



ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ NEC

Сегодня микроконтроллеры все чаще применяются там, где раньше использовались только специализированные микросхемы. Специализированные микроконтроллеры позволяют добавить новые потребительские свойства пускорегулирующему устройству. Это удается благодаря развитой периферии аппаратной и программной реализации различных функций, которые раньше выполнялись на дискретных элементах или вообще отсутствовали. Простая реализация димминга – управления большим числом светильников с одного пульта – дает балласту на микроконтроллере 78K0/Ix2 неоспоримые преимущества по сравнению с балластами на дискретных компонентах.

ЭЛЕКТРОННЫЙ БАЛЛАСТ

Традиционная система электропитания лампы от сети переменного напряжения 220 В, 50 Гц содержит токоограничивающий реактор, последовательно включенный с лампой, а также устройство, формирующее высоковольтные импульсы для зажигания разряда [1]. С традиционными электромагнитными пускорегулирующими аппаратами (ПРА) связаны следующие проблемы: мерцание от сети 50 Гц; нестабильность мощности и светового потока лампы при колебаниях сетевого напряжения; низкий коэффициент мощности; большие масса и габариты самого ПРА и необходимость в дополнительном конденсаторе призванном улучшить коэффициента мощности; отсутствие возможности управления светом. Эти недостатки устраняются, если для питания флуоресцентных ламп применяют электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА). ЭПРА позволяют также повысить срок службы лампы; увеличить светоотдачу и, соответственно, уменьшить энергопотребление; обеспечить комфортную освещенность.

Они также могут конкурировать по стоимости с традиционными балластами, поскольку более высокая начальная цена компенсируется большим сроком службы и меньшими затратами на обслуживание осветительных установок. Поэтому электронные балласты – ЭПРА – вызывают повышенный

С.Алимов
Sergey.dlimov@eltech.spb.ru

интерес у организаций, занимающихся вопросами городского освещения и тепличных хозяйств.

Схема электронного балласта на базе микроконтроллера NEC Electronics 78K0/Ix2 (рис.1) имеет в своем составе корректор коэффициента мощности (ККМ, или PFC – Power Factor Corrector), инвертор, схемы защиты лампы, интерфейс управления.

Рассмотрим, как реализуется каждый из перечисленных узлов ЭПРА при использовании специализированного микроконтроллера 78K0/Ix2.

КОРРЕКТОР КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ (ККМ)

По европейским стандартам электромагнитной совместимости (ЭМС) все импульсные источники питания мощностью более 18 Вт должны иметь корректор коэффициента мощности. Для максимального снижения электромагнитных помех в сети питания ККМ на микроконтроллере 78K0/Ix2 реализует так называемый режим критической проводимости (critical conduction mode, CRM), который дает наименьший шум переключения.

Пример аппаратной и программной реализации корректора на микроконтроллере 78K0/Ix2 приведен на рис.2. Необходимо отметить, что после инициализации таймера и запуска корректора дальнейшая его работа проходит в полностью автономном режиме без участия процессорного ядра.

В этой схеме задействованы выводы ККМ output TOX00, детектор нулевого тока CMP2+ и вход контроля выходного напряжения ANI0. Вывод контроля входного напряжения ANI6 показан пунктирной линией, потому что его применяют опционально и лишь в том случае, если входное напряжение меняется в широких пределах.

ККМ генерирует форму тока, показанную на рис.3. Если выход TOX00 включен, то $I_{вкл}$ эквивалентен $U_{вх}/L$, умноженному на $t_{вкл}$. Поэтому при фиксированном времени $t_{вкл}$, $I_{вкл}$ будет пропорционален $U_{вх}$, и форма пиков ($I_{пик}$) тока $I_{вкл}$ будет синфазна входному напряжению. Так как форма тока – треугольник, то среднее значение $I_{ср}$ будет равно $I_{пик}/2$ и пропорционально $U_{вх}$. Таким образом, форма среднего тока и питающего напряжения будут синфазны и синусоидальны. Коэффициент мощности составит около 100%.

