

# Технология изготовления матриц мощных МОП-транзисторов в корпусах ТО-220 и двухрядных корпусах<sup>1</sup>

Фрэнк Гудинаф

Описано новое семейство матриц мощных МОП-транзисторов, каждая из которых содержит в одном корпусе ТО-220 или двухрядном корпусе два или несколько транзисторов, выполненных на одном кристалле. Новые матрицы предназначены для схем управления электропитанием в самых разных платах и системах.

В настоящее время в платах и системах находят повсеместное применение схемы управления и коммутации электропитания всех типов. Например, во многих прикладных устройствах с целью экономии габаритов эти схемы часто выполняются в виде мощных ИС. Однако технологии изготовления последних представляют собой достаточно сложные процессы с большим числом фотолитографий, в результате чего эти ИС получаются соответственно весьма дорогими. Во многих прикладных устройствах управления электропитанием требуются два, три и более мощных МОП-транзисторов, каждый из которых размещается в собственном корпусе ТО-220. Однако, если исключить мощные формирователи на МОП-транзисторах, модули большой мощности и несколько многокристалльных мостовых схем малой мощности, приборы, содержащие несколько мощных транзисторов в одном корпусе, на рынке отсутствуют. До настоящего времени не выпускались и монолитные транзисторные матрицы, которые бы имели в составе кристалла два или несколько мощных транзисторов без каких-либо маломощных транзисторов.

Чтобы заполнить этот пробел, компания Texas Instruments начала разработку и производство семейства матриц мощных транзисторов, содержащих по четыре транзистора на кристалле. Для их изготовления компания использует свою КМОП/ДМОП-технологии PRISM (*Электроника*, 1993, № 5—6, с. 8). Эту 1-мкм технологию можно использовать для изготовления 3- или 5-В КМОП-микроконтроллера и дополнить его 60-В мощным МОП-транзистором на том же кристалле. Специалисты компании TI утверждают, что основу новой технологии составляют мощные ДМОП-транзисторы с горизонтальной структурой, а не более распространенные вертикальные приборные структуры, которые используются в настоящее время во всех дискретных мощных МОП-транзисторах и в большинстве мощных ИС (*Электроника*, 1992, № 2, с. 23).

Две из четырех транзисторных матриц — TRIC5201 и TRIC2202 — содержат по два мощных МОП-транзистора с PRISM-структурой, третья мат-

рица — TRIC2301 — три таких транзистора и четвертая — TRIC2701 — семь транзисторов (рис. 1). Для всех приборов абсолютное значение максимального напряжения сток—исток равно 60 В. Очень важно отметить, что это действительно настоящие мощные транзисторы, а не некие мощные ИС, под них «замаскированные».

При температуре 25°C для каждого МОП-транзистора в двух- и трехтранзисторных матрицах допустимое паспортное значение тока в непрерывном режиме равно 7,5 А, при этом каждый из его соседей по кристаллу может работать с таким же током. Предельное значение тока для бросков длительностью 10 мс вдвое больше приведенной величины. Для матрицы TRIC2701 допустимый ток каждого транзистора в непрерывном режиме составляет 500 мА (при этом все его соседи также могут работать с таким же током), а предельное значение токовых бросков — 3 А. Прямое падение напряжения при максимальном паспортном токе для транзисторов в матрицах TRIC5201, TRIC2202 и TRIC2301 не превышает 940 мВ, а для транзисторов в матрице TRIC2701 — всего 400 мВ. А в справочных листках на эти четыре матрицы в отличие от большинства справочных листов на мощные ИС, в которых характеристики мощных транзисторов приводятся недостаточно хорошо, имеется полный набор параметров, необходимый для полного описания мощного МОП-транзистора.

Новые матрицы мощных МОП-транзисторов обеспечивают не только уменьшение габаритов плат и радиаторов и устранение необходимости иметь дело (приобретать, складировать, испытывать, собирать) с большим числом дискретных приборов, но и дают ряд дополнительных преимуществ по сравнению с использованием двух или нескольких дискретных мощных транзисторов. Начнем с того, что в большинстве прикладных устройств их металлический крепежный фланец обычно заземляется. С другой стороны, у большинства дискретных мощных МОП-транзисторов этот фланец находится под напряжением стока, а поскольку стоковое напряжение обычно совпадает с напряжением высоковольтной шины питания, необходимо изолировать фланец от радиатора. В матрицах компании TI изоляция крепежного фланца от радиатора не требуется. Более то-

<sup>1</sup> Frank Goodenough. Process yields power-FET arrays in TO-220s and DIPs, ED, 1992, No. 26, pp. 57, 58, 60.

