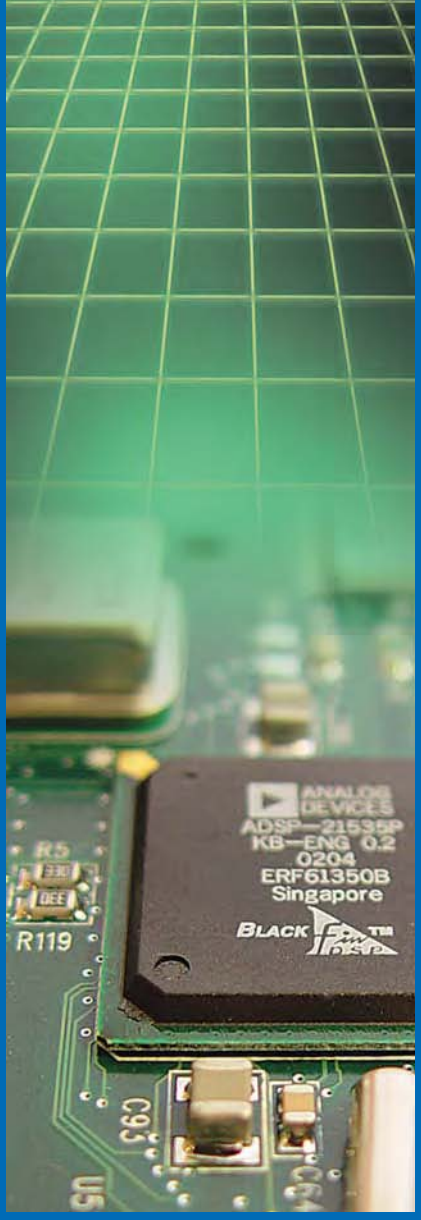
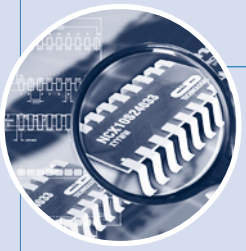
№ 1
2004
МИР ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ
Информационно-технический
АЛЬМАНАХ
В НОМЕРЕ:
ПРОЦЕССОРЫ BLACKFIN ANALOG DEVICES
AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ FRIWO
DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ C&D
УСИЛИТЕЛИ С АВТОКОРРЕКЦИЕЙ НУЛЯ И МИКРОСХЕМЫ ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗА ANALOG DEVICES
СВЧ-ТРАНСИВЕР СО СВЕРХМАЛЫМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ XEMICS
МИКРОСХЕМЫ "PROCESSOR COMPANION" RAMTRON
AC-DC, DC-DC, DC-AC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ MEAN WELL
DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ AIMTEC




ЭЛТЕХ

www.eltech.spb.ru

# СОДЕРЖАНИЕ

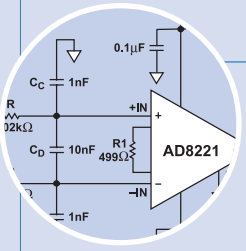


**2** НОВОСТИ

Компания ЭЛТЕХ – участник выставки Экспо-Электроника-2004.

ЭЛТЕХ признан дистрибьютором №1 компании RAMTRON в Восточной Европе.

ЭЛТЕХ стал официальным дистрибьютором компании C&D Technologies.




**3** НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ

ADSP-21262 SHARC. 32-разрядный процессор цифровой обработки сигналов с плавающей точкой компании Analog Devices.

Новые процессоры семейства TigerSHARC компании Analog Devices.

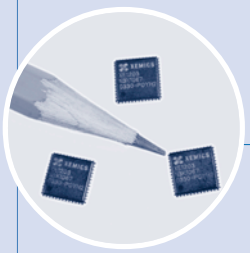
AD8221 – новый инструментальный усилитель компании Analog Devices.

ADE7753/ADE7758 – одно- и трехфазные интегральные счетчики электроэнергии компании Analog Devices.

**6** ПРОЦЕССОР BLACKFIN – ВЫСОКАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.

**10** УСИЛИТЕЛИ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИЕЙ НУЛЯ КОМПАНИИ ANALOG DEVICES.

**14** МИКРОСХЕМЫ ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗА (DDS) ОТ ANALOG DEVICES. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КВАДРАТУРНЫХ СИГНАЛОВ В ДИАПАЗОН 800-2500 МГЦ С ОДНОЙ БОКОВОЙ ПОЛОСОЙ.



**20** МИКРОСХЕМЫ FM31XXX (PROCESSOR COMPANION) ПРОИЗВОДСТВА RAMTRON.

**25** XE1203 – ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ТРАНСИВЕР С РАБОЧИМ ДИАПАЗОНОМ 433/868/915 МГЦ КОМПАНИИ XEMICS.

**28** DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ КОМПАНИИ C&D TECHNOLOGIES.

**29** AC-DC, DC-DC, DC-AC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ КОМПАНИИ MEAN WELL.

**30** AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ FRIWO.

**36** НЕДОРОГИЕ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 2 ВТ ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ AIMTEC.

## КОМПАНИЯ ЭЛТЕХ ПОЛУЧИЛА СТАТУС ДИСТРИБЬЮТОРА КОМПАНИИ C&D TECHNOLOGIES

**В ноябре 2003 г. компания ЭЛТЕХ получила статус дистрибьютора компании C&D TECHNOLOGIES на территории Российской Федерации.**

C&D TECHNOLOGIES (США) – международная компания, имеющая штаб-квартиры в США и Великобритании и ведущая свою производственную деятельность на трех континентах: в Северной Америке, Европе и Азии, на промышленных предприятиях, полностью принадлежащих компании и занимающихся выпуском изделий только под маркой C&D.

Специализация компании в производстве систем для преобразования и хранения электрической энергии, включая промышленные аккумуляторы и электронные устройства, позволила ей занять положение ведущего и авторитетного поставщика продукции трех основных категорий – систем резервного электропитания, электронных источников питания (AC/DC; DC/DC преобразователи) и компонентов для создания источников питания.

C&D TECHNOLOGIES по праву считается “пионером” в производстве маломощных DC-DC преобразователей. Именно эта компания первой в мире запустила в производство DC-DC преобразователь из 5 в 5 В с гальваноразвязкой и выходной мощностью 0,75 Вт в виде законченного модуля.

Сохраняя своё лидерство в разработках и технологии, компания предлагает высококачественные DC-DC преобразователи с выходной мощностью от 0,25 Вт до 150 Вт, как с гальваноразвязкой, так и без неё в различном конструктивном исполнении.

Продукция компании удовлетворяет самым строгим международным требованиям ISO.

## КОМПАНИЯ ЭЛТЕХ ПРИЗНАНА ДИСТРИБЬЮТОРОМ №1 КОМПАНИИ RAMTRON В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ

**По итогам 2003 г. компания ЭЛТЕХ признана дистрибьютором №1 компании Ramtron в Восточной Европе.**

Американская корпорация Ramtron специализируется на производстве энергонезависимых сегнетоэлектрических ОЗУ, выполненных по технологии FRAM и объединяющих высокие скорости записи/чтения и низкое энергопотребление со способностью сохранять данные при пропадании электропитания.

Компания ЭЛТЕХ начала продвижение продукции корпорации Ramtron на российском рынке в августе 2002 года.

Менее полутора лет потребовалось нам, чтобы стать первыми по объемам продаж не только в России, но и во всей Восточной Европе!

Подтверждая достижения компании ЭЛТЕХ в продвижении продукции Ramtron, директор Европейского отдела продаж Ramtron господин Terry Andrews вручил компании ЭЛТЕХ памятный знак “За выдающееся развитие в 2003 году”.

## ПРИГЛАШАЕМ НА ВЫСТАВКУ “ЭКСПОЭЛЕКТРОНИКА 2004” В МОСКВЕ

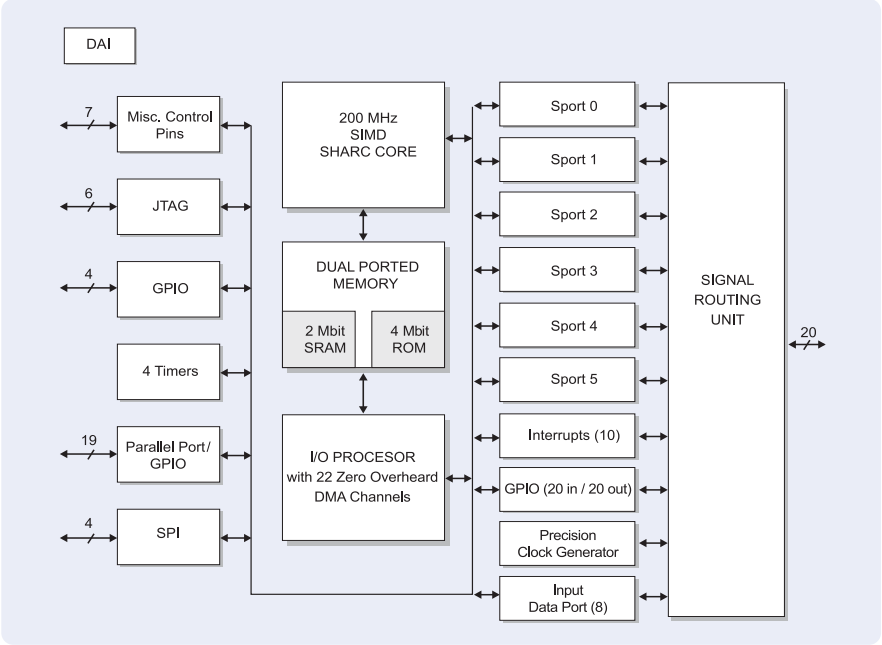
Компания ЭЛТЕХ, официальный дистрибьютор продукции фирм Analog Devices, Ramtron, Xemics, C&D Technologies, Mean Well, Friwo, Power-One и ряда других зарубежных производителей, приглашает вас посетить 7-ую Международную специализированную выставку электронных компонентов и технологического оборудования “ЭкспоЭлектроника 2004”, которая пройдет в Москве с 18 по 21 мая 2004 г. в спорткомплексе “Олимпийский”, расположенном по адресу Олимпийский пр., 16 (ст. м. “Проспект Мира”).

Каждый посетитель нашего стенда получит новый каталог продукции, компакт-диски с технической информацией, прайс-листы и другую информацию.

# ADSP-21262 SHARC

## 32-разрядный процессор цифровой обработки сигналов с плавающей точкой

*Компания Analog Devices выпустила первый процессор третьего поколения семейства SHARC. Новый процессор обладает значительно более высокой производительностью, чем предыдущие процессоры семейства SHARC, при этом сохраняются такие преимущества, как простота в использовании и совместимость по кодам.*




### ХАРАКТЕРИСТИКИ

- SIMD-ядро: 200 МГц (5 нс);
- Производительность 1200 MFLOPS, 800 MMACS;
- Совместимость по коду с предыдущими поколениями SHARC;
- Поддержка чисел с 32/40-разрядной плавающей точкой и 32-разрядной фиксированной точкой;
- Выполнение инструкции за один такт, включая SIMD операции в обоих вычислительных модулях;
- 2 Мбит внутренней SRAM двойного доступа;
- Внутренний (on-chip) поток данных 2,4 Гб/с;
- 22 канала ПДП, работающих без тактов ожидания;
- 6 синхронных последовательных портов с поддержкой стандарта $I^2S$ и 128-канальной мультиплексной передачи с временным уплотнением;
- Обращение за один цикл к 100 МГц 48-разрядной внешней памяти;
- Два 100 Мб/с link-порта;
- Поддержка стандарта SPI;
- 16-битный параллельный порт;
- 4 таймера с возможностью ШИМ;
- Поддержка оптимизированными C и C++ компиляторами;
- Поддержка средствами разработки VisualDSP;
- JTAG отладочный интерфейс;
- Виды корпусов: BGA136 (12x12 мм) и LQFP144 (20x20 мм).

ADSP-21262 является первым представителем 3-го поколения 32-разрядных ЦСП SHARC, основанных на SIMD-архитектуре (с одним потоком команд и множеством потоков данных) ядра, которое оптимизировано для высокопроизводительной цифровой обработки сигналов. Подобно другим SHARC процессорам, ADSP-21262 совместим по набору инструкций с другими представителями семейства и поддерживает как целочисленные, так и вещественные типы данных.

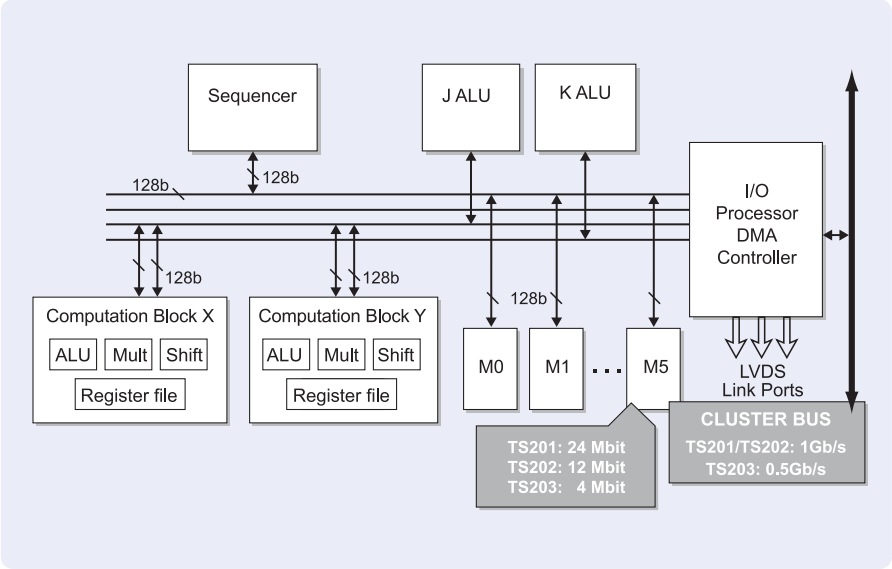
Компания Analog Devices предлагает средства отладки для процессора ADSP-21262, базирующиеся на интегрированной отладочной среде (IDE) VisualDSP++, внутрисхемном эмуляторе с JTAG интерфейсом, отладочных платах ADDS-21262-EZLITE, эмуляторов ADDS-HPPCI-ICE и ADDS-APEX-ICE.

Благодаря уникальным возможностям и высоким параметрам процессор ADSP-21262 найдёт широкое применение в высококачественных автомобильных и профессиональных системах воспроизведения и обработки звука, в системах речевого распознавания, медицинском и измерительном оборудовании. Благодаря большой интеграции на кристалле процессора памяти, широкого ряда периферии инженеры получили возможность уменьшить время разработки и стоимость изделия.

Более детальную информацию о сигнальных процессорах SHARC и средствах отладки к ним можно найти на сайте компании Analog Devices www.analog.com.

# Новые процессоры TigerSHARC

*Новые процессоры ADSP-TS201/202/203 семейства TigerSHARC компании Analog Devices обеспечивают самую высокую производительность, приведенную к потребляемой мощности, цене и площади, занимаемой на печатной плате.*




## ХАРАКТЕРИСТИКИ

- SIMD-ядро: 600 МГц (1,67 нс);
- Производительность 3,6 GFLOPS, 4,8 GMACS;
- Поддержка числовых форматов: 8, 16, 32-битный с фиксированной точкой; 32, 40-битный с плавающей точкой;
- Выполнение инструкции за один такт, включая SIMD операции в обоих вычислительных модулях;
- 24/12/4 Мбит внутренней SRAM двойного доступа ADSP-TS201/202/203, соответственно;
- 4 внутренних 128-разрядных шин, обеспечивающих внутренний (on-chip) поток данных 38,4 Гб/с;
- 14 каналов ПДП, работающих без тактов ожидания;
- 4 порта связи (link);
- Поддержка оптимизированными C и C++ компиляторами;
- Поддержка средствами разработки VisualDSP;
- JTAG отладочный интерфейс;
- Вид корпуса BGA576 (25 x 25 мм).

ADSP-TS201/202/203 – 2-ое поколение ЦСП TigerSHARC, оптимизированных для высокопроизводительной цифровой обработки сигналов. Все три процессора совместимы по выводам. Процессоры ADSP-TS201/202/203 предоставляют разработчику новую платформу для реализации высокопроизводительных и требующих большого объема памяти алгоритмов обработки сигналов и изображений – от полностью программно реализованных базовых станций поколений 2G, 2,5G и 3G, трехмерных ультразвуковых сканнеров и других медицинских систем визуализации, радио- и ультразвуковых локаторов до индустриальных систем измерения и контроля – разработчик теперь может использовать такие преимущества, как малое энергопотребление, малая стоимость и простота реализации многопроцессорной системы цифровой обработки сигналов.

Ядро процессора TigerSHARC является уникальным среди высокопроизводительных процессоров обработки сигналов, так как непосредственно поддерживает данные как с фиксированной, так и с плавающей точкой. Кроме того, ядро поддерживает уникальный набор специальных инструкций, предназначенных для систем коммуникации и обработки изображений, что дает возможность программно реализовывать функции, ранее доступные только специальным микросхемам. Семейство процессоров TigerSHARC снабжено интерфейсами двух типов, которые могут непосредственно обеспечивать взаимодействие в мультипроцессорной системе (кластере) без использования дополнительных внешних микросхем. Кластер может включать в себя до восьми процессоров TigerSHARC, хост-процессор и внешнюю память, подключенную к общей шине, и обеспечивает общую “глобальную” карту памяти, что в результате даёт очень простую многопроцессорную программную модель. Соединительный интерфейс обладает очень большой пропускной способностью, поэтому можно получить быстрый интерфейс между процессорами TigerSHARC или другими устройствами. Общая скорость обмена по данному интерфейсу превышает 5 Гбайт/с.

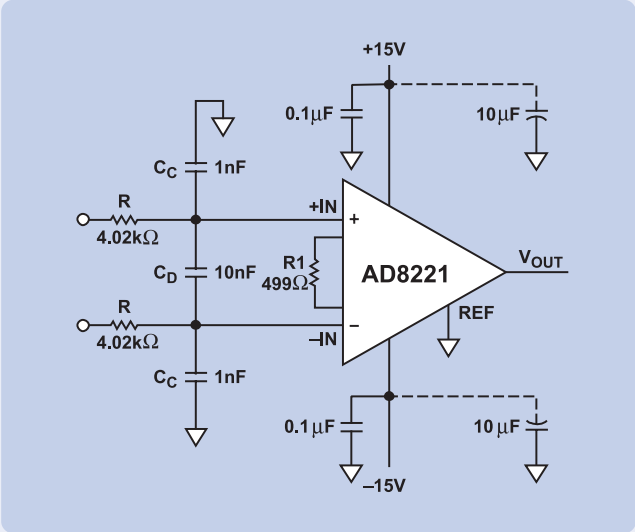
Компания Analog Devices предлагает средства отладки для процессора ADSP-TS201/202/203, базирующиеся на интегрированной отладочной среде (IDE) VisualDSP++, внутрисхемном эмуляторе с JTAG интерфейсом, отладочных платах ADDS-TS201-EZLITE, эмуляторах ADDS-HPPCI-ICE и ADDS-APEX-ICE.

