

# Высоковольтные драйверы фирмы International Rectifier

Л. ЛЕ

*Вы, уважаемый читатель, уже знакомы с разнообразными мощными полупроводниковыми приборами фирмы International Rectifier. Сегодня мы остановимся на проблемах, связанных с применением драйверов — ИС для управления мощными транзисторами. Роль этих приборов в схемотехнике поистине революционна, однако новизна и отсутствие отечественных аналогов пока сдерживают их применение в изделиях российского производства. Что весьма прискорбно, поскольку использование этих современных технических средств существенно упрощает готовые изделия, снижает себестоимость, а следовательно, делает их конкурентоспособными.*

Сложности управления высоковольтными ключами на биполярных транзисторах хорошо известны. В частности, для быстрого закрывания биполярного ключа необходим источник отрицательного напряжения. А схемы управления мощными транзисторами верхнего уровня требуют гальванически развязанных источников питания. Первую проблему можно снять с помощью МОП-либо биполярных транзисторов с изолированным затвором (БТИЗ). Однако их применение тут же ставит новую: для нормальной работы ключа напряжение на затворе транзистора должно быть на 10–15 В выше, чем на истоке (эмиттере). То есть на затвор нужно подавать более высокое напряжение, чем на шину питания.

Наиболее эффективно решить проблемы управления высоковольтными транзисторами позволяют специальные устройства — драйверы. Один из ведущих мировых разработчиков и производителей таких приборов — фирма International Rectifier (IR), которая поставляет на рынок целое семейство драйверов, управляющих мощными ключами посредством сигналов логических уровней (КМОП, ТТЛ). Микросхемы драйверов изготовлены по технологии монолитных высоковольтных интегральных схем (HVIC).

Конструкция типичного драйвера представлена на рис. 1. В нее входят два канала управления силовыми транзисторами верхнего и нижнего плеча, включающие входную логику, схему сдвига уровня управляющих сигналов и мощные выходные управляющие каскады. Предусмотрена возможность включения в состав устройства детекторов пере- и недонапряжения, операционных усилителей, компараторов, схем генераторов и пр.

Фирма производит драйверы семи основных типов.

Достаточно дешевые драйверы типа **IR 2101, 2102, 2103, 2104, 2111, 2112**, представляющие собой полумостовую схему, рассчитаны на рабочее напряжение до 600 В и предназначены для использования в инверторах, а также в схемах управления высоковольтными транзисторными ключами.

Драйверы **IR 2110 и 2113** аналогичны предыдущим, но имеют мощный выход с током до 2 А. Основная сфера их применения — схемы, требующие повышенного тока заряда входной емкости транзистора. Диапазон рабочих частот (с нагрузкой) — от десятков герц до сотен килогерц.

Одноканальные драйверы **IR 2117 и 2118** служат для управления затвором транзистора верхнего уровня. Они имеют, соответственно, прямой и инверсный выход относительно входного сигнала.

Драйверы типа **IR 2121, 2125, 2127, 2128** контролируют ток в управляемом мощном транзисторе, отключая его при превышении заданного уровня тока.

Для управления трехфазными инверторами предназначены драйверы типа **IR 2130, 2131, 2132, 2133**, работающие при напряжениях до 600 В.

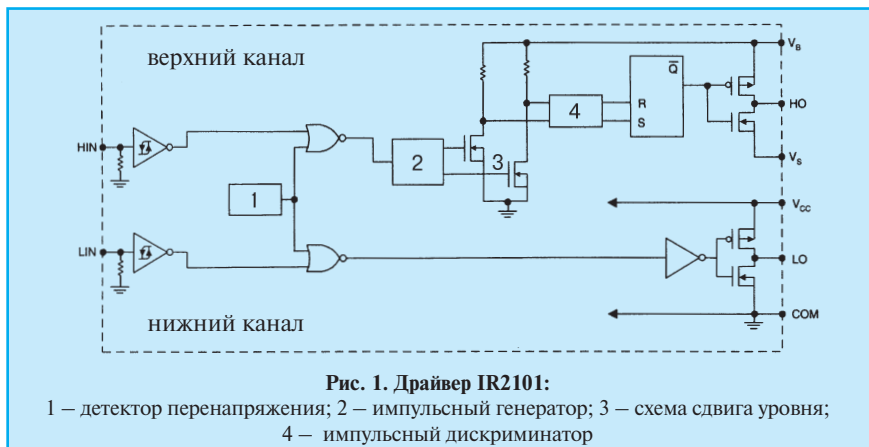
Драйверы типа **IR 2151, 2152, 2153, 2154, 2155** — полумостовые схемы с рабочим напряжением до 600 В, снабженные внутренним генератором (на основе таймера серии 555). Приборы могут применяться в электронных балластах люминесцентных ламп, в маломощных источниках питания и т.п.

