

Микросхемы Primarion

для цифрового управления мощностью

Рассмотрены особенности цифровых контроллеров и сопутствующих микросхем для построения высокостабильных DC/DC-преобразователей, размещаемых на печатной плате непосредственно у низковольтных нагрузок (0,8...5–15 В), потребляющих токи до 200 А. Приведен обзор компонентов для цифрового управления мощностью, выпускаемых фирмой Primarion, включенной в 2008 году в состав Infineon Technologies.

Анатолий Бербенец

berben@efo.ru

Микросхемы для цифрового управления мощностью (ЦУМ) — быстрорастущий рынок полупроводниковых компонентов для источников питания. Они вытесняют традиционные аналоговые решения и являются новым уровнем развития аналого-цифровых контроллеров для ШИМ-преобразования. Главные преимущества источников питания на базе таких микросхем могут быть сформулированы следующим образом:

- Возможность оптимизации эффективности и характеристик источника питания в процессе работы («на лету»), путем подстройки параметров управления в ответ на внешние возмущения.
- Расширенная самодиагностика, телеметрия, нелинейные режимы управления преобразованием.

Все это позволяет создавать системы электропитания повышенной интеграции и с меньшей удельной стоимостью, за счет исключения громоздких фильтрующих конденсаторов и различных резисторов, предназначенных для подстройки параметров, как, например, в аналоговых источниках питания, в том числе и в традиционных ШИМ DC/DC-преобразователях.

Рассмотрим современные микросхемы для ЦУМ на примере контроллеров DC/DC-преобразователей, предназначенных для питания процессоров компьютерных материнских плат и серверов. Именно в этих задачах наиболее концентрированно проявилась необходимость в новых подходах к контроллерам источников питания. Хотя принципы ЦУМ уже широко внедряются и в современных модульных источниках, как AC/DC, так и DC/DC [1].

Тенденции питания микропроцессоров

С повышением степени интеграции микропроцессоров и заказных ИС увеличились их функциональные возможности, повысились электрические характеристики и рабочая частота, возросла потребляемая мощность. Это, в свою очередь, выдвинуло очень высокие требования к характеристикам источников питания, особенно в части точности поддержания напряжения питания, возможностей контроля и управления параметрами в реальном времени посредством цифровой коммуникационной шины. На рис. 1 приведены графики, иллюстрирующие современные тенденции развития процессорных ИС. Видно, что с повышением степени интеграции (от 180 до 40 мкм) уменьшается напряжение питания ядра процессора (от 1,8 до 0,9 В) и возрастает потребляемый ток (от 40 до 160 А). При этом суммарная

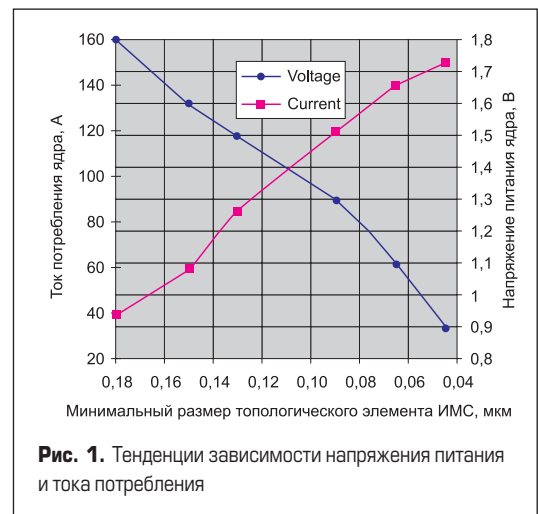


Рис. 1. Тенденции зависимости напряжения питания и тока потребления

погрешность поддержания напряжения питания не должна превышать 3%, что составляет не более ~24 мВ по всем возмущающим воздействиям, включая динамические. В частности, для процессора с тактовой частотой более 3 ГГц скачок тока потребления может достигать 100 А при скорости нарастания тока нагрузки до 1000 А/мкс. Решить эти проблемы можно путем добавления интеллектуальных функций в DC/DC-контроллеры, введения цифровых линий связи, что позволяет контроллеру и процессору обмениваться данными и даже передавать часть функций по оптимизации питания процессору.

