

## СИНХРОННЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ ПОВЫШАЮТ КПД ВЫХОДА НИЗКОВОЛЬТНЫХ ПРЯМЫХ КОНВЕРТОРОВ

С появлением маломощных контроллеров, МОП ПТ с малым сопротивлением во включенном состоянии и магнитов с малыми потерями, доминирующими потерями в низковольтных источниках питания стали в основном потери в выходных выпрямителях. Новые низковольтные МОП ПТ с малым сопротивлением во включенном состоянии создают более эффективную альтернативу традиционному выпрямителю на диодах Шоттки (ДШ) с перспективой снижения стоимости системы. Эта памятка разработчику представляет ключевые вопросы в проектировании выходного каскада выпрямителя на основе нового поколения МОП ПТ с малым сопротивлением включения и низким пороговым напряжением.

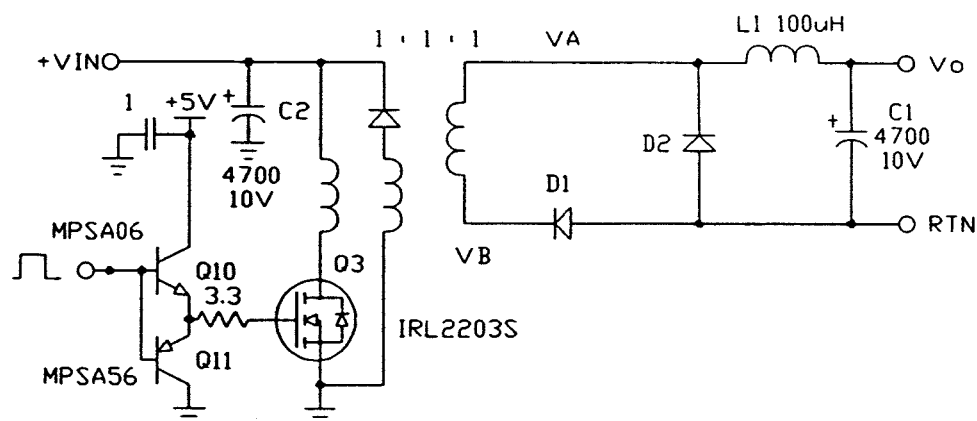


Рис. 1. Неинвертирующий конвертор с диодным выпрямлением

### Неинвертирующий конвертор с выходом 3,3В

Типичный неинвертирующий конвертор с выпрямлением на диодах Шоттки показан на рис. 1. При включении транзистора Q3 энергия передается с первичной на вторичную обмотку. Диоды D1 и D2 выключены. При выключении транзистора Q3 сердечник размагничивается с помощью обмотки или другими способами. Диод D1 становится обратно смещенным, и ток катушки индуктивности проходит через диод D2.

В течение цикла работы конвертора могут случиться две вещи, которые должны учитываться при проектировании схемы управления синхронным выпрямлением:

- В какой-то точке сердечник должен быть полностью размагничен, и там не должно быть тока, циркулирующего в любой обмотке трансформатора, и его напряжение во вторичной обмотке будет равным нулю, как показано на рис. 2.
- При малом выходном токе, так как диод D2 не пропускает обратный ток катушки индуктивности становится прерывистым. Это оказывает неблагоприятное воздействие, которое будет рассмотрено более детально в следующем разделе.

Схема, показанная на рис. 1, выполнена на двух различных диодах с помощью поверхностного монтажа: диоды применяются для этой цели с очень малым падением напряжения (ORing ДШ).

Рабочие условия и КПД показаны в таблице 1. для рабочей частоты 100 кГц при комнатной температуре.

Таблица 1

| Диоды D1&D2 | Входное Напряж. | Входной ток | Входная мощность | Выходная мощность | Эффективность |
|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------|---------------|
| 30WQ04F     | 9.90 V          | 1.354 A     | 13.40 W          | 9.075 W           | 67.72 %       |
| 30BQ015     | 9.90 V          | 1.091 A     | 10.80 W          | 9.075 W           | 84.03 %       |

КПД, отмеченный в этой таблице, включает все потери. Они относятся к выходному выпрямителю и оцениваются в 3,7Вт для прибора 30WQ04F и 1,0Вт для 30BQ015.

### Прямой конвертор с синхронным выпрямлением

Замена в выпрямителе диода на МОП ПТ с малым сопротивлением во включенном состоянии требует соответствующего сигнала управления затвором.

Ключевым пунктом в проектировании контроллера управления затвором является временное положение управляющих сигналов.

