

## МИКРОСХЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ТИРИСТОРНОГО ЭФФЕКТА

© 2016 г. Р.А. ФЁДОРОВ, В.В. КОНЯХИН

НПК «Технологический Центр», г. Москва  
e-mail: R.Fedorov@tcen.ru

В эпоху новых технологий и космических исследований, остро стоит вопрос снижения риска отказа аппаратуры, используемой в космической технике. Высокая стоимость и сложность устройств, предъявляет особые требования к их надежности. На первый план вышла задача по увеличению сроков активного существования космических аппаратов с нынешних 3 - 5 лет до 10 - 12 при размещении радиоэлектронной аппаратуры не в гермоконтейнере, а на открытой платформе космического аппарата [1]. В условиях радиационного облучения наиболее опасное воздействие на микросхемы оказывает эффект тиристорной защелки, обусловленный возникновением паразитных биполярных транзисторов на основе КМОП структур, образующих паразитный тиристор. Определенные внешние факторы, в частности воздействие тяжелых заряженных частиц, могут приводить к отпираанию и фиксации этого тиристора в открытом состоянии, что вызывает быстрое нарастание тока потребления с последующим тепловым разрушением микросхемы [2–4].

В НПК «Технологический центр» были разработаны микросхемы 1469TK025 и 1469TK035, которые предназначены для защиты микросхем от возникновения тиристорного эффекта [5]. Принцип работы основан на контроле тока потребления защищаемых микросхем и отключении питания этих микросхем при превышении заданного уровня тока потребления.

Микросхемы 1469TK025 и 1469TK035 имеют следующие особенности:

- 1469TK025 изготовлена по КМОП-технологии «кремний на изоляторе» с топологическими нормами 0,25 мкм;
- 1469TK035 изготовлена по КМОП-технологии объемного кремния с топологическими нормами 0.18 мкм;
- напряжение питания 3.3 В  $\pm$  10%;
- ток потребления не более 1.5 мА;
- внутренний мощный ключ с максимальным рабочим током до 500 мА для 1469TK025 и 1000 мА для 1469TK035;
- температурный диапазон от минус 60 °С до 85 °С;
- задаваемый порог срабатывания защиты от тиристорного защелкивания;
- задаваемые время реакции и время отключения питания при защите от тиристорного эффекта;
- аналоговое регулирование тока нагрузки при срабатывании защиты;
- опциональный дополнительный уровень защиты от тиристорного защелкивания;
- сторожевой таймер с задаваемым временем ожидания;
- сигнализация при срабатывании защиты от тиристорного защелкивания и переходе в режим ожидания сторожевого таймера;
- возможность внешнего управления;
- защита микросхемы от кратковременных сбоев питания;
- разрешение для применения в специальной аппаратуре.

При работе в автоматическом режиме микросхема:

- отслеживает превышение заданного порога напряжения на шунте;
- при превышении заданного порога включает ограничение тока нагрузки;
- при снижении тока нагрузки снимает ограничение и восстанавливает питание защищаемых микросхем;
- при превышении порога срабатывания защиты в течение заданного времени полностью отключает питание защищаемых микросхем;
- с момента полного отключения через заданный интервал времени восстанавливает питание;
- если разрешена работа сторожевого таймера, отслеживает наличие импульсов на входе сторожевого таймера, а при их отсутствии в течение заданного времени выключает питание защищаемых микросхем.

Ток срабатывания защиты  $I_{CPAB}$  определяется номиналом внешнего токосъемного резистора  $R_{ИЗМ}$ , а так же заданными порогами срабатывания и рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{CPAB} = \frac{0.1}{R_{ИЗМ}}$$

Установка задержек срабатывания защиты по току и по сторожевому таймеру осуществляется путем выбора значений емкостей внешних конденсаторов, определяющих частоту соответствующих генераторов микросхемы.

Предусмотрена возможность внешнего управления микросхемой с помощью выводов PWoff, Control и WD\_En.

Микросхема имеет два информационных выхода, позволяющих внешним системам управления фиксировать наличие события срабатывания защиты от тиристорного защелкивания (выход Compare) и окончания времени ожидания сторожевого таймера (выход WD\_St). Рекомендуемая схема включения микросхемы представлена на рис. 1.

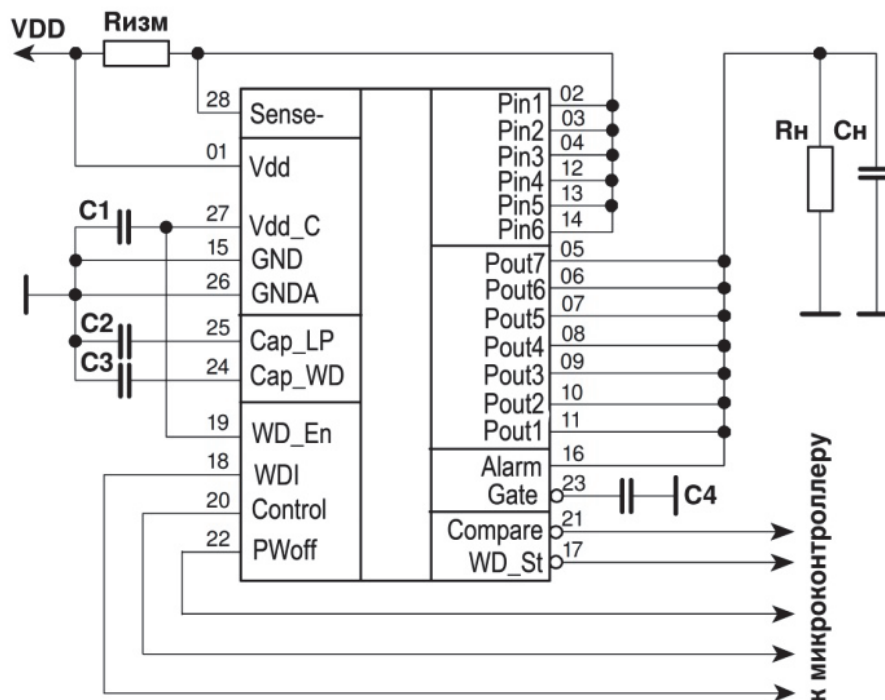


Рис. 1. Рекомендуемая схема включения микросхемы.

На рис. 1  $R_{изм}$  - низкоомный резистор, предназначен для отслеживания уровня потребляемого нагрузкой тока,  $R_n$ ,  $C_n$  — эквивалентная нагрузка,  $C1$  - керамический или полярный электролитический конденсатор, заряд которого обеспечивает нормальное функционирование микросхемы на время нарушения работы основного источника питания  $V_{dd}$ ,  $C2$  - керамический конденсатор, емкость которого определяет частоту тактового генератора, синхронизирующего работу схемы управления защитой от тиристорного защелкивания,  $C3$  - керамический конденсатор, емкость которого определяет частоту тактового генератора сторожевого таймера,  $C4$  - конденсатор емкостью 2 нФ для подавления высокочастотных помех на затворе внутреннего ключа.

При отключенной функции сторожевого таймера выводы WDI, Cap\_WD и WD\_St можно не подключать. МРЗ имеет два информационных выхода типа «открытый сток», позволяющих внешним системам управления определять факты срабатывания защиты от тиристорного защелкивания и истечение времени ожидания сторожевого таймера.

Для проверки микросхемы после изготовления в НПК «Технологический центр» был разработан и создан контрольно-диагностический стенд на базе оборудования компании *National Instruments*. Стенд позволяет проводить автоматизированные аналоговые и цифровые измерения, как в составе пластин, так и в корпусном исполнении. Микросхемы успешно прошли испытания и выпускаются с категорией качества ВП. Оба варианта выполнены в корпусе 5123.28-1.01.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России  
в рамках договора 01.G25.31.0126.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чумаков А.И., Васильев А.Л., Козлов А.А., Кольцов Д.О., Крицкий А.В., Печенкин А.А., Тараксин А.С., Яненко А.В. Прогнозирование локальных радиационных эффектов в ИС при воздействии факторов космического пространства // Микроэлектроника, 2010. - том 39, № 2, с. 85–90.
2. Чумаков А.И. Действие космической радиации на ИС // Радио и связь, 2004. 320 с.
3. Holmes\_Siedle A., Adams L. Handbook of Radiation Effects // Oxford university press, 1993. 479 p.
4. Messenger G.C., Ash M.S. Single Event Phenomena -N.Y.// Chapman&Hall, 1997. 368 p.
5. Коняхин В.В., Денисов А.Н., Федоров Р.А., Вильсон А.Л., Бражников С.С., Коновалов В.С., Малашевич Н.И., Росляков А.С. Микросхемы для аппаратуры космического назначения. Практическое пособие. Под общ. ред. Саурова А.Н. – М.: Техносфера, 2016 г. – 388 с., ISBN 978-5-94836-439-1.