Более детальную информацию о сигнальных процессорах SHARC и средствах отладки к ним можно найти на сайте компании Analog Devices www.analog.com.

## AD8221

**Новый инструментальный усилитель с коэффициентом подавления синфазного сигнала 90 дБ в микрокорпусе**

- Коэффициент усиления 1...1000, устанавливается одним резистором
- $K_{ОСС}$ = 90 дБ
- $U_{см}$ = 25 мкВ
- Температурный дрейф 0,3 мкВ/°С
- $I_{вх}$ = 0,2 нА
- Плотность шума 8 нВ/√Гц
- Полоса пропускания 825 кГц
- Входное сопротивление 100 ГОм
- Температурный диапазон: -40...+125°С
- Виды корпусов: SOIC8 и mSOIC8.

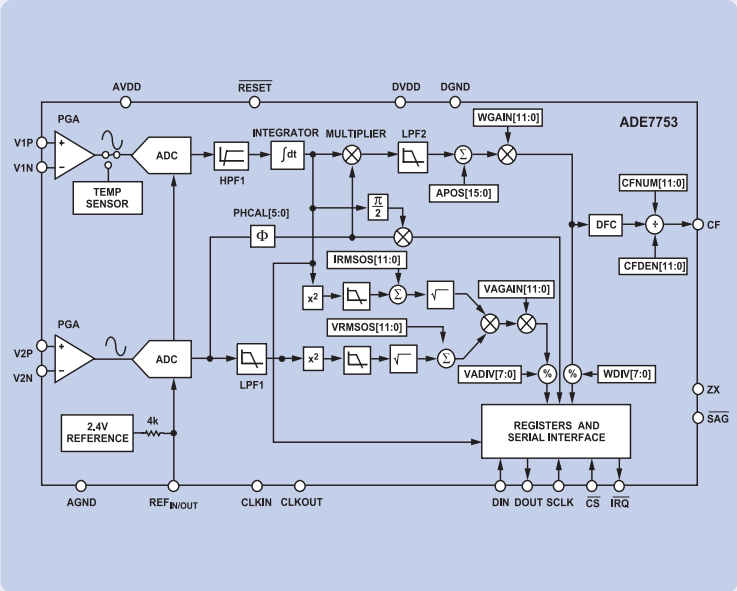



AD8221 – прецизионный инструментальный усилитель с установлением коэффициента усиления одним резистором. AD8221 обладает высоким коэффициентом ослабления синфазного сигнала ($K_{ОСС}$) на высоких частотах. Большинство инструментальных усилителей на частотах выше 200 Гц имеют значительное уменьшение $K_{ОСС}$. AD8221 поддерживает, как минимум, $K_{ОСС}$ 80 дБ на 10 кГц при единичном коэффициенте усиления. Благодаря своим уникальным возможностям AD8221 применяется в высокоточных системах сбора данных, медицинской и авиакосмической контрольно-измерительной аппаратуре.

## ADE7753/ ADE7758

**Одно- и трёхфазные интегральные счётчики электроэнергии с возможностью измерения реактивной составляющей**

- Измеряет активную, реактивную, полную мощность, среднеквадратическое значение напряжения и тока
- Менее 0,1 % ошибки измерения активной мощности
- Динамический диапазон 1000:1
- ИОН 2,4 В на кристалле
- Питание 5 В
- Малое энергопотребление: 25 мВт
- SPI интерфейс
- Температурный диапазон: -40...+85°С
- Виды корпусов: SSOP20 – ADE7753 и SOIC24 – ADE7758.




ADE7753/ADE7758 – одно- и трёхфазные интегральные счётчики электроэнергии компании Analog Devices, которые позволяют измерять активную, реактивную, полную мощность, среднеквадратическое значение напряжения и тока с ошибкой менее 0,1% в динамическом диапазоне 1000:1, что превосходит требования Международной электротехнической комиссии (IEC). В состав микросхем включён цифровой интегратор, что позволяет использовать датчики тока типа катушек Роговского.

# Процессор BlackFin: Высокая производительность в мультимедийных и коммуникационных системах

## ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА

***Процессор Blackfin предоставляет возможности, делающие его привлекательным для многих применений***

- Производительность до 1200 MMACS (при частоте ядра 600 МГц) позволяет обеспечить одновременно обработку многоканального аудиосигнала плюс обработку VGA/D1 видео в мультимедийных системах
- Развитые средства динамического управления питанием: встроенная система управления питанием позволяет снизить напряжение питания ядра до 0,7 В, что продлевает жизнь батареи в портативных приборах
- Настраиваемая под задачу периферия обеспечивает подключение без дополнительных интерфейсных микросхем к различным преобразователям в системах сбора и обработки данных
- Наличие различных по цене, совместимых по выводам и кодам представителей семейства Blackfin позволяет оптимизировать затраты при производстве массовой бытовой электроники.

### *Высокая степень интеграции*

- До 148 кБ встроенной статической памяти (SRAM)
- 32 кБ встроенной user definable ROM (только в процессорах ADSP-BF531 и ADSP-BF532)
- Параллельный периферийный интерфейс с поддержкой формата видеоданных ITU-R 656
- Два двухканальных, полнодуплексных синхронных последовательных порта с поддержкой восьми стереоканалов I²S
- 12 каналов прямого доступа к памяти (DMA) с поддержкой одно- и двухмерного обращения
- Контроллер памяти, обеспечивающий подключение без дополнительных микросхем нескольких банков внешней памяти SDRAM, SRAM, Fxash или ROM
- Три таймера, поддерживающих режим широтно-импульсной модуляции и режимы подсчета импульсов и длительности импульсов
- Последовательный порт UART с поддержкой режима IrDA
- SPI-совместимый порт
- Часы реального времени
- Сторожевой таймер
- ФАПЧ с возможностью от 1 до 63-кратного умножения тактовой частоты
- 160-выводной mini-BGA корпус (12x12 мм) и 176-выводной корпус LQFP (24x24 мм)
- Коммерческий и индустриальный температурный диапазоны

**Процессоры Blackfin обладают высокопроизводительным ядром и гибкой разнообразной периферией, что способствует снижению себестоимости в мультимедийных и коммуникационных системах.**

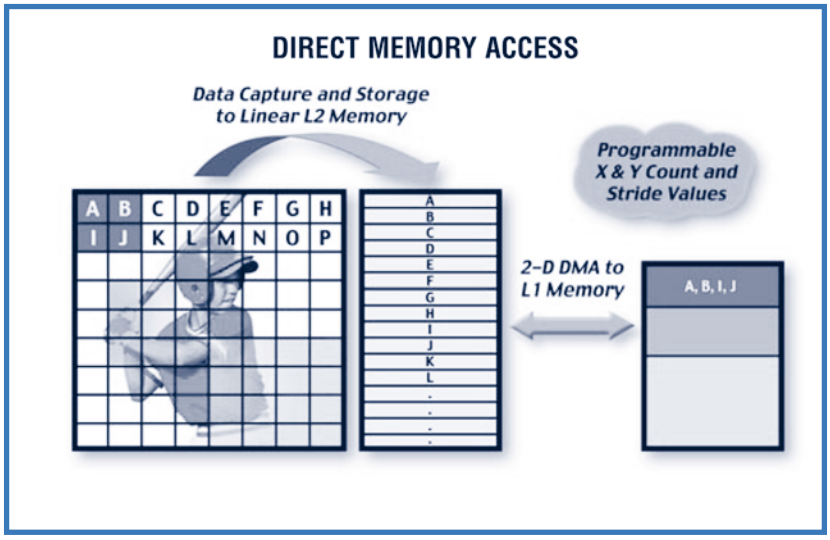
## ПОПОЛНЕНИЕ СЕМЕЙСТВА ПРОЦЕССОРОВ BLACKFIN

Семейство процессоров **Blackfin** пополнилось тремя новыми представителями, имеющими различную производительность и различную стоимость. Они обладают высокой эффективностью как при обработке сигналов, так и в качестве управляющего процессора, имеют развитые средства управления питанием и периферию, настраиваемую под конкретные требования и способствующую облегчению процесса разработки для широкого круга задач. Новые члены семейства полностью совместимы по коду и по выводам, что устраняет риск, связанный с обновлением имеющихся разработок. Разработчики имеют возможность с максимальной эффективностью использовать имеющиеся алгоритмы и выпускать несколько видов конечного продукта, различающиеся только программным обеспечением без каких-либо изменений в конструкции.

Процессор ADSP-BF533 – наиболее высокопроизводительный представитель семейства и предназначен в первую очередь для встроенных видеосистем, таких как бытовая видеотехника, системы безопасности/видеонаблюдения и широкополосные домашние информационные системы. Процессор ADSP-BF532 также обладает исключительно высоким быстродействием, но имеет встроенную память меньшего объема, в результате чего данный процессор имеет более низкую цену и предназначен для применения в таких областях, как автоматическое телеуправление и информационные системы. Процессор ADSP-BF531 – это наиболее дешевый представитель семейства процессоров Blackfin и представляется наиболее привлекательным для медицинского оборудования, встроенных модемов, биометрических приборов и бытовой аудио аппаратуры.

## ВСТРОЕННЫЕ СРЕДСТВА ПЕРИФЕРИИ

В новых процессорах семейства Blackfin имеются настраиваемые средства периферии, в том числе многофункциональные последовательные порты с возможностью работать с цифровым аудиосигналом формата I²S и программируемый параллельный порт с поддержкой видеоформата ITU-R 656. Эти развитые возможности позволяют процессору Blackfin взаимодействовать напрямую с различными аудио- и видеоконверторами, что способствует уменьшению числа применяемых микросхем и снижению общей стоимости системы. В число дополнительных возможностей процессора входит контроллер прямого доступа к памяти (DMA), поддерживающий одно- и двухмерный доступ к данным, схему управления напряжением питания ядра, а также определяемую пользователем память ROM.



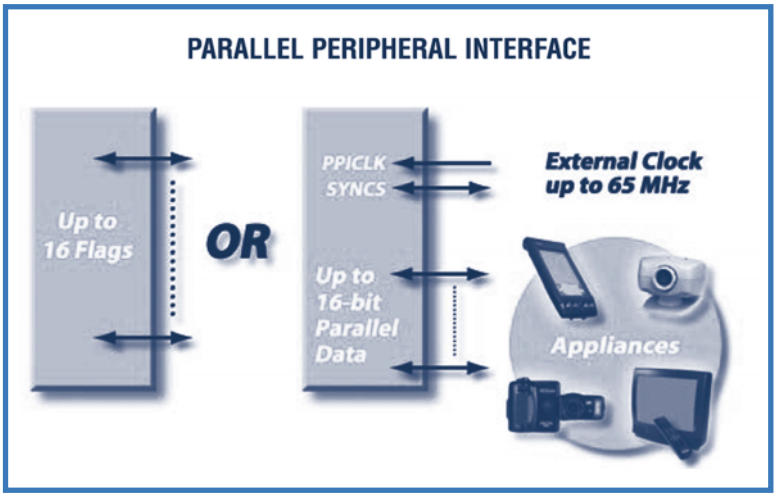

**Развитый механизм прямого доступа к памяти (DMA) обеспечивает 1- и 2-мерную передачу данных, что повышает эффективность алгоритмов обработки выбранных компонентов изображения в видеокадре.**

### *Параллельный периферийный интерфейс (PPI)*

Интерфейс PPI представляет собой набор гибко программируемых выводов, позволяющих напрямую подключать разнообразные видео кодеры/декодеры, драйверы дисплеев и преобразователи сигналов.

Интерфейс содержит до шестнадцати программируемых однозарядных линий, линию тактирования и, кроме того, три линии, передающие сигналы синхронизации. Эти линии ввода/вывода могут индивидуально программироваться как входы/выходы общего назначения или как параллельный порт для обмена данными. Частота импульсов синхронизации при передаче параллельных данных достигает 65 МГц, причем схема синхронизации может быть сконфигурирована для работы на ввод или на вывод данных. Порт PPI поддерживает множество различных режимов общего назначения и видео форматов (ITU-R 656), если порт сконфигурирован для параллельной передачи данных. Если применяются режимы общего назначения, то аппаратный сигнал синхронизации может быть использован для инициализации и для управления передачей данных. С другой стороны, порт PPI поддерживает декодирование заголовочных пакетов в формате ITU-R 656 и использует их для синхронизации, что обеспечивает простой, без дополнительных микросхем, интерфейс между процессором Blackfin и внешними устройствами, работающими со стандартом ITU-R 656.

**Интерфейс PPI обеспечивает подключение без дополнительных микросхем к различным видео кодерам/декодерам, дисплейным драйверам и преобразователям данных общего назначения.**




### *Прямой доступ к памяти (DMA)*

Контроллер DMA поддерживает одно- и двухмерный обмен между внутренней памятью, внешней памятью и системной периферией, при этом программируется число элементов данных и размер массива. Передача данных может управляться с помощью весьма гибкой методики дескриптора или на основе механизма автобуферирования с использованием регистров. Одностороннее завершение доступа DMA и условия отработки ошибок DMA – все эти средства позволяют создать очень гибкий алгоритм, работающий по прерываниям.

Сочетание параллельного периферийного интерфейса PPI и развитых возможностей двухмерного DMA позволяет осуществлять эффективный видеозахват, а также хранение и передачу видеоданных. Программируемость и конфигурируемость данных функциональных блоков минимизирует число требуемых внешних компонентов. К тому же эти развитые возможности значительно снижают нагрузку на ресурс ядра процессора в системах видеообработки, вследствие чего достигается высокая производительность при работе с видео в мультимедийных системах.

### *Развитое динамическое управление питанием*

Новые процессоры семейства Blackfin обладают дополнительными средствами управления питанием за счет интеграции на кристалле процессора схемы управления питанием, а также за счет обеспечения гибкого управления тактовой частотой ядра процессора и всей системы. Встроенный стабилизатор обеспечивает напряжение питания ядра от 0,7 В до 1,2 В при внешнем напряжении питания величиной от 2,25 В до 3,6 В. Частоты тактовых импульсов ядра и системы могут динамически варьироваться при помощи цифровой схемы делителя частоты, не имеющей задержки, присущей схемам с ФАПЧ, которые используются в более традиционных системах управления частотой. Эти встроенные средства существуют для того, чтобы оптимизировать энергопотребление для конкретного алгоритма или специальной задачи, что способствует продлению жизни батареи в портативных приборах с автономным питанием.

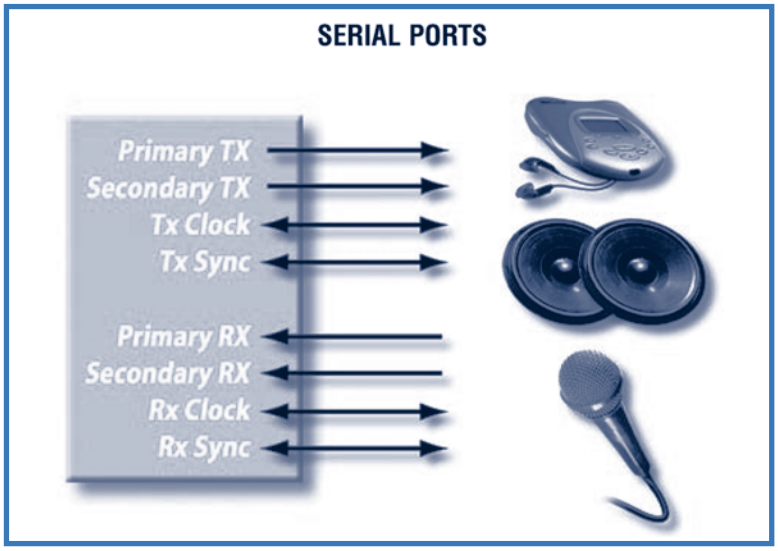
### *Последовательные порты (SPORTs)*

Последовательные порты SPORTs оптимизированы специально для использования в бытовой аудиоаппаратуре высшего класса. Два канала (для приема и для передачи) имеется в каждом порту, поддерживающем формат I²S. Это позволяет процессорам Blackfin обрабатывать до восьми стереоканалов I²S с помощью единственного недорогого процессора DSP.

Последовательные порты SPORTs, кроме того, имеют развитые функциональные возможности для работы в коммуникационных системах. Каждый порт SPORT поддерживает программируемое окно, содержащее 128 мультиплексируемых каналов с разделением по времени из банка в 1024 канала. Последовательные порты SPORTs работают со словами длиной до 32 разрядов при скорости передачи до 100 Мбит/с.

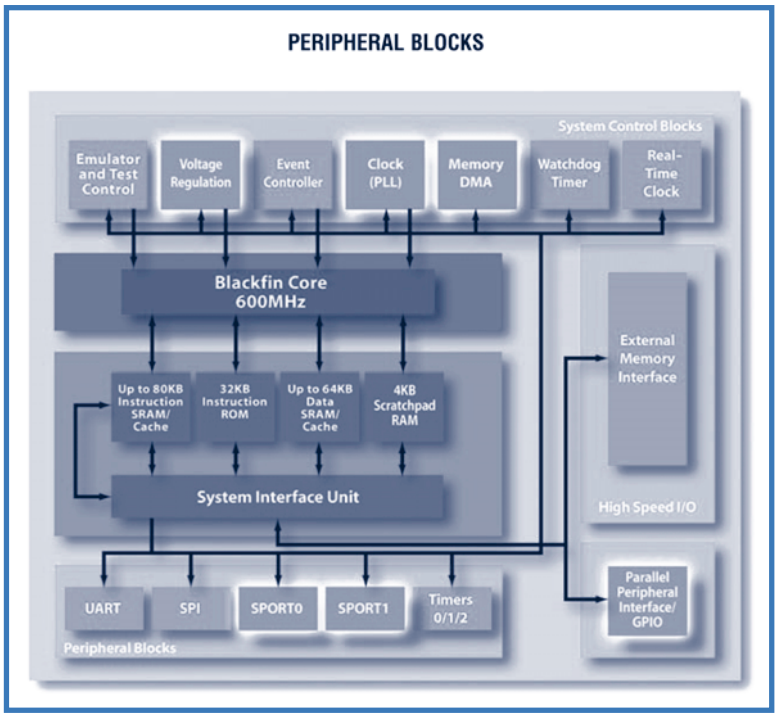
### *Богатый набор встроенной периферии*

Помимо специальной периферии, процессоры Blackfin обладают набором различных функциональных узлов общего применения, разработанных для минимизации числа допол-




**Последовательные порты SPORTs предназначены для работы с цифровым аудио и для многоканальных форматов данных в системах телекоммуникации.**

**В состав процессоров семейства Blackfin входят разнообразные средства периферии, способствующие упрощению схемотехники и минимизации суммарной стоимости системы.**



нительных внешних микросхем. Определяемая пользователем память ROM снимает необходимость применения внешних ПЗУ, уменьшая суммарную стоимость компонентов устройства и снижая энергопотребление в портативных электронных устройствах широкого применения. Также имеется обычная, традиционная для процессоров DSP и для микроконтроллеров периферия, в том числе последовательный порт UART, последовательный SPI-совместимый порт, три многофункциональных таймера, входы/выходы общего назначения, часы реального времени, сторожевой таймер, контроллер событий и отладочный интерфейс JTAG.