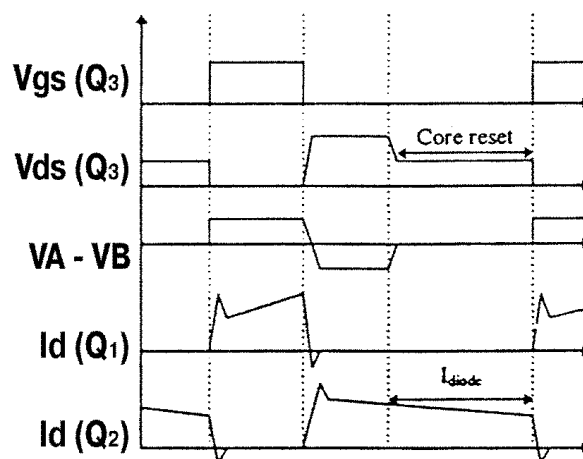


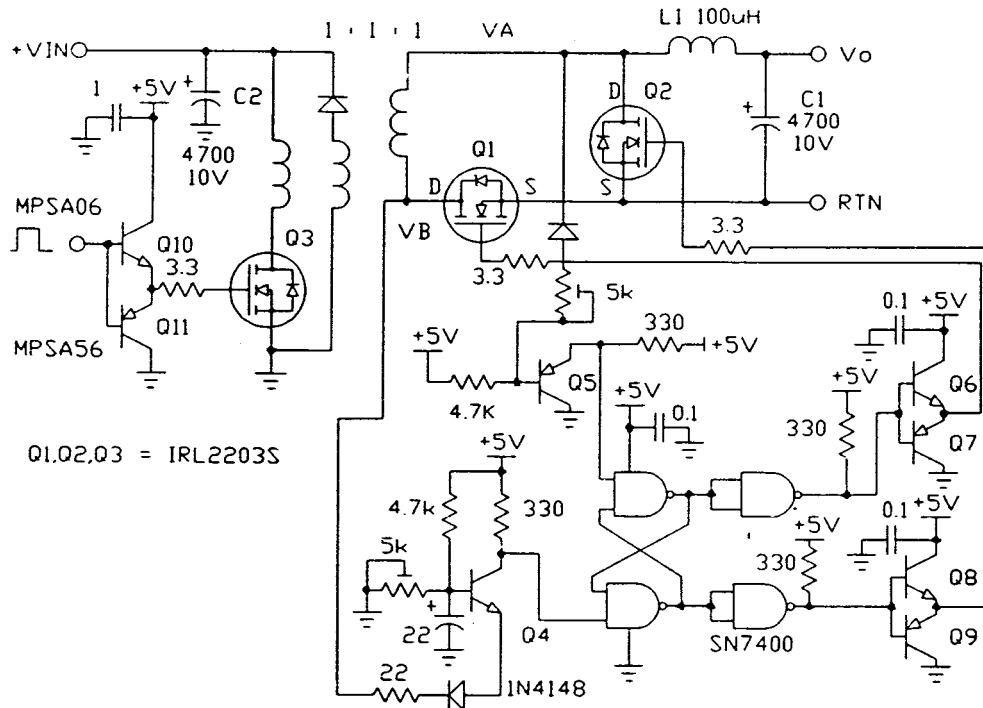
Рис. 2. Временные диаграммы конвертора

Управление должно быть таким, что бы обеспечивало:

- \* выпрямитель на МОП ПТ в целом не должен проводить ток в любой заметный период времени, в особенности перед подачей обратного напряжения, чтобы избежать передачи обратного восстановления;
- \* управление затвором осуществляется в период времени, когда во вторичной обмотке трансформатора отсутствует напряжение размагничивания сердечника, рис. 2;
- \* управление затвором переключает ток от одного МОП ПТ к другому за минимальное время.

Условимся, что при типичной рабочей частоте выше 100кГц и времени нарастания и спада менее 50нсек временная задержка при управлении затвором должна быть порядка 10нсек. Если в схеме применяются компараторы и логические элементы, необходимо использовать сверхбыстродействующие компоненты.