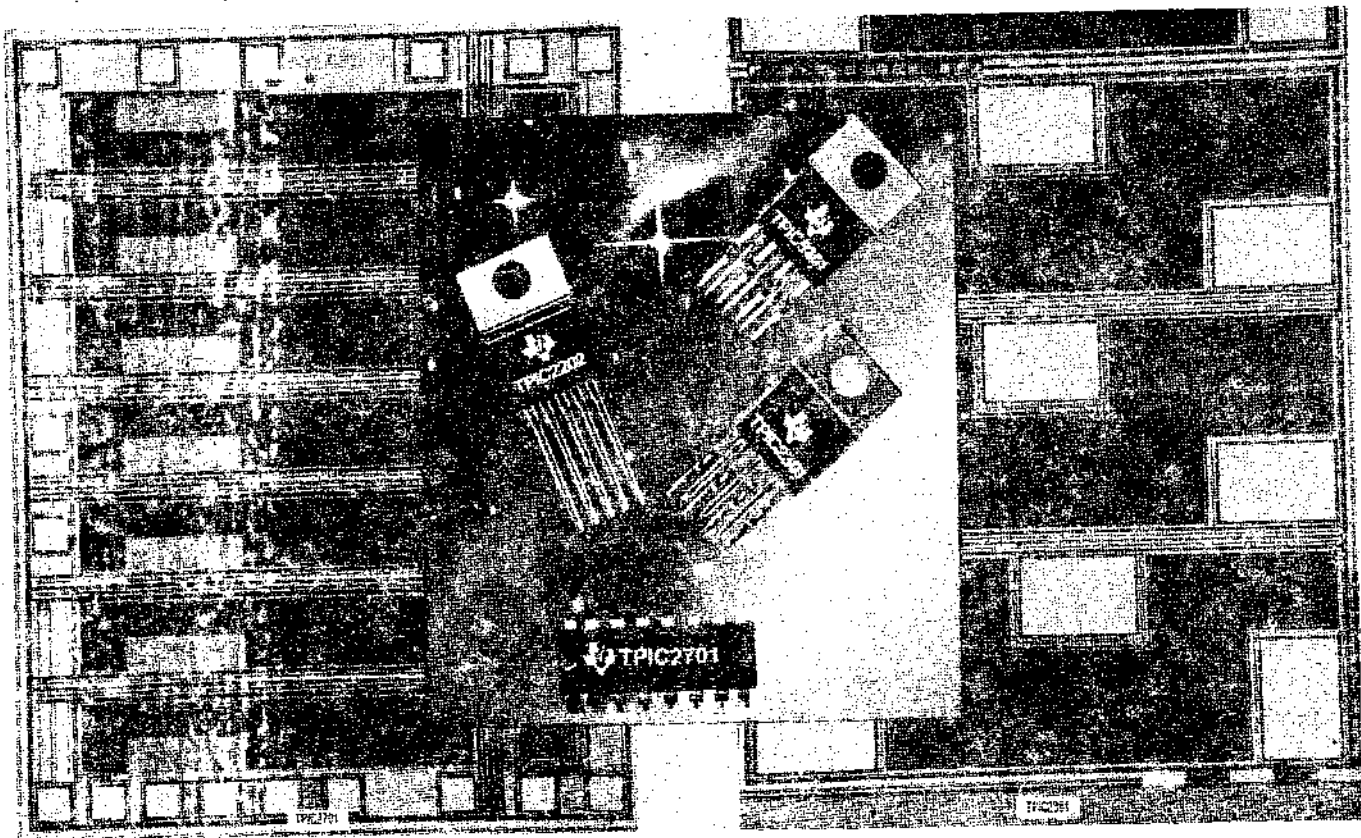


РИС. 1. В этих небольших корпусах размещаются целые матрицы мощных МОП-транзисторов, разработанные компанией Texas Instruments. В их числе 2- и 3-транзисторные матрицы TPIC5201, 2202 и 2301 в корпусах TO-220 (слева) и 7-транзисторная матрица TPIC2701 в двухрядном корпусе (правая фотография). Транзисторы в трех первых матрицах рассчитаны на напряжение 60 В и ток в непрерывном режиме 7,5 А, в четвертой — на 60 В и 500 мА.

