

№15 (79), 2009 г.

Информационно-технический  
журнал.

Учредитель — ЗАО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:  
ПИ № ФС77-19835

**Редактор:**

Геннадий Каневский  
*vesti@compel.ru*

**Выпускающий редактор:**  
Светлана Шахтарина

**Редакционная коллегия:**

Андрей Агеноров  
Евгений Звонарев  
Сергей Кривандин  
Николай Паничкин  
Александр Райхман  
Борис Рудяк  
Илья Фурман

**Дизайн, графика, верстка:**

Елена Георгадзе  
Владимир Писанко  
Евгений Торочков

**Распространение:**

Юлия Мариненко

**Электронная подписка:**  
[www.compeljournal.ru](http://www.compeljournal.ru)

**Отпечатано:**

«Гран При»  
г. Рыбинск

Тираж — 1500 экз.

© «Новости электроники»

**Подписано в печать:**  
17 ноября 2009 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ■ УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ

- Супервизоры и схемы сброса компании STMicroelectronics  
*Дмитрий Цветков* ..... 3
- Интегральные схемы управления зарядом аккумуляторов производства Maxim  
*Андрей Никитин* ..... 7
- Расчет контура управления драйвера светодиодов большой мощности  
(Texas Instruments) *Джефф Фалин* ..... 14

## ■ СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- Новое поколение MOSFET-транзисторов  
(Texas Instruments) *Константин Староверов* ..... 17
- DC/DC-конверторы SuplR Buck в распределенных системах электропитания  
*Олег Старилов, Андрей Никитин* ..... 21

## ■ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

- Управление яркостью свечения светодиодов с помощью модульных  
DC/DC-драйверов  
(PEAK) *Андрей Конопельченко, Сергей Кривандин* ..... 25

С 1 декабря 2009 года редакция «Новостей электроники» начинает подписку на 2010 г. Если вы — разработчик электроники и желаете бесплатно получать журнал в 2010 году, заполните подписную анкету на нашем сайте по адресу:

<http://www.compeljournal.ru/subscribe>.

Подписка продлится до 1 апреля 2010 года.

## В СЛЕДУЮЩИХ НОМЕРАХ

- Электронные компоненты помогают эффективно расходовать электроэнергию
- Современные решения в области полупроводниковой светотехники

Если вы хотите предложить интересную тему для статьи в следующий номер журнала — пишите на адрес [vesti@compel.ru](mailto:vesti@compel.ru) с пометкой «Тема в номер».

## ОТ РЕДАКТОРА



### Уважаемые читатели!

Вспомните, когда вы впервые столкнулись с управлением электропитанием? Пожалуй, когда доросли до выключателя и впервые услышали от домашних «Гаси за собой свет!» Но экономия электроэнергии — самый простой и, так сказать, «лобовой» способ управления питанием. Сам термин «управление питанием», на мой взгляд, не очень корректен. На английском это звучит «Power Management», а «power» — это и «ток», и «мощность». Современные системы управления электропитанием правильнее называть «системами управления распределением мощности». Вырабатывать электроэнергию человечество научилось, а теперь, вспомнив об ограниченности естественных ресурсов, учится правильно ее расходовать и использовать.

В наше время управление электропитанием включает многое. Это коррекция коэффици-

ента мощности в верхнем плече преобразовательной схемы. Это интеллектуальные драйверы силовых ключей. Это применение современных ШИМ-контроллеров, интегрированных со схемами цифрового и аналогового управления. Это разработка систем питания с распределенной нагрузкой. Это управление зарядом аккумулятора в широко распространенных в последние годы системах с батарейным питанием. Это применение супервизорных и сторожевых микросхем для оптимизации циклов работы микроконтроллеров, управляющих промышленным оборудованием.

Всякий разработчик, проект которого хоть каким-то образом связан с другими частями большой системы — система ли это управления промышленным процессом, охранная система, медицинский комплекс — просто обязан думать об управлении питанием. А поставщик электронных комплектующих, соот-

ветственно — о том, чтобы эта важная область не оставалась без внимания. В этом номере журнала компания КОМПЭЛ представляет продукцию нескольких ведущих мировых производителей из своей официальной программы поставок — STMicroelectronics, Texas Instruments, Maxim Integrated Products, International Rectifier, PEAK Electronics, Semikron. Все они — признанные эксперты в области управления питанием, и мы приглашаем инженеров, занимающихся разработкой систем электропитания, обращаться к нам за этой продукцией и за консультациями по ее применению.

С уважением,  
Геннадий Каневский

Дмитрий Цветков

# СУПЕРВИЗОРЫ И СХЕМЫ СБРОСА КОМПАНИИ STMICROELECTRONICS



Статья посвящена обзору тех компонентов компании **STMicroelectronics**, которые являются первым «фронтом обороны» микроконтроллеров, процессоров и программируемых логических микросхем от нестабильности источника питания. В этот список входят **супервизоры со встроенным сторожевым таймером** и без него на один и более входных каналов, **супервизоры со встроенным ключом**, автоматически переключающим питание устройств с основного источника на резервное батарейное питание, **специализированные супервизоры**.

**С**упервизоры питания — интегральные микросхемы, изменяющие состояние своего выходного цифрового сигнала, если уровень напряжения питания установился ниже определенной пороговой величины. Доминирующей сферой использования таких устройств являются микропроцессорные системы, особенно если в них используются энергонезависимые запоминающие устройства.

Применение супервизоров питания в таких системах позволяет устранить несанкционированное поведение микропроцессора/микроконтроллера при подаче и снятии питания, то есть в интервалах времени, когда напряжение питания находится на недостаточном уровне для корректной дешифрации и исполнения кода команды. В этих случаях возможна самопроизвольная и/или незаконченная запись в энергонезависимую память микроконтроллера.

В тех случаях, когда к электронному изделию предъявляются высокие требования надежности в сочетании с суровыми условиями эксплуатации (высокие электромагнитные и электростатические поля) и особыми требованиями безопасности для человека (например в промышленной электронике), применение внешнего супервизора является обязательным даже несмотря на наличие практически во всех семействах микроконтроллеров STMicroelectronics собственных встроенных схем мониторинга напряжения питания и независимых сторожевых таймеров. Это связано, в частности, с тем, что отказ микроконтроллера может распространяться и на его систему сброса.

Другая область применения — CPLD/FPGA, которые не имеют в сво-

ем составе супервизоров. Положение усугубляется потребностью таких микросхем в отдельных напряжениях питания для ядра, портов ввода/вывода, аналоговых и цифровых узлов ФАПЧ и др. В этих случаях необходимо применение многоканальных супервизоров.

Конкретный пример: современный электропривод металлообрабатывающего промышленного станка, в котором математическим управлением чаще всего занимается микроконтроллер, в свою очередь управляющий силовыми ключами и обрабатывающий сигналы внеш-

**M41ST87Y и M41ST87W** — первые в своем роде специализированные **супервизоры** производства **STMicroelectronics**, предназначенные для применения в устройствах повышенной секретности. В состав микросхем входят, в частности, сторожевой таймер, супервизор питания, схема коммутации для батарейного питания, 128 байт NVRAM для нужд приложения, часы реального времени (RTC) и будильник, узел контроля внешних выключателей (определение факта вскрытия корпуса изделия), два компаратора для раннего обнаружения провалов напряжения питания.

них датчиков тока и датчика положения вала двигателя. В случае сбоя или «зависания» этого микроконтроллера, силовые ключи останутся в непредсказуемом состоянии, что может вызвать разрушение не только двигателя, но и станка, за которым находится оператор. А применение внешнего супервизора позволяет избежать таких опасных ситуаций — выход сброса супервизора можно использовать не только для сброса микроконтроллера, но и для принудительного переключения выходных ключей в предварительно определенное безопас-



STMicroelectronics

ное состояние, минуя сам микроконтроллер, то есть аппаратно.

Самые простые супервизоры не содержат никакой предварительной обработки входного сигнала: выход компаратора у них управляет непосредственно выходным ключевым транзистором. Недостатком таких супервизоров является неустойчивость поведения на пороге срабатывания. Для устранения этого недостатка во все супервизоры STMicroelectronics введены триггеры Шмидта.

В тех случаях, когда допускается кратковременное снижение уровня питания, необходима временная задержка исполнительного сигнала, иначе это приведет, например, к нежелательному сбросу микроконтроллера. Компания

STMicroelectronics выпускает несколько серий супервизоров с функцией задержки сигнала сброса. За это отвечает встроенный сторожевой таймер — Watch Dog Timer (WDT). Этот таймер вырабатывает сигнал сброса, если микроконтроллер «не отвечает» в течение определенного фиксированного интервала времени.

Таким образом, сторожевой таймер защищает микропроцессорную систему не только во время переходных процессов источника питания, но и при сбоях в ходе выполнения программы при нормальном напряжении питания, что может

Таблица 1. Супервизоры общего назначения: параметры и характеристики

| Наименование | Совместимость с микроконтроллерами STM |       |       | Число каналов | Вход принудительного сброса | Диапазон напряжения сброса, В | Активный уровень на выходе | Тип выходного ключа | Длительность импульса сброса, мс       |
|--------------|----------------------------------------|-------|-------|---------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------------------|
|              | STM32                                  | STM8S | STM8L |               |                             |                               |                            |                     |                                        |
| STM1001      | √                                      |       | √     | 1             |                             | 2,63...4,63                   | низкий                     | открытый коллектор  | 140...280                              |
| STM1810      |                                        | √     |       |               |                             | 4,37...4,62                   |                            | двухтактный         | 100...200                              |
| STM1811      |                                        | √     |       |               |                             | 4,37...4,62                   |                            | открытый коллектор  |                                        |
| STM1812      |                                        | √     |       |               |                             | 4,37...4,62                   | высокий                    | двухтактный         |                                        |
| STM1813      |                                        | √     |       |               |                             | 4,37...4,62                   | низкий                     | двунаправленный     |                                        |
| STM1815      | √                                      |       | √     |               |                             | 2,55...3,06                   |                            | двухтактный         |                                        |
| STM1816      | √                                      |       | √     |               |                             | 2,55...3,06                   |                            | открытый коллектор  |                                        |
| STM1817      | √                                      |       | √     |               |                             | 2,55...3,06                   | высокий                    | двухтактный         |                                        |
| STM1818      | √                                      |       | √     |               |                             | 2,55...3,06                   | низкий                     | двунаправленный     |                                        |
| STM6315      | √                                      | √     | √     |               | √                           | 2,63...4,63                   | низкий                     | открытый коллектор  | 1...2, 20...40, 140...280, 1120...2240 |
| STM809       | √                                      | √     | √     | 2             |                             | 2,63...4,38                   | низкий                     | двухтактный         | 140...280                              |
| STM810       | √                                      | √     | √     |               |                             | 2,63...4,63                   | высокий                    |                     |                                        |
| STM811       | √                                      | √     | √     |               | √                           | 2,63...4,63                   | низкий                     |                     |                                        |
| STM812       | √                                      | √     | √     |               | √                           | 2,63...4,63                   | высокий                    |                     |                                        |
| STM6717      | √                                      |       | √     |               | √                           | 2,93...3,08                   | низкий                     | открытый коллектор  | 140...280, 600...1200                  |
| STM6718      | √                                      |       | √     |               | √                           | 2,93...3,08                   | низкий                     | двухтактный         |                                        |
| STM6719      | √                                      |       | √     | 3             | √                           | 2,93...3,08                   | низкий                     | открытый коллектор  |                                        |
| STM6720      | √                                      |       | √     |               | √                           | 2,93...3,08                   | низкий                     | двухтактный         |                                        |
| STM6777      | √                                      |       | √     | 2             | √                           | 2,93...3,08                   | низкий                     | открытый коллектор  |                                        |
| STM6778      | √                                      |       | √     |               | √                           | 2,93...3,08                   | низкий                     | двухтактный         |                                        |
| STM6779      | √                                      | √     | √     |               | √                           | 1,59...4,63                   | низкий                     | открытый коллектор  |                                        |
| STM6780      | √                                      | √     | √     |               | √                           | 1,59...4,63                   | низкий                     | двухтактный         |                                        |
| STM6904      | √                                      |       | √     | 4             | √                           | 2,87...3,08                   | низкий                     | открытый коллектор  | 140...280, 210...420                   |
| STM6905      | √                                      |       | √     | 5             | √                           | 2,87...3,08                   | низкий                     | открытый коллектор  |                                        |
| STM809L/M    |                                        | √     |       | 1             |                             | 4,25...4,75                   | низкий                     | двухтактный         | 140...280                              |
| STM809T/S/R  | √                                      |       | √     |               |                             | 2,55...3,15                   | низкий                     | двухтактный         |                                        |
| STM810L/M    |                                        | √     |       |               |                             | 4,25...4,75                   | высокий                    | двухтактный         |                                        |
| STM810T/S/R  | √                                      |       | √     |               |                             | 2,55...3,15                   | высокий                    | двухтактный         |                                        |
| STM811L/M    |                                        | √     |       |               | √                           | 4,25...4,75                   | низкий                     | двухтактный         |                                        |
| STM811T/S/R  | √                                      |       | √     |               | √                           | 2,55...3,15                   | низкий                     | двухтактный         |                                        |
| STM812L/M    |                                        | √     |       |               | √                           | 4,25...4,75                   | высокий                    | двухтактный         |                                        |
| STM812T/S/R  | √                                      |       | √     |               | √                           | 2,55...3,15                   | высокий                    | двухтактный         |                                        |
| STM1001L/M   |                                        | √     |       |               |                             | 4,25...4,75                   | низкий                     | открытый коллектор  | 100...200                              |
| STM1001T/S/R | √                                      |       | √     |               |                             | 2,55...3,15                   | низкий                     | открытый коллектор  |                                        |
| STM1810L/M   |                                        | √     |       |               |                             | 4,25...4,75                   | низкий                     | двухтактный         |                                        |
| STM1811L/M   |                                        | √     |       |               |                             | 4,25...4,75                   | низкий                     | открытый коллектор  |                                        |
| STM1812L/M   |                                        | √     |       |               |                             | 4,25...4,75                   | высокий                    | двухтактный         |                                        |
| STM1813L/M   |                                        | √     |       |               |                             | 4,25...4,75                   | низкий                     | открытый коллектор  |                                        |
| STM1815T/S/R | √                                      |       | √     |               |                             | 2,47...3,15                   | низкий                     | двухтактный         |                                        |
| STM1816T/S/R | √                                      |       | √     |               |                             | 2,47...3,15                   | низкий                     | открытый коллектор  |                                        |
| STM1817T/S/R | √                                      |       | √     |               |                             | 2,47...3,15                   | высокий                    | двухтактный         |                                        |
| STM1818T/S/R | √                                      |       | √     |               |                             | 2,47...3,15                   | низкий                     | открытый коллектор  |                                        |

Таблица 2. Переключатели и контроллеры питания: параметры и характеристики

| Наименование | Входное напряжение, В | Минимальное напряжение разрешения работы, В | Точность контроля напряжения, % | Вход разрешения | Вход включения | Ток потребления, мкА | Макс. ток коммутации, А | Диапазон рабочей температуры, °С | Корпус      |
|--------------|-----------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|----------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------|
| STM1066      | 2,7...5,5             | 3,35                                        | ±3                              | есть            | есть           | 1,5                  | —                       | -30...85                         | Flip chip 6 |
| STM1068      | 2,7...5,6             | 3,35                                        | ±3                              | есть            | есть           | 1,5                  | —                       | -30...85                         | Flip chip 6 |
| STM11        | 2,5...5,5             | 3,0...3,6                                   | ±3                              | есть            | есть           | 2,0                  | 3,7                     | -30...85                         | DFN-8       |

Таблица 3. Супервизоры микроконтроллеров: параметры и характеристики

| Наименование | Совместимость с микроконтроллерами STM |       |       | Порог напряжения сброса, В | Активный уровень на выходе | Тип выходного ключа | Вход принудительного сброса | PFI/PFO | Сторожевой таймер | Вход разрешения | Контроль истощения батареи |  |
|--------------|----------------------------------------|-------|-------|----------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|---------|-------------------|-----------------|----------------------------|--|
|              | STM32                                  | STM8S | STM8L |                            |                            |                     |                             |         |                   |                 |                            |  |
| M40SZ100W    | ✓                                      |       | ✓     | 2,60                       | низкий                     | открытый коллектор  | ✓                           | ✓       |                   | 1               | ✓                          |  |
| M40Z111/W    |                                        |       |       | —                          | —                          | —                   |                             |         |                   | 1               |                            |  |
| M40Z300W     | ✓                                      |       | ✓     | 2,60                       | низкий                     | открытый коллектор  |                             |         |                   | 4               | ✓                          |  |
| STM690A      |                                        | ✓     |       | 4,65                       |                            | двухтактный         |                             | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM692A      |                                        | ✓     |       | 4,40                       |                            |                     |                             | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM690T/S/R  | ✓                                      |       | ✓     | 2,63/2,93/3,08             |                            |                     |                             | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM703       |                                        | ✓     |       | 4,65                       |                            |                     | ✓                           | ✓       |                   |                 |                            |  |
| STM704       |                                        | ✓     |       |                            |                            |                     | ✓                           | ✓       |                   |                 |                            |  |
| STM704T/S/R  | ✓                                      |       | ✓     | 2,63/2,93/3,08             |                            |                     | ✓                           | ✓       |                   |                 |                            |  |
| STM795T/S/R  | ✓                                      |       | ✓     |                            |                            | открытый коллектор  | ✓                           |         |                   |                 |                            |  |
| STM802L/M    |                                        | ✓     |       | 4,40/4,65                  |                            | двухтактный         |                             | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM802T/S/R  | ✓                                      |       | ✓     | 2,63/2,93/3,08             |                            |                     |                             | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM804T/S/R  | ✓                                      |       | ✓     |                            |                            | высокий             | открытый коллектор          | ✓       | ✓                 | ✓               |                            |  |
| STM805L      |                                        | ✓     |       | 4,65                       |                            |                     | двухтактный                 |         | ✓                 | ✓               |                            |  |
| STM805T/S/R  | ✓                                      |       | ✓     | 2,63/2,93/3,08             | открытый коллектор         |                     |                             | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM806T/S/R  | ✓                                      |       | ✓     |                            | низкий                     | двухтактный         | ✓                           | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM817L/M    |                                        | ✓     |       | 4,40/4,65                  |                            |                     |                             | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM818L/M    |                                        | ✓     |       |                            |                            |                     |                             |         | ✓                 |                 |                            |  |
| STM819L/M    |                                        | ✓     |       |                            |                            |                     | ✓                           | ✓       |                   |                 |                            |  |
| STM705       |                                        | ✓     |       | 4,65                       |                            |                     | ✓                           | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM706       |                                        | ✓     |       | 4,40                       |                            |                     | ✓                           | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM706P      | ✓                                      |       | ✓     | 2,63                       |                            |                     | высокий                     | ✓       | ✓                 | ✓               |                            |  |
| STM706T/S/R  | ✓                                      |       | ✓     | 2,63/2,93/3,08             |                            |                     | низкий                      | ✓       | ✓                 | ✓               |                            |  |
| STM707       |                                        | ✓     |       | 4,65                       |                            |                     | низкий, высокий             | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM708       |                                        | ✓     |       | 4,40                       |                            |                     |                             | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STM708T/S/R  | ✓                                      |       | ✓     | 2,63/2,93/3,08             | высокий                    |                     | ✓                           | ✓       |                   |                 |                            |  |
| STM813L      |                                        | ✓     |       | 4,65                       |                            |                     | ✓                           | ✓       | ✓                 |                 |                            |  |
| STWD100      | ✓                                      | ✓     | ✓     | Только WDT                 | низкий                     | открытый коллектор  |                             |         | ✓                 |                 |                            |  |
| STM6321      | ✓                                      | ✓     | ✓     | 2,63/2,93/3,08/4,38/4,63   | низкий, высокий            | двухтактный         |                             |         | ✓                 |                 |                            |  |
| STM6322      | ✓                                      | ✓     | ✓     |                            |                            |                     | ✓                           |         |                   |                 |                            |  |
| STM6821      | ✓                                      | ✓     | ✓     |                            | высокий                    |                     | ✓                           |         | ✓                 |                 |                            |  |
| STM6822      | ✓                                      | ✓     | ✓     |                            | низкий                     | открытый коллектор  | ✓                           |         | ✓                 |                 |                            |  |
| STM6823      | ✓                                      | ✓     | ✓     |                            |                            | ✓                   |                             | ✓       |                   |                 |                            |  |
| STM6824      | ✓                                      | ✓     | ✓     |                            | низкий, высокий            | двухтактный         |                             |         | ✓                 |                 |                            |  |
| STM6825      | ✓                                      | ✓     | ✓     |                            |                            |                     | ✓                           |         |                   |                 |                            |  |

быть вызвано действием мощной электромагнитной помехи. Кроме того, использование сторожевого таймера исключает необходимость применения кнопки «сброс» для выхода из состояния «зависания», так как в этом случае таймер ав-

томатически возвращает микроконтроллер к нормальному режиму работы.