Системные тенденции питания

С появлением низковольтных нагрузок, потребляющих большие токи, стала очевидной экономическая и техническая целесообразность размещения DC/DC-преобразователей в непосредственной близости от ИС — потребителя этого питания. Этот принцип получил название POL (Point-of-Load). Впервые примененный для питания процессоров, этот метод теперь используется для питания ИМС памяти, графических чипсетов, телекоммуникационных процессоров. На системном уровне при разводке печатных плат применяют метод, называемый IBA (Intermediate-Bus-Architecture). Это промежуточная питающая шина, например, 12 В, от которой питаются DC/DC-преобразователи, размещенные рядом с нагрузкой. Применение метода IBA позволяет значительно уменьшить количество и толщину слоев печатной платы.

**ИМС Primarion.
Цифровой многофазный
контроллер питания
процессорного ядра**

Номенклатура микросхем для ЦУМ, выпускаемых фирмой Primarion, приведена на рис. 2 [2]. Можно выделить две группы микросхем — непосредственно цифровые контроллеры DC/DC (первые 4 семейства микросхем на рис. 2) и вспомогательные микросхемы, в состав которых входят микросхемы высокоскоростных MOSFET-драйверов, в том числе и новинка — драйвер с интегрированными MOSFET-ключами (серия iPS). Микросхемы драйверов предназначены для совместной работы с цифровыми контроллерами DC/DC-преобразователей.

Рассмотрим работу контроллера на примере микросхемы PX3535 — 6-фазного цифрового контроллера и микросхемы драйвера PX3515, которые предназначены для построения 6 синхронных понижающих DC/DC-преобразователей, работающих параллельно на одну нагрузку (один выход) — процессорное ядро Intel или AMD. В чем же принципиальное отличие цифрового контроллера от многообразия выпускаемых ШИМ-контроллеров для импульсных источников питания? В контроллере заложены 4 ключевых технических решения, которые обеспечивают точность поддержания параметров, интеллектуальные свойства и экономическую эффективность систем на его основе:

1. Самокалибровка датчика тока.
2. Последовательная шина для управления, программирования и диагностики.
3. Встроенная энергонезависимая память.
4. Активный переходный режим.

Блок-схема PX3535 приведена на рис. 3. Микросхема изготовлена на базе КМОП-технологии и представляет собой 6-фазный контроллер для источников питания процессоров AMD и Intel VR-10.X.

На кристалле размещены следующие основные блоки:

- АЦП выходного напряжения, преобразующий напряжение в цифровой код с разрешающей способностью, эквивалентной 3 мВ.

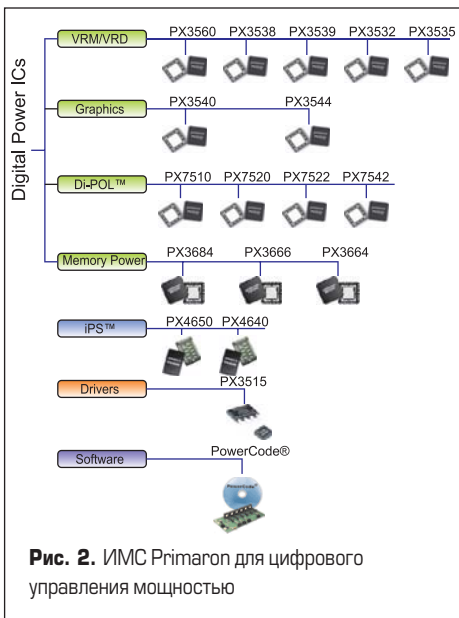


Рис. 2. ИМС Primarion для цифрового управления мощностью

- АЦП выходного тока, преобразующий сигналы, получаемые с 6 датчиков фазных токов. АЦП переключается между датчиками тока каждой из 6 фаз и берет выборку с каждой фазы за каждый цикл переключения. Этим же АЦП, но случайным образом, производится опрос температурного сенсора. По случайному алгоритму производится и мониторинг выходного напряжения.

Оцифрованные выборки тока обрабатываются цифровым блоком (channel current), который вычисляет среднее значение тока, обеспечивает балансировку фазных токов, защиту по токовой перегрузке, активное смещение напряжений AVP (Active Voltage Positioning). Для оптимизации каждой из перечисленных операций может быть запрограммирован индивидуальный цифровой фильтр. В этом же блоке производится компенсация температурной погрешности тока фаз — с помощью запрограммированной таблицы температурных поправок.