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССОРА НА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ АЛГОРИТМАХ

Алгоритмы цифрового сжатия и декодирования аудио/видеосигналов – это те алгоритмы, которые расширяющемуся рынку мультимедийных устройств требуются в первую очередь. Исторически 16-разрядные процессоры DSP вполне справлялись с обработкой речи, но были недостаточно эффективны в системах обработки аудио/видео. Сегодня оптимизированная архитектура Blackfin, его набор команд и богатая периферия дают в сочетании мощное средство для создания мультимедийных систем нового поколения. Ядро, способное параллельно производить два умножения с накоплением за один такт, обеспечивает достаточную производительность в системах сжатия/декодирования в телефонии и аудиосистемах. Плюс к этому, четырехканальное видео АЛУ способно производить четыре восьмиразрядных операции за один такт, что значительно сокращает время выполнения таких алгоритмов, как двухмерное дискретное косинус-преобразование 8x8 или оценка движения. Эти функции являются ключевыми в алгоритмах видеосжатия MPEG и JPEG, и оптимизированность архитектуры ядра проявляется в повышенной скорости выполнения данных алгоритмов. Сочетание перечисленных средств позволяет осуществить воспроизведение MP3 файлов с использованием относительно небольшой части вычислительной мощности (MIPS) процессора, или сочетать MP3 и MPEG4 декодирование (CIF кадры 352 _ 288) и при этом ещё иметь в запасе значительный ресурс вычислительной мощности MIPS.

## СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Семейство процессоров Blackfin поддерживается системой разработки CROSSCORE фирмы Analog Devices. В состав CROSSCORE входят: среда VisualDSP++ , оценочная плата EZ-KIT Lite и эмуляторы. VisualDSP++ представляет собой интегрированную среду разработчика, обеспечивающую быструю и удобную разработку, отладку и внедрение. Оценочная плата EZ-KIT Lite – это наиболее простой путь познакомиться с возможностями семейства сигнальных процессоров Blackfin и приступить к разработке своей системы. Существующие эмуляторы подключаются к шине PCI или USB и способствуют ускорению процесса отладки. Кроме того, от многочисленных сторонних производителей доступны дополнительные средства разработки и алгоритмы.

## ПОДДЕРЖКА DSP

**www.analog.com/dsp**

**Табл.1** **Ключевые характеристики процессоров серии BlackFin**

| Модель | $S_{такт}$, МГц /MMACS | SRAM, кБ | ROM, кБ | $V_{DD}$ | Корпус | Стоимость* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ADSP-BF533SKBC-600 | 600/1200 | 148 | – | 0,7...1,2 | 160 Mini-BGA | 19.95 |
| ADSP-BF533SBBC-500 | 500/100 | 148 | – | 0,7...1,2 | 160 Mini-BGA | 16.95 |
| ADSP-BF532SBBC-400 | 400/800 | 84 | 32 | 0,7...1,2 | 160 Mini-BGA | 9.95 |
| ADSP-BF532SBST-300 | 300/600 | 84 | 32 | 0,7...1,2 | 176 LQSP | 9.95 |
| ADSP-BF531SBBC-400 | 400/800 | 52 | 32 | 0,7...1,2 | 160 Mini-BGA | 5.95 |
| ADSP-BF531SBST-300 | 300/600 | 52 | 32 | 0,7...1,2 | 176 LQSP | 4.95 |

** Цены FOB в долларах США при заказываемых количествах от 10000 шт.*

# Усилители с автоматической коррекцией нуля

*Они действительно подавляют смещение, дрейф и шум вида 1/f. Как они работают? Есть ли у них недостатки?*

***Эрик Нолан, компания Analog Devices, Inc.***
***(перевод Алексея Власенко, alexey.vlasenko@analog.spb.ru, российское представительство Analog Devices, Inc.)***

Когда речь заходит об усилителях с автокоррекцией нуля (усилителях со стабилизацией прерыванием, т.н. chopper), то неизбежно предметом любопытства становится принцип их работы. Помимо интереса к их внутреннему устройству, у многих инженеров, вероятно, возникает следующий вопрос: “Их точность по постоянному току впечатляет, но с какими странностями в их поведении я могу столкнуться при использовании этих усилителей в своей схеме, и как мне избежать проблем?” В данной статье (часть 1) мы попытаемся ответить на оба данных вопроса. В части 2 будут приведены некоторые распространенные схемы применения этих усилителей в качестве иллюстрации значительных преимуществ, а также некоторых недостатков этих компонентов.

## УСИЛИТЕЛИ С АВТОКОРРЕКЦИЕЙ НУЛЯ – КАК ОНИ РАБОТАЮТ?

Первый усилитель с прерыванием (chopper) был создан более 50 лет назад с целью схемотехнически победить дрейф усилителей постоянного тока; в нем сигнал постоянного тока преобразовывался в переменный сигнал. В первоначальном варианте применялось преобразование сигнала с помощью электронных ключей с последующей синхронной демодуляцией для восстановления сигнала постоянного тока на выходе. Эти усилители имели очень ограниченную полосу пропускания и требовали последующей фильтрации сигнала для подавления значительных выбросов напряжения, вызванных работой схемы переключения.

В современных усилителях со стабилизацией прерыванием проблема ограничения полосы пропускания решена - за счет того, что прерыватель используется для стабилизации обычного широкополосного усилителя, через который и проходит усиливаемый сигнал*. Первые усилители со стабилизацией прерыванием были разработаны так, что могли работать только в инвертирующем включении, так как выход стабилизирующего усилителя был подключен напрямую к неинвертирующему входу широкополосного дифференциального усилителя. В современных микросхемах усилителей со стабилизацией прерыванием автоматическая установка нуля производится с помощью двухкаскадной или более сложной схемы. Их отличие заключается в том, что сигнал стабилизирующего усилителя подается на широкополосный основной усилитель через дополнительный вход “установки нуля”, а не через один из дифференциальных входов. Сигнал высокой частоты минует каскад установки нуля за счет прямого подключения к основному усилителю или за счет использования связи вперед, обеспечивающей стабильное нулевое смещение на входе в широком диапазоне частот.

Таким образом, эта технология обеспечивает стабильность по постоянному току и хорошие частотные характеристики, причем возможно включение усилителя как в инвертирующей, так и в неинвертирующей конфигурации. Тем не менее, в таком усилителе на качество сигнала может повлиять цифровой шум переключения, поэтому на высокой частоте его преимущества могут быть утрачены. В таком усилителе также возникают интермодуляционные искажения (IMD), которые проявляются в виде побочных спектральных составляющих в выходном сигнале с частотами, равными сумме и разности частот сигнала переключения и усиливаемого сигнала. Более подробно об этих аспектах будет рассказано ниже.

## ПРИНЦИП РАБОТЫ УСИЛИТЕЛЯ С АВТОКОРРЕКЦИЕЙ НУЛЯ

Автокоррекция нуля в данных усилителях обычно осуществляется в две фазы, как показано на рис. 1a и 1b. Упрощенная схема состоит из усилителя автоподстройки нуля ($A_A$), основного (широкополосного) усилителя ($A_B$), конденсаторов, на которых сохраняется значение напряжения ($C_{M1}$ и $C_{M2}$) и переключателей входов/конденсаторов. Весь усилитель показан в стандартном включении с коэффициентом усиления больше единицы.

Во время фазы A (рис. 1a), фазы установки нуля вспомогательного усилителя, входной сигнал подается только на основной усилитель ($A_B$); на вход установки нуля основного усилителя подается напряжение, сохраненное на конденсаторе $C_{M2}$; усилитель автоподстройки нуля ($A_A$) измеряет свое собственное смещение, сохраняя значение корректирующего напряжения на $C_{M1}$. Во время фазы B усилитель автоподстройки нуля имеет нулевое значение напряжения смещения, так как оно скорректировано во время предыдущей фазы цикла и корректирующее напряжение сохранено на CM1. Этот усилитель ($A_A$) усиливает напряжение смещения на входе основного усилителя и подает корректирующий сигнал на вход установки нуля основного усилителя и на конденсатор $C_{M2}$.

Оба усилителя представляют собой операционные усилители с дифференциальными входами и с дополнительным входом подстройки смещения (рис. 2).

Во время фазы компенсации смещения усилителя $A_A$ (фаза 1 на рис. 1a) входы усилителя автоподстройки нуля замкнуты накоротко друг с другом, и на инвертирующий вход усилителя $A_A$ подается только синфазное напряжение. Усилитель $A_A$ компенсирует свое собственное сме-

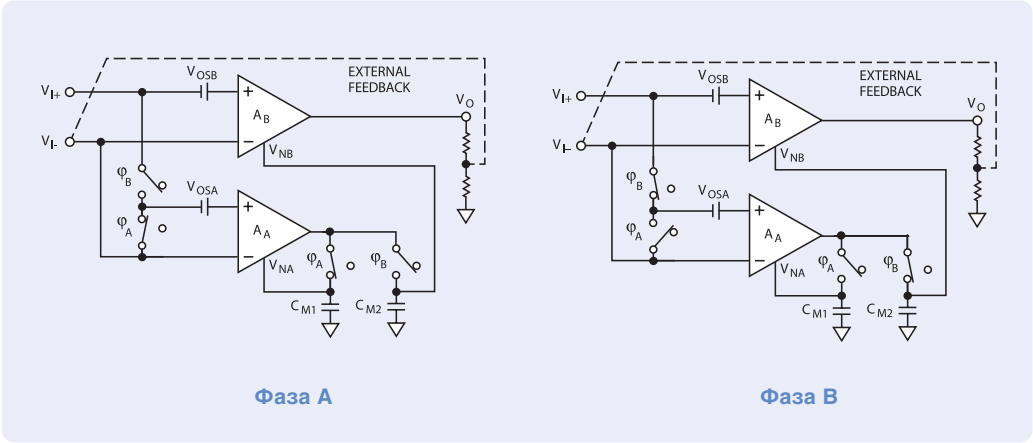



**Рис. 1. Две фазы работы усилителя с автоподстройкой нуля**

*Фаза A: Усилитель автоподстройки нуля корректирует свое собственное смещение*

*Фаза B: Усилитель автоподстройки нуля корректирует смещение основного усилителя*

щение за счет обратной связи с выхода на вывод компенсации, автоматически подавая требуемое компенсирующее напряжение; при этом произведение компенсирующего напряжения и коэффициента усиления сигнала коррекции приблизительно равно напряжению смещения ($V_{OS}$) усилителя $A_A$. Компенсирующее напряжение одновременно сохраняется на конденсаторе $C_{M1}$. Тем временем основной усилитель работает как обычный операционный усилитель. Его напряжение смещения компенсировано за счет напряжения коррекции, хранящегося на конденсаторе $C_{M2}$.

Во время фазы коррекции основного усилителя (фаза B – рис. 1b) входы усилителя автоподстройки нуля подключаются ко входам основного усилителя. Конденсатор $C_{M1}$ теперь поддерживает соответствующее напряжение на выводе компенсации усилителя автоподстройки нуля $A_A$, так что усилитель имеет нулевое значение напряжения сдвига. Дифференциальный входной сигнал усиливается усилителем автоподстройки нуля ($A_A$) и далее усиливается схемой компенсации основного усилителя. Этот же сигнал усиливается напрямую основным усилителем ($A_B$). Обратная связь операционного усилителя будет способствовать тому, чтобы на выходе усилителя $A_A$ установилось напряжение компенсации, при котором дифференциальное напряжение на входе основного усилителя ($A_B$) было близко к нулю. Выходной сигнал усилителя $A_A$, кроме того, сохраняется на конденсаторе $C_{M2}$, который будет обеспечивать поддержание соответствующего напряжения на входе компенсации основного усилителя $A_B$ во время следующей фазы цикла.

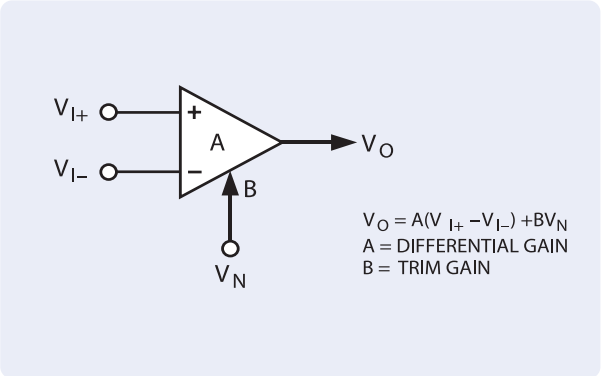



**Рис. 2. Операционный усилитель с подстройкой смещения**

Общий коэффициент усиления на постоянном токе с разомкнутой петлей обратной связи всего усилителя приблизительно равен произведению коэффициента усиления вспомогательного усилителя $A_A$ на коэффициент усиления по входу установки нуля основного усилителя. Значение напряжения смещения для всей схемы приблизительно равно сумме напряжений смещения основного и вспомогательного усилителей, деленной на коэффициент усиления по входу установки нуля основного усилителя. Высокий коэффициент усиления по входу установки нуля основного усилителя, таким образом, является условием минимизации величины напряжения смещения всего усилителя.

Когда опять наступает фаза A цикла, постоянное смещение на входе основного усилителя по-прежнему корректируется за счет напряжения, сохраненного на конденсаторе $C_{M2}$. Цикл периодически повторяется с частотой, определяемой внутренним тактовым генератором и логическими схемами. Для более подробной информации о принципах работы усилителей с автокоррекцией нуля обращайтесь к техническим описаниям ИС AD8551, AD8552, AD8554 или AD857x.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЯ С АВТОКОРРЕКЦИЕЙ НУЛЯ

Теперь, когда мы в целом представляем, как работает этот усилитель, рассмотрим его свойства в сравнении с “обычным” усилителем. Прежде всего, имейте в виду, что распространенный миф о небольшой ширине полосы частот усилителей с автоподстройкой нуля – это вздор: ширина полосы частот усилителя не связана с частотой работы схемы коррекции. Хотя частота работы схемы коррекции обычно составляет сотни или тысячи Гц, произведение усиления на полосу пропускания и частота единичного усиления большинства современных усилителей с автокоррекцией нуля составляет 1 - 3 МГц или даже больше.

Данный усилитель обладает многочисленными преимуществами, которые обеспечивает его конфигурация: коэффициент усиления по постоянному току с разомкнутой петлей обратной связи, равный произведению коэффициентов усиления двух усилителей, очень велик, обычно более 107, или 140 дБ. Напряжение смещения на входе очень мало по причине высокого значения коэффициента усиления по входу установки нуля основного усилителя. Типичная величина напряжения смещения для усилителя с автокоррекцией нуля – порядка одного микровольта. Низкое значение напряжения смещения также влияет на сопутствующие параметры: коэффициент ослабления синфазного сигнала (CMRR) на постоянном токе и коэффициент подавления влияния напряжения питания (PSRR), которые обычно превышают 140 дБ. Так как напряжение смещения постоянно корректируется, временной дрейф напряжения смещения чрезвычайно мал, порядка 40 - 50 нВ в месяц. То же самое относится и к температурному дрейфу. Температурный коэффициент напряжения смещения хорошо спроектированного усилителя составляет всего несколько нановольт на градус Цельсия.

Менее очевидное следствие особого устройства усилителя – это его способность подавлять шум вида 1/f. В “обычных” усилителях плотность напряжения шума, приведенного ко входу, возрастает экспоненциально при понижении частоты ниже некоторого “порогового” значения частоты, которое находится в диапазоне от единиц до нескольких сотен Гц. Этот низкочастотный шум с точки зрения схемы коррекции напряжения смещения выглядит как погрешность напряжения смещения. Процесс автоматической коррекции смещения становится более эффективным на частотах, близких к постоянному току. В результате действия схемы коррекции смещения спектр низкочастотного шума становится горизонтальным вплоть до постоянного тока, т.е. устраняется шум вида 1/f. Отсутствие шума вида 1/f может быть огромным преимуществом в низкочастотных устройствах измерения сигнала, где обычны большие временные интервалы между отсчетами.

Так как входы этих усилителей выполнены по МОП-технологии, то ток смещения, равно как и шумовой ток, чрезвычайно малы. Однако по это же причине показатели по широкополосному шуму напряжения весьма умеренные. Входы МОП обычно отличаются повышенным шумом напряжения, особенно если сравнивать их с прецизионными операционными усилителями, изготовленными по биполярной технологии, в которых применена крупноразмерная топология входных цепей (для того, чтобы повысить точность совпадения параметров); такие ОУ зачастую имеют большие входные токи. Операционные усилители AD855x фирмы Analog Devices обладают приблизительно в два раза меньшим уровнем шума по сравнению с основными аналогами конкурентов. Тем не менее имеются возможности для дальнейшего улучшения, и многие производители (и в том числе ADI) заявили о своих планах по выпуску в будущем усилителей с автоподстройкой нуля с меньшим уровнем шума (*сейчас уже поставляется ИС ОУ с автоподстройкой нуля AD8628, по уровню шума сопоставимая с лучшими прецизионными усилителями, не имеющими автоподстройки нуля – А.В.*).

