

Илья Ошурков (г. Москва)

УПРАВЛЯЕМ И ККМ, И ПОЛУМОСТОМ: НОВЫЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ



Компактное и простое решение управления светодиодом – комбинированный драйвер NCL30051 от ON Semiconductor. Он сочетает в одном корпусе контроллер корректора коэффициента мощности, контроллер резонансного полумостового LLC-преобразователя и полумостовой драйвер.

В последнее время многие производители, стремясь повысить эффективность электропитания светодиодных светильников, стали обращать внимание на резонансные и квазирезонансные преобразователи. Они удовлетворяют всем существующим требованиям к источникам питания для светодиодов. Интерес производителей создал ощутимый спрос на микросхемы управления. При этом, как всегда, производитель хочет получить простой и удобный в применении контроллер.

Комбинированный драйвер NCL30051 позволяет легко и быстро реализовать компактный и высокоэффективный гальванически развязанный источник питания для светодиодов. Мощность такого источника может лежать в диапазоне от 60 до 300 Вт. Микросхема объединяет в себе контроллер корректора коэффициента мощности (ККМ), работающий в граничном режиме, контроллер резонансного полумостового LLC-преобразователя (РПП) и полумостовой драйвер на 600 В. Контроллер РПП обеспечивает работу на постоянной частоте, что не только упрощает всю систему управления, но и значительно снижает объем силового трансформатора. Управление выходными параметрами источника осуществляется регулированием выходного напряжения корректора. Помимо перечисленного, в состав комбинированного драйвера входят: цепь запуска, рассчитанная на напряжения до 600 В; цепь задания тактовой частоты контроллера РПП; цепь двукратного деления тактовой частоты контроллера РПП, формирующая импульсы управления для драйвера полумоста; цепи включения и выключения ККМ и РПП; цепи защиты от обрыва обратной связи, повышенного или пониженного напряжения на выходе ККМ.

На рис. 1 представлена функциональная схема драйвера, а в табл. 1 приведено описание выводов микросхемы.

По сравнению с традиционной двухстадийной схемой, использование NCL30051 позволяет получить значительно более компактное и простое решение (рис. 2). Но, несмотря на простоту, есть ряд особенностей, которые необходимо принять во внимание.

Обычно двухстадийные схемы строятся на базе ККМ с управлением в режиме критического или непрерывного тока и обратноходового преобразователя с ШИМ-управлением по току или

напряжению. При этом каждая стадия преобразования энергии имеет независимую обратную связь. Достаточно часто можно встретить решения с резонансным полумостовым преобразователем вместо обратноходового. Примером может служить источник питания на базе микросхемы NCP1910. Такого рода решения обладают улучшенной эффективностью и меньшими значениями ЭМП за счет мягкого переключения силовых ключей, однако предъявляют значительные требования к системе управления и трансформатору в связи с переменной частотой работы полумоста.

В отличие от вышеописанных решений, NCL30051 значительно упрощает разработку устройства за счет управления РПП на фиксированной частоте с равными коэффициентами заполнения ключей. Регулируется только выходное напряжение ККМ. Преимущества такого подхода к управлению в следующем:

