НОВОСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ

№3 (67), 2009 г.

Информационно-технический журнал.

Учредитель – ЗАО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-19835

Редактор:
Геннадий Каневский
vesti@compel.ru
Выпускающий редактор:
Анна Кузьмина

Редакционная коллегия:
Андрей Агеноров
Алексей Гуторов
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Валерий Куликов
Александр Райхман
Борис Рудяк
Игорь Таранков
Илья Фурман

Дизайн, графика, верстка:
Елена Георгадзе
Владимир Писанко
Евгений Торочков

Распространение:
Анна Кузьмина

Электронная подписка:
www.compeljournal.ru

Отпечатано:
«Гран При»
г. Рыбинск

Тираж – 1500 экз.
© «Новости электроники»
Подписано в печать:
26 февраля 2009 г.

СОДЕРЖАНИЕ

АНАЛОГОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ

Микросхемы интерфейсов RS-485 с дополнительными функциями (Maxim) *Евгений Звонарев* 3

Параллельно-последовательные преобразователи SN65HVS88x с цифровым входом для индустриального применения (Texas Instruments) *Павел Ильин* 7

Продукция для USB-интерфейсов производства STMicroelectronics, Maxim и Texas Instruments *Константин Староверов* 9

Приемопередатчики для сетей CAN производства NXP, Texas Instruments и Maxim *Дмитрий Цветков* 14

УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ

Контроллеры корректоров коэффициента мощности (STMicroelectronics) *Дмитрий Еськин* 17

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Альтернативная энергетика и электротранспорт – будущее силовой электроники (Semikron) *Андрей Колпаков* 21

ДИСКРЕТНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ

Полуваттные PLCC-светодиоды компании Edison Opto *Игорь Елисеев* 24

ВЕХИ ЭЛЕКТРОНИКИ

10 ведущих инженеров-разработчиков аналоговых устройств *Ванесса Ниветт* 26

В СЛЕДУЮЩИХ НОМЕРАХ

- Модульные источники питания компании TDK-Lambda: закрытого и открытого исполнения, на DIN-рейку, для жестких условий эксплуатации, повышенной надежности
- Продуция ON Semiconductor: CAN- и LIN-интерфейсы, симисторы, драйверы светодиодов и др.
- Продукция компании OMRON: датчики, реле, решения для промышленной автоматизации

Если вы хотите предложить интересную тему для статьи в следующий номер журнала – пишите на адрес *vesti@compel.ru* с пометкой «Тема в номер».

ОТ РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели!

Попробуйте отгадать небольшую загадку. Думаю, для вас, как для специалистов, найти ответ не составит особого труда.

Некий разработчик, назовем его X, работая по заданию заказчика Y, после многих бессонных ночей и нескольких гениальных прозрений сконструировал электронный прибор. Наступил день приемки заказчиком. Прибор безупречно регистрировал информацию и обрабатывал ее. Но заказчик Y кинул беглый взгляд на нижнюю часть задней панели и отправил прибор на доработку.

Не буду мучить вас. Ответ прост: отсутствовал необходимый интерфейс.

Передача данных по сети — один из краеугольных камней современной электроники. При этом под словом «сеть» сегодня понимают не только TCP/IP-паутину компьютеров, но и объединение встраиваемой электроники промышленных устройств. Нынешние интерфейсы реализуют не только необходимую скорость передачи данных, но и надежность и предсказуемость времени их передачи. В больших сетях это называют технологией уровня обслуживания, и элементы этой технологии мы находим сегодня даже в интерфейсах «полевого» уровня, каковым является, например, интерфейс **CAN.** Этот стандарт промышленной сети, ориентированный на объединение различных исполнительных устройств и датчиков, обеспечивает поддержку технологии приоритезации передачи сообщений, при сбоях в работе отдельных CAN-узлов они отключаются от сети.

Продолжается и совершенствование так называемых «унаследованных» промышленных интерфейсов, что позволяет поддерживать их уровень надежности в соответствии с современными требованиями. Гальваническая развязка, управление скоростью нарастания сигнала для снижения радиопомех дополнили облик привычного «консервативного» последовательного промышленного интерфейса **RS-485/RS-422.** Современные трансиверы для таких интерфейсов обретают «интеллектуальные» функции в виде, например, технологии AutoDirection для автоматического определения направления приема/передачи информации. Это позволяет упростить схему управления интерфейсом и снизить количество компонентов на плате.

Широкое внедрение в промышленную автоматизацию компьютерных архитектур для встроенных систем управления «одело» в рабочую спецовку высокоскоростной интерфейс **USB** (его последняя версия 3.0 обеспечивает скорость до 5 Гбит/с). Но и 1,5 Мбит/с (*Low-Speed*) и 12 Мбит/с (*Full-Speed*) USB 1.1, расширение спецификации USB 2.0 USB OTG (*On-The-Go*), возможность запитывания подключаемых устройств через интерфейс USB, а также расширяющаяся экосистема поддержки этого интерфейса — все уже сейчас привлекает к технологии USB разработчиков промышленной электроники.

CAN, RS-485/RS-422, USB — все это темы нынешнего выпуска нашего журнала. Все упомянутые в статьях микросхемы вы можете приобрести уже сегодня и внедрить в собственные разработки.

Как всегда, ждем ваших писем с предложениями и замечаниями.

С уважением,
Геннадий Каневский

Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

МИКРОСХЕМЫ ИНТЕРФЕЙСОВ RS-485 С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Интерфейс RS-485/RS-422 *– широко применяемый стандарт электроники, всегда остающийся актуальным. Компания* ***Maxim Integrated Products*** *постоянно развивает линейку интерфейсных микросхем этого стандарта, добавляя новые функции и улучшая параметры. В статье рассмотрена новинка – линейка интерфейсных микросхем* ***MAX1341xE*** *со встроенным LDO-стабилизатором, и популярная интерфейсная микросхема* ***MAX845*** *для создания гальванически развязанных источников питания.*

Последовательными интерфейсами стандартов RS-485/RS-422 оснащены многие современные компьютерные системы промышленного назначения. Парк работающего оборудования, обменивающегося информацией по протоколам RS-485 или RS-422, огромен. Применение интерфейсных микросхем этих стандартов активно продолжается и в новых разработках.

MAX1341xE – серия интерфейсных микросхем RS-485/RS-422 со встроенным LDO-стабилизатором и функцией AutoDirection

Для реализации изолированного интерфейса RS-485/RS-422 необходим дополнительный источник питания с гальванической развязкой. Серия MAX1341xE содержит встроенный LDO-стабилизатор, благодаря которому появляется возможность снизить требования к стабильности и точности выходного напряжения дополнительного DC/DC-преобразователя с гальванической изоляцией. На рисунке 1 показаны структурные схемы трансиверов RS-485/RS-422 со встроенным LDO-стабилизатором. Кроме того, микросхемы MAX13412E и MAX13413E имеют дополнительную функцию AutoDirection (автоматическое определение направления передачи информации). Встроенный LDO-стабилизатор обеспечивает необходимую точность и стабильность выходного напряжения при входном интервале от 6 до 28 В. При высоком входном напряжении на регулирующем транзисторе LDO-стабилизатора будет рассеиваться довольно большая мощность. По этой причине интерфейсные микросхемы серии MAX1341xE выпускаются в корпусе 8 SO-EP (EP = Exposed Paddle) с металлическим основанием, которое должно припаиваться к шине общего провода для более эффективного отвода тепла. Основные параметры микросхем MAX1341xE сведены в таблицу 1. Трансиверы MAX13412E и MAX13413E имеют также дополнительный выход LDO-стабилизатора 20 мА для питания внешних дополнительных схем, что позволяет уменьшить количество внешних компонентов. Все выходы драйверов защищены от электростатических разрядов (ESD). Трансиверы MAX13410E и MAX13411E имеют степень защиты ±14 кВ (Human Body Model – модель тела человека), у приемопередатчиков MAX13412E и MAX13413E этот параметр имеет значение ±15 кВ. Микросхемы MAX13410E и MAX13412E оснащены драйверами с пониженной скоростью нарастания выходного напряжения. Это снижает радиопомехи и обеспечивает передачу и прием без ошибок до максимальной скорости 500 кбит/с. Полноскоростные трансиверы MAX13411E и MAX13413E имеют максимальную скорость обмена до 16 Мбит/с. Все рассматриваемые микросхемы имеют индустриальный диапазон рабочих температур -40…85°C.

Серия MAX1341xE состоит из четырех трансиверов. Две микросхемы MAX13412E и MAX13413E кроме встроенного LDO-стабилизатора имеют дополнительную функцию AutoDirection – автоматическое определение направления приема/передачи информации, что позволяет упростить схему управления и отказаться от одного оптрона для гальванической развязки сигналов, подключенных к микроконтроллеру. Это проиллюстрировано на рисунках 2 и 3. На рисунке 2 интерфейсная схема содержит

В семействе интерфейсов RS-485/RS-422 и сегодня появляются новые микросхемы этого популярного стандарта. Они реализуют дополнительные функции, позволяющие уменьшить количество внешних компонентов и размеры печатной платы, снизить потребляемую мощность и минимизировать стоимость всего устройства.

Таблица 1. **Параметры трансиверов RS-485 со встроенными LDO-стабилизаторами**

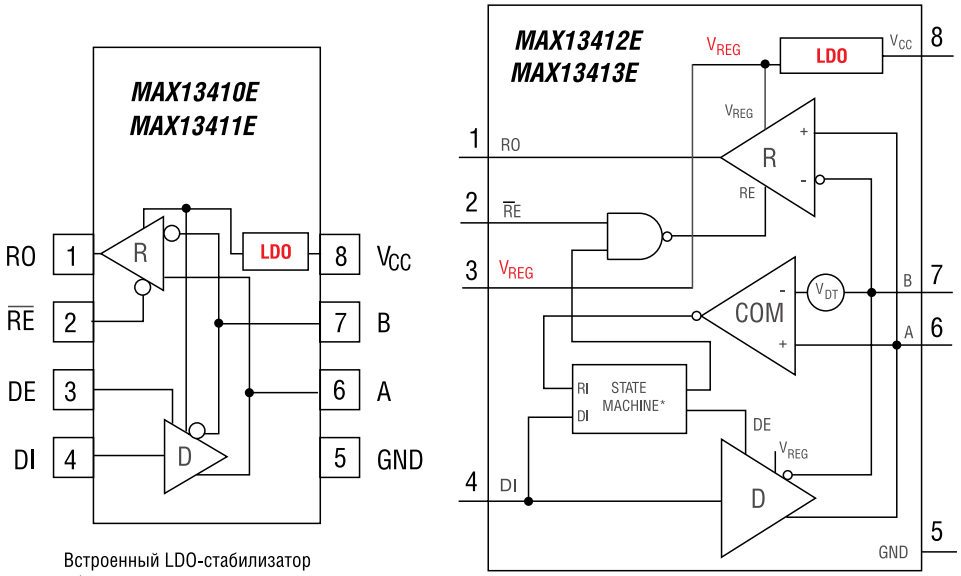
Наименование	AutoDirection*	Скорость передачи, (макс.)	Ограничение скорости нарастания напряжения	Корпус
MAX13410EESA+	–	500 кбит/с	+	8 SO-EP**
MAX13411EESA+	–	16 Мбит/с	–	8 SO-EP**
MAX13412EESA+	+	500 кбит/с	+	8 SO-EP**
MAX13413EESA+	+	16 Мбит/с	–	8 SO-EP**

*AutoDirection – автоматическое определение направления передачи/приема информации.
**EP – Exposed Paddle – металлическое основание корпуса (теплоотвод) для припаивания к общему проводу.

Таблица 2. **Трансформаторы Halo Electronics и Pulse Engineering для DC/DC на основе драйвера MAX845**

SMD (поверхностный монтаж)	DIP (монтаж в отверстия)	Соотношение витков обмоток*	Напряжение изоляции (Vrms)	Диапазон рабочих температур, °C
TGM-210NS (Halo)	TDM-210NE (Halo)	2:1	2000	-40…85
TGM-220NS (Halo)	TDM-220NE (Halo)	8:3		
TGM-230NS (Halo)	TDM-230NE (Halo)	4:3		
TGM-240NS (Halo)	TDM-240NE (Halo)	3:4		
TGM-250NS (Halo)	TDM-250NE (Halo)	1:1		
TGM-280NS (Halo)	TDM-280NE (Halo)	3:8		
P1597NL (Pulse)	–	1:1,35:1,35		-40…125

*Отношение количества витков первичной обмотки к количеству витков вторичной обмотки



Встроенный LDO-стабилизатор обеспечивает качественное питание трансивера при входном напряжении от 6 до 28 В

*STATE MACHINE – схема автоматического определения направления передачи информации

Рис. 1. **Структурные схемы трансиверов RS-485/RS-422 со встроенным LDO-стабилизатором**

три оптических изолятора для обеспечения развязки сигналов микроконтроллера (микросхемы MAX13410E и MAX13411E не оснащены функцией AutoDirection). На рисунке 3 показана рекомендуемая схема включения микросхем MAX13412E и MAX13413E с функцией AutoDirection (появилась возможность обойтись всего двумя оптоизоляторами и уменьшить ток потребления за счет снижения количества оптронов).

MAX845 – специализированный драйвер для создания импульсных DC/DC-преобразователей

Часто разработчиков ставит в тупик выбор оптимального нестабилизированного DC/DC-преобразователя с гальванической развязкой для питания трансиверов со стороны линии передачи/приема сигналов. Конечно, можно взять готовый изолированный DC/DC-преобразователь для нестабилизированного источника питания (см. рисунки 2 и 3), но компания MAXIM предлагает более оптимальное решение по соотношению цены и функ-

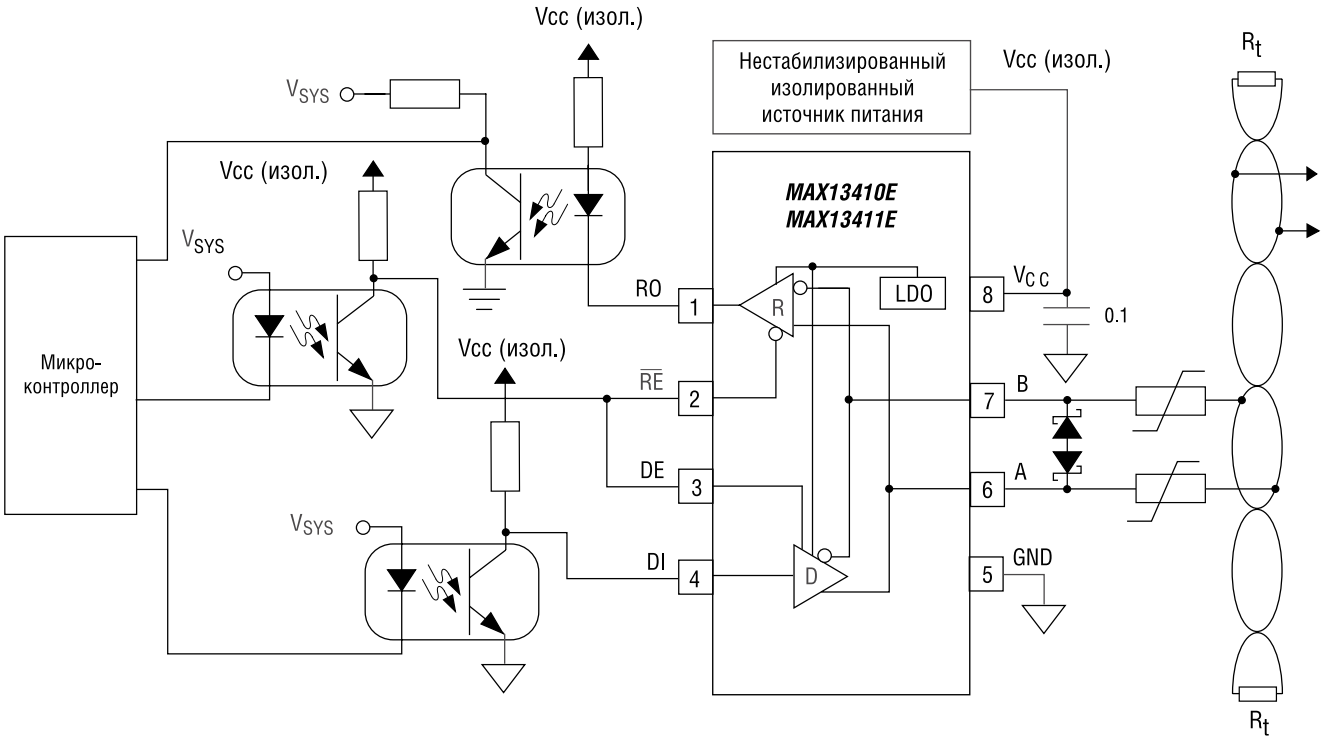


Рис. 2. **Схема включения трансиверов MAX13410E и MAX13411E без функции AutoDirection (требуется три оптрона для гальванической развязки сигналов микроконтроллера)**

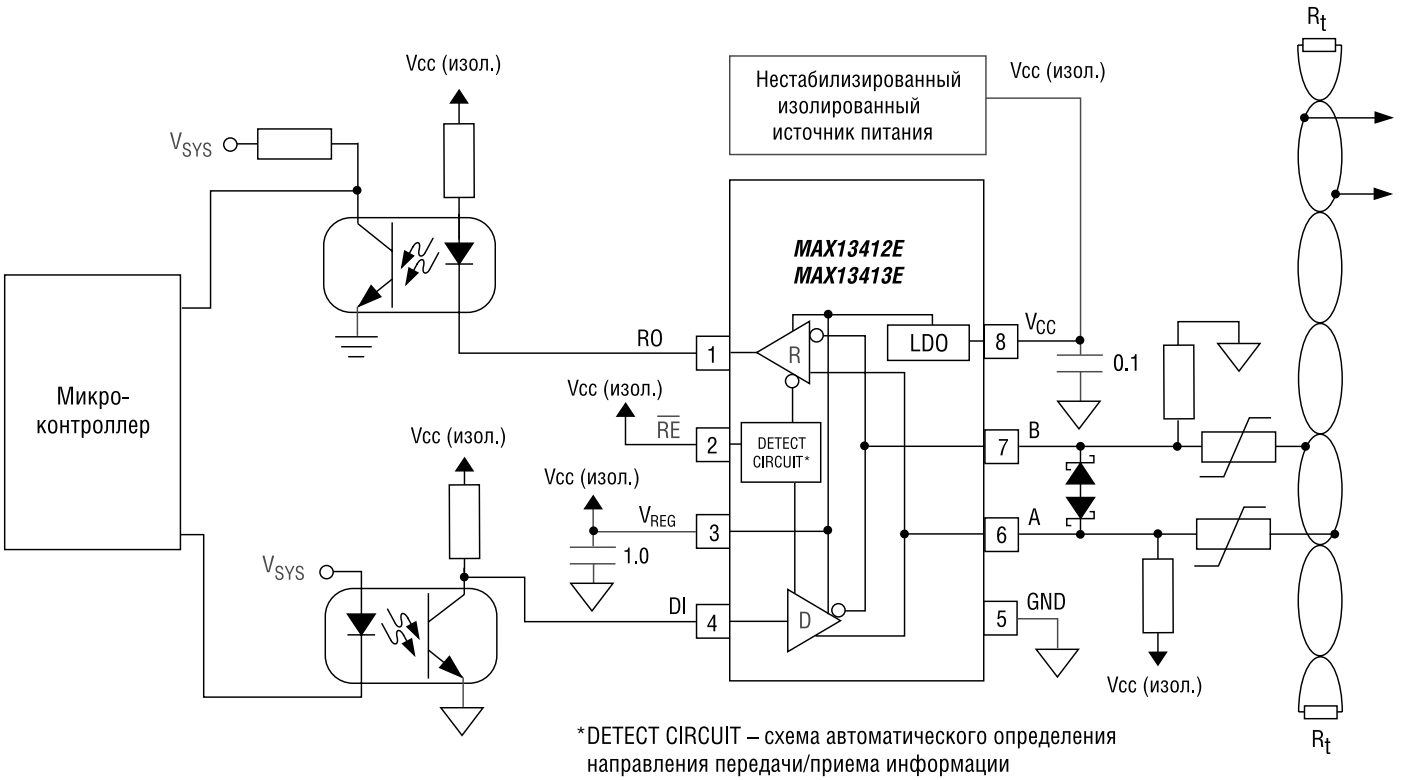


Рис. 3. **Схема включения трансиверов MAX13412E и MAX13413E с функцией AutoDirection (требуется всего два оптрона для гальванической развязки сигналов микроконтроллера)**

циональности, а именно — использование специализированного драйвера MAX845 для создания гальванически развязанного источника питания. На рисунке 4 показаны варианты включения этой микросхемы для напряжений питания 5 и 3,3 В, а на рисунке 5 приведена структурная схема драйвера MAX845.