Компания STMicroelectronics выпускает большую линейку супервизоров питания, которая практически полностью покрывает потребности разработчика.

**Супервизоры общего назначения** (табл. 1, рис. 1) разделяются по числу входных контролируемых каналов (от одного до пяти), дополнительному входу принудительного сброса (например, внешняя кнопка RESET), активному



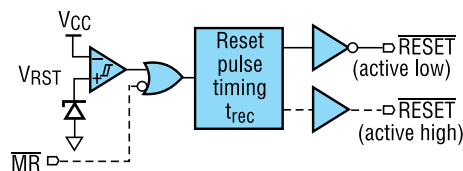


Рис. 1. Структурная схема супервизора общего назначения

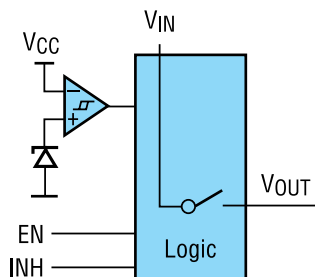


Рис. 2. Структурная схема супервизора для устройств с батарейным питанием

логическому уровню формируемого сигнала сброса (низкий и высокий), типу выходного ключа сброса (открытый коллектор и двухтактный выход) и длительности импульса сброса. Основная область применения — супервизоры для микропроцессоров и программируемых логических микросхем CPLD/FPGA.

**Супервизоры для устройств с батарейным питанием** (табл. 2, рис. 2, 3) ориентированы на следующие приложения: контроль состояния батареи, возможность внешнего включения устройства от кнопки, автоматическое управление источником напряжения (внешний источник или батарея).

**Супервизоры для микропроцессоров и микроконтроллеров** (табл. 3, рис. 3) обладают расширенной функциональностью: встроенный сторожевой таймер, дополнительный внутренний компаратор (вход PFI, выход PFO), предназначенный для раннего предсказания падения напряжения питания (например, сохранение некоторых важных параметров в энергонезависимую память), вход принудительного сброса извне (например, кнопка).

Помимо описанных классических супервизоров, STMicroelectronics выпускает уникальные супервизоры, отличающиеся расширенным набором встроенных функций и характеристик. Все они предназначены для конкретных областей применения, то есть речь идет о специализированных микросхемах.

**STWD100xx** — сторожевой таймер с низким потребляемым током (до 13 мкА). Период срабатывания таймера фиксирован: 3,4 мс (STWD100xP), 6,3 мс (STWD100xW), 102 мс (STWD100xX), 1,6 с (STWD100xY). Тип выходного ключа фиксирован: открытый коллектор (STWD100Nx), двухтактный выход (STWD100Px). Диапазон напряжения питания; 2,7...5,5 В, диапазон рабочей

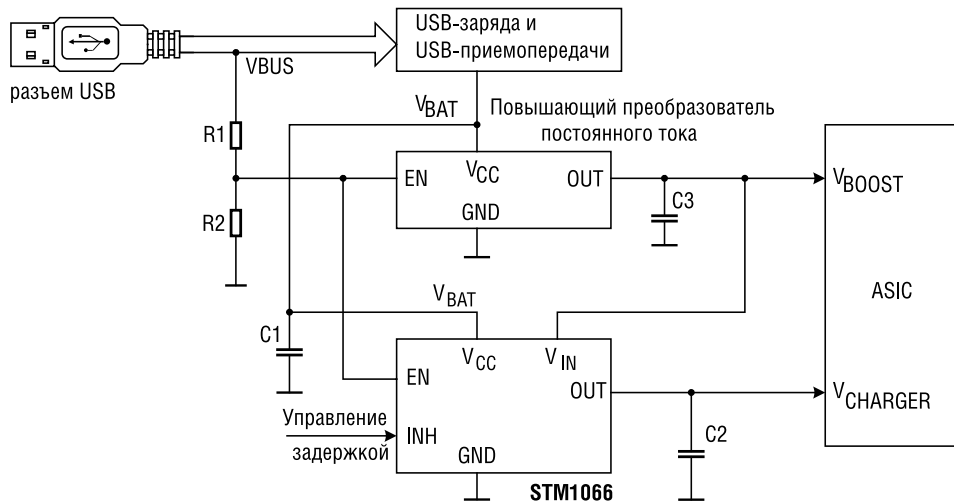


Рис. 3. Пример схемы применения супервизора для устройств с батарейным питанием

температуры: -40...125°C, корпус SOT-23-5. Микросхема, в частности, применяется в качестве внешнего сторожевого таймера для микроконтроллеров STM8L, STM8S и STM32.

**STM62xx** — серия экономичных супервизоров, предназначенных для управления аппаратным сбросом микропроцессоров и микроконтроллеров. Основное применение этих микросхем — устройства с батарейным питанием: MP3-проигрыватели, GPS-навигаторы, мобильные телефоны. Особенность STM62xx — интеллектуальные входы сброса, реагирующие только на сигналы сброса с длительностью не менее периода, заданного внешней RC-цепью. Это предотвращает нежелательный или случайный сброс устройства. Такие супервизоры могут работать в паре с любым из микроконтроллеров STMicroelectronics.

**STM1061N** — детектор пониженного напряжения питания, предназначенный для раннего определения провала напряжения питания до уровня ниже заданного в микросхеме (детекторы калибруются с точностью 100 мВ на заводе-изготовителе). Выходной ключ — открытый коллектор. Диапазон напряжения: 1,6...5,5 В с шагом 100 мВ. Диапазон напряжения питания; 0,7...6,0 В, диапазон рабочей температуры: -40...85°C, компактный корпус SOT-23-3.

**M41ST87Y и M41ST87W** — первые в своем роде специализированные супервизоры, предназначенные для применения в устройствах повышенной секретности, то есть для предотвращения кражи интеллектуальной собственности в виде принципиальной схемы устройства, прошивки микроконтроллера и т.п. В состав микросхем входят, в частности, сторожевой таймер, супервизор питания, схема коммутации для батарейного питания, 128 байт NVRAM для нужд приложения, часы реального времени (RTC) и будильник, узел контро-

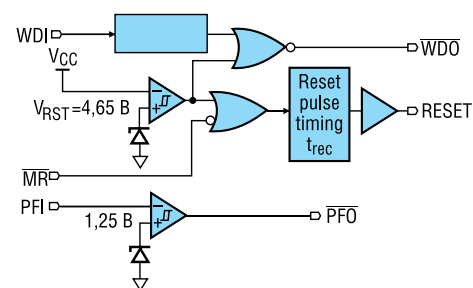


Рис. 4. Структурная схема супервизора для микроконтроллеров и микропроцессоров

ля внешних выключателей (определение факта вскрытия корпуса изделия), два компаратора для раннего обнаружения провалов напряжения питания. Управление супервизором осуществляется через интерфейс I<sup>2</sup>C. Микросхемы предназначены для применения в системах безопасности, в частности — в панелях управления системой безопасности частного дома или нежилого помещения.

### Заключение

STMicroelectronics представляет, пожалуй, самый богатый и обширный выбор микросхем в представленном в статье сегменте рынка: супервизоры, детекторы провалов напряжения питания, цепи управления сбросом, сторожевые таймеры, специализированные микросхемы безопасности и защиты. Стоит отметить широчайший выбор компонентов под практически любое напряжение питания, любой микроконтроллер, микропроцессор, ПЛИС, FPGA. Благодаря этому для разработчика становится доступным практически все, что нужно для организации надежной цепи питания и сброса проектируемого устройства.

Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка —  
e-mail: [analog.vesti@compel.ru](mailto:analog.vesti@compel.ru)

Андрей Никитин

## ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДОМ АККУМУЛЯТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА MAXIM



В современных сложных портативных электронных устройствах использование невосстанавливаемых батарей становится экономически неэффективным — на длительном промежутке времени суммарная стоимость необходимого количества разовых батарей многократно превышает стоимость одного аккумулятора. В статье рассматриваются основные типы аккумуляторов, применяемых в мобильной электронной технике, а также интегральные схемы **управления батарейным питанием (Battery Management)**, выпускаемые компанией **Maxim Integrated Products**.



Электрический аккумулятор — это химический источник тока многократного действия. Он используется для накопления энергии и автономного питания различных электронных устройств. Принцип действия аккумулятора основан на обратимости химической реакции. Работоспособность аккумулятора может быть восстановлена путем его заряда, то есть при пропускании тока в направлении, обратном направлению тока при разряде. Несколько аккумуляторов, последовательно соединенных в одну электрическую цепь, часто называют аккумуляторной батареей. Электрические и эксплуатационные характеристики аккумулятора зависят от материала электродов и состава электролита.

Рассмотрим основные параметры аккумуляторов и аккумуляторных батарей:

- Удельная электроемкость. Измеряется в Вт·час/кг. Характеризует скорее тип аккумулятора, а не его конкретную модель. Поскольку первоначальной областью применения кислотных свинцовых (*Lead Acid*) аккумуляторов были стартерные батареи для автомобильного транспорта и аварийные источники электроэнергии, по своим массогабаритным характеристикам совсем не миниатюрные, то в единице измерения традиционно присутствует именно килограмм (хотя применительно к аккумуляторам мобильных устройств это вызывает удивление). Используются также схожие характеристики: удельная мощность — Вт/кг и удельная энергоплотность — Вт·час/литр.

- Номинальное напряжение элемента (или ЭДС), измеряемое в Вольтах. Также характеризует тип аккумулятора.

- Емкость аккумулятора (или аккумуляторной батареи), измеряемая в А·час. Данный параметр характеризует конкретное изделие.

- Номинальное напряжение аккумулятора, измеряемое в Вольтах. Также характеризует конкретное изделие.

- Количество циклов заряд-разряд (по сути — срок службы изделия). К сожалению, данные различных производителей сложно сравнивать: одни под сроком службы понимают количество циклов, после которых первоначальная емкость падает на 80%, другие — 50 или 30%.

- Саморазряд аккумулятора, измеряемый в %/месяц. Даже при отсутствии подключенной нагрузки заряд

Никель-кадмиевый аккумулятор — химический источник тока, электрохимическая система которого устроена следующим образом: анодом является металлический кадмий (в виде порошка), электролитом — гидроксид калия с добавкой гидроксида лития, катодом — гидрат окиси никеля с графитовым порошком. Первыми в мобильных электронных устройствах стали применяться именно никель-кадмиевые аккумуляторы.

### Основные достоинства:

- Невысокая стоимость.
- Высокая надежность. Данные аккумуляторы невосприимчивы к перезаряду и не теряют работоспособность при полном разряде.
- Более высокие значения пикового и оптимального тока нагрузки (по сравнению с другими типами аккумуляторов) при одинаковой емкости.
- Устойчивая работа при отрицательных температурах.

Номенклатура **интегральных схем заряда аккумуляторов**, выпускаемая компанией **Maxim Integrated Products**, весьма широка и включает более шестидесяти позиций.

аккумулятора с течением времени непрерывно уменьшается.

- Ток нагрузки (пиковый и оптимальный).

- Диапазон рабочих температур (как правило, для разряда).

В современной электронной технике наиболее распространены следующие типы аккумуляторов:

- Никель-кадмиевые (NiCd);
- Никель-металлогидридные (Ni-MH);
- Литий-ионные (Li-Ion);
- Литий-полимерные (Li-Pol).

Рассмотрим коротко особенности каждого из них.

- Допускают длительное хранение в разряженном состоянии.

### Основные недостатки:

- Наиболее существенный: аккумуляторы этого типа подвержены необратимому «эффекту памяти».

- Большой, по сравнению с литиевыми аккумуляторами, саморазряд. При малых токах нагрузки аккумулятор быстро теряет заряд именно за счет саморазряда. По этой причине в часах и пультах дистанционного управления используются все-таки одноразовые батареи, а не аккумуляторы — от саморазряда аккумуляторы «сядут» быстрее, чем от их использования.

Таблица 1. Технические характеристики основных видов аккумуляторов

| Параметр                        | Тип аккумулятора |          |           |           |
|---------------------------------|------------------|----------|-----------|-----------|
|                                 | Ni-Cd            | Ni-MH    | Li-Ion    | Li-Pol    |
| Удельная емкость, Вт·час·кг     | 45...85          | 60...120 | 110...160 | 100...130 |
| ЭДС, В                          | 1,25             | 1,25     | 3,6       | 3,6       |
| Количество циклов заряд-разряд  | 1500             | 400      | 800       | 800       |
| Саморазряд, %/месяц             | 20               | 30       | 10        | 10        |
| Ток нагрузки, пиковый, А        | 20               | 5        | 2         | 2         |
| Ток нагрузки, оптимальный, А    | 1                | 0,5      | 1         | 1         |
| Диапазон рабочих температур, °С | -40...60         | -20...60 | -20...60  | 0...60    |

Несколько слов об «эффекте памяти». Под этим понимается потеря емкости аккумулятора в случае частой зарядки не полностью разряженного аккумулятора. В этом случае происходит укрупнение кристаллов рабочего вещества (электролита) аккумулятора. Чем мельче кристаллы электролита, тем больше их суммарная площадь и, следовательно, максимально количество энергии, запасаемой аккумулятором. При укрупнении кристаллов в процессе эксплуатации суммарная площадь их поверхности уменьшается и, как следствие, уменьшается реальная емкость — иными словами, «аккумулятор не держит».

В никель-металлогидридных аккумуляторах в качестве анода используется водородный металлогидридный электрод (обычно никель-лантан или гидрид никель-литий), в качестве электролита — гидроксид калия, в качестве катода — оксид никеля. Исследования в области технологии изготовления Ni-MH аккумуляторов начались как попытка преодоления недостатков никель-кадмиевых аккумуляторов.

#### Основные достоинства:

- Частично устранен «эффект памяти». Это означает, что заряжать не полностью разряженный аккумулятор можно, если он хранился в таком состоянии не более нескольких дней. Если же аккумулятор был частично разряжен, а затем не использовался в течение длительного времени, то перед зарядом его необходимо разрядить.

- Большая удельная емкость по сравнению с никель-кадмиевыми аккумуляторами.

#### Основные недостатки:

- Критичность к перезаряду.
- Аккумуляторы необходимо хранить полностью заряженными. При хранении надо регулярно (раз в 1-2 месяца) проверять напряжение. Если напряжение упало ниже 1 В, необходимо зарядить аккумуляторы заново.
- Практически по всем параметрам (число циклов «заряд-разряд», величина саморазряда, токи нагрузки, диапазон рабочих температур) уступают никель-кадмиевым аккумуляторам.

**Литий-ионный аккумулятор** — тип электрического аккумулятора, широко распространенный в современной бытовой электронной технике. В настоящее время это самый популярный тип аккумуляторов в таких устройствах как сотовые телефоны, ноутбуки, цифровые фотоаппараты, медиаплееры. В качестве анода используется графит, а в качестве катода — оксиды лития с кобальтом или марганцем. Литий-кобальтовые пластины служат дольше, а литий-марганцевые значительно дешевле. В качестве электролита используют различные соли лития (раствор или гель). На сегодняшний момент существует множество разновидностей Li-ion аккумуляторов, отличить которые по внешнему виду невозможно. Поэтому отметим только те достоинства и недостатки, которые свойственны всем типам этих устройств.

#### Преимущества:

- Высокая плотность энергии и, как следствие, большая емкость при тех же самых габаритах по сравнению с аккумуляторами на основе никеля.
- Низкий саморазряд.
- Высокое напряжение единичного элемента, что упрощает конструкцию — зачастую аккумуляторная батарея состоит только из одного элемента.
- Отсутствует эффект памяти.
- Как следствие — удобство в эксплуатации и простота обслуживания. Нет необходимости в периодических циклах разряда для восстановления емкости.

#### Недостатки:

- Более высокая стоимость по сравнению с никелевыми аккумуляторами.
- Меньшие токи нагрузки при равной емкости с никелевыми аккумуляторами.
- Для аккумулятора требуется встроенная схема защиты (что ведет к дополнительному повышению его стоимости), которая ограничивает максимальное напряжение на каждом элементе аккумулятора во время заряда и предохраняет напряжение элемента от слишком низкого понижения при разряде. Кроме того, она ограничивает максимальные токи заряда-разряда и контролирует температуру элемента. В результате возможность металлизации лития практически исключена.
- Аккумулятор подвержен старению, даже если он не используется — уже через два года он теряет большую часть своей емкости.

- Аккумуляторы этого типа могут быть опасны при разрушении корпуса. Попытки зарядки аккумуляторов с дефектами корпуса могут повлечь за собой бурную реакцию с воспламенением выделяющихся газов.

Оптимальные условия хранения Li-Ion аккумуляторов достигаются при 40% заряде от емкости аккумулятора.

Попытки решения проблем с обеспечением безопасности эксплуатации Li-Ion аккумуляторов привели к появлению **литий-полимерных аккумуляторов**. Основное отличие — в используемом электролите: в литий-полимерных аккумуляторах используется не раствор или гель, а твердый сухой электролит

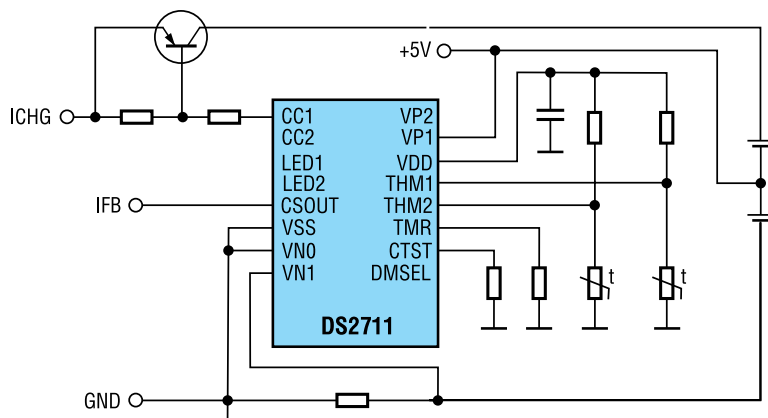


Рис. 1. Схема включения микросхем DS2711 и DS2712



Таблица 2. Технические характеристики микросхем заряда никелевых аккумуляторов

| Изделие | Поддерживаемые типы аккумуляторов | Количество батарей                   | Максимальное напряжение заряда, В | Максимальный ток заряда, А | Критерий окончания зарядки | Регулятор               | Корпус/Число выводов                   |
|---------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
| DS2710  | NiCd, NiMH                        | 1                                    | 5,5                               | 4                          | -ΔV                        | Импульсный              | TDFN/10                                |
| DS2711  | NiCd, NiMH                        | 1, 2                                 | 5,5                               | -                          | -ΔV                        | Линейный                | SOIC(N)/16<br>TSSOP/16                 |
| DS2712  | NiCd, NiMH                        | 1, 2                                 | 5,5                               | -                          | -ΔV                        | Импульсный              | SOIC(N)/16<br>TSSOP/16                 |
| DS2714  | NiCd, NiMH                        | 1, 2, 3, 4                           | 5,5                               | -                          | -ΔV                        | Внешний                 | TSSOP/20                               |
| DS2715  | NiMH                              | 1, 2, 3, 4, 5, 6,<br>7, 8, 9, 10     | 16,5                              | -                          | dT/dt                      | Линейный,<br>импульсный | SOIC(N)/16                             |
| MAX712  | NiMH                              | 1, 2, 3, 4, 5, 6,<br>7, 8, 9, 10, 11 | 20                                | 2                          | -ΔV                        | Линейный,<br>импульсный | CDIP(N)/16<br>PDIP(N)/16<br>SOIC(N)/16 |
| MAX713  | NiCd, NiMH                        | 1, 2, 3, 4, 5, 6,<br>7, 8, 9, 10, 11 | 20                                | 2                          | -ΔV                        | Линейный,<br>импульсный | CDIP(N)/16<br>PDIP(N)/16<br>SOIC(N)/16 |

(в виде пленки) в который для повышения электропроводности добавляется некоторое количество геля.