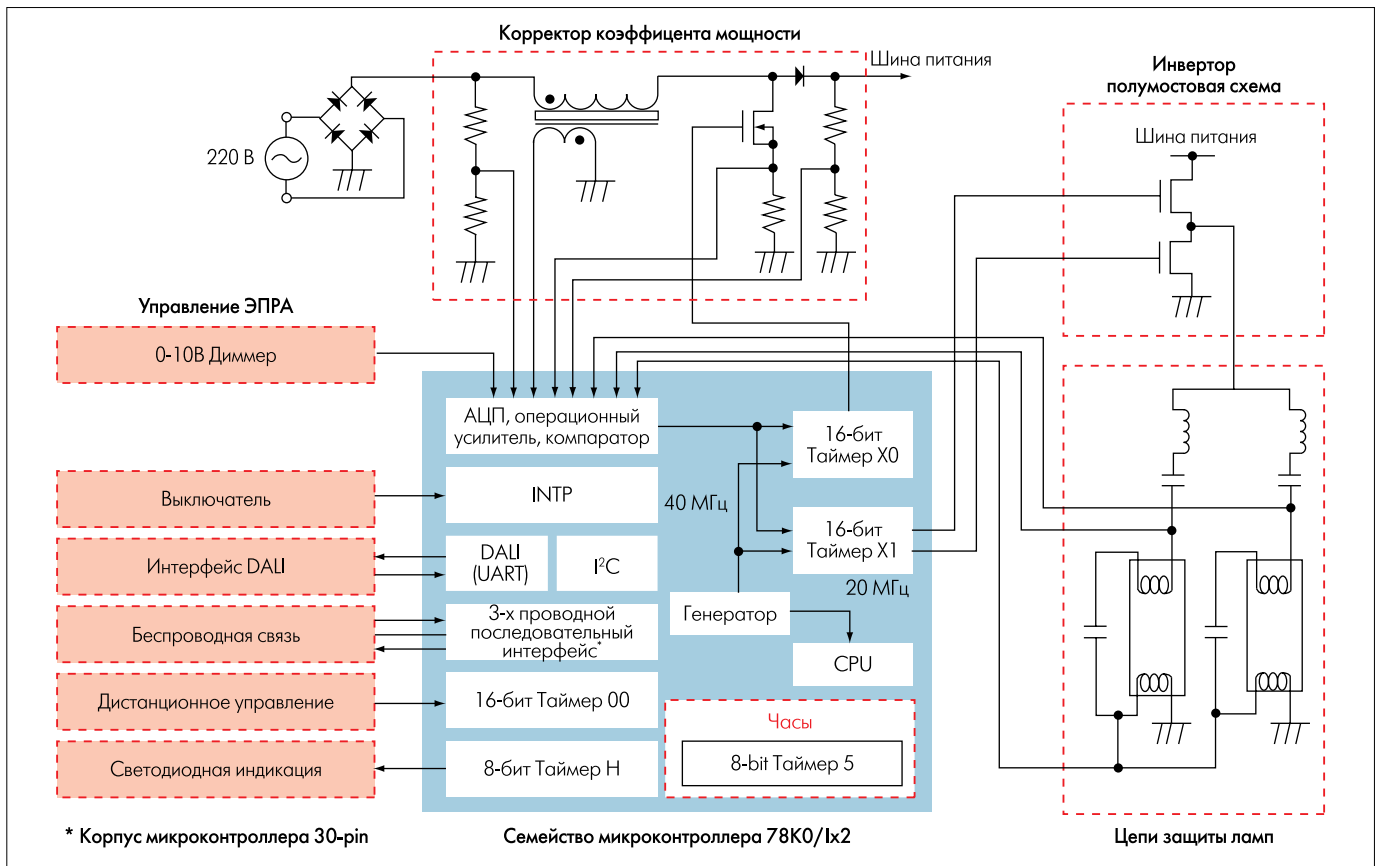


Рис. 1. ЭПРА на микроконтроллере 78K0/Ix2

Надо отметить, что на рис.2 приведена упрощенная блок-схема балласта с использованием контроллера 78K0/Ix2.

Для работы ККМ требуется (см. рис.1) один 16-разрядный ШИМ-таймер (выход управления силовым транзистором ККМ), один канал компаратора (детектор нулевого тока), АЦП (контроль выходного напряжения).

