

# ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ПОЛУМОСТОВОЙ ДРАЙВЕР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ MOSFET- И IGBT-ТРАНЗИСТОРАМИ

**В** статье рассмотрены структура и основные характеристики полумостового драйвера, выпускаемого компанией IXYS. Даны примеры применения драйвера.

*В. Макаренко*

## HIGH VOLTAGE HALF-BRIDGE DRIVER MOSFET AND IGBT TRANSISTORS

**Abstract** – The article considers the structure and main characteristics of half-bridge driver, produced by IXYS. Examples of driver application are given.

*V. Makarenko*

Компанией IXYS освоено и начат выпуск ИМС IX21844 высоковольтного полумостового драйвера для управления быстродействующими MOSFET- (полевыми транзисторами с изолированным затвором – МОП) и IGBT-транзисторами [1,2]. Эта микросхема является полным аналогом ИМС IR21844 (International Rectifier) и FAN7393A (Fairchild), но имеет в два раза ниже стоимость. Микросхема выпускается в 14-выводных корпусах DIP и SOIC (Narrow Body).

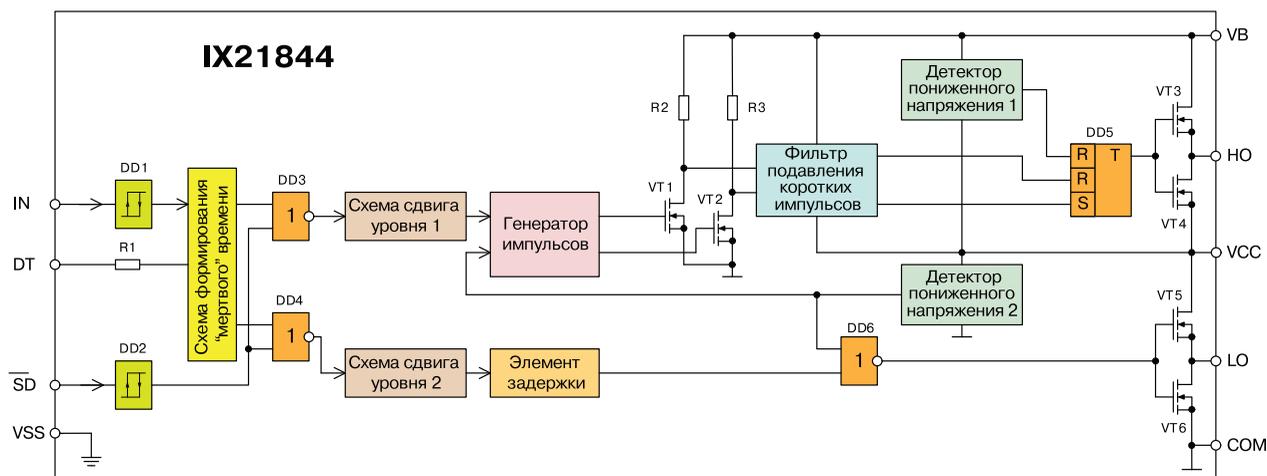
Такой тип микросхем является наиболее универсальным. Функциональная схема драйвера IX21844 приведена на рис. 1. Микросхема содержит два независимых драйвера – верхнего и нижнего плеча. В зависимости от схемы включения она может использоваться как в качестве независимого драйвера верхнего плеча (включение нагрузки между стоком верхнего транзистора и общим проводом), нижнего

плеча (включение нагрузки между истоком нижнего транзистора и шиной высоковольтного питания), так и в качестве схемы управления полумостом (рис. 2).

Входной сигнал через триггер Шмитта DD1 подается на схему формирования "мертвого времени", необходимого для предотвращения протекания сквозных токов через мощные транзисторы, которыми управляет драйвер.

Через схемы ИЛИ-НЕ (DD3 и DD4), вторые входы которых используются для управления "спящим режимом", сигналы, сформированные схемой формирования "мертвого времени", подаются на схемы сдвига уровня 1 и 2.

Первая схема сдвига уровня предназначен для передачи логического сигнала схеме управления транзистором верхнего плеча которая содержит генератор импульсов, формирующий короткие импульсы из фронта и спада входного сигнала. Выходные сигналы генера-



**Рис. 1. Функциональная схема полумостового драйвера верхнего и нижнего плеча IX21844**

тора через импульсные ключи, выполненные на транзисторах VT1 и VT2, подаются на входы RS-триггера DD5, который управляет выходным каскадом верхнего плеча драйвера (транзисторы VT3 и VT4). Фильтр подавления коротких импульсов предотвращает проникание импульсов длительностью менее 50 нс на входы триггера.

Детектор пониженного напряжения пред-

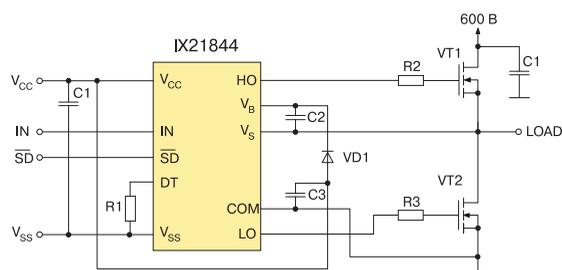


Рис. 2. Схема включения ИМС IX21844 для управления полумостом

назначен для предотвращения линейного режима работы выходных транзисторов и обычно имеет уровень срабатывания примерно 10 В.

В схеме управления транзисторами нижнего плеча выходной сигнал второй схемы сдвига уровня через элемент задержки, компенсирующей время прохождения сигналов через элементы управления верхнего плеча, и схему ИЛИ-НЕ (элемент DD6) поступает на затворы выходных транзисторов VT5 и VT6. Второй детектор пониженного напряжения формирует сигнал управления как для генератора импульсов, так и отключения транзисторов нижнего плеча. Временные диаграммы сигналов на входах и выходах драйвера приведены на рис. 3.

В настоящее время в качестве силовых ключей средней и большой мощности применяются в основном МОП и IGBT-транзисторы – приборы с потенциальным управлением. Такие транзисторы обладают большой емкостью затвора, значение которой может достигать несколько тысяч пикофард. При отпирании транзистора необходимо его входную ёмкость зарядить, а при запирании – разрядить. Транзисторы начинают открываться, если напряжение на затворе относительно истока превышает пороговое значение.

Пороговое напряжение затвор-исток  $U_{пор}$  МОП- и IGBT-транзисторов, используемых в качестве силовых ключей, обычно составляет 2...4 В. Поэтому для минимизации сопротивления канала открытого МОП-транзистора  $R_{СИ}$  или напряжения насыщения коллектор-эмиттер  $U_{SAT}$  IGBT-транзистора следует подавать на затвор относительно истока (эмиттера) напряжение 10...15 В.

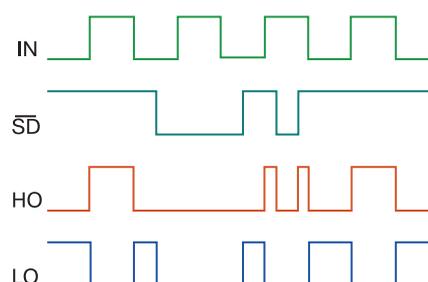


Рис. 3. Диаграммы входных и выходных сигналов драйвера

Для гарантированного запирания транзистора достаточно, чтобы  $U_{ЗИ} = 0$  [3]. Однако, для ускорения запирания и предотвращения отпирания транзистора при большой скорости изменения напряжения управления рекомендуется подавать на затвор отрицательное напряжение -3...15 В.

Учитывая сказанное выше, к схеме управления затвором МОП- и IGBT-транзисторов предъявляются следующие основные требования [4]:

1. Напряжение на затворе при отпирании должно быть на 10...15 В выше напряжения стока МОП- или коллектора IGBT-транзистора. Таким образом, для транзистора верхнего плеча напряжение управления должно быть на 10...15 В выше напряжения питания.
2. Драйвер должен управляться логическим сигналом, связанным с общим проводом цепи управления.
3. При уменьшении напряжения управления ниже определенного уровня выходные транзисторы могут перейти в линейный режим работы, что, в свою очередь, приведет к увеличению мощности, рассеиваемой на силовом транзисторе, перегреву кристалла. Для предотвращения этого явления необходимо использовать схемы контроля напряжения (UVLO – Under Voltage LockOut) как для верхнего, так и для нижнего плеча.

4. Мощность, рассеиваемая схемой управления, должна быть пренебрежимо мала, по сравнению с общей мощностью рассеивания устройства, в котором используется драйвер.

5. Схема управления должна обеспечивать токи перезаряда цепи затвора, гарантирующие быстрое переключение транзисторов.

Всем эти требованиям удовлетворяет ИМС IX21844, основные характеристики которой приведены ниже:

- минимальное напряжение логической "1" на входах управления не менее 2 В
- максимальный уровень логического "0" на входах управления не более 0.8 В
- максимальное напряжение источника питания  $V_S = 600$  В
- максимальное "плавающее" напряжение на выводе питания VB верхнего плеча драйвера  $V_B = V_S + 20$  В
- напряжение на выходе управления верхнего плеча (HO): минимальное  $V_S$ , максимальное  $V_B$
- напряжение питания нижнего плеча драйвера и логических цепей  $V_{CC} = 10...20$  В
- напряжение на выходе LO нижнего плеча: минимальное 0, максимальное  $V_{CC}$ .

Динамические характеристики, измеренные при напряжении  $V_{CC} = V_{BS} = 15$  В, температуре окружающей среды 25 °С и емкости нагрузки 1000 пФ приведены ниже:

- время задержки включения/выключения  $t_{don/off} = 560...900/200...400$  нс
- время выхода драйвера из спящего режима  $t_{sd} = 225...400$  нс
- выравнивание временной задержки  $M_{Ton}/M_{Tof} = 0...90/0...40$  нс
- длительность фронта выходного сигнала  $t_f = 23...60$  нс
- длительность спада выходного сигнала  $t_f = 14...35$  нс
- мертвое время (Dead-Time) верхнего плеча  $DT_{LO-HO} = 280...520$  мкс, а нижнего плеча  $DT_{HO-LO} = 4...6$  нс.