Во время работы электронных ключей в ИС происходит заряд конденсаторов. За счет этого, а также за счет других эффектов, связанных с переключением, возникают импульсные шумы на частоте внутреннего тактового генератора и ее гармониках. Эти шумы велики по сравнению с собственным широкополосным шумом усилителя; они могут быть источником погрешности, если попадают в полосу интересующего нас сигнала. Хуже того, эти помехи могут привести к интермодуляционным искажениям сигнала, в результате чего в выходном сигнале появятся составляющие на частотах, равных сумме и разности частот сигнала и схемы компенсации. Если вы знакомы с теорией аналого-цифрового преобразования, то согласитесь, что данное явление очень напоминает наложение спектров (aliasing) входного сигнала и сигнала тактового генератора. На практике небольшое изменение коэффициента усиления усилителя с открытой петлёй обратной связи в течение цикла компенсации смещения приводит к тому, что коэффициент усиления и при замкнутой цепи ОС изменяется на небольшую величину с частотой тактового генератора. Величина интермодуляционных искажений (IMD) зависит от этой небольшой разницы в коэффициенте усиления, и не имеет прямого отношения к шуму, вызываемому работой тактового генераторы. Интермодуляционные (IMD) и гармонические искажения имеют величину обычно от -100 дБ до -130 дБ по отношению к полезному сигналу при замкнутой цепи ОС. Ниже вы увидите, что несложные схемотехнические решения позволяют уменьшить влияние как IMD, так и шума тактового генератора, если они находятся вне рабочей полосы.

В некоторых новых усилителях с автоподстройкой нуля, включая AD857x фирмы Analog Devices, применена новая схема тактового генератора, позволившая в значительной степени уменьшить вышеупомянутые недостатки усилителя. Микросхемы этого семейства позволяют избежать про-

блем, связанных с наличием постоянной частоты тактового генератора за счет использования (патентованной) технологии тактирования с расширенным спектром, которая обеспечивает равномерный псевдослучайный шум схемы тактирования. Так как при этом отсутствуют одночастотные пики в спектре шума и “наложение” спектров, то эти усилители могут применяться при полосе сигнала, превышающей номинальную частоту работы тактового генератора, при этом сводя к минимуму шумы и помехи. Такие усилители в первую очередь полезны там, где полоса частот сигнала превышает несколько кГц.

Некоторые новые модели усилителей работают при повышенной частоте работы схемы автоподстройки нуля; эта частота может находиться за пределами полосы частот полезного сигнала. Однако при этом значение напряжения смещения может несколько увеличиться, также может увеличиться и входной ток (см. также ниже об инжекции заряда); все преимущества и недостатки должны быть тщательно взвешены. Особое внимание, уделенное как схемотехнике, так и разводке платы, может способствовать уменьшению помех, связанных с работой схемы прерывания.

Как было сказано выше, практически во всех интегральных усилителях с автокоррекцией нуля входные каскады выполнены по МОП-технологии, поэтому они обладают очень малыми входными токами. Это очень хорошо для схем, где импеданс источника велик. Однако явление инжекции заряда приводит к некоторым неожиданным эффектам, связанным с поведением входных токов.

При низкой температуре ток утечки затворов и защитных входных диодов очень мал; таким образом во входном токе доминирует ток инжекции заряда входных и переключающих транзисторов. Заряд транзисторов инвертирующего и неинвертирующего входов происходит с разной полярностью, таким образом входные токи имеют противоположное направление. В результате получается, что *разница входных токов (offset current) больше, чем сами входные токи (bias current)*. К счастью, входной ток, вызванный инжекцией заряда, очень мал, порядка 10-20 пА, и он довольно мало зависит от синфазного напряжения на входах.

Когда температура микросхемы повышается до 40-50°С, начинает доминировать ток утечки защитных диодов, и входной ток ОУ быстро повышается с ростом температуры (ток утечки диодов увеличивается приблизительно в два раза при повышении температуры на 10°С. Ток утечки имеет одну и ту же полярность на каждом входе, поэтому при повышенной температуре разница входных токов становится меньше, чем входные токи. Входной ток в этом температурном диапазоне сильно зависит от входного синфазного напряжения, так как обратное напряжение на защитных диодах растет в соответствии с синфазным входным напряжением. В схеме, где защитные диоды подключены к обеим шинам питания, входной ток меняет своё направление по мере того, как входное синфазное напряжение меняется в пределах напряжения источника питания.

Так как для заряда/разряда конденсаторов требуется время, многие усилители с автоподстройкой нуля довольно долго восстанавливаются после перехода выходного сигнала в режим насыщения (обычно этот параметр называется временем восстановления из режима насыщения). Это в первую очередь относится к схемам со внешними конденсаторами. Более современные разработки со внутренними конденсаторами восстанавливаются быстрее, но все равно на это требуются миллисекунды. Операционные усилители семейств AD855x и AD857x восстанавливаются еще быстрее – за время не более 100 мкс. Это также относится и ко времени входа в рабочий режим после включения питания.

Наконец, как следствие наличия достаточно сложных дополнительных схем, необходимых для коррекции напряжения смещения, схемы с автокоррекцией нуля характеризуются большим током потребления по сравнению с “обычными” усилителями при прочих равных параметрах (полосе частот, скорости нарастания выходного напряжения, плотности напряжения шума и времени восстановления). Даже самым малопотребляющим усилителям с автокоррекцией для работы требуется ток в сотни микроампер; при этом они обладают весьма умеренными характеристиками: полоса частот 200 кГц, плотность шума около 150 нВ/ √Гц на частоте 1 кГц. Для сравнения, некоторые стандартные ОУ, выполненные по КМОП или биполярной технологии, приблизительно при той же полосе частот и гораздо меньшем уровне шума, потребляют меньше 10 мкА.

## ПРИМЕНЕНИЕ

Несмотря на все перечисленные выше отличия, в применении операционные усилители с автоподстройкой нуля не слишком отличаются от других ОУ. В продолжении данной статьи будут рассмотрены особенности применения ОУ с автоподстройкой нуля и будут приведены примеры применения ОУ для измерения тока в токовых шунтах, в датчиках давления и других мостовых схемах, датчиках инфракрасного излучения и в схемах прецизионных источников опорного напряжения.

*Edwin Goldberg and Jules Lehmann, U. S. Patent 2,684,999: Stabilized dc amplifier.

# Прямой цифровой синтез (DDS) и преобразование квадратурных сигналов в диапазон 800 - 2500 МГц с одной боковой полосой

*Рик Кушинг, компания Analog Devices, Inc.*
*(перевод Алексея Власенко, alexey.vlasenko@analog.spb.ru, российское представительство Analog Devices, Inc.)*

Технология прямого цифрового синтеза стремительно развивается, но прямой синтез сигналов дециметрового и сантиметрового диапазонов пока практически не осуществим и экономически не оправдан. Современные лучшие микросхемы прямого цифрового синтеза (DDS) – такие, как полнофункциональные 300-мегагерцовые ИС AD9852 с одинарным выходом и AD9854 с квадратурным выходом – предоставляют возможность получить сигнал с частотой не выше нижней части УКВ диапазона – приблизительно до 120 МГц. Предельное значение частоты в синтезаторе DDS прежде всего ограничивается частотой подачи отсчетов сигнала на выходной цифро-аналоговый преобразователь. Теоретически частота выходного сигнала не может превышать половины частоты отсчетов. В следующем поколении высокоскоростных DDS синтезаторов частоты этот предел будет отодвинут; частота отсчетов будет доходить до 900 МГц и частота выходного сигнала составлять 360 МГц.

Для того чтобы воспользоваться преимуществами прямого цифрового синтеза DDS в дециметровом и сантиметровом диапазонах, синтезатор DDS обычно совмещается с генератором с ФАПЧ или преобразуется смесителем. К сожалению, умножение частоты с помощью ФАПЧ влияет на параметры сигнала, ухудшает разрешение по частоте и снижает скорость перестройки частоты. Кроме того, преобразование сигнала с двумя боковыми полосами (DSB) в однополосный (SSB) высокочастотный сигнал с помощью смесителя может сделать трудной или невозможной фильтрацию выходного сигнала, а также применение высококачественного гетеродина (LO) с фиксированной частотой. Методы, которые используются для преодоления этих затруднений, обычно заключаются в применении многостадийной ФАПЧ или каскадов смеситель / фильтр / гетеродин.

Ниже предлагается усовершенствованный и экономически эффективный подход к одностадийному преобразованию частоты вверх в диапазон 800-2500 МГц с использованием вышеупомянутого полнофункционального квадратурного DDS-синтезатора AD9854 и новой микросхемы квадратурного модулятора AD8346, которая обладает погрешностью фазы не более 1° и балансом амплитуд в пределах 0,2 дБ на частоте 1900 МГц. Однополосный, с подавленной несущей, сигнал на выходе преобразователя обладает типичным значением коэффициента подавления несущей и сигнала второй (ненужной) боковой полосы более 36 дБ во всем рабочем диапазоне частот. Кроме того, все качественные характеристики сигнала, которые обеспечивает прямой цифровой синтез (DDS), сохраняются, тогда как нежелательные продукты преобразования минимальны. Подавления несущей и ненужной полосы в -36 дБ вполне достаточно для многих применений, и, кроме того, такое 4000-кратное ослабление мощности нежелательного сигнала значительно упрощает конструкцию выходного фильтра или повышает степень фильтрации в более требовательных к качеству сигнала конструкциях.

Для того, чтобы выбрать верхнюю или нижнюю боковую полосу, нужно просто поменять местами выходы квадратурных DDS сигналов: подать на вход модулятора AD8346 сигнал I вместо Q и Q вместо I. Микросхема прямого цифрового синтеза (DDS) AD9854 может работать в различных режимах модуляции (AM, FM, PSK и FSK). Это делает систему еще более удобной, так как обеспечивает возможность цифровой и аналоговой коммуникации в дополнение к такому достоинству, как генерация качественных сигналов.

Преобразование вверх DDS-сигнала – лишь один пример применения ИС квадратичного модулятора AD8346. На практике данная микросхема может преобразовывать любой квадратичный аналоговый сигнал (от постоянного тока до 70 МГц) со столь же эффективным подавлением нежелательной боковой полосы.

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ВВЕРХ КВАДРАТУРНОГО СИГНАЛА В СИГНАЛ SSB

Квадратурный модулятор AD8346 обеспечивает весьма высокие характеристики SSB-сигнала, позволяя переносить спектр модулирующего сигнала непосредственно на несущую частоту, которая может составлять от 800 до 2500 МГц, с типичным значением коэффициента подавления нежелательной полосы и несущей 36 дБ. Модулирующий сигнал может быть частотно-манипулированным или стационарным, а также немодулированным или широкополосным в пределах допустимой полосы спектра. На рис. 1 показана структурная схема устройства на ИС AD9854 и AD8346 для преобразования вверх квадратурного сигнала, синтезированного с помощью DDS, и получения сигнала SSB.

При преобразовании квадратурного сигнала в микросхеме AD8346 на два смесителя подаются синусоидальный и косинусоидальный сигналы несущей частоты, которые образуются внутренним фазовращателем из внешнего сигнала несущей частоты (проектировщик должен предусмотреть внешний генератор).

На эти же смесители подаются синусоидальная и косинусоидальная составляющие модулирующего сигнала (отфильтрованный сигнал с выхода синтезатора DDS) и они одинаковым образом преобразуются на фиксированную несущую частоту. Два выходных сигнала смесителей суммируются внутри ИС AD8346 таким образом, что составляющие с одинаковой фазой складываются, тогда как квадратурные компоненты вычитаются друг из друга и подавляются. Итоговый результат (без дополнительной фильтрации) представляет собой однополосный, с подавленной несущей, сигнал напряжения величиной -10 дБМ на нагрузке 50 Ом, с частотой, равной сумме или разности частот генератора несущей и модулирующего сигнала, плюс остаточный сигнал подавленных несущей и ненужной боковой полосы.

Квадратурная модуляция, требующая прецизионно точного соотношения фаз сигналов, отнюдь не новая концепция. Одним из первых применений метода квадратурной модуляции пятьдесят лет назад было получение однополосного радио-телефонного сигнала; это называлось метод фазирования. Однако метод фильтрации оказался более предпочтительным, потому что получение точных квадратурных фазовых соотношений в более-менее широкой полосе частот было трудноосуществимо при помощи аналоговых методов. Оба метода подавления сигнала несущей частоты и ненужной боковой полосы сначала применялись при невысоких значениях промежуточной частоты.

Микросхема прямого цифрового синтеза AD9854 обеспечивает цифровую точность выходных квадратурных сигналов (типичная точность – две десятых градуса) в полосе частот

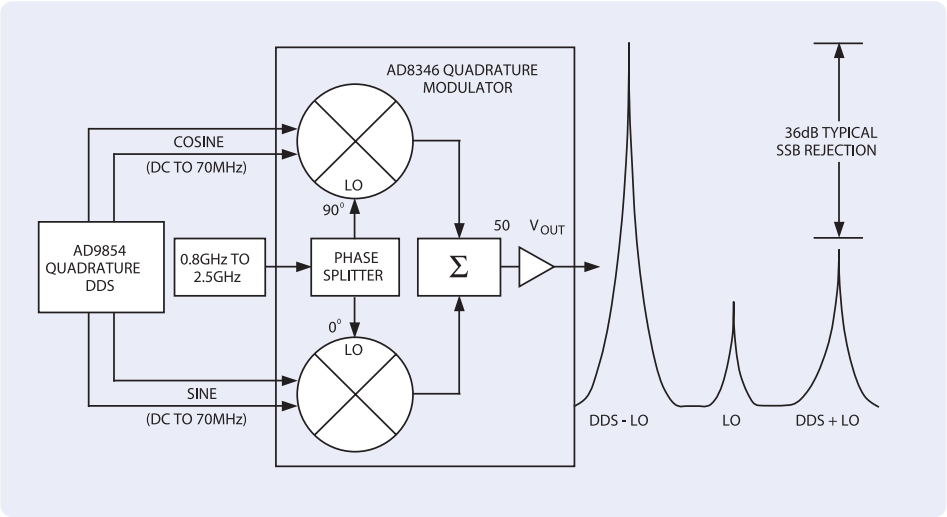



**Рис. 1. Преобразование вверх квадратурного DDS сигнала в сигнал с одной боковой полосой (SSB)**

от постоянного тока до более 120 МГц при тактовой частоте 300 МГц. В примере, показанном на рис. 1, тактовая частота может быть получена путем соответствующего деления частоты генератора несущей. Типичная погрешность фазы квадратурных сигналов ИС AD8346 составляет 1 градус при частоте выходного сигнала от 800 до 2500 МГц. Эта микросхема заключает в себе “чипсет”, пригодный для использования во многих схемах цифровой и аналоговой связи, от широкополосных до телевизионных.

Чтобы по-настоящему оценить достоинства квадратурного преобразования частоты, показательно сравнить два популярных метода генерирования сигналов дециметрового и сантиметрового диапазонов: 1ый метод – умножение частоты с помощью прямого цифрового синтеза и ФАПЧ (DDS/PLL), и 2ой метод – одностадийное преобразование частоты с помощью смесителя.

## УМНОЖЕНИЕ ЧАСТОТЫ С ПОМОЩЬЮ ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗА И ФАПЧ (DDS/PLL)

Умножение с помощью ФАПЧ частоты сигнала, генерированного методом прямого цифрового синтеза (DDS), является простым и недорогим методом получения сигналов дециметрового и сантиметрового диапазонов, но преимущества, которые дает DDS синтез, будут утрачены практически по всем параметрам, включая значение фазового шума, время перестройки частоты, разрешение по частоте и свободный от гармоник динамический диапазон (SFDR). Применяется комбинация блоков DDS/ФАПЧ/ смеситель/фильтр, уменьшающая потери качества сигнала, но сложность и цена такой многокаскадной системы могут быть неприемлемы. На рис. 2 показана структурная схема системы DDS/PLL.

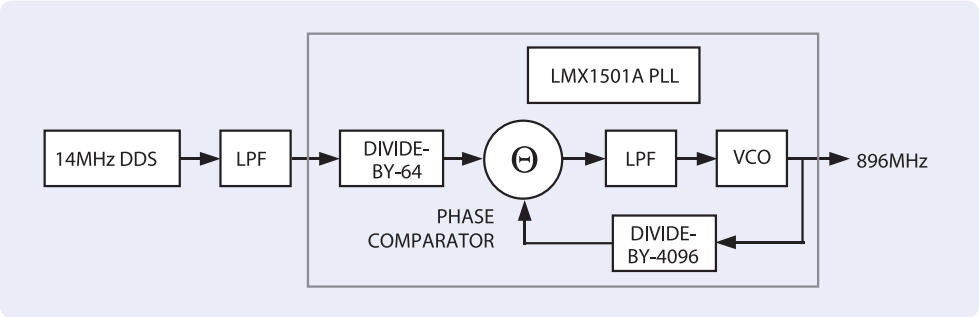



**Рис.2. Пример интеграции систем прямого цифрового синтеза и ФАПЧ с использованием оценочной платы ФАПЧ LMX1501A и DDS-генератора типа AD9851.**

Фазовый шум на выходе системы ФАПЧ – это характерное и без труда обнаруживаемое явление; этот шум увеличивается пропорционально коэффициенту умножения ФАПЧ (выраженному в дБ, $20 \cdot \log f_{OUT}/f_{IN}$). Например, если частота DDS-сигнала умножается на 100 для получения сигнала с частотой 1 ГГц с помощью ФАПЧ, фазовый шум на выходе в пределах полосы частот системы ФАПЧ будет приблизительно на 40 дБ превышать значение фазового шума в исходном сигнале. Кроме того, паразитные пики (гармоники, “spurs”) в пределах полосы частот системы ФАПЧ возрастут на ту же величину. Это может привести к неприемлемому уровню паразитных пиков, которые будут на 40 дБ больше по величине, чем в исходном DDS-сигнале.

Графики спектров наглядно показывают, как ухудшается фазовый шум DDS-сигнала после умножения его частоты на N = 64 схемой ФАПЧ, приведенной на рис. 2. На рис. 3 показан спектр DDS-сигнала с частотой 14 МГц на входе ФАПЧ, а на рис. 4 показан спектр сигнала с частотой 896 МГц на выходе системы ФАПЧ. Широкая шумовая “кайма” – это и есть проявление увеличившегося фазового шума.

Чтобы проиллюстрировать влияние ФАПЧ на величину паразитных пиков, DDS-сигнал был промодулирован для получения множества низкоуровневых спектральных пиков вблизи основной частоты. На рис. 5 показан модулированный DDS-сигнал, который подавался на вход ФАПЧ, а на рис. 6 видно, что пики, которые находились в пределах 30-килогерцевой полосы ФАПЧ, возросли. Обратите внимание, что амплитуда пиков, находящихся на расстоянии более 60 кГц от несущей, не изменилась. Фазовый шум и другие параметры системы не менялись.

