

Оптически изолированные ИС управления мощными МОП-транзисторами¹

Фрэнк Гудинаф

Оптически изолированные схемы управления мощными ДМОП-транзисторами обеспечивают на-
пряжения изоляции между входом и выходом до 2500 В эфф. Выходной сигнал за 45 нс заряжает до
15 В затворную емкость МОП-транзистора, составляющую 1000 пФ.

Резкий подъем в области изготовления МОП-транзисторов и биполярных транзисторов с изолированным затвором, происшедший в течение последних нескольких лет, стал толчком в развитии нового типа ИС — схем управления этими транзисторами (*Электроника*, 1993, № 1—2, «Методы, схемы, аппаратура»). Однако только немногие из этих ИС способны выдержать более 10—20 В между входом и выходом. Максимальное напряжение между входом и выходом для ИС подобного типа составляет 600 В. При таких значениях напряжения требуется использовать трансформатор. Кроме того, многие из этих схем не обладают достаточно высоким быстродействием. Они могут только включать и выключать МОП-транзисторы постоянным напряжением в тех случаях, когда эти транзисторы используются в качестве статических ключей (например, в источниках питания персональных компьютеров). Данные ИС нельзя применять в таких устройствах, как быстродействующие ШИМ-модуляторы.

Фирма Teledyne Components недавно разработала первые управляющие ИС, которые способны передавать высокоскоростные управляющие сигналы и благодаря использованию оптической связи обеспечивают высокое напряжение изоляции. Новые управляющие ИС фирмы Teledyne типов TC4803 (инвертирующая) и TC4804 (неинвертирующая) — это первые ИС семейства Optomos, характеризующиеся значениями напряжения изоляции между входом и выходом до 2500 В эфф. При этом они преобразуют 5-В выходные сигналы логических ИС в выходные импульсы с типичными напряжениями до 18 В и токами до 2 А (рис. 1).

Быстродействие новых ИС впечатляюще высокое. Если на их вход от логической ИС подается импульс с малым временем нарастания, то после задержки всего лишь 140 нс их выходные рпн-транзисторы могут зарядить до 18 В емкость затвора типичного мощного МОП-транзистора, составляющую 1000 пФ,

менее чем за 45 нс. Более того, при выключении, осуществляемом с помощью выходного двухтранзисторного (пушпульного) каскада, разряд емкости затвора управляемого МОП-транзистора происходит так же быстро. Для осуществления выключения в новой ИС используется МОП-транзистор, обеспечивающий в типичных случаях пиковый ток до 800 мА. После задержки между входом и выходом, составляющей 195 нс, он может разрядить 1000-пФ емкость затвора полевого транзистора от 18 до 1 В всего лишь за 60 нс. Обладая столь малыми значениями максимальных времен нарастания, спада и задержки, новые ИС позволяют создавать ШИМ-схемы, работающие с частотами переключения до 2 МГц. При включении входного светодиода ИС типа TC4803 переходит в нижнее, а ИС типа TC4804 — в верхнее логическое состояние. Выход ИС TC4803 находится в верхнем логическом состоянии, когда входной светодиод выключен, а выход ИС TC4804 при этом находится в нижнем логическом состоянии.

Как и в других ИС с оптической изоляцией, собранных в восьмивыводных корпусах типа miniDIP, входная часть управляющих ИС TC4803/04 состоит из светодиода. И, так же как в случае обычных оптических вентилях, излучаемые светодиодом фотоны проходят через прозрачную пластмассовую заливку к фотодиоду (рис. 1). Однако в ИС TC4803/04 фотодиод изготавливается в составе монолитной управляющей ИС, где генерируемые светом выходные ток и напряжение управляют быстродействующим дифференциальным усилителем (рис. 2). Выходной сигнал этого усилителя подается на вход первого из двух или трех инверторов. Инверторы управляют выходом пушпульного каскада, в котором используются вертикальный рпн-транзистор в качестве верхнего (открывающего) ключа и п-канальный МОП-транзистор, осуществляющий запирающее.