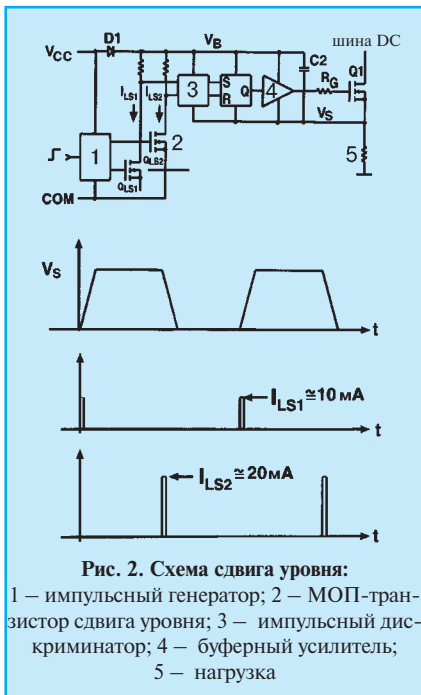
Драйвер семейства **IR 51Hxxx** представляет собой гибридную схему на основе драйвера IR 2151 и двух транзисторов для усиления тока. Рабочее напряжение — от 250 до 500 В, выходной ток — от 2,4 до 6,5 А.

С недавнего времени фирма IR приступила к производству драйверов, функционально аналогичных перечисленным, но с рабочим напряжением 1200 В. Так, уже поступили на рынок приборы **IR 2213, 2230, 2233** (вторая цифра “2” в обозначении свидетельствует об увеличенном рабочем напряжении).

Рассмотрим функциональные возможности драйверов фирмы IR и особенности их применения.

Известно, что управление транзисторами в верхнем и нижнем плечах силовых схем имеет свою специфику. Поэтому драйверы содержат независимые специализированные каналы управления транзисторами верхнего и





нижнего плеча. Как правило, в драйвере предусмотрены два канала, но есть приборы только с верхним и только с нижним каналом.

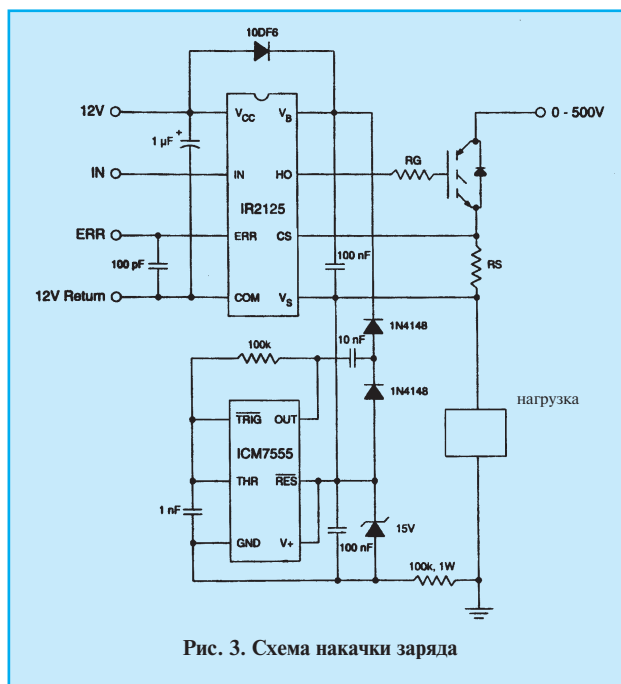
Верхний канал драйвера имеет “плавающее” напряжение питания (рис. 2). Он обеспечивает управление транзистором при изменении напряжения в точке  $V_S$  от 600 В (1200 В) до  $-5$  В относительно общей шины COM. Напряжение в этой точке может стать отрицательным в результате выбросов, обусловленных индуктивной нагрузкой в цепи истока (эмиттера) либо паразитными индуктивностями схемы. “Плавающее” питание канала возможно благодаря высоковольтной схеме сдвига уровня, разработанной фирмой IR.