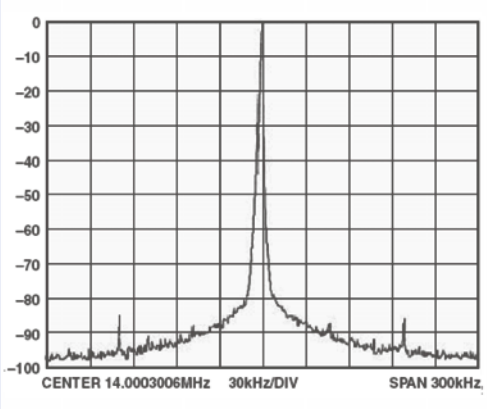



Рис. 3

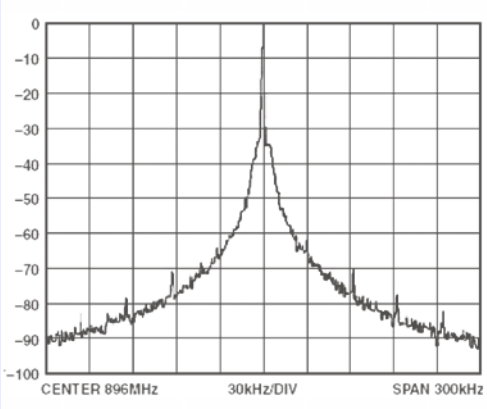



Рис. 4

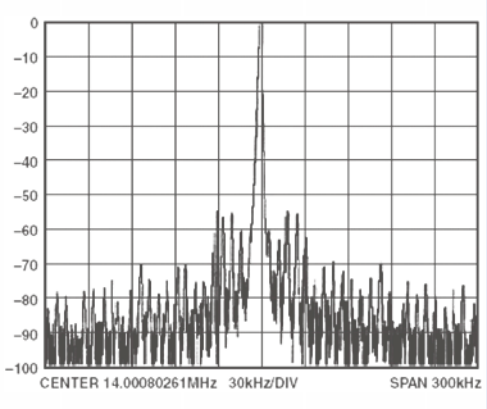



Рис. 5

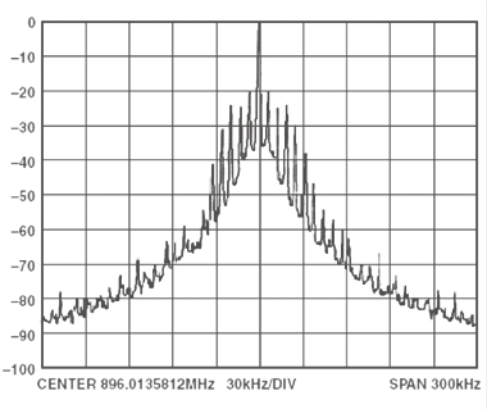



Рис. 6

**Рис.3. DDS сигнал частотой 14 МГц**

**Рис.4. Сигнал на выходе ФАПЧ (896 МГц)**

**Рис.5. Модулированный DDS сигнал частотой 14 МГц на входе ФАПЧ**

**Рис.6. Сигнал на выходе ФАПЧ (896 МГц)**

Помимо увеличения фазового шума и увеличения уровней паразитных гармоник, умножение частоты с помощью ФАПЧ неблагоприятно сказывается на многих других важных параметрах сигнала DDS, включая скорость перестройки частоты и разрешение по частоте. Разрешение по частоте по сравнению с сигналом DDS ухудшается в N раз, а скорость перестройки частоты выходного сигнала будет определяться постоянной времени системы ФАПЧ (и это время может в 10000 раз превышать время перестройки частоты сигнала DDS).

## УМНОЖЕНИЕ ЧАСТОТЫ С ПОМОЩЬЮ ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗА И СМЕСИТЕЛЯ (DDS/MIXER)

Лучший доступный для разработчика выбор при переносе спектра DDS сигнала на частоту дециметрового и сантиметрового диапазонов – это использование смесителя. Преобразование не увеличивает сколь либо заметно ни амплитуды паразитных гармоник, ни уровень фазового шума. Кроме того, скорость перестройки частоты и разрешение по частоте сохраняются. Самая большая проблема, которую приходится решать – это две боковые полосы (DSB) в выходном сигнале: LO + DDS и LO – DDS и, кроме того, прямое прохождение сигнала несущей частоты LO.

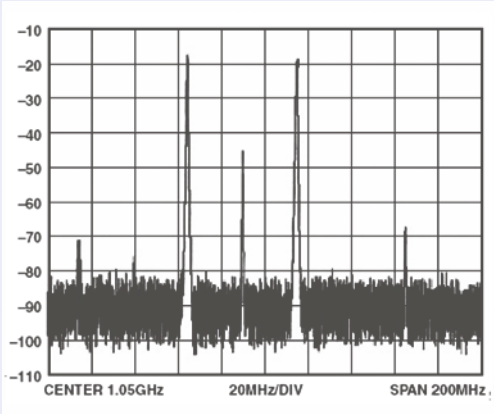



**Рис. 7. Сигнал с двумя боковыми полосами (DSB) на выходе обычного смесителя**

На рис. 7 показан график спектра сигнала шириной 200 МГц, полученного с помощью одиночного смесителя, с подавленной несущей (LO), который иллюстрирует вышеупомянутые аспекты преобразования частоты. Две боковые полосы отстоят на 50 МГц от неполностью подавленной несущей, которая располагается посередине; частота несущей 1,04 ГГц. Это 50-мегагерцовое расстояние представляет собой всего 5% при частоте 1 ГГц. Фильтрация сигнала для подавления нежелательной боковой полосы и несущей при таких условиях чрезвычайно затруднена. Если же выходная частота увеличивается до 2 ГГц, это может усложнить проблему до такой степени, что фильтрация будет неосуществима. Для преодоления этой проблемы разработчики, чтобы получить сигналы DSB (с двумя боковыми полосами) в дециметровом или сантиметровом диапазонах, обычно применяют многостадийное преобразование частоты и фильтрацию; в этом сигнале боковые полосы находятся на большем расстоянии друг от друга и от несущей, что облегчает процесс фильтрации, но значительно увеличивает сложность и стоимость системы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МАКЕТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛА DDS

В лаборатории был изготовлен макет квадратурного преобразователя сигнала SSB с использованием оценочных плат для ИС AD9854 и AD8346. Требовалась некоторая модификация оценочной платы AD8346 для работы с отфильтрованными квадратурными однополярными сигналами, которые имеются на выходе оценочной платы AD9854. Уровни выходного напряжения также необходимо было повысить в соответствии с требованиями к входным сигналам ИС AD8346. Схема макета со всеми дополнениями показана на рис. 8.

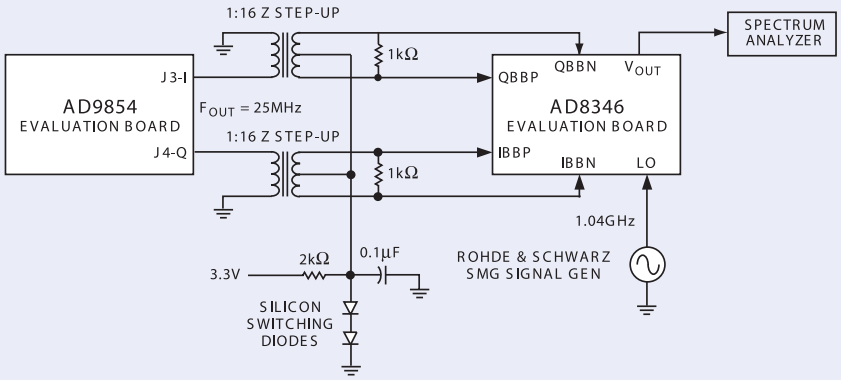



**Рис. 8. Соединение и модификация оценочных плат Analog Devices для макетирования схемы**

Модификации были произведены следующие:

**1.** Добавлены два повышающих трансформатора импеданса 1:16 с отводами от центра вторичной обмотки (T16-6T) для преобразования однополярных квадратурных сигналов в дифференциальные и для повышения выходного напряжения в 4 раза. Использование центрального отвода вторичной обмотки дает возможность обеспечить постоянное смещение величиной 1,2 В для добавления к дифференциальному сигналу в соответствии с требованиями ко входным сигналам ИС AD8346.

**2.** Добавлены два согласующих резистора на выходе каждого трансформатора.

**3.** Добавлен источник постоянного смещения величиной 1,2 В, состоящий из двух кремниевых диодов, подключенных в прямом направлении к источнику напряжения 3,3 В через токоограничительный резистор сопротивлением 2000 Ом. Это смещение подано на центральные выводы вторичных обмоток трансформаторов каналов I и Q.

Тестирование данной конструкции подтверждает ожидаемые параметры, приведенные в техническом описании (datasheet) на ИС AD8346, если квадратурные входные сигналы от ИС AD9854 соответствующим образом скорректированы для компенсации фазовой погрешности квадратурных сигналов и дисбаланса амплитуд сигналов I и Q. (см. рис. 9 и 10).

Погрешности фаз квадратурных сигналов I и Q вносятся после выхода сигналов из ИС AD9854 – за счет фильтров, неодинаковой длины кабелей и дорожек печатной платы, различиях в параметрах трансформаторов и т.д. Разницу фаз квадратурных сигналов невозможно скорректировать за счет программирования ИС AD9854. Соотношение ее выходных сигналов строго квадратурное и оно неизменно. Фазовые соотношения можно скорректировать путем изменения длин кабелей, соединяющих оценочные платы AD9854 и AD8346. Неравенство амплитуд можно скорректировать с помощью независимых 12-разрядных цифровых умножителей ИС AD9854 в канале синуса и косинуса (I и Q).

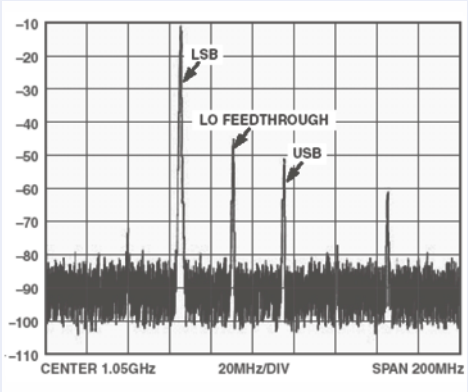



Рис. 9

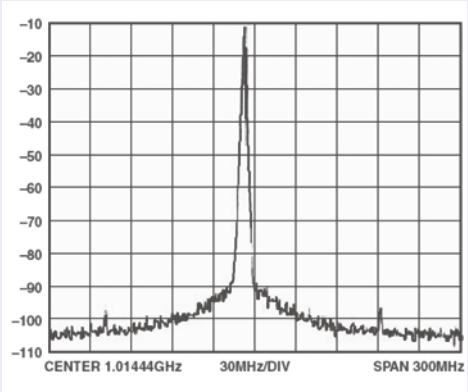



Рис. 10

**Рис. 9. Спектр выходного сигнала модулятора AD8346.**

**Рис. 10. Спектр нижней боковой полосы в увеличенном масштабе**

На рис. 9 показан 200-мегагерцовый сегмент спектра выходного сигнала ИС AD8346 с центральной частотой 1,05 ГГц. Верхняя (USB) и нижняя (LSB) боковые полосы сигнала DDS отстоят на 25 МГц по разные стороны от несущей (LO), находящейся на частоте 1,04 ГГц. Между подавленной верхней боковой полосой (USB) и неподавленной нижней боковой полосой (LSB) разница амплитуды составляет 40 дБ. Разница в 40 дБ соответствует разнице в мощности сигналов в 10000 раз. Такая степень подавления верхней боковой полосы обеспечивается при погрешности фаз входных сигналов порядка 1°.

Если более внимательно взглянуть (рис. 10) на спектр сигнала нижней боковой полосы (LSB) на частоте 1,015 ГГц, то видно, что сохраняется превосходное качество сигнала. Оно просто великолепно по сравнению с сигналом на выходе умножителя частоты с ФАПЧ на рис. 4. Как говорилось выше, синусоидальный и косинусоидальный сигналы с выхода DDS, поданные на вход модулятора, можно поменять местами, если необходимо выбрать противоположную боковую полосу выходного сигнала.

Сигнал несущей частоты, попадающий на выход модулятора за счет прямого прохождения, амплитудой -36 дБ, несколько превышает по величине сигнал подавленной боковой полосы в данной конструкции. Уровень проходящего на выход сигнала несущей частоты не зависит ни от амплитуды, ни от фазы входных DDS сигналов I и Q. Чтобы уменьшить относительную амплитуду несущей на выходе, амплитуда сигналов I и Q на входе должна быть максимальной (1 В от пика до пика) на каждом дифференциальном входном контакте.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Квадратурная модуляция – это хорошо известный и экономичный метод переноса сигнала DDS в область частот дециметрового и сантиметрового диапазонов без какого-либо нарушения свойств DDS сигнала или потери его качества. Квадратурный модулятор AD8346 упрощает этот процесс. Эта ИС естественным образом дополняет микросхему синтезатора DDS AD9854, имеющую дифференциальные квадратурные выходы. При наличии качественного генератора несущей нетрудно получить однополосный сигнал в диапазоне дециметровых или сантиметровых волн.

При имеющемся наборе режимов модуляции ИС AD9854 такое устройство почти полностью обеспечивает формирование AM, FM, PSK, FSK сигналов дециметрового или сантиметрового диапазонов. При наличии минимальных дополнительных средств обработки AM сигналов с подавленной несущей на выходе DDS (сигналов I и Q) можно реализовать схему передачи амплитудно-модулированного голосового или любого другого SSB сигнала. На рис. 11 показано, каким образом к данным ИС могут быть подключены внешние источники сигнала модуляции и управляющие устройства для реализации коммуникационных функций.

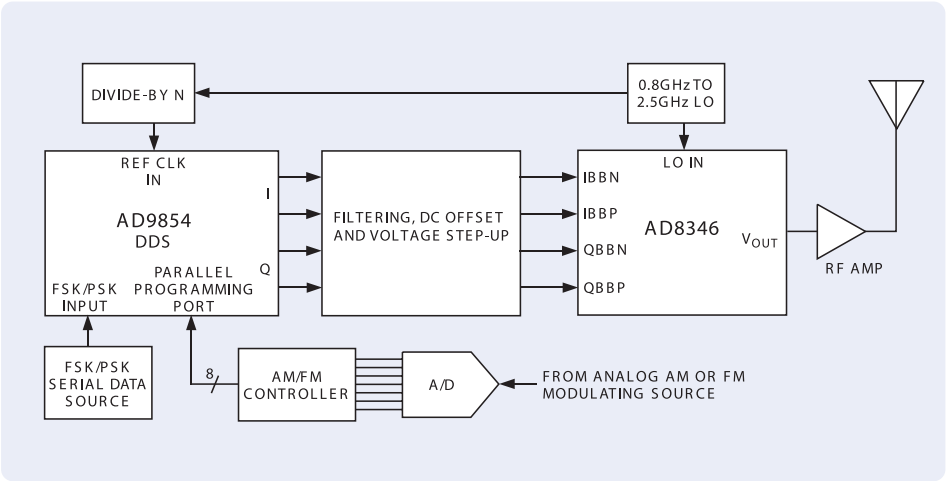



**Рис. 11. Структурная схема, показывающая соединение компонентов системы, необходимых для получения радиочастотных модулированных AM, FM, FSK, PSK сигналов в диапазоне от 800 до 2500 МГц**

Подавление ненужной боковой полосы и несущей в -36 дБ вполне достаточно для многих применений, а дополнительная фильтрация выходного сигнала становится гораздо менее трудной задачей в тех устройствах, где требования к выходному сигналу выше. Соответствующая настройка баланса амплитуд и фазового соотношения сигналов I и Q на выходе DDS может обеспечить более глубокое подавление ненужной боковой полосы.

Хотя ИС AD9854 была специально разработана для получения соответствующих выходных сигналов без необходимости применения нескольких синтезаторов DDS для получения этих сигналов, микросхема AD9854 – не единственный возможный вариант комбинации DDS и квадратурного модулятора. Для получения пары квадратурных сигналов могут быть использованы и другие ИС прямого цифрового синтеза (DDS), например, AD9850, AD9851, а также ИС серии AD983x.

Если синхронизировать две ИС цифрового синтеза (DDS), то это дает возможность получения квадратурных сигналов при надлежащей настройке внутренних схем установки фазы. Для получения полного списка и информации об интегральных микросхемах DDS и цифровых модуляторах, а также для доступа к руководствам по применению и техническим описаниям ИС, обращайтесь в Информационный Центр DDS на сайте www.analog.com/dds. Кроме того, считаем важным напомнить, что возможность независимого программирования амплитуд сигналов I и Q в ИС AD9854 сильно упрощает подстройку выходных сигналов.

Ожидается, что относительная простота и экономичность квадратурного получения SSB DDS сигнала с частотой более 2 ГГц должна поддерживать интерес разработчиков к применению этой технологии в своих проектах. Она позволяет сохранять все желательные свойства DDS сигнала в сантиметровом диапазоне и, в то же время, значительно подавляет сигнал ненужной боковой полосы в сравнении с обычным двухполосным (DSB) преобразованием частоты с помощью перемножителя.

# Processor Companion: заметки по применению

*Илья Зайцев, ilya.zc@eltech.spb.ru*

Серия микросхем FM31xxx производства компании Ramtron – сегодня старшая в семействе Processor Companion. Главная особенность представителей этого семейства заключается в том, что на одном кристалле реализовано несколько сервисных функций, требуемых практически в каждой микроконтроллерной системе. В следующей таблице показан функциональный состав микросхем семейства Processor Companion.