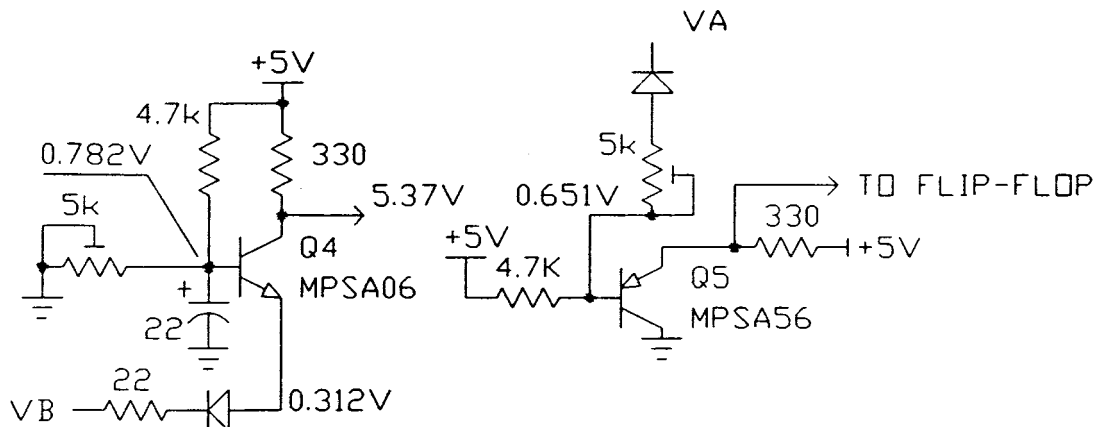
Одна из схем управления, показанная на рис. 3, использует маломощные транзисторы и ТТЛ триггер для выполнения функций компаратора, контроля управления затвором. Триггеры устанавливаются и сбрасываются перепадом напряжений в точках Va и Vb и выдают сигнал управления затвором независимо от действительного напряжения во вторичной обмотке трансформатора. Это означает, что напряжение управления затвором подается на транзистор Q2 после размагничивания сердечника, до того как Q3 снова включится.



**Рис. 3. Неинвертирующий конвертор с синхронным выпрямлением**

При этом значительно уменьшаются потери в диодах при циркуляции тока. Сигнал, обуславливающий установку и сброс триггера, вырабатывается двумя схемами, приведенными на рис. 4. Когда  $V_a$  становится низким, Q5 включается и устанавливает защелку, выключая Q1 и включая Q2.

Потенциометр 5кОм на входе Q5 устанавливает величину  $V_a$ , достаточную для включения. Это должно происходить только тогда, когда  $V_a$  достигает 0В так, что интегральный диод транзистора Q2 не проводит. Когда становится низким  $V_b$ , включается транзистор Q4 и сбрасывает защелку. Это должно происходить перед тем, как  $V_b$  достигает 0,7В, так что интегральный диод транзистора Q1 не проводит.



**Рис. 4. Типичные напряжения на транзисторах Q4 и Q5 при холостом ходе схемы**

Когда схема отработана для производства, потенциометры заменяются резисторами. таким образом устанавливая таймирование с учетом любой задержки распространения и минимальной необходимой паузой. В нашем случае величины резисторов должны быть 820 Ом для транзистора Q4 и 680 Ом для Q5.

Обнаружено, что любая сквозная проводимость создает большие помехи на временных диаграммах. Сквозная проводимость длительностью свыше 10нсек существенно уменьшает КПД. Так как потери за счет восстановления диода малы, вследствие низкого напряжения они меньше влияют на потери, чем любая сквозная проводимость. Рекомендуется установить для рабочих изделий мертвое время порядка 1%.

Таблица 2

| Диоды<br>D1&D2 | Входное<br>Напряж. | Входной<br>ток | Входная<br>мощность | Выходная<br>мощность | Эффек-<br>тивность |
|----------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 30WQ04F        | 9.90V              | 1.354 A        | 13.40 W             | 9.075 W              | 67.72 %            |
| 30BQ015        | 9.90V              | 1.091 A        | 10.80 W             | 9.075 W              | 84.03 %            |
| IRL2203S       | 9.45V              | 1.047 A        | 9.894 W             | 9.075 W              | 91.72 %            |

КПД этой схемы показан в таблице 2. Заметно преимущество в 24% по сравнению со стандартным изделием на ДШ. Хотя относительные значения каждого прибора меняются с повышением температуры, общая картина останется неизменной. КПД, представленные в этой таблице, не отражают потери в схеме управления, которые минимальны. Управление затвором измерялось при 36мВт на МОП транзисторе.

Заключение

Диоды “ORing” с низким прямым напряжением дают значительные преимущества в КПД по сравнению со стандартными диодами Шоттки. Синхронное выпрямление с новыми МОП ПТ с малым сопротивлением во включенном состоянии дает преимущество в КПД выхода в 24% по сравнению со стандартными ДШ и 7,7% по сравнению с диодами ORing.

Преимущества в КПД уменьшают температуру платы и размеры оборудования. Выбор трех решений позволяет оптимизировать вопросы стоимость-функционирование оборудования.