В выходном каскаде каждой схемы, управляющей верхним и нижним транзисторами, имеются схемы защиты от снижения напряжения ниже определенного предела. Эти схемы срабатывают при 7,8 В и имеют гистерезис, равный 0,5 В. Схема защиты обеспе-

¹ F. Goodenough. Optically isolated ICs turn on power MOSFETs rapidly, ED, 1992, No. 17, pp. 51, 52, 54.

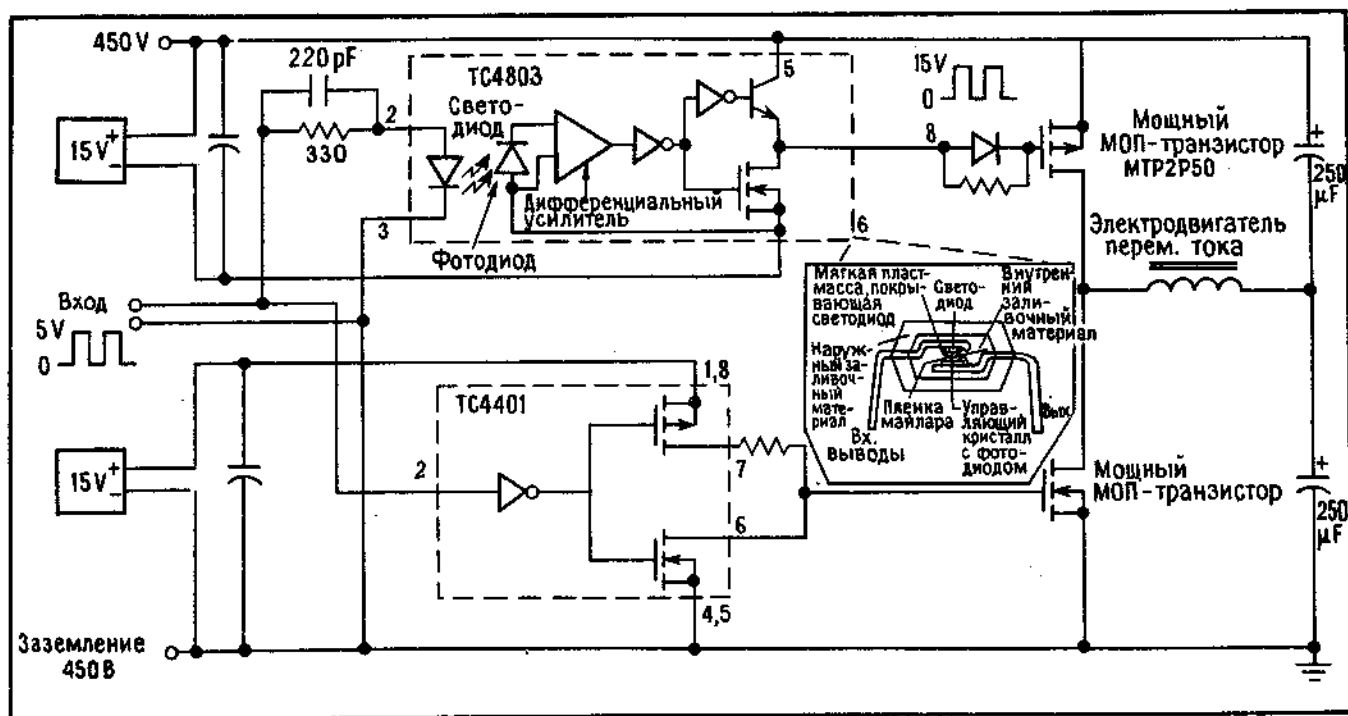


РИС. 1. В устройстве управления электродвигателями переменного тока управляющая МОП ИС TC4803 с оптической изоляцией заряжает 1000-пФ емкость затвора мощного МОП-транзистора МТР2Р50, рассчитанного на 500 В и 2 А. Инвертирующая схема преобразует 5-В импульсные сигналы от логической ИС в 15-В импульсные сигналы с длительностью переднего и заднего фронтов менее 60 нс. При этом обеспечивается оптическая изоляция между входом и выходом, рассчитанная на напряжение 2500 В эфф. Такая изоляция достигается благодаря разумной конструкции ИС: выходные импульсы света проходят через прозрачную заливочную пластмассу и пленку майлара к фотодиоду, расположенному на одном кристалле с быстродействующей управляющей МОП ИС (см. врезку).