При питании от напряжения 3,3 В необходимо в первичной цепи добавить два диода типа 1N4148, которые пользуются огромной популярностью и всегда есть на складах поставщиков электронных компонентов. Драйвер MAX845 имеет вход выбора частоты преобразования, благодаря чему у разработчика есть возможность установки рабочей частоты 400 или 700 кГц. Наличие входа включения/отключения "ON/OFF" позволяет отключать драйвер для экономии питания в то время, когда не производится прием или передача данных.

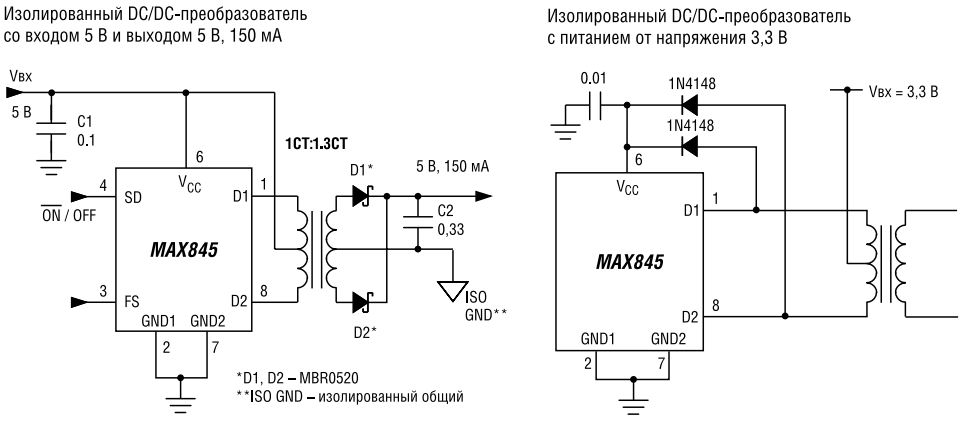


Рис. 4. **Включение драйвера MAX845 для напряжений питания 5 и 3,3 В**

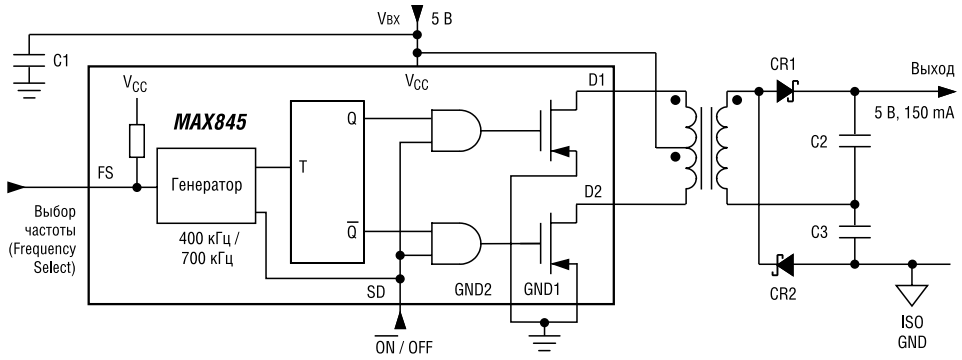


Рис. 5. **Структурная схема драйвера MAX845**

Импульсные трансформаторы для драйвера MAX845

Специально для драйвера MAX845 фирмами Halo Electronics (*www.haloelectronics.com*) и Pulse Engineering (*www.pulseeng.com*) выпускаются специализированные трансформаторы для обеспечения гальванической развязки в интерфейсах RS-485/RS-422. Параметры наиболее популярных из них сведены в таблицу 2.

На рисунке 6 показаны принципиальная схема и габаритные размеры рекомендуемых трансформаторов фирмы Halo Electronics для двух вариантов монтажа (поверхностного и в отверстия). На рисунке 7 приведены принципиальная схема, габаритные размеры и внешний вид трансформаторов для поверхностного монтажа P1597NL компании Pulse Engineering. Последние имеют увеличенные габариты по

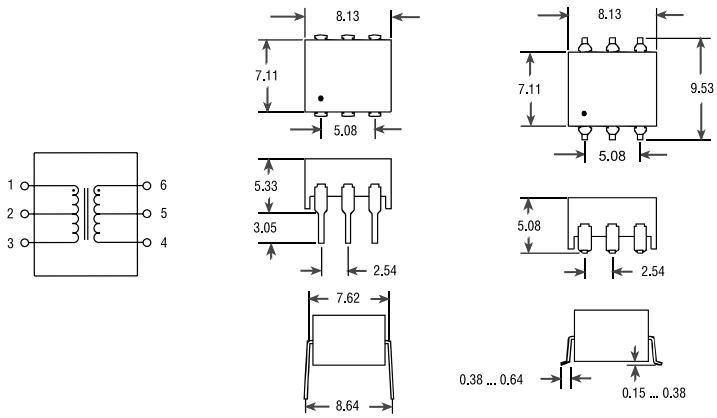


Рис. 6. **Принципиальная схема и габаритные размеры рекомендуемых трансформаторов фирмы Halo Electronics для драйверов MAX845**

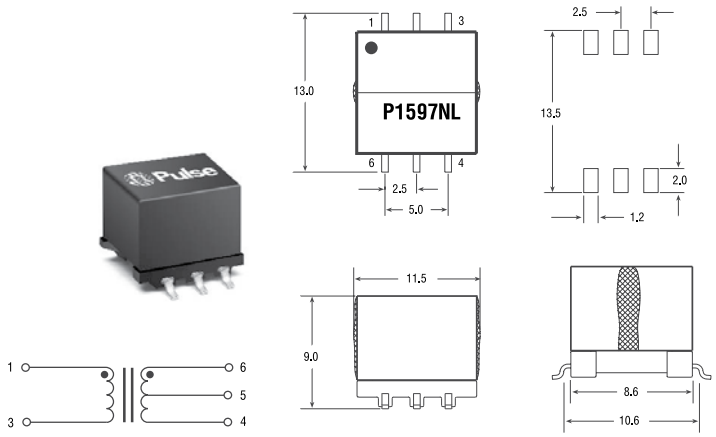


Рис. 7. **Трансформаторы P1597NL компании Pulse Engineering для драйверов MAX845**

сравнению с трансформаторами Halo Electronics, однако имеют более широкий диапазон рабочих температур при меньшей цене, поэтому окончательный выбор остается за разработчиком.

Выбор конкретного трансформатора определяется схемой выпрямительного каскада вторичной цепи. На рисунке 8 показаны схемы выпрямительных каскадов и зависимости выходных напряжений от тока нагрузки. Наиболее оптимальна нижняя схема выпрямления на рисунке 8. В этом случае выходное сопротивление схемы выпрямительного каскада минимально, а уменьшение выходного напряжения с ростом выходного тока укладывается в минимальные пределы. Кроме того, для этой схемы требуется минимальное количество внешних компонентов (всего два диода и только один конденсатор). Наличие встроенных LDO-стабилизаторов с минимально допустимым падения напряжения между входом и выходом 0,5 В позволяет обойтись без внешнего дополнительного стабилизатора напряжения, сэкономив место на печатной плате и упростив схему. В качестве выпрямительных диодов подойдут любые диоды Шоттки с допустимым током более 0,5 А и максимальным обратным напряжением более 20 В.

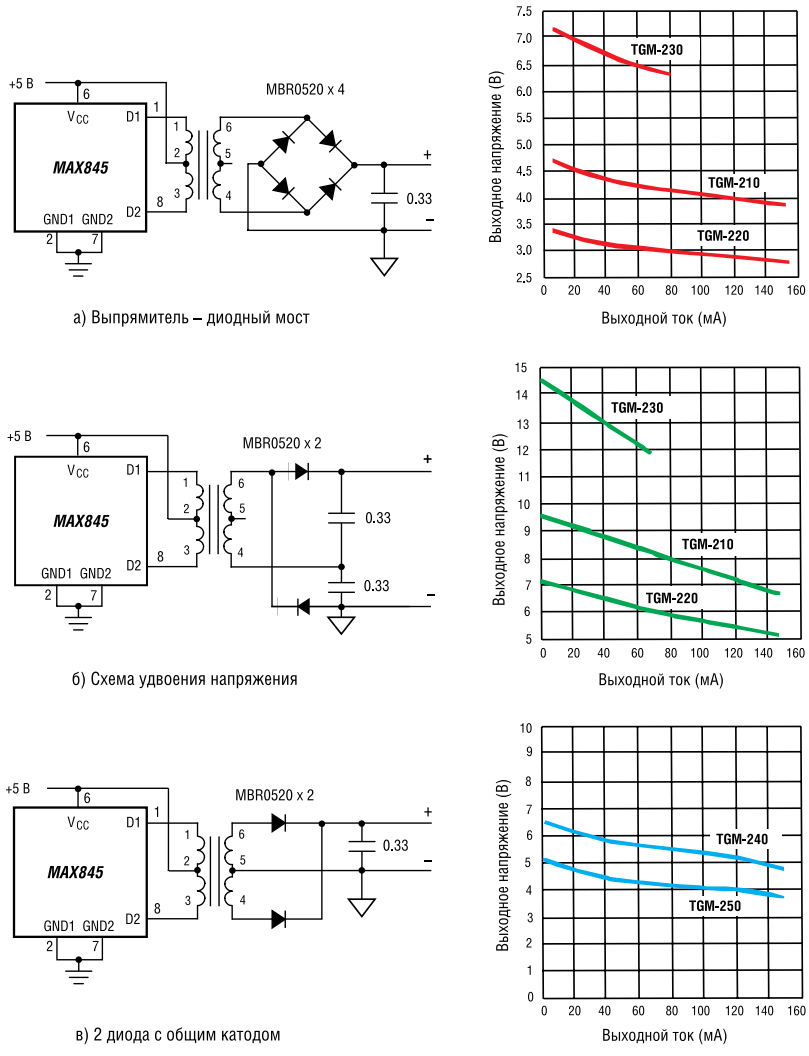


Рис. 8. **Варианты выпрямительных каскадов для MAX845 и соответствующие зависимости выходных напряжений от тока нагрузки**

Выводы

Применение интерфейсных микросхем для протокола RS-485/RS-422 со встроенным LDO-стабилизатором и/или функцией автоматического определения направления передачи информации позволяет уменьшить количество дополнительных компонентов, размеры печатной платы и снизить потребляемую мощность. Использование драйверов MAX845 и специально разработанных для них импульсных трансформаторов фирм Halo Electronics и Pulse позволяет упростить схему дополнительного источника питания с гальванической развязкой. Встроенный в трансиверы LDO-стабилизатор позволяет снизить требования к стабильности выходного напряжения дополнительного изолированного DC/DC-преобразователя. Наличие полноскоростных трансиверов (до 16 Мбит/с) и трансиверов с ограниченной скоростью обмена (до 500 кбит/с) позволяет сделать выбор для нужных скоростей приема/передачи информации, получив оптимальную помехоустойчивость для каждого конкретного случая.

По вопросам получения дополнительной технической информации, заказа образцов и поставки обращайтесь к официальному дистрибьютору фирмы Maxim Integrated Products (*www.maxim-ic.com*) компании КОМПЭЛ (*www.compel.ru*).

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – *e-mail: analog.vesti@compel.ru*

Павел Ильин (КОМПЭЛ)

ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ SN65HVS88X С ЦИФРОВЫМ ВХОДОМ ДЛЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Восьмиканальные ***параллельно-последовательные преобразователи SN65HVS88x,*** *выпускаемые компанией* ***Texas Instruments,*** *предназначены для нормализации сигналов цифровых входов и преобразования их в единый поток данных, передаваемый по* ***SPI-интерфейсу.*** *Компания TI продолжает развитие данной серии, и сегодня выпущена новая микросхема* ***SN65HVS885,*** *которая рассчитана на применение в схемах с напряжением питания 5 В.*

В устройствах, предназначенных для управления технологическими процессами, промышленной автоматизации, сбора данных, измерительном и испытательном оборудовании всегда актуальны проблемы упрощения проектирования, уменьшения габаритов плат и снижения энергопотребления. Для решения этих задач компания Texas Instruments предлагает семейство высокоинтегрированных параллельно-последовательных преобразователей **SN65HVS88x** (таблица 1). Одна микросхема содержит восемь цифровых каналов с возможностью нормализации входных сигналов до 5 В. SN65HVS88x применяются в системах ввода с высокой плотностью, когда необходимо собирать показания с большого числа различных датчиков, а количество входных каналов процессора ограничено.

Типовая схема измерительного тракта на микросхеме SN65HVS885 показана на рис. 1

SN65HVS88x объединяет несколько ключевых функций, которые обычно выполняются с помощью внешних компонентов. Высокая плотность интеграции, применяемая в микросхемах, позволяет разработчикам сократить общую площадь печатной платы до 60 процентов по сравнению с типовыми решениями, в которых используется несколько различных устройств. С помощью интерфейса

Преобразователи SN65HVS88x содержат восемь цифровых каналов с возможностью нормализации входных сигналов до 5 В и применяются в системах ввода с высокой плотностью, когда необходимо собрать показания с большого числа различных датчиков, а количество входных каналов процессора ограничено.

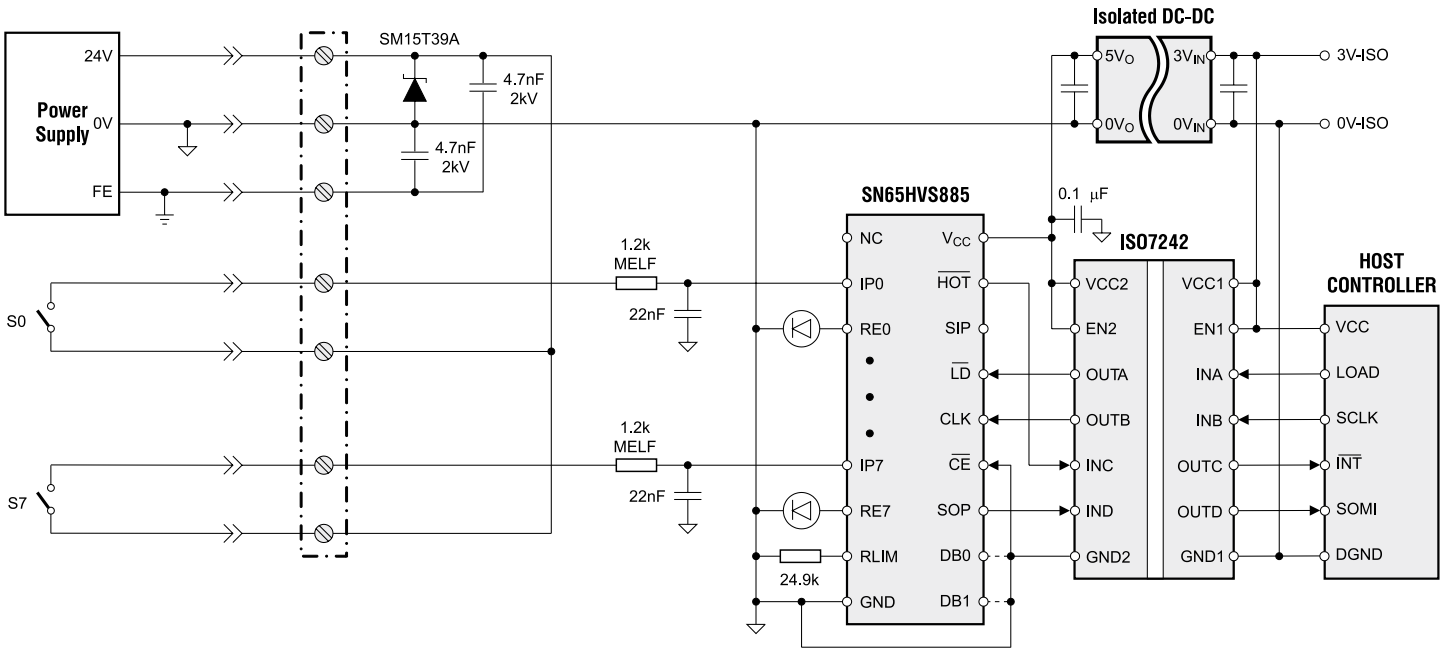


Рис. 1. **Пример типового цифрового измерительного тракта на SN65HVS885**

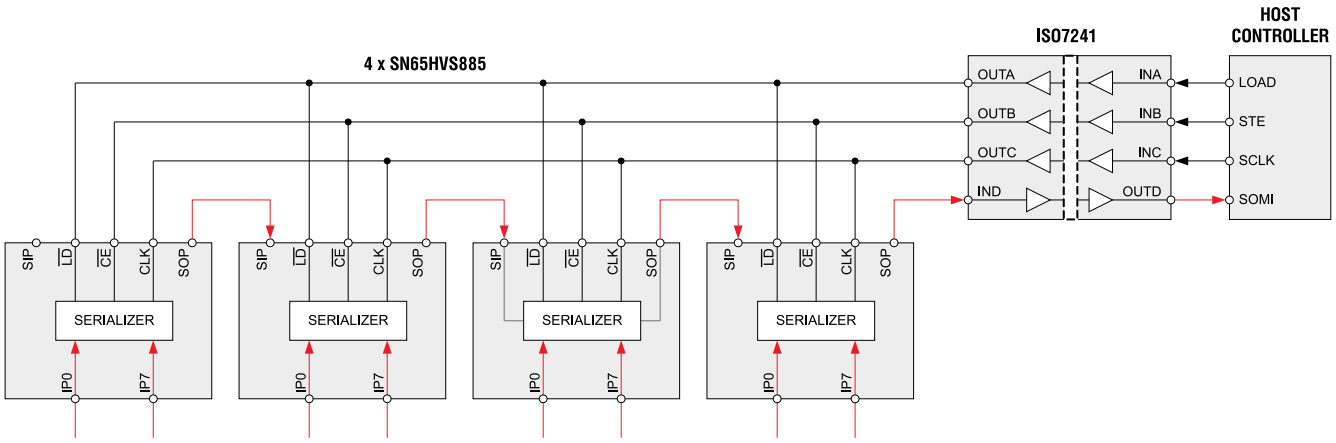


Рис. 2. **Каскадное соединение микросхем серии SN65HVS88x для 32 цифровых входов с использованием одного цифрового изолятора ISO7241**

Таблица 1. **Микросхемы серии SN65HVS88x**

Наименование	SN65HVS880	SN65HVS882	SN65HVS885
Напряжение питания, В	18…30	10…34	4,5…5,5
Интерфейс	SPI	SPI	SPI
Число входов	8	8	8
Максимальная скорость данных, кб/с	1000	1000	1000
Выводы/Корпус	28HTSSOP	28HTSSOP	28HTSSOP
Защита от перегрева	есть	есть	есть
Время задержки, мс	0, 1, 3	0, 1, 3	0, 1, 3
Входной ток, мА	0,2…5,2	0,2…5,2	0,2…5,2
Входное напряжение, В	0…30	0…34	0…34
Мониторинг входного напряжения	есть	нет	нет
Рабочая температура, С°	-40…85	-40…125	-40…125

SPI можно связать несколько микросхем, что позволяет сократить число изолированных каналов и выводов контроллера, требующихся для модулей ввода с большим числом каналов (рис. 2).