Понятие мертвое время проиллюстрировано временными диаграммами сигналов на выходе верхнего (HO) и нижнего (LO) плеча драйвера (рис. 4).

Кроме формирования сигналов управления драйвер выполняет еще и функции защиты МОП- и IGBT-транзисторов. В число этих

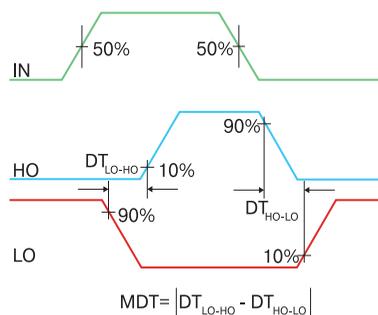


Рис. 4. Диаграммы выходных сигналов верхнего (HO) и нижнего (LO) плеча драйвера

функций входят следующие:

- защита от короткого замыкания ключа
- защита от понижения напряжения питания драйвера
- защита от сквозных токов
- защита от пробоя затвора.

Подробно о том, как реализуются перечисленные функции, можно узнать в [3]. Для формирования напряжения управления транзистором верхнего плеча на 10...15 В выше напряжения питания можно использовать один из двух вариантов решения: питать драйвер от дополнительного источника напряжения, более высокого чем входное, либо формировать дополнительное напряжение питания драйвера при помощи схемы вольтдобавки.

В схеме, приведенной на рис. 2, использована вольтдобавка, реализованная с помощью конденсатора C2, включенного между выводами VB и VS ИМС драйвера. Нижний (низкопотенциальный) вывод питания драйвера верхнего плеча VS соединён с истоком транзистора VT1. Когда транзистор VT1 закрыт, а транзистор VT2 открыт, конденсатор C2 через открытый диод VD1 заряжается до напряжения питания нижнего плеча VCC. При отпирании транзистора VT1 потенциал его истока, нижней обкладки конденсатора C2 и нижнего вывода питания драйвера становится близким входному напряжению, диод VD1 закрывается и к затвору транзистора относительно истока прикладывается напряжение, равное VCC. Отсюда следует, что напряжение VCC должно составлять величину 12...15 В. В противном случае драйвер необходимо питать от дополнительного источника напряжения. Поскольку ёмкость конденсатора C2 выбирается намного больше входной емкости МОП-транзистора

(обычно C2 принимают равной 0.1 мкФ), то её разряд на интервале существования тактового (управляющего) импульса незначителен и практически не сказывается на режиме работы транзистора.

Другие примеры применения полумостовых драйверов можно найти в [5]. Драйверы верхнего и нижнего ключей целесообразно использовать для управления однотактными двухтранзисторными схемами либо мостами с однополярной широтноимпульсной модуляцией. Выходные токи драйвера IX21844 позволяют использовать их в силовых преобразовательных устройствах мощностью до 3...5 кВт.

Более детально с характеристиками драйверов можно ознакомиться в [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.clare.com/85256A3900731315.nsf/0/6618A3CC05560A9B85257C5F00525F1D?Open&Highlight=2,ix21844>.
2. <http://clareweb1.clare.com/Newsroom/2014PR/PRJan162014.htm>.
3. Г. Волович Драйверы силовых ключей. – <http://www.soel.ru/cms/f/?/363314.pdf>.
4. Современные высоковольтные драйверы MOSFET- и IGBT-транзисторов International Rectifier. – <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/micro/doc/48059/>.
5. <http://www.clare.com/85256A3900731315.nsf/0/C78DF7C1CA8F0CAA852579AB00491B61?Open&Highlight=2,AN401>.

Тиристорные модули MCSMA/MDMA 700 A/1600 В – компактный корпус, высокая удельная мощность

700 A/1600 В



www.ixys.com

Характеристики:

- высокое быстродействие
- малое сопротивление открытого тиристора
- малая масса (500 г)
- изолированный теплоотвод, выполненный на основе керамики (DCB)
- габаритные размеры 93×65×50 мм (Д×Ш×В)
- крепление под винт M10
- изготавливаются тиристоры с обратным напряжением до 2200 В

Применение:

- преобразователи частоты для промышленности и транспорта
- управление электроприводом постоянного и переменного тока
- импульсные регуляторы постоянного и переменного тока
- электросварка

Тип	I <sub>ТАВМ</sub> , А *	V <sub>RRM</sub> , В **
MCSMA 700 P 1600CA	700	1600
MCSMA 700 PD 1600CB	700	1600
MDMA 700 P 1600CC	700	1600

\* I<sub>ТАВМ</sub> – макс. допустимое среднее значение прямого тока через тиристор.

\*\* V<sub>RRM</sub> – пиковое повторяющееся обратное напряжение.



VD MAIS – поставщик продукции компании IXYS в Украине

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (0692) 544-622, (032) 245-5478, (048) 734-1954, info@vdmiais.kiev.ua, www.vdmiais.kiev.ua

