

Эффективное управление мощными светодиодами

Развитие технологии изготовления мощных светодиодов в последние десять лет привело к тому, что они по энергоэффективности сравнялись, а в отдельных случаях и превзошли рекордсменов прошлых лет — люминесцентные светильники. Однако при конструировании ламп на основе светодиодных излучателей перед разработчиками встают несколько проблем, требующих тщательной проработки для их разрешения. Во многом эти проблемы вытекают из достоинств самих светодиодов как источников света. Например, низкие рабочие напряжения (около 4 В для светодиодов с белым цветом свечения), являющиеся несомненным плюсом при создании портативных устройств, при переходе к питанию от сети требуют использования достаточно сложных преобразователей напряжения. Кроме того, крайне нелинейная зависимость светимости светодиодов от приложенного напряжения (практически экспоненциальная) заставляет для обеспечения нормального режима работы использовать в таких преобразователях режим постоянного выходного тока, а не напряжения. Ещё одной проблемой становится обеспечение отвода тепла как от самого светодиода, так и от схемы его питания, что связано с небольшими размерами излучателя и, как следствие, высокой удельной рассеиваемой мощностью — и это при том, что светодиоды, как и любые полупроводниковые приборы, крайне чувствительны к повышению температуры и нормально работают при температуре полупроводникового перехода не более 150°C. Для исключения возможности лавинообразного повреждения светодиодов, зачастую соединяемых в последовательно-параллельные цепи, необходимо предусмотреть защиту от перегрева и перенапряжения. Для того, чтобы светодиодные светильники могли конкурировать по эффективности с традиционными (в особенно-

сти с люминесцентными), схема управления должна обеспечивать максимально возможный КПД преобразования. И наконец, схема управления должна быть ещё и максимально дешёвой при высокой её надёжности, что особенно важно из-за того, что современные мощные светодиоды пока не могут конкурировать с другими экономичными источниками света по цене, будучи в разы более дорогими, так что дорогостоящая система питания сведёт к нулю вероятность массового распространения светодиодного освещения.

Столь противоречивые требования к системе управления заставляют разработчиков подходить к выбору элементной базы с особой тщательностью. В настоящее время микросхемы для источников питания светодиодных светильников выпускаются многими фирмами, однако большинство из них строится по стандартным аналоговым схемам импульсных источников питания. Хотя аналоговая схемотехника таких ИС отработана многими десятилетиями, некоторые особенности, присущие светодиодам как нагрузке, усложняют и удорожают их использование при попытке задействовать все преимущества светодиодов. Мало того, вследствие введения жёстких ограничений на значение коэффициента мощности (что вызвано широчайшим распространением импульсных источников питания (ИИП), представляющих собой в большой мере реактивную нагрузку, увеличивающую энергопотери в подводящей сети), в схему ИИП

приходится вводить корректоры коэффициента мощности. А это, в свою очередь, усложняет и удорожает схему, приводя в то же время к увеличению её габаритов.

Многие из этих проблем удаётся разрешить, используя цифровые методы построения ИИП на базе специализированных микроконтроллеров.