Встроенный регулятор напряжения преобразует входное напряжение в указанном диапазоне в уровень 5 В, пригодный для питания изолирующих устройств или контроллера.

В дополнение у микросхем семейства SN65HVS88x есть программируемая функция фильтрации дребезга, которая позволяет исключить из обработки импульсы помех до 3 мс на шумящих линиях ввода, что уменьшает число внешних компонентов, например фильтров и программных решений. Эти особенности помогают, с одной стороны, сократить стоимость системы ввода, с другой — упростить проектирование и тем самым ускорить вывод изделий на рынок.

Настраиваемый предел значения входного тока дает возможность использовать всего один резистор для задания максимального входного тока в диапазоне от 200 мкА до 5,2 мА, что сокращает рассеиваемую мощность до 50 % в типовых индустриальных приложениях. Встроенный температурный датчик позволяет отслеживать температуру корпуса и осуществлять безопасное отключение.

Простота проектирования схем с использованием микросхем серии SN65HVS88x и оперативная доставка образцов от TI помогает в кратчайшие сроки начать процесс разработки. Для еще большего упрощения разработок TI предлагает использовать цифровые измерительные тракты на основе таких компонентов как четырехканальные цифровые изоляторы **ISO7241** и **ISO7242,** изолированный DC/DC-преобразователь **DCR022405,** и 32-разрядные DSP-контроллеры серии **TMS320F28x.**

Получение технической информации, заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru

Константин Староверов

ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ USB-ИНТЕРФЕЙСОВ ПРОИЗВОДСТВА STMICROELECTRONICS, MAXIM И TEXAS INSTRUMENTS

Интерфейс USB *является фактическим стандартом для связи ПК и различного рода периферийных устройств. Чтобы облегчить разработчику реализацию функции USB-связи, в частности, компаниями* ***STMicro, Maxim*** *и* ***TI*** *выпускается достаточно большое число компонентов, в т.ч.* ***контроллеры, трансиверы, коммутаторы.*** *Разобраться во всем этом многообразии поможет данная статья.*

С момента первых упоминаний об интерфейсе USB прошло уже пятнадцать лет. Само появление этого интерфейса явилось ответом на назревшую в те времена потребность в унификации протоколов передачи данных и конструктивных/электрических характеристик различного рода интерфейсов ПК, а также в расширении функциональных возможностей и пропускной способности этих интерфейсов. В типичный набор интерфейсов ПК тогда входили COM-порты с 9- и 25-выводными разъемами для подключения периферийных устройств по низкоскоростному каналу связи, LPT-порт с 40-выводным разъемом для подключения периферийных устройств по высокоскоростному каналу связи, интерфейсы PS/2 для подключения клавиатуры и мыши, а также игровой/MIDI-порт для подключения игровых манипуляторов и музыкальных инструментов. Использование такого системного блока создавало немало проблем, в том числе отсутствие свободных портов, разнородность и громоздкость кабельного хозяйства, обилие шнуров электропитания каждого периферийного устройства. Кроме того, непрерывно совершенствующиеся периферийные устройства нуждались в гораздо более высокой пропускной способности интерфейса, чем мог обеспечить, например, самый быстрый на тот момент LPT-порт. В конечном счете, как результат деятельности группы компаний в лице **Compaq, Hewlett-Packard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC** и **Philips,** в 1996 году официально публикуются спецификации к интерфейсу USB версии 1.0, а позже, в 1998 году, выходит их исправленная версия 1.1. Данными спецификациями оговаривается работа в двух скоростных режимах:

- LS – низкоскоростной режим (1,5 Мбит/сек);
- FS – полноскоростной режим (12 Мбит/сек).

В 2000 году публикуется еще одна спецификация версии 2.0, в которой оговаривается новый скоростной режим:

- HS – высокоскоростной режим (480 Мбит/сек).

За прошедшее время, интерфейс USB стал, по сути, стандартом для подключения компьютерной периферии. Этому способствовали следующие его преимущества: низкая стоимость, малое число проводов в интерфейсном кабеле, возможность питания внешнего устройства (5 В, 500 мА), поддержка возможностей «plug-&-play» и «hot plug», расширяемость, встроенная поддержка большинством популярных операционных систем и др.

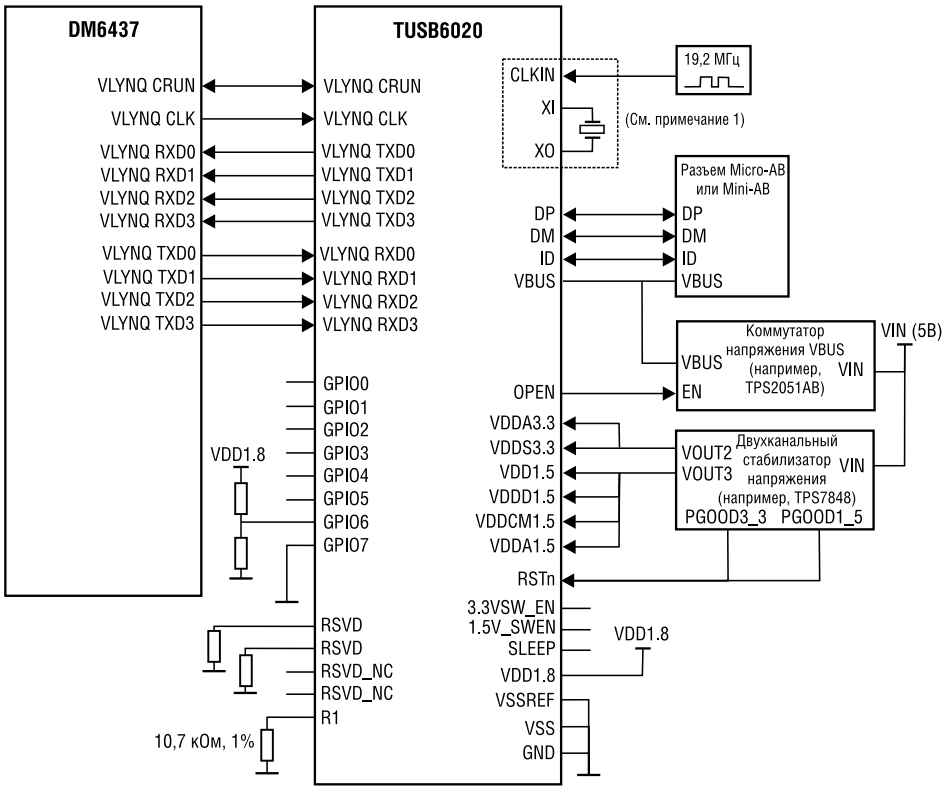
Под занавес 2001 года публикуется важное расширение к спецификации 2.0 – USB On-The-Go (USB OTG), которым преодолевается один из недостатков архитектуры USB: прежде она не предусматривала возможность соединения двух внешних устройств без участия ПК, что стало актуальным с появлением разнообразной мультимедийной техники. Подключение фотоаппарата к принтеру для фотопечати, подключение мобильного телефона к плееру для копирования мелодий – вот примеры наиболее типичных ситуаций, когда оказывается полезным прямое подключение двух внешних устройств.

Появление спецификаций USB OTG затронуло не только функциональные возможности интерфейса USB, но и его конструктивные и электрические характеристики. В любом физическом USB-соединении участвует два объекта: сторона A (host порт или ведущий порт) и сторона B (device-порт или подчиненный порт). Таким же образом классифицируются и разъемы: на стороне A используются вилки и розетка типа Standard-A, Mini-A или Micro-A а на стороне B – Standard-B, Mini-B или Micro-B. С появлением интерфейса USB OTG, который может работать и как ведущий, и как подчиненный интерфейс, было предложено два новых типа розеток – mini-AB и micro-AB, которые допускают вставку вилок Mini-A, Mini-B и Micro-A, Micro-B, соответственно. Кроме того, у порта USB OTG задействован дополнительный пятый контакт, который необходим для идентификации типа подключенной вилки (mini-A или mini-B): то внешнее устройство, которое определит подключение к себе вилки mini-A, становится ведущим по умолчанию. В дальнейшем назначение устройств (ведущее или подчиненное) может изменяться. Для этого реализован специальный протокол: Host Negotiation Protocol (HNP-протокол).

Функция USB-связи реализуется при помощи специальных ИС, которые условно можно разделить на две группы: основную и вспомогательную. К основной группе относятся ИС USB-трансиверов и USB-контроллеров/трансиверов, к вспомогательной – различного рода коммутаторы, необходимые для мультиплексирования сигналов USB-шины с аудио/видеосигналами и управления подачей питания к шине USB (напряжение VBUS).

Функция USB-связи реализуется при помощи специальных ИС, которые условно можно разделить на две группы: основную и вспомогательную. К основной группе относятся ИС USB-трансиверов и USB-контроллеров/трансиверов, к вспомогательной – различного рода коммутаторы, необходимые для мультиплексирования сигналов USB-шины с аудио/видеосигналами и управления подачей питания к шине USB (напряжение VBUS).

Функция USB-связи реализуется при помощи специальных ИС, кото-



Примечание 1: Использовать для синхронизации можно либо CLKIN, либо XI/XO (выбранная конфигурация считывается через вывод GPIO6 при подаче питания)

Рис. 1. **Пример совместного использования процессора TMS320DM6437 и USB-контроллера TUSB6020**

рые условно можно разделить на две группы: основную и вспомогательную. К основной группе относятся ИС USB-трансиверов и USB-контроллеров/трансиверов, к вспомогательной – различного рода коммутаторы, необходимые для мультиплексирования сигналов USB-шины с аудио/видеосигналами и управления подачей питания к шине USB (напряжение VBUS).

USB трансиверы

ИС USB-трансиверов реализуют требования к физическому уровню в соответствии со спецификациями USB2.0/1.1 и предназначены для подключения USB-контроллера к физической шине USB. Информация по USB трансиверам STMicro, Maxim и TI представлена в таблице 1.

Необходимость применения USB-трансиверов возникает, когда разрабатываемое устройство выполняется на основе низковольтной СБИС (например, ASIC) со встроенным блоком USB-контроллера. У всех представленных в таблице 1 LS/FS-трансиверов для подключения к контроллеру используется системный интерфейс *блока последовательного интерфейса* SIE, который является «сердцем» USB-контроллера и описан в спецификациях USB. Кроме того, общей чертой всех этих трансиверов является интегрирование преобразователей логических уровней на линиях системного интерфейса. Благодаря этому обеспечивается работоспособность системы при снижении напряжения питания управляющей СБИС до 1,6...1,65 В (1,4 В для **MAX3349E**). Многие из трансиверов интегрируют вспомогательные элементы, позволяющие упростить схему включения. К числу таких элементов относятся: стабилизатор напряжения для питания аналогового тракта трансивера от напряжения VBUS шины USB и подтягивающие резисторы к плюсу (на стороне B) или минусу (на стороне A) питания. Эти подтягивающие резисторы являются частью системы идентификации типа подключенного USB-устройства. В host-портах применяется подтяжка к минусу на линиях D+ и D- сопротивлением 15 кОм, в полноскоростных device-портах – к плюсу на линии D+, а в низкоскоростных device-портах – к плюсу на линии D- (сопротивление 1,5 кОм). В трансивер **STUSB06E** интегрирован иной коммутируемый подтягивающий резистор – сопротивлением 150 кОм. Он предназначен для реализации функции сигнализирования о подключении к разъему стандартизованного зарядного устройства, питающегося от порта USB. Те трансиверы, у которых отмечена поддержка функции USB DETECT, содержат аналоговые компараторы, отслеживающие состояние напряжения VBUS. Данная функция позволяет более быстро реагировать на подачу/исчезновение напряжения VBUS. Некоторые трансиверы поддерживают режимы мультиплексирования сигналов шины USB с другими аналоговыми и/или цифровыми сигналами. Такая возможность актуальна в мобильных телефонах, где через один разъем необходимо подключаться к различным интерфейсам, т.е. не только к USB, но и, например, к аналоговому или цифровому интерфейсу автомобильного комплекта для громкой связи.

Представленные в таблице 1 OTG-трансиверы дополнительно интегрируют подтягивающие резисторы к минусу питания и емкостной преобразователь для формирования напряжения VBUS. Однако нагрузочная способность последнего – незначительная: 35 мА у **STOTG04E** и 8 мА у **MAX3301/2E.** Если требуется более высокая нагрузочная способность, у трансиверов предусмотрена возможность работы с внешним преобразователем напряжения. Завершает таблицу 1 трансивер, поддерживающий все скоростные режимы и все возможные варианты применения USB-трансивера, в т.ч. двухролевой порт OTG. Трансивер **STULPI01A/B** идеален для взаимодействия со СБИС, которая интегрирует ядро высокоскоростного USB-контроллера HOST, DEVICE или OTG, через высокоскоростной 12-выводной интерфейс ULPI 1.1. Недостатком данного трансивера является относительно невысокая стойкость к электростатическим разрядам на линиях D+/D- и VBUS, поэтому для получения надежного решения на этих линиях необходимо предусмотреть внешние защитные компоненты.

USB-контроллеры со встроенным трансивером

Для применений, где функцию USB-связи необходимо добавить к системному микроконтроллеру посредством параллельного или последовательного интерфейса, разработаны ИС USB-контроллеров со встроенным трансивером. Информация по таким трансиверам представлена в таблице 2.

Контроллеры **Maxim** полностью управляются через 26-мегагерцевый трех- или четырехпроводной интерфейс SPI. Благодаря этому, host- (только для **MAX3421E**) или device-функцию можно добавить даже 8-выводному микроконтроллеру, при этом, потерянные линии ввода-вывода будут с запасом компенсированы предусмотренными у трансиверов портами ввода/вывода общего назначения (4 входа + 4 выхода у **MAX3420E** и 8 входов + 8 выходов у MAX3421E). Кроме того, за счет низкой стоимости схемы гальванической развязки интерфейса SPI, на основе контроллера MAX3420/1E до-

Таблица 1. **USB-трансиверы**

Наименование	Область примен. H/D/O[1]	Производитель	Напряжение питания, В		Стабилизатор VBUS	Встроенные подтягивающие резисторы			Функция «USB DETECT» (порог, В)	Режим мультиплексирования	ESD D+/D-[2], В
			аналог.	логич.		R_{PU_D+}	R_{PU_D-}	$R_{PD_D+/D-}$			
LS/FS-трансиверы											
STUSB02E	D	STMicro	4…5,5	1,6…3,6	√				√ (н.д.)[4]		±14
STUSB03E	D	STMicro	4…5,5	1,6…3,6	√	√			√ (н.д.)[4]		±14
STUSB06E	D	STMicro	3…3,6	1,6…3,6							± 9
MAX3344E	D	MAXIM	4…5,5	1,65…3,6	√	√			√ (3,6…4)		±15
MAX3345E	D	MAXIM	4…5,5	1,65…3,6	√	√			√ (1…2,8)		±15
MAX3346E	D	MAXIM	4…5,5	1,65…3,6	√	√	√				±15
MAX3349E	D	MAXIM	4…5,5	1,4…2,75	√	√				UART	±15
MAX3453E	D	MAXIM	4…5,5	1,65…3,6	√	√			√ (>4)		±15
MAX3454E	D	MAXIM	3…5,5	1,65…3,6	√	√	√				±15
MAX3455E	D	MAXIM	4…5,5	1,65…3,6	√				√ (>4)		±15
MAX3456E	D	MAXIM	3…5,5	1,65…3,6	√						±15
MAX13481E	D	MAXIM	4…5,5	1,6…3,6	√						±15
MAX13482E	D	MAXIM	4…5,5	1,6…3,6	√	√[3]	√[3]		√ (>3,6)		±15
MAX13483E	D	MAXIM	4…5,5	1,6…3,6	√				√ (>3,6)		±15
TUSB1105	D, H	TI	4…5,5	1,65…3,6	√						±15
TUSB1106	D, H	TI	4…5,5	1,65…3,6	√						±15
TUSB2551	D	TI	4…5,25	1,65…3,6	√						±15
STOTG04E	O	STMicro	2,7…5,5	1,6…3,6	√	√	√	√	√ (4,4…4,8)	I²C/ UART/ Audio	±8
MAX3301E	O	MAXIM	3…4,5	1,65…3,6	√	√	√	√	√ (4,4…4,8)		±15
MAX3302E	O	MAXIM	3…4,5	1,65…3,6	√	√	√	√	√ (4,4…4,8)		±15
HS-трансиверы											
STULPI01A/B	D, H, O	STMicro	3…4,5	1,65…1,95	√	√	√	√	√ (4,4…4,75)	UART	±2

Примечания:
1) 'H' указывает на возможность применения в HOST-интерфейсе, 'D' – в DEVICE-интерфейсе, 'O' – в OTG-интерфейсе.
2) Защита от электростатических разрядов на выводах D+/D- по модели человеческого тела (HBM).
3) Один внутренний подтягивающий резистор, который можно внешне подключить к линии D+ и D-.
4) 'н.д.' означает нет данных.

стигается очень выгодная по стоимости реализация оптоизолированного USB-интерфейса.

Компания TI применила несколько иные подходы к построению своих USB-контроллеров. Контроллеры **TUSB3210, TUSB3410** и **TUSB6250** выполнены на основе 8051-совместимого микроконтроллерного ядра, которое дополнено ОЗУ и ПЗУ памяти программ, ОЗУ памяти данных, универсальными таймерами-счетчиками, портами ввода-вывода, интерфейсом I²C (может использоваться для загрузки кода программы из внешнего EEPROM во внутреннее ОЗУ памяти программ) и др. ИС TUSB3210 является USB-контроллером общего назначения и может использоваться в клавиатурах, считывателях штрих-кода, считывателях flash-памяти и т.п. TUSB3410 и TUSB6250 имеют более узкую специализацию. Они предназначены для реализации преобразователей интерфейсов и дополнены всей необходимой для этого функциональностью. Например, TUSB6250 поддерживает USB-класс «mass storage device», что облегчает реализацию устройств для подключения к ПК через порт USB внешних ATA/ATAPI-совместимых жестких дисков или лазерных приводов. У остальных USB-контроллеров TI для управления и мониторинга предусмотрен параллельный интерфейс. У высокоскоростных USB-контроллеров TUSB6015 (DEVICE) и TUSB6010B (HOST/OTG) применен интерфейс, идентичный тому, что используется у NOR Flash-памяти (16-битная шина с мультиплексированием данных и адреса). Таким образом, данные контроллеры выгодно использовать в применениях с интенсивным использованием внешних устройств с аналогичной параллельной шиной. Потерю линий ввода-вывода управляющего микроконтроллера в некоторой степени компенсируют встроенные в USB-контроллеры восьмибитные порты ввода-вывода общего назначения. Последним представителем семейства USB-контроллеров TI является новинка 2008 года – **TUSB6020.** Он представляет собой высокоскоростной двухролевой OTG-контроллер в миниатюрном корпусе с размерами 5x5 мм и ориентирован на применение в портативной электронике, нуждающейся в высокой пропускной способности USB-канала. К их числу относятся современные мобильные телефоны, медиа-плееры и видеоприложения. Важной особенностью этого контроллера является использование у него разработанного компанией TI последовательного интерфейса VLYNQ™. Вследствие этого область применения контроллера сужается до совместной работы со СБИС, оснащенных таким интерфейсом. К их числу относятся процессоры **TMS320DM643x** DaVinci™. Пример совместного использования процессора **TMS320DM6437** и USB-контроллера TUSB6020 показан на рисунке 1 [1].