- Блок ПИД (PID) компенсации погрешностей выборок выходного напряжения с последующей цифровой фильтрацией для понижения высокочастотного шума. Каждый из трех коэффициентов ПИД-компенсатора и коэффициенты фильтра программируются пользователем. С выхода ПИД-компенсатора выходной сигнал поступает в блок импульсного генератора ШИМ-сигналов, в котором производится запатентованное высокоточное управление шириной импульсов.
- Блок управления на базе статической машины, который конфигурируется при включении питания из энергонезависимой памяти, предназначен для системного управления. Все внутренние регистры микросхемы доступны через I²C последовательную шину, что позволяет конфигурировать микросхему, контролировать напряжение, средний

ток каждого канала, температуру и другие внутренние регистры контроллера. Имеются два вывода сигналов неисправности (Fault1, Fault2), которые назначаются пользователем.

- Второй основной блок PX3535 — это контроллер цифровой калибровки (Digital Calibration Controller). Этот блок обеспечивает калибровку токового сенсора при включении. Цифровая самокалибровка позволяет использовать в качестве силовых внешних ключей MOSFET-транзисторы без подбора их по сопротивлению включенного канала и получать нагрузочные характеристики фаз с минимальным разбросом (менее 5 мВ).
- Активный отклик на переходный процесс (ATR). Это запатентованное решение дает возможность уменьшить номиналы внешних фильтрующих электролитических конденсаторов, необходимых для обеспечения стабильности выходного напряжения DC/DC-преобразователя при значительных скачкообразных изменениях тока нагрузки. Метод реализуется посредством слежения за выходным напряжением с помощью быстродействующих компараторов с компенсацией ошибки в блоке ПИД в режиме реального времени.
- Интеллектуальные функции и гибкость настроек. Для конфигурирования цифровых контроллеров используется простой графический пользовательский интерфейс (GUI), который предоставляет доступ к внутренним регистрам контроллера для конфигурирования и контроля параметров. Это позволяет управлять характеристиками DC/DC-преобразователей без изменения номиналов компонентов на печатной плате. Посредством последовательного интерфейса в систему может быть передана важная информация, например о потребляемом токе,