Особенность работы 16-разрядного таймера X0 – наличие встроенного компаратора, который автоматически включает выход ККМ, когда ток становится равным нулю. Работа ШИМ-таймера X0 на частоте 40 МГц позволяет управлять ККМ с дискретностью 25 нс. Время, в течение которого таймер включен, можно менять, не останавливая прибор.

Начало работы корректора коэффициента мощности иллюстрирует рис.4:

- <1> Запуск внутренних компараторов;
- <2> Таймер корректора запущен;
- <3> Выход таймера X0 установлен в режим входа. Такой режим переводит выход таймера в Z-состояние и, таким образом, выключает внешний MOSFET-транзистор;
- <4> Установка «по умолчанию». Выход таймера имеет высокий уровень;
- <5> Запуск 16-разрядного таймера;
- <6> Выход таймера X0 установлен в режим выхода. Выход переходит из Z-состояния в активный режим;
- <7> До тех пор пока ток ненулевой, выход ККМ работает с постоянным периодом, используя регистр сравнения

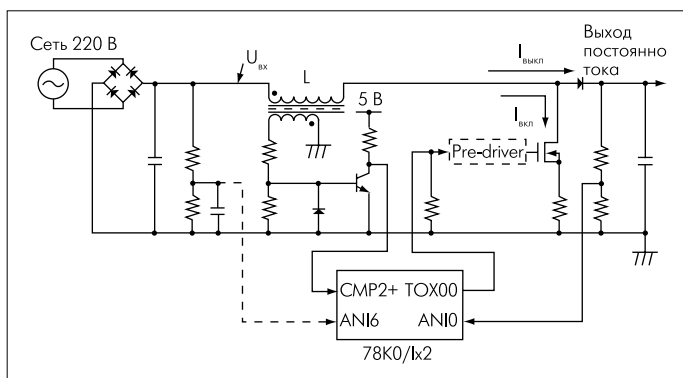


Рис.2. Реализация ККМ на микроконтроллере

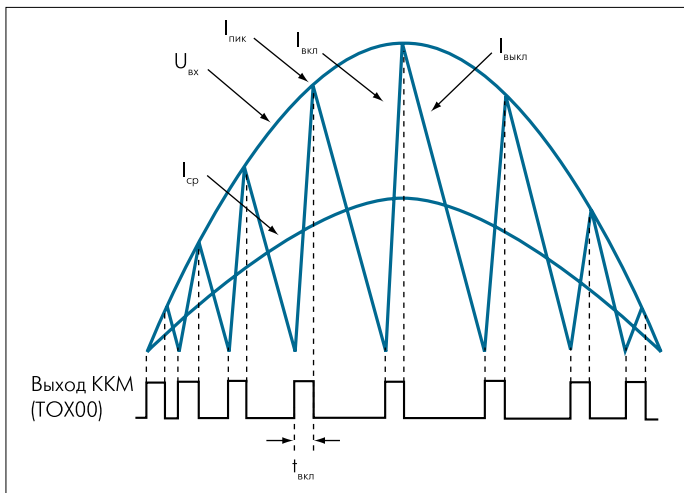


Рис.3. Форма тока, генерируемая с помощью 78K0/1x2

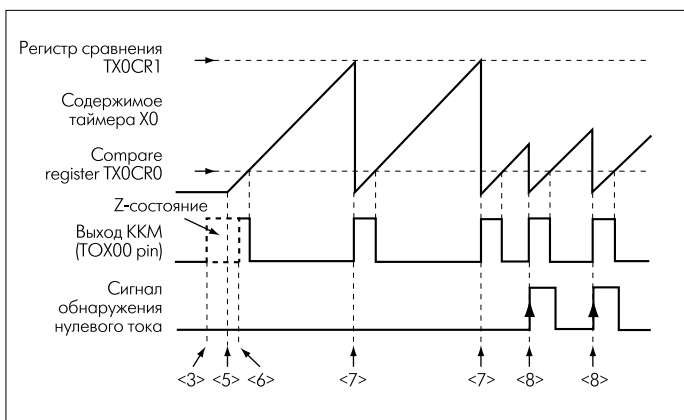


Рис.4. Формы сигналов при запуске ККМ

TX0CR1 соответственно, а MOSFET-транзистор открывается на постоянный период времени;

<8> Когда обнаружен нулевой ток, выход ККМ запускается и MOSFET-транзистор открывается на постоянный период.