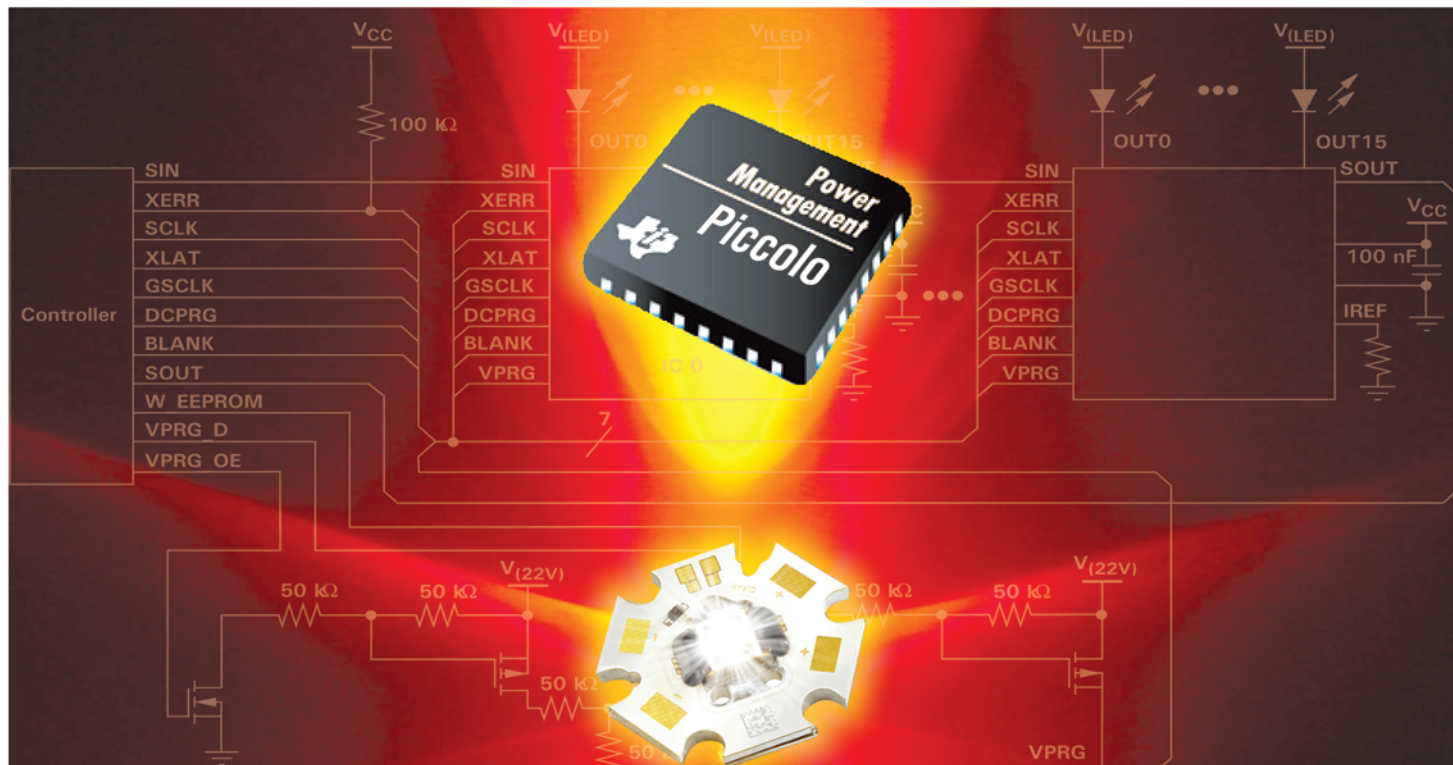
Типичная блок-схема такого ИИП приведена на рисунке 1. Как видно из неё, применение соответствующего микроконтроллера обеспечивает раздельное управление яркостью свечения нескольких линеек последовательно соединённых светодиодов, работу преобразователя сетевого напряжения, коррекцию коэффициента мощности, обмен управляющими сигналами по силовой сети и возможность подстройки яркости светильника к реальным условиям освещённости. Таким образом, использование микроконтроллера позволяет существенно упростить конструкцию и настройку узла питания светодиодных светильников, расширив в то же время его возможности как в части внешнего управления, так и адаптации параметров света к требованиям пользователя, так как наращивание возможностей достигается без существенного удорожания аппаратной части — в противоположность аналоговым схемам.

Однако добиться приемлемой стоимости подобной конструкции возможно только при правильном выборе её «сердца», т.е. самого микроконтроллера. В этом плане большой интерес представляет относительно новая серия микро-



Эрмин Машурян, erminmas@gmail.com

С отличием закончил МИРЭА по специальности радиотехника, во время учёбы участвовал в НИР, в т.ч. базовой кафедры при НИИ Приборостроения. Затем работал в СКБ «Темп» Московского радиозавода; был директором филиала при НПО «Химвтоматика» в Центре НТТМ «Москворечье»; руководил компьютерной службой в ООО «Компания Новенка»; с 2000 по 2003 г.г. — сотрудник отдела закупок ООО «Формоза»; постоянный автор, менеджер по информационным технологиям и научный редактор медиа группы «Электроника»; занимается переводом книг по радиоэлектронике и физике.