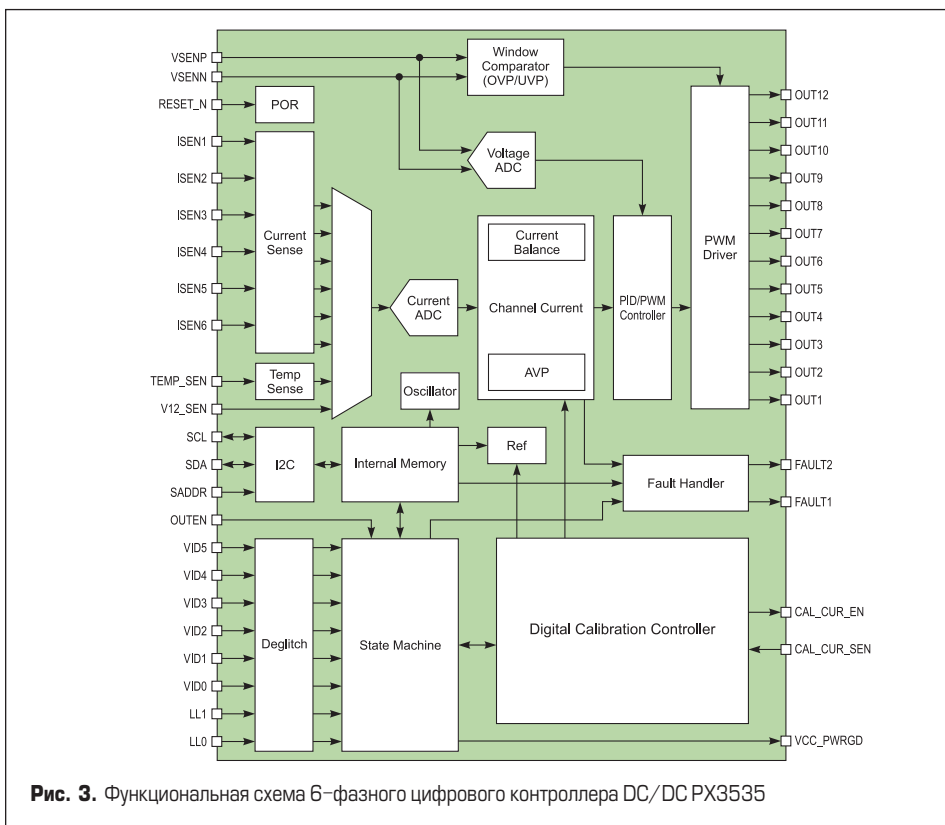


Рис. 3. Функциональная схема 6-фазного цифрового контроллера DC/DC PX3535

температуре компонентов и т. п. Интерфейс может также быть использован для точной подстройки напряжения и обеспечивает совместную работу нескольких источников питания. Схема включения микросхемы PX3535 приведена на рис. 4.

Краткий обзор продукции Primarion

Как уже упоминалось (рис. 2), выпускаются шесть наборов микросхем для ЦУМ. Первые 4 семейства — это, собственно, цифровые контроллеры ШИМ мультифазных понижающих DC/DC-преобразователей. Контроллеры выполнены в малогабаритном 48-выводном корпусе MLF с размерами 5×5×0,9 мм. Разделение на семейства, прежде всего, обусловлено областями применения микросхем. Серия PX35xx (5 ИМС) предназначена для источников питания процессоров Intel и AMD, для так называемых VRM и VRD модулей материнских плат компьютерных и серверных платформ. Серия PX35xx (2 ИМС) предназначена для питания графических процессоров. Контроллеры серии PX36xx (3 ИМС) — для питания микросхем DDR-памяти, ASIC, FPGA и микросхем DSP-процессоров. И, наконец, новые контроллеры серии DiPOL PX75xx (3 ИМС) предназначены для построения цифровых источников питания для самого широкого класса нагрузок POL: телекоммуникационных микросхем, процессоров, памяти, ASIC и FPGA микросхем.

Все микросхемы контроллеров позволяют разрабатывать понижающие DC/DC-преобразователи с максимальным выходным током 60–200 А. Контроллеры работают на тактовых

частотах от 100 кГц до 2 МГц, имеют число фаз от 1 до 6, питаются от одного источника 3,3 В (напряжение питания серии DiPOL — 5 В). Микросхемы первых трех серий имеют I²C шину, микросхемы серии DiPOL оснащены шиной PMBus. Все микросхемы имеют описанные ранее функциональные характеристики, включая ATR — активный отклик на скачок тока, что в результате позволяет получить очень низкое значение пульсаций преобразователя и обеспечить погрешность поддержания выходного напряжения в пределах ±10 мВ по всем возмущениям.

Пятое семейство микросхем — PX351x — это высокочастотные драйверы силовых MOSFET-транзисторов для управления верхними и нижними *n*-канальными MOSFET-ключами в топологиях понижающих DC/DC-преобразователей с синхронным выпрямлением. Эти микросхемы совместно с цифровыми контроллерами PX3535 или PX3538 и *n*-канальными MOSFET реализуют источник питания ядра современных микропроцессоров.

И, наконец, нельзя не упомянуть о новой разработке Primarion, семействе iPS — интегрированном мощном каскаде, позволяющем совместно с ИМС цифровых мультифазных контроллеров или микросхем DiPOL получить самый эффективный источник питания силовых нагрузок в отрасли. По данным производителя, КПД такого источника превышает 94% [2]. Микросхема PX4650, содержащая помимо драйвера два мощных MOSFET-ключа, позволяет отдать в нагрузку ток до 50 А, работает на тактовых частотах от 200 кГц до 1,3 МГц, имеет встроенные защитные функ-

ции по току и напряжению, и все это в габаритах QFN-корпуса размером 4×6 мм.

Заключение

Повышение эффективности DC/DC-преобразователей, являющихся обязательным элементом импульсных источников питания, привело к широкому применению цифровых методов управления мощностью и развитию микросхем мультифазных контроллеров управления DC/DC-преобразованием. Ключевые характеристики цифровых контроллеров — это возможность оптимизации эффективности и характеристик источника питания в процессе работы («на лету»), путем подстройки параметров управления в ответ на внешние возмущения; расширенная самодиагностика; телеметрия; нелинейные режимы управления преобразованием. Наборы микросхем контроллеров и драйверов, выпускаемые фирмой Primarion, позволяют реализовать компактные источники питания низковольтных нагрузок типа микропроцессоров, ASIC и FPGA, телекоммуникационных микросхем, ИМС памяти с токами потребления до 200 А и КПД, превышающем 90%.