В статическом режиме в затворных цепях мощных БТИЗ и полевых транзисторов существуют токи утечки. Для переключения транзисторов необходим ток перезарядки входной емкости. Этот ток обеспечивает специальная бутстрепная емкость  $C_2$ , которая заряжается через бутстрепный диод от источника питания микросхемы драйвера (15 В). Зарядка происходит, пока управляемый транзистор закрыт. Когда драйвер выдает команду на включение, заряд бутстрепной емкости через выходные каскады буферного усилителя драйвера передается на затвор управляемого транзистора, и он открывается.

Если мощный ключ работает в импульсном режиме, проблем с зарядкой бутстрепной емкости не возникает. Однако в статическом режиме, когда

переключение управляемого транзистора происходит через длительные временные интервалы, бутстрепная емкость разряжается из-за токов утечки. Для поддержания заряда бутстрепной емкости необходимо применить схему накачки заряда. Один из вариантов такой схемы показан на рис. 3.

Пока БТИЗ закрыт, бутстрепная емкость заряжается через диод 10DF6 и нагрузку. При открытом БТИЗ накачка заряда производится таймером серии 555 в импульсном режиме с частотой 7,5 кГц. В результате заряд емкости всегда достаточен для того, чтобы поддерживать мощный транзистор во включенном состоянии.



Рассчитывая значение бутстрепной емкости, исходят из следующих соображений. При включении драйвера заряд  $Q_G$  бутстрепной емкости  $C_{boot}$  передается через канал драйвера на затвор транзистора (напряжение на затворе — не менее 10 В). Полагая, что падение напряжения в зарядной цепи составляет 1,5 В, а от внутренних утечек равно половине избыточного напряжения на затворе, имеем  $C_{boot} > 2Q_G / (V_{CC} = 10 - 1,5)$ . Заряд  $Q_G$  можно определить из соотношения  $Q_G = I_Q \cdot t_Q$ , где  $I_Q$  — ток насыщения канала драйвера, а  $t_Q$  — наибольшее время зарядки. Бутстрепная емкость конструктивно должна располагаться вблизи выводов  $V_B$  и  $V_S$ . В качестве бутстрепного следует применять сверхбыстродействующий слаботочный диод, рассчитан-

ный на максимальное напряжение шины питания транзистора.

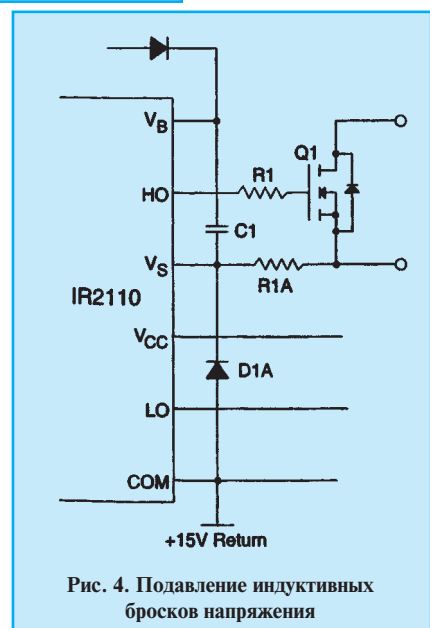
Входные каскады драйверов совместимы с сигналами ТТЛ/КМОП-уровней. Питание входной логики обеспечивает либо источник, соединенный с общим проводом силового питания, либо гальванически развязанный с силовыми цепями. Все входные буферы выполнены в виде триггеров Шмидта с гистерезисом до 10%. При выборе драйвера важно учесть, что выходные сигналы могут быть как синфазны, так и инверсны входным.