го, поскольку все мощные МОП-транзисторы в матрицах компании TI расположены на одном кристалле, они имеют согласованные параметры по самому способу изготовления, благодаря чему хорошо подходят для таких схем на парных транзисторах, как мосты, схемы пропорционального тока и линейные усилители мощности. Например, дополнив одну из двухтранзисторных матриц контроллером с модуляцией ширины импульса (ШИМ-контроллером) и соответствующими пассивными компонентами, можно получить 30-Вт преобразователь постоянного тока в постоянный.

Два МОП-транзистора, входящие в состав ИС TPIC5201 в 7-контактном корпусе TO-220, полностью независимы друг от друга и имеют отдельные выводы стока, затвора и истока каждый, доступные для потребителя (рис. 2). Каждый из транзисторов или оба можно использовать в качестве «нижнего» или «верхнего» переключательного элемента. Следовательно, одну такую матрицу можно применять в полумостовой схеме, на паре матриц можно реализовать полную мостовую схему, а из трех матриц можно собрать мостовую схему трехфазного тока.

Чтобы уменьшить число выводов корпуса, все МОП-транзисторы в трех остальных матрицах сделаны с общим истоковым выводом. В результате их применение ограничено: их можно использовать только как «нижние» переключательные элементы. Двухтранзисторная ИС TPIC2202 выпускается в 5-контактном корпусе TO-220, трехтранзисторная ИС TPIC2301 — в 7-контактном корпусе TO-220, и семитранзисторная ИС TPIC2701 — в 16-контактном двухрядном корпусе (с допустимой рассеиваемой

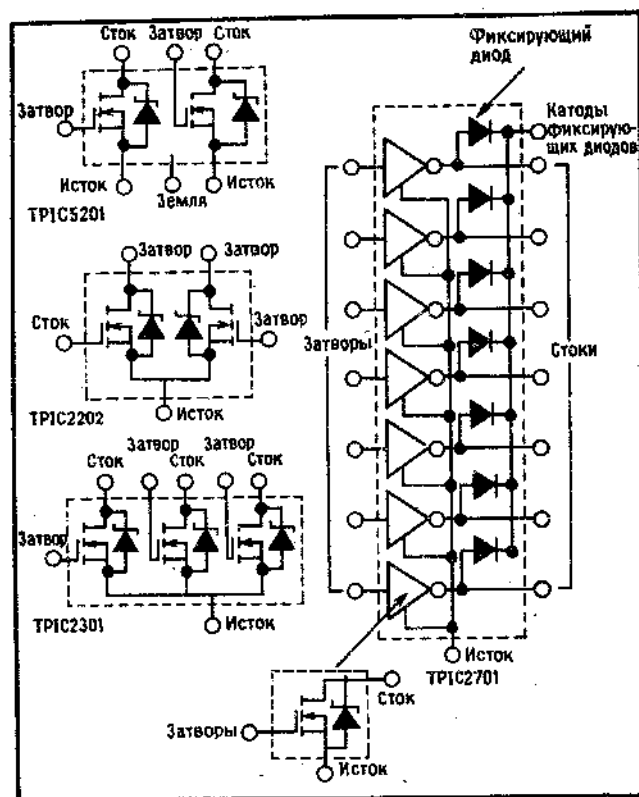


РИС. 2. В состав серии TPIC транзисторных матриц компании Texas Instruments входят кристаллы как с независимыми мощными МОП-приборами, так и с приборами, имеющими объединенные одноименные контакты. В матрице TPIC5201 имеются два мощных 60-В МОП-транзистора с горизонтальной структурой, абсолютно независимые друг от друга. Два транзистора в матрице TPIC2202, три транзистора в матрице TPIC2301 и семь транзисторов в матрице TPIC2701 имеют объединенные истоковые выводы.

мощностью 1,4 Вт при 25°C). Типовые области применения для этих МОП-транзисторов с объединенными истоковыми контактами включают управление осветительными лампами, соленоидами и небольшими электродвигателями. Пары таких транзисторов можно использовать в качестве «нижних» МОП-приборов в полумостовых схемах, тройки — в качестве «нижних» МОП-транзисторов в трехфазных мостиках, а также в качестве элементов управления тремя обмотками шаговых двигателей.