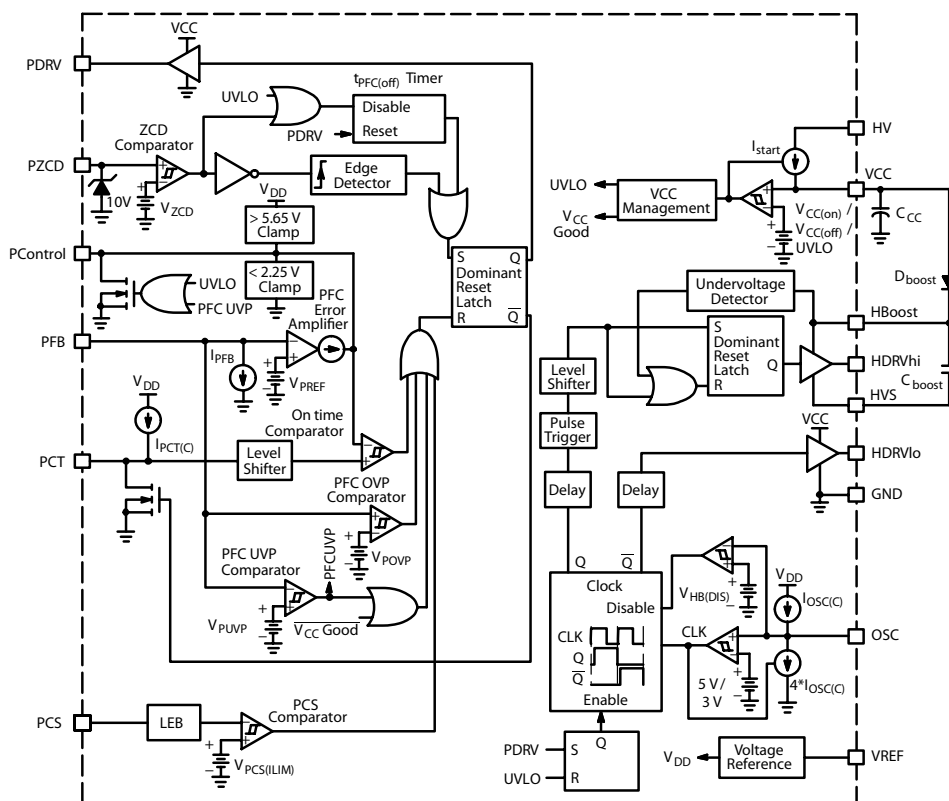


Рис. 1. Функциональная схема NCL30051

Таблица 1. Функциональное описание выводов драйвера

№ вывода	Имя	Описание
1	HV	Вход цепи запуска. Данный вывод следует соединять с выходом диодного выпрямителя. В таком случае при подаче сетевого напряжения встроенный высоковольтный пусковой регулятор начёт заряжать постоянным током (среднее значение 7,5 мА) подключённый к VCC конденсатор, пока напряжение на нём не достигнет нормальной величины.
2	OSC	Номинал подключённого к данному выводу конденсатора определяет тактовую частоту контроллера РПП. Каждый ключ полумостового преобразователя работает на вдвое меньшей частоте. Альтернативная функция вывода — запрет работы РПП. Для формирования запрета необходимо подключить подтягивающий к земле резистор и «просадить» уровень напряжения на выводе ниже порогового $V_{HB(DIS)}$ (1,955 В).
3	GND	Аналоговая земля.
4	VREF	Внутренний источник опорного напряжения. Для нормального функционирования драйвера необходимо подключить к данному выводу конденсатор номиналом 0,1 мкФ.
5	PFB	Вход обратной связи ККМ. Данный вывод следует посредством резистивного делителя соединить с выходом ККМ. Для регулирования выходного напряжения корректора напряжение на данном выводе сравнивается с опорным 2,5 В. Для определения повышенного и пониженного напряжения — с V_{POVP} и V_{PUVP} .
6	PCS	Вход датчика тока ККМ. Для корректной работы к данному входу должно быть подключено напряжение, пропорциональное току транзистора ККМ. Типовое значение порога срабатывания токовой защиты $V_{PCS(LIM)} = 0,84$ В. Предусмотрена защита от ложного срабатывания (leading edge blanking).
7	PZCD	Вход датчика нулевого тока дросселя ККМ. Для корректной работы преобразователя к данному выводу должна быть подключена через токоограничительный резистор дополнительная обмотка дросселя ККМ. При нарастании тока дросселя импульсы управления транзистором ККМ разрешены. Если напряжение падает и при этом находится выше уровня $V_{ZCD(high)}$, управляющие импульсы запрещены. Управление транзистором снова оказывается разрешённым при спаде напряжения ниже уровня $V_{ZCD(low)}$.
8	PControl	Вывод управления напряжением ККМ. Внутренне соединен с выходом усилителя ошибки. RC-цепь, подключенная к данному выводу, позволит скорректировать обратную связь. Управление коэффициентом заполнения происходит при помощи сравнения напряжения на данном входе со сдвинутым уровнем напряжения на входе РСТ. В стандартных применениях напряжение на входе PControl формируется двумя соединёнными диодом по схеме ИЛИ сигналами: поданным через оптоизолятор сигналом с вторичной стороны и сгенерированным внутренним сигналом. Время проводящего состояния транзистора определяется наименьшим из двух сигнальных напряжений.
9	PCT	Вывод подключения конденсатора, задающего длительность проводящего состояния транзистора ККМ. Подключённый между данным выводом и землёй конденсатор будет заряжаться внутренним источником постоянного тока (среднее значение 270 мкА) до тех пор, пока сдвинутое по уровню напряжение на конденсаторе не достигнет значения $V_{PControl}$. При достижении заданного уровня, транзистор ККМ размыкается и времязадающий конденсатор начинает разряжаться.
10	VCC	Напряжение питания драйвера. Необходимо подключение внешнего конденсатора, обеспечивающего запуск микросхемы при включении. Он же стабилизирует напряжение питания во время работы. В процессе запуска при достижении напряжением на конденсаторе 15,3 В выключается внутренний источник постоянного тока цепи запуска, зарядивший до этого конденсатор. Включение внутреннего источника тока произойдёт при снижении напряжения питания ниже 9,3 В.
11	PGND	Силовая земля.
12	PDRV	Сигнал управления транзистором ККМ. Нагрузочные способности по входу и по выходу ограничены на уровне 60 Ом и 15 Ом, соответственно. Может потребоваться внешний драйвер транзистора.
13	HDRVlo	Сигнал управления нижним транзистором полумоста. Нагрузочные способности по входу и по выходу ограничены на уровне 75 Ом и 15 Ом, соответственно. В некоторых случаях может потребоваться внешний драйвер транзистора.
14	HVS	Вывод подключения истока верхнего транзистора полумоста.
15	HDRVhi	Сигнал управления верхним транзистором полумоста. Нагрузочные способности по входу и по выходу ограничены на уровне 75 Ом и 15 Ом, соответственно. В некоторых случаях может потребоваться внешний драйвер транзистора.
16	HBoost	Напряжение питания драйвера верхнего транзистора полумоста. Данный вывод следует соединять через диод с выводом питания микросхемы VCC.