**Табл.1 Функциональный состав микросхем семейства Processor Companion**

| | FM30C256 | FM3104/16/64/256 | FM3808-70-T |
|---|---|---|---|
| Память FRAM, килобит | 256 | 4, 16, 64, 256 | 256 |
| Часы-календарь (RTC), формат хранения, минимальный интервал | | BCD, yy(00-99).mm(1-12).dd(1-31).day()1-7 hh(00-24).mm(00-59).ss(00-59), 1 с | |
| Таймер | – | – | от 1 с до 31 дня |
| Watchdog-таймер | – | программируемый, от 100 мс до 3 с с шагом 100 мс | программируемый, от 31,25 мс до 2 с с шагом 31,25мс |
| Монитор питания | 4,35±0,150 В | программируемый уровень: 2,6; 2,9; 3,9; 4,4 В±50 мВ | 4,5±0,150 В |
| Reset-генератор | активный низкий уровень | активный низкий уровень + manual reset | программируемый активный уровень и способ (импульс или уровень) |
| Счетчик событий | 1 бит с регистрацией момента события | 2 по $2^{16}$, каскадируемые до $2^{32}$ | – |
| Компаратор PFI | – | + | – |
| Зарядное устройство для резервного источника | – | 4-8 мкА для восстановимых источников питания (конденсатор или аккумулятор) | – |
| Интерфейс | $I^2C$ | $I^2C$ | 8 бит |
| Питание | 4,5-5,5 В | 2,7-5,5 В | 4,5-5,5 В |
| Ресурс, циклов обращения к памяти | 10 млрд. | не ограничен | 100 млрд. |
| Корпус | SOIC20 | SOIC14 | TSOP32 |

В силу широкой функциональности и низкого энергопотребления в активном режиме, в режиме ожидания и от резервного источника семейство Processor Companion может наиболее эффективно применяться в мобильных, портативных и ограниченных по мощности источника питания устройствах. Например, телефонные и факсимильные аппараты, носимые или стационарные модули распределенных систем сбора данных, регистраторы, принтеры и множество других.

Следующая информация может облегчить труд разработчиков, сократить период освоения новых компонентов и, возможно, позволит уменьшить число неуспешных опытов.

## КВАРЦЕВЫЙ РЕЗОНАТОР ДЛЯ ГЕНЕРАТОРА RTC

Часы реального времени в FM31xx, FM3808 и FM30C256 питаются от основного источника питания и автоматически переходят на питание от резервного источника при выключении основного. От резервного источника они потребляют весьма небольшой ток, что позволяет существенно продлить автономную работу.

Все необходимые для работы генератора RTC компоненты, кроме кварцевого резонатора, встроены в кристалл микросхемы (рис. 1, рис. 2). Их параметры оптимизированы для минимизации тока возбуждения генератора. Обратите внимание на источник тока 150 нА (рис. 2), обеспечивающий очень малый ток смещения рабочей точки. Столь малые величины токов влекут меньшую устойчивость к внешним помехам и паразитным нагрузкам на X1/X2. Если какие-либо внешние компоненты, резисторы или конденсаторы, связаны с выводами подключения резонатора X1 и X2, генератор может работать неправильно, рабочая точка может быть смещена, что повлечет также смещение частоты генератора. Измерения сигналов генератора осциллографом с помощью пассивного щупа 10x с проходной емкостью 10 пФ и полным сопротивлением 10 МОм также изменит реальную работу генератора.

Все кварцевые резонаторы характеризуются емкостным параметром. Стандартные промышленные резонаторы на 32,768 кГц имеют два типовых значения – 6 пФ и 12,5 пФ. Этот параметр отражает рекомендованную величину емкостной нагрузки для резонатора в рабочем режиме. То есть выводы X1 и X2 представляют для резонатора емкостную нагрузку величиной 6 пФ. Емкостной параметр – это не емкость резонатора (эквивалентная емкость), она обычно составляет около 1 пФ. Все продукты семейства Processor Companion рассчитаны на использование кварцевых резонаторов 6 пФ, но не 12,5 пФ.

Упрощенная схема на рис.2 показывает принцип построения генератора. Конденсаторы C1 и C2, емкостью по 12 пФ и резисторы по 1 кОм выполнены на кристалле. Конденсаторы работают последовательно с резонатором и представляют для него нагрузку

**C1*C2/(C1+C2)=6 пФ**

Резисторы обеспечивают фазовый сдвиг для улучшения стабильности генератора. Выбор в пользу резонаторов 6пФ сделан с целью снижения до минимального уровня тока, потребляемого генератором. Резонатор 12,5пФ вызвал бы вдвое больший ток.

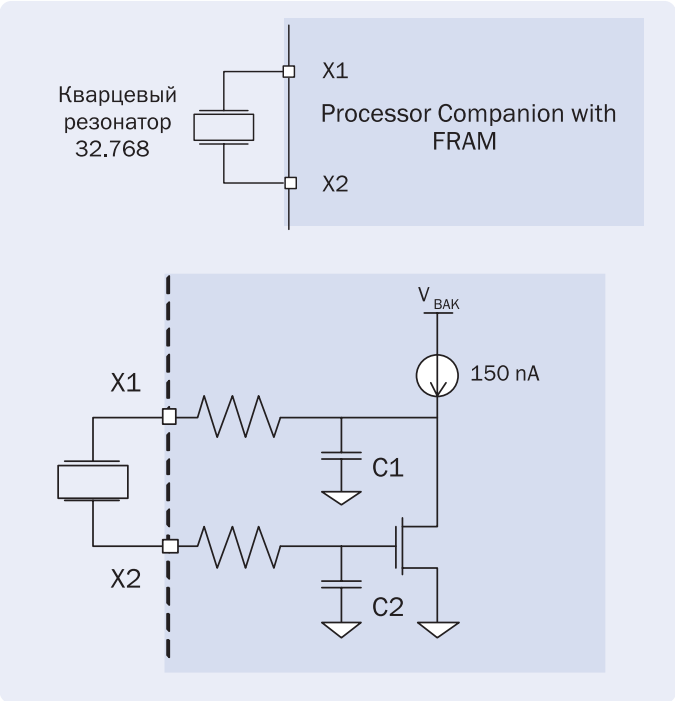



**Рис. 1. Кроме резонатора не требуется внешних компонентов**

**Рис. 2. Все требуемые компоненты встроены**

## ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАТОРА

Частота генератора не должна измеряться “напрямую”. Не надо добавлять лишнюю емкость на X1/X2! Не надо подключать пробник осциллографа! Рекомендуемый способ измерения частоты генератора описан ниже.

Примечание: для рассмотрения следующего текста хорошо иметь под рукой таблицу регистров (register map) из технических описаний.

1. Включить генератор (установкой бита OSCEN в “0”)
2. Включить режим калибровки (в регистре флагов/управления установите бит CAL в “1”). В результате, на выводе CAL (вывод INT для FM3808) появится сигнал генератора, с частотой деленной на 64 (512 Гц)
3. С помощью точного частотомера или другим точным методом (например, цифровым осциллографом с функцией курсорных измерений) измерьте частоту на выходе CAL(INT). Вы должны увидеть 512,000 Гц. Если это не так, но измеренная частота находится в пределах от 511,975 до 512,025 Гц, значит генератор работает правильно и есть возможность снизить погрешность с помощью битов CAL4:0 до величины менее 2 ppm, что соответствует ±0,09 минуты в месяц. Заметьте, что отклонение в 0,025 Гц составляет 50 ppm.
4. Продолжая контролировать частоту на выводе CAL(INT) переведите контроллер в неактивное состояние. Если отклонение калибровочной частоты значительно, значит контроллер вносит существенную помеху в работу генератора. В этом случае, наиболее вероятно, необходимо пересмотреть топологию печатной платы и принять конструктивные меры по снижению влияния помех.

*Важное замечание: изменение битов CAL4:0 не изменяет частоту генератора. Их содержимое является поправочным коэффициентом для вычисления значения времени в регистре часов. Коэффициент определяется из таблицы поправочных коэффициентов (см. тех. описание на используемый компонент) и записывается в биты CAL4:0 на этапе калибровки. Внесение поправки в рабочем режиме происходит автоматически, незаметно и недоступно для внешних процессов.*

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТОПОЛОГИИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Выводы X1 и X2 имеют высокий импеданс и требуют осторожного обращения с ними:

1. Расстояние от выводов резонатора до X1 и X2 должно быть минимальным, меньше 5 мм;
2. Вывод питания Vdd должен иметь хорошую развязку – не менее 0,1 мкФ относительно общего;
3. Не разводите другие сигналы в непосредственной близости к X1 и X2, даже на внутренних слоях печатной платы;
4. Поместите “охранное кольцо” вокруг площадок резонатора и X1 и X2;
5. Поместите заземленную (подключенную к общему) экранирующую площадку на внутреннем или обратном слое печатной платы под выводами X1 и X2 и резонатора.

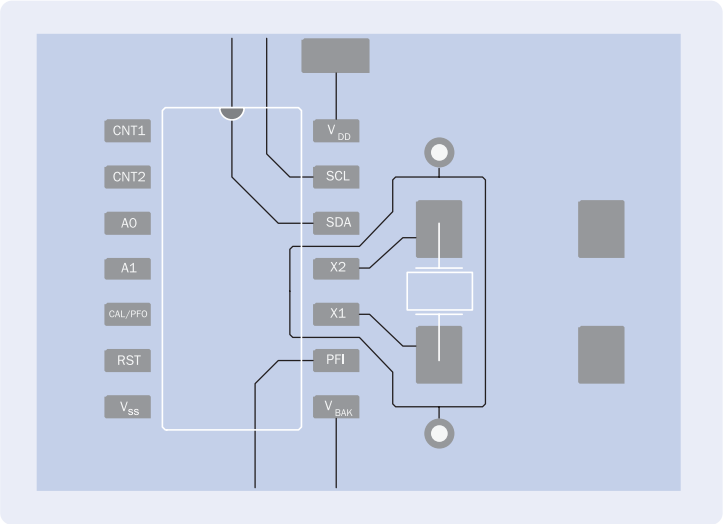



**Рис. 3. Топология участка печатной платы**

Кварцевые резонаторы на 32 кГц в исполнении для поверхностного монтажа и с “6 пФ”- емкостным параметром предлагаются сегодня многими производителями. Например: Abracon, Citizen, Epson, Raltron, Saronix и другие. На рис. 3 приведен пример топологии печатной платы с “охранным кольцом” для smd-резонатора.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНДЕНСАТОРА ДЛЯ РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ

Длительность работы от резервного источника при некоторых величинах емкости конденсатора следующая:

- 100 мкФ – 3 минуты
- 1000 мкФ – 30 минут
- 10000 мкФ – 5 часов 10 минут
- 0,1 Ф – 48 часов
- 0,47 Ф – 240 часов

Минимальное энергопотребление RTC в микросхемах семейства FM31xx позволяет использовать в качестве источника резервного питания даже конденсатор. В системах с частым включением-выключением такой подход предпочтительнее, чем использование батареи или аккумулятора. Очевидно, что максимальная длительность работы резервного источника обеспечивается, когда он максимально заряжен. Ниже приведены три простых метода заряда конденсатора.

## СЛАБОТОЧНЫЙ ЗАРЯД

Семейство микросхем FM31xx имеет встроенные средства для слаботочного заряда конденсатора во время работы системы (когда подано напряжение питания). При использовании этого способа заряда не требуется никаких внешних компонентов. Если работа зарядной цепи разрешена битом VBC регистра Companion Control, конденсатор заряжается током около 4 мкА через вывод $V_{BAK}$ до $V_{DD}$ или до максимально допустимого уровня 3,75 В. Такой величины тока достаточно для полного заряда ионистора емкостью 0,1Ф в течение, примерно, суток. Слаботочный заряд максимизирует уровень напряжения заряда в 3-вольтовых системах и предоставляет простейшее решение для 5-вольтовых систем. Рис. 4 иллюстрирует реализацию этого подключения.

## ЗАРЯД В 3-ВОЛЬТОВЫХ СИСТЕМАХ

В системах с 3-вольтовым питанием заряд конденсатора можно осуществлять через диод Шоттки и резистор, ограничивающий ток заряда (рис. 5). Для этого решения требуются внешние компоненты, но длительность заряда значительно короче, чем при использовании встроенной зарядной цепи. Разработчик может варьировать длительность заряда и нагрузку на источник с помощью ограничительного резистора. Приблизительное время заряда можно определить выражением 5RC. Типовое значение прямого падения напряжения на диодах Шоттки составляет 0,3 В. Таким образом конденсатор может быть заряжен до напряжения VDD-0,3 В.

## ЗАРЯД В 5-ВОЛЬТОВЫХ СИСТЕМАХ

Использование зарядной цепи с диодом Шоттки в 5-вольтовых системах может привести к превышению максимально допустимого напряжения на $V_{BAK}$ (3,75 В). Можно предложить множество схемотехнических решений для заряда конденсатора. На рис.6 приведен наиболее простой и надежный способ.

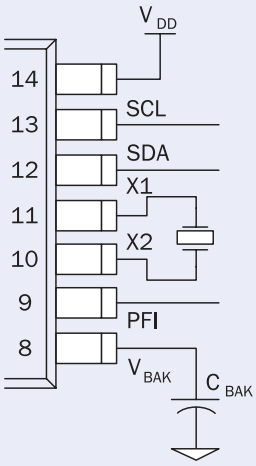



Рис. 4. Слаботочный заряд конденсатора

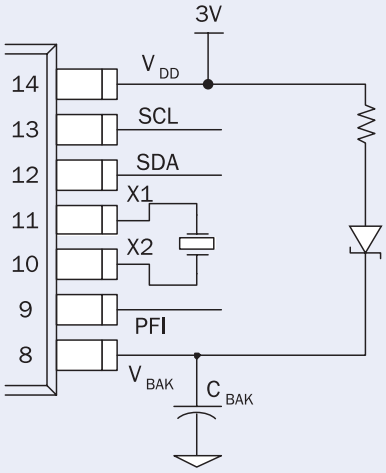



Рис. 5. Заряд конденсатора в 3-вольтовых системах

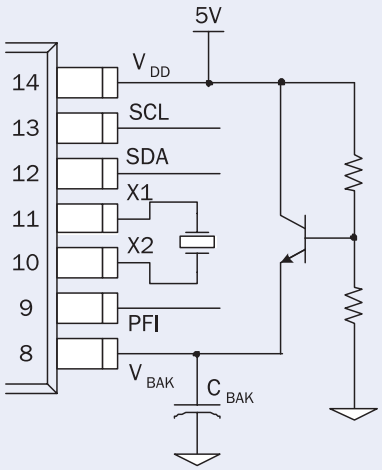



Рис. 6. Заряд конденсатора в 5-вольтовых системах

## РАННЕЕ ОБНАРУЖЕНИЕ АВАРИИ ПО ПИТАНИЮ

Серия FM31xxx отличается от других серий семейства наличием встроенного компаратора общего назначения. Одна из областей его возможного применения это раннее обнаружение аварий по питанию и генерация прерывания (Power-Fail Interrupt или PFI). Обычно для мониторинга питания применяются супервизоры или мониторы питания. Но они имеют один существенный недостаток – они контролируют напряжение уже в питаемой системе. То есть контролируемая точка находится уже после фильтров и стабилизаторов. Следовательно, от пропадания напряжения источника до фактического снижения питания и срабатывания супервизора проходит некоторое время. Его длительность зависит от емкости фильтров и потребляемого системой тока. На обработку этого события системному контроллеру остается не так уж много времени. Увеличить его поможет контроль за напряжением непосредственно на выходе источника питания. Компаратор, встроенный в FM31xx решает эту задачу (рис.7).

На инвертирующий вход компаратора подано напряжение от встроенного источника опорного напряжения 1.2 В, неинвертирующий вход должен быть подключен через делитель к контролируемому напряжению. Выход компаратора может быть подключен на вход немаскируемого прерывания контроллера системы.

По месту расположения контролируемой точки можно выделить два способа решения задачи.

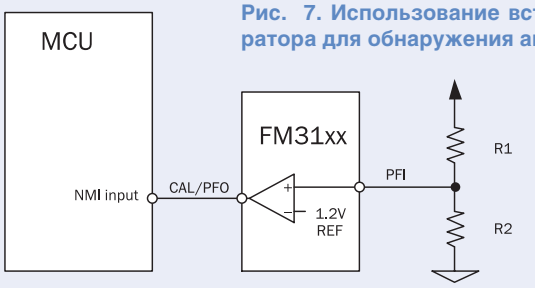
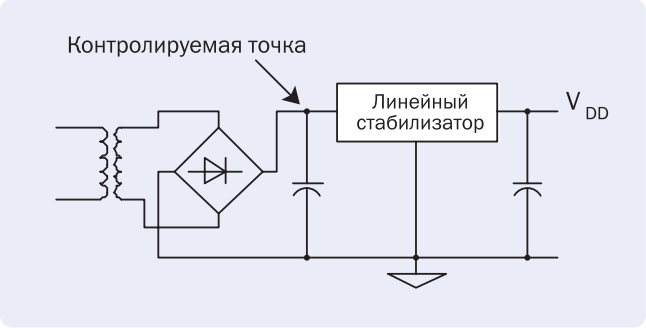
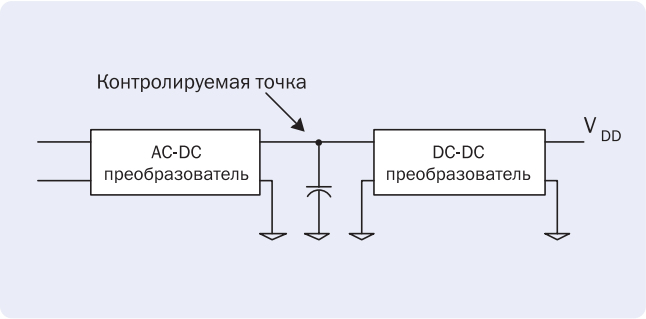


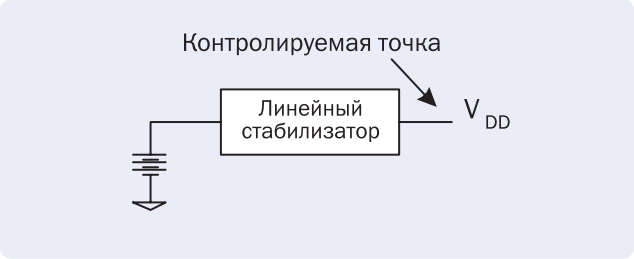

Рис. 7. Использование встроенного компаратора для обнаружения аварии по питанию

Первый способ. Применим для систем с питанием от линейных или импульсных AC-DC преобразователей. Как правило, AC-DC вырабатывает нестабилизированное магистральное напряжение, которое доводится до кондиции с помощью LDO (линейный стабилизатор с малым падением напряжения), локально у каждого из потребителей при распределенной системе питания). Контролируемую точку необходимо разместить между AC-DC и LDO. Таким образом, снижение напряжения будет обнаружено гораздо раньше, чем начнется падение напряжения на выходе стабилизатора (рис. 8).