После запуска ККМ, в период времени <6>, таймер перезапускается до того времени, пока не обнаружен нулевой ток. Когда нулевой ток обнаружен, ККМ немедленно перезапускается аппаратно без программной обработки. Таким образом, нет задержки в случае, если процессор занят другой задачей.

КОНТРОЛЬ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ККМ

Контроль выходного напряжения корректора коэффициента мощности необходим, так как нагрузкой корректора является цепь инвертора и лампы, ток которых может меняться в широких пределах (например, при запуске или при регулировке яркости).

Для контроля и регулирования выходного напряжения используется АЦП.

Выходное напряжение можно менять, вычисляя его среднее значение выходного напряжения и изменяя скважность работы ККМ, например, в каждой полуволне питающего напряжения (10 мс, 50 Гц). Период времени, в течение которого можно управлять TOX00, составляет 25 нс, поэтому выходное на-

пряжение может быть установлено очень точно. Это объясняется тем, что таймер работает на частоте 40 МГц и управляется с разрядностью 16 бит. На рис.5 показано, как происходит контроль и регулировка выходного напряжения:

- <1> Обнаружено, что среднее значение ANIO минимально допустимое и продолжает уменьшаться. Значение регистра сравнения TX0CR0 увеличивается на единицу (программно добавляется 25 нс);
- <2> Наличие нулевого тока, немаскируемое прерывание (INTCMP2);
- <3> Значение длительности импульса (TX0CR1) перезаписывается или записывается такое же значение сразу после детектирования нулевого тока;
- <4> Прерывание, вызванное нулевым током (INTCMP2), маскируемое;
- <5> Время включенного состояния выхода ККМ обновлено до того момента, пока не определено следующее нулевое значение тока.

В результате на выходе ККМ мы получаем постоянное стабилизированное напряжение. Но напряжение питания лампы значительно различается в зависимости от режима работы. При "поджиге" необходим высоковольтный импульс. При установленном режиме работы напряжение должно быть гораздо ниже начального. А так как люминесцентная лампа – это нелинейный элемент с отрицательным динамическим сопротивлением, то, чтобы она не выходила из строя, напряжение и ток через нее должны быть стабилизированы.

Для обеспечения правильной работы лампы применяется инвертор, выполненный по схеме полумостового драйвера.

ПОЛУМОСТОВОЙ ИНВЕРТОР ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ

Для работы полумостового драйвера с использованием микроконтроллера 78K0/1x2 необходимы два вывода – вывод (TOX10) для драйвера нижнего плеча и вывод (TOX11) для драйвера нижнего плеча. Пример полумостовой схемы приведен на рис.6.