#### Основные преимущества:

- Низкая цена за единицу емкости.
- В перспективе — возможность достижения характеристик Li-Ion аккумуляторов по существенно более низкой цене.
- Отсутствие эффекта памяти.
- Низкий саморазряд.
- Толщина элементов от 1 мм и возможность придавать аккумулятору гибкую форму.
- Экологическая безопасность.

#### Недостатки:

- В настоящее время по таким параметрам как удельная электроемкость и количество циклов заряд-разряд литий-полимерные аккумуляторы несколько уступают литий-ионным.
- Диапазон рабочих температур литий-полимерных аккумуляторов ограничен: элементы плохо работают при отрицательных температурах.
- Основные технические характеристики перечисленных типов аккумуляторов приведены в таблице 1.

#### Интегральные схемы управления батарейным питанием

Данные микросхемы включают в себя несколько классов, которые существенно отличаются по своему назначению:

- Микросхемы заряда аккумуляторов (*Battery Charger*), которые и рассматриваются в данной статье.
- Микросхемы защиты аккумуляторов (*Battery Protector*).
- Микросхемы контроля состояния (*Battery Status Monitor*).
- Микросхемы индикации уровня заряда (*Battery Fuel Gauge*).

Некоторые микросхемы реализуют несколько функций из приведенных выше.

Номенклатура интегральных схем заряда аккумуляторов, выпускаемая компанией Maxim, весьма широка и включает более 60 позиций. Основным

критерием, по которому их можно классифицировать является тип обслуживаемых аккумуляторов, а именно:

- Никелевые. Как правило, это и никель-кадмиевые, и никель-металлогидридные (хотя есть и исключения).
- Литиевые (литий-ионные и литий-полимерные).
- Универсальные (никелевые, литиевые и, часто, кислотнo-свинцовые).

Имеет смысл привести и другие классификации:

- По способу заряда: медленный заряд, быстрый заряд, реверсивный заряд, капельная подзарядка (*Trickle Charging*).
- По способу контроля окончания заряда: по изменению напряжения, по скорости изменения температуры, по времени, по максимуму напряжения, по минимуму тока заряда, с внешним управлением.
- По типу используемого регулятора: импульсные и линейные.
- По используемому источнику: от источника постоянного напряжения, от USB-порта.

Микросхемы заряда никелевых аккумуляторов.

В таблице 2 приведены технические характеристики микросхем заряда никелевых аккумуляторов.

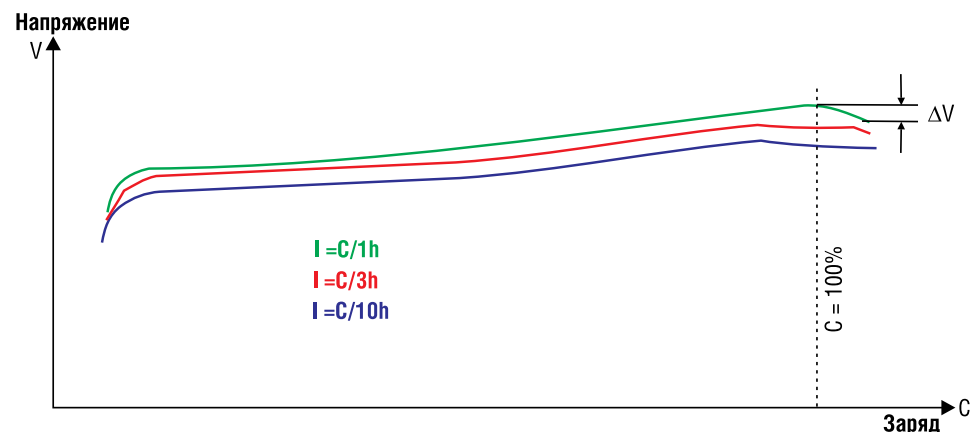


Рис. 2. Кривая заряда никелевого аккумулятора

Типичными для микросхем данного класса являются изделия **DS2711** и **DS2712**, упрощенная схема включения которых представлена на рисунке 1 (при последовательном подключении двух батарей).

Микросхемы обеспечивают:

- Заряд одной или двух аккумуляторных батарей типоразмера AA или AAA (номинальным напряжением 1,2 В), включенных параллельно или последовательно.
- Обнаружение одноразовых батарей и отказ от их заряда.
- Предварительный заряд разряженных ( $V_{\text{BAT}} < 1$  В) аккумуляторов малым током.
- Быстрый заряд аккумуляторов с контролем окончания заряда по методу «отрицательного приращения напряжения -ΔV».
- Контроль температуры аккумулятора и прекращение заряда при превышении  $50^{\circ}\text{C}$ .
- Контроль напряжения аккумулятора. Отказ (прекращение) заряда при превышении значения 1,75 В.
- Контроль времени. Прерывание заряда по тайм-ауту.

Микросхемы содержат:

- Линейный (для DS2711) или импульсный (DS2712) регулятор тока заряда.

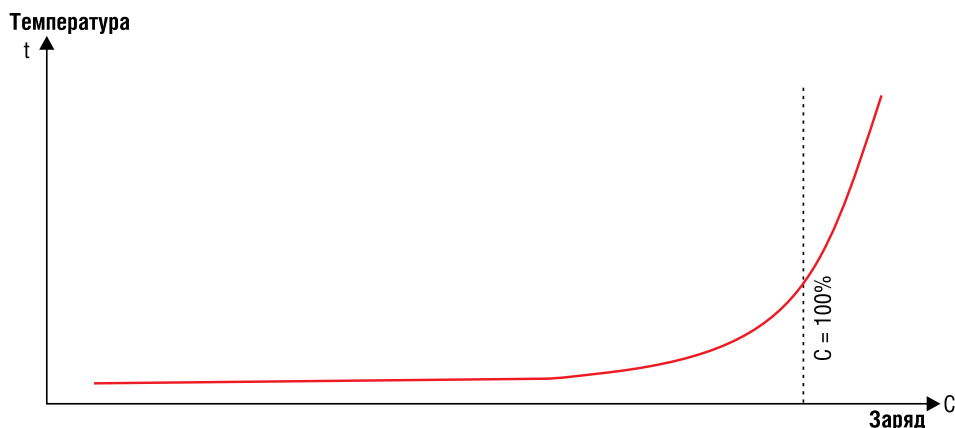


Рис. 3. Кривая изменения температуры аккумулятора при заряде

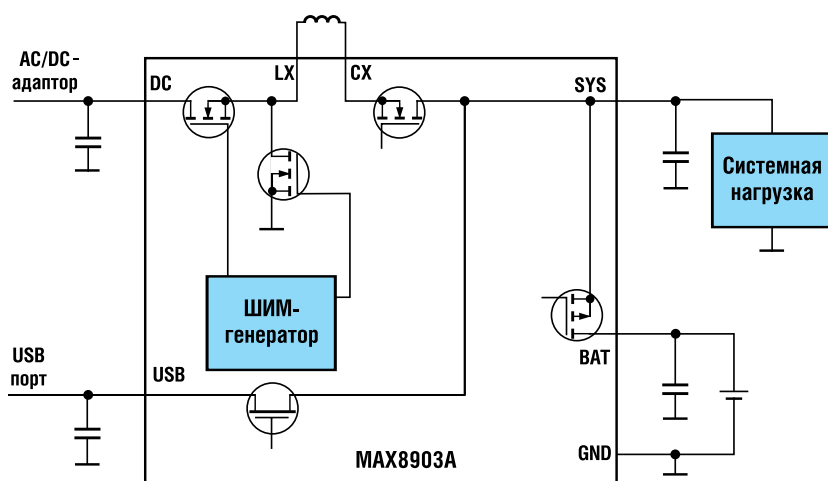


Рис. 4. Схема включения микросхемы MAX8903A

• Индикатор состояния заряда на светодиодах.

Некоторые пояснения относительно быстрого заряда аккумулятора и контроля завершения заряда по критерию « $\Delta V$ ». Под быстрым зарядом понимают заряд аккумулятора постоянным током величиной примерно 1С. Если номинальная емкость аккумулятора равна, к примеру, 1000 мА·час, то под током 1С понимают ток 1000 мА. Под током 0,25С (медленный заряд) — 250 мА и т.д.

Одним из методов определения окончания заряда никелевых аккумуляторов является « $\Delta V$ ». На рисунке 2 показан график напряжения на элементе при заряде. Зарядное устройство заряжает аккумулятор, и напряжение на нем возрастает. После того, как аккумулятор полностью заряжен, напряжение на нем начинает падать. Эффект наблюдается только при достаточно больших токах зарядки. Зарядное устройство должно определить это падение (оно составляет примерно 15...20 мВ для Ni-Cd и 5...10 мВ для Ni-MH аккумуляторов) и выключить зарядку. Естественно, соответствующий каскад микросхемы должен обладать необходимой чувствительностью (для DS2711 и DS2712 этот параметр равен 2 мВ).

Другим способом определения завершения заряда является измерение скорости изменения температуры аккумулятора « $dT/dt$ », которое реализовано в микросхеме DS2715. Суть его заключается в следующем. При зарядке элемента постоянным током большая часть электрической энергии преобразуется в химическую энергию. Когда аккумулятор полностью заряжен, то подводимая электрическая энергия будет преобразовываться в тепло. При достаточно большом зарядном токе можно определить окончание заряда по резкому увеличению температуры элемента, установив датчик температуры аккумулятора. Данный метод иллюстрируется рисунком 3.

### Микросхемы заряда литиевых аккумуляторов

Микросхемы данного класса представлены в линейке компании Maxim наиболее широко. В таблице 3 приведены технические характеристики микросхем заряда литиевых аккумуляторов.

В качестве примера рассмотрим микросхему MAX8903A, упрощенная схема включения которой представлена на рисунке 4.

Микросхема обеспечивает:

• Заряд одного литиевого аккумулятора током до 2 Ампер.

• Выбор одного из двух источников входного напряжения (АС/DC-адаптер или USB-порт) с использованием встроенной схемы Smart Power Selector™.

• Питание нагрузки от АС/DC-адаптера при отсутствии аккумулятора или при разряженном аккумуляторе.

• Предварительный заряд разряженных ( $V_{BAT} < 3$  В) аккумуляторов малым током (10% от величины максимального тока).

• Быстрый заряд аккумуляторов с контролем окончания заряда по методу «минимального тока заряда».

• Задание величины максимального тока с помощью внешних резисторов.

• Контроль температуры аккумулятора и прекращение заряда при превышении значения 100°C (при использовании внешнего терморезистора сопротивлением 10 кОм).

• Контроль времени в режимах предварительного и быстрого заряда. Прерывание заряда по тайм-ауту. Значение тайм-аута задается внешним конденсатором.

• Подзарядку аккумулятора в процессе работы в целях компенсации его саморазряда.

Микросхема содержит:

• Импульсный регулятор тока заряда с частотой коммутации 4 МГц, требующий минимального количества внешних компонентов.

• Встроенный выходной MOSFET-транзистор.

• Выходы состояний «DC OK» и «USB OK», индицирующие подключение АС/DC-адаптера или USB-порта, соответственно.

• Выходы состояний «Charge» и «Fault», индицирующие процесс заряда или прерывание заряда по какой-либо причине, соответственно.

Рассмотрим метод определения полной загрузки литиевого аккумулятора по критерию «минимальный ток заряда». На рисунке 5 приведены кривые тока и напряжения при заряде литиевого аккумулятора.

При частично разряженном аккумуляторе ( $V_{BAT} = 3,0...4,2$  В) включается режим быстрого заряда. При этом до достижения значения напряжения  $V_{BAT} = 4,2$  В величина зарядного тока остается максимальной. При достижении этого напряжения ток заряда постепенно уменьшается. Заряд аккумулятора считается завершенным, если ток заряда становится меньше некоторого порогового значения (примерно 0,1С). В этот момент зарядка прекращается.

Как отмечалось выше, рассматриваемая микросхема поддерживает режим подзарядки. При этом отслеживается снижение напряжения аккумулятора от номинального значения 4,2 В до порогового значения 4,1 В и ниже (вне режима быстрого заряда). Данная ситуация

Таблица 3. Технические характеристики микросхем заряда литиевых аккумуляторов

| Изделие   | Поддерживаемые типы аккумуляторов | Количество батарей | Максимальное напряжение заряда, В | Максимальный ток заряда, А | Критерий окончания зарядки                 | Регулятор  | Корпус / Число выводов |
|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|------------|------------------------|
| DS2731    | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 13,2                              | 1,5                        | Минимальный ток заряда                     | Импульсный | TSSOP-EP/28            |
| MAX1507   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 7                                 | 0,8                        | Внешнее управление                         | Линейный   | TDFN-EP/8              |
| MAX1508   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 7                                 | 0,8                        | Внешнее управление                         | Линейный   | TDFN-EP/8              |
| MAX1551   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 7                                 | 0,28                       | Внешнее управление                         | Линейный   | TSOT/5                 |
| MAX1555   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 7                                 | 0,28                       | Внешнее управление                         | Линейный   | TSOT/5                 |
| MAX17005B | Li-Ion, Li-Polymer                | 3, 4               | 26                                | 5                          | Внешнее управление                         | Импульсный | TQFN/20                |
| MAX17006B | Li-Ion, Li-Polymer                | 2, 3               | 26                                | 5                          | Внешнее управление                         | Импульсный | TQFN/20                |
| MAX17015B | Li-Ion, Li-Polymer                | 2, 3, 4, 5         | 26                                | 5                          | Внешнее управление                         | Импульсный | TQFN/20                |
| MAX1736   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 22                                | 2                          | Минимальный ток заряда                     | Импульсный | «SOT/6 , TDFN-EP/6»    |
| MAX1737   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1, 2, 3, 4         | 28                                | 4                          | Минимальный ток заряда                     | Импульсный | QSOP/28                |
| MAX17435  | Li-Ion, Li-Polymer                | 1, 2, 3, 4         | 26                                | 7                          | Внешнее управление, Минимальный ток заряда | Импульсный | TQFN/24                |
| MAX1757   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1, 2, 3            | 14                                | 1,5                        | Минимальный ток заряда                     | Импульсный | SSOP/28                |
| MAX1758   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1, 2, 3, 4         | 28                                | 1,5                        | Минимальный ток заряда                     | Импульсный | SSOP/28                |
| MAX1811   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 6,5                               | 0,5                        | Внешнее управление                         | Линейный   | SOIC(N)/8              |
| MAX1874   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 6,5                               | 1                          | Внешнее управление                         | Линейный   | TQFN/16                |
| MAX1879   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 22                                | 2                          | Внешнее управление                         | Линейный   | &micro;MAX/8           |
| MAX1898   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 12                                | 1,4                        | Минимальный ток заряда                     | Линейный   | &micro;MAX/10          |
| MAX1925   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 12                                | 2                          | Минимальный ток заряда                     | Импульсный | TQFN/12                |
| MAX1926   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 6,1                               | 2                          | Минимальный ток заряда                     | Импульсный | TQFN/12                |
| MAX745    | Li-Ion, Li-Polymer                | 1, 2, 3, 4         | 24                                | 4                          | Минимальный ток заряда                     | Импульсный | SSOP/20                |
| MAX8600   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 7                                 | 1                          | Минимальный ток заряда                     | Линейный   | TDFN-EP/14             |
| MAX8601   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 7                                 | 1                          | Минимальный ток заряда                     | Линейный   | TDFN-EP/14             |
| MAX8606   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 5,5                               | 1                          | Минимальный ток заряда                     | Линейный   | TDFN-EP/14             |
| MAX8671X  | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 6,6                               | 1                          | Минимальный ток заряда                     | Линейный   | TQFN/40                |
| MAX8677A  | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 6,6                               | 1,5                        | Минимальный ток заряда                     | Линейный   | TQFN/24                |
| MAX8677C  | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 6,6                               | 1,5                        | Минимальный ток заряда                     | Линейный   | TQFN/24                |
| MAX8731A  | Li-Ion, Li-Polymer                | 1, 2, 3, 4         | 26                                | 8                          | Внешнее управление, Минимальный ток заряда | Импульсный | TQFN/28                |
| MAX8804   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 7                                 | 0,7                        | Внешнее управление                         | Линейный   | TDFN-EP/8              |
| MAX8808   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 6,5                               | 1                          | Внешнее управление                         | Линейный   | TDFN-EP/8              |
| MAX8814   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 6,5                               | 0,6                        | Внешнее управление                         | Линейный   | TDFN-EP/8              |
| MAX8819   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 5,5                               | 1                          | Минимальный ток заряда                     | Линейный   | TQFN/28                |
| MAX8844   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 7                                 | 1                          | Внешнее управление                         | Линейный   | See Data Sheet         |
| MAX8845   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 7                                 | 1                          | Внешнее управление                         | Линейный   | See Data Sheet         |
| MAX8856   | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 5,5                               | 1                          | Минимальный ток заряда                     | Линейный   | TDFN-EP/14             |
| MAX8903A  | Li-Ion, Li-Polymer                | 1                  | 16                                | 2                          | Минимальный ток заряда                     | Импульсный | TQFN/28                |

Таблица 4. Технические характеристики универсальных микросхем заряда аккумуляторов

| Изделие         | Поддерживаемые типы аккумуляторов                    | Количество батарей. Ni                             | Количество батарей. Li | Максимальное напряжение заряда, В | Максимальный ток заряда, А | Регулятор  | Корпус/Число выводов |
|-----------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------|------------|----------------------|
| <b>MAX1501</b>  | Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH                       | 3                                                  | 1                      | 6,25                              | 1,4                        | Линейный   | TQFN/16              |
| <b>MAX1535</b>  | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8                             | 2, 3, 4                | 28                                | 8                          | Импульсный | TQFN/32              |
| <b>MAX1535A</b> | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8                             | 2, 3, 4                | 28                                | 8                          | Импульсный | TQFN/32              |
| <b>MAX1640</b>  | Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH                       | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 | 1, 2, 3, 4, 5, 6       | 26                                | —                          | Импульсный | QSOP/16              |
| <b>MAX1641</b>  | Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH                       | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 | 1, 2, 3, 4, 5, 6       | 26                                | —                          | Импульсный | QSOP/16              |
| <b>MAX1645</b>  | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8                             | 1, 2, 3, 4             | 28                                | 3                          | Импульсный | QSOP/28              |
| <b>MAX1645A</b> | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8                             | 2, 3, 4                | 28                                | 3                          | Импульсный | QSOP/28              |
| <b>MAX1645B</b> | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8                             | 2, 3, 4                | 28                                | 3                          | Импульсный | QSOP/28              |
| <b>MAX1647</b>  | Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal            | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8                             | 1, 2, 3, 4             | 28                                | 4                          | Импульсный | SSOP/20              |
| <b>MAX1772</b>  | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10                         | 2, 3, 4                | 28                                | 4                          | Импульсный | QSOP/28              |
| <b>MAX1870A</b> | Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH                       | 6, 9, 10                                           | 2, 3, 4                | 28                                | 4                          | Импульсный | TQFN/32              |
| <b>MAX1873</b>  | Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH                       | 5, 6, 7, 8, 9, 10                                  | 2, 3, 4                | 28                                | 4                          | Импульсный | QSOP/16              |
| <b>MAX1908</b>  | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10                         | 2, 3, 4                | 28                                | 5                          | Импульсный | TQFN/28              |
| <b>MAX1909</b>  | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10                               | 3, 4                   | 28                                | 5                          | Импульсный | TQFN/28              |
| <b>MAX846A</b>  | Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH                       | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11                  | 1, 2                   | 20                                | 2                          | Линейный   | QSOP/16              |
| <b>MAX8713</b>  | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10                      | 1, 2, 3, 4             | 28                                | 2                          | Импульсный | TQFN/24              |
| <b>MAX8724</b>  | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10                         | 2, 3, 4                | 28                                | 5                          | Импульсный | TQFN/28              |
| <b>MAX8725</b>  | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10                               | 3, 4                   | 28                                | 5                          | Импульсный | TQFN/28              |
| <b>MAX8765</b>  | Lead Acid, Li-Ion, Li-Polymer, NiCd, NiMH, Universal | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10                         | 2, 3, 4                | 28                                | 5                          | Импульсный | TQFN/28              |

происходит по мере саморазряда аккумулятора. В этом случае включается режим быстрого заряда батареи, который прекращается опять же при достижении «минимального тока заряда».