Литература

1. Жданкин В. Цифровое преобразование напряжения — это уже реальность // Силовая электроника. 2009. № 1.
2. www.primarion.com

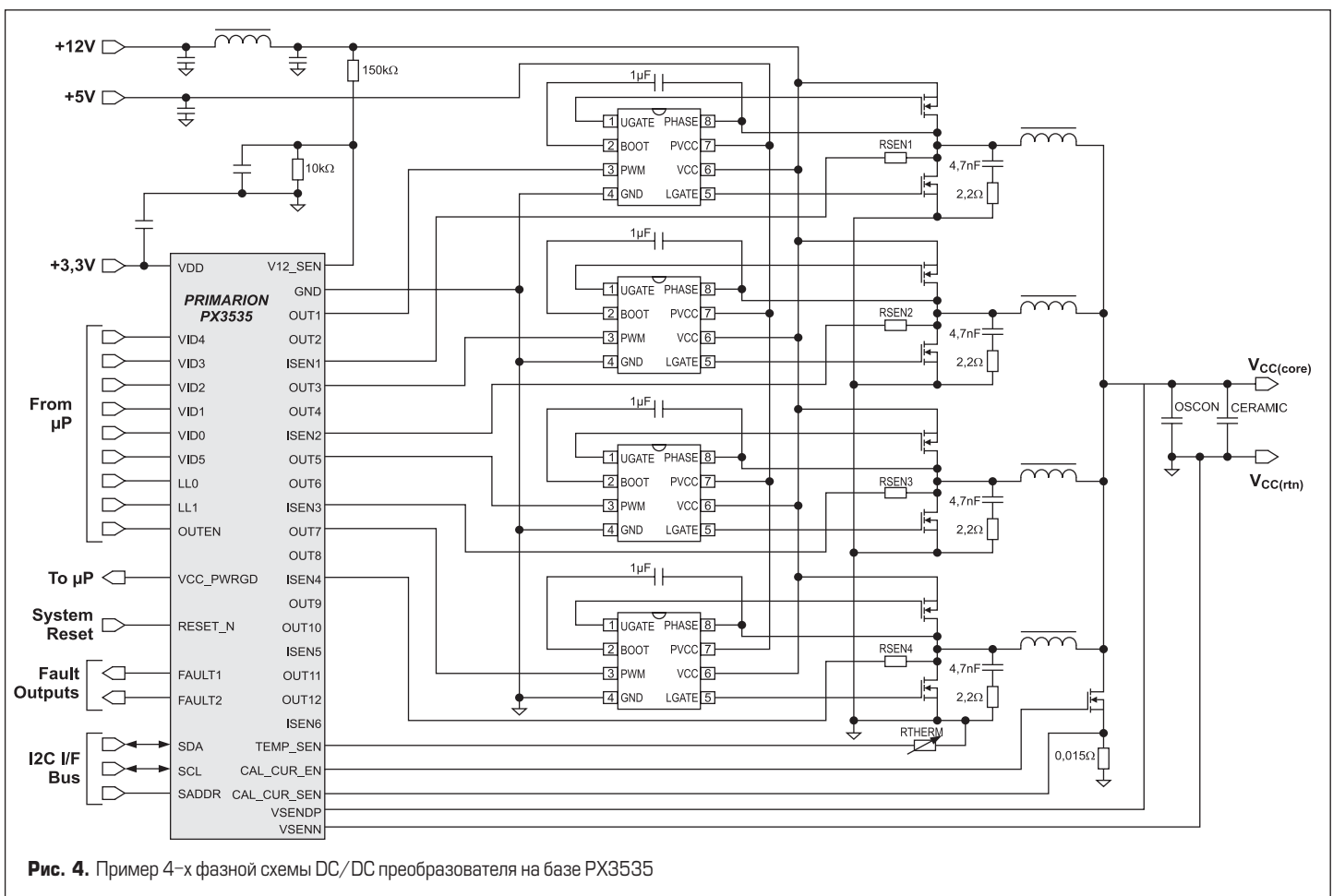


Рис. 4. Пример 4-х фазной схемы DC/DC преобразователя на базе PX3535