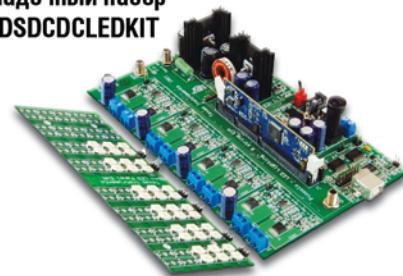
Интеллектуальное управление питанием мощных светодиодов

TMS320	МГц	Flash (Кб)	RAM (Кб)	Супер-визор питания	Со-процессор CLA	Аналог. Компар.	12-бит АЦП кан.	ШИМ (Выс разреш.) Выходы	Захват Входы	Коммуникации	Корпус Температура
F28023DA/ F28023PT	50	64	12	Да	-	1/2	7/13 (3.8 Мвыб/с)	8+1* (4)	1	SPI, SCI, I ² C	TSSOP-38/ LQFP-48 -40°C...125°C
F28026DA/ F28026PT	60	32	12	Да	-	1/2	7/13 (4.6 Мвыб/с)	8+1* (4)	1	SPI, SCI, I ² C	TSSOP-38/ LQFP-48 -40°C...125°C
F28027DA/ F28027PT	60	64	12	Да	-	1/2	7/13 (4.6 Мвыб/с)	8+1* (4)	1	SPI, SCI, I ² C	TSSOP-38/ LQFP-48 -40°C...125°C
F28034	60	128	20	Да	-	3	«14/16 (4.6Мвыб/с)»	12+1* (6)/	1	1/2 SPI, SCI, LIN, I ² C, CAN	TQFP-64/LQFP-80 -40°C...125°C
F28033	60	64	20	Да	Да	3	«14/16 (4.6Мвыб/с)»	12+1* (6)/	1	1/2 SPI, SCI, LIN, I ² C, CAN	TQFP-64/LQFP-80 -40°C...125°C
F28035	60	128	20	Да	Да	3	«14/16 (4.6Мвыб/с)»	12+1* (6)/ 14+1* (7)	1	1/2 SPI, SCI, LIN, I ² C, CAN	TQFP-64/LQFP-80 -40°C...125°C

* Модуль захвата может обеспечить дополнительный выход ШИМ

Наименование	Функционал	Микроконтроллер TMS320
TMDSDCDCLEDKIT	Отладочный набор DC-DC преобразователя для интеллектуального управления светодиодным освещением	F28035*
TMDS1MTRPFCKIT	Отладочный набор для управления синхронным двигателем с постоянными магнитами с ККМ	F28035*
TMDS2MTRPFCKIT	Отладочный набор для управления двумя синхронными двигателями с постоянными магнитами с ККМ	F28035*
TMDSENRGYKIT	Отладочный набор DC-DC и трёхфазного DC-AC преобразователя (инвертора)	F28035 *
TMDX28027USB	Удобное средство отладки начального уровня в виде USB стика	F28027

➔ Отладочный набор
TMDSDCDCLEDKIT



* Наборы, имеющие возможность замены сменных карт с любым контроллером из семейства (с некоторыми ограничениями)

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902
E-mail: msk@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403
E-mail: spb@compel.ru