Похожий способ применим также для систем с повышающими DC-DC преобразователями. Контролируемая точка таких систем должна находиться между первичным источником и входом DC-DC преобразователя (рис. 9). Снижение напряжения первичного источника ниже заданной точки может быть обнаружено раньше, чем начнет изменяться выходное напряжение DC-DC. В качестве первичного источника может выступать батарея или другой преобразователь (например, AC-DC, вырабатывающий магистральное напряжение, меньшее, чем требуемое в контролируемом FM31xxx узле системы). Контроль за входным напряжением DC-DC является очень важной задачей. Дело в том, что массовые недорогие DC-DC преобразователи без встроенной функции защитного отключения, при снижении входного напряжения ниже допустимого уровня могут вызвать короткое замыкание по входу и выйти из строя.




Второй способ более подходит для систем с батарейным питанием. Контролируемая точка в них должна находиться после LDO (рис. 10). Батарейные источники теряют заряд плавно, а большинство LDO имеют линейную зависимость между входным и выходным напряжением. Поэтому правильнее обнаружить снижение напряжения уже после LDO. Именно его наличие будет говорить о приближающемся выходе напряжения источника из кондиции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Динамика снижения напряжения (slew rate) источника питания в контролируемой точке может требовать заранее известного времени для обработки этого события контроллером. Скорость падения зависит от характеристик источника питания и системы-потребителя. Определить ее наиболее просто можно опытным путем или подробным анализом схемы. Ее значение нужно для вычисления времени, доступного для обработки падения напряжения. Например, источник питания имеет выходное напряжение 12 В и в контролируемой точке slew rate составляет 0,5 В/мсек. Компаратор FM31xxx настроен на срабатывание при 9 В в контролируемой точке, снижение выходного напряжения LDO (5 В) начнется при 7 В на его входе. Тогда от момента срабатывания компаратора и генерации NMI до снижения выходного напряжения LDO пройдет 2 мсек. Таким образом, компаратор FM31xxx предоставляет эффективное время контроллеру для сохранения критических данных в энергонезависимую память. NMI может также содержать функцию продолжительного контроля за состоянием питания и не прибегать к завершению работы системы до подтверждения критического события. Если питание не выходит за рамки максимально допустимого диапазона, NMI может вернуть основной процесс в активное состояние, в обратном случае, корректно завершит работу системы.

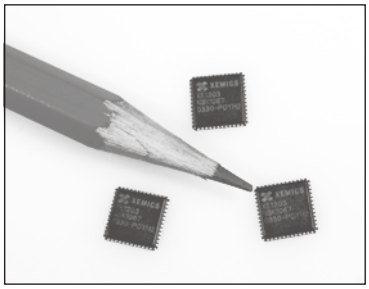
# Новый интегральный СВЧ трансивер XE1203 со сверхмалым энергопотреблением с рабочим диапазоном 433 МГц/868 МГц/915 МГц и встроенным кодеком Баркера от компании XEMICS

*Геннадий Горюнов, gennady.gr@eltech.spb.ru*

XE1203 однокристальный трансивер предназначен для работы в безлицензионном диапазоне частот ISM (433 МГц / 868 МГц / 915 МГц). Высокая степень интеграции позволяет достичь максимальной гибкости использования устройства при минимальном количестве внешних элементов.

Применение трансивера XE1203 позволяет обеспечивать связь со скоростью передачи до 152,3 кБод без необходимости изменения параметров и количества внешних компонентов. XE1203 оптимизирован для приложений, требующих малое потребление, большую выходную мощность и высокую чувствительность ВЧ сигнала.

Этот чип разрабатывался с учетом возможности использования его для приложений, отвечающих европейскому (ETSI-300-220) и североамериканскому (FCC часть 15) техническим стандартам.



## ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ТРАНСИВЕРА XE1203

XE1203 интегральное однокристальное устройство, позиционирующееся, как недорогой FSK трансивер, предназначенный для разработки приложений, использующих двунаправленную полудуплексную связь с возможностью быстрой перестройки частоты и NRZ кодирование. Трансивер имеет аппаратную возможность активировать кодер/декодер Баркера, при этом расширяется база сигнала и уменьшаются эффекты, связанные с интерференцией принимаемого сигнала при работе на фиксированной частоте. Используя этот режим связи, потребитель имеет возможность создать приложение, обеспечивающее обмен данными на расстоянии до 4 километров без каких-либо внешних усилителей ВЧ сигнала. Скорость передачи данных в режиме кодировки Баркера фиксирована и составляет 1,154 кБод.

Трансивер XE1203 доступен в корпусе VQFN48 и предназначен для разработки полнофункционального многоканального FSK трансивера. Возможно использование в устройствах, сертифицированных в Европейском (868 МГц), Североамериканском (902-928 МГц) и Российском (433 МГц) частотных ISM диапазонах. Однокристальный трансивер работает при напряжение питания до 2,4 В и обеспечивает малое энергопотребление при применении его в устройствах, критичных к этому параметру. Обеспечивая рекордно высокий показатель скорости передачи данных 152,3 кБод, эта микросхема может быть использована для приложений высокоскоростной передачи данных.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОДИРОВКИ БАРКЕРА

Методов кодирования и модуляции сигналов на сегодняшний день разработано достаточно много, причем для передачи данных в условиях помех с успехом используется технология расширения спектра (Spectrum Spread, SS).

Основная идея заключается в том, чтобы от узкополосного спектра сигнала, возникающего при обычном потенциальном кодировании, перейти к широкополосному спектру. Именно это позволяет значительно повысить помехоустойчивость передаваемых данных. Рассмотрим, как это происходит, более детально.

При потенциальном кодировании информационные биты 0 и 1 передаются прямоугольными импульсами напряжений. Из курса математики и физики хорошо известно, что любую функцию и соответственно любой сигнал (ограничения, накладываемые на функцию, мы для простоты опускаем) можно представить в виде дискретного или непрерывного набора гармоник - синусоидальных сигналов с определенным образом подобранными весовыми коэффициентами и частотами. Такое представление называют преобразованием Фурье. Сами частоты гармонических сигналов образуют спектральное разложение функции.

К примеру, при передаче прямоугольного импульса длительностью T спектр сигнала описывается функцией:

$$A = \frac{\sin(\pi * f * T)}{\pi * f * T}$$

где f – частота спектральной составляющей (рис. 1).

Несмотря на бесконечный спектр сигнала, наиболее весомые гармоники, то есть дающие значительный вклад в результирующий сигнал, сосредоточены в небольшой частотной области, ширина которой обратно пропорциональна длительности импульса. То есть

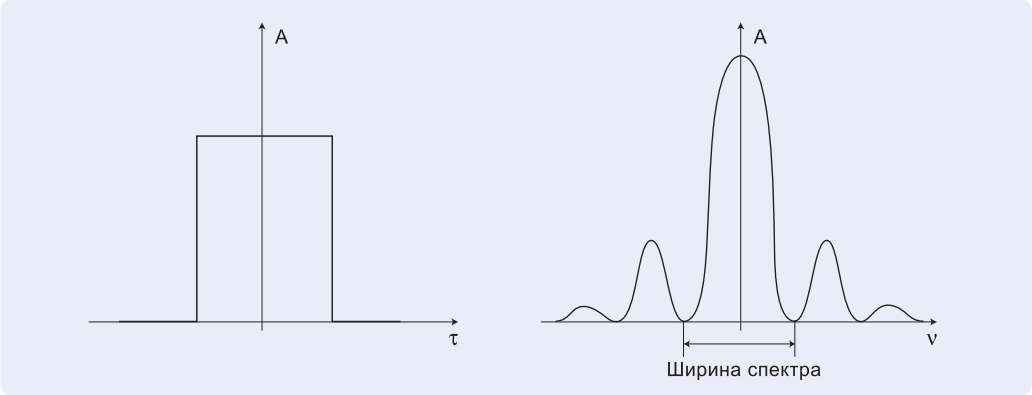



**Рис. 1. Спектр прямоугольного импульса длительностью T**

с хорошей степенью точности исходный сигнал можно представить, как суперпозицию гармоник в спектральной полосе шириной, равной длительности импульса T. Соответственно, чем меньше длительность импульса, тем больший спектральный диапазон занимает такой сигнал. Для того, чтобы повысить помехоустойчивость передаваемого сигнала, то есть, чтобы увеличить вероятность безошибочного распознавания сигнала на приемной стороне в условиях шума, можно воспользоваться методом перехода к широкополосному сигналу, добавляя избыточность в исходный сигнал. Для этого в каждый передаваемый информационный бит “встраивают” определенный код, состоящий из последовательности так называемых чипов (рис. 2).

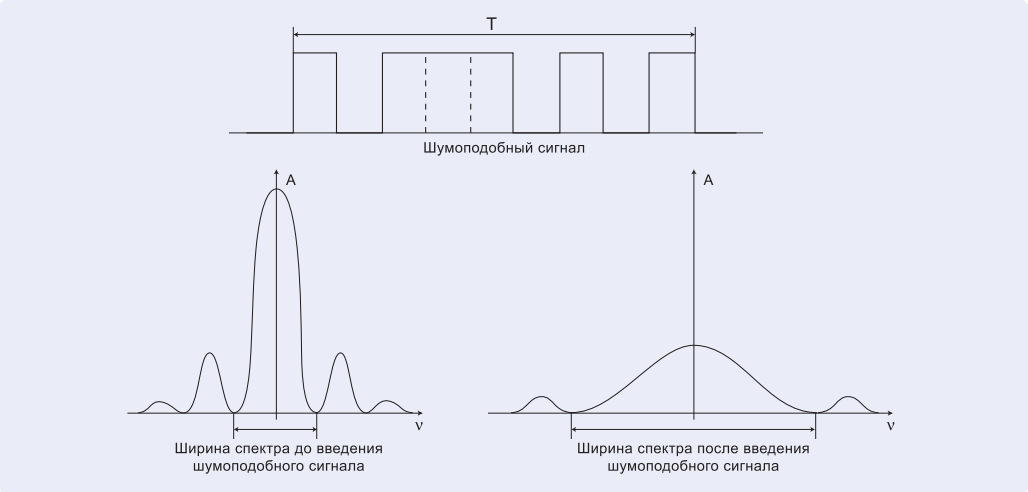



**Рис. 2. Изменение спектра сигнала при добавлении шумоподобного кода**

Фактически информационный бит, представляемый прямоугольным импульсом, разбивается на последовательность более мелких импульсов-чипов. В результате спектр сигнала значительно уширяется, так как ширину спектра можно с хорошей степенью точности считать обратно пропорциональной длительности одного чипа. Такие кодовые последовательности часто называют шумоподобными кодами. Дело в том, что вместе с уширением спектра сигнала уменьшается и спектральная плотность энергии. То есть энергия сигнала как бы “размазывается” по всему спектру. Результирующий сигнал становится шумоподобным, то есть его действительно становится трудно отличить от естественного шума. Возникает вопрос: для чего усложнять первоначальный сигнал, если в результате он становится неотличимым от шума? Дело в том, что кодовые последовательности чипов обладают одним уникальным свойством – свойством автокорреляции. Чтобы не запугивать читателей этим сложным математическим термином, постараемся на интуитивном уровне пояснить, в чем смысл корреляции. Под корреляцией в математике понимают степень взаимоподобия двух функций, определяющую, насколько две различные функции похожи друг на друга. Таким образом, под автокорреляцией понимается степень подобия функции самой себе. Однако функция рассматривается в различные моменты времени. Например, если некоторая функция меняется (зависит) от времени и эта зависимость выражается в виде f(t), то можно рассмотреть функцию в некоторый момент времени $t_0$ и в момент времени $t_0$+t. Степень соответствия двух функций друг другу в различные моменты времени и называется автокорреляцией. С математической точки зрения функция автокорреляции выражается интегралом:

$$\varphi(\tau) = \int f(t) * f(t+t)\, dt$$

Оказывается, можно подобрать такую последовательность чипов, для которой функция автокорреляции, отражающая степень подобия функции самой себе через определенный интервал времени, будет иметь резко выраженный пик лишь для одного момента времени. То есть функция будет подобна самой себе только для одного момента времени и будет совсем не похожа на себя

для всех остальных моментов времени. Одной из наиболее известных (но не единственной) таких последовательностей является код Баркера длиной в 11 чипов: 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0. Коды Баркера обладают наилучшими среди известных псевдослучайных последовательностей свойствами шумоподобности, что и обусловило их широкое применение. Для передачи единичного и нулевого символов сообщения используются прямая и инверсная последовательности соответственно.

В целях упрощения вычисления автокорреляционной функции последовательности Баркера можно рассчитать разность между числом совпадений и несовпадений между отдельными чипами последовательности при их почиповом сдвиге друг относительно друга.

Как видно из приведенной таблицы, последовательность Баркера обладает ярко выраженным автокорреляционным пиком, соответствующим наложению функции самой на себя. Проведя аналогичные расчеты, нетрудно убедиться, что другие последовательности не обладают аналогичным свойством, то есть имеют несколько пиков корреляции, значительно снижающих помехоустойчивость передаваемого сигнала.

В приемнике полученный сигнал умножается на код Баркера (вычисляется корреляционная функция сигнала), в результате чего он становится узкополосным. Поэтому его фильтруют в узкой полосе частот, равной удвоенной скорости передачи. Любая помеха, попадающая в полосу исходного широкополосного сигнала, после умножения на код Баркера, наоборот, становится широкополосной, поэтому в узкую информационную полосу попадает лишь часть помехи, примерно в 11 раз меньшая по мощности помехи, действующей на входе приемника.

**Табл.1** **Вычисление автокорреляционной функции последовательности Баркера**

| Сдвиг | Последовательность | Число совпадений | Число несовпадений | Степень корреляции |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 | 11 | 0 | +11 |
| 1 | 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 | 5 | 6 | -1 |
| 2 | 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 | 5 | 6 | -1 |
| 3 | 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 | 5 | 6 | -1 |
| 4 | 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 | 5 | 6 | -1 |
| 5 | 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 | 5 | 6 | -1 |
| 6 | 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 | 5 | 6 | -1 |
| 7 | 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 | 5 | 6 | -1 |
| 8 | 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 | 5 | 6 | -1 |
| 9 | 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 | 5 | 6 | -1 |
| 10 | 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 | 5 | 6 | -1 |

Итак, использование кодов Баркера обеспечивает возможность передавать сигнал практически на уровне помех и при этом гарантирует высокую степень достоверности принимаемой информации. В этом основной смысл их применения.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ XE1203

- Автоматизированные системы измерения
- Домашняя автоматизация и системы контроля доступа
- Высококачественная передача аудиосигнала через радиоканал
- Konnex-совместимые приложения
- Закрытые и помехозащищенные каналы связи

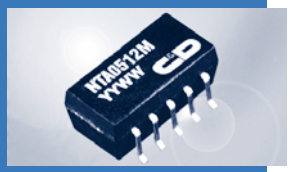
## ХАРАКТЕРИСТИКИ XE1203

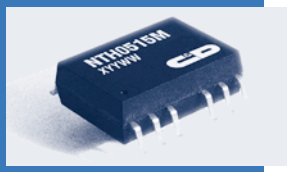
- Выходная мощность: до +15 дБм на нагрузку 50 Ом (тип)
- Чувствительность входа: до -111 дБм (тип)
- Потребление: Rx=14 мА; Tx=48 мА (15 дБм)
- Напряжение питания: до 2,4 В
- Скорость передачи: от 1,2 до 152,3 кБод (NRZ-кодирование)
- Режим Konnex-совместимости
- 11-разр. кодек Баркера
- Встроенный синтезатор частоты с шагом 500 Гц
- Двухуровневая FSK модуляция с непрерывной фазовой функцией
- Распознавание образа входных данных (используется для выхода из спящего режима)
- Система синхронизации входных данных (Bit-Synchronizer)
- Контроль уровня принимаемого сигнала (RSSI)
- Контроль частоты (FEI)
- Температурный диапазон: -40°C ... + 85 °C
- Корпус: VQFN48

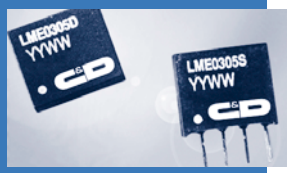
**Литература:** 1. www.xemics.com; 2. КомпьютерПресс №1, 2002

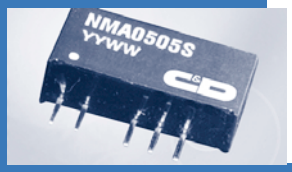
# Высококачественные DC-DC преобразователи компании C&D TECHNOLOGIES – начало всех начал

*Сергей Дмитриев, sergey@eltech.spb.ru*








В декабре 2000 года компания C&D TECHNOLOGIES (США) приобрела подразделение Newport Components Division компании Newport Technology Group Limited (Великобритания), которое было разработчиком и первым в мире производителем маломощных DC-DC преобразователей в виде законченных компактных модулей для установки на печатную плату.

Первым коммерчески успешным продуктом Newport Components Division явился DC-DC преобразователь из 5 в 5 В с гальванической развязкой и выходной мощностью 0,75 Вт.

Эта разработка была настолько успешной, что существует в различных модификациях до сегодняшнего дня, теперь уже под брэндом C&D TECHNOLOGIES. За прошедшее время компания разработала и запустила в серийное производство ряд модульных DC-DC преобразователей с выходной мощностью от 0,25 до 30 Вт.

Именно после того, как Newport Components Division, с целью снижения издержек, разместила своё производство на Тайване, через некоторое время там появилось множество мелких компаний, копировавших с разной степенью ответственности продукцию Newport Components Division.

Копировались и упрощались схемотехнические решения, элементная база заменялась на более дешёвую и, в результате, рынок Юго-Восточной Азии оказался наводнён более или менее дешёвыми “клонами” C&D TECHNOLOGIES.

В настоящее время, вследствие обострения конкурентной борьбы, Европейский рынок тоже заполнен продукцией так называемых “европейских производителей”, которые на самом деле осуществляют “contract manufacturing” (контрактное производство), размещая заказы на производство преобразователей под своей, “европейской” торговой маркой, на непринадлежащих им тайваньских или китайских производственных площадках с соответствующим уровнем качества производства “клонов” C&D TECHNOLOGIES.

С самого начала и до сегодняшнего дня продукция C&D TECHNOLOGIES является образцом достижений технического прогресса и качества продукции. Все производственные площади компании, размещённые в разных точках земного шара, сертифицированы по стандарту качества ISO 9001:2000.