Драйверы обладают высокой помехоустойчивостью по входным цепям. В устройстве применен дискриминатор,

фильтрующий входные импульсы короче 50 нс. Допускается отличие потенциала “земли” входных каскадов от потенциала “силовой земли” COM на  $\pm 5$  В.

Насущная проблема при работе с силовыми ключами — борьба с индуктивными бросками напряжения, которые вызывают ошибочные срабатывания, выключение транзисторов и т.п. Отрицательные перенапряжения на входе  $V_S$  могут вывести драйвер из строя.

Для ограничения тока индуктивного



всплеска в цепи вывода  $V_S$  (рис. 4) применяют резистор R1A между  $V_S$  и источником управляемого МОП-транзистора. Резистор эффективно подавляет отрицательный всплеск, практически не оказывая влияния на время выключения транзистора (рис. 5). С той же целью используют и высоковольтный, с малым временем включения, диод D1A между входом  $V_S$  и общей шиной COM. Время восстановления диода не имеет существенного значения, но если оно слишком велико, при работе на высоких частотах на R1A будет рассеиваться слишком большая мощность.

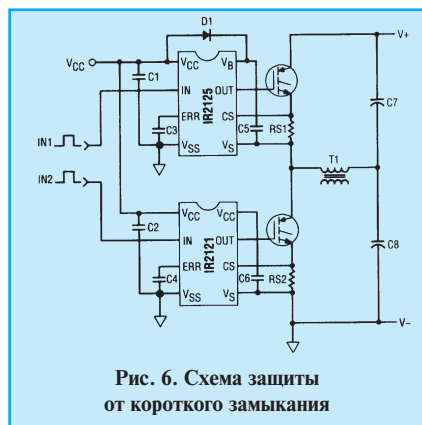
Амплитуда индуктивного выброса зависит от времени переключения мощных транзисторов. Для ее снижения время переключения увеличивают, вводя в затворную цепь резистор R1. В результате амплитуда отрицательных



всплесков уменьшается от 90 В без R1 до 12 В при R1=70 Ом. В целом для надежной работы драйвера необходимо минимизировать паразитные индуктивности в силовом контуре.

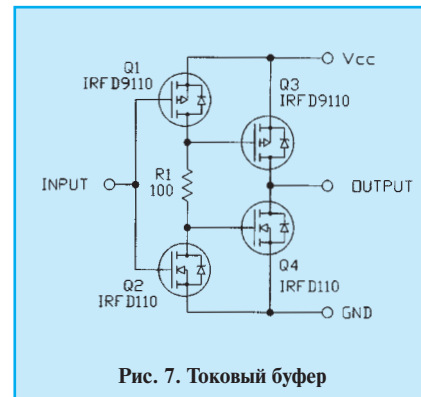
Все драйверы фирмы IR имеют систему защиты от пере- и недонапряжения, которая блокирует управление затвором мощного транзистора. Так, если напряжение на бутстрепной емкости падает ниже порога блокировки (8,7/8,3 В), управляемый транзистор закрывается.

Драйверы могут содержать дополнительные элементы: операционные усилители и компараторы. С их помо-



стью реализуют такие важные функции, как измерение тока и защита от короткого замыкания. Пример схемы, обладающей этими возможностями, представлен на рис. 6.

