

Микросхемы драйверов для электронных балластов люминесцентных ламп (применение, проблемы и решения)

Игорь Безверхний (г. Киев, Украина)

Люминесцентные лампы, которые по старой привычке не совсем точно принято называть «лампами дневного света» (ЛДС), широко применяются более полувека, но только в последние десять лет в схемах управления ими (балластах) начали активно применять специализированные микросхемы. Об особенностях, схемах включения, корпусах и цоколёвке этих микросхем и идёт речь в настоящей статье.

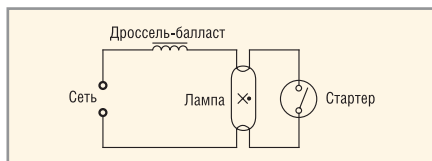


Рис. 1. Типовая схема включения люминесцентной лампы с дросселем в качестве балласта и стартером

С момента изобретения люминесцентной лампы на протяжении десятилетий для её поджига и поддержания устойчивого свечения в основном использовали стартер и дроссель (рис. 1). Главный недостаток такого балласта – большие габариты и вес дросселя.

Стартер в этой схеме необходим для того, чтобы в момент включения, пока лампа холодная и в её баллоне практически нет свободных носителей заряда, обеспечить условия, необходимые для поджига лампы. Во-первых, это получение тока через нити накала лампы, а во-вторых, накопление энергии в сердечнике дросселя. В установившемся режиме дроссель-балласт ограничивает ток и напряжение на лампе. Долговечность люминесцентной лампы зависит не только от её качества, но и от качества стартера и правильно подобранной индуктивности дросселя. Срок службы лампы сокращается при недостаточной индуктивности дросселя, а также в том случае, если при включении она несколько раз «моргает» (в технической литературе этот дефект называется по-спортивному – «фальш-старт»).

Ещё один недостаток такого включения люминесцентной лампы – это

мерцание с частотой 100 Гц. Большинство людей его не замечает, но все же оно повышает утомляемость зрения.

Электронные балласты заставляют работать люминесцентные лампы на значительно более высоких частотах, при которых не происходит деионизации газа в баллоне, т.к. этот процесс имеет инерционность. Это значит, что лампа с электронным балластом работает без мерцаний.

До последнего времени традиционная схема включения люминесцентной лампы имела одно достоинство – небольшую себестоимость. Однако, поскольку цены на микросхемы для электронных балластов снижаются, а себестоимость моточных изделий возрастает, говорить о перспективности применения низкочастотных дросселей в качестве балласта не приходится. Справедливости ради следует отметить, что даже самый современный электронный балласт не обходится без балластного дросселя. Правда, по-

скольку высокочастотный балласт рассчитан на рабочие частоты 12...50 кГц и выше, индуктивность, габариты и цена такого дросселя невелики.

Одним из первых и, пожалуй, самым популярным производителем микросхем для электронных балластов стала фирма International Rectifier. Выпускают ИС для балластов и другие производители – Unitrode, STMicroelectronics и Motorola. Первое поколение ИС, широко применяемых в электронных балластах, – это серия шестывыводных микросхем IR2151...IR2155 фирмы International Rectifier и их аналоги L6569, L6571 (STMicroelectronics) и MC2151 (Motorola). Эти микросхемы рассчитаны на управление полумостовой схемой на высоковольтных МДП-транзисторах с n-каналом, например, IRF720 или IRF730.

Функциональная схема микросхем IR2151...IR2155 фирмы International Rectifier изображена на рис. 2.

Левая часть микросхемы (по функциональной схеме) представляет собой генератор – полный аналог популярного таймера 555, а правая – драйвер управления высоковольтными МДП-транзисторами.

Микросхемы изготавливаются в корпусах PDIP-8 и SO8 (SOIC-8). Обозначение и назначение выводов этих микросхем сведено в таблицу 1.

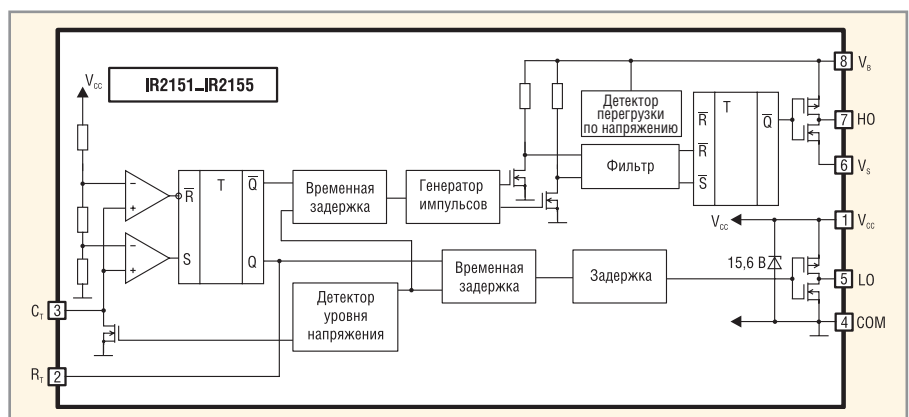


Рис. 2. Функциональная схема микросхем IR2151...IR2155 фирмы International Rectifier