- уменьшенное число выводов комбинированного драйвера;
- уменьшенное число внешних компонентов;
- переключение при нуле напряжения транзисторов полумоста без необходимости подстройки частоты;
- повышенная эффективность и лучшие тепловые режимы силовых приборов;
- облегченная фильтрация ЭМП за счет фиксированной частоты и облег-

ченного режима работы ключей полумоста;

- более легкое использование синхронного выпрямления;
- упрощение расчета магнитных элементов.

Все перечисленные преимущества позволяют сказать, что комбинированный драйвер может успешно применяться для построения изолированных источников. Следует, однако, учитывать, что динамический диапазон выходных

характеристик может для некоторых требовательных применений оказаться чересчур малым, что обусловлено регулированием выходных параметров источника за счет напряжения ККМ.

Следующая особенность работы комбинированного драйвера связана с временем реакции на изменение выходных величин. В классических двухстадийных схемах разделение системы управления на две позволяет улучшить данный показатель. При этом ККМ имеет ограни-

ченную на уровне около 20 Гц полосу пропускания, в то время как управленческие последующего за ККМ преобразователя может быть оптимизировано для получения крайне малого времени отклика. В источниках питания на базе NCL30051 отсутствует возможность изменения сигналов управления РПП, т.о. динамические характеристики всего источника определяются исключительно корректором коэффициента мощности. Это означает, что такого рода решение нельзя рекомендовать для высокодинамичных нагрузок. Однако для светодиодов и аккумуляторных батарей времени отклика предлагаемого решения будет вполне достаточно.

При создании источника на базе NLC30051 следует также обратить внимание на пульсации выходного напряжения. Пульсации с удвоенной сетевой частотой на выходе ККМ определяются величиной подключенной к нему емкости. При наличии у полумостового преобразователя нескомпенсированной обратной связи пульсации выходного напряжения источника будут пропорциональны пульсациям на выходе ККМ. Данный факт может ограничить использование комбинированного драйвера в ряде случаев. Например, при питании светодиодов, т.к. пульсации напряжения будут вызывать пульсации тока светодиодов, что, в свою очередь, вызовет пульсации светового потока. В настоящее время отечественная нормативная база предъявляет довольно жесткие требования к пульсациям светового потока. Проблему вполне можно решить добавлением импульсного регулятора на вторичную сторону источника.