При построении схем управления параллельными МОП-транзисторами или мощными (200–400 А) БТИЗ модульной конструкции на частотах свыше 10 кГц разработчики сталкиваются с проблемой чрезмерной мощности рассеяния в драйвере. Понятно, что это может вывести драйвер из строя. Сделать допустимыми пиковые токи до 8 А позволяет токовый буфер (рис. 7), который можно устанавливать как в верхнем, так и в нижнем канале драйвера. Слаботочные входные транзисторы Q1 и Q2 управляют мощны-



ми выходными Q3 и Q4. Токовый буфер вносит временную задержку переключения управляемых транзисторов, которая определяется постоянной времени цепочки R1 и входных емкостей транзисторов Q3 и Q4. При использовании буфера между шинами  $V_{CC}$  и GND следует включить танталовый электролитический конденсатор емкостью до 10 мкФ. Параллельно ему для снижения паразитных высокочастотных колебаний на затворе устанавливают керамический конденсатор до 0,1 мкФ. Выход токового буфера с затвором транзистора соединяют коротким витым проводом.

Обеспечивая эффективное управление мощными транзисторами и их защиту, драйверы фирмы IR могут применяться в широком круге устройств и при самых разнообразных условиях эксплуатации. Чтобы более детально познакомиться с этими замечательными приборами, читатель может обратиться к специалистам по их применению или к специальной литературе, издаваемой фирмой International Rectifier.

Консультации, образцы, поставки по тел.: (095) 234-0110

Вызвав восхищение детей и беспокойство родителей всего земного шара, цифровой цыпленок нашел свой "курятник" в азиатской полупроводниковой промышленности. Для создания "цифрового любимца", подобного игрушке Тамагочи фирмы Bandai, требуется огромное число базовых ИС, используемых в множестве бытовых устройств. Выпуск ЖКИ-существ освоили и компании, стремящиеся ухватить свою долю добычи в этом всеобщем помешательстве. Возросший спрос на ИС для виртуального существа привел к "засорению" производственных линий крупнейших тайваньских кремниевых заводов. Некоторые из них вынуждены даже отказывать традиционным заказчикам. Как отметил представитель фирмы United Microelectronic Corp. (UMC), одного из крупнейших тайваньских изготовителей ИС по заказам, ее производственные мощности до конца года полностью заняты выпуском схем для Тамагочи. Фирма уже не принимает заказы традиционных партнеров — компаний с неполным производственным циклом, занимающихся разработкой ИС.

Как полагает фирма UMC, чтобы выполнить заказы на ИС для электронного цыпленка, тайваньские компании, выступающие в роли кремниевых заводов, должны ежемесячно обрабатывать 20 тыс.—30 тыс. 200-мм пластин. По оценкам, это составляет 10–15% объема полупроводниковой промышленности острова. Некоторые фирмы, например тайваньская Syntek Design Technology, специализирующаяся в разработке четырехразрядных контроллеров, в том числе для виртуальных существ, вынуждены передавать заказы на изготовление своих схем фирмам Сингапура и Южной Кореи, таким как Chartered Semiconductor Manufacturing и LG Semicon.

Правда, по мнению нью-йоркской аналитической фирмы Cowen & Co, бум на рынке электронных цыплят после рождества спадет. "Где сегодня кубик Рубика?", — спрашивает она.

Electronic Buyers News, Aug.25, 1997, p.4

**Виртуальные существа угрожают полупроводниковой промышленности Тайваня**

**Дайджест**

**Новая серия  
PТC-усилителей  
на ЛБВ  
фирмы  
Thorn Microwave  
Devices**

Фирма Thorn Microwave Devices (Великобритания) выпустила новую серию PТC-усилителей на ЛБВ для контрольно-измерительного оборудования. Устройства серии работают в диапазоне частот от 1 до 18 ГГц и по сравнению с существующим оборудованием такого типа имеют меньшие габариты и массу (в среднем 25 кг). Минимальная выходная мощность усилителя в непрерывном режиме равна 200 Вт, в импульсном — 1 кВт. В серию входят и непрерывные/импульсные усилители, работающие на более высоких частотах (до 40 ГГц) при среднем значении выходной мощности 80 Вт в непрерывном режиме. Усилители предназначены для PЛC, электронных средств вооружения, лабораторного и медицинского оборудования.