Строго говоря, току заряда 0,1С соответствует заряд аккумулятора не полностью, а примерно на 95%. Желание «собрать крошки» привело к модифи-

кации метода «минимального тока заряда». Данная модификация используется в микросхемах **MAX1757** и **MAX1758**. Ее суть заключается в том, что при достижении минимального тока зарядка не прекращается, а включается таймер (для рассматриваемых микросхем на 10...50 минут). Естественно, ток заряда будет продолжать снижаться, и предпо-

лагается, что оставшиеся 5% будут «собранны». Данная модификация, тем не менее, применяется не часто — литиевые аккумуляторы критичны к перегреву. Неверно подобранное «добавленное время» приведет к срабатыванию температурной защиты. Единичный перегрев, в принципе, не страшен, но систематический (при каждой зарядке) от-



рицательно скажется на сроке службы батареи.

### Универсальные микросхемы заряда аккумуляторов

Данный класс микросхем обеспечивает зарядку как никелевых, так и литиевых аккумуляторов. В таблице 4 приведены технические характеристики универсальных микросхем заряда.

С точки зрения циклограммы заряда данные микросхемы не содержат каких-либо принципиальных отличий — они реализуют либо циклограмму заряда никелевых аккумуляторов (контроль отрицательного  $\Delta V$ ), либо циклограмму заряда литиевого аккумулятора (контроль минимального тока заряда). В простейшем случае (например, в микросхеме **MAX1501**) тип аккумулятора задается определенным уровнем сигнала на соответствующем входе.

В большинстве случаев применение универсальных микросхем предполагает:

- Использование управляющего микроконтроллера с последовательным каналом обмена данными (например, SMBus), линиями аналогового и цифрового ввода-вывода (не обязательно все перечисленное).

- Применение интеллектуальных аккумуляторов (*Smart Battery*), содержащих информацию о своем типе, параметрах и, возможно, текущем состоянии. Данные аккумуляторы также имеют последовательный канал обмена, по которому эта информация может быть считана микроконтроллером.

- Наличие последовательного канала обмена (как, например, **MAX8713**) или его отсутствие (например, **MAX8765**). В первом случае все необходимые настройки осуществляются путем записи информации в программно доступные регистры. Во втором — задаются иным образом: формированием необходимых уровней на входах микросхемы, выбором номиналов внешних компонентов и т.д. Соответственно и состояние схемы (значения напряжения аккумулятора (тока заряда, текущее состояние) могут быть доступны микроконтроллеру по последовательному каналу или по аналоговому и цифровым линиям. Решение об окончании заряда (независимо от выбранного метода) может приниматься как в микросхеме заряда, так и в микроконтроллере (*External Control*).

При всем многообразии заряжаемых аккумуляторов алгоритм заряда сводится к применению одному из двух режимов: постоянный ток заряда и постоянное напряжение заряда.

В алгоритме постоянного тока заряда (*CCI — Constant Charge I*) измеряется напряжение аккумулятора. Этот алгоритм применяется:

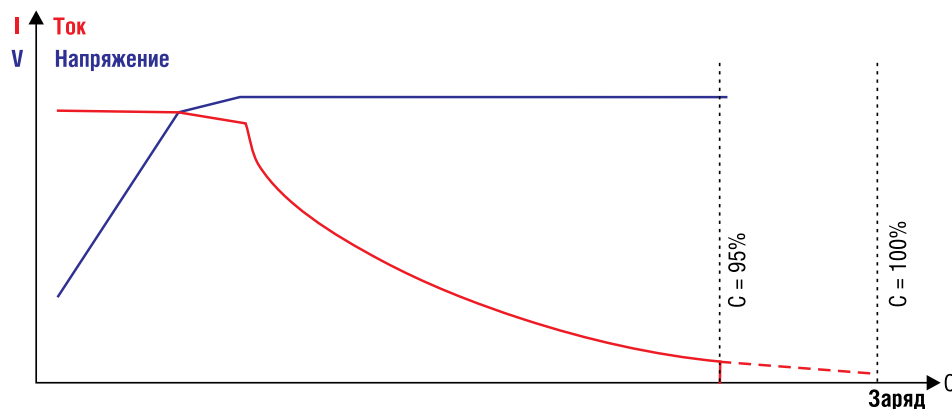


Рис. 5. Кривая заряда литиевого аккумулятора

- При предварительной зарядке разряженного аккумулятора (никелевого или литиевого). Малый ток (примерно 0,1C) заряжает аккумулятор до тех пор, пока напряжение на аккумуляторе не достигнет заранее заданного значения.

- При быстром заряде никелевого аккумулятора. Измеряется напряжение, значение и знак его приращения за единицу времени.

- При быстром заряде литиевого аккумулятора. Измеряется напряжение на аккумуляторе до момента достижения номинального значения.

При алгоритме постоянного напряжения заряда (*CCV — Constant Charge V*) измеряется ток, заряжающий аккумулятор. Этот алгоритм применяется на завершающей стадии быстрого заряда литиевого аккумулятора — измеряется ток заряда до момента достижения заданного минимального значения, которое свидетельствует о моменте окончания заряда.

Соответственно, два параметра — максимальный ток заряда и номинальное напряжение аккумулятора — позволяют реализовать алгоритм заряда как никелевого, так и литиевого аккумулятора. Хотя, конечно, особенности реализации этих алгоритмов и способы задания значений могут отличаться для различных микросхем рассматриваемого класса.

### Заключение

В статье рассмотрены микросхемы управления зарядом аккумуляторов, предлагаемые компанией Maxim Integrated Products. Данному направлению уделяется достаточно пристальное внимание — за последние три года появилось около двадцати новых изделий. Помимо непосредственно микросхем управления зарядом активно разрабатываются и выпускаются сервисные микросхемы: индикаторы уровня заряда, схемы контроля состояния, защиты, применение которых также положительно сказывается на потребительских свойствах конечных изделий. В настоящее время линейка данных устройств, предлагаемых компанией Maxim, содержит около двадцати пяти изделий.

Из изложенного очевидно: широкая номенклатура микросхем управления батарейным питанием дает возможность выбрать оптимальный набор компонентов практически для любого мобильного электронного устройства, в котором в качестве источника питания используются наиболее распространенные типы аккумуляторов.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка —  
e-mail: [analog.vesti@compel.ru](mailto:analog.vesti@compel.ru)

## ИС управления зарядом

**НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ  
ЗА РАЗУМНУЮ ЦЕНУ:**

**DS2711, DS2712, DS2715 -  
микросхемы заряда NiMH-  
аккумуляторов**

**MAX1501, MAX8903A -  
универсальные микросхемы заряда**



Джефф Фалин (Texas Instruments)

## РАСЧЕТ КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ ДРАЙВЕРА СВЕТОДИОДОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

*Контур обратной связи драйвера белых светодиодов большой мощности имеет специфические особенности, не позволяющие измерить его параметры традиционным способом. Статья инженера компании Texas Instruments посвящена построению математической модели такого контура, помогающей измерить указанные параметры. Для моделирования использован интегральный преобразователь TPS61165 производства Texas Instruments, управляющий тремя светодиодами OSRAM LW W5SM.*

Математическая модель всегда полезна для определения оптимальных компонентов компенсации для конкретной схемы. Однако компенсация контура управления повышающего преобразователя с токовым управлением для белых светодиодов несколько отличается от компенсации контура того же преобразователя, настроенного для управления напряжением. Измерение контура управления традиционными способами затруднено из-за низкого импеданса на выводе обратной связи и отсутствия резистора обратной связи верхнего плеча. В статье [1] Рэй Ридли (Ray Ridley) представил упрощенную модель контура управления с малым сигналом для повышающего преобразователя, находящегося в токовом режиме. В настоящей статье объясняется, как изменить модель Ридли, чтобы использовать ее для управления током белых светодиодов; также приведено описание процедуры измерения контура управления повышающего преобразователя.

### Компоненты контура

На рисунке 1 представлена типовая схема подключения регулируемого DC/DC-преобразователя, который можно настроить, чтобы получить из входного напряжения выходное напряжение более высокого или более низкого уровня. Если в этой конфигурации мы предположим, что  $R_{OUT}$  — это чисто резистивная нагрузка, то  $V_{OUT} = I_{OUT} \times R_{OUT}$ . Как показано на рисунке 2, DC/DC-преобразователь во время управления мощными светодиодами фактически управляет током, протекающим через светодиоды, путем регулировки напряжения на резисторе нижнего плеча об-

ратной связи. Поскольку сама нагрузка (светодиоды) заменяет резистор верхнего плеча обратной связи, традиционные уравнения, описывающие работу контура управления малого сигнала, не действуют. Сопротивление нагрузки DC

$$R_{EQ} = \frac{V_{OUT}}{I_{LED}}, \quad (1)$$

при

$$V_{OUT} = n \times V_{FWD} + V_{FB}. \quad (2)$$

Здесь значение  $V_{FWD}$ , взятое из технического описания диода или измеренное — это прямое напряжение при токе  $I_{LED}$ , а  $n$  — число светодиодов в цепочке.

Однако, с точки зрения малого сигнала сопротивление нагрузки состоит из  $R_{EQ}$ , а также динамических сопротивлений светодиодов  $r_D$ , при токе  $I_{LED}$ . Некоторые изготовители светодиодов предоставляют типовые значения  $r_D$  при различных уровнях тока, но лучший способ определения  $r_D$  — это его получение из типовой кривой I-V светодиода, которую предоставляют все изготовите-

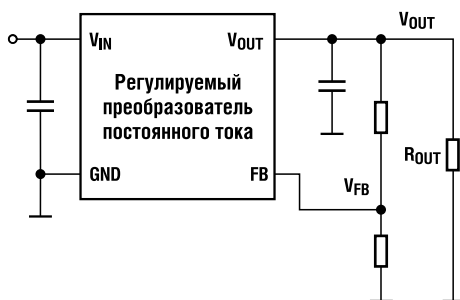


Рис. 1. Регулируемый DC/DC-преобразователь регулировки напряжения



ли. На рисунке 3 показан пример кривой I-V светодиода большой мощности OSRAM LW W5SM. Будучи динамической величиной (малым сигналом),  $r_D$  определяется как изменение напряжения, деленное на изменение тока, или  $r_D = \Delta V_{FWD} / \Delta I_{LED}$ . Чтобы получить значение  $r_D$  с помощью рисунка 3, проведем прямую касательную линию из начала координат графика  $V_{FWD}$  и  $I_{LED}$  и вычислим угол уклона. Например, при помощи пунктирной касательной линии на рисунке 3 получим значение  $r_D = (3,5 - 2 \text{ В}) / (1000 - 0,010 \text{ А}) = 1,51 \text{ Ом}$  при  $I_{LED} = 350 \text{ мА}$ .

### Модель малого сигнала

В качестве примера модели малого сигнала использован преобразователь TPS61165 в пиковом токовом режиме, управляющий тремя включенными последовательно светодиодами OSRAM LW W5SM. На рисунке 4а показана эквивалентная модель малого сигнала повышающего преобразователя с управлением по току, а на рисунке 4б — еще более упрощенная модель.

Уравнение 3 иллюстрирует частотную модель (s-домен) вычисления повышения постоянного тока как для повышающего преобразователя с управ-

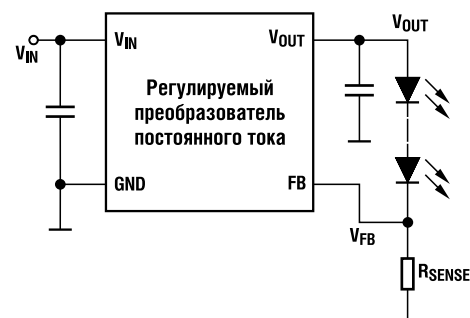


Рис. 2. Регулируемый DC/DC-преобразователь регулировки тока, протекающего через светодиоды

лением по току, так и для повышающего преобразователя с управлением по напряжению:

(3)

$$G_{P(S)} = K_R \times \frac{(1-D)}{R_j} \times \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_z}\right) \times \left(1 - \frac{s}{\omega_{RHP}}\right)}{\left(1 + \frac{s}{\omega_p}\right) \times \left(1 + \frac{s}{Q_p \omega_n} + \frac{s^2}{\omega_n^2}\right)},$$

где общие переменные

$$\omega_z = \frac{1}{ESR \times C_{OUT}},$$

$$Q_p = \frac{1}{\pi \left[ \left(1 + \frac{S_e}{S_n}\right) (1-D) - 0,5 \right]},$$

$$\omega_n = \pi \times f_{SW},$$

и

$$\omega_{RHP} = \frac{R_{EQ}}{(1-D)^2 \times L}.$$

Скажность D и измененные значения  $V_{OUT}$  и  $R_{EQ}$  вычисляются для обеих цепей одинаково.  $S_n$  и  $S_e$  — это углы наклона графиков индукции и компенсации повышающего преобразователя, соответственно, а  $f_{SW}$  — частота переключения. Реальные отличия между моделями малого сигнала повышающего преобразователя с управлением по напряжению и повышающего преобразователя с управлением по току — сопротивление  $K_R$ , которое умножается на показатель крутизны  $(1-D)/R_i$ , и доминантный полюс  $\omega_p$ . Эти отличия перечислены в таблице 1. Более подробную информацию можно найти в статье [1].

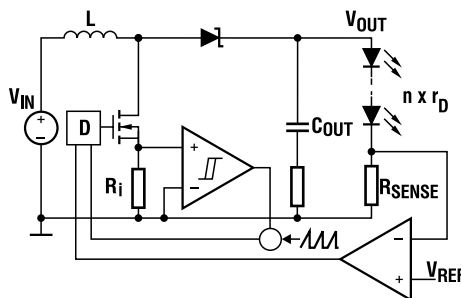
Поскольку значение  $R_{SENSE}$  обычно намного ниже, чем  $R_{OUT}$  преобразователя с управлением по напряжению, усиление преобразователя с управлением по току, где  $R_{OUT} = R_{EQ}$ , будет почти всегда ниже, чем усиление преобразователя с управлением по напряжению.

### Измерение контура

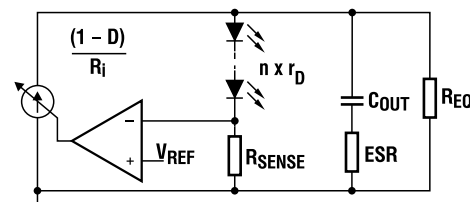
Чтобы измерить усиление контура управления и фазу преобразователя с управлением по напряжению, в цепи или выделенном анализаторе усиления контура/фазы обычно используется трансформатор 1:1, предназначенный для подачи малого сигнала в контур через малое сопротивление ( $R_{INJ}$ ). Затем анализатором на основании частотной характеристики осуществляется измерение и сравнение входного сигнала в точке A с сигналом обратной связи в точке R, и вычисляется пропорция изменения амплитуды (усиление) и задержки сиг-

Таблица 1. Отличия вариантов уравнения 3 для двух моделей преобразователей

| Выражение  | Оценка повышающего преобразователя с управлением по току                                              | Оценка повышающего преобразователя с управлением по напряжению |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| $K_R$      | $\frac{R_{EQ}}{1 + \frac{R_{EQ} + n \times r_D}{R_{SENSE}}}$                                          | $\frac{R_{OUT}}{2}$                                            |
| $\omega_p$ | $\frac{1 + \frac{n \times r_D + R_{SENSE}}{R_{EQ}}}{(n \times r_D + R_{SENSE} + ESR) \times C_{OUT}}$ | $\frac{2}{(R_{OUT} + ESR) \times C_{OUT}}$                     |



а) Полная



б) Упрощенная

Рис. 4. Модель малого сигнала повышающего преобразователя с управлением по току

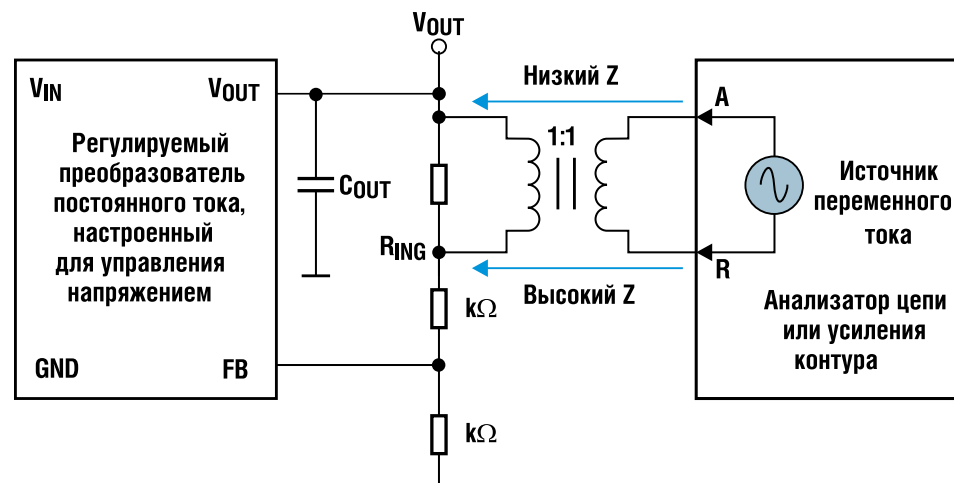


Рис. 5. Измерение контура управления преобразователя с управлением по напряжению

нала (фаза). Сопротивление  $R_{INJ}$  можно установить в любом месте контура, поскольку точка A обладает намного более низким импедансом, чем точка R; в противном случае входной сигнал будет слишком сильным и повлияет на рабочую точку преобразователя. Как показано на рисунке 5, узел высокого импеданса, где резисторы обратной связи контролируют напряжение на выходном конденсаторе (он же — узел низкого импеданса), является типичным местом установки такого резистора.

В конфигурации управления по току входной резистор не может быть установлен последовательно со светодиодами, будучи резистором обратной связи верхнего плеча. Рабочую точку преобразователя необходимо сначала изменить так, чтобы резистор можно было установить между выводом обратной связи и измерительным резистором, как показано на рисунке 6. В некоторых

случаях может понадобиться неинвертирующий буферный усилитель единичного усиления, чтобы понизить импеданс во входной точке и снизить помехи при измерении.