Принципиальная схема балласта на микросхемах IR2151...IR2155 и их аналогах приведена на рис. 3.

Назначение деталей схемы рис. 3:

- C1, L1, C2 – цепь помехозащиты;
- D1...D4 – мостовой диодный выпрямитель;
- R1 – резистор, ограничивающий ток моста в момент поджига лампы;
- C3 – накопительный конденсатор фильтра питания;
- C4, R2 – фильтр низковольтного напряжения питания;
- R3, C5 – времязадающая цепь;
- R4, R5 – ограничивающие резисторы в цепи затворов выходных транзисторов;
- D5, C6 – цепь вольтодобавки;
- R6, C8 – RC-цепь (snubber – демпфирующая цепь), увеличивающая время переключения, за счёт чего происходит защита от «защёлкивания», т.е. от срабатывания паразитного тиристора, который образуется в МДП-структурах при изготовлении;
- C7 – разделительный конденсатор;
- L2 – дроссель высокочастотного балласта;
- C9 и позистор RV1 – схема поджига (вместо стартера).

Если один транзистор в двухтактной импульсной схеме открыт, то другой должен быть заперт. В противном случае транзисторы будут пробиты так называемым сквозным током. Для предотвращения этого явления в микросхеме предусмотрена специальная задержка открывающих сигналов на затворах выходных транзисторов на 1,25 мкс. Эта задержка в англоязычной литературе называется DEAD TIME.

Разберёмся, как работает цепь вольтодобавки (бутстрепная схема). Когда верхний транзистор Q1 (см. рис. 3) заперт, а нижний Q2 открыт, конденсатор вольтодобавки C6 заряжается через диод D5 от источника V_{CC}. Когда верхний транзистор Q1 откроется, а нижний Q2 закроется, верхний драйвер микросхемы будет питаться повышенным напряжением с конденсатора C6. Следует заметить, что микросхемы I6569, IR2153D и IR21531D имеют встроенный бутстрепный диод.

Микросхемы IR2151 и IR2152 фирма-производитель считает устаревшими и рекомендует в новых изделиях применять IR2153 (IR21531) и IR2154 (IR21541) соответственно.

В гибридных микросхемах серии IR51xxxx драйвер объединён с вы-

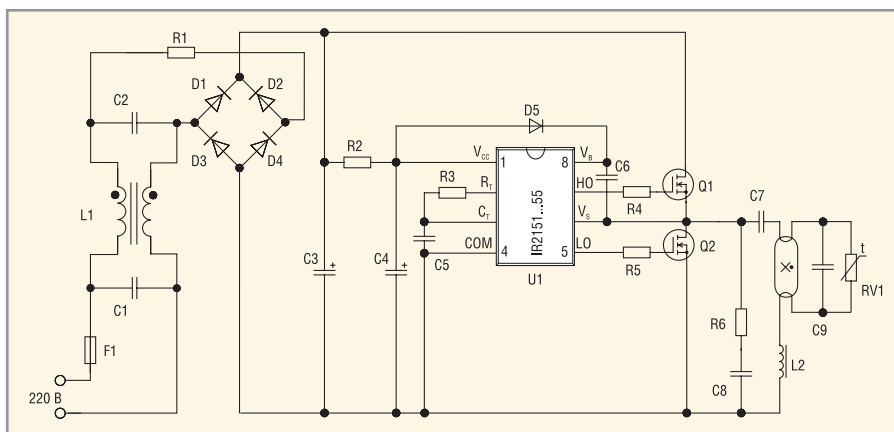


Рис. 3. Принципиальная схема электронного балласта на микросхемах IR2151...IR2155

ходными высоковольтными МДП-транзисторами. В эту серию входит несколько микросхем: IR51H214, IR51H224, IR51H737, IR51H310, IR51H320, IR51H420. Первые три из них малоинтересны отечественному специалисту, т.к. рассчитаны на рабо-

ту от сети 110 В. Основные параметры остальных сведены в таблицу 2.

Микросхемы серии IR51xxxx изготавливаются в пластиковом корпусе с 9 выводами, расположенными с одной стороны (SIP-9), при этом выводы 5 и 8 отсутствуют. Сокращённые обозначения

Таблица 1. Сокращённое обозначение и назначение выводов микросхем IR2151...IR2155 и их аналогов (STMicroelectronics)

№ вывода	Обозначение		Назначение
	IR	STM	
1	V _{CC}	V _S	Напряжение питания (нижнего драйвера)
2	R _T	R _F	Резистор времязадающей цепи
3	C _T	C _F	Конденсатор времязадающей цепи
4	COM	GND	Корпус (общий вывод нижнего драйвера)
5	LO	LVG	Вывод нижнего драйвера
6	V _S	OUT	Общий вывод верхнего драйвера
7	HO	HVG	Вывод верхнего драйвера
8	V _B	BOOT	«Плавающее» (floating) напряжение питания верхнего драйвера. Получено с помощью схемы вольтодобавки (bootstrap)

Таблица 2. Основные параметры микросхем серии IR51xxxx

Тип микросхемы	Максимальное напряжение, В	R _{ds(on)} , при 25°C, Ом	Применение (сеть/мощность)
IR51H310	400	3,6	~220 В/5...15 Вт
IR51H320	400	1,8	~220 В/15...25 Вт
IR51H420	500	3,0	~220 В/10...20 Вт

Таблица 3. Назначение выводов микросхем серии IR51Hxxxx

№ вывода	Обозначение	Назначение
1	V _{CC}	Напряжение питания логики и нижнего драйвера
2	R _T	Резистор времязадающей цепи
3	C _T	Конденсатор времязадающей цепи
4	COM	Корпус (общий вывод) логики и нижнего драйвера
5	–	Отсутствует
6	V _B	«Плавающее» (floating) напряжение питания верхнего драйвера. Получено с помощью схемы вольтодобавки (bootstrap)
7	V _O	Выход полумоста
8	–	Отсутствует
9	V _{IN}	Высокое напряжение питания

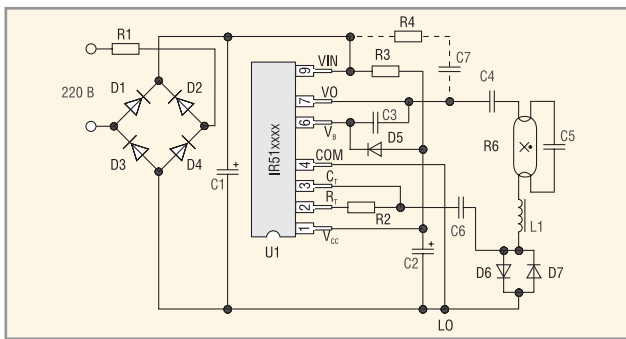


Рис. 4. Принципиальная схема электронного балласта на микросхемах семейства IR51xxx

ния и назначение выводов микросхем этой серии сгруппированы в таблицу 3, принципиальная схема электронного балласта на одной из этих микросхем показана на рис. 4, а типы и номиналы

который создаёт на этих диодах, как на стабилаторах, ограниченное по амплитуде переменное падение напряжения. Оно приложено через C6 к выводу 3 микросхемы, что синхронизирует ра-

деталей перечислены в таблице 4.

Де м п ф и р у ю щ а я цепь (snubber) R4C7, показанная в схеме на рис. 4 пунктиром, может не устанавливаться. Через диоды D6, D7, включенные встречно-параллельно и подключенные последовательно с дросселем L1, протекает ток люминесцентной лампы, ко-

боту внутреннего генератора микросхемы в разных режимах. Его частота и фаза в некоторой степени определяют параметры контура C5L1. Это повышает надёжность зажигания лампы и стабильность её работы в разных режимах, а также позволяет устанавливать в схему детали с большим разбросом номиналов и обеспечивать оптимальную работу лампы при старении. Всё это позволяет создавать на базе микросхем серии IR51xxx надёжные малогабаритные электронные балласты для питания люминесцентных ламп.

Следует отметить, что микросхемы IR51NDxxx имеют встроенный бутстрепный диод. При применении этих микросхем диод D5 можно не устанавливать.

Кроме того, фирма International Rectifier производит микросхемы серии IR53xxxx, которые рекомендуются для установки в новые изделия вместо IR51xxx. Микросхемы этой серии содержат драйвер IR2153 с выходным полумостом на высоковольтных МДП-транзисторах.

Другое направление развития микросхем для электронных балластов – улучшение качественных показателей и долговечности работы люминесцентных ламп.

Электронные балласты, как и импульсные источники питания, создают в питающей сети повышенный уровень высокочастотных помех. Поскольку стандарты МЭК IEC 555-2 [1] и более поздний IEC 1000-3-2 жёстко регламентируют уровень высших гармоник потребляемого из сети тока, разработчик вынужден применять специальные меры для их уменьшения. Простейшая из них хорошо известна – это использование помехозащитных цепей на входе (см. рис. 3). В некоторых случаях для выполнения требований стандарта IEC 1000-3-2 применяют специальное устройство, которое называют корректором коэффициента мощности (PFC – power factor correction).

Корректор коэффициента мощности (ККМ) устанавливается между выходом выпрямительного моста и накопительным конденсатором на входе фильтра питания. Наличие хорошего ККМ и сетевого фильтра может обеспечить повышение коэффициента мощности со значения 0,6...0,7 практически до единицы.

Для большинства применений электронный балласт выдаёт в нагрузку по-

Таблица 4. Назначение деталей электронного балласта (см. рис. 4), типы и номиналы деталей

Номера деталей	Назначение	Мощность лампы, Вт				
		13	16	18	22	26
D1...D4	Мостовой диодный выпрямитель	4 × 1N4007				
R1	Ограничивает ток моста в момент поджига лампы	10 Ом, 1 Вт				
C1	Накопительный конденсатор фильтра питания	10 мкФ × 450 В				
R3	Фильтр низковольтного напряжения питания	91 кОм, 0,5 Вт				
C2		22 мкФ × 25 В				
R2	Времязадающая цепь	9,9 кОм	12,6 кОм	9,6 кОм	13,8 кОм	17,3 кОм
C6		1000 пФ				
D5	Цепь вольтодобавки (бустрепная цепь)	1N4007				
C3		0,1 мкФ				
R4	Демпфирующая цепь (snubber)	10 Ом				
C7		1000 пФ				
C4	Разделительный конденсатор	0,1 мкФ × 200 В				
L1	Дроссель высокочастотного балласта	2,56 мГн		1,85 мГн		
C5	Конденсатор поджига	0,1 мкФ × 300 В (полипропеленовый)				
D6, D7	Ограничительные диоды цепи синхронизации	2 × 1N4007				
Рабочая частота		40 кГц	36 кГц	43 кГц	33 кГц	27 кГц

Таблица 5. Параметры и особенности современных ИС International Rectifier для электронных балластов люминесцентных ламп

Тип ИС	Корпус	Применение	V _{offset} , В	I _{вых (source)} , мА	I _{вых (sink)} , мА	V _{CC} , В	V _{вых min} , В	V _{вых max} , В
IR2156	DIP-14	Для компактных люминесцентных ламп	600	250	400	10...25	10	25
IR2156S	SOIC-16N							
IR21571	DIP-16	Для линейных люминесцентных ламп						
IR21571S	SOIC-16N							
IR2159	DIP-16	Диммеры						
IR2159S	SOIC-16N							
IR21591	DIP-16							
IR21591S	SOIC-16N							
IR21592	DIP-16							
IR21592S	SOIC-16N							
IR2166	DIP-16	С ККМ для компактных люминесцентных ламп						
IR2166S	SOIC-16N							
IR2167	DIP-20							
IR2167S	SOIC-20							

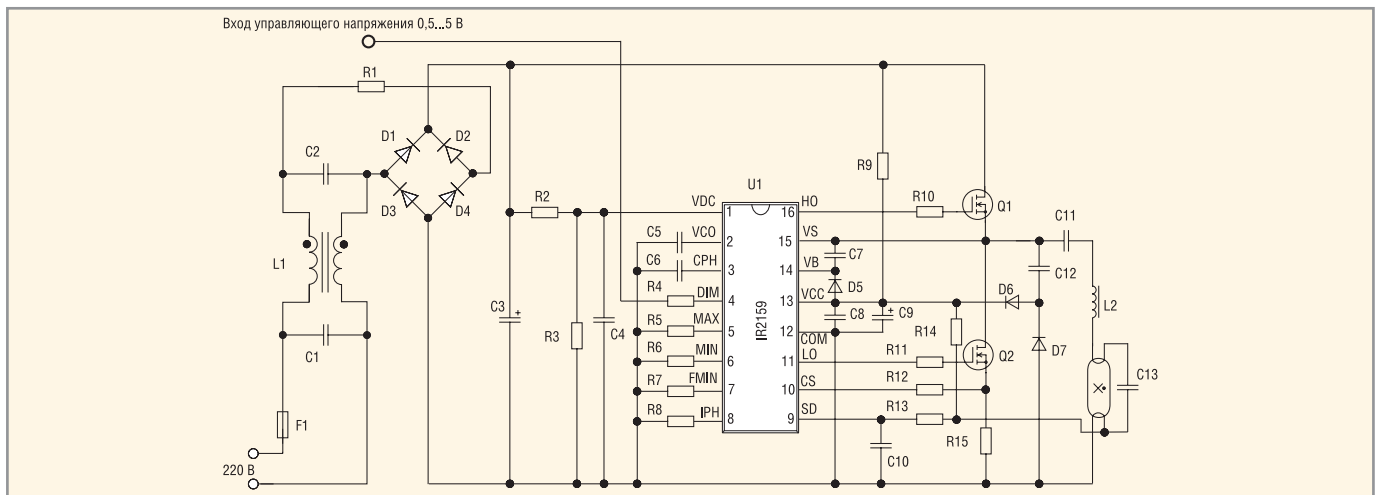


Рис. 5. Принципиальная схема электронного балласта на микросхемах IR2159(S), IR21591(S), IR21592(S)

стоянную мощность, но существуют и балласты с управляемой мощностью на лампе. Их называют диммерами, а сам процесс изменения мощности люминесцентной лампы – диммингом.

В таблицу 5 сведены особенности и основные параметры новых микросхем фирмы International Rectifier для электронных балластов люминесцентных ламп. Некоторые из таких балластов содержат ККМ, а микросхема IR2159 и её модификации – это диммеры.

Микросхемы, перечисленные в таблице 5, – продукт дальнейшей модернизации микросхем IR2151...IR2155.

Очень интересны микросхемы IR2159(S), IR21591(S) и IR21592(S). Они имеют ряд особенностей, которые есть не у всех других микросхем:

- объединение в одной микросхеме функций контроллера и драйвера полумоста;

- бестрансформаторный метод контроля мощности лампы;
- управление выходной мощностью;
- управление током подогрева;
- программирование (установка) времени подогрева;
- программирование (установка) тока подогрева;
- программирование (установка) времени перехода от поджига к диммингу;
- высокая линейность регулирования мощности на лампе;
- диапазон регулирования мощности на лампе от 1% до максимума;
- устойчивый поджиг и переход в димминг при любом уровне мощности на лампе;
- программирование ограничения минимальной и максимальной мощности на лампе для исключения возможных аварийных ситуаций

ций при потере управляющего сигнала;

- высокая помехоустойчивость за счёт подавления шумов переключения;
- полная защита лампы и электронного балласта.

Программирование (установка параметров) микросхемы осуществляется выбором номиналов ряда навесных элементов.

Назначение выводов микросхем IR2159(S), IR21591(S), IR21592(S) указано в таблице 6, а принципиальная схема электронного балласта на этих микросхемах изображена на рис. 5.

Назначение деталей и основные принципы работы этой схемы должны быть понятны из объяснения предыдущих схем, а назначения выводов микросхемы – из таблицы 6.

К сожалению, объём журнальной статьи не позволяет рассказать о других микросхемах для электронных балластов люминесцентных ламп, таких как MC33157DW (Motorola), L6574 (STMicroelectronics), UC3871, UC3872 (Unitrode) и др.

В заключение хочу заметить, что на сайте фирмы International Rectifier [2] можно найти не только много полезной информации по теме настоящей статьи, но и последнюю версию бесплатного программного обеспечения Ballast Designer для разработки электронных балластов на микросхемах этой фирмы.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEC 555-2. 1982. Disturbances in supply systems caused by household appliances and similar electrical equipment. Part 2: Harmonics (Amendment #2; 1988).
2. www.irf.com.

Таблица 6. Назначение выводов микросхем IR2159(S), IR21591(S), IR21592(S)

№ вывода	Обозначение	Назначение
1	V _{DC}	Вход контроля шины постоянного тока
2	V _{CO}	Вход генератора, управляемого напряжением
3	C _{PH}	Цель времязадающего конденсатора подогрева
4	DIM	Вход управления диммингом (0,5...5 В)
5	MAX	Установка максимальной мощности на лампе
6	MIN	Установка минимальной мощности на лампе
7	F _{MIN}	Установка минимальной частоты
8	I _{PH}	Эталонное значение пикового тока подогрева
9	SD	Вход выключения
10	CS	Вход контроля тока
11	LO	Выход нижнего драйвера
12	COM	Силовая и сигнальная общие точки ИС
13	V _{CC}	Питание логики и нижнего драйвера
14	V _B	Плавающее питание верхнего драйвера
15	V _S	Общий вывод высоковольтной части
16	HO	Выход верхнего драйвера