Компэл
www.compel.ru

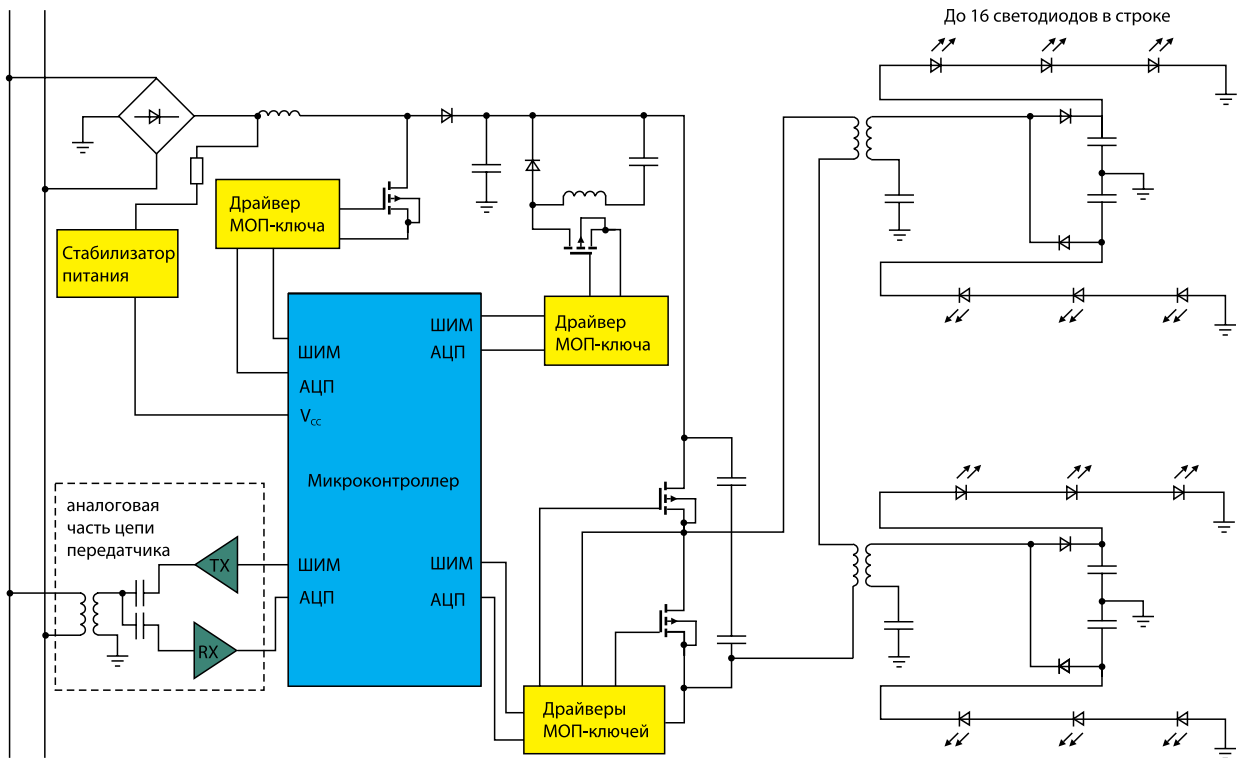


Рис. 1. Упрощённая схема блока питания светодиодного светильника

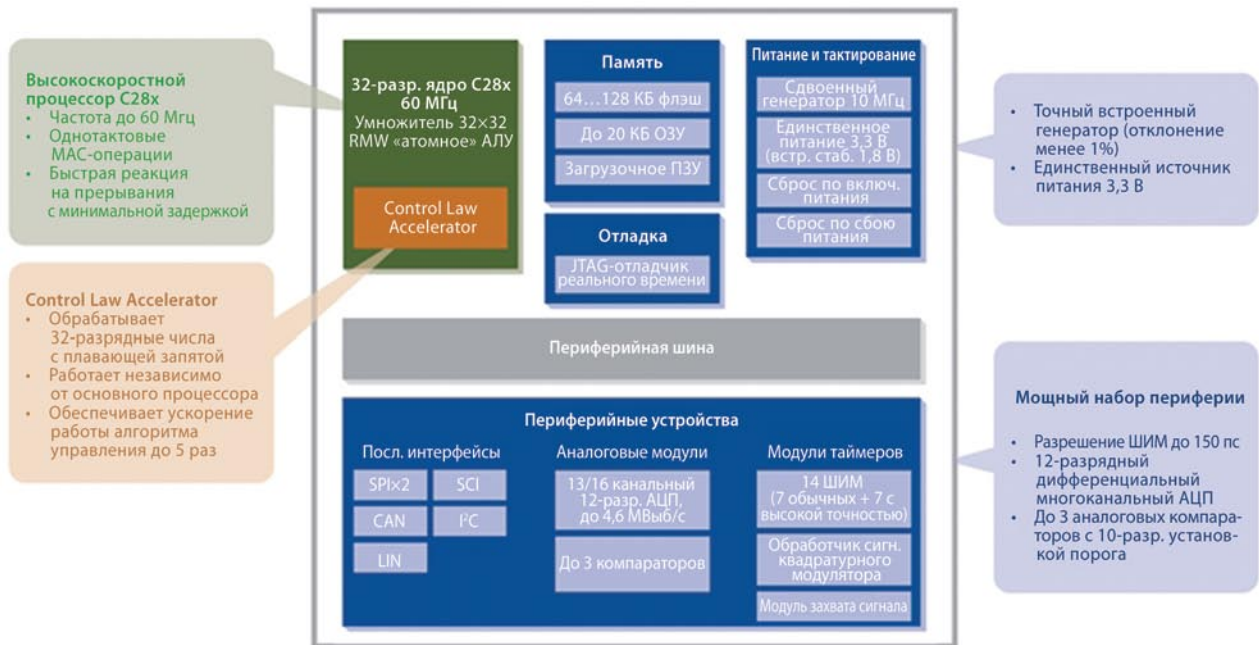


Рис. 2. Структура МК семейства Piccolo

контроллеров Piccolo от Texas Instruments (TMS320F280xx). Блок-схема микроконтроллера этого семейства представлена на рисунке 2, а основные характеристики — в таблице 1.

Стоит отметить, что время преобразования 12-разрядного встроенного АЦП составляет от 500 нс для ИС F2802xx до 217 нс у старших ИС F2803xx, что соответствует частотам от 2 до 4,6 МВыб/с. Помимо

стандартных портов ввода/вывода, микроконтроллеры оснащаются и распространёнными интерфейсами I²C, UART, одним или двумя каналами SPI, а некоторые модели — и интерфейсом CAN. Ещё одной интересной особенностью МК данного семейства является наличие в старших моделях F2803xx сопроцессорного блока CLA (Control Law Accelerator), который обеспечивает вплоть до пятикратного ускорение

отработки алгоритма регулирования при работе с нецелочисленными коэффициентами. Это особенно ценно в случае сложных адаптивных алгоритмов, так как само по себе вычислительное ядро Piccolo ориентировано на работу с 32-разрядными целыми числами (в том числе и на операции умножения, выполняемые за 1 такт). Питание микроконтроллеров осуществляется от одного источника

напряжением 3,3 В (формирование напряжения 1,8 В для питания ядра осуществляется встроенным стабилизатором), а встроенные схемы контроля напряжения питания обеспечивают корректную работу как при включении, так и при выходе напряжения питания за заданные границы. Встроенная