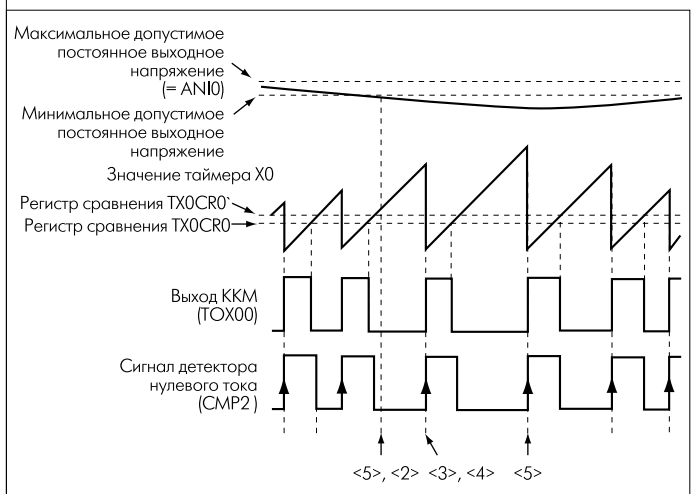


Рис.5. Пример контроля выходного напряжения ККМ

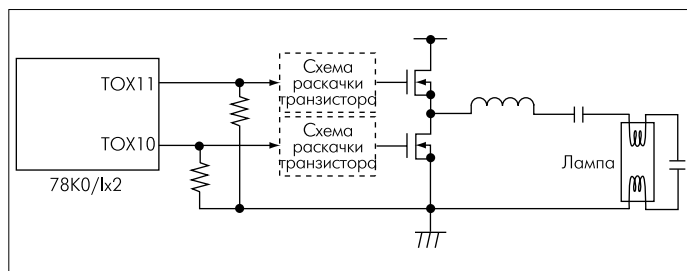


Рис.6. Схема полумостового драйвера

Формы сигналов, генерируемых для такой схемы включения, приведены на рис.7.

Силовые MOSFET-транзисторы верхнего и нижнего плеча попеременно включаются и выключаются. Причем в этом алгоритме есть так называемое «мертвое время» (dead time), когда оба транзистора закрыты. Такой режим исключает возможность протекания сквозных токов через мост и предотвращает повреждение ключей.

Программная реализация ККМ и полумостового драйвера достаточно проста – большинство процедур выполняются аппаратно и требуют только начальной инициализации.

У балластов, собранных на дискретных элементах, есть определенные проблемы с сервисными функциями, такими как защита лампы и схемы балласта при нештатных режимах работы, дистанционное управление яркостью свечения.

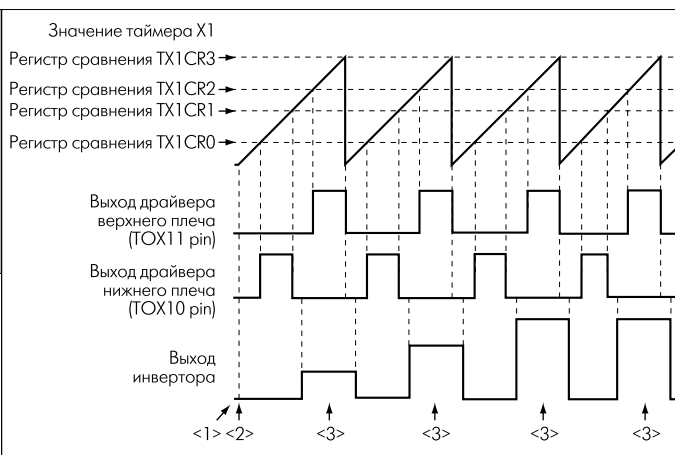


Рис.7. Формы сигналов при запуске полумостового драйвера

ЦЕПИ ЗАЩИТЫ

Корректор коэффициента мощности и полумостовой драйвер могут быть остановлены в случае перенапряжения или перегрузки по току, которые возникают, например, при установке и снятии лампы. Процесс остановки таймеров происходит аппаратно и поэтому он не зависит от текущей загрузки процессора.

Примерная схема ККМ и полумостового драйвера показана на рис.8. При такой схеме включения корректор и полумостовой драйвер включаются сразу после обнаружения перегрузки по току силового транзистора ККМ.

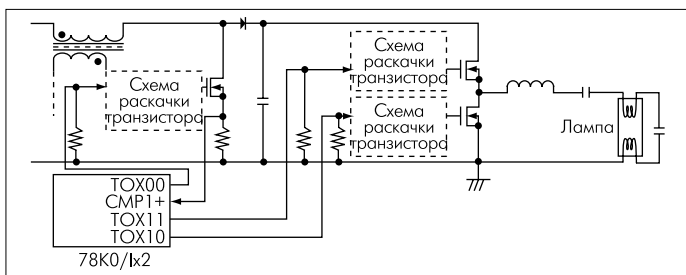


Рис.8. Защита силового транзистора ККМ от перегрузки по току

При превышении определенного порога срабатывает компаратор CMP1 и генерирует прерывание INTCMP1, по которому выходы таймеров X0 и X1 переводятся в Z-состояние (рис.9). Силовые транзисторы закрываются, и таким образом предотвращается повреждение схемы.

Важной потребительской функцией современного балласта является возможность дистанционного или автоматического управления яркостью светильника или группы светильников.