*Microwave Journal, Aug. 1997*

**Дайджест**

В Сандийской национальной лаборатории разработана новая технология, позволяющая создавать микроэлектромеханические системы (МЭМС) и интегральные схемы на одной пластине. Сначала на полупроводниковой подложке изготавливается чрезвычайно малое механическое устройство (типа тех, что используются в струйных принтерах) или датчик (например, для воздушных подушек безопасности автомобилей). Затем формируются компоненты схемы управления — микроконтроллер, память, операционный усилитель. По утверждению разработчиков, эта технология откроет новые области применения МЭМС как в бытовом, так и промышленном оборудовании. Разумные микромеханические приборы найдут применение в таких периферийных системах, как джойстики и координатно-указательные устройства для видеоигр и игр виртуальной реальности. В промышленных системах разумные МЭМС смогут контролировать вибрации и перемещения тяжелых станков, тем самым помогая находить потенциальные механические неисправности. Даже в уже освоенных областях применения, например в системах управления воздушными подушками, новые приборы смогут контролировать несколько подушек и раскрывать только необходимую в данный момент.

Лаборатория подписала неисключительное лицензионное соглашение на производство разумных МЭМС с фирмой Analog Devices, выпускающей МЭМС с 1993 года. Фирма надеется благодаря лицензированию новой технологии перейти от 2-, 3-мкм технологии изготовления МЭМС к субмикронной.

*Electronic Business Today, Sept. 1997*

<http://www.ebtmag.com/issue9709/0997bts.htm>

**Прорыв  
в области  
технологии  
высокотемпературных  
сверхпроводников**

Специалисты фирмы Illinois Superconductor впервые продемонстрировали возможность создания на базе запатентованного высокотемпературного сверхпроводника (ВТСП) ВЧ-фильтра с высокой добротностью и чрезвычайно низким уровнем интермодуляционных искажений, способного выдержать мощность 10 Вт. До сих пор фильтры на базе сверхпроводящих материалов из-за малой плотности тока выдерживали ВЧ-мощность не более нескольких милливатт. Это ограничивало области их применения. Теперь их смогут использовать в передающих ВЧ-блоках беспроводных телекоммуникационных систем, например в усилителях (что улучшает их КПД), антенных переключателях и сумматорах приемных/передающих устройств. Фирма планировала начать испытания новых устройств в конце 1997 года.

<http://222.wirelessdesignmag.com/indust/wd79ind5.htm>

**Дайджест**

Южнокорейская компания Samsung Electronics объявила о завершении разработки микросхемы статического операционного запоминающего устройства (СОЗУ) с асинхронным режимом передачи. Новое устройство по производительности в три-четыре раза превышает обычные статические и динамические ОЗУ. Время выборки микросхемы — 10 нс. Ток, потребляемый в режиме хранения, составляет всего 1 мА против 10 мА в обычных ДОЗУ. Новое СОЗУ предназначено для работы в качестве кэш-памяти.

*По сообщению фирмы*

**Новая  
быстродействующая  
микросхема памяти  
фирмы Samsung**

**На рынке  
усилителей мощности  
для сотовых систем  
будут доминировать  
GaAs СВЧ ИС**

По мнению фирмы Allied Business Intelligence, подготовившей обзор “ВЧ и СВЧ Si и GaAs СВЧ ИС (ММІС): рынки для беспроводных систем и реализация двухрежимной работы”, появление на рынке СВЧ ИС усилителей мощности, работающих в двойном режиме/полосе частот, через несколько лет приведет к бурному росту продаж сотовых телефонов, функционирующих как в аналоговом, так и в цифровом режиме. Ожидается, что к 2001 году объем их продаж превысит 30 млн. (при фактически нулевом уровне сегодня). Благодаря им пользователь сможет свободно перемещаться независимо от используемых стандартов и обслуживаемых оператором зон.

Предполагается, что большая часть усилителей мощности для сотовых систем и персональных систем связи будет выполнена на арсенидгаллиевых ИС, объем продаж которых в 1997 году составил 200 млн. долл., а к 2001 году может увеличиться более чем вдвое.

*Microwave Journal, 1997, v.40, N7,45*

**Дайджест**

**Новости**