Еще одна особенность, требующая упоминания, — время задержки выключения. При отключении сетевого напряжения выходное напряжение корректора начинает снижаться. Скорость снижения определяется емкостью конденсатора на выходе ККМ и током нагрузки. При этом пропорционально снижается напряжение на выходе источника. Увеличение емкости на выходе ККМ способствует снижению скорости спада напряжения корректора и увеличению времени задержки выключения, однако данный подход имеет практические ограничения. Поэтому NCL30051 не рекомендуется применять там, где требуется обеспечить значительную временную задержку при неизменном напряжении на выходе устройства.

Развернутое описание работы комбинированного драйвера можно найти в его спецификации [1].

Для подробного исследования режимов работы микросхемы компания ON Semiconductor разработала оценочную плату NCL30051LEDGEVB. На плате реализован 60-ваттный гальванически развязанный источник пита-

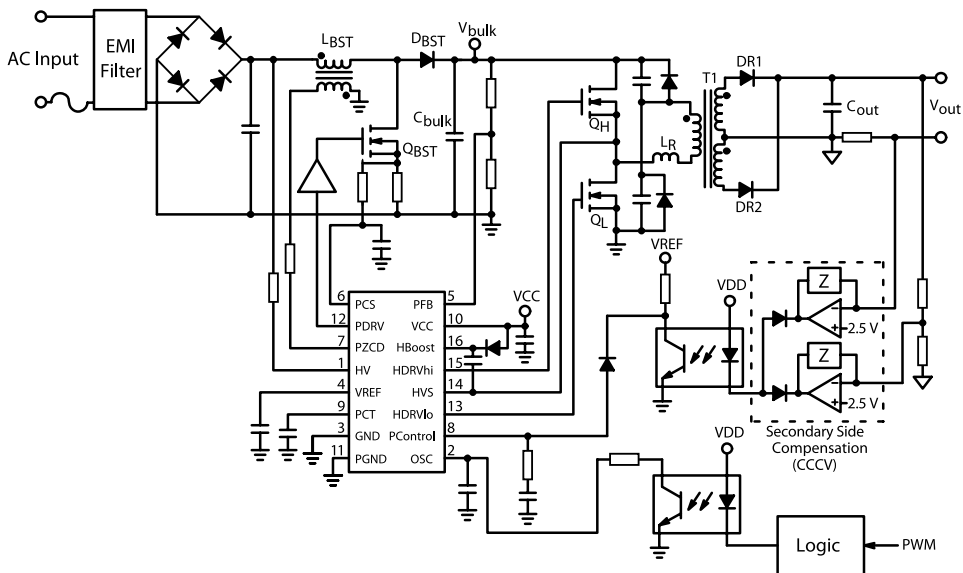


Рис. 2. Типовая схема включения NCL30051

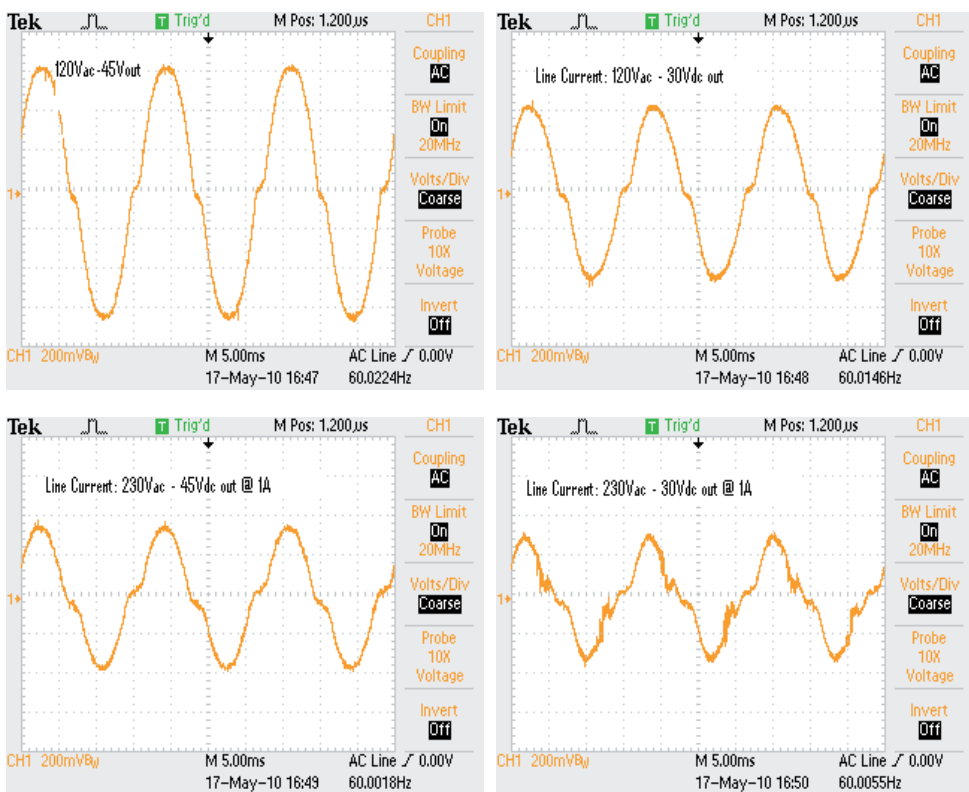


Рис. 3. Потребляемый ток при различных нагрузках и входных напряжениях

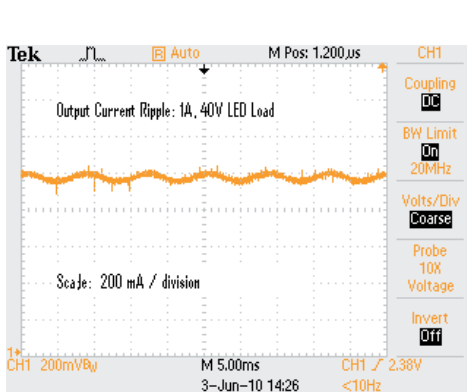


Рис. 4. Пульсации выходного тока

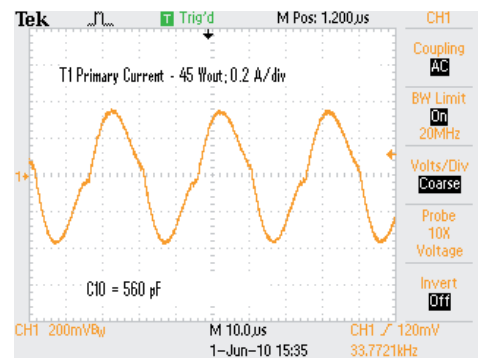


Рис. 5. Ток первичной стороны резонансного полумостового преобразователя

NCL30051 - Datasheet link
Design Requirements

Vin Minimum	<input type="text" value="90"/>	VRMS
Vin Maximum	<input type="text" value="265"/>	VRMS
LED Forward Voltage	<input type="text" value="3"/>	V
LED Current	<input type="text" value="1"/>	A
Minimum LED Peak-to-Peak Ripple Current	<input type="text" value="30"/>	%
Maximum LED Peak-to-Peak Ripple Current	<input type="text" value="40"/>	%
LED Impedance	<input type="text" value="0.5"/>	Ω
# LEDs in Series	<input type="text" value="15"/>	