схема тактирования обеспечивает как работу с внешними частотоподающими цепями, так и высокостабильное тактирование без использования внешних элементов, а разрешающая способность ШИМ в 150 пс — широкий диапазон регулирования. Упаковываются МК в корпусах TSSOP38, LQFP 48, 64 или 80. Всё это в сочетании с низкой стоимостью (от 2,5 до 5,5 доллара США в крупных партиях — цены ориентировочные) и доступностью средств разработки и отладки делает МК этого семейства крайне привлекательными для использования, в том числе и в источниках питания светодиодных светильников.

Однако очевидно, что сколь бы подходящ по параметрам и дешёв не был бы микропроцессор, если в распоряжении инженера не будет не просто средств разработки, но именно доступных по цене средств, а также достаточно богатой библиотеки типовых функций, успеха такой микропроцессор на рынке иметь не будет — так как рынок этот в высшей степени насыщен и выбор огромен.

Но в отношении Piccolo проблем, скорее всего, не предвидится — Texas Instruments предлагает широкий спектр и специализированных, и универсальных наборов разработчика, и огромное число программных продуктов для микроконтроллеров этого семейства — от сред разработки до законченных специализированных программных пакетов, предназначенных для работы в контроллерах двигателей, систем энергоснабжения и освещения и т.д. Причём имеются бесплатные версии продуктов с ограничениями либо по сроку полнофункционального использования, либо по размеру генерируемого кода (32 К байт для Piccolo) при неограниченном сроке, а все библиотеки и конечные программы предоставляются бесплатно.

Интересно, что большая часть специализированных наборов разработчика поставляется в виде своеобразных «материнских плат», на которых размещается специфика-

Табл. 1 Основные характеристики МК семейства Piccolo (TMS320F2803xx и TMS320F2802xx)

	Тактовая частота, МГц	Разрядность, бит	Память, кБ, ОЗУ/ПЗУ/Флэш	Каналы ШИМ	Каналы АЦП	Линии ввода/вывода
TMS320F2802xx	40...60	32	6...12/2/16...64	8...14	7/13	20/22
TMS320F2803xx	60	32	16...20/2/64...128	14	14/16	33/45

ческая аппаратная часть, а процессор добавляется в виде отдельного 100-выводного DIMM-модуля. В виде таких же модулей поставляются и микроконтроллеры других семейств, что обеспечивает определённую переносимость программно-аппаратных решений. Кроме того, для некоторых видов задач бесплатно предоставляются и аппаратные решения — в виде схем и файлов для производителей печатных плат и автоматизированных сборочных линий, что позволяет во многих случаях практически исключить стадию проектирования устройства.

Рассмотрим набор разработчика, ориентированный на нашу задачу — управление светодиодным источником света. В номенклатуре TI он называется DC/DC LED Developer's Kit и рассчитан на отработку источников света с питанием от сети постоянного тока напряжением от 12 до 36 В. Особенностью этого набора является использование в нём понижающе-повышающих преобразователей с топологией SEPIC с выходным напряжением 20 В и мощностью до 30 ватт на канал регулирования (таких независимых каналов в устройстве 4 плюс 2 дополнительных канала, не задействованных в работе со светодиодами), что позволяет варьировать как число светодиодов в отдельной линейке, так и их тип: например, при использовании в линейках монохроматических светодиодов с различными цветами свечения можно управлять не только яркостью, но и спектральным составом освещения. Это может оказаться в высшей степени полезным при разработке светильников для подсветки архитектурных сооружений или отдельных деталей внутреннего интерьера помещений.

Программирование устройства осуществляется с персонального компьютера через USB-интерфейс, а отладка — через стандартный JTAG. В процессе работы управление может осуществляться по стандартному последовательно-интерфейсу RS232. Помимо управления яркостью, встроенный микроконтроллер выполняет

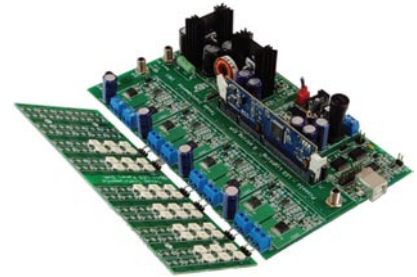


Рис. 3. Внешний вид отладочного модуля DC/DC LED Developer's Kit

функции защиты светодиодов от перегрузки по току и напряжению, а также контроль исправности светодиодных линеек.

Внешний вид набора показан на рисунке 3. Конечно, этот набор не позволит отработать все тонкости системы с питанием непосредственно от сети переменного тока, однако всё, связанное с управлением светодиодами, может быть спроектировано и отлажено. Стоит отметить, что в комплекте с отладочным набором поставляется и соответствующее программное обеспечение (среда разработки для ПК и библиотеки), и все необходимые схемотехнические и конструкторские данные — от схемы устройства до GERBER-файлов печатной платы и перечня используемых компонентов. Для отработки остальных узлов (корректора коэффициента мощности и схемы приёма/передачи управляющих сигналов по силовой сети) можно воспользоваться другими наборами разработчика, предоставляемыми Texas Instruments. Список поставляемых наборов и программного обеспечения можно найти в Интернете на сайте компании по адресу www.ti.com/piccolo, а заказать у её российских дистрибьюторов, например, www.compel.ru.

Итак, при рассмотрении возможностей современных микроконтроллеров, можно с уверенностью сказать, что создание многофункциональных, надёжных и дешёвых систем управления светодиодными осветительными приборами возможно уже сейчас — если подойти к выбору элементной базы с правильными критериями.