Коммутаторы сигналов шины USB

В применениях, где, кроме интерфейса USB, применяются прочие аналоговые или цифровые интерфейсы, но нет возможности размещения отдельных разъемов, может использоваться решение с общим разъемом и коммутатором интерфейсных сигналов. Такие коммутаторы выпускает Maxim и

Таблица 2. **USB-контроллеры со встроенным трансивером**

Наименование	Производитель	Описание	Область применения					Интерфейс управления
			FS	HS	HOST	DEVICE	OTG	
MAX3420E	MAXIM	контроллер общего назначения	√			√		SPI
MAX3421E	MAXIM	контроллер общего назначения	√		√	√		SPI
TUSB3210	TI	контроллер общего назначения	√			√		–
TUSB3410	TI	контроллер преобразователя интерфейсов USB-UART	√			√		RS232/IrDA
TUSB6015	TI	контроллер общего назначения	√			√		NOR Flash
TUSB6250	TI	контроллер преобразователя интерфейсов USB-ATA/ATAPI	√	√		√		ATA/ATAPI
TUSB6020	TI	контроллер для платформы DaVinci	√	√			√	VLYNC 2.0
TUSB6010B	TI	контроллер общего назначения		√	√		√	NOR Flash

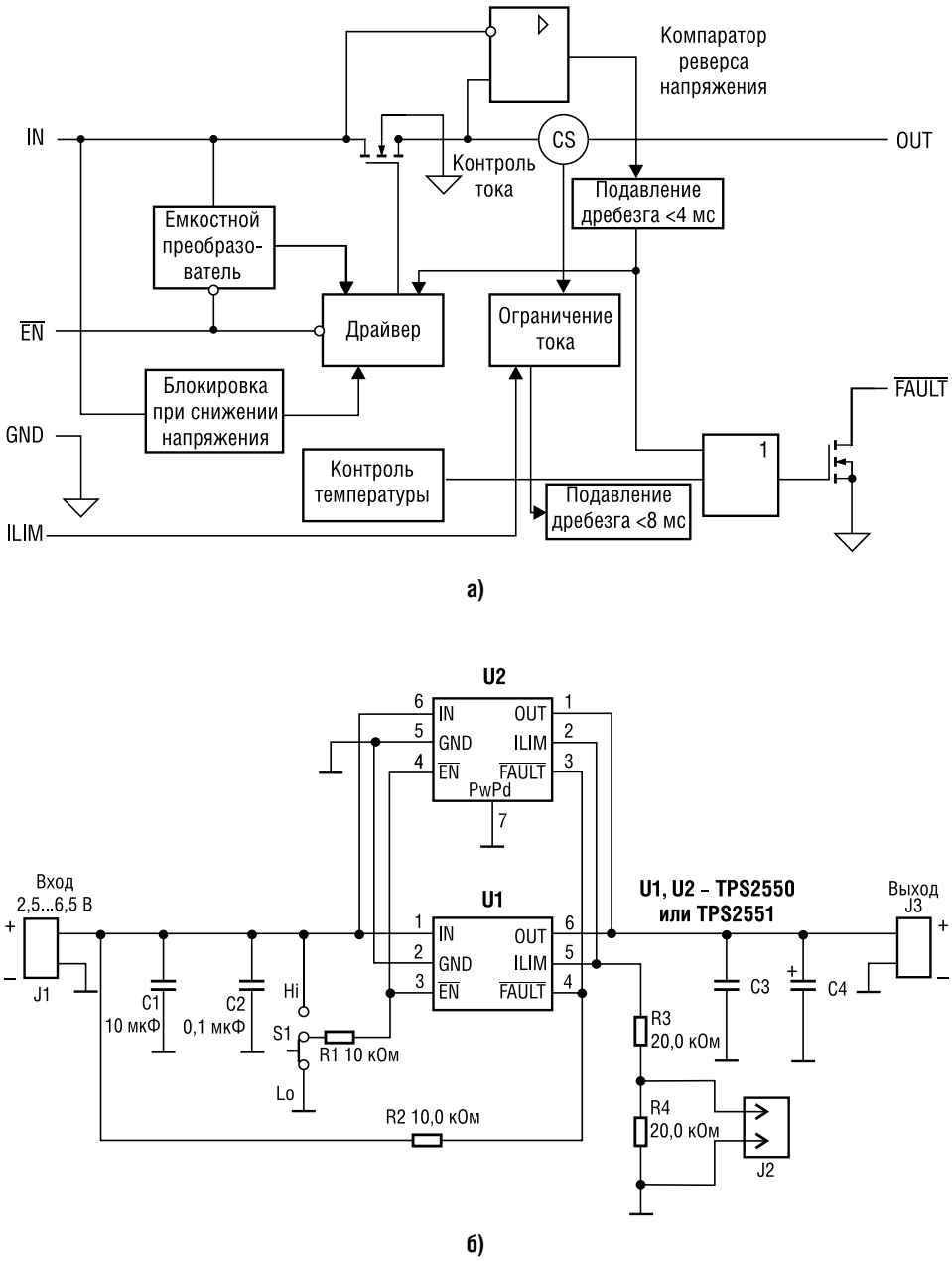


Рис. 2. **Функциональная схема (а) и пример использования (б) коммутаторов TPS2550/TPS2551**

TI (см. табл. 3). Помимо представленных в таблице различий, коммутаторы отличаются логикой работы выводов управления каналами, рабочими характеристиками и конструкцией. При выборе коммутатора важно обратить внимание на следующие характеристики: полоса пропускания, изоляция каналов, коэффициент искажений сигналов, совместимость входов управления с используемыми в схеме логическими уровнями, размеры и конструкцию корпуса. Кроме того, необходимо обратить внимание на характеристики стойкости к электростатическим разрядам, особенно тех выводов ИС, которые подключаются непосредственно к разъему порта USB. В коммутатор **MAX4850** дополнительно интегрированы два аналоговых компаратора с фиксированным порогом срабатывания. Они предназначены для обнаружения подключения к разъему USB-наушников. Коммутаторы Maxim с суффиксом F в наименовании оснащены защитой от повреждения при попадании на некоторые выводы ИС напряжения VBUS.

Коммутаторы питания шины USB

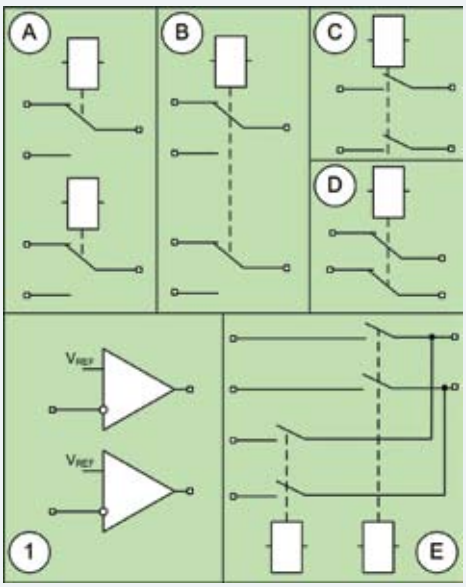
Применение данной категории USB-продукции позволяет решить ряд важных задач:

- управление подачей/снятием напряжения VBUS;
- обеспечение безопасности конечного пользователя в соответствии с требованиями стандарта UL;
- защита нагрузки и каскадов электропитания от токовых перегрузок;
- сигнализация контроллеру об аварийных состояниях.

Применение коммутаторов питания типично для любой продукции, где используются HOST-порты или OTG-порты USB.

Информация по выпускаемым Maxim и TI коммутаторам питания представлена в таблице 4. При их выборе необходимо руководствоваться следующими характеристиками: количество каналов и их коммутационные свойства, поддержка функции ограничения тока и возможность регулировки порога ограничения тока, логика работы функции ограничения тока, поддержка возможности блокировки протекания тока в обратном направлении, наличие сертификата на соответствие требованиям USB, оснащенность защитами от перегрева и коротких замыканий и, наконец, конструкция, размеры и тепловые характеристики корпуса. Важно обратить внимание на то, что используемое в таблице 4 разделение по максимальному току канала не отражает возмож-

Таблица 3. **Аналоговые коммутаторы для интерфейсов USB**

Наименование	Схема	Rmax, Ом	Типы коммутируемых сигналов	Напряжение питания, В	Варианты схем
MAX4717	A	4.5/4.5	FS, LS USB/аудио	1,8…5,5	
MAX4718	A	4.5/20		1,8…5,5	
MAX4850/H	A+1	3.5		2…5,5	
MAX4852/H	A	3.5/7		2…5,5	
MAX4906/F	B	7	HS, FS, LS USB 10/100 Ethernet	3…3,6	
MAX4907/F	C	7		3…3,6	
MAX4906EF	C	7		2,7…3,6	
TS3USB30	B	10	HS, FS, LS USB MIPI[1)]	3…4,3	
TS3USB30E	B	10		3…4,3	
TS3USB31	D	10		3…4,3	
TS3USB221/A	E	10		3…4,3	

Примечание:
1) MIPI – аббревиатура от Mobile Industry Processor Interface.

Таблица 4. **Коммутаторы питания для интерфейсов USB**

Количество каналов	Максимальный ток канала, А								
	0,25	0,5	0,9	1,0	1,2	1,4…1,5	1,75	2,0	4,0
4	TPS2048A	TPS2058A		TPS2044B TPS2054B					
3		MAX1940 TPS2057A TPS2047B		TPS2043B TPS2053B	MAX1564	TPS2063 TPS2067			
2	MAX895L	MAX894L TPS2056A TPS2046B	MAX1812 MAX1823	TPS2042B TPS2052B	MAX1838	MAX1558 TPS2062 TPS2066		TPS2060 TPS2064	
1	MAX892L	MAX891L MAX1946 TPS2045A TPS2055A **TPS2049**	MAX1607 MAX1693/4 MAX1931	MAX890L TPS2041B TPS2051B **TPS2550** **TPS2551**	MAX8586	TPS2061 TPS2065	MAX1922 MAX1930	MAX869L **TPS2068** **TPS2069**	MAX1562 MAX1563

Примечание: Новинки выделены красным цветом.

ностей длительного пропускания тока. Для окончательного выбора коммутатора необходимо выполнить тепловой расчет для заданных условий нагружения, методика которого, как правило, приводится в документации на коммутатор.

В заключение остановимся на одной из новинок прошлого года – коммутаторах **TPS2550/1** компании TI. Они интегрируют один коммутатор (n-канальный MOSFET-транзистор, 85 мОм) и поддерживают возможность регулировки порога ограничения тока в диапазоне от 100 мА до 1,1 А (см. рисунок 2а). Коммутаторы рассчитаны на работу с входным напряжением 2,5…6,5 В, размещены в миниатюрных шестивыводных корпусах SON (2x2 мм) и SOT-23 и оптимизированы для совместной работы с большими емкостными нагрузками за счет управления длительностью нарастания/спада напряжения. Коммутаторы поддерживают важные защитные функции: быстродействующая (задержка до 2 мкс) защита от токовых перегрузок и короткого замыкания, а также блокировка коммутатора при присутствии на выходе более высокого напряжения, чем на входе (реверс напряжения). Для сигнализации о срабатывании этих защит предусмотрен логический выход /FAULT. Единственным отличием TPS2550 и TPS2551 является логика работы входа управления коммутатором – она у них инверсная по отношению друг к другу. Пример схемы включения TPS2550/TPS2551 показан на рисунке 2б [2]. Здесь демонстрируется параллельная работа двух коммутаторов с целью повышения общей нагрузочной способности. В схеме предусмотрена возможность выбора одной из двух уставок ограничения тока: 0,5 или 1 А (выбирается перемычкой J2).

Дополнительная информация о рассмотренной продукции может быть найдена на сайтах ее производителей [3].

Литература:

1. TUSB6020 Evaluation Model (EVM) Compatible With TMS320C6437 DaVinci LC EVM//User's Guide, Texas Instruments, lit. num. SLAU242, February 2008 – 18 p.

2. Power-Distribution Switch With Adjustable Current-Limit EVM//User's Guide, Texas Instruments, lit. num. SLVU229, February 2008 – 9 p.

3. Техническая информация и документация с сайтов производителей: *www.maxim-ic.com, www.st.com, www.ti.com.*

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – *e-mail: analog.vesti@compel.ru*

Дмитрий Цветков

ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКИ ДЛЯ СЕТЕЙ CAN ПРОИЗВОДСТВА NXP, TEXAS INSTRUMENTS И MAXIM

Разработанный для автомобильной промышленности, сетевой стандарт CAN в последние годы стал одним из самых распространенных индустриальных интерфейсов. В статье дан обзор производимых ***приемопередатчиков для CAN-сетей*** *от мировых лидеров электронной промышленности:* ***NXP, Texas Instruments*** *и* ***Maxim.***

Интерфейс **CAN** (*Controller Area Network – сеть контроллеров*) – стандарт промышленной сети, ориентированный на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков, был разработан компанией **Robert Bosch GmbH** для автомобильной автоматики в середине 1980-х. В настоящее время этот стандарт широко применяется в промышленной автоматизации, технологиях «умного дома», автомобильной промышленности, в корабельных бортовых сетях, управлении системами кондиционирования воздуха, лифтами, медицинскими и промышленными установками. В мире уже установлено более 100 млн. узлов сетей CAN, ежегодный прирост составляет более 50%.

Непосредственно стандарт CAN от Bosch определяет передачу без привязки к физическому способу передачи данных, т.е. он может быть каким угодно, например, радиоканалом или оптоволокном. Но на практике под CAN-сетью (рис. 1) обычно подразумевается сеть с физическим уровнем в виде общей и единой дифференциальной пары (**ISO 11898**). При максимальной скорости передачи, оговоренной стандартом, (1 Мбит/с) длина шины может достигать 30 м. При меньших скоростях ее можно увеличить до нескольких километров (на скорости 10 кБит/с – длина шины до 5 км). Если требуется большая длина, то ставятся мосты или повторители. Теоретически число подсоединяемых к шине устройств не ограничено ничем, а практически не превышает 64. В большинстве применений этой цифры вполне достаточно.

Шина CAN является мультимастерной, т. е. сразу несколько устройств могут управлять ею. Передача ведется кадрами, которые принимаются абсолютно всеми узлами сети. Шина CAN является синхронной шиной, которая в отличие от сетей типа Ethernet и им подобных (точка-точка) обеспечивает доступ на передачу сообщения детерминировано (т.е. приоритетно), что особо ценно для промышленных сетей управления (fieldbus). Коллизии и ошибки, возникающие на шине CAN, однозначно детектируются всеми узлами сети: узлы с зафиксированной ошибкой попросту отключаются от сети. Описание стандартов и большой объем документации по шине CAN бесплатно доступен на сайте организации **CAN in Automation** *www.can-cia.de*.

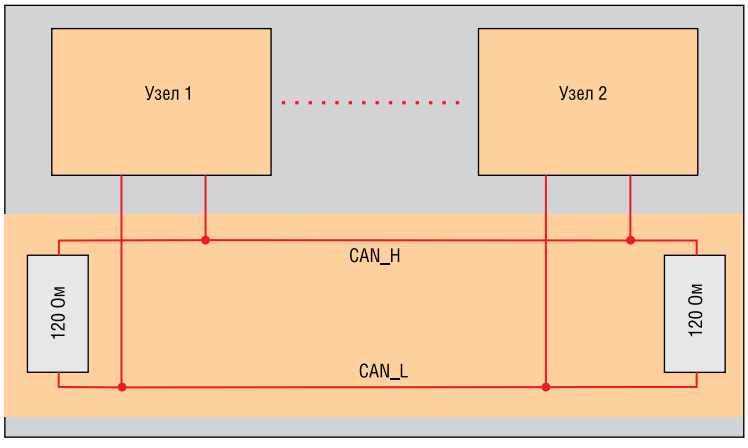


Рис. 1. **Физическая топология шины CAN**

Каждый узел сети CAN состоит как минимум из трех основных частей: приемопередатчик физического уровня сети (в дальнейшем трансивер), контроллер пакетов сети, процессор или микроконтроллер, определяющий функциональное назначение самого узла. Зачастую сам контроллер CAN входит в состав процессора/микроконтроллера. Однако трансивер в виде отдельной микросхемы является необходимостью. Объясняется это, прежде всего, высокими требованиями к его надежности и рабочим характеристикам, поскольку работает он с цепями, физически выходящими за пределы устройства (в данном случае это сама шина CAN). А условия, в которых находятся эти цепи, зачастую не определены: например, сильные магнитные поля или пролегающие рядом силовые высоковольтные цепи. Более того, при необходимости гальванической развязки ее удобнее всего осуществлять именно между трансивером и контроллером CAN-сети.

> При максимальной скорости передачи, оговоренной стандартом CAN (1 Мбит/с), длина шины может достигать 30 м.

Максимальное число узлов, подключенных к шине, фактически определяется нагрузочной способностью примененных трансиверов. Например, при использовании **PCA82C250** от компании NXP (данная микросхема была разработана еще Philips Semiconductors) она равна 110.

Значительно возросшие требования к современным микросхемам по надежности, температуре, экономичности и другим параметрам касаются также и трансиверов сетей CAN. Ниже приведен обзор трансиверов трех производителей: NXP, Texas Instruments и Maxim.

Таблица 1. **Краткие параметры и характеристики микросхем CAN-трансиверов NXP**

Наименование	Диапазон напряжения питания, В	Максимально допустимое напряжение на шине CAN, В	Максимальная скорость передачи, кбит/с	Ток потребления в экономичном режиме, мкА	Диапазон рабочей температуры, °С	Корпус
PCA82C250T/N4	4,50…5,50	-36…+36	1000	250	-40…125	SOIC-8
PCA82C251/N3	4,50…5,50	-36…+36	1000	250		SOT97-1
PCA82C251T/N3	4,50…5,50	-36…+36	1000	250		SOIC-8
TJA1040T/N1	4,75…5,25	-27…+40	1000	15		SOIC-8
TJA1040T/V	4,75…5,25	-27…+40	1000	15		SOIC-8
TJA1041AT	4,75…5,25	-27…+40	1000	10		SOIC-14
TJA1041T/N1	4,75…5,25	-27…+40	1000	10		SOIC-14
TJA1050T/N1	4,75…5,25	-27…+40	1000	–		SOIC-8
TJA1050U/N1	4,75…5,25	-27…+40	1000	–		SOIC-8
TJA1054T/N3	4,75…5,25	-40…+40	125	10		SOIC-14
TJA1054AT/N4	4,75…5,25	27…+40	125	10		SOIC-14
TJA1055T/N3	4,75…5,25	-58…+58	125	5		SOIC-14

CAN-трансиверы NXP

Высокоскоростные CAN-трансиверы компании **NXP TJA1040, TJA1041, TJA1050** (табл. 1) основаны на продвинутой технологии SOI – кремний на изоляторе (*Silicon-on-Insulator*). Благодаря этой технологии новые трансиверы в сравнении с трансиверами предыдущего поколения PCA82C250 и **PCA82C251** имеют уменьшенный уровень собственного электромагнитного излучения (20 дБ) и высокую устойчивость к электромагнитному излучению.

Трансивер TJA1040 имеет режим Standby с удаленным запуском по шине и потреблением тока менее 15 мкА. Трансивер рекомендован для работы в составе устройств, постоянно подключенных к питанию. Кроме того, TJA1040 при отключении питания становится невидим для шины, что делает его пригодным также для применений в узлах автоэлектроники типа clamp-15, когда при выключенном зажигании другие узлы общаются по CAN-шине.

TJA1050 имеет схожие с TJA1040 характеристики, но при отключенном питании во время общения других устройств отдает в шину обратный ток (TJA1040 имеет нулевой обратный ток). Обратный ток немного увеличивает электромагнитное излучение шины. Поэтому если требования к электромагнитной совместимости не очень жесткие, но необходима минимизация цены устройства, рекомендуется применять TJA1050 (TJA1050 на 20-30% дешевле, чем TJA1040).

Помимо высокоскоростных трансиверов, компания NXP выпускает приемопередатчики **TJA1054** и **TJA1054A** стандарта **FT-CAN** (FT – Fault-tolerant, т.е. помехозащищенный). Они идентичны высокоскоростным трансиверам TJA1040/41/50, но обладают повышенной помехозащищенностью.

TJA1054 является, можно сказать, «образцовым» устройством: по нему фактически писался стандарт ISO11898-3 (FT-CAN). Особенности: спящий режим, потребление всего узла 30 мкА; великолепные параметры ЭМС благодаря технологии SOI; уникальные дополнительные функции отказоустойчивости (аналогичные TJA1041); нулевой обратный ток;

TJA1054A – версия TJA1054 с улучшенной защитой от электростатического разряда. Другие особенности: защита до 4 кВ в модели человеческого тела по выводам CANH, CANL, RTH, RTL (по сравнению с 2 кВ в TJA1054). Остальные технические параметры идентичны TJA1054, устройство полностью соответствует ISO11898-3 и рекомендуется как FT-CAN-трансивер в новых разработках.

TJA1055 – усовершенствованная версия трансиверов TJA1054 и TJA1054A со следующими основными отличиями: улучшенная защита от электростатических разрядов, уменьшенный ток потребления в спящем режиме, совместимость с 3 В логикой.

Компания NXP также выпускает специальный трансивер **AU5790,** работающий с однопроводной шиной CAN. Этот 1W-CAN-приемопередатчик (1W – однопроводной) был специально разработан для узкого сегмента рынка с требованиями минимальной стоимости реализации шины,. Основные параметры AU5790: скорость передачи данных до 40 кбит/с; скорость приема данных до 100 кбит/с; инновационные функции экономии энергии; уникальные функции запуска, позволяющие осуществлять коммуникацию двух устройств без запуска всех шины; спящий режим с потреблением 70 мкА; функция защиты от потери земли; поддержка до 32 узлов.

Будучи в свое время флагманом в области CAN-трансиверов и CAN-контроллеров, предшественник NXP компания Philips Semiconductors успела довольно прочно занять этот рынок. Другие компании взяли за основу своих разработок изделия Philips и занялись их усовершенствованием и улучшением характеристик и параметров, с сохранением расположения выводов и корпусов микросхем. Этим путем пошли, например, компании Texas Instruments и Maxim.

Высокоскоростные CAN-трансиверы компании **NXP** основаны на продвинутой технологии SOI – кремний на изоляторе (*Silicon-on-Insulator*). Благодаря этой технологии новые трансиверы в сравнении с изделиями предыдущего поколения имеют уменьшенный уровень собственного ЭМИ (20 дБ) и высокую устойчивость к ЭМИ.

TJA1041 имеет несколько особенностей в сравнении с TJA1040: спящий режим с потреблением тока узла не более 20 мкА; удаленный запуск по шине и локальный запуск через специальный вывод, что позволяет определить источник запуска; уникальные возможности диагностики и информирования об отказах шины: информирование о коротких замыканиях, включая «скрытые»; информирование о локальных сбоях. Благодаря этим свойствам TJA1041 имеет очень гибкую систему управления собственным потребляемым током.

CAN-трансиверы Texas Instruments

Как было сказано выше, CAN-трансиверы Texas Instruments (табл. 2) являются улучшенными образцами распространенных трансиверов серий PCA82C25x, TJA10xx от PHILIPS.

Серия трансиверов **SN65HD23x/SN65HD23xQ** является полностью совместимой по выводам/корпусу и улучшенной копией популярного трансиве-

Таблица 2. **Краткие параметры и характеристики микросхем CAN-трансиверов Texas Instruments**

Наименование	Диапазон напряжения питания, В	Максимально допустимое напряжение на шине CAN, В	Максимальная скорость передачи, кбит/с	Ток потребления в экономичном режиме, мкА	Диапазон рабочей температуры, °С	Корпус
SN65HVD230	3,0…3,6	-4…+16	1000	370	-40…85	SOIC-8
SN65HVD231				100		
SN65HVD232				–		
SN65HVD230M-EP	3,0…3,6	-4…+16	1000	370	-50…125	SOIC-8
SN65HVD230Q	3,0…3,6	-4…+16	1000	370	-40…125	SOIC-8
SN65HVD231Q				100		
SN65HVD232Q				–		
SN65HVD1040	4,75…5,25	-27…+40	1000	5	-40…125	SOIC-8
SN65HVD1050				–	-40…125	
SN65HVD1050-EP				–	-55…125	
SN65LBC031	4,50…5,50	-5…+20	500	–	-40…85	SOIC-8 DIP-8
SN65LBC031Q					-40…125	
SN75LBC031						

Таблица 3. **Краткие параметры и характеристики микросхем CAN-трансиверов MAXIM**

Наименование	Диапазон напряжения питания, В	Максимально допустимое напряжение на шине CAN, В	Максимальная скорость передачи, кбит/с	Ток потребления в экономичном режиме, мкА	Диапазон рабочей температуры, °С	Корпус
MAX3050	4,50…5,50	-80…+80	2000	15	-40…125	SOIC-8
MAX3057						
MAX3051	3,10…3,45	-7,5…+12,5	1000	1	-40…85	SOIC-8 SOT23-8
MAX3053	4,50…5,50	-80…+80	2000	15	-40…85 (E) -40…125 (A)	SOIC-8
MAX3054	4,75…5,25	-80…+80	250	3	-40…125	SOIC-14
MAX3055						
MAX3056						
MAX3058	4,50…5,50	-7,5…+12,5	1000	15	-40…125	SOIC-8
MAX3059				10		
MAX13050	4,75…5,25	-80…+80	1000	11	-40…85 (E) -40…125 (A)	SOIC-8
MAX13052						
MAX13053						
MAX13054	4,75…5,25 и 3,00…3,60					
MAX13051	4,75…5,25	-80…+80	1000	15	-40…85 (E) -40…125 (A)	SOIC-8

ра NXP – PCA82C250: повышенная экономичность, напряжение питания 3,3 В, расширенный диапазон рабочей температуры, спящий режим со сверхнизким током потребления 0,1 мкА (**SN65HD231/SN65HD231Q**).

SN65HVD1040/1050/1050-EP в свою очередь являются аналогами соответствующих трансиверов NXP – TJA1040/1050, но с улучшенными параметрами: защита до 12 кВ в модели человеческого тела по выводам шины CAN относительно земли (по сравнению с 4 кВ в TJA1050); уменьшенный с 30 мкА (TJA1050) до 5 мкА ток потребления в ждущем режиме; автоматическое пробуждение из ждущего режима по факту приема данных по шине; расширенный диапазон рабочей температуры в отрицательной области (-55°C у SN65HVD1050-EP против -40°C у TJA1040/1050).

CAN-трансиверы Maxim

CAN-трансиверы Maxim (табл. 3) отличаются от соответствующих микросхем других компаний прежде всего возможностью работы на более высокой скорости – до 2 Мбит/с; повышенным максимально допустимым напряжением на шине (до +/-80 В); повышенной экономичностью, т.е. сверхнизким собственным током потребления (35 мкА при доминантном уровне на выходе шины и 2 мкА при рецессивном); дополнительной защитой по току выходных транзисторов. Разумеется, компания Maxim не стала отходить от традиции – все микросхемы CAN-трансиверов совместимы с изделиями конкурентов как по выводам, так и по корпусам, в которых она размещены. Основная область их применения – индустриальная.

MAX3054/55/56 – это усовершенствованные трансиверы TJA1054 (NXP): увеличенная надежность, благодаря высокому допустимому напряжению на шине CAN (до +/-80 В); уменьшенный уровень ВЧ-помех (встроенные фильтры) и повышенная устойчивость к внешним электромагнитным полям благодаря встроенному узлу управления скоростью нарастания напряжения на шине CAN. Они идеальны для работы на скоростях 40 кБит/с (MAX3056), 125 кБит/с (MAX3055) и 250 кБит/с (MAX3054).

Заключение

Жесткая конкурентная борьба применительно к трансиверам CAN-сетей выглядит так: каждая компания старается сделать полностью совместимый с конкурентом/конкурентами трансивер по выводам и по корпусу, но с улучшенными характеристиками: ток потребления, скорость работы, уровень излучаемых помех и, наконец, цена. На примере трех компаний – NXP, TI и MAXIM – это особенно заметно.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru

Дмитрий Еськин

КОНТРОЛЛЕРЫ КОРРЕКТОРОВ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ L656X

Новые ***контроллеры корректоров мощности L656x*** *от компании* ***STMicroelectronics*** *помогут привести разработки в соответствие со стандартом МЭК IEC 1000-3-2. В статье изложены основные теоретические аспекты, связанные с этой проблемой, и практические способы их реализации.*

STMicroelectronics

Включение в сеть переменного тока нелинейных нагрузок, например, светильников с газоразрядными лампами, управляемых электродвигателей, импульсных источников питания приводит к тому, что потребляемый этими устройствами ток имеет импульсный характер с большим процентом содержания высоких гармоник. Из-за этого могут возникать проблемы электромагнитной совместимости при работе различного оборудования. Также это приводит к снижению активной мощности сети.

Электронные **корректоры коэффициента мощности** – система схемотехнических решений, призванная увеличить коэффициент мощности – являются, пожалуй, самым оптимальным решением для бытового потребления.

В целях предотвращения подобного негативного воздействия на питающие сети в Европе и США действует стандарт **МЭК IEC 1000-3-2,** определяющий нормы по гармоническим составляющим потребляемого тока и коэффициенту мощности для систем электропитания мощностью более 50 Вт и всех типов осветительного оборудования. Начиная с 80-х годов прошлого века и по сей день, эти нормы последовательно ужесточаются, что вызвало необходимость принятия специальных мер и подтолкнуло разработчиков оборудования к разработке различных вариантов схем, обеспечивающих повышение коэффициента мощности.

Начиная с 80-х годов прошлого столетия, в вышеупомянутых странах начали активно разрабатываться и использоваться микросхемы, на базе которых можно легко создать простые корректоры коэффициента мощности для выпрямительных устройств и электронных балластов.

В Советском Союзе, а позднее и в Российской Федерации, подобных ограничений для потребителей электроэнергии не вводилось. По этой причине вопросам повышения коэффициента мощности не уделялось достаточного внимания в технической литературе. В последние годы ситуация несколько изменилась, во многом благодаря наличию импортных электронных компонентов, применение которых позволяет создавать схемы активных корректоров, надежных в работе и недорогих по стоимости.

Мощность искажения и обобщенный коэффициент мощности

Негативное влияние на питающую сеть определяется двумя составляющими: искажение формы тока питающей сети и потребление реактивной мощности. Степень влияния потребителя на питающую сеть зависит от его мощности.

Искажение формы тока обусловлено тем, что ток на входе вентильного преобразователя несинусоидальный (рисунок 1). Несинусоидальные токи создают на внутреннем сопротивлении питающей сети несинусоидальные падения напряжения, вызывая искажения формы питающего напряжения. Несинусоидальные напряжения сети раскладываются в ряд Фурье на нечетные синусоидальные составляющие высших гармоник. Первая – основная (та, которая должна быть в идеале), третья, пятая и т.д. Высшие гармоники оказывают крайне негативное влияние на многих потребителей, заставляя их применять специальные (зачастую весьма дорогостоящие) меры по их нейтрализации.

Потребление реактивной мощности приводит к отставанию тока от напряжения на угол (рисунок 2). Реактивную мощность потребляют выпрямители, использующие однооперационные тиристоры, задерживающие момент включения относительно точки естественной коммутации, что вызывает отставание тока от напряжения. Но еще больше реактивной мощности потребляют асинхронные электродвигатели, имеющие преимущественно индуктивный характер нагрузки. Это влечет колоссальные потери полезной мощности, за которую, к тому же, никто не хочет платить – бытовые электросчетчики считают только активную мощность.

Для описания воздействия преобразователя на питающую сеть введено понятие полной мощности:

$S = U_1 I_1$, где:

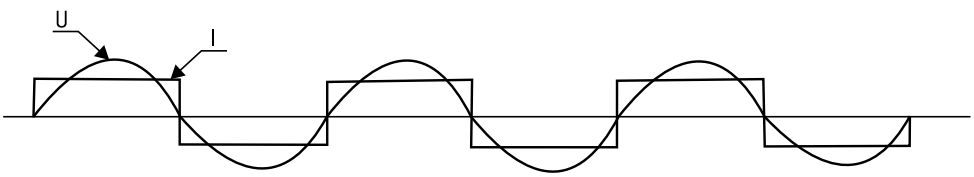


Рис. 1. **Искажение формы тока на входе вентильного преобразователя**

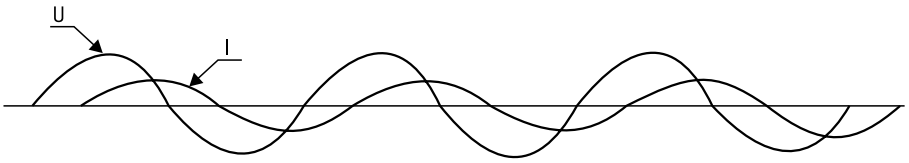


Рис. 2. **Формы тока и напряжения в сети при работе на реактивную нагрузку**

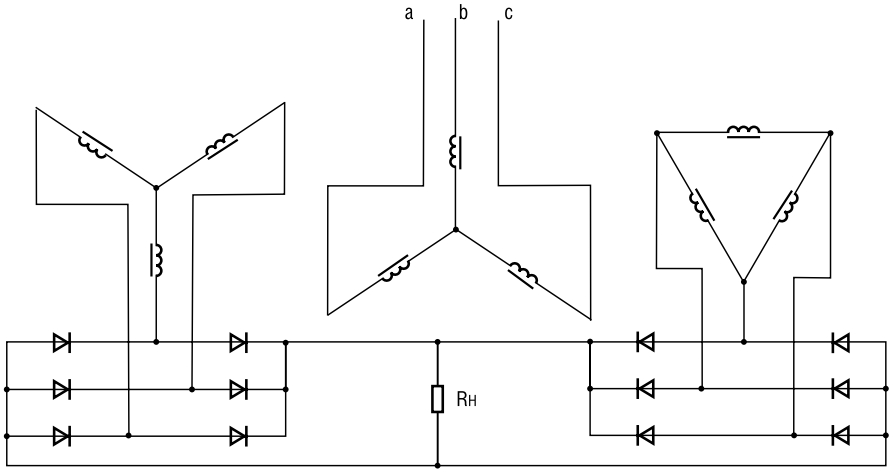


Рис. 4. **Многофазный выпрямитель**

$U_1 = \sqrt{[U_1^{(1)}]^2 + \Sigma U_i^2}$ — эффективное значение первичного напряжения,

$I_1 = \sqrt{[I_1^{(1)}]^2 + \Sigma I_i^2}$ — эффективное значение первичного тока,

$U_1^{(1)}, I_1^{(1)}$, — эффективные значения напряжения и тока первичной гармоники,

U^i, I^i, — эффективные значения напряжений и тока высших гармоник.

Если первичное напряжение синусоидальное — $U_1 = U_1^{(1)}$, тогда:

$$S = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2 + N_1^2} = \sqrt{S_1^2 + N^2}$$, где

$$P_1 = U_1 I_1^{(1)} \cos(\varphi_1),$$

$$Q_1 = U_1 I_1^{(1)} \sin(\varphi_1),$$

φ_1 — угол сдвига фаз между синусоидальным напряжением и первой гармоникой тока.

N — мощность искажения, вызванная протеканием в сети токов высших гармоник. Средняя за период мощность, обусловленная этими гармониками равна нулю, т.к. частоты гармоник и первичного напряжения не совпадают.

Высшие гармоники токов вызывают помехи в чувствительном оборудовании и дополнительные потери от вихревых токов в сетевых трансформаторах.

Для вентильных преобразователей вводится понятие **коэффициента мощности** χ, характеризующее эффект реактивной мощности и мощности искажений:

$$\chi = \frac{P_1}{S} = \frac{U_1 I_1^{(1)} \cos(\varphi_1)}{U_1 I_1} =$$

$$= \frac{I_1^{(1)}}{I_1} \cos(\varphi_1) = \nu \cos(\varphi_1),$$

$\nu = \frac{I_1^{(1)}}{I_1}$ — коэффициент искажения первичного тока.

Таким образом, очевидно, что коэффициент мощности зависит от угла запаздывания тока относительно напряжения и величины высших гармоник тока.

Методы повышения коэффициента мощности

Существует несколько способов уменьшения негативного влияния преобразователя на питающую сеть. Вот некоторые из них:

- Использование многоступенчатого фазового управления (рисунок 3).

Применение выпрямителя с отводами от трансформатора приводит к увеличению числа пульсаций за период. Чем больше ответвлений от трансформатора, тем больше число пульсаций за период, тем ближе форма входного тока к синусоидальной. Существенным недостатком этого метода является высокая стоимость и габариты трансформатора с достаточным количеством ответвлений (для достижения эффекта их должно быть больше, чем на рисунке). Изготовление моточного элемента такой сложности — весьма непростая задача, плохо поддающаяся автоматизации — отсюда и цена. А если разрабатываемый источник вторичного электропитания мелкосерийный, то такой способ однозначно неприемлем.

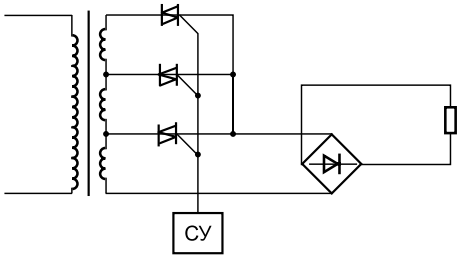


Рис. 3. **Использование многоступенчатого фазового управления**

- Увеличения фазности выпрямителя. Метод приводит к увеличению числа пульсаций за период. Недостатком метода является очень сложная конструкция трансформатора, дорогой и громоздкий выпрямитель. Кроме того, не у всех потребителей имеется трехфазная сеть.
- Использование *корректоров коэффициента мощности (ККМ).* Существуют электронные и неэлектронные ККМ. В качестве неэлектронных ККМ широко применяются электромагнитные компенсаторы реактивной мощности — синхронные двигатели, вырабатывающие в сеть реактивную мощность. Очевидно, в силу понятных причин, такие системы непригодны для бытового потребителя. Электронные ККМ — система схемотехнических решений, призванная увеличить коэффициент мощности — является, пожалуй, самым оптимальным решением для бытового потребления.

Принцип работы ККМ

Основная задача ККМ — сведение к нулю отставания потребляемого тока от напряжения в сети при сохранении синусоидальной формы тока. Для этого необходимо отбирать от сети ток не короткими интервалами, а на всем периоде работы. Мощность, отбираемая

В отличие от аналогов других производителей, **L6561/2/3** снабжены специальными цепями, понижающими проводимость искажений входного тока, возникающих при достижении входным напряжением нулевого значения. Основная причина этих помех – «мертвая зона», возникающая при работе диодного моста, когда все четыре диода оказываются закрытыми. Применение новых контроллеров ККМ позволяет в значительной степени сократить время «мертвой зоны», уменьшая тем самым искажения.

от источника, должна оставаться постоянной даже в случае изменения напряжения сети. Это значит, что при снижении напряжения сети ток нагрузки должен быть увеличен, и наоборот. Для этих целей пригодны преобразователи с индуктивным накопителем и передачей энергии на обратном ходу.

Методы коррекции можно условно разделить на низкочастотные и высокочастотные. Если частота работы корректора намного выше частоты питающей сети — это высокочастотный корректор, в противном случае — низкочастотный.

Рассмотрим принцип работы типового корректора мощности (рисунок 5). На положительной полуволне, в момент перехода сетевого напряжения через ноль, открывается транзистор VT1, ток протекает по цепи L1-VD3-VD8. После запирания транзистора VT1, дроссель начинает отдавать накопленную в нем энергию, через диоды VD1 и VD6 в фильтрующий конденсатор и нагрузку. При отрицательной полуволне процесс имеет аналогичный характер, только работают другие пары диодов. В результате применения такого корректора ток потребления имеет псевдосинусоидальный характер, а коэффициент мощности достигает значения 0,96…0,98. Недостатком такой схемы являются большие габариты, обусловленные применением низкочастотного дросселя.

Повышение частоты работы ККМ позволяет сократить габариты фильтра (рисунок 6). При открытом силовом ключе VT1 ток в дросселе L1 линейно нарастает — при этом диод VD5 заперт, а конденсатор C1 разряжается на нагрузку. Затем транзистор запирается, напряжение на дросселе L1 отпирает диод VD5 и дроссель отдает накопленную энергию конденсатору, одновременно питая нагрузку (рисунок 7). В простейшем случае схема работает с постоянным рабочим циклом. Существуют способы увеличения эффективности коррекции путем динамического изменения рабочего цикла (т.е. путем согласования цикла с огибающей напряжения сетевого выпрямителя).

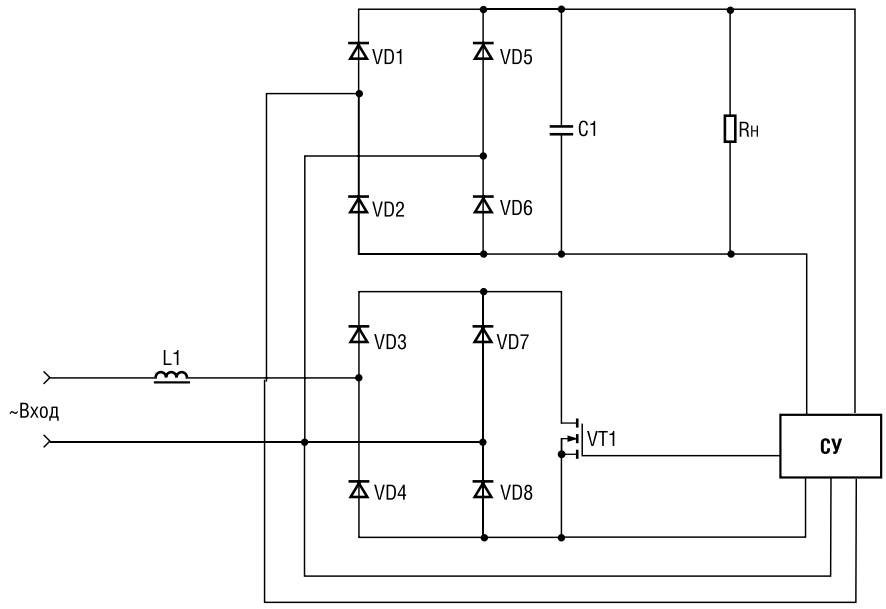


Рис. 5. **Типовая схема низкочастотного ККМ**

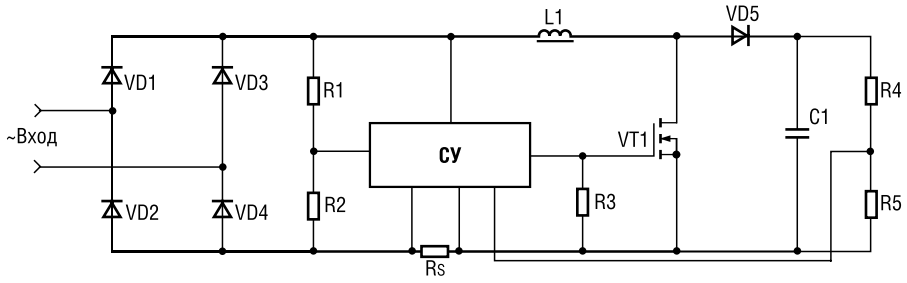


Рис. 6. **Схема высокочастотного ККМ**

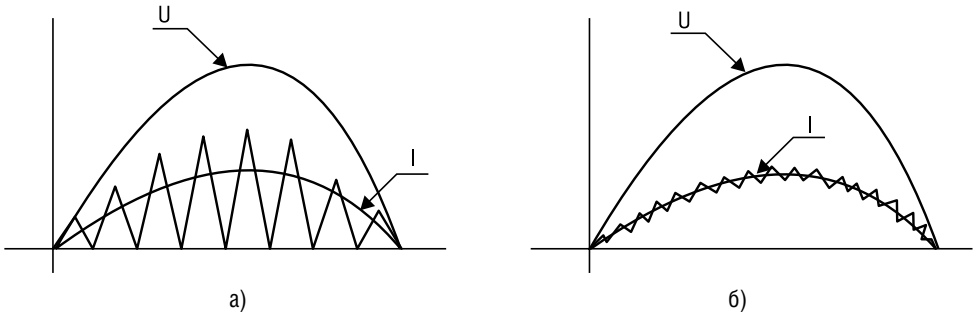


Рис. 7. **Формы напряжений и токов высокочастотного ККМ: а) с переменной частотой коммутации, б) с постоянной частотой коммутации**

Микросхемы для построения высокоэффективных корректоров от STMicroelectronics

Учитывая возможности современной электронной индустрии, высокочастотные ККМ являются оптимальным выбором. Интегральное исполнение всего корректора мощности или его управляющей части стало, по сути, стандартом. В настоящее время существует большее многообразие микросхем управления для построения схем ККМ, выпускаемых различными производителями. Среди всего этого многообразия стоит обратить внимание на микросхемы L6561/2/3, выпускаемые компанией STMicroelectronics (*www.st.com*).

L6561, L6562 и L6563 — серия микросхем, специально спроектированных инженерами компании STMicroelectronics для построения высокоэффективных корректоров коэффициента мощности (табл. 1).

На основе L6561/2/3 можно построить недорогой, но эффективный корректор (рисунок 8). За счет встроенной системы упреждающего управления, разработчикам удалось достигнуть обеспечения высокой точности регулирования выходного напряжения (1,5%), контролируемого встроенным усилителем рассогласования.

Предусмотрена возможность взаимодействия с DC/DC-преобразователем, подключаемым к корректору. Это взаимодействие состоит в отключении преобразователя микросхемой (если он поддерживает такую возможность) при возникновении неблагоприятных внешних условий (перегрев, перенапряжение). С другой стороны, преобразователь тоже может инициировать включение и выключение микросхемы. Встроенный драйвер позволяет управлять мощными MOSFET- или IGBT-транзисторами. Согласно утверждению производителя, на основе LP6561/2/3 можно реализовать источник питания, мощностью до 300 Вт.

В отличие от аналогов других производителей, LP6561/2/3 снабжены специальными цепями, понижающими про-

Таблица 1. **Микросхемы корректоров коэффициента мощности**

Наименование	Напряжение питания, В	Ток включения, мкА	Ток потребления в активном режиме, мА	Ток потребления в ждущем режиме, мА	Выходной ток смещения, мкА	Время нарастания тока силового ключа, нс	Время спада тока силового ключа, нс
L6561	11…18	50	4	2,6	-1	40	40
L6562	10,3…22	40	3,5	2,5	-1	40	30
L6563	10,3…22	50	3,8	3	-1	40	30

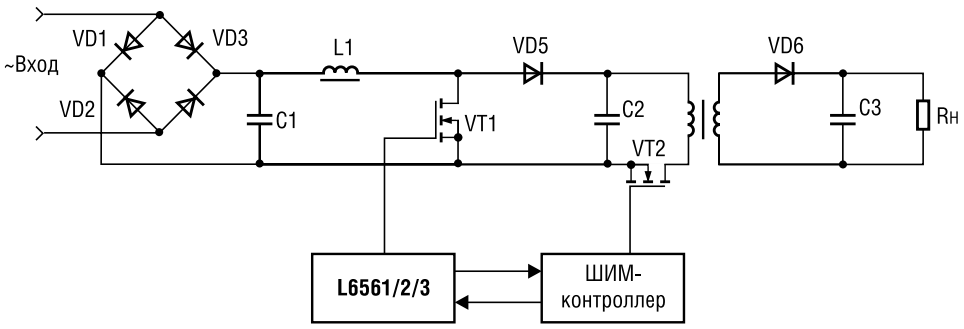


Рис. 8. **Типовая схема источника питания на основе LP6561/2/3**

водимость искажений входного тока, возникающих при достижении входным напряжением нулевого значения. Основная причина этих помех — «мертвая зона», возникающая при работе диодного моста, когда все четыре диода оказываются закрытыми. Пара диодов, работающих на положительную полуволну, оказываются закрытыми из-за смены полярности питающего напряжения, а другая пара еще не успела открыться из-за собственной барьерной емкости. Этот эффект усиливается при наличии фильтрующего конденсатора, расположенного за диодным мостом, который, при смене полярности питания, сохраняет некоторое остаточное напряжение, не позволяющее диодам вовремя открываться. Таким образом, очевидно, что ток в эти моменты не протекает, его форма искажается. Применение новых контроллеров ККМ позволяет в значительной степени сократить время «мертвой зоны», уменьшая тем самым искажения.

В некоторых случаях было бы очень удобно контролировать выходное напряжение, поступающее на DC/DC-преобразователь при помощи ККМ. L6561/2/3 позволяют осуществлять такой контроль, получивший название «tracking boost control». Для этого достаточно установить резистор между выводом TBO и GND.

Стоит отметить, что все три микросхемы совместимы друг с другом по выводам. Это может значительно упростить разработку печатной платы устройства.

Итак, можно выделить следующие особенности микросхем L6561/2/3:

- настраиваемая защита от перенапряжения;
- сверхнизкий ток запуска (менее 50 мкА);
- низкий ток покоя (менее 3 мА);
- широкий предел входных напряжений;
- встроенный фильтр, повышающий чувствительность;
- возможность отключения от нагрузки;
- возможность управления выходным напряжением;
- возможность взаимодействия непосредственно с преобразователем.

Заключение

В настоящее время существуют строгие требования к соблюдению мер безопасности и экономичности современных электронных устройств. В частности, при разработке современных импульсных источников питания необходимо учитывать официально принятые стандарты. IEC 1000-3-2 является стандартом для любого мощного импульсного источника питания, поскольку определяет нормы по гармоническим составляющим потребляемого тока и коэффициенту мощности для систем электропитания, мощностью более 50 Вт и всех типов осветительного оборудования. Наличие корректора коэффициента мощности помогает удовлетворению требований этого стандарта, т.е. его наличие в мощном источнике питания является простой необходимостью. L6561/2/3 – оптимальный выбор для построения эффективного и одновременно недорогого корректора коэффициента мощности.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru

Андрей Колпаков (ООО Семикрон)

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТ – БУДУЩЕЕ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

*Рынок **альтернативной энергетики** и электротранспорта предъявляет все более высокие требования к плотности мощности, надежности, тепловым и электрическим характеристикам **силовых ключей.** Всем этим требованиям в полной мере удовлетворяют **модули прижимной конструкции** компании **SEMIKRON,** исключающей применение паяных соединений. Следующим шагом является замена проводниковых выводов чипов, подключаемых методом ультразвуковой сварки, на **полосковые контакты.***

Самыми динамично развивающимися отраслями рынка силовых модулей в настоящее время являются сектора возобновляемых источников энергии и электротранспорта. Требования, выдвигаемые этими отраслями, во многом определяют пути развития и совершенствования технологий силовой электроники.

Ветроэнергетика

Общий объем электроэнергии, вырабатываемой в 2001 году всеми видами альтернативных источников (АИЭ), не превышал 1,3%. В 2006 году рынок электронных модулей для преобразователей ветроэнергетических установок (ВЭУ) достиг 5%, однако по темпам роста, приближающимся к 25%, этот сегмент является самым динамичным и быстрорастущим. Прогнозируемый объем рынка силовой электроники для ВЭУ к 2011 году составляет 250 млн. USD [1, 2]. Диаграммы, показанные на рисунке 1, показывают, что в общем объеме произведенной электроэнергии доля ВЭУ к 2020 году может превысить 15%, что является крупнейшим показателем для АИЭ.

К силовым модулям, предназначенным для применения в конверторах ветрогенераторов, предъявляются очень жесткие требования: они должны иметь высокие показатели надежности и обеспечивать срок службы без техобслуживания, превышающий 15 лет при крайне неблагоприятных условиях воздействия окружающей среды.

На рис. 2 показан внешний вид широко используемого в ветроэнергетике интеллектуального силового модуля **SKiiP 3** и его конструкция [3]. Подобные изделия могут быть отнесены к функционально законченным системам, так как кроме силового каскада SKiiP включает в себя схему управления затворами, устройство защиты и мониторинга, датчики тока, напряжения, температуры, а также систему охлаждения.

В конструктиве SKiiP воплотился более чем 15-летний опыт компании SEMIKRON по совершенствованию технологии, называемой «pressure contact». В основе конструкции модуля лежит концепция прижимного способа соединения блока управления, изолирующей DBC-платы с кристаллами IGBT и теплоотвода. Сочленение элементов осуществляется с помощью прижимной армированной пластины и платы сопряжения, обеспечивающей давление в точках локального тепловыделения. При этом полностью исключаются паяные соединения, а улучшенные тепловые характеристики получаются благодаря исключению базовой платы, а также за счет применения более тонкого слоя теплопроводящей пасты толщиной 10…20 мкм (для стандартных модулей 50…100 мкм). Таким образом обеспечивается хорошая тепловая связь изолирующей керамической DBC-пластины с кристаллами IGBT и антипараллельных диодов и равномерный отвод тепла на радиатор.

Указанные особенности позволяют снизить общее тепловое сопротивление силового блока Rth(j-s) более чем

Силовые модули, предназначенные для применения в конверторах ветрогенераторов, должны иметь высокие показатели надежности и обеспечивать срок службы без техобслуживания, превышающий 15 лет при крайне неблагоприятных условиях воздействия окружающей среды. На сегодняшний день 43% мирового рынка ветроэнергетических установок работает с преобразователями на базе модулей SKiiP компании SEMIKRON.

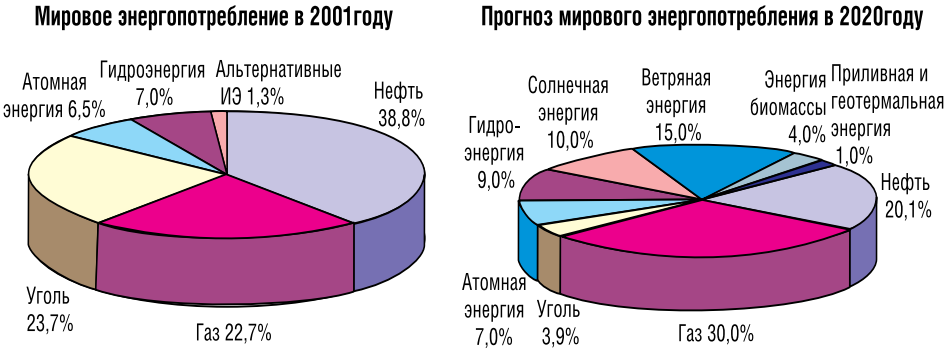
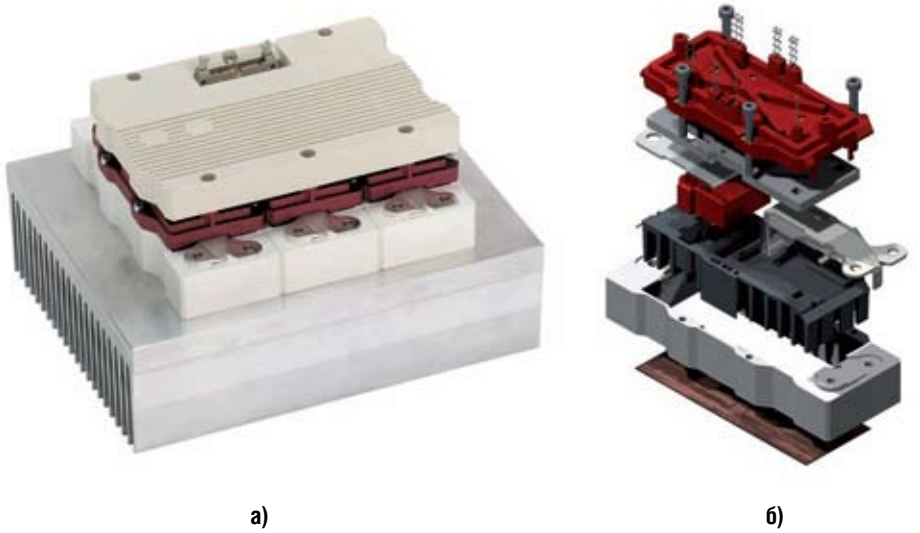


Рис. 1. **Структура мирового энергопотребления в 2001 г. и прогноз на 2020 г.**

Таблица 1. **Основные требования, предъявляемые к модулям электропривода**

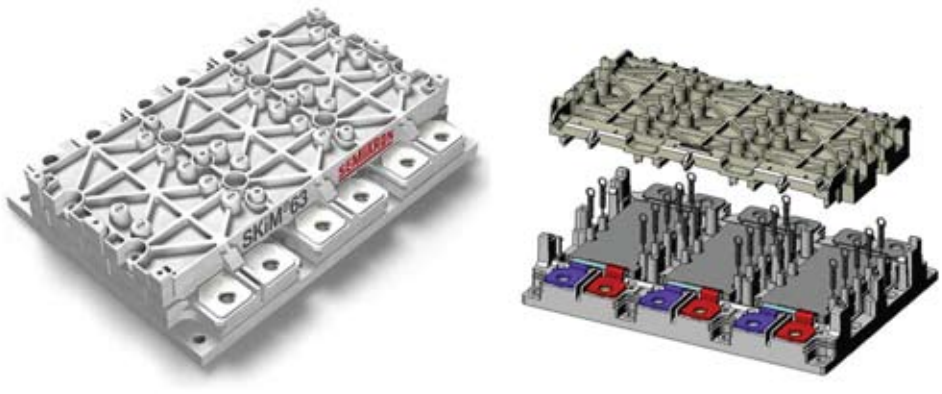
Условия эксплуатации	
Температура окружающей среды Ta	-40…135°C
Температура охлаждающей жидкости	-40…105°C
Температура кристаллов Tj	-40…175°C
Вибрации	10 x 9,81 м/с^2
Удары	50 x 9,81 м/с^2
Надежность	
Срок службы	15 лет
Стойкость к термоциклированию (импульсы мощности)	30.000 циклов при ΔT = 100°K
Стойкость к термоциклированию (изменение окружающей температуры)	1.000 циклов при ΔT = 165°K



а) б)

Рис. 2. **Интеллектуальный силовой модуль SKiiP 3 (1800 А, 1200 В) (а), структура полумостового элемента SKiiP (б)**

на 40% по сравнению со стандартными решениями. Модули SKiiP не имеют базовой платы и, соответственно, в них отсутствует паяный слой большой площади, соединяющий керамическую DCB-плату с медным основанием. Это позволяет резко снизить термомеханические напряжения, возникающие в модуле в режиме циклического изменения тока нагрузки. Стойкость к термоциклированию силовых ключей семейства SKiiP примерно в 5 раз выше, чем у стандартных модулей IGBT с базовой платой. Это преимущество особенно важно в тяжелых условиях эксплуатации, в которых работают ветроэнергетические установки. Все это обеспечило высокую популярность SKiiP на рынке энергетики: спрос на модули данного класса в 2006 году вырос на 85%.



а) б)

Рис. 3. **3-фазный модуль IGBT SKiM 63 (300 А, 1200 В):, внешний вид (а), конструкция силовых и сигнальных терминалов (б)**

На сегодняшний день 43% мирового рынка ВЭУ работает с преобразователями на базе SKiiP. По прогнозам Европейского Совета по возобновляемым источникам энергии, мощность, получаемая от подобных энергетических установок, к 2030 году должна покрыть более 30% общемировой потребности.

Гибридный и электрический привод автомобилей

Рынок автомобильной силовой электроники (около 4%) ненамного отстает от сектора альтернативной энергетики по темпам роста, который приближается к 19% в год [4]. Особенностями данного применения являются крайне тяжелые температурные режимы и высокие циклические нагрузки. Основные требования, предъявляемые к силовым модулям электропривода, перечислены в таблице 1.

Ни один современный силовой ключ традиционной конструкции не способен надежно работать в подобных условиях, поэтому все ведущие мировые производители выпускают специализированные компоненты, ориентированные на транспортные применения. Примером удачного решения является уникальный 3-фазный модуль **SKiM** [5] (см. рис. 3), при создании которого компании SEMIKRON удалось впервые в мировой практике полностью избавиться от паяных соединений. Подобно SKiiP, компоненты серии SKiM имеют прижимную конструкцию. Однако в них, в отличие от всех выпускаемых в настоящее время модулей, для установки кристаллов IGBT и диодов на керамическую изолирующую DBC-плату используется процесс низкотемпературного спекания серебряного порошка [6]. Внедрение данной технологии позволило повысить стойкость к термоциклированию еще примерно в пять раз.

Технологии сегодняшнего и завтрашнего дня

При производстве компонентов серии SKiM чипы IGBT и антипараллельных диодов устанавливаются на слой серебряного нанопорошка, предварительно нанесенный с помощью трафаретной печати. Далее, при нагреве до 250°C и под воздействием высокого давления, создаваемого гидравлическим прессом, паста трансформируется в спеченный мелкопористый слой, обладающий высокой механической гибкостью и отличной теплопроводностью.

После окончания процесса формования температура плавления соединительного слоя между керамикой и кристаллом повышается до 961°C. Это означает, что перегрев чипов, который в пределе достигает значения 175°C (18%), не может привести к возникно-

вению усталостных процессов, как это происходит в паяных слоях, где предельная рабочая температура достигает почти 60% от точки плавления. За счет этого обеспечивается хорошая временная стабильность соединения и высокая стойкость к воздействию термоциклов.

Любая разработка в сфере силовой электроники направлена в первую очередь на увеличение плотности мощности и повышение надежности при одновременном снижении стоимости. Ресурс силовых модулей до сих пор в первую очередь ограничен усталостными процессами, развивающимися с течением времени в соединительных слоях. Частично решить данную проблему можно с помощью технологии SKiN [7], предусматривающей формирование электрических связей с помощью гибких пленок вместо традиционных проводников. При использовании SKiN-процесса так называемый безвыводной «флип-чип» (или перевернутый чип) приваривается к гибкой композитной печатной плате, состоящей из слоев алюминия, полиамида и меди. На слое Al расположены входные и выходные терминалы, а сенсорные цепи и линии управления формируются на омедненной поверхности. Между ними находится изолирующий полиамид с переходными отверстиями, через которые осуществляются связи слоев.

Очевидным путем преодоления ограничений, вносимых материалами корпуса, является отказ от корпусирования силового ключа и применение «встроенных решений», в данном случае – интеграция DBC-платы с кристаллами в состав электронной или электромеханической системы. Силовой модуль, лишенный таких проблемных элементов, как пластиковый корпус и терминалы, может рассматриваться как «бескорпусной».

Сборка подобной интегральной электронной системы производится с помощью минимального количества производственных циклов. Основным элементом конструкции является изолирующая подложка DBC, на которой расположены чипы IGBT/MOSFET и диодов (подключенные с помощью пайки или спекания) и датчики температуры. Подложка монтируется на радиатор вместе с рамкой, изготовленной из высокотемпературного пластика, на которой запрессованы силовые терминалы. На следующем этапе сборки производится установка DC- и AC-шин с интегрированным блоком конденсаторов звена постоянного тока и датчиками тока. Верхним элементом конструкции является специальная армированная плата со встроенными пружинными сигнальными контактами. Эта плата создает прижимающее усилие по всему объему модуля, что обеспечивает одновременно надежный электрический контакт силовых и сигнальных выводов с токонесущими шинами и равномерный отвод тепла на радиатор.

На последнем этапе сборки производится установка платы управления, на которой расположен контроллер, элементы драйвера и схема защиты и мониторинга. После этого модуль закрывается герметичной крышкой (металлической или пластиковой), обеспечивающей защиту конструкции от внешних воздействий. Модуль **SKAI** (рис. 4) имеет уникальные в своем классе технические характеристики и показатели надежности. Он отличается высокой стойкостью к пассивному и активному термоциклированию, способен работать при воздействии вибраций до 20g, ударов – до 100g,. Возможность надежной работы в системе одноконтурного охлаждения при температуре тосола до 105°C обеспечивается благодаря использованию термостойких материалов и чипов IGBT/MOSFET и диодов с максимальной рабочей температурой 200°C. Компактная конструкция и сверхнизкая распределенная индуктивность шин звена постоянного тока позволяет получить низкий уровень электромагнитных помех. Объем модуля составляет 2,3 л, что при выходной мощности до 250 кВт дает возможность использовать его в приводах электро- и гибридомобилей различного типа и назначения.

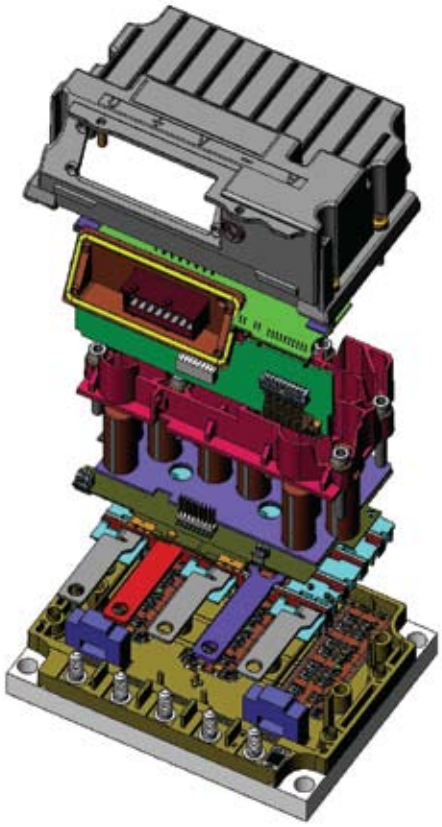


Рис. 4. **Конструкция интеллектуального 3-фазного силового модуля транспортного привода SKAI со встроенным контроллером (360 А, 48 В)**

Заключение

Возобновляемые источники энергии и электротранспорт во многом определяют прогресс рынка силовой электроники. Создание модулей для данных приложений требует разработки и внедрения новых материалов и технологий. Отличаясь самыми высокими темпами развития, данные сегменты являются и самыми перспективными в техническом и экономическом плане.

Разработка инновационных технологий, внедрение модулей прижимной конструкции, отказ от паяных соединений, широкое использование интегрированных систем – вот основные пути решения проблем современного рынка силовой электроники. В условиях экономического кризиса, когда энергосбережение становится главной движущей силой прогресса этого рынка, выжить может лишь тот, кто идет на шаг впереди прогресса.

Литература:

1. Thomas Stockmeier. «Packaging and Un-Packaging of Power Modules» SEMIKRON International.

2. IMS Research, «The Global Market for Power Semiconductors».

3. K.Backhaus. «Intelligent power module family SKiiP Pack 3rd generation». Proc. PCIM, Nuremberg, 2000.

4. P.Beckedahl, T.Grasshoff, M. Lederer. «A new power module concept for automotive applications» Proc. PCIM, Nuremberg, 2007.

5. А.Колпаков. «Новые модули для транспорта SKiM 63/93», Силовая Электроника №4, 2007.

6. А.Колпаков. «Низкотемпературная технология спекания», Компоненты и Технологии №4, 2007.

7. А.Колпаков. «Особенности SKIN технологии», «Компоненты и технологии» №7, 2008.

8. H.Moser, R.Bittner, P.Beckedahl. «High reliability, integrated inverter module (IIM) for hybrid and battery vehicles» Proc. VDE EMA, Aschaffenburg, 2006.

9. C.Göbl, P.Beckedahl. «A new 3D power module packaging without bond wires», Proc. PCIM Nuremberg, 2008.

10. А.Колпаков. «Модули SKAI – предельный уровень интеграции», Силовая Электроника №3, 2005.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка –
e-mail: power.vesti@compel.ru

Игорь Елисеев (КОМПЭЛ)

ПОЛУВАТТНЫЕ PLCC-СВЕТОДИОДЫ КОМПАНИИ EDISON OPTO

*Если вы применяете в своей разработке **мощные осветительные светодиоды** и стремитесь к экономии при сохранении качества, имеет смысл обратить внимание на продукцию тайваньской компании **Edison Opto.** Серия статей о продуктах Edison открывается материалом о светодиодах в корпусах **PLCC** мощностью **0,5 Вт.***

Превосходные энергетические показатели мощных осветительных светодиодов, их непревзойденная долговечность и надежность — все это стимулирует производителей и потребителей осветительных приборов к переходу на полупроводниковые источники света.

Единственным фактором, сдерживающим массовое внедрение светодиодных осветительных приборов, остается высокая стоимость «нового света». Лидеры отрасли — **Philips Lumileds** и **CREE,** предлагающие сегодня лучшие по эффективности мощные светодиоды, просят за них немалую цену. В поисках альтернативы потребители обращаются к малоизвестным китайским производителям, предлагающим баснословно низкие цены на свою продукцию. И попадают туда, где обычно и оказываются любители бесплатного сыра. На первый взгляд, дешевая китайская продукция имеет неплохой набор характеристик. Более того, первые тестовые испытания, проведенные сразу после покупки изделий, подтверждают эти характеристики и демонстрируют достаточно высокие показатели яркости и светового потока. Однако в течение короткого промежутка времени (примерно через месяц после начала эксплуатации) эти высокие показатели загадочным образом начинают исчезать на глазах изумленных потребителей. Яркость светодиодов падает с катастрофической скоростью или же они начинают один за другим выходить из строя. Причина этого «китайского синдрома» в следующем. В стремлении получить минимальную себестоимость своих изделий, китайские производители используют для производства светодиодов недорогие маломощные кристаллы, которые «разгоняются» до высоких значений яркости при помощи больших токов. Но, как известно, эксплуатация светодиодов на повышенных токах ведет к резкому сокращению срока службы за счет необратимых изменений, приводящих к потере светового потока или даже к полному выходу приборов из строя.

Разумным выходом из данной ситуации было бы использование продукции компаний, которые производят светодиоды не со столь высокими показателями эффективности, как у лидеров отрасли, но хорошего качества и, при этом, имеющие сравнительно невысокую цену. Одной из таких компаний является **Edison Opto** — молодая быстрорастущая тайваньская корпорация, успевшая за короткий срок своего существования с 2001 года добиться значительных успехов в деле производства мощных светодиодов и пользующаяся сегодня заслуженным авторитетом во всем мире.

Компания Edison выпускает широкий спектр продукции полупроводниковой светотехники, начиная с дискретных светодиодов и заканчивая потребительскими товарами: светодиодными лампами со стандартными цоколями и готовыми светильниками. Заинтересованный читатель может ознакомиться с полным ассортиментом продукции на сайте компании *http://www.edison-opto.com.tw.*

Обзор продукции Edison начнем с группы маломощных приборов — **светодиодов в корпусе PLCC.** Это довольно обширная группа, включающая по-

Наибольший интерес с точки зрения использования в системах освещения представляют светодиоды **Edison** из подгруппы **PLCC 0,5W.** Светодиоды этой серии работают на токах 150 мА и обеспечивают световой поток **до 22 лм.**

Таблица 1. **Типовые характеристики светодиодов серии PLCC 0.5W**

Наименование	Цвет излучения	Цветовая температура/Длина волны	Сила света, мкд	Световой поток, лм	Внешний вид
ET-3528W-AB1W	Белый холодный	5000…10000 К	8000	22,0	
ET-3528H-AE1W	Белый нейтральный	3800…5000 К	7500	20,2	
ET-3528X-AE1W	Белый теплый	2650…3800 К	6500	18,0	
ET-3528R-A11W	Красный	625 нм	3500	10,0	
ET-3528T-A11W	Зеленый	525 нм	6500	19,0	
ET-3528B-A11W	Синий	470 нм	2000	6,0	

рядка 50 наименований. Производитель условно делит данную группу на три подгруппы – **PLCC Standard, PLCC High Brightness** и **PLCC 0,5W.** Первая подгруппа включает светодиоды белого свечения в трех диапазонах цветовых температур: холодном, нейтральном и теплом, которые работают на токах 20…60 мА и имеют видимый угол 120˚. Вторая подгруппа (PLCC High Brightness) отличается тем, что включает также монохромные и трехцветные (RGB) светодиоды. Но наибольший интерес для нас, с точки зрения использования в системах освещения, представляют светодиоды третьей подгруппы – PLCC 0.5W. Светодиоды этой серии работают на токах 150 мА и обеспечивают световой поток до 22 лм (**ET-3528W-AB1W** на холодном белом излучении). Серия включает светодиоды белого свечения и монохромные (см. таблицу 1).

Корпус светодиодов серии PLCC 0,5W имеет размеры 3,5x2,8 мм (рис. 1).

В целом можно отметить, что приборы данной серии обладают вполне приличными показателями в своем классе. Ближайшими «конкурентами» данных светодиодов можно считать изделия компании **Avago** серии **PLCC-4 Super 0,5W,** имеющие корпус такого же размера и работающие при том же токе (150 мА). Если взять для сравнения светодиоды холодного белого свечения, то из трех представителей данной серии Avago только один (а именно **ASMT-QWBB-NHH0E**) превосходит ET-3528W-AB1W по величине светового потока (29 лм). Остальные же имеют более слабую интенсивность свечения: ASMT-QWBE-NFH0E – 20 лм и ASMT-QWB2-NEF0E – 17 лм. Ну а что касается цены, то тут прибор от Edison вне конкуренции. Цена на ET-3528W-AB1W существенно лучше, чем даже у более слабых «соперников». Сравнение остальных позиций конкурирующих серий дает аналогичные результаты.

Данный пример хорошо иллюстрирует принцип «золотой середины», характерный для продукции Edison в целом – по своим характеристикам она занимает некое среднее положение если сравнивать с аналогичной продукцией лидеров отрасли (как в предыдущем примере – у Avago от 17 до 29 лм, а у Edison – 22 лм), но при сравнении цен на аналогичные изделия Edison выигрывает с большим отрывом. Замечено следующее соотношение – по интенсивности светового потока светодиоды Edison не «дотягивают» до лидирующих позиций на 25…30%, но по стоимости они в полтора-два раза дешевле. Рассмотрим на примере, как влияет данное соотношение на себестоимость изделия. Допустим, мы планируем сделать осветительный прибор с величиной светового потока не менее 1000 лм на базе светодиодов мощностью 0,5 Вт в корпусе PLCC. Для этого можно использовать приборы Avago с интенсивностью 29 лм или Edison – 22 лм. Предположим, что светодиод Avago стоит 1 у.е., а Edison – 0,5 у.е. (это близкое к реальному соотношение цен). Если брать Avago, то понадобится 35 светодиодов общей стоимостью 35 у.е., а если Edison – 46 светодиодов стоимостью 23 у.е. Следовательно, при использовании Edison себестоимость изделия будет в полтора раза ниже.

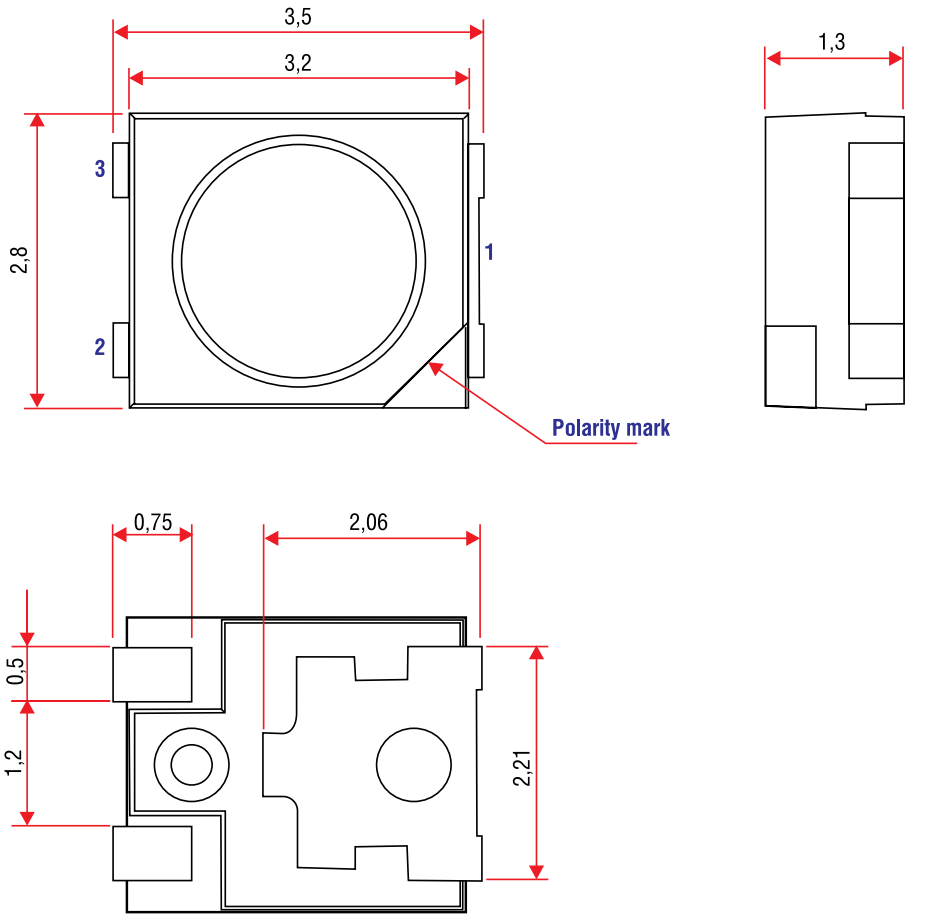


Рис. 1. **Размеры корпуса светодиодов PLCC 0,5W**

Светодиоды в корпусе PLCC находят применение в приложениях с невысокими требованиями к эффективности и величине светового потока. По сравнению со светодиодами мощностью 1 Ватт, полуваттные светодиоды имеют примерно в два раза худшую эффективность (измеряемую в люменах на Ватт). Но у них есть и свои преимущества. Прежде всего следует упомянуть о стоимости. Светодиоды PLCC 0.5W в пять-шесть раз дешевле своих одноваттных «собратьев»! Второе важное преимущество – низкая рассеиваемая мощность и, как следствие, малое тепловыделение. Благодаря этому в большинстве случаев (при не слишком высокой плотности монтажа) можно полностью отказаться от систем охлаждения и устанавливать светодиоды непосредственно на обычную печатную плату. Чаще всего эти светодиоды используются для подсветки – декоративной, интерьерной, архитектурной и т.д. Наиболее известный вариант применения – в гибких светодиодных лентах. Также довольно часто встречается использование данных светодиодов в качестве сигнальных огней (например, в автомобильных фонарях). Что касается использования полуваттных светодиодов в системах освещения, то можно говорить о таких применениях, как освещение подъездов, коридоров, различных вспомогательных помещений – тех мест, где не требуется высокая степень освещенности.

В одном из ближайших номеров журнала мы продолжим обзор продукции Edison. Будут рассмотрены новые разработки компании – серия Edixeon F, выполненная в том-же корпусе, что и знаменитые Luxeon Rebel компании Philips Lumileds, и серия Edixeon K, построенная на базе кристаллов CREE. Кроме этого, в статье будет рассказано о многоцветных светодиодах серии Edixeon RGB.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка –
e-mail: discret.vesti@compel.ru

Ванесса Ниветт

10 ВЕДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ – РАЗРАБОТЧИКОВ АНАЛОГОВЫХ УСТРОЙСТВ

В переведенной нами статье из журнала ADLE перечислены знаковые фигуры в области ***проектирования аналоговых устройств.*** *Данный материал призван прославить мастерство известных* ***инженеров,*** *которые достигли высот в искусстве проектирования аналоговых устройств в прошлом и в настоящее время (все имена в списке даны в хронологическом порядке).*

1 **Джордж Филбрик** (*George Philbrick*) (США) – осуществил промышленное внедрение операционных усилителей в собственной компании **George A. Philbrick Researches** (GAP/R), хотя заслуга создания принадлежит молодому инженеру Колумбийского университета Лебе Жули (*Loebe Julie*). Предприниматель и успешный бизнесмен, одновременно прекрасно осознающий важность общения и необходимость делиться идеями, Филбрик начал издавать журнал **The Lightning Empiricist,** в рамках которого более двух десятилетий осуществлялся обмен новостями и гипотезами. Кроме того, он опубликовал Практическое Руководство Филбрика (Philbrick Applications Manual) и был соавтором большого количества статей.

Хотя его операционные усилители на электронных лампах «затерялись» среди современных операционных усилителей, комбинация технической и деловой смекалки Филбрика стала залогом того, что его имя и компания, которую он основал, живут в памяти современного сообщества инженеров-разработчиков аналоговых устройств.

2 **Бернард Гордон** (*Bernard Gordon*) (родился в 1927 г. в США) – талантливый изобретатель (его имя значится более чем в 200 патентах) и основатель компании **Gordon Engineering,** позднее переименованной в **Analogic.** Не поступив в Массачусетский технологический институт (MIT), он принял участие в программе обучения офицеров ВМС США. После службы на военном корабле, сопровождающем эсминцы, он вернулся в MIT для обучения по льготной программе, закончил его и получил степени бакалавра и магистра по электротехнике.

Вначале Гордон работал в компании **Eckert-Mauchly Computer,** где он участвовал в разработке **UNIVAC –** первого коммерческого цифрового компьютера в мире. Его часто называют «отцом аналого-цифрового преобразования» за его разработки, которые явились значительным вкладом в развитие этого направления.

В 1953 г. Гордон стал соучредителем компании **EPSCO Inc.,** где совместно с Ан Вангом (*An Wang*) участвовал в разработке точечного дисплея матричного типа, акушерских УЗ-мониторов, систем управления воздушными перевозками и цифровой доплеровской РЛС. Это лишь небольшой список его многочисленных проектов. В 1964 г. Гордон основал собственную компанию по разработкам, **Gordon Engineering,** среди продуктов которой числится первый твердотельный рентгеновский излучатель. В 1969 г. компания Gordon Engineering превратилась в **Analogic Corporation,** из которой Гордон в 2004 г. ушел на заслуженный отдых. В момент написания статьи он по-прежнему принимал активное участие в деятельности компании **NeuroLogica,** соучредителем которой он являлся, и которая осуществляет выпуск медицинского диагностического оборудования.

3 **Джим Соломон** (*Jim Solomon*) (родился в 1936 г. в США) – ученик пионера разработки интегральных микросхем, профессора Дональда Педерсона (*Donald Pederson*) из Калифорнийского университета в Беркли. Первые семь лет своей профессиональной деятельности Соломон был разработчиком интегральных схем: работал в компании **Motorola** и создавал аналоговые микросхемы, затем перешел в компанию **National Semiconductor** в качестве разработчика и главного конструктора. За это время он изобрел операционный усилитель на основе комбинации биполярных и полевых транзисторов и подготовил доклад, который принес ему должность научного сотрудника в Институте инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (ИИЭР).

Во второй половине своей карьеры Соломон использовал свои знания при создании интегральных микросхем и стал пионером в области электронной автоматизации проектирования, выступив как соучредитель компании **Cadence.** Там он выполнял большое количество задач, в частности, занимал пост президента и исполнительного директора, генерального и технического директора подразделения, занимающегося разработкой интегральных схем, а также основал служебное подразделение **Cadence's Analog,** где начал разработку, пожалуй, самого известного аналогового моделирующего устройства под названием **Spectre.**

В настоящее время Соломон занимает активную позицию управляющего и консультанта нескольких молодых компаний и новых проектов, включая **Gemini Design Technology, Applied Wave Research, Ciranova, Nascentric, Pyxis Technology** и **Silicon Navigator.**

4 **Барри Гилберт** (*Barrie Gilbert*) (родился в 1937 г. в Великобритании). Инженерная карьера Гилберта началась с компании **Signals Research and Development Establishment** (SRDE). Впоследствии он работал в **Mullard Ltd., Tektronix, Plessey Research Laboratories** и **Analog Devices.** Он стал известен благодаря **«ячейке Гилберта»,** электронному усиливающему смесителю. Кроме того, он зарегистрировал более 40 патентов и получил множество профессиональных наград, включая пятикратную премию Международной конференции по интегральным схемам (МКПИС) за выдающиеся доклады. Он пожизненный член Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (ИИЭР) и член ADI.

Возможно, лучше всего о жизни и карьере Барри Гилберта расскажут его личные данные, которые были опубликованы в осеннем выпуске журнала Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике за 2007 год. Гилберт предстает перед нами изобретателем, который осознает потребность и находит решение прежде, чем его об этом попросят. Кроме того, он — инженер с прекрасно развитым чувством интуиции. Говоря о процессе создания интегральных микросхем, он говорит: «Я позволяю свободе вести себя. Я позволяю ей дышать и говорить со мной». Одновременно новатор и наставник/учитель (рекомендуется к прочтению его книга «Ум и находчивость д-ра Лейфа»), Гилберт пересек Атлантический океан, чтобы создать образец карьеры, которому будет следовать несколько поколений инженеров.

5 **Боб Дж. Видлар** (*Bob J. Widlar*) (родился в 1937 г. в США). Видлар был техническим инструктором ВВС США, когда в 1959 году он начал обучение на степень бакалавра электротехники в Университете Колорадо. Одновременно он работал в компании **Ball Brothers Research Corporation** и создавал линейные и цифровые схемы.

В 1963 г., через год после окончания университета, Видлар начал работать в компании **Fairchild Semiconductor** и создал первый коммерчески успешный операционный усилитель на основе ИС — **A709.** Рассказывают, что после того, как ему было отказано в повышении зарплаты в компании Fairchild, он перешел в недавно созданную компанию National Semiconductor, и что во многом благодаря его схемам компания National стала лидером производства линейных схем.

«Боб Видлар — истинный гений», — утверждает Чарльз И.Спорк (*Charles E. Sporck*), президент компании National Semiconductor, в некрологе Видлара в газете The New York Times. «Он был первым в мире, и, безусловно, самым великим разработчиком линейных схем».

6 **Боб Пиз** (*Bob Pease*) (родился в 1940 г. в США). Пиз начал работать в компании **George A. Philbrick Researches** в 1961г. сразу же после окончания Массачусетского технологического института (MIT). Его наставником был сам Джордж Филбрик. Пиз конструировал для компании операционные усилители, аналоговые вычислительные модули и преобразователи «частота-напряжение». Он начал работать в компании **National Semiconductor** в 1976 г., продолжая при этом деятельность практического разработчика и став национальным гуру в области разработки аналоговых устройств. Создавая регуляторы мощности, источники опорного напряжения, температурные датчики и усилители, он приобрел широкую известность благодаря своей работе в области запрещенных зон полупроводников. На его имя зарегистрирован 21 патент. Люди, не имеющие никакого отношения к National Semiconductor, знают Пиза по его колонке в журнале **Electronics Design** и

Дополнительный список инженеров-разработчиков аналоговых устройств

Байрон Бинам (*Byron Bynum*) (Великобритания) — начав свою карьеру в компании **Boeing,** перешел в **Texas Instruments** и стал директором компании в области разработки ИС. Затем Бинам перешел в компанию **Motorola,** где занимал несколько должностей, включая пост директора по разработке изделий в подразделении аналоговых ИС. В 2003 г. он стал соучредителем компании **Integrated Custom Power LLC,** которая оказывала услуги по консультированию по вопросам разработки аналоговых/комбинированных ИС. Дэвид Пейс (David Pace) из компании National Semiconductor говорит: «Байрон Бинам является признанным экспертом среди специалистов по разработке аналоговых схем в Фениксе, штат Аризона».

•

Пол Брокау (*Paul Brokaw*) (Бельгия) — занимал несколько постов в компании **Analog Devices,** является членом ADI. Брокау является стойким приверженцем простоты и фундаментальных принципов и одним из немногих разработчиков, который может предоставить не только детальное интуитивное понимание, но и скрупулезный математический анализ.

•

Питер Бэксендал (*Peter Baxandall*) (Великобритания) — один из крупнейших разработчиков звуковых аналоговых схем. Бэксендал получил широкое признание благодаря созданию схемы регулировки тембра с обратной связью. Он был членом Общества инженеров-звукотехников (ОИЗ) и получил серебряную медаль за выдающиеся заслуги в области звукотехники.

•

Эрик Виттоц (*Eric Vittoz*) (Швейцария) — член ИИЭР, в 2004 г. получил премию ИИЭР в области технического применения полупроводниковых схем. Виттоц внес существенный вклад в исследования маломощных низковольтных КМОП и моделирование устройств на основе КМОП.

•

Ганс Р. Каменцинд (*Hans R. Camenzind*) (Швейцария) — получил степень магистра электротехники в Северо-Восточном университете США и магистра делового администрирования (MBA) в университете Санта Клары. Первоначально Каменцинд занимался исследованиями, затем перешел в **Signetics.** Позже он открыл компанию **Interdesign,** которая впоследствии была продана компании **Plessey.** Среди его многочисленных разработок аналоговых устройств следует отметить первый комплексный усилитель класса D и таймер **555.** Он написал несколько пособий, а также книгу по электронике для широкой аудитории.

•

Вилли Сансен (*Willy Sansen*) (Бельгия) — с 1984 г. является руководителем лаборатории разработок аналоговых устройств ESAT-MICAS католического университета Левена, член ИИЭР, выступал с лекциями по всему миру. Автор многих книг по разработке аналоговых устройств.

•

Габор Темеш (*Gabor Temes*) (Венгрия) — член ИИЭР. В настоящее время осуществляет разработки в области аналоговых ИС на основе КМОП, преобразователей данных и интерфейсов интегральных датчиков.

•

Дэйв Фуллагар (*Dave Fullagar*) (Великобритания) — широко известен благодаря разработке операционного усилителя **741.** Фуллагар был разработчиком аналоговых устройств и занимал руководящие посты в компаниях **Fairchild** и **Intersil,** прежде чем он совместно с **Джеком Гиффордом** (*Jack Gifford*) организовал компанию **Maxim.**

•

Уолт Янг (*Walt Jung*) (США) — член Общества инженеров-звукотехников, является авторитетом в области разработки усилителей звуковой частоты и операционных усилителей. Создатель **Electronic Design.** В 2002 г. был увековечен в галерее славы электронного проектирования. Он написал **«Рецептурный справочник по операционным усилителям на основе ИС»** (The IC Op Amp Cookbook).

многочисленным статьям в специализированных периодических изданиях. Он является автором бестселлера **«Практическая электроника аналоговых устройств»** (Troubleshooting Analog Circuits). Пиз заслужил восхищение читателей благодаря своему открытому и простому стилю изложения и активному наставничеству, которое включало в себя чтение лекций и посвящение большого количества своего времени ответам на приходившие ему в письмах вопросы, которые неизменно начинались со слов «Я пытаюсь собрать…».

7 **Боб Добкин** (*Bob Dobkin*) (родился в 1945 г. в США). Коллега Боба Пиза, Добкин начал свою карьеру в компании **Philbrick-Nexus** после учебы в Массачусетском технологическом институте (MIT). Затем Добкин принял у Боба Видлара руководство направлением перспективной разработки схем в компании **National Semiconductor.** Здесь он создал первый трехвыводный регулируемый стабилизатор напряжения, первый биполярный LDO-регулятор, отличающийся малым падением напряжения на регулирующем элементе, и повысил скорость нарастания операционного усилителя.

В 1981 г. Добкин совместно с Робертом Свонсоном (*Robert Swanson*) основал компанию **Linear Technology Corp.,** где он занимает пост вице-президента по разработкам и технического директора. На имя Добкина зарегистрировано 90 патентов. Он разработал большое количество классических аналоговых компонентов, включая совсем недавний **LT3080** и более ранний **LM317.**

8 **Джим Вильямс** (*Jim Williams*) (родился в 1953 г. в США). Джим Вильямс преподавал проектирование аналоговых схем в MIT до того, как его убедили перейти в коммерческую сферу для работы в компании **National Semiconductor.** Затем он присоединился к только что открывшейся компании **Linear Technology,** где он с тех пор стал штатным ученым.

Вильямс считается «инженером инженеров», преданным проектированию аналоговых схем, но не в ущерб цифровым системам. Вильямс написал множество статей в защиту роли аналоговых устройств в цифровой революции, что, возможно, явилось одной из причин, почему знание аналоговой техники пользуется сегодня таким уважением.

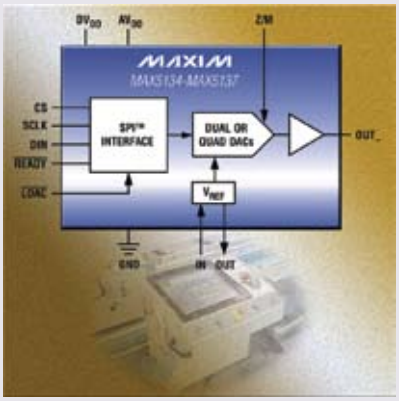
Автор нескольких книг, включая **«Руководство для разработчиков по инновационным линейным схемам»** (A Designer's Guide to Innovative Linear Circuits), **«Искусство проектирования аналоговых схем»** (The Art and Science of Analog Circuit Design) и **«Проектирование аналоговых схем: искусство, наука и известные личности»** (Analog Circuit Design: Art, Science and Personalities), Вильямс сделал много для того, чтобы проектирование аналоговых устройств рассматривалось как искусство. Он разделяет мнение о том, что нет «правильного» пути и утверждает, что успешных инженеров можно узнать по их «стилю».

9 **Деннис Монтичелли** (*Dennis Monticelli*) (США). Деннис Монтичелли является директором по аналоговым технологиям в компании **National Semiconductor.** Монтичелли получил степень бакалавра инженерного дела в Университете Калифорнии в Санта-Барбаре в 1974 г. и пришел в компанию National Semiconductor после окончания учебного заведения. На протяжении 16 лет он принимал участие в большом количестве проектов по разработке аналоговых и комбинированных схем в качестве проектировщика схем и главного проектировщика. В 1991 г. он был назначен руководителем нового подразделения по управлению электропитанием, а в 1995 г. стал вице-президентом. В настоящее время на его счету 20 патентов в области разработки схем. Он является членом Национальной галереи славы по патентам на полупроводники.

Монтичелли — пионер в области регуляторов напряжения с малым падением напряжения. В компании National он разработал линейку продуктов **Simple Switcher —** импульсный стабилизатор с одним чипом. Он представил свой первый высокопроизводительный операционный усилитель с КМОП-структурой, а также первые маломощные, дополнительные высокоскоростные биполярные операционные усилители. В период его работы в компании National он участвовал в разработке технологии производства некоторых инновационных кристаллов.

10 **Том Хорнак** (*Tom Hornak*) получил докторскую степень по инженерному делу в Чешском техническом университете в Праге. В 1968 г. он начал работать в исследовательских лабораториях **HP,** где разрабатывал высокоскоростные аналоговые и цифровые преобразователи, высокоскоростные оптоволоконные системы передачи данных, электронные измерительные приборы и ИС для беспроводной связи. Он опубликовал более 50 работ и зарегистрировал более 60 патентов. Хорнак был активным участником деятельности сообщества, представители которого работали над созданием аналоговых устройств, редактором журнала по полупроводниковым схемам, а также занимал пост председателя комитета ИИЭР по технологиям и полупроводниковым схемам.

Новое семейство многоканальных ЦАП



Компания Maxim Integrated Products представила новое семейство счетверенных **(MAX5134/MAX5135)** и сдвоенных **(MAX5136/MAX5137)** 16- и 12-разрядных ЦАП, совместимых между собой как по выводам, так и программно. Эти ЦАП обладают сочетанием более высокой точности, интеграции и меньших габаритов по сравнению с конкурирующими изделиями.

Энергосбережение становится сегодня критическим требованием для всех систем, а не только для устройств с батарейным питанием. В спящем режиме ЦАП MAX5134-MAX5137 потребляют менее 300 нА. Четыре 12 или 16-разрядных ЦАП могут работать на среднем токе 2,5 мкА. Имея встроенный высокоточный источник опорного напряжения, эти ЦАП предоставляют разработчикам непревзойденную гибкость изменения числа каналов и разрешающей способности при очень несущественной переработке устройства или вообще без таковой. Каждый канал ЦАП может индивидуально быть отключен для лучшего управления энергопотреблением.

Высокая линейность (±8 LSB INL для 16-разрядного и ±1 LSB INL для 12-разрядного ЦАП) и гибкость этих ЦАП делают их идеальными для систем управления производственными процессами и портативных измерительных приборов, таких как системы связи, программируемые логические контроллеры, замкнутые сервоконтуры и автоматизированные системы контроля. Другие применения этих ЦАП: автоматическая настройка и регулировка, управление усилителями мощности, системы сбора данных, программируемые источники напряжения и тока.