чивает линейность при увеличении мощности и предохраняет от повреждения при слишком сильном снижении напряжения. Максимальный ток в ждущем режиме составляет 6 и 8 мА для верхнего и нижнего состояний на выходе соответственно. Интегральные схемы TC4803 и TC4804 отличаются друг от друга только числом инвертирующих каскадов.

Эти схемы изготовлены на основе разработанной фирмой Teledyne БикМОП-технологии с 5-мкм металлическими затворами. Их контактные площадки для выводов заземления и выходного сигнала отчетливо видны на каждой управляющей ИС, но нижняя сторона кристалла (подложки) связана с выводом 5 (вход высоковольтного сигнала, рис. 2). Так же как и во всех оптоэлектронных приборах, в управляющих ИС TC4803/04 тщательно отработаны технологии изготовления кристалла и сборки. Чтобы установить светодиод фирмы Hewlett-Packard и фотодиод с управляющей схемой на отдельных изолированных друг от друга участках выводной рамки, было разработано несколько новых технологических операций. Спектральные характеристики светодиода и фотодиода были подогнаны друг к другу, кристаллы сошлифованы с обратной стороны так, чтобы их толщина не превышала 300 мкм, а светодиод и фотодиод тщательно совмещены для того, чтобы обеспечить максимум передаваемой энергии.

Конструкция прибора

Чтобы сочетать максимальную передачу света с изоляцией по напряжению и механической прочно-

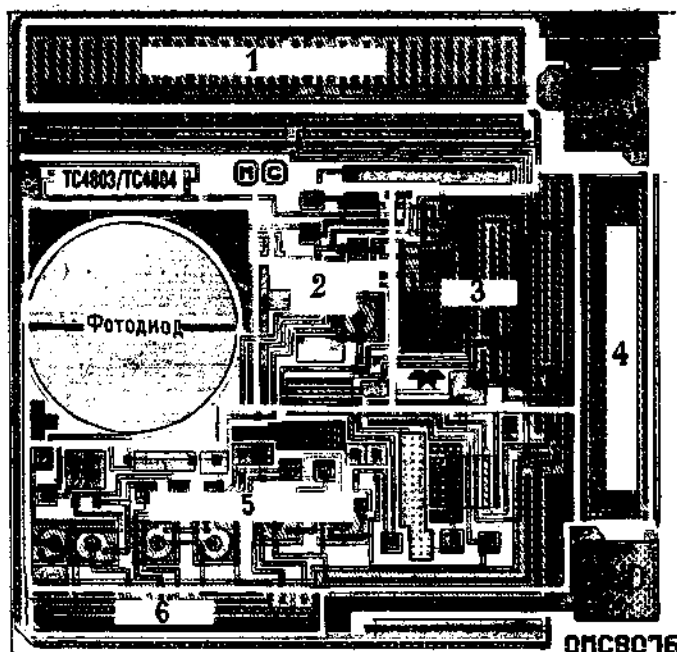


РИС. 2. Фотодиод, встроенный в ИС TC4803/04, преобразует свет от светодиода в напряжение/ток. Эти напряжение/ток воспринимаются и усиливаются дифференциальным усилителем, а затем преобразуются в скоростные импульсы, имеющие пиковое напряжение 15 В и ток 2 А, с помощью инверторов, а также верхнего и нижнего выходных транзисторов.

1. Верхний выходной p-канальный транзистор. 2. Защита от снижения напряжения. 3. Инверторы. 4. Нижний выходной n-канальный МОП-транзистор. 5. Входной дифференциальный усилитель. 6. Схемы смещения.

стью, при изготовлении используются три различных компаунда и три этапа заливки. Светодиод и его проволочные выводы заливаются мягким прозрачным пластическим материалом так, чтобы форма покрытия обеспечивала действие пластмассы в качестве грубой линзы. После монтажа кристалла на выводную рамку между светодиодом и ИС вводится пленка майлара, обеспечивающая напряжение изоляции не менее 2500 В эфф. Затем выводная рамка покрывается внутренним прозрачным заливочным материалом, после чего наносится внешний непрозрачный заливочный материал. Для обеспечения необходимого расстояния утечки, дающего возможность выдерживать напряжение 2500 В, входные выводы 2 и 3, ведущие к светодиоду, располагаются с одной стороны корпуса типа miniDIP, а выходные выводы (вывод питания 5, выходной вывод 8 и вывод заземления 6) располагаются с другой стороны корпуса miniDIP (рис. 1).

Данные ИС хорошо подходят для управления «верхним» транзистором в импульсных источниках питания и регуляторах электродвигателей, особенно в тех случаях, когда эти источники и регуляторы работают от сети переменного тока. Схемы управления TC4803/04 найдут также применение в цифровых связанных системах, где изоляция выхода от входа должна сочетаться с большими выходными управляющими сигналами. Они могут использоваться в качестве изолированных линейных схем управления и приемников в различных устройствах дистанционного управления и сетевых устройствах. К этим устройствам могут относиться различные системы, начиная от аппаратуры, осуществляющей управление процессами в условиях значительных шумов в производственных цехах, и кончая приборами, работающими в тихих операционных больничных палатах. Кроме того, благодаря невысокой цене эти схемы могут применяться в качестве статических переключателей, заменяя полупроводниковые или электро-механические реле. На первых порах их могут использовать разработчики, создающие свои собственные схемы управления с оптической изоляцией на основе дискретных приборов или имеющихся в прода-

же ИС с изоляцией рп-переходами или изолирующими трансформаторами.

В показанной на рис. 1 КМОП-схеме управления двигателями ИС TC4803 управляет верхним р-канальным МОП-транзистором MTP2P50 фирмы Motorola, рассчитанным на напряжение 500 В и ток 2 А, а не имеющая изоляции ИС TC4401 фирмы Teledyne Components управляет нижним п-канальным МОП-транзистором MTP2N50 фирмы Motorola. Один и тот же 5-В сигнал от логической ИС управляет обоими ИС — TC4803 и TC4401.

330-Ом резистор, включенный последовательно со входом, ограничивает ток через светодиод, в то время как конденсатор, включенный параллельно резистору, ускоряет прохождение сигнала. Включенные параллельно друг другу диод и резистор, расположенные между выходом TC4803 (вывод 8) и входом транзистора MTP2P50, а также резистор, включенный между выходом TC4401 (вывод 7) и входом транзистора MTP2N50, совместно с затворными емкостями этих мощных МОП-транзисторов обеспечивают задержки, позволяющие минимизировать сквозные токи (cross conduction), которые протекают в те опасные моменты, когда оба мощных МОП-транзистора полумостовой схемы, верхний и нижний, одновременно находятся в открытом состоянии.

Цены и условия поставки

Инвертирующая (TC4803) и неинвертирующая (TC4804) оптически изолированные схемы управления МОП-транзисторами рассчитаны на работу в температурном диапазоне для коммерческой аппаратуры (от 0 до 70°C) и в расширенном диапазоне температур для промышленной аппаратуры (от -40 до 85°C). Они выпускаются в пластмассовых восьмивыводных корпусах типа miniDIP. При продаже партиями в 1000 шт. цена ИС для коммерческой аппаратуры составляет 1,82 долл. Небольшие партии поставляются со склада изготовителя.

✓ Teledyne Components, 1300 Terra Bella Ave. Mountain View CA 94039-7267; Wes Freeman, (415) 968-9241.