Как уже отмечалось выше, малое сопротивление новых МОП-транзисторов во включенном состоянии определяется 1-мкм технологией приборов с горизонтальной структурой, которая позволяет получать очень высокую плотность упаковки отдельных структурных элементов. Например, при температуре 25°C и напряжении затвор—исток 15 В сопротивления МОП-транзисторов во всех трех ИС в корпусах ТО-220 не превышают 125 мОм при номинальном паспортном токе 7,5 А (допустимое напряжение сток—исток в этом режиме равно 48 В). Это означает, что удельное сопротивление во включенном состоянии для каждого транзистора равно 2 Ом/см<sup>2</sup>, исходя из площади двухтранзисторного кристалла 12 см<sup>2</sup> и трехтранзисторного кристалла 18 см<sup>2</sup>. Аналогичное сопротивление каждого МОП-транзистора в 7-транзисторной матрице с площадью кристалла 14,6 см<sup>2</sup> составляет не более 800 мОм. При температуре 125 °C

соответствующее сопротивление для больших МОП-транзисторов достигает 210 мОм, для транзисторов меньшей площади оно поднимается до 1,3 Ом.

Прецизионная технология изготовления матриц обеспечивает также высокое быстродействие этих МОП-приборов. При переключении нагрузки в 6,7 Ом типовые задержки включения и выключения для двух- и трехтранзисторных матриц составляют соответственно 12 и 100 нс. А типовые времена нарастания и спада — 43 и 5 нс. Для 7-транзисторной матрицы ТРІС2701 при 100-Ом нагрузке задержки включения и выключения равны соответственно 10 и 30 нс, а типовые времена нарастания и спада — 15 и 5 нс.

Диод сток—подложка во всех МОП-транзисторах рассчитан на такие же токи в непрерывном режиме, как и сами транзисторы, при этом для него оговорено время восстановления обратного сопротивления для этого паспортного тока (типичное значение времени составляет менее 200 нс). Следовательно, во многих приложениях, предусматривающих переключение индуктивных нагрузок, эти диоды можно использовать в качестве демпферов. Более того, каждый МОП-транзистор в ИС ТРІС2701 имеет дополнительный фиксирующий диод, подключенный к стоку, причем катоды всех этих диодов объединены и выведены на отдельный контакт корпуса (вновь рис. 2). По своим параметрам эти диоды полностью идентичны диодам сток—подложка.

Как и для дискретных мощных МОП-транзисторов, для всех новых приборов в паспортных данных

приведены энергетические характеристики лавинного пробоя. Для транзисторов в корпусах ТО-220 энергия составляет 120 мДж/прибор, для транзисторов в двухрядном корпусе — 22 мДж/прибор. Кроме того, для всех новых матриц рабочий температурный диапазон составляет от -40 до +125°C.

В будущем планируется расширить состав семейства транзисторных матриц в 5- и 7-контактных корпусах ТО-220, включив в его состав спаренные МОП-транзисторы с объединенными стоковыми контактами для реализации «верхних» переключателей, а также спаренные транзисторы с внутренним включением по полумостовой схеме. Предполагается также выпуск четверок независимых транзисторов в двухрядных и однорядных корпусах и малогабаритных корпусах типа SOIC, которые дополняют одиночные и двойные Н-мостики. В свое время номенклатура используемых корпусов будет расширена, в том числе за счет корпусов для поверхностного монтажа; увеличится и число моделей самих транзисторов — в составе семейства предполагается выпускать приборы с меньшими и большими рабочими напряжениями, которые будут обладать своими достоинствами и недостатками.

Включение нескольких мощных транзисторов типа рассмотренных выше в состав микроконтроллерных кристаллов позволит реализовать автономные однокристалльные системы управления электродвигателями переменного тока и бесщеточными электродвигателями постоянного тока. Более того, габаритно-мощностные показатели таких электродвигателей вполне позволяют использовать их в целом ряде бытовых электроприборов. В другом варианте при помощи схем повышения напряжения на генераторах подкачки зарядов можно получить высоковольтные сигналы управления для всех мощных МОП-транзисторов в «верхнем» и «нижнем» включениях и для биполярных транзисторов с изолированным затвором (ИЗБТ-приборов) и реализовать однокристалльные системы управления для более мощных электродвигателей.

#### ЦЕНЫ И УСЛОВИЯ ПОСТАВКИ

По последним данным компании, цены на эти четыре матрицы мощных МОП-транзисторов на сегодняшний день следующие: в партиях по 1000 шт. 7-транзисторная матрица ТРІС2701 стоит менее 1,90 долл. за штуку, 3-транзисторная матрица ТРІС2301 — менее 1,60 долл. за 1 шт., а 2-транзисторные матрицы ТРІС2202 и ТРІС5201 — менее 1,15 долл. за штуку. Партии небольшого объема уже есть на складах. Крупномасштабные поставки начнутся с января 1993 г.

Texas Instruments Inc., Semiconductor Group (SC92073), P.O. Box 809066, Dallas, TX 75380-9066; Julie Holland, (214) 997-3815.