Вся продукция сертифицирована по международным стандартам электробезопасности и электромагнитной совместимости. В процессе производства и после него проводятся испытания на устойчивость к воздействию механических и климатических факторов окружающей среды по международным и собственным стандартам.

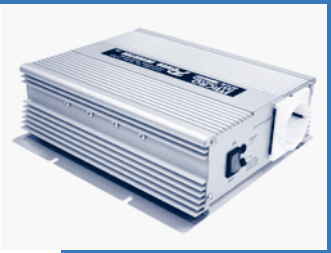
DC-DC преобразователи C&D TECHNOLOGIES имеют следующие характеристики:

- выходная мощность: 0,25...150 Вт
- электрическая прочность изоляции: 500...8000V DC
- входные диапазоны напряжений ±10%, 2:1, 4:1 с номиналами 3,3; 5; 12; 24; 48 В
- ряд выходных напряжений 1,8...48V DC
- рабочий диапазон температур: -40...+85°C

Подробные технические характеристики продукции C&D TECHNOLOGIES можно найти на сайте www.cdpowerelectronics.com

# AC-DC, DC-DC, DC-AC преобразователи компании MEAN WELL – находка для разработчиков систем промышленной автоматики

*Сергей Дмитриев, sergey@eltech.spb.ru*



Компания MEAN WELL была основана в 1982 году. Сегодня она является одним из крупнейших тайваньских производителей источников питания. Производство компании было сертифицировано по стандарту качества ISO 9001 в 1994 году немецким органом сертификации TUV.

Продукция компании сертифицирована на соответствие основным международным стандартам электробезопасности (EN60950, UL60950), электромагнитной совместимости (CISPR22/EN55022) и устойчивости к электромагнитным воздействиям (EN61000-4-2, 3, 4, 5, 6, 8, 11).

Продукция компании MEAN WELL предназначена для применений в умеренных условиях эксплуатации, рабочий температурный диапазон большинства преобразователей: -10...+60°C.

**AC-DC преобразователи** выпускаются в следующих конструктивных исполнениях:

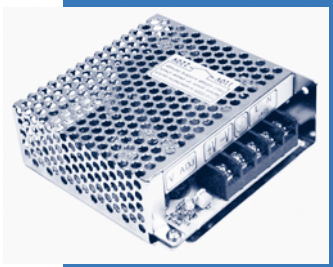
1. Открытые, 1...4 выхода с выходной мощностью 5...150 Вт
   - с выходной мощностью 5...15 Вт для установки на печатную плату
   - с выходной мощностью 20...150 Вт для установки на шасси
   - для медицинских применений с выходной мощностью 30...100 Вт
2. В металлическом корпусе, 1...4 выхода, с выходной мощностью 15...2000 Вт
   - с выходной мощностью 45...480 Вт для установки на DIN-рейку
   - с выходной мощностью 15...2000 Вт для установки на шасси

**DC-DC преобразователи** выпускаются в следующих конструктивных исполнениях:

1. Для установки на печатную плату с выходной мощностью 1...30 Вт
2. Для установки на шасси (в металлическом корпусе) с выходной мощностью 25...350 Вт

**DC-AC преобразователи** выпускаются в двух вариантах для установки на шасси:

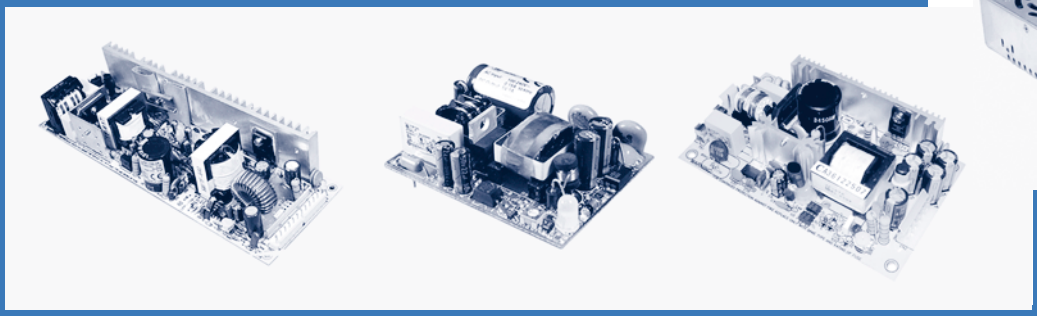
1. С модифицированной синусоидой на выходе и выходной мощностью 150...600 Вт
2. С правильной синусоидой на выходе (Кг<3%) и выходной мощностью 600 и 1500 Вт



Основной принцип компании MEAN WELL – высокое качество продукции при конкурентоспособных ценах, этот принцип воплощается неукоснительно и проявляется в постоянном снижении процента возврата брака. В 2001 году – 0,1%, в 2002 году – 0,0783%.

Мы надеемся, что с помощью продукции компании MEAN WELL Вы сможете легко и эффективно решить проблемы электропитания систем промышленной автоматики.

Подробные технические характеристики продукции MEAN WELL можно найти на сайте www.meanwell.com



# Высококачественные AC-DC преобразователи и зарядные устройства FRIWO (Германия)

*Сергей Дмитриев, sergey@eltech.spb.ru*

***Настоящая статья открывает серию обзоров продукции компании FRIWO (Германия) и посвящена высококачественным AC-DC преобразователям, предназначенным для широкого применения в умеренных условиях эксплуатации. Дана оценка надёжности и функционального многообразия продукции фирмы FRIWO.***

Продукция компании FRIWO на первый взгляд может показаться тривиальной. Кто сейчас не производит AC-DC преобразователи и зарядные устройства? Тайваньские и китайские производители заполнили весь мир своей продукцией.

Но мы уверены, что серьёзные производители электронной техники, особенно те, кто производит продукцию на экспорт, обратят внимание на эти компактные и просто элегантные устройства, которые пригодны как для промышленных, так и для медицинских применений.

## ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОДУКЦИИ FRIWO:

- Телекоммуникационное оборудование (модемы, маршрутизаторы, сетевые адаптеры)
- Медицинское оборудование (анализаторы крови, измерители давления, мониторы пациентов)
- Бытовая электроника (зарядные устройства для мобильных телефонов, электроинструментов, цифровых фотоаппаратов)
- Промышленное оборудование, системы видеонаблюдения, охранная сигнализация.

## ВСЮ ПРОДУКЦИЮ КОМПАНИИ FRIWO МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ НА 4 ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ:

- Импульсные источники питания с выходной мощностью 3...55 Вт
- Линейные источники питания (стабилизированные и нестабилизированные) с выходной мощностью 3...20 Вт
- Импульсные зарядные устройства для никель-кадмиевых, никель-металлогидридных и кислотных аккумуляторов
- Линейные зарядные устройства для никель-кадмиевых, никель-металлогидридных и кислотных аккумуляторов.

В настоящей статье рассматриваются импульсные источники питания компании FRIWO с выходной мощностью 3...55 Вт.

## КОМПАКТНЫЕ AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИЙ PP3/PP6/PP8 И SPA3 С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 3...8 ВТ

AC-DC преобразователи серии PP3...8 - это самые компактные и лёгкие преобразователи компании FRIWO, их вес не превышает 100 г. Внешний вид преобразователей приведён на рис.1, а электрические данные в табл.1.

**Табл.1** Электрические параметры AC-DC преобразователей серий PP3...8 и SPA3

| Uвых [В] | Серия PP3 (3 Вт) | | Серия PP6 (6 Вт) | | Серия PP8 (8 Вт) | | Серия SPA3 (3 Вт) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Iвых [А] | Наименование | Iвых [А] | Наименование | Iвых [А] | Наименование | Iвых [А] | Наименование |
| 3 | – | – | 1,3 | 15.1614 | 1,7 | 15.1617 | – | – |
| 5 | 0,6 | 15.1291 | 1 | 15.1028 | 1,3 | 15.1530 | 0,54 | 22.0353 |
| 6 | – | – | 0,85 | 15.1029 | 1,15 | 15.1531 | 0,45 | 22.0354 |
| 7,5 | – | – | 0,65 | 15.1030 | 0,9 | 15.1532 | 0,36 | 22.0355 |
| 9 | – | – | 0,55 | 15.1031 | 0,8 | 15.1533 | 0,3 | 22.0356 |
| 12 | 0,25 | 15.1294 | 0,45 | 15.1032 | 0,7 | 15.1534 | 0,225 | 22.0357 |
| 15 | – | – | 0,36 | 15.1033 | 0,53 | 15.1535 | 0,18 | 22.0358 |
| 18 | – | – | 0,3 | 15.1034 | 0,44 | 15.1536 | – | – |
| 24 | – | – | 0,22 | 15,1035 | 0,33 | 15.1537 | – | – |

Все преобразователи этих серий сертифицированы по стандартам электробезопасности EN60950/IEC60950, VDE, CE class II SELV, по стандартам электромагнитной совместимости FCC, CISPR 22, EN55022 class B и по стандартам устойчивости к электромагнитным воздействиям IEC61000-4-3, IEC61000-4-6.

**Рис.1. Преобразователи серий PP3...PP8**

**Рис.2. Преобразователи серии SPA3**

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СЕРИЙ PP3...8 И SPA3

- Диапазон входных напряжений: 100...240V AC, 50...60 Гц
- Очень низкий ток утечки: < 10 мкА
- Электрическая прочность изоляции: 3000V AC
- Мощность потребления на холостом ходу: < 0,3 Вт
- Высокий КПД – до 75%
- Уровень помех на выходе: 150...300 мВ (размах)
- Точность установки выходного напряжения: ±5% Uвых (для PP3...8), ±15%(для SPA3)
- Возможность работы без нагрузки
- Защита от короткого замыкания и перегрузки по току
- Соответствие международным стандартам безопасности UL1950, TUV, EN60950/IEC60950
- Электромагнитная совместимость: соответствие EN55022 класс B
- Устойчивость к воздействию электромагнитных помех: EN61000-4-3, EN61000-4-6
- Рабочий температурный диапазон: от 0 до +40°C (хранение: от -40 до +85°C)
- Наработка на отказ (при +25°C, макс. нагрузка, по MIL-HDBK-217): 200 000 ч
- Длина выходного кабеля с универсальным разъёмом: 2 м

Отличительной конструктивной особенностью продукции FRIWO является универсальная система выходных разъёмов (см. рис.3). Эта система позволяет беспрепятственно менять тип выходного разъёма, обеспечивая универсальность, недоступную для продукции других производителей.

**Таблица 2.**

**Рис. 3 Универсальная система выходных разъёмов FRIWO**

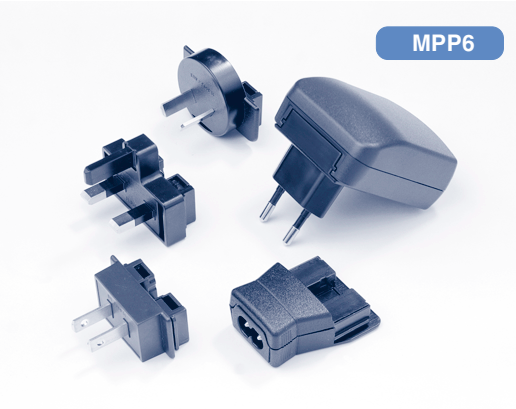
| Внешний диаметр, мм | Внутренний диаметр, мм | Длина, мм | Наименование |
|---|---|---|---|
| **Штыревые разъёмы** | | | |
| 2,5 | – | 13 | 1812756 |
| 3,5 | – | 14 | 1812757 |
| **Коаксиальные разъёмы** | | | |
| 3,5 | 1,3 | 9,5 | 1812748 |
| 4,0 | 1,7 | 11 | 1812749 |
| 5,5 | 2,1 | 9,5 | 1812750 |
| 5,5 | 2,1 | 11,5 | 1812751 |
| 5,5 | 2,1 | 14 | 1812752 |
| 5,5 | 2,5 | 9,5 | 1812753 |
| 5,5 | 2,5 | 11,5 | 1812754 |

***Серии PP3...PP8 и SPA3 могут найти широкое применение для электропитания переносной телекоммуникационной техники (модемов, сетевых адаптеров, маршрутизаторов), переносных измерительных и взвешивающих приборов, систем видеонаблюдения и сигнализации.***

## AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИЙ MPP6/MPP15/MPP30 С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 6...30 ВТ

AC-DC преобразователи серий MPP6/MPP15/MPP30, кроме универсальной системы выходных разъёмов, обладают и универсальной системой входных (сетевых) разъёмов, позволяющих легко получать требуемую конфигурацию входных разъёмов.

Внешний вид преобразователей изображён на рис. 4. Электрические характеристики преобразователей приведены в табл. 2.



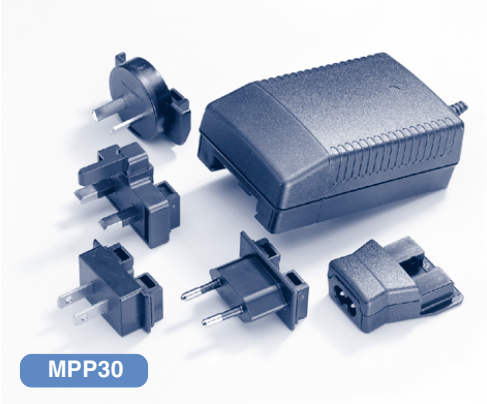




**Рис.4. Внешний вид преобразователей серий MPP6/MPP15/MPP30 с выходной мощностью 6...30 Вт**

**Таблица 3. Электрические параметры AC-DC преобразователей серий MPP6/MPP15/MPP30 с выходной мощностью 6...30 Вт**

| Uвых [В] | Серия MPP6 (6 Вт) | | Серия MPP15 (15 Вт) | | Серия MPP30 (30 Вт) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Iвых [А] | Наименование | Iвых [А] | Наименование | Iвых [А] | Наименование |
| 5...15 | – | – | – | – | 1,7...2,7 | 15.0543 |
| 15...48 | – | – | – | – | 0,55...1,4 | 15.0542 |
| 3 | 1,3 | 15.1615 | 2,5 | 15.0891 | – | – |
| 5 | 1 | 15.1575 | 2,4 | 15.0792 | 4 | 11.9831 |
| 6 | 0,85 | 15.1576 | 2,1 | 15.0791 | 3,6 | 11.9832 |
| 7,5 | 0,65 | 15.1577 | 1,7 | 15.0788 | 3,3 | 11.9833 |
| 9 | 0,55 | 15.1578 | 1,5 | 15.0661 | 3 | 11.9834 |
| 12 | 0,45 | 15.1579 | 1,25 | 15.0740 | 2,5 | 11.9835 |
| 15 | 0,36 | 15.1580 | 1 | 15.0793 | 2 | 11.9836 |
| 18 | 0,3 | 15.1581 | 0,84 | 15.0584 | 1,66 | 11.9837 |
| 24 | 0,22 | 15.1582 | 0,63 | 15.0794 | 1,25 | 11.9838 |

**Таблица 4. Варианты входных разъёмов и сетевых шнуров**

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Евровилка | 1717707 |
| Розетка IEC320 C8 | 1809281 |
| Шнур сетевой для подключения к розетке IEC320 C8 | 1812274 |

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СЕРИЙ MPP6/MPP15/MPP30

- Диапазон входных напряжений: 100...240V AC, 50...60 Гц
- Очень низкий ток утечки: < 10 мкА
- Электрическая прочность изоляции: 3000V AC
- Мощность потребления на холостом ходу: < 0,3 Вт

- Высокий КПД – до 80%
- Уровень помех на выходе: 80...300 мВ (размах)
- Точность установки выходного напряжения: ±5% Uвых (для MPP6), ±10% (для остальных)
- Возможность работы без нагрузки
- Защита от короткого замыкания и перегрузки по току
- Соответствие международным стандартам безопасности UL1950, TUV, EN60950/IEC60950
- Электромагнитная совместимость: соответствие EN55022 класс B, FCC, CISPR 22
- Устойчивость к воздействию электромагнитных помех: EN61000-4-3, EN61000-4-6
- Рабочий температурный диапазон: от 0 до +40°C (хранение: от -40 до +85°C)
- Наработка на отказ (при +25°C, макс. нагрузка, по MIL-HDBK-217): 200 000 ч
- Длина выходного кабеля с универсальным разъёмом: 2 м
- Вес: 90...280 г

Модели 15.0542 и 15.0543 (см. табл.2), позволяют реализовать AC-DC преобразователи с выходной мощностью 30 Вт и любым выходным напряжением из ряда 5...48 В, которое устанавливается на заводе-изготовителе.

***Преобразователи серий MPP6/MPP15/MPP30 найдут применение для электропитания MPEG плейеров, цифровых фото и видеокамер, маломощного офисного оборудования, переносной измерительной и взвешивающей техники.***

## AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИЙ PP8MED/MPP15MED/MPP30MED С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 8...30 ВТ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Основное отличие этих преобразователей от рассмотренных ранее – это сертификация по медицинскому стандарту IEC60601. Внешний вид преобразователей PP8med приведён на рис.1, а преобразователей MPP15med/MPP30med – на рис. 4. Электрические характеристики преобразователей медицинской серии приведены в табл. 3.

**Таблица 5. Электрические параметры AC-DC преобразователей серий MPP8med/MPP15med/MPP30med с выходной мощностью 8...30 Вт**

| Uвых [В] | Серия PP8med (8 Вт) | | Серия MPP15med (15 Вт) | | Серия MPP30med (30 Вт) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Iвых [А] | Наименование | Iвых [А] | Наименование | Iвых [А] | Наименование |
| 3 | 1,7 | 15.1620 | – | – | – | – |
| 5 | 1,3 | 15.1504 | 2,4 | 15.1429 | 4 | 15.1437 |
| 6 | 1,15 | 15.1505 | 2,1 | 15.1430 | 3,6 | 15.1438 |
| 7,5 | 0,9 | 15.1506 | 1,7 | 15.1431 | 3,3 | 15.1439 |
| 9 | 0,8 | 15.1507 | 1,5 | 15.1432 | 3 | 15.1440 |
| 12 | 0,7 | 15.1508 | 1,25 | 15.1433 | 2,5 | 15.1441 |
| 15 | 0,53 | 15.1509 | 1 | 15.1434 | 2 | 15.1442 |
| 18 | 0,44 | 15.1510 | 0,84 | 15.1435 | 1,66 | 15.1443 |
| 24 | 0,33 | 15.1511 | 0,63 | 15.1436 | 1,25 | 15.1444 |

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СЕРИЙ PP8MED/MPP15MED/MPP30MED

- Диапазон входных напряжений: 100...240V AC, 50...60 Гц
- Очень низкий ток утