

# Новая интегральная микросхема драйвера 2ED02012-F

для IGBT/MOSFET-транзисторов на основе технологии встроенного трансформатора без сердечника (CLT – Coreless Transformer)

Окончание. Начало см. в журнале «Силовая электроника» № 2'2007

Приведены примеры построения внешней схемотехники для ИМС-драйвера 2ED02012-F и описание работы его функций по защите.

**Николай Лишманов**

Nikolay.Lishmanov@symmetron.ru

**Андрей Копылов**

Andrei.Kopylov@symmetron.ru

**по материалам**

**А. Волке, М. Хорнкамп, Б. Стрзалковски**

### Возможные реализации цепи электропитания драйвера

Классическим решением для питания драйвера верхнего плеча считается «бутстрепная» схема. Как вариант, можно применить плавающее питание от отдельного источника питания. В первом приближении «бутстрепная» цепь состоит из диода и конденсатора (рис. 10). Выбор их параметров зависит от следующих факторов:

- Обратное напряжение диода должно превышать напряжение питающей шины инвертора. Например, для системы, работающей от 800 В постоянного тока, наилучшим образом подойдет диод с номинальным напряжением 1200 В.
- Напряжение на конденсаторе должно быть больше по значению, чем минимальное пороговое рабочее напряжение драйвера. Величина емкости мо-

жет быть с достаточной точностью определена по приведенной ниже формуле:

$$C \geq 30 \frac{2Q_G + \frac{I_q + I_L}{f_s}}{V_{DD} - V_F - V_{CE}}, \quad (1)$$

где  $Q_G$  — заряд затвора управляемого IGBT или MOSFET;  $I_q$  — ток покоя микросхемы драйвера;  $I_L$  — ток утечки конденсатора (стоит учитывать только для электролитических конденсаторов);  $f_s$  — частота переключения;  $V_{DD}$  — напряжение питания;  $V_F$  — прямое падение на «бутстрепном» диоде;  $V_{CE}$  — падение напряжения на переходе коллектор-эмиттер IGBT или сток-исток MOSFET-транзистора нижнего плеча.

В инверторах средней мощности драйвер нижнего плеча может работать и в условиях колебаний напряжения в нейтрали. И, тем не менее, выводы драйвера GND и GNDL необходимо соединять с основной схемой инвертора максимально короткими проводниками (рис. 11). При таком подключении паразитное влияние помех значительно снижается. Таким образом, в этом случае организация электрической опорной «земли» драйвера будет корректна.

#### Например:

- Если не используется шунтирующий резистор, то общая точка драйвера должна быть соединена с эмиттером IGBT или истоком MOSFET нижнего плеча.
- При наличии шунтирующего резистора общая точка драйвера все равно привязана к эмиттеру или истоку транзистора нижнего плеча и отделена, соответственно, от точки заземления микроконтроллера этим резистором. Такое подключение гарантирует, что ток через резистор, вызывающий падение напряжение на нем, не будет открывать транзистор.

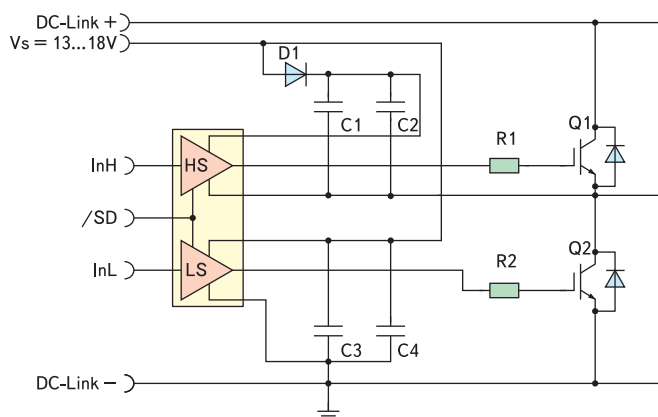


Рис. 10. «Бутстрепная» цепь питания драйвера

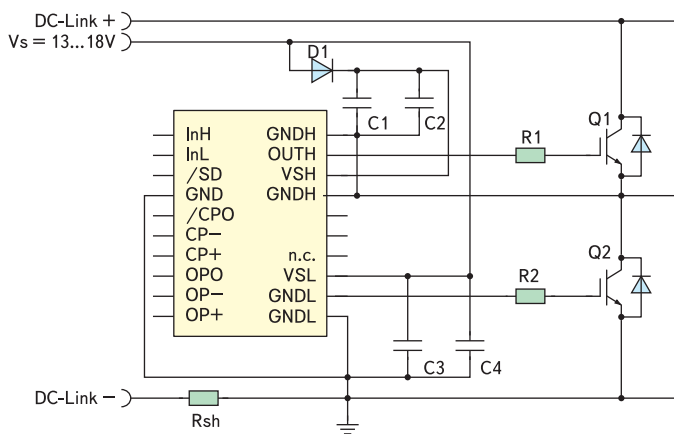


Рис. 11. Схема привязки опорной «земли» к эмиттеру транзистора нижнего плеча

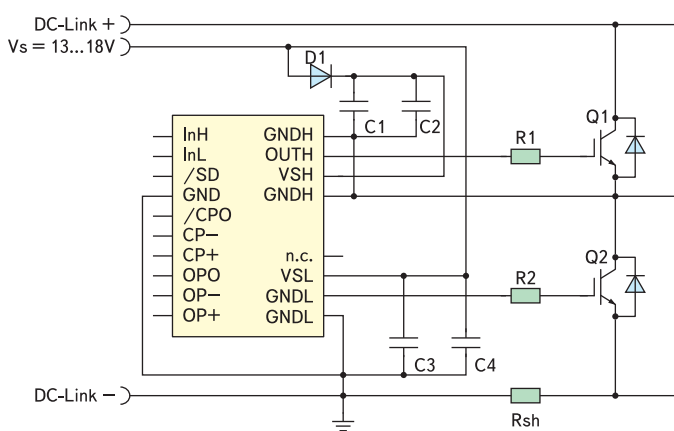


Рис. 12. Пример схемы привязки опорной «земли» к отрицательной шине питания

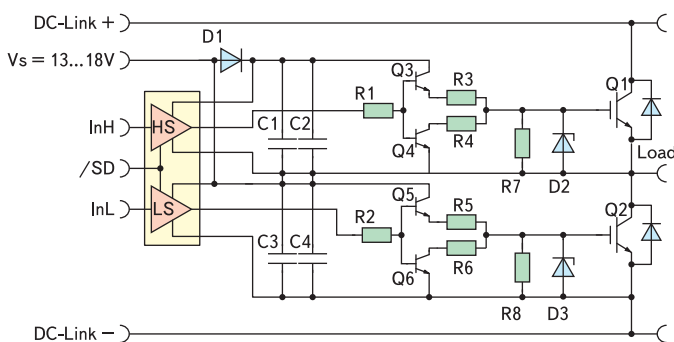


Рис. 13. Пример схемы буферного усилителя

В противном случае общая точка драйвера находится на одном потенциальном уровне с точкой заземления микроконтроллера, а шунтирующий резистор будет работать как общий эмиттерный или истоковый резистор.

В маломощных преобразователях и даже в системах средней мощности на базе драйвера 2ED020I12-F в цепи затворов IGBT или MOSFET устанавливаются резисторы, номинал которых можно вычислить по формуле:

$$R_{G(\min)} = \Delta V_{GE} / I_{G(\max)}, \quad (2)$$

где  $R_{G(\min)}$  — минимальное сопротивление резистора затвора с учетом встроенного резистора драйвера или IGBT/MOSFET, если таковой имеется;  $\Delta V_{GE}$  — максимальный уровень напряжения;  $I_{G(\max)}$  — максимально допустимый пиковый ток затвора.

Для однополярного управления 0 В/15 В  $\Delta V_{GE} = 15$  В. Падение напряжений на элементах цепи вольтдобавки (такие как  $V_F$  и  $V_{CE}$ ) также снижает суммарное максимальное напряжение.

Некоторые решения в областях средней мощности могут потребовать ток управления больший, чем +1 А / -2 А. В таком случае це-

лесообразно применить буферный усилитель, схема которого приведена на рис. 13.

### Внутренний набор функций защиты драйвера

Встроенные операционный усилитель (ОУ) и компаратор, о которых упоминалось ранее, позволяют реализовать функции определения токовой перегрузки (ТП) и тока короткого замыкания (ТКЗ). На рис. 14 показан пример модуля с открытым эмиттером, в котором в нижнем плече каждого полумоста установлен добавочный резистор. В случае перегрузки или короткого замыкания (КЗ) положительного плеча резистор работает как датчик тока, и сигнал с него через ОУ поступает на компаратор, опорный уровень которого задается резисторами R7 и R8. Таким образом, микросхема драйвера может быть задействована не только для управления силовыми ключами, но и для активного мониторинга неисправностей и режимов. А значит, отпадает необходимость в установке дополнительных внешних ОУ и компараторов.

Кроме того, преобразователь чаще всего представляет собой нечто более сложное, чем простой полумост. Соответственно и число драйверов возрастает до 2–3 и более. Имея в своем распоряжении несколько ОУ и компараторов (например для трехфазного моста), можно реализовать независимый мониторинг как перегрузки, так и КЗ (рис. 15). Более того, очень просто задать приоритет поступления сигналов, изменяя постоянные времени цепочек R6, C2 и R7, C3.

Для исключения одновременного открытия обоих плеч полумоста, а также появления ложного сигнала с микроконтроллера или из-за помехи, 2ED020I12-F содержит встроенную блокировочную функцию, предотвращающую КЗ полумоста. Кроме того, микросхема определяет просадки напряжения и ограничивает воздействие на то плечо инвертора, уровень питания которого не соответствует номиналу. Это предотвращает работу мощных ключей в режимах со значительными потерями, повышая таким образом надежность и эффективность. На логических входах ИМС установлены цифровые фильтры низкой частоты (ЦФНЧ). Такое решение обеспечивает устойчивость системы в целом к различного рода помехам, при этом не ухудшая ее быстроты действия.

Кроме того, интересным достоинством 2ED020I12-F является наличие логического входа общего управления, который позволяет включать в работу или полностью отключать оба плеча инвертора. Этим входом можно управлять, например, через звено задержки, принципиальная схема которого приведена на рис. 16. Постоянная времени такого триггера определяется соотношением

$$t = R3 \times C4. \quad (3)$$

Входной сигнал на вывод Trigger in может поступать со схем слежения, приведенных на рис. 14 и 15.

**Возможные внешние дополнительные цепи защиты**

Кроме рассмотренных выше мероприятий в некоторых случаях можно вводить дополнительные внешние цепи, улучшающие характеристики системы:

- Резистор  $R_{GE}$  между затвором и эмиттером предотвращает неконтролируемый разряд входной паразитной емкости  $C_{ies}$  IGBT или MOSFET.
- Ограничительный стабилитрон, установленный между затвором и эмиттером, ограничивает управляющее напряжение  $V_{GE}$  на безопасном уровне (рис. 17).

**Обзор перспектив**

В настоящее время разработки направлены на совершенствование ИМС-драйверов IGBT и MOSFET с использованием CLT-микротрансформаторов со стойкостью изоляции 1200 В. Тем не менее, сочетание прочной изоляции, высокой надежности и низкой производственной стоимости является привлекательным для построения высококачественных аналого-цифровых преобразователей (АЦП). В частности, разработан сигма-дельта АЦП на основе технологии CLT. Его применение совместно с датчиком тока, индивидуальным для каждого плеча инвертора, независимый контроль напряжений на элементах схемы и уровня питания позволяют увеличить надежность и гибкость всей системы, не расширяя номенклатуру деталей и, следовательно, снижая общую стоимость конструкции.

**Заключение**

Огромный потенциал технологии CLT, реализованный в микросхеме 2ED020I12-F — как в драйверном режиме, так и при использовании в качестве АЦП с высококачественной изоляцией, предоставляет разработчикам дополнительные преимущества при построении мало- и средномощных систем благодаря удобству, простоте, высокой надежности и глубокой интеграции множества необходимых элементов в одном компактном корпусе.

**Литература**

1. Münzer M. Coreless transformer a new technology for half bridge driver IC's. PCIM Nuremberg. Eupec GmbH. 2003.
2. Hornkamp M. Current shunt resistors integrated in IGBT power modules for medium power drive application. PCIM China. Eupec GmbH. 2004.
3. Strzalkowski B. Silesian University of Technology: Analysis of features, optimizing and model building of highly isolated planar transformer, integrated on chip and manufactured in BiCMOS semiconductor process. PhD Thesis. 2004.
4. EiceDRIVER™ 2ED020I12-F Datasheet and Application. Eupec GmbH. <http://www.eicedriver.com>. 2003.
5. National Semiconductor: LMC555. <http://www.national.com>. 2002.

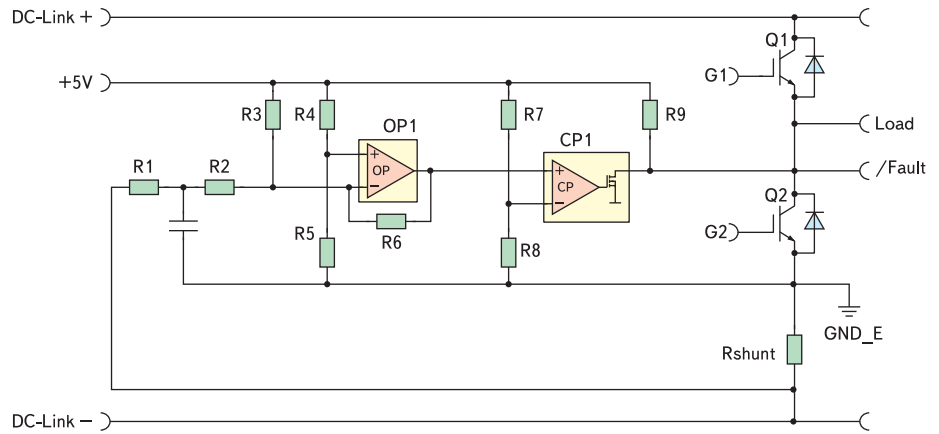


Рис. 14. Детекторы ТП и ТКЗ

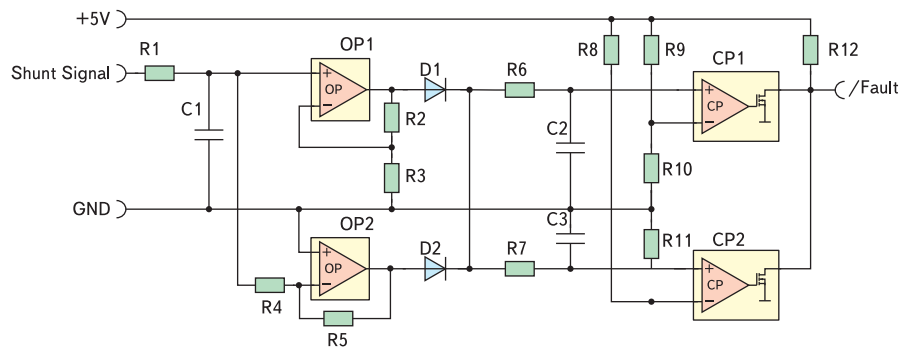


Рис. 15. Организация детекторов ТП и ТКЗ в многофазных цепях

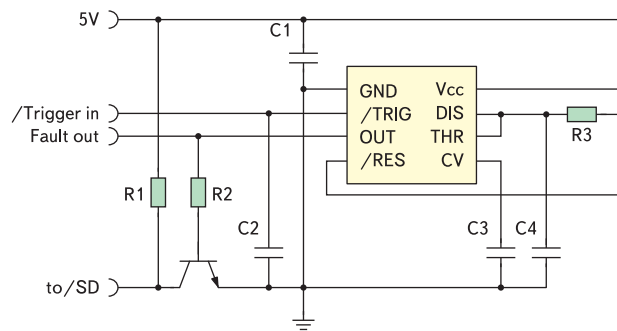


Рис. 16. Триггерная схема блокировки неисправности на ИМС LMC 555

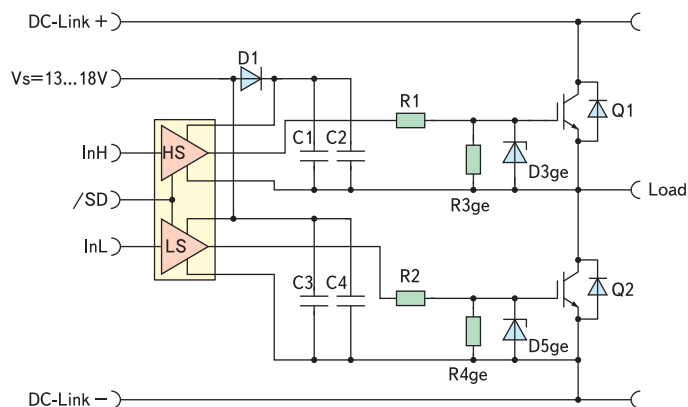


Рис. 17. Примеры дополнительных внешних защитных цепей