Еще совсем недавно управлять яркостью (димминг) флуоресцентных ламп было невозможно, однако появление более современной электронной базы позволило решить эту проблему. В случае микроконтроллеров это доступно как путем управления от обычного переменного сопротивления, так и с помощью дистанционных систем управления светом, такие, как ZigBee или DALI. Рассмотрим реализацию протокола обмена информацией DALI, поддержка которого предусмотрена в 78K0/Ix2.

ИНТЕРФЕЙС DALI

Интерфейс DALI (Digital Addressable Lighting Interface) – это стандартный протокол для управления системами освещения. Этот протокол базируется на международных стандартах и является открытым.

Основной областью применения протокола DALI является управление массивами флуоресцентных или светодиодных светильников.

Стандарт позволяет адресовать до 16 групп по 64 устройства в полудуплексном режиме между одним ведущим и множеством ведомых устройств. Специальные DALI команды

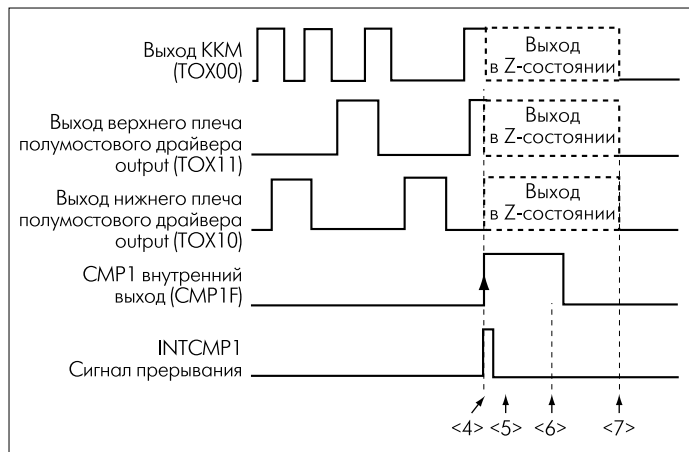


Рис.9. Временные диаграммы работы схемы защиты транзистора ККМ

используют 8-бит димминг, возможность сохранения определенного уровня яркости, а также другие функции, необходимые для управления системами освещения. Скорость обмена между устройствами составляет 1200 Гц ±10%.

Программная реализация интерфейса DALI подробно описана в [2].

РАЗРАБОТКА ЭПРА

При разработке ЭПРА за основу можно взять готовое решение [2,3], имеется также все необходимое программное обеспечение: ассемблер, С-компилятор, отладчик, конфигурирование периферии.

Особо следует отметить конфигурирование периферии, который представляет собой оболочку, дающую возможность сконфигурировать периферийные устройства микроконтроллера. Используя этот набор программных средств, можно получить исполняемый файл для балласта, даже не зная языков Си и ассемблера для данного микроконтроллера. Это в несколько раз может уменьшить срок разработки устройства.

Получить дополнительную необходимую техническую поддержку можно, посетив европейский сайт NEC Electronics [4] или обратившись к дистрибьютору в России [5].

Таким образом, реализация балласта для люминесцентной лампы с использованием микроконтроллеров NEC Electronics достаточно проста. Большинство функций, связанных с работой корректора коэффициента мощности, полумостового драйвера, коммуникационного интерфейса, выполняются аппаратно. Необходимо только начальная инициализация этих функций.

Подобная реализация функций контроллера освобождает вычислительные ресурсы для выполнения дополнительных сервисных функций, таких как обработка сигналов внешних датчиков освещенности, температуры и движения.

Все это в совокупности с корректором коэффициента мощности позволяет создавать недорогие, долговечные и энергоэффективные светильники на флуоресцентных лампах.

Последовательный интерфейс DALI позволяет управлять большими массивами светильников, например на натриевых лампах в теплицах, с одного пульта управления или от одного датчика освещенности.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.chipnews.ru/html.cgi/arhiv/99_04/stat_29.htm
2. http://www.eu.necel.com/docuweb/index.php?fld_keyword=ballast&fld_issue_date=&fld_type=AN&submit=Search
3. <http://www.necel.com/micro/en/solution/lighting/download.html>
4. www.eu.necel.com
5. <http://www.eltech.spb.ru/coords.html?PHPSESSID=7k2p29adt3obf107of88qm5105>