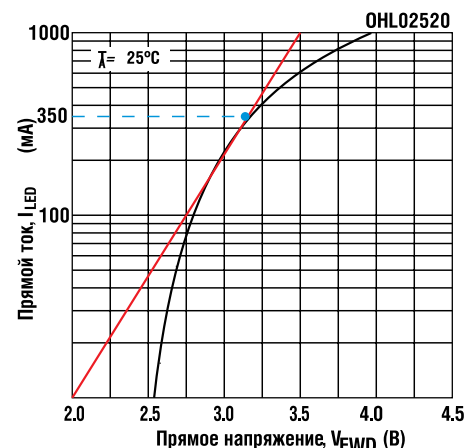


Рис. 3. Кривая I-V OSRAM LW W5SM

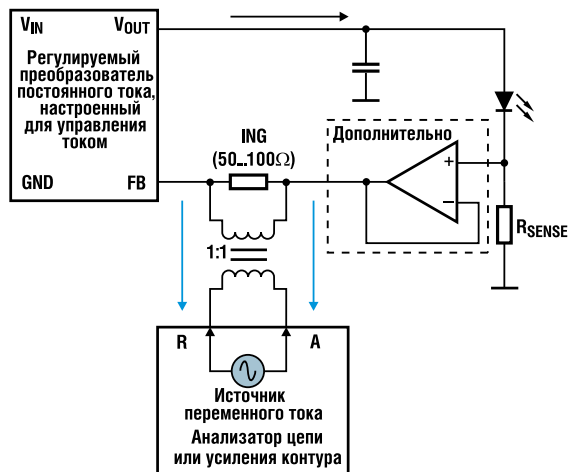


Рис. 6. Измерение контура управления преобразователя с управлением по току

Вместе с измерительной установкой, изображенной на рисунке 6, но без усилителя и при  $R_{INJ} = 51,1 \text{ Ом}$ , для измерения контура был использован анализатор контура **Venable**. Модель преобразователя с управлением по току была создана при помощи программного пакета **Mathcad**® и расчетных параметров, взятых из технического описания **TPS61170**, ядро которой идентично ядру схемы **TPS61165**. При  $V_{IN} = 5 \text{ В}$  и  $I_{LED}$ , равном  $350 \text{ мА}$  модель дает предсказуемую характеристику для **TPS61165EVM**, как показано на рисунке 7, который дает

возможность сравнить расчетные и измеренные данные.

Мы можем просто объяснить отличия между измеренным и расчетным усилением, исследовав колебания динамического сопротивления белых светодиодов, при помощи кривых I-V светодиода, а также рассмотрев межкристалльные отклонения усиления сигнала ИС.

#### Заключение

Несмотря на низкую точность, математическая модель дает разработчику хорошую отправную точку для проек-

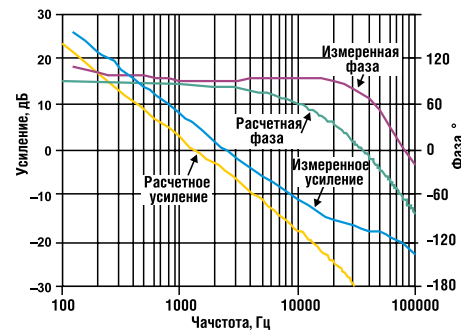


Рис. 7. Измеренное и расчетное усиление и фаза контура при  $V_{IN} = 5 \text{ В}$  и  $I_{LED} = 350 \text{ мА}$

тирования компенсации контура управления повышающего преобразователя для белых светодиодов с управлением по току. Кроме того, разработчик может измерить контур управления при помощи одного из альтернативных методов.

#### Литература

1. Ray Ridley (2006). Designer's Series, Part V: Current-Mode Control Modeling. Switching Power Magazine <http://www.switchingpowermagazine.com/downloads/5%20Current%20Mode%20Control%20Modeling.pdf>.

Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка –  
e-mail: [analog.vesti@compel.ru](mailto:analog.vesti@compel.ru)



## TPS61165 - драйвер сверхъярких светодиодов со встроенным 40 В/1,2 А ключом

### ОСОБЕННОСТИ:

- Поддерживает до трех 1 Вт светодиодов, соединенных последовательно
- Работает от входного напряжения в диапазоне от 3 до 18 В
- Управляет яркостью светодиодов с помощью цифрового однопроводного интерфейса или сигнала ШИМ
- Корпус QFN размером 2x2 мм



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

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

**Компэл**  
[www.compel.ru](http://www.compel.ru)

Константин Староверов

## НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ MOSFET-ТРАНЗИСТОРОВ



Статья посвящена **MOSFET-транзисторам** производства компании **Texas Instruments**, выполненным по новой технологии **NexFET**. Эта технология существенно улучшает характеристики транзисторов и открывает широкие возможности по совершенствованию низковольтных сильнотоковых DC/DC-преобразователей.



Низковольтные MOSFET-транзисторы — одни из самых востребованных силовых полупроводниковых приборов. Благодаря малым потерям, простоте управления и отличному быстродействию, они незаменимы в каскадах преобразования и распределения постоянного напряжения компьютерной техники, телекоммуникационного и промышленного оборудования, а также портативной электронной техники. Известными новаторами в области производства низковольтных MOSFET-транзисторов являются компании **International Rectifier**, **NXP**, **STMicroelectronics**, **Fairchild Semiconductor** и **Vishay**. Конкуренцию данным компаниям теперь также составляет **Texas Instruments**, которая после поглощения в начале этого года компании **CICLON Semiconductor Device** обладает ассортиментом MOSFET-транзисторов, выполненных по инновационной технологии **NexFET**. Прежде компания **Texas Instruments** была известна, среди прочего, как поставщик интегральных схем ШИМ-контроллеров и драйверов. Теперь же, после добавления к выпускаемому ассортименту MOSFET-транзисторов, компания готова предложить полный комплект активных компонентов, необходимых для построения современного DC/DC-преобразователя (см. рисунок 1).

Как известно, для изготовления MOSFET-транзисторов применяются две распространенных технологии: планарная и Trench. Первые планарные MOSFET-транзисторы были разработаны в Японии в начале 1970-х годов. Несколько позже, в 1976 году, компания **Siliconix** (в настоящее время собственность **Vishay**) представила первые в мире мощные MOSFET-транзисторы

**MOSPOWER**, которые отличались от планарных вертикальным протеканием тока и наличием паза в структуре кристалла. Последняя особенность дала название технологии изготовления подобных транзисторов — Trench. Благодаря малой занимаемой кристаллом площади (что способствует повышению плотности мощности) и малому сопротивлению открытого канала  $R_{DS(ON)}$  (что помогает снижению потерь), Trench-транзисторы полностью вытеснили планарные транзисторы из силовых коммутационных каскадов. Однако первые Trench-транзисторы обладали достаточно большим зарядом затвора (QG). Это приводило к повышенным потерям при коммутации и долгое время сдерживало возможности реализации высокоэффективных преобразователей напряжения, компактность размеров которых достигается за счет использования высоких частот преобразования (сотни килогерц — единицы мегагерц). Для преодоления данного недостатка большинство производителей выбрали путь оптимизации структуры и технологии изготовления MOSFET-транзисторов. В отличие от

них, будучи еще самостоятельной, компания **CICLON Semiconductor Device** избрала иной путь. Она разработала абсолютно новую структуру MOSFET-транзисторов (см. рисунок 2), которые теперь входят в ассортимент продукции **Texas Instruments** под брендом **NexFET**. Новая технология уникальным образом сочетает преимущества планарных транзисторов и вертикального протекания тока. В результате они обладают как малым сопротивлением открытого канала, так и очень малым зарядом затвора. Эти особенности позволяют создавать более высококачественные преобразователи напряжения с высоким КПД преобразования в широком диапазоне нагрузок, малыми размерами и возможностью работы с малым заполнением импульсов. Кроме того, технология **NexFET** позволяет создавать одинаково высококачественные как n-канальные MOSFET-транзисторы, так и p-канальные.

Ассортимент транзисторов **NexFET** приведен в таблице 1. Здесь представлены p- и n-канальные транзисторы в корпусах двух типов (см. рисунок 3).

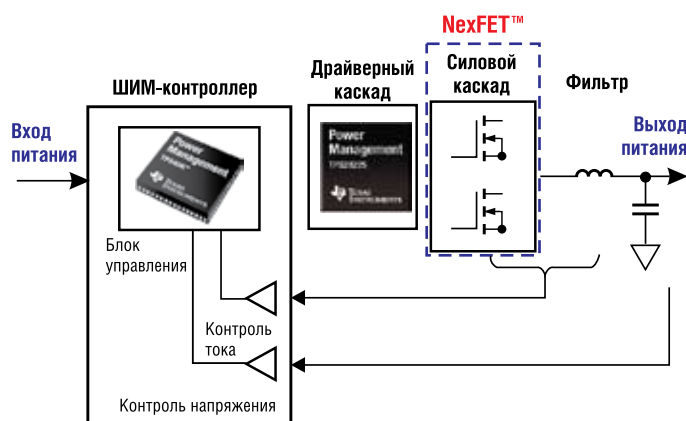


Рис. 1. Компоненты TI для построения DC/DC-преобразователей



Таблица 1. Ассортимент и основные характеристики транзисторов NexFET

| Наименование                                                | Канал | ID<br>(T <sub>c</sub> =25°C), А | V <sub>DS</sub> , В | V <sub>GS</sub> , В | Типичное R <sub>DS(ON)</sub> , мОм |       |       |       |       | Типичное<br>Q <sub>G</sub> , нКл<br>(V <sub>GS</sub> = 4,5 В) | Типич-<br>ное<br>Q <sub>GD</sub> ,<br>нКл | R <sub>θJC</sub> , °C/Вт | R <sub>θJA</sub> , °C/Вт |
|-------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                                             |       |                                 |                     |                     | V <sub>GS</sub> =10 В              | 4,5 В | 2,5 В | 1,8 В | 1,5 В |                                                               |                                           |                          |                          |
| Одиночные транзисторы (в корпусе WLP 1x1)                   |       |                                 |                     |                     |                                    |       |       |       |       |                                                               |                                           |                          |                          |
| CSD23201W10                                                 | P     | 2,2                             | 12                  | 5                   | —                                  | 66,0  | 77,0  | —     | 110,0 | 1,9                                                           | 0,4                                       | 245                      | 125                      |
| Одиночные транзисторы (в корпусе WLP 1x1.5)                 |       |                                 |                     |                     |                                    |       |       |       |       |                                                               |                                           |                          |                          |
| CSD25301W1015                                               | P     | 2,2                             | 20                  | 8                   | —                                  | 62,0  | 80,0  | —     | 175,0 | 2,0                                                           | 0,32                                      | 270                      | 105                      |
| Сдвоенные транзисторы с общим истоком (в корпусе WLP 1x1.5) |       |                                 |                     |                     |                                    |       |       |       |       |                                                               |                                           |                          |                          |
| CSD75301W1015                                               | P     | 1,2                             | 20                  | 8                   | —                                  | 80,0  | 101,0 | 150,0 | —     | 1,5                                                           | 0,3                                       | 136                      | 93                       |
| Одиночные транзисторы (в корпусе QFN 3x3)                   |       |                                 |                     |                     |                                    |       |       |       |       |                                                               |                                           |                          |                          |
| CSD16411Q3                                                  | N     | 60                              | 25                  | 16                  | 8                                  | 12    | —     | —     | —     | 2,9                                                           | 0,7                                       | 2,7                      | 58                       |
| CSD16409Q3                                                  | N     | 60                              | 25                  | 16                  | 6,2                                | 9,5   | —     | —     | —     | 4,0                                                           | 1,0                                       | 3,5                      | 59                       |
| CSD16406Q3                                                  | N     | 60                              | 25                  | 16                  | 4,2                                | 5,9   | —     | —     | —     | 5,8                                                           | 1,5                                       | 2,7                      | 58                       |
| CSD16323Q3                                                  | N     | 60                              | 25                  | 10                  | —                                  | 4,4   | —     | —     | —     | 6,2                                                           | 1,1                                       | 2,7                      | 58                       |
| CSD25401Q3                                                  | P     | 60                              | 20                  | 12                  | —                                  | 8,7   | 13,5  | —     | —     | 8,8                                                           | 2,1                                       | 2,8                      | 57                       |
| Одиночные транзисторы (в корпусе QFN 5x6)                   |       |                                 |                     |                     |                                    |       |       |       |       |                                                               |                                           |                          |                          |
| CSD16412Q5A                                                 | N     | 52                              | 25                  | 16                  | 9,0                                | 13,0  | —     | —     | —     | 2,8                                                           | 0,7                                       | 3,7                      | 53                       |
| CSD16410Q5A                                                 | N     | 59                              | 25                  | 16                  | 6,8                                | 9,6   | —     | —     | —     | 3,9                                                           | 1,1                                       | 3,8                      | 52                       |
| CSD16404Q5A                                                 | N     | 81                              | 25                  | 16                  | 4,1                                | 5,7   | —     | —     | —     | 6,5                                                           | 1,7                                       | 3,3                      | 52                       |
| CSD16413Q5A                                                 | N     | 100                             | 25                  | 16                  | 3,1                                | 4,1   | —     | —     | —     | 9,0                                                           | 2,5                                       | 2,6                      | 51                       |
| CSD16403Q5A                                                 | N     | 100                             | 25                  | 16                  | 2,2                                | 2,9   | —     | —     | —     | 13,3                                                          | 3,5                                       | 1,8                      | 51                       |
| CSD16407Q5                                                  | N     | 100                             | 25                  | 16                  | 1,8                                | 2,5   | —     | —     | —     | 13,3                                                          | 3,5                                       | 1,1                      | 51                       |
| CSD16414Q5                                                  | N     | 100                             | 25                  | 16                  | 1,5                                | 2,1   | —     | —     | —     | 16,6                                                          | 4,4                                       | 1,1                      | 50                       |
| CSD16401Q5                                                  | N     | 100                             | 25                  | 16                  | 1,3                                | 1,8   | —     | —     | —     | 21,0                                                          | 5,2                                       | 1,1                      | 50                       |
| CSD16322Q5                                                  | N     | 97                              | 25                  | 10                  | —                                  | 4,6   | —     | —     | —     | 6,8                                                           | 1,3                                       | 2,4                      | 50                       |
| CSD16321Q5                                                  | N     | 100                             | 25                  | 10                  | —                                  | 2,1   | —     | —     | —     | 14                                                            | 2,5                                       | 1,1                      | 48                       |
| CSD16325Q5                                                  | N     | 100                             | 25                  | 10                  | —                                  | 1,7   | —     | —     | —     | 18                                                            | 3,5                                       | 1                        | 50                       |

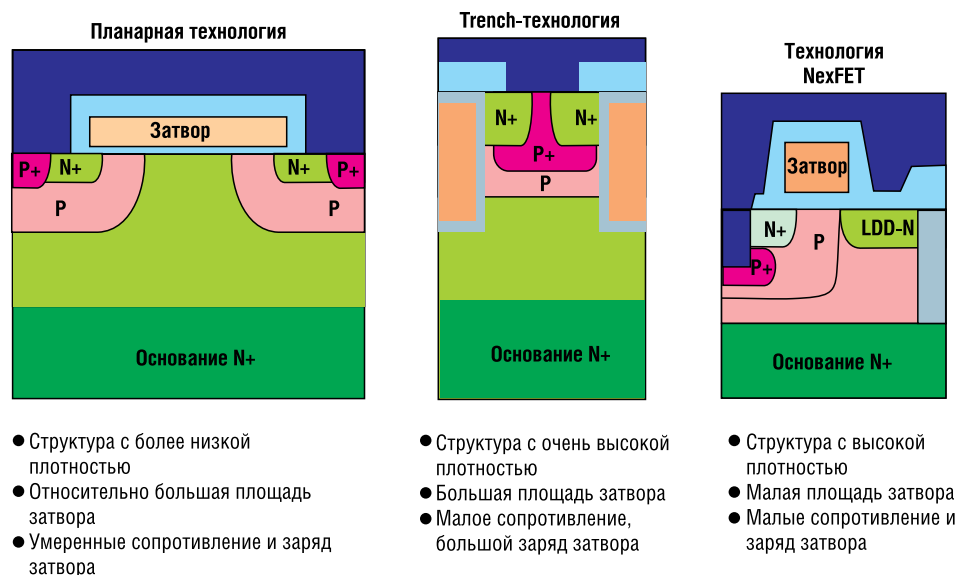


Рис. 2. Эволюция структуры мощных MOSFET-транзисторов

P-канальные транзисторы, как известно, предназначены для построения коммутаторов, включенных в разрыв положительной линии питания. В современной электронике такие устройства находят широкое применение в каскадах коммутации и защиты батарейного источника, в зарядных устройствах, а также в каскадах коммутации нагрузок общего назначения. На основе p-канальных транзисторов также воз-

можна реализация простых понижающих DC/DC-преобразователей и линейных стабилизаторов напряжения. В ассортименте NexFET имеется всего четыре p-канальных транзистора. Чтобы оценить преимущества технологии NexFET для построения p-канальных транзисторов, обратимся к сравнению с лучшими конкурирующими решениями. Так, например, ближайшие аналоги транзистора **CSD23201W10**, которые

при напряжении управления затвором 4,5 В обладают близким к 66 мОм сопротивлением открытого канала, в том числе **IRLML6402** (International Rectifier) и **Si8401DB** (Vishay), характеризуются зарядом затвора 8 и 11 нКл соответственно. Помимо существенно улучшенных рабочих характеристик, транзисторы NexFET также отличаются меньшей занимаемой площадью (например, занимаемая площадь упомянутого Si8401DB составляет  $1,6 \times 1,6 = 2,56$  мм<sup>2</sup> против 1 мм<sup>2</sup> транзистора CSD23201W10). Если же выбрать за основу для сравнения типоразмер корпуса, то транзисторы NexFET будут превосходить конкурентов не только по заряду затвора, но и по сопротивлению канала. В частности, транзистор Si8461DB (Vishay) в корпусе MICRO FOOT 1x1 при напряжении управления затвором 4,5 В характеризуется сопротивлением открытого канала 100 мОм и зарядом затвора 9,5 нКл (против 66 мОм и 1,9 нКл CSD23201W10 соответственно). Более серьезный конкурент для CSD23201W10 был представлен компанией Fairchild в августе текущего года. Данный транзистор (**FDZ371PZ**) размещен в корпусе аналогичного CSD23201W10 типоразмера 1x1 мм и характеризуется более низким  $R_{DS(ON)}$  (55 мОм). Тем не менее, по параметру  $Q_G$  (12 нКл) FDZ371PZ суще-

Таблица 2. Сравнение п-канальных транзисторов NexFET с аналогичными новинками других производителей

| Наименование конкурента (дата анонсирования) | Производитель (технология)                     | Описание                                                                               | Аналог NexFET     | Описание                                                                           |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>IRFH3707</b><br>(7 мая 2009 г.)           | International Rectifier<br>(Trench HEXFET)     | Корпус: QFN (3x3 мм)<br>$R_{DS(ON)} = 14,5 \text{ мОм}$<br>$Q_G = 5,4 \text{ нКл}$     | <b>CSD16411Q3</b> | Корпус: QFN (3x3 мм)<br>$R_{DS(ON)} = 12 \text{ мОм}$<br>$Q_G = 2,9 \text{ нКл}$   |
| <b>STL150N3LLH6</b><br>(26 марта 2009 г.)    | STMicroelectronics<br>(STripFET™ VI DeepGATE™) | Корпус: PowerFLAT (5x6 мм)<br>$R_{DS(ON)} = 2,5 \text{ мОм}$<br>$Q_G = 40 \text{ нКл}$ | <b>CSD16407Q5</b> | Корпус: QFN (5x6 мм)<br>$R_{DS(ON)} = 2,5 \text{ мОм}$<br>$Q_G = 13,3 \text{ нКл}$ |
| <b>FDMS7650</b><br>(3 сентября 2009 г.)      | Fairchild<br>(PowerTrench®)                    | Корпус: Power 56 (5x6 мм)<br>$R_{DS(ON)} = 1,1 \text{ мОм}$<br>$Q_G = 63 \text{ нКл}$  | <b>CSD16321Q5</b> | Корпус: QFN (5x6 мм)<br>$R_{DS(ON)} = 1,7 \text{ мОм}$<br>$Q_G = 18 \text{ нКл}$   |

ственно отстает от своего конкурента. В ассортименте NexFET также имеет-ся один сдвоенный р-канальный тран-зистор, который предоставляет воз-можность дальнейшей миниатюризации каскадов с многоканальной коммута-цией напряжений. Замыкает линейку р-канальных приборов сильноточный транзистор **CSD25401Q3**. Если взять за основу для сравнения типоразмер корпуса этого транзистора (3x3 мм), то выяснится, что он не имеет аналогов. Например, если обратиться к каталогу International Rectifier, то окажется, что даже в типоразмере 3x6,4 мм лучший транзистор (**IRF7701**) характеризуется  $R_{DS(ON)} = 11 \text{ мОм}$  и  $Q_G = 69 \text{ нКл}$  (против 8,7 мОм и 8,8 нКл CSD25401Q3). Таким образом, превосходство р-канальных транзисторов NexFET по комплексному показателю качества  $R_{DS(ON)} \cdot Q_G$  можно ожидать в пределах 4...10 раз.