Generate Design

Рис. 6. Ввод параметров источника

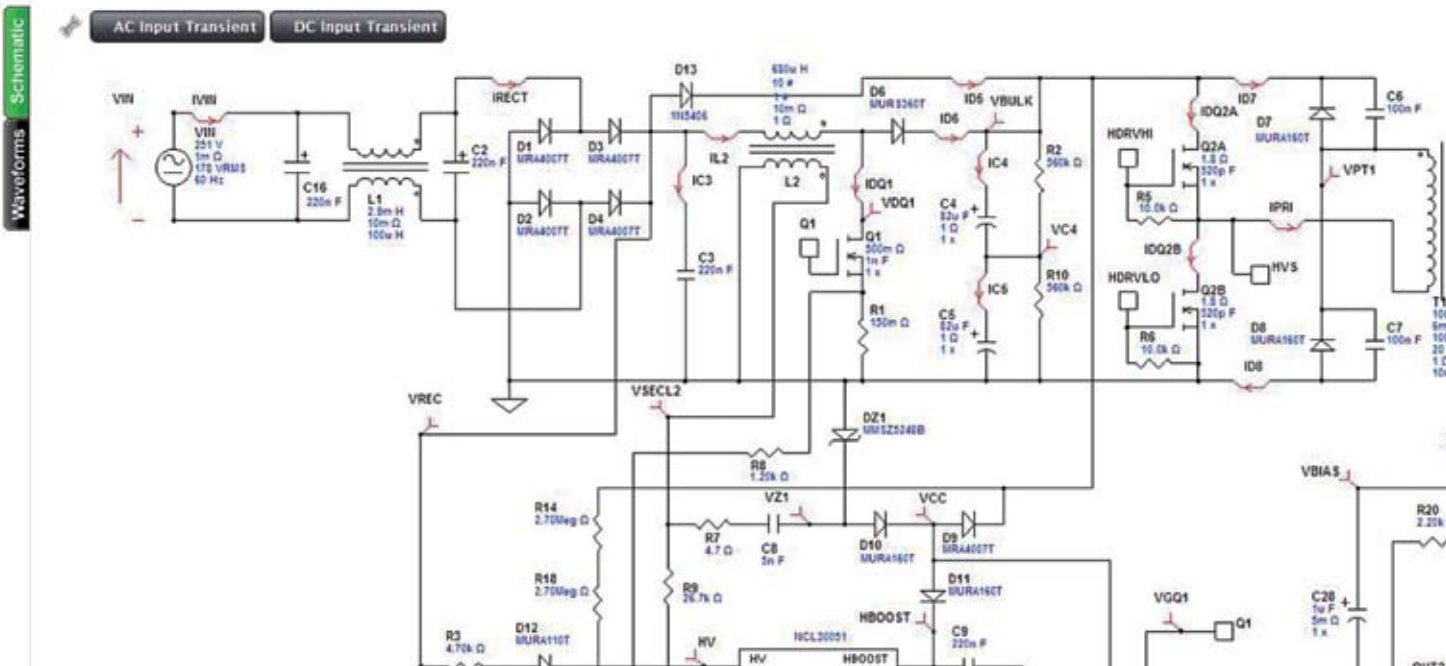
NCL30051


Рис. 7. Внешний вид рассчитанной схемы в окне приложения

таты в масштабируемом графическом виде. Поскольку моделирование производится сервером, а не компьютером пользователя, и поскольку в схеме присутствует ККМ, расчет может занять значительное время (около 5 минут).

Литература

1. PFC and Half-Bridge Resonant Combo Controller for LED Lighting/ On Semiconductor, 2012. URL: http://www.onsemi.com/pub_link/

Collateral/NCL30051-D.PDF (дата обращения: 25.03.2012).

2. NCL30051LEDGEVB Evaluation Board User's Manual/On Semiconductor, 2012. URL: http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/EVBUM2039-D.PDF (дата обращения: 25.03.2012).

3. GreenPoint®Simulation Tool/On Semiconductor, 2012//NCL30051: PFC and Resonant Half Bridge Combo Controller for LED Lighting. URL: <http://www.onsemi.com/PowerSolutions/product.do?id=NCL30051> (дата обращения: 25.03.2012).

ния светодиодов с универсальным входом 90...265 В, выходным напряжением 35...50 В и током до 1,5 А. На рис. 3 представлены осциллограммы сетевого тока в различных режимах работы схемы. Рисунки 4 и 5 демонстрируют пульсации выходного тока и ток первичной стороны РПП. Более подробно познакомиться с характеристиками оценочной платы можно в ее описании [2].

Компания ON Semiconductor разработала интернет-приложение GreenPoint® Simulation Tool [3] для расчета и моделирования работы источников питания, выполненных на базе микросхем собственного производства. Среди предложенных типовых применений существует и реализованное на оценочной плате. Помимо прочего, имеется информационное письмо DN05015/D [4], в котором описана эта же схема. Приложение позволяет задать основные параметры источника (рис. 6) и сгенерировать на их основе готовое решение с рассчитанными элементами (рис. 7). Помимо непосредственного расчета элементов, приложение позволяет также симулировать работу схемы и представлять резуль-

do?id=NCL30051 (дата обращения: 25.03.2012).

4. Design Note — DN05015/D/ On Semiconductor, 2012. URL: http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/DN05015-D.PDF (дата обращения: 25.03.2012).

**Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru**