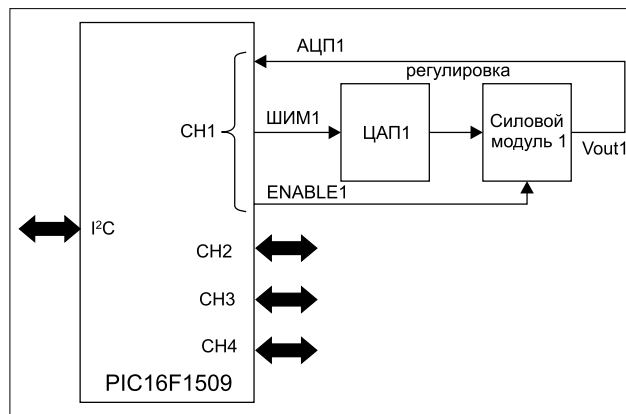


Рис. 1. Структурная схема системы

для управления силовыми модулями, число которых достигает 10. При необходимости использовать больше модулей потребуются больше портов ввода/вывода и микроконтроллер с большей производительностью.

Требования к регулированию напряжения с помощью вывода Trim тоже корректируются. При необходимости регулировки силовых модулей с помощью только внешнего резистора не требуется напряжение ЦАП и соответствующий ШИМ-сигнал. Кроме того, исключается потребность в программном обеспечении для управления ШИМ и ЦАП.

У каждого силового модуля – свои предельные значения перенапряжения и пониженного напряжения. Кроме того, у них имеются допуски на предельные значения повышенного и пониженного напряжения на выводе Trim.

Ведомый интерфейс I^2C реализуется на микроконтроллере для последовательной связи с внешним графическим пользовательским интерфейсом I^2C . Пользователь имеет возможность задействовать в собственном оборудовании кристалл MCP2221 для реализации интерфейса между I^2C и мини-USB или при необходимости – другой интерфейс I^2C . Все микропрограммное обеспечение для портов ввода/вывода, GPIO, timer1, АЦП, блок ШИМ, флэш-память и I^2C -периферия была разработана и установлена с помощью ПО MPLab Code Configurator (MCC).

АЦП осуществляет дискретизацию напряжения модулей 0–4. Модуль 0 соответствует входному напряжению, величина которого всегда контролируется во избежание отказа. Отказ входного напряжения приводит к отключению системы. Повторные попытки не предпринимаются. 10-разрядный АЦП, оцифровывающий каждое напряжение, затем усредняет значение напряжения, полученное за 16 измерений, и использует старшие 8-бит значения для выявления ошибки при несоответствии этого значения предельным величинам.

В используемом оборудовании значение опорного напряжения (или V_{DD} системы) равно 5,0 В. Этого напряжения вполне достаточно для выборки и преобразования сигналов с амплитудой 1,8; 2,5 и 3,3 В. Однако 5,0-В модулю при том же входном напряжении требуется резисторный делитель для работы с полным размахом напряжения 5,0 В.

Коэффициент деления резисторного делителя для 5,0-В модуля равен 0,55, а коэффициент деления входного напряжения – 0,239. Это значение приходится использовать для расчета предельных величин повышенного и пониженного напряжения и определять их в заголовочных файлах, особенно в тех случаях, когда принимается решение задействовать иные значения, а не те, что в рассматриваемом случае.

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС КОНТРОЛЛЕРА ПИТАНИЯ

Графический пользовательский интерфейс контроллера питания предназначен для ввода соответствующих данных,

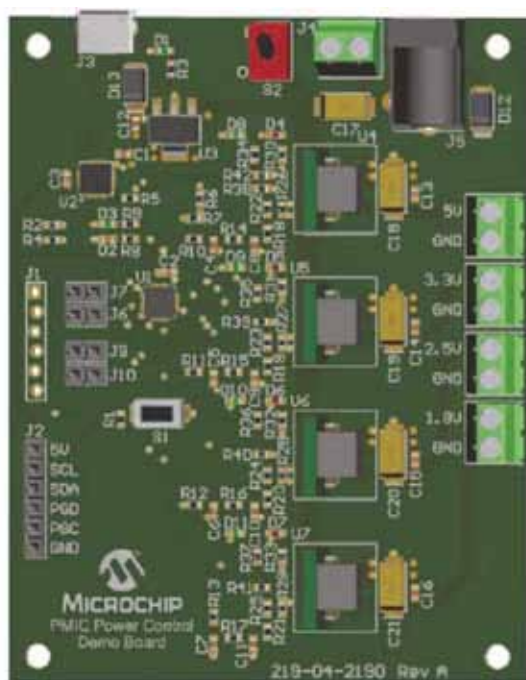


Рис. 2. Демонстрационная плата для управления последовательностью включения и выключения питания

их отслеживания и управления приложением для контроллера питания.

Главное окно параметров системы находится слева, а параметров модулей – справа. Пользователь имеет возможность запустить, остановить, сбросить и прочесть текущие значения, предоставляемые микропрограммным обеспечением. Окно состояния позволяет определить V_{OUT} , соответствующее обозначению модуля. Эти значения можно менять и сохранять при закрытии интерфейса. Пользова-

тель также может установить опорное напряжение АЦП, которое в данном случае составляет 5,0 В.

Наконец, имеется возможность записать обновленные параметры модуля во флэш-памяти с помощью соответствующей кнопки. Во вкладке каждого модуля можно задавать или считывать записанные значения. Для 5,0-В модуля 1 пользователь может задавать номинальные значения и допуски, предельные значения повышенного и пониженного напряжения, а также время запуска и остановки. Кроме того, можно выбирать коэффициент деления напряжения.

В каждой оконной закладке модулей можно в соответствующем поле увеличивать или уменьшать напряжение ЦАП. При включении модуля величина выходного напряжения считывается и обновляется.

Чтобы увидеть изменения, необходимо изменить величину напряжения более чем на одну ступень. Эта функция позволяет увеличивать или уменьшать выходное напряжение при испытании системы, когда напряжение достигает предельных значений.

Величины отображаются как действительные значения напряжения (3,3 или 2,5 В). Величина напряжения ЦАП и предельные значения допусков отображаются в виде 8-разрядных величин в диапазоне 0–255.

ВЫВОДЫ

У инженера имеется возможность реализовать последовательность включения/выключения питания с помощью микроконтроллера PIC16F1XXX. С использованием такого устройства осуществляется, например, управление четырьмя, большим или меньшим числом модулей напряжения в зависимости от требований конкретного приложения. Соответствующее аппаратное и микропрограммное обеспечение имеют модульный формат, что позволяет легко выполнить поставленную задачу. На рисунке 2 показана собранная плата. ▀