В группе п-канальных транзисторов NexFET представлены изделия в двух типоразмерах корпуса QFN. Здесь также можно выделить две подгруп-пы: **CSD163xx** и **CSD164xx**. Транзи-сторы CSD163xx отличаются тем, что они оптимизированы для напряжения управления затвором 5 В. Целевыми об-ластями применения всех данных тран-зисторов являются понижающие низ-ковольтные DC/DC-преобразователи, в том числе – с каскадом синхронного выпрямления. Такие преобразователи широко применяются для построения локализованных к нагрузке импульс-ных стабилизаторов напряжения (POL-стабилизаторы) в компьютерной технике и телекоммуникационном обо-рудовании. Транзисторы NexFET об-ладают значениями  $R_{DS(ON)}$  на уров-не лучших промышленных аналогов и при этом существенно превосходят их по значениям  $Q_G$  (см. таблицу 2). Дан-ное превосходство открывает широкие возможности совершенствования по-нижающих DC/DC-преобразователей. Во-первых, частота преобразования, которая совместно с  $Q_G$  определяет по-тери от коммутации, может быть повы-шена как минимум вдвое без ухудше-ния КПД преобразования. Убедиться в этом поможет рисунок 4, где срав-

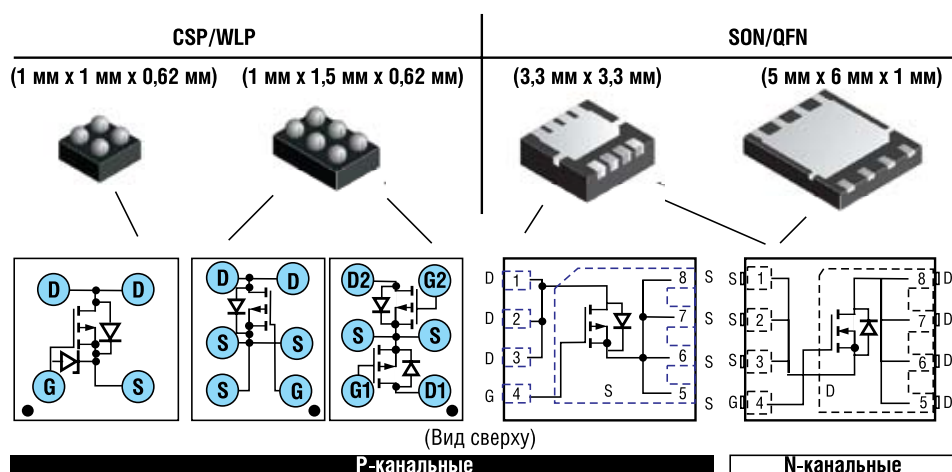
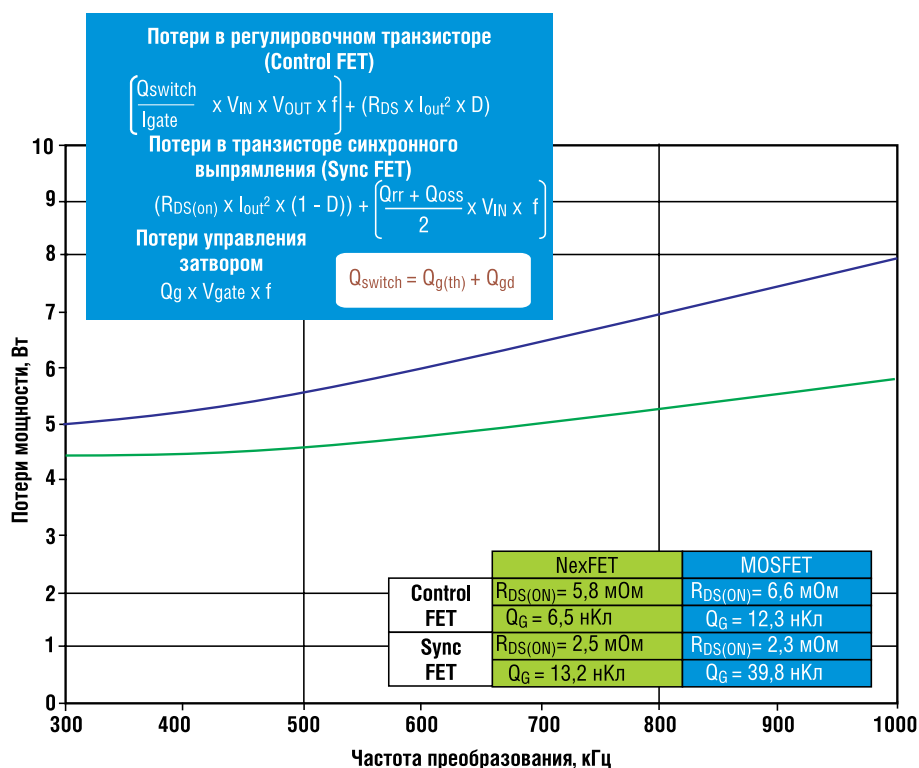


Рис. 3. Внешний вид и расположение выводов транзисторов NexFET

Рис. 4. Сравнение потерь мощности ( $V_{вх} = 12 \text{ В}$ ,  $V_{вых} = 1,3 \text{ В}$ ,  $I_{вых} = 25 \text{ А}$ ,  $L_{вых} = 0,3 \text{ мкГн}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

ниваются суммарные потери мощно-сти транзисторов NexFET и обычных MOSFET-транзисторов, которые рабо-тают в одинаковых условиях в составе понижающего DC/DC-преобразователя

с синхронным выпрямлением. В свою очередь, рост частоты преобразования способствует существенному сниже-нию размеров выходного LC-фильтра и стоимости образующих его компо-

нентов. Во-вторых, простой заменой транзистора на NexFET без изменения частоты преобразования можно добиться снижения потерь и, как следствие, повышения КПД преобразования во всем диапазоне нагрузок. И, наконец, в-третьих, благодаря более эффективной работе, транзисторы NexFET подвержены меньшему нагреву, благодаря чему упрощается управление тепловыми режимами конечного изделия и повышается его надежность.

### Заключение

Транзисторы NexFET обладают значениями  $R_{DS(ON)}$ , которые близки к лучшим промышленным аналогам, но при этом существенно превосходят их по значениям  $Q_G$ . Данное превосходство можно назвать настоящим прорывом в улучшении рабочих характеристик MOSFET-транзисторов, который позволит существенным образом улучшить эксплуатационные характеристики каскадов преобразования напряжения, в том числе занимаемую ими площадь, тепловые режимы, эффективность преобразования, надежность и др. По ожиданиям производителя, транзисторы NexFET позволяют уверенно преодолеть уровень частоты преобразования в 1 МГц при работе с силовой нагрузкой и с малым заполнением импульсов.

Еще один прорыв, связанный с технологией NexFET, заключается в возможности изготовлении комплементарных пар транзисторов с равными высокими рабочими характеристиками (прежде р-канальные транзисторы обладали несколько худшими рабочими характеристиками по сравнению с п-канальными из одной комплементарной пары).

В будущем на основе технологии NexFET компания TI планирует создать завершенные решения DC-DC-преобразователей. Компания также планирует оптимизировать линейку ШИМ-контроллеров с учетом совместной работы с транзисторами NexFET [1].

Более детальная информация по транзисторам NexFET доступна по ссылке [www.ti.com/mosfet](http://www.ti.com/mosfet).

### Литература

1. Texas Instruments & CICLON Semiconductor: A powerful combination// Brochure, lit. num. SLIY003, Texas Instruments, 2009 – 2 p.

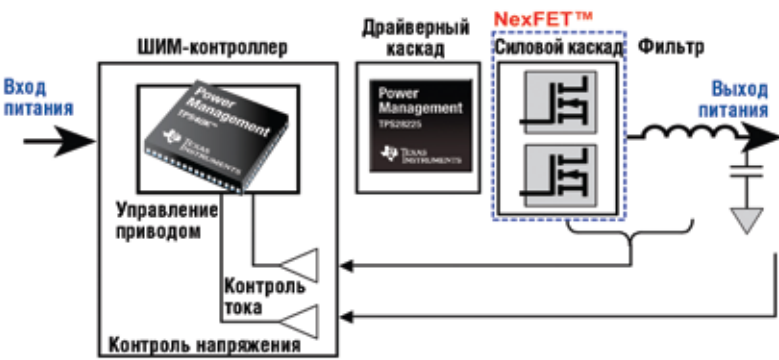
Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка –  
e-mail: [power.vesti@compel.ru](mailto:power.vesti@compel.ru)

### IGBT-модули с суммарной индуктивностью выводов 15 нГ

Компания **SEMIKRON** представила новейшее поколение низкоиндуктивных 1200 В модулей SEMITRANS IGBT, предназначенных для использования в преобразователях мощностью 20...300 кВт. Теперь эти модули будут комплектоваться чипами V-IGBT (Fuji), аналогичными по своим характеристикам кристаллам Trench 4. Новые IGBT отличаются более плавной характеристикой переключения и пониженными динамическими потерями, что позволяет повысить эффективность преобразования. Кристаллы V-IGBT будут устанавливаться в трех типоразмерах модулей трех различных конфигураций, предназначенных для использования в восьми диапазонах мощности. Диапазон рабочих токов силовых ключей составляет 150...600 А. Суммарная индуктивность выводов SEMITRANS 3 и 4 снижена до величины 15 нГн. При типовой скорости переключения IGBT, равной 5000 А/мкс, амплитуда коммутационных перенапряжений составляет всего 75 В. Для силовых ключей аналогичного класса, доступных на рынке, эта величина находится в пределах 90...125 В. Новые модули будут выпускаться в базовых конфигурациях, необходимых для проектирования промышленных преобразователей: одиночные ключи, полумосты и чопперы. Напряжение изоляции компонентов нового семейства SEMITRANS составляет 4000 В, они комплектуются 4 типами кристаллов IGBT: IGBT2, IGBT2 fast, IGBT3, IGBT4. Модули SEMITRANS имеют 3 класса рабочего напряжения: 600 В, 1200 В и 1700 В, они производятся в 3 типоразмерах корпусов стандартов 34 мм и 62 мм. Выпускается также 6-ключевой SEMITRANS 6 по схеме 3-фазного инвертора, SEMITRANS 5 для построения 3-уровневого инвертора с интегрированным токовым шунтом. В разработке находится SEMITRANS 9 с напряжением изоляции 9 кВ для железнодорожных применений.


**TEXAS INSTRUMENTS**

## N-канальные MOSFET-транзисторы



| Наименование | VDS (В) | RDS(on) (мОм) | N-канал | QG (нК) | Корпус |
|--------------|---------|---------------|---------|---------|--------|
| CSD16301Q2   | 25      | 24.0@VGS=4.5V | Yes     | 1.7     | 6SON   |
| CSD16321Q5   | 25      | 2.1@VGS=4.5V  | Yes     | 14      | 8SON   |
| CSD16322Q5   | 25      | 4.6@VGS=4.5V  | Yes     | 6.8     | 8SON   |
| CSD16323Q3   | 25      | 4.4@VGS=4.5V  | Yes     | 6.2     | 8SON   |
| CSD16325Q5   | 25      | 1.7@VGS=4.5V  | Yes     | 18      | 8SON   |

**Москва**  
Тел.: (495) 995-0901  
Факс: (495) 995-0902

**Санкт-Петербург**  
Тел.: (812) 327-9404  
Факс: (812) 327-9403



**Компэл**  
[www.compel.ru](http://www.compel.ru)

Олег Стариков (КОМПЭЛ), Андрей Никитин

## DC/DC-КОНВЕРТОРЫ SUPIRBUCK В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

В статье рассматриваются вопросы применения **синхронных понижающих DC/DC-конверторов SupIRBuck** компании **International Rectifier** в распределенных системах электропитания. Отдельное внимание уделяется достоинствам нового поколения конверторов **Gen2**, появившихся на рынке в феврале 2009 года.

International  
**IR** Rectifier

Свыше десяти лет системы электропитания телекоммуникационного оборудования, систем сбора и обработки информации, промышленной электроники строятся, в большинстве случаев, на принципе сосредоточенной архитектуры, пример которой приведен на рисунке 1.

Сосредоточенная архитектура предполагает использование AC/DC-конвертора, который преобразовывал сетевое напряжение переменного тока в первичное напряжение постоянного тока (как правило, 18...36 В), которое затем преобразовывалось изолированными DC/DC-конверторами до более низких (вторичных) напряжений питания функциональных плат. Для подобной архитектуры было характерно следующее:

- Вся система электропитания была выполнена в виде одного модуля (платы) или нескольких модулей, размещенных компактной группой.
- Использовался ограниченный ряд номиналов напряжения питания (обычно +5 В для цифровых микросхем и  $\pm 12$  В для аналоговых).
- По системе разводились (объединительной платой или проводным монтажом) только шины вторичного напряжения.
- Функциональные платы не имели собственных вторичных источников питания.

Подобная архитектура электропитания использовалась при компактном размещении крупных конструктивных единиц (стоек, блоков и т.п.), образующих систему.

Если же система была разнесена в пространстве, то использовалась распределенная архитектура электропитания. Пример такой архитектуры, (так, как ее понимали в то время), представлен на рисунке 2.

В этом случае крупные конструктивные единицы (стойки, блоки) питались

первичным постоянным напряжением и имели собственные модули вторичного электропитания. В пределах блока архитектура электропитания продолжала оставаться сосредоточенной.

Однако дальнейшее развитие индустрии электронных компонентов привело к тому, что рассмотренные архитектуры перестали соответствовать требованиям времени. К этому привели следующие причины:

- Стала очевидной тенденция к снижению номиналов напряжений питания цифровых интегральных схем. Тради-

вателем вентиляльных матриц (FPGA) и цифровых сигнальных процессоров используют несколько номиналов напряжений питания. Так, например, современные FPGA семейств Virtex и Spartan (компании Xilinx) используют три номинала: 1,2 В для питания ядра (VCORE); 3,3 В для питания ячеек ввода-вывода (VIO); 2,5 В для питания вспомогательных схем (VAUX). Микросхемы внешней памяти часто используют питание 1,8 В, а каналы обмена данными (CAN, RS232 и др.) — традиционные 5 В. Иными словами, разнообразие номиналов

У второго поколения **Gen2 DC/DC-конверторов SupIRBuck** величина максимального входного напряжения снижена с 21 В до 16. Однако более высокий (до 92%) коэффициент заполнения рабочего цикла (*Max Duty Cycle*) обеспечивает возможность получения более высокого выходного напряжения (14,5 В против 12 у микросхем первого поколения).

ционная пятивольтовая логика стала вытесняться сначала сериями ИС, использующими питание 3,3 В и, в дальнейшем, 2,5 и 1,8 В.

- Получающие широкое распространение БИС программируемых пользо-

питающих напряжений становится не исключением, а правилом.

- Существенное значение имеет временная диаграмма последовательности включения и отключения источников питания различных напряжений,

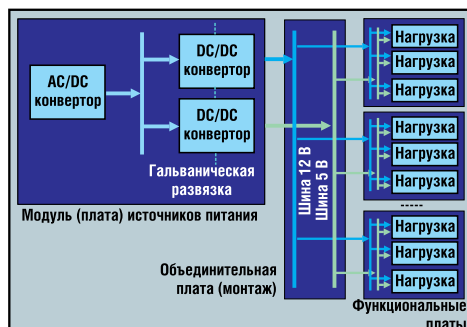


Рис. 1. Сосредоточенная архитектура системы электропитания

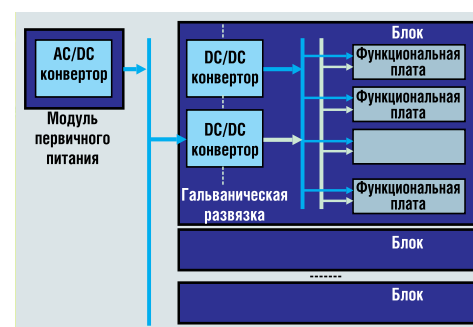


Рис. 2. Распределенная архитектура системы электропитания



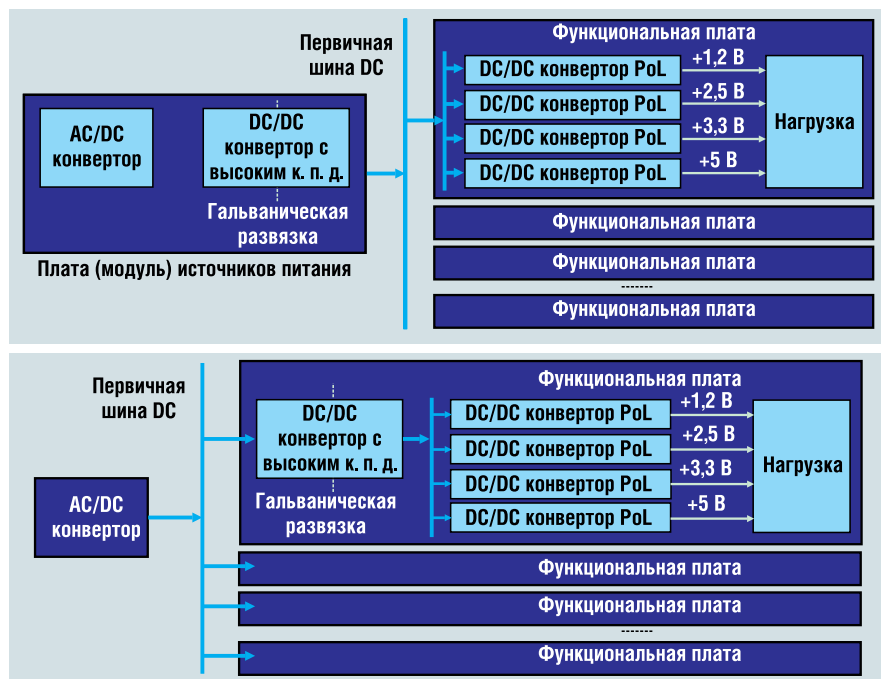


Рис. 3. Распределенные архитектуры систем электропитания, использующие DC/DC-конверторы Point-of-Load

часто отличающаяся для различных функциональных плат. Реализовать подобную циклограмму из единого модуля электропитания, как правило, не представляется возможным.

- Наконец, организовывать питание функциональных плат низковольтным напряжением из единого источника (например, через объединительную плату) нецелесообразно по ряду объективных причин: падение напряжения

на проводниках, помехи на длинных линиях и т.д.

Исходя из этого, можно сформулировать главные отличительные особенности современных распределенных систем электропитания:

- В качестве входного напряжения функциональных плат используется первичное напряжение постоянного тока, а в состав плат входят вторичные неизолированные DC/DC-конверторы,

формирующие все необходимые напряжения для питания нагрузки.

- Поскольку вторичный DC/DC-конвертор обеспечивает питанием единственную функциональную плату (или ее функциональный фрагмент), то появляется возможность расположить конвертор в непосредственной близости от нагрузки. Это позволяет минимизировать длину проводников, подводящих питание к нагрузке, и падение напряжения на них, а также ограничить распространение радиопомех.

Вторичные DC/DC-конверторы, устанавливаемые в непосредственной близости от нагрузки, получили название PoL DC/DC-конверторы (Point of Load – точка нагрузки). Варианты современных архитектур распределенного электропитания, использующие PoL-конверторы, представлены на рисунке 3.

Первый вариант применяется, если в системе используется относительно низковольтное (до 20 В) первичное постоянное напряжение. В этом случае первичный DC/DC-конвертор размещен в модуле питания, а функциональные платы содержат только PoL-конверторы.

Однако в ряде приложений, в соответствии с различными нормативными документами, используется более высокое первичное напряжение. Например, 36...60 В – для телекоммуникационных приложений; 18...36 В – для промышленного оборудования; 42...53 В – для систем сбора и обработки информации. Поскольку максимальное входное напряжение PoL-конверторов обычно не превышает 15...20 В, то непосредствен-

Таблица 1. Технические характеристики DC/DC-конверторов семейства SuplIRBuck

| Наименование | Входное напряжение, В |       | Выходное напряжение, В |         | Выходной ток, А | Частота коммутации, кГц |       | Функции |     |          |            |          |       |     |
|--------------|-----------------------|-------|------------------------|---------|-----------------|-------------------------|-------|---------|-----|----------|------------|----------|-------|-----|
|              | Мин.                  | Макс. | Мин.                   | Макс.   |                 | Мин.                    | Макс. | OCP     | OTP | Pre-Bias | Soft Start | Tracking | Pgood | SEQ |
| IR3800M      | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 12              | 600                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          |       |     |
| IR3801M      | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 7               | 600                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          |       |     |
| IR3802M      | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 4               | 600                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          |       |     |
| IR3800AM     | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 14              | 300                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          |       |     |
| IR3801AM     | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 9               | 300                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          |       |     |
| IR3802AM     | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 6               | 300                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          |       |     |
| IR3810M      | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 12              | 600                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          | ✓        |       |     |
| IR3811M      | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 7               | 600                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          | ✓        |       |     |
| IR3812M      | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 4               | 600                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          | ✓        |       |     |
| IR3820M      | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 12              | 600                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          | ✓     |     |
| IR3821M      | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 7               | 600                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          | ✓     |     |
| IR3822M      | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 4               | 600                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          | ✓     |     |
| IR3820AM     | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 14              | 300                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          | ✓     |     |
| IR3821AM     | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 9               | 300                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          | ✓     |     |
| IR3822AM     | 2,5                   | 21    | 0,6                    | 12      | 6               | 300                     |       | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          | ✓     |     |
| IR3830M      | 1,5                   | 16    | 0,7                    | 0,9*Vin | 12              | 250                     | 1500  | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          | ✓        |       |     |
| IR3831M      | 1,5                   | 16    | 0,7                    | 0,9*Vin | 8               | 250                     | 1500  | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          | ✓        |       |     |
| IR3832M      | 1,5                   | 16    | 0,7                    | 0,9*Vin | 4               | 250                     | 1500  | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          | ✓        |       |     |
| IR3840M      | 1,5                   | 16    | 0,7                    | 0,9*Vin | 12              | 250                     | 1500  | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          | ✓     | ✓   |
| IR3841M      | 1,5                   | 16    | 0,7                    | 0,9*Vin | 8               | 250                     | 1500  | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          | ✓     | ✓   |
| IR3842M      | 1,5                   | 16    | 0,7                    | 0,9*Vin | 4               | 250                     | 1500  | ✓       | ✓   | ✓        | ✓          |          | ✓     | ✓   |

Примечание: Наименования, выделенные красным и зеленым цветами обозначают соответственно «скоро» и «новинка».

но на функциональных платах помимо PoL-конверторов используется понижающий DC/DC-конвертор (второй вариант). Причем в этом случае модуль питания может и не содержать понижающих DC/DC-конверторов (как это показано на рисунке).

Заметим, что при использовании в качестве PoL-конвертора импульсного понижающего регулятора, как правило, применяется синхронная схема. Напомним, что в классической схеме импульсного понижающего регулятора в верхнем плече выходного каскада используется транзистор в ключевом режиме, а в нижнем — внешний диод, через который замыкается цепь нагрузки в фазе разряда [1]. В синхронных регуляторах в нижнем плече также используется транзистор, работающий в противофазе с первым. Преимущества синхронных преобразователей применительно к малым выходным напряжениям и большим токам (типичный случай для PoL-конверторов) подробно рассмотрены в [2]. Главное преимущество: при токах нагрузки от 4 до 12 А мощность, рассеиваемая на диоде, от двух до шести раз превосходит мощность, рассеиваемую на транзисторе. Таким образом, применение синхронной схемы положительно сказывается на эффективности конвертора и существенно упрощает решения по отводу тепла.

### Семейство SupIRBuck DC/DC-конверторов Point-of-Load компании IR

В широком смысле термин “Point-of-Load” определяет скорее описанный выше способ применения DC/DC-конверторов, а не конкретный класс преобразователей. Однако многие производители выделяют из своей продукции линейки устройств, максимально соответствующие требованиям данных приложений.

Компания IR выпускает следующие компоненты для построения PoL-конверторов:

- Интегрированные модули для DC/DC-конверторов семейства iPowIR;
- Микросхемы импульсных синхронных понижающих DC/DC-конверторов со встроенным ключом семейства SupIRBuck;
- Микросхемы импульсных синхронных ШИМ-контроллеров (для построения DC/DC-конверторов с внешним ключом).

Предметом данной статьи являются микросхемы семейства SupIRBuck.

В таблице 1 представлены микросхемы этого семейства.

Семейство конверторов SupIRBuck включает два поколения приборов:

- **IR381x, IR382x** (анонсированы в ноябре 2007 года) и **IR380x** (выпущены на рынок в мае 2008 года).

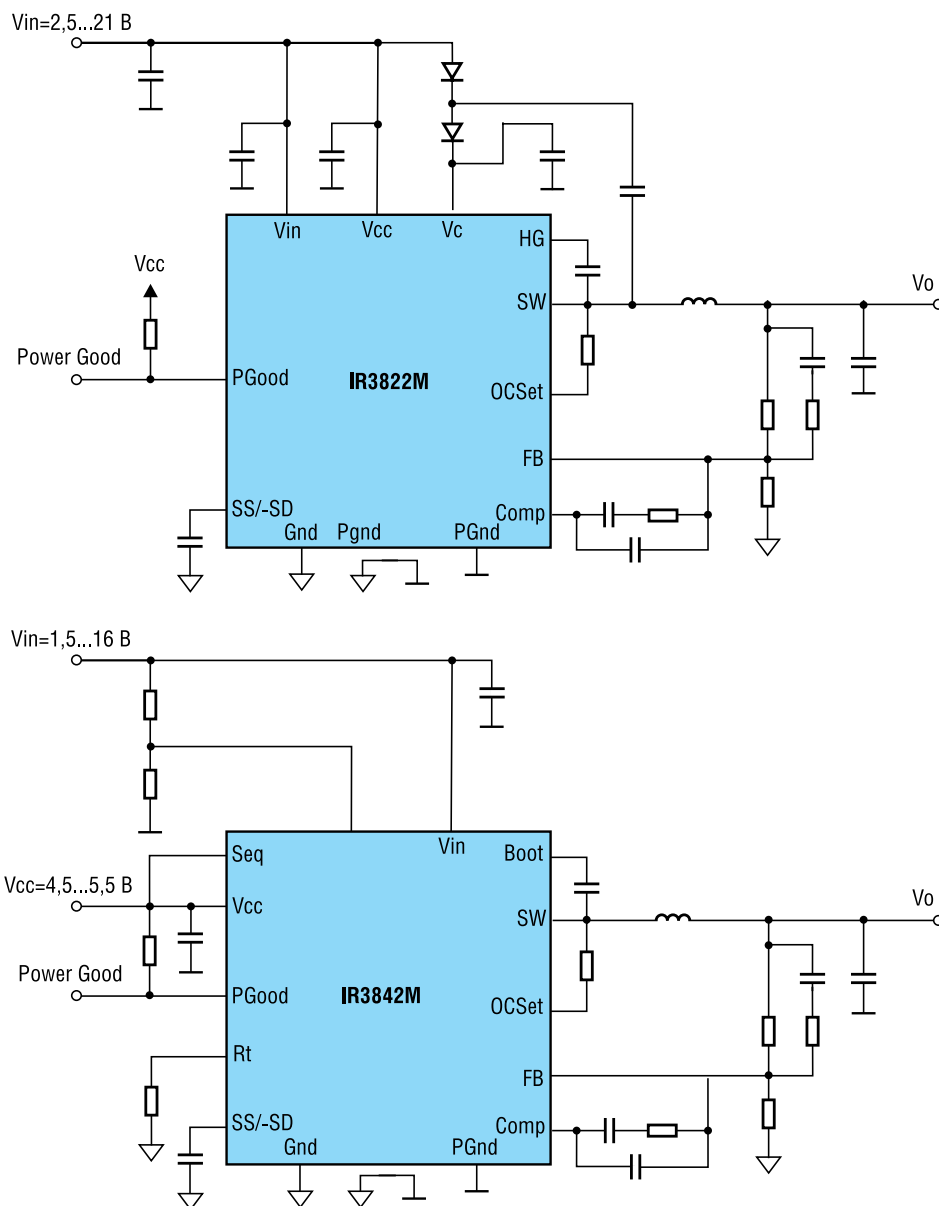


Рис. 4. Типовые схемы включения конверторов IR3822 и IR3842

- Gen2 — линейки **IR383x** и **IR384x**, анонсированные в феврале 2009 года (микросхемы **IR3830** и **IR3832** готовятся к выпуску и уже упоминаются в [3]).

### Первое поколение DC/DC-конверторов SupIRBuck

Первое поколение конверторов SupIRBuck позиционировалось для применения в качестве PoL-конверторов напряжения в серверном, телекоммуникационном и промышленном оборудовании с множеством распределенных низковольтных (0,7...5 В) силовоточных (от нескольких А и выше) нагрузок. Примерами таких нагрузок являются высокопроизводительные микропроцессоры, сигнальные и графические процессоры, СБИС FPGA, модули хранения данных и т.д.

Рассмотрим общие свойства трех линеек (IR380x, IR381x и IR382x) этого поколения:

- Микросхемы представляют собой импульсные синхронные понижающие

стабилизаторы напряжения с внутренним силовым Trench MOSFET-транзистором. Величина выходного напряжения регулируется и задается резистивным делителем в цепи обратной связи.

- Микросхемы выпускаются в компактном корпусе PowerQFN размера 5x6 мм. По оценкам специалистов компании IR это позволяет на 70% сократить площадь фрагмента на печатной плате по сравнению с аналогичным вариантом устройства на дискретных компонентах.

• Микросхемы в рамках одной линейки имеют одинаковую цоколевку выводов. Это позволяет при необходимости увеличить ток нагрузки, например, заменить микросхему IR3802M на любую из ряда IR380xM без изменений печатной платы.

- Микросхемы разработаны на диапазон входных напряжений 2,5...21 Вольт и обеспечивают выходное напряжение от 0,6 В.

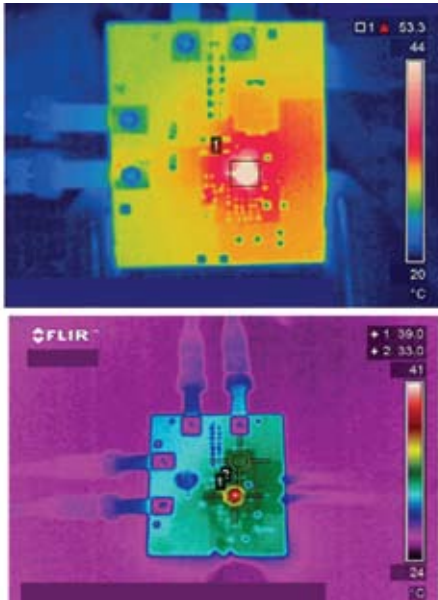


Рис. 5. Тепловизионные фотографии PoL-конверторов IR3822 и IR3842

- Частота коммутации постоянна и равно 600 кГц (для микросхем IR380xM).

- Максимальный выходной ток составляет 4 (для IR38x2M), 7 (для IR38x1M) и 12 А (для IR38x0M). В микросхемах IR380xAM максимальный выходной ток увеличен на 2 А за счет снижения частоты до 300 кГц.

- Микросхемы имеют средства защиты (блокировки) при превышении максимально допустимого тока в нагрузке (OCP) и при перегревании кристалла (OTP).

- В микросхемах реализована функция плавного старта (Soft Start) с возможностью задания его продолжительности.

- В микросхемах реализована возможность монотонного запуска в условиях предварительно смещенной нагрузки (Pre-Bias).

Помимо этого в микросхемах IR381x реализована дополнительная функция следящего управления выходным напряжением (Tracking), а в микросхемах IR382x — функция мониторинга выходного напряжения (PGood). Микросхемы IR38x0 дополнительных функций не имеют.

## Второе поколение DC/DC-конверторов SupIRBuck

Как отмечалось выше, второе поколение Gen2 включает две линейки IR383x (с функцией Tracking, как развитие IR381x) и IR384x (с функцией Power Good, как развитие IR382x). Рассмотрим основные отличия микросхем поколения Gen2 от изделий предшествующего поколения:

- Частота коммутации изменяется от 250 до 1500 кГц и задается внешним резистором. Более высокая частота коммутации дает возможность использовать

катушки индуктивности и конденсаторы меньших номиналов и, соответственно, меньших габаритов, что позволяет дополнительно уменьшить площадь, занимаемую конвертором на печатной плате.

- Бутстрепный диод интегрирован в корпус микросхемы (в отличие от конверторов первого поколения), что уменьшает число внешних компонентов и упрощает схему и, как следствие, опять же уменьшает площадь на печатной плате. В качестве примера на рисунке 4 приведены типовые схемы включения микросхемы IR3842 и ее прототипа IR3822. Более ярким цветом выделены элементы, которые отсутствуют при использовании конвертора IR3842.

- Примерно на 2% увеличен коэффициент полезного действия (при прочих равных условиях), что снижает нагрев корпуса микросхемы и позволяет упростить решения по отводу тепла. На рисунке 5 приведены тепловизионные фотографии PoL-конверторов IR3822 и IR3842 при одинаковых режимах работы.

- Величина максимального входного напряжения снижена с 21 до 16 В. Однако более высокий (до 92%) коэффициент заполнения рабочего цикла (Max Duty Cycle) обеспечивает возможность получения более высокого выходного напряжения (14,5 В против 12 у микросхем первого поколения).

- Наличие входов Enable и Sequence позволяет использовать DC/DC-конвертор в системах электропитания со сложной циклограммой включения и отключения нескольких источников питания.

## Сервисные функции DC/DC-конверторов SupIRBuck

Рассмотрим кратко сервисные функции конверторов SupIRBuck первого и второго поколений.

**Защита от перегрева кристалла (OTP).** Все конверторы семейства SupIRBuck имеют встроенные схемы, отключающие нагрузку при нагревании кристалла до температуры выше 140°C. При этом закрываются оба транзистора выходного каскада. Разблокировка происходит при снижении температуры ниже 120°C.

**Защита от перегрузки по току (OCP).** В конверторах SupIRBuck применено оригинальное схемное решение защиты от токовой перегрузки. В качестве датчика тока не используется токоизмерительный резистор. В конверторах SupIRBuck в этом качестве используется канал MOSFET-транзистора синхронного выпрямителя. Такое решение снижает потери мощности и увеличивает эффективность преобразователя и, кроме того, снижает стоимость конечного решения за счет исключения из схемы токоизмерительного резистора. Токовая защита не является прецизионной, она носит предохранительный характер и срабатывание происходит при 50-процентном превышении тока в нагрузке. Через

некоторое время делается попытка отключить блокировку и вновь провести измерение выходного тока. Если перегрузка все так же будет иметь место, нагрузка вновь будет отключена и через некоторое время будет сделана новая попытка, до тех пор, пока не будет устранена причина перегрузки.

**Запуск в условиях предварительно смещенной нагрузки (Pre-Bias).** В некоторых схемах во время подачи питания нагрузка может находиться под остаточным напряжением. В этих случаях при включении питания важно обеспечить монотонность возрастающего напряжения и исключить броски тока. Транзистор нижнего плеча (синхронный выпрямитель) работает в противофазе транзистору верхнего плеча (коммутирующему элементу), поэтому при подаче питания выпрямитель будет шунтировать остаточное напряжение на нагрузке через дроссель выходного LC-фильтра. Вследствие этого выходное напряжение будет иметь рывки, что недопустимо. У преобразователей SupIRBuck эта проблема решается блокировкой работы синхронного выпрямителя в период плавного запуска схемы.

**Функция плавного старта (Soft Start).** Данная функция также реализована во всех контроллерах семейства SupIRBuck. Рост напряжения на выходе схемы не носит резкий характер, а происходит постепенно, что исключает нежелательные броски тока в нагрузку. Продолжительность плавного старта определяется номиналом конденсатора, подключенного ко входу SS/-SD.

**Функция мониторинга выходного напряжения (PowerGood).** Конверторы IR382x и IR384x оснащены схемой мониторинга напряжения. Выход PowerGood переходит в низкое состояние, если напряжение питания микросхемы станет меньше порогового значения. В противном случае выход PGOOD будет находиться в высокоимпедансном состоянии, сигнализируя о корректности уровня выходного напряжения. Функция PowerGood (а также Tracking и SEQ) могут использоваться для организации упорядоченного запуска нескольких преобразователей в системе электропитания.

## Литература

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. — М.: Солон-Пресс, 2005.
2. Бокко Г. Закономерные тенденции синхронного выпрямления. — Современная электроника, №1, 2005.
3. Point-of-Load. Product Selection Guide// материал компании IR, 2009.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: power.vesti@compel.ru

Андрей Конопельченко, Сергей Кривандин (КОМПЭЛ)

## УПРАВЛЕНИЕ ЯРКОСТЬЮ СВЕЧЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЬНЫХ DC/DC-ДРАЙВЕРОВ

Для питания активно внедряемых в системы освещения светодиодов необходим стабилизированный ток. В качестве его источника применяется специализированный драйвер. В распоряжении разработчика **светодиодного светильника** или системы освещения/подсветки есть несколько вариантов построения этого изделия. Готовые **модульные DC/DC-драйверы сверхъярких светодиодов** выпускает компания **PEAK electronics**.

**Я**ркость свечения светодиода зависит от протекающего через него тока. Для питания светодиода требуется обеспечить постоянство значения этого тока. При этом ток должен быть необходимой величины, которая определяется требуемой оптимальной яркостью и цветом свечения светодиода.

Перед выбором драйвера светодиодов необходимо:

- выяснить, что требуется: постоянное напряжение (если нагрузкой является светодиодная линейка) или постоянный ток (если нагрузка — сверхъяркие светодиоды);
- определить выходное напряжение драйвера и/или выходной ток, а также полную мощность;
- определить диапазон входного напряжения;
- уточнить диапазон рабочих температур и требования по защите от воздействий окружающей среды (ingress protection, IP).
- оценить требования к КПД, электробезопасности и электромагнитной совместимости, проверить эти параметры по фирменному описанию (data sheet) драйвера.

Все многообразие решений можно свести к следующим случаям:

1. проектирование и изготовление собственного оригинального драйвера на основе интегральных схем AC/DC-или DC/DC-драйверов светодиодов,

2. выбор готового модульного драйвера (AC/DC или DC/DC).

В первом случае возможно учесть особенности и нюансы конкретного проектируемого светильника, его применения, места установки и т.д. Во втором случае обеспечивается гарантированное качество решения технической задачи и высокая скорость выхода нового свето-

диодного светильника на рынок. В современных условиях именно скорость выхода на рынок новых востребованных изделий становится важнейшим фактором выживания и сохранения компании.

Проектированию драйверов светодиодов на интегральных схемах посвящено значительное количество статей и технических семинаров. Модульные



так широко. Предлагаемый вниманию читателей материал знакомит с модульными DC/DC-драйверами компании PEAK electronics для монтажа на печатную плату, которые предназначены для питания сверхъярких светодиодов.

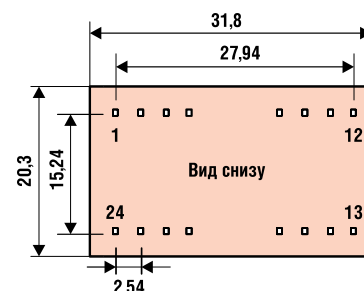
### Драйверы светодиодов в модульном исполнении

Производители светотехнического оборудования — специалисты в оптике и освещении. Для создания светодиод-

Компания **PEAK electronics** выпускает три серии модульных DC/DC-драйверов светодиодов: **PLED**, **PLED-S** и **PLED-T** с выходными токами 300, 350, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100 или 1200 мА.

AC/DC-драйверы светодиодов тоже хорошо известны. А вот модульные DC-DC-драйверы этого типа известны не

ного светильника надо разбираться еще и в электронике. Задачу упрощает применение уже готовых модульных свето-



| № вывода | Назначение               |
|----------|--------------------------|
| 1        | Ctrl (Вкл./Выкл.)        |
| 2, 3     | -Vin (-U <sub>ВХ</sub> ) |
| 9, 11    | Не соединен              |
| 14       | LED+ (Выход+)            |
| 16       | LED- (Выход-)            |
| 22, 23   | +Vin (+U <sub>ВХ</sub> ) |
| 24       | DIM (Управление)         |

Рис. 1. Драйвер серии PLED: внешний вид, расположение и назначение выводов, размеры корпуса



Таблица 1. Варианты моделей драйверов светодиодов серии PLED

| Наименование | I <sub>вых</sub> , мА | U <sub>вх</sub> , В | P <sub>вых</sub> , Вт | U <sub>вых</sub> , В | U <sub>DIM</sub> , В |
|--------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| PLED-300LF   | 300                   | 5...36              | 9,6                   | 2...32               | 0...4,5              |
| PLED-350LF   | 350                   | 5...36              | 11,2                  | 2...32               | 0...4,5              |
| PLED-500LF   | 500                   | 5...36              | 16                    | 2...32               | 0...4,5              |
| PLED-600LF   | 600                   | 5...36              | 19,2                  | 2...32               | 0...5                |
| PLED-700LF   | 700                   | 5...36              | 22,4                  | 2...32               | 0...5                |
| PLED-800LF   | 800                   | 5...36              | 25,6                  | 2...32               | 0...5                |
| PLED-900LF   | 900                   | 5...36              | 28,8                  | 2...32               | 0...5                |
| PLED-1000LF  | 1000                  | 5...36              | 32                    | 2...32               | 0...5                |
| PLED-1100LF  | 1100                  | 5...36              | 35,2                  | 2...32               | 0...5                |
| PLED-1200LF  | 1200                  | 5...36              | 38,4                  | 2...32               | 0...5                |

диодных драйверов, которые работают по принципу «включил и работает» и не требуют для применения глубоких познаний в электронике.

Компания PEAK electronics выпускает три серии модульных DC/DC-драйверов светодиодов: PLED, PLED-S и PLED-T с выходными токами 300, 350, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100 или 1200 мА. Уровень выходного тока каждого драйвера можно изменить подачей управляющего напряжения на специальный вывод модуля. PLED — это серия мощных драйверов в стандартном для DC/DC-преобразователей корпусе типа DIP24 (рис. 1), PLED-S и PLED-T — малогабаритные изделия в корпусах типа DIP14 и DIP16 соответственно.

Варианты моделей и параметры драйверов серии PLED приведены в таблице 1. Число в наименовании указывает на значение выходного тока в миллиамперах, суффикс «LF» (Lead Free) означает бессвинцовое исполнение. Основные параметры модулей PLED:

- Диапазон входного напряжения 5...36 В,
- Стабилизированный выходной ток,
- Возможность управления выходным током,
- Дистанционное включение/выключение,
- Диапазон рабочих температур от -40 до 85°C.

Выходная мощность варьирует от 9 до 38 Вт в зависимости от модели. Это

значительная мощность для преобразователя, реализованного в компактном корпусе типа DIP24, но драйверы серии PLED имеют высокий КПД до 96% и не требуют специальных мер для отвода тепла.

#### Управление яркостью свечения светодиодов и дистанционное включение/выключение

Типовая схема включения драйвера PLED приведена на рис. 2. Драйвер можно применить без обвязки, подавая на вход постоянное напряжение 5, 12, 15, 24 или 36 В и получая на выходе стабилизированный ток для питания светодиодов.

Включение входного LC-фильтра не является обязательным, он применяется только в том случае, если перед разработчиком стоит задача удовлетворить требования стандарта CISPR22 по электромагнитному излучению класса В. Производитель драйвера рекомендует номинальное значение индуктивности L не менее 120 мкГ при указанных на рисунке 2 номиналах конденсаторов. Можно увеличить значения емкостей фильтра для уменьшения номинала индуктивности L.

Максимально допустимый ток через дроссель L определяется моделью выбранного драйвера светодиодов PLED (параметры драйверов приведены в таблице 1). Максимальный ток через дроссель будет протекать при минимальном входном напряжении. Значение тока

дросселя будет определяться и величиной стабилизированного тока через светодиоды (от 300 до 1200 мА) и падением напряжения на последовательно включенных светодиодах. Например, при напряжении на светодиодах 30 В и токе 1200 мА при минимальном входном напряжении 5 В через индуктивность будет протекать ток порядка  $30/5 \times 1200 = 7200$  мА (без учета КПД драйвера). Для более точного расчета необходимо полученный ток разделить на минимальное значение величины КПД. Однако можно остановиться на полученном значении, т.к. все равно нужно обеспечить запас по току дросселя. Если минимум рабочего напряжения на входе имеет другое значение (более 5 В), то номинал индуктивности будет иметь меньшее значение, что значительно расширяет выбор дросселя, уменьшает его габариты и снижает стоимость. Выбрать конкретное наименование дросселя и конденсаторов можно с помощью параметрического поиска на сайте [www.catalog.compel.ru](http://www.catalog.compel.ru) в разделе «Пассивные компоненты».

Вывод «Ctrl» (Control — Управление) драйвера PLED служит для дистанционного включения/выключения модуля, а значит, и светодиодов, что востребовано в устройствах с батарейным питанием. Дистанционное включение/выключение можно осуществить сигналом с выхода микроконтроллера или с помощью тумблера. Для включения модуля значение напряжения на

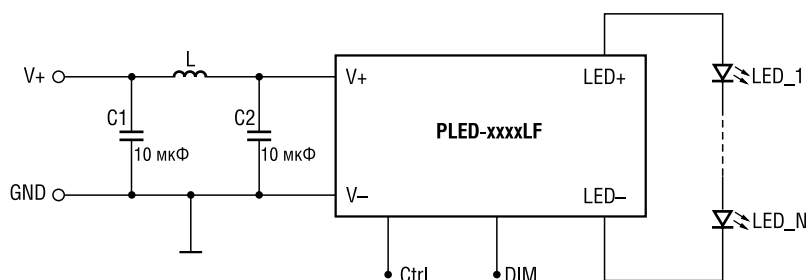


Рис. 2. Схема включения драйвера серии PLED

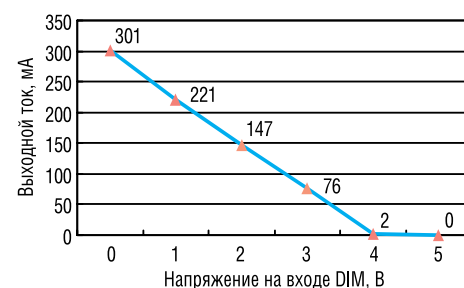


Рис. 3. Регулировочная характеристика драйвера светодиодов PLED-300LF

Таблица 2. Варианты моделей драйверов светодиодов серий PLED-T и PLED-S

| Наименование  | I <sub>вых</sub> , мА | U <sub>вх</sub> , В | P <sub>вых</sub> , Вт | U <sub>вых</sub> , В | Регулировочная характеристика                 | Корпус |
|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------------------------|--------|
| PLED-S-300LF  | 300                   | 7...30              | 8,4                   | 2...28               | $I_{out} = \frac{0,08 \cdot U_{adj}}{0,327}$  | DIP14  |
| PLED-S-350LF  | 350                   |                     | 9,8                   |                      | $I_{out} = \frac{0,08 \cdot U_{adj}}{0,28}$   |        |
| PLED-T-500LF  | 500                   |                     | 14                    |                      | $I_{out} = \frac{0,08 \cdot U_{adj}}{0,197}$  | DIP16  |
| PLED-T-600LF  | 600                   |                     | 16,8                  |                      | $I_{out} = \frac{0,08 \cdot U_{adj}}{0,165}$  |        |
| PLED-T-700LF  | 700                   |                     | 19,6                  |                      | $I_{out} = \frac{0,08 \cdot U_{adj}}{0,1388}$ |        |
| PLED-T-1000LF | 1000                  |                     | 28                    |                      | $I_{out} = \frac{0,08 \cdot U_{adj}}{0,095}$  |        |

входе «Ctrl» должно быть в диапазоне от 0 до 0,6 В, для выключения — в диапазоне от 0,7 до 5 В. Потребление по цепи управления не превышает 1 мА.

Вывод «DIM» предназначен для управления выходным током, т.е. яркостью свечения светодиодов. На этот вывод можно подавать аналоговое управляющее напряжение или сигнал с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). В первом случае применяется постоянное напряжение в диапазоне 0...4,5 В или 0...5 В в зависимости от модели (см. табл. 1). Пример регулировочной характеристики модуля PLED-300LF представлен на рисунке 3. Регулировочная характеристика линейна в диапазоне управляющих напряжений от 0 до 4 В. Увеличение управляющего напряжения с 4 до 5 В полностью выключает светодиод. Числа у треугольников указывают значение выходного тока при подаче на управляющий вход «DIM» драйвера напряжения 0, 1, 2, 3, 4 или 5 В.

В зависимости от скважности ШИМ-импульсов, подаваемых на управляющий вход «DIM», меняется значение выходного тока драйвера и частота всплеск светодиодов. Скважность импульсов можно менять в диапазоне 10...90%, а максимальная частота управляющих ШИМ-импульсов не должна превышать 200 Гц.

Если функции дистанционного включения/выключения или управления яркостью свечения светодиодов не востребованы в конкретной задаче, соответствующие выводы драйвера можно никуда не подключать.

#### Миниатюрные драйверы светодиодов серий PLED-S и PLED-T

Драйверы серий PLED-S и PLED-T отличаются от PLED более компактными корпусами DIP14 и DIP16 соответ-

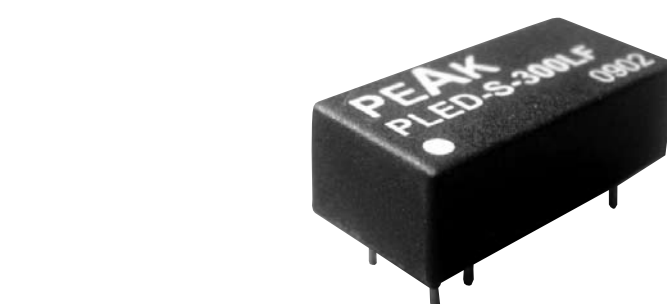


Рис. 4. Внешний вид драйверов серии PLED-S

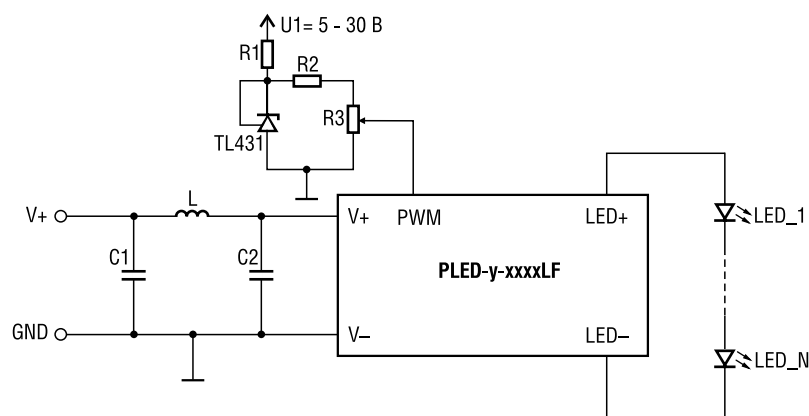


Рис. 5. Схема, где ток светодиодов управляется аналоговым напряжением с помощью переменного резистора

ственно с размерами 20,32x10,16x6,88 и 23,4x14,0x10,2 мм. Внешний вид модуля серии PLED-S приведен на рисунке 4.

Модули питания светодиодов PLED-S и PLED-T имеют широкий диапазон входных напряжений — от 7 до 30 В. Выходной ток драйверов может принимать значения от 300 до 1000 мА в зависимости от модели (см. табл. 2), а КПД преобразователей достигает 95%. Диапазон рабочих температур состав-

ляет -40...71°C для PLED-T-1000LF и -40...85°C для остальных моделей.

#### Управление током светодиодов с помощью драйверов PLED-S или PLED-T

Модули PLED-T и PLED-S имеют функции дистанционного включения/выключения и управления выходным током, отличие от PLED состоит в том, что обе функции совмещены на одном управляющем выводе «PWM».

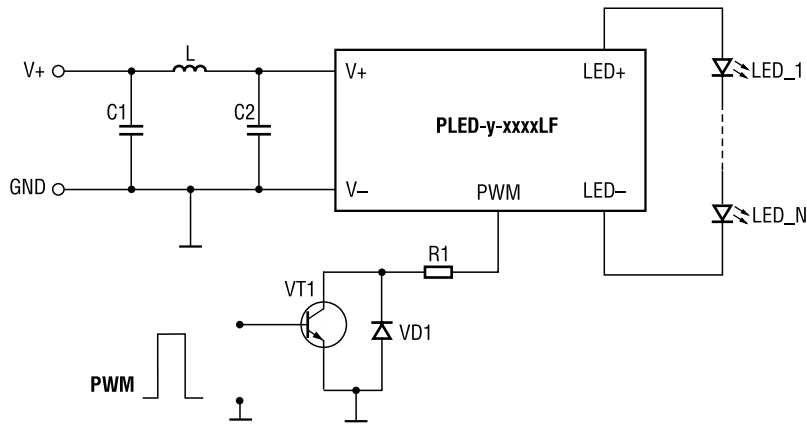


Рис. 6. Схема, где ток светодиодов управляется ШИМ-импульсами

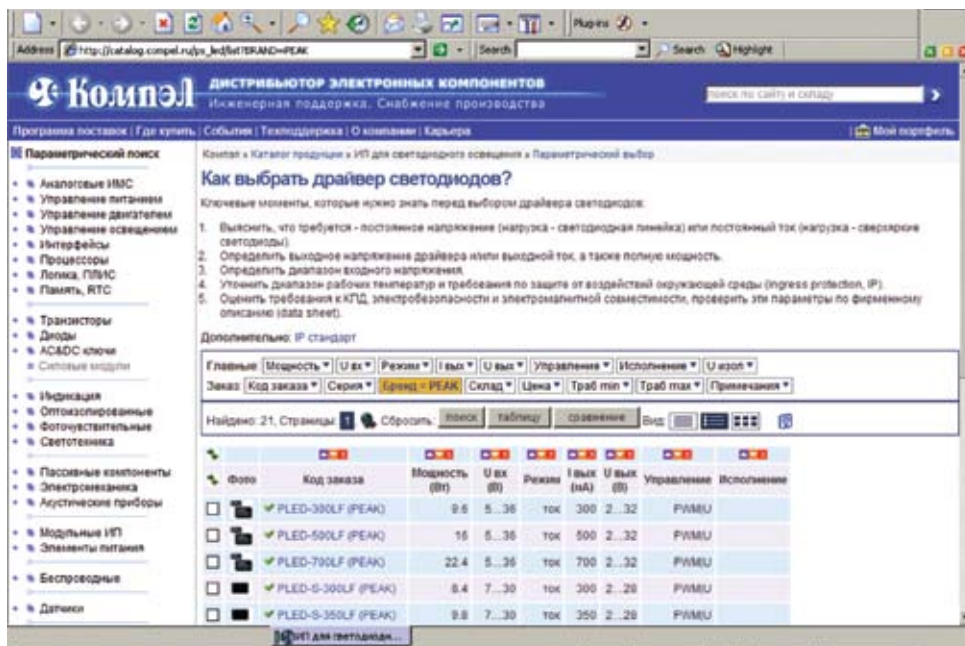


Рис. 7. Результаты поиска модульных драйверов светодиодов PEAK со входом 24 В

Схема управления яркостью свечения светодиодов с помощью управляющего напряжения представлена на рисунке 5. Управление яркостью свечения светодиодов LED<sub>1</sub>...LED<sub>N</sub> осуществляется изменением управляющего напряжения на выводе «PWM» путем вращения ручки переменного резистора R3.

Основным элементом схемы управления драйвером является регулируемый источник опорного напряжения **TL431**, с которого снимается стабилизированное напряжение 2,5 В. Резистором R1 задается ток через стабилизатор TL431. Рекомендуемое значение резистора R1 составляет 4,7 кОм, при этом напряжение U<sub>1</sub> может быть любым в диапазоне от 5 до 30 В. Цепь, состоящая из последовательного соединения резисторов R2 и R3, представляет собой делитель, который формирует напряжение от 0 до 1,25 В на управляющем выводе. Рекомен-

дуемые значения постоянного R2 и переменного R3 резисторов составляют по 10 кОм каждый.

Преимуществами этой схемы являются отсутствие зависимости параметров драйвера от значения напряжения U<sub>1</sub> и возможность использования входного напряжения питания драйвера для формирования управляющего напряжения (значения U<sub>+</sub> и U<sub>1</sub> одинаковы).

В ряде случаев изменять значение выходного тока драйвера PLED-S или PLED-T вращением ручки переменного резистора неудобно. Можно применить схему управления ШИМ-импульсами, одним из возможных источников которых может быть микроконтроллер. Схема включения представлена на рисунке 6.

В схеме рис. 6 в качестве драйвера управляющего напряжения применяется биполярный транзистор, однако он может быть заменен на полевой транзи-

стор. В качестве VT1 можно применить транзисторы BC817, BC639, BCX56 или BCP56 из номенклатуры компании КОМПЭЛ со склада в Москве. Наличие резистора R1 и диода VD1 в цепи управления драйвером позволяет убрать отрицательные выбросы, которые могут приводить к нестабильной работе драйвера. Рекомендован диод 1N4148, резистор R1 — сопротивлением 10 кОм.

### Модульные DC/DC-драйверы светодиодов на сайте catalog.compel.ru

Для быстрого поиска драйверов и модулей питания по заданным параметрам удобно пользоваться сайтом <http://catalog.compel.ru/>, на котором представлены электронные компоненты и модули. Для параметрического поиска сначала нужно выбрать тип нужного компонента, например, для поиска источников питания для светодиодов необходим следующий путь поиска: Модульные ИП → ИП для LED. На экране появится окно, в котором можно задать нужные параметры, например, входное напряжение 24 В, производитель (бренд) PEAK (рисунок 7).

Кликнув на наименование подходящего изделия, можно открыть новое окно, где будут приведены основные технические параметры на русском языке, приведено фирменное описание производителя и показано наличие на складе и цены компонента в зависимости от количества.

На том же сайте легко выбрать мощные светодиоды в разделе Индикация/Светодиоды/LED мощные (для освещения) или по ссылке [http://catalog.compel.ru/power\\_led/list?STOCK=](http://catalog.compel.ru/power_led/list?STOCK=).

### Преимущества модульных драйверов светодиодов

Главным достоинством модульных драйверов светодиодов является простота применения: они не требуют подключения внешних компонентов и используются по принципу «включил и работает». Эта простота позволяет разработчику светодиодного светильника или системы подсветки быстро состыковать драйвер со своей схемой управления яркостью свечения светодиодов. Все это ускоряет процесс разработки нового изделия и увеличивает скорость его выхода на рынок, что является главным условием динамичного развития и устойчивого положения компании. **5**

Получение технической информации, заказ образцов, поставка —  
e-mail: [ac-dc-ac.vesti@compel.ru](mailto:ac-dc-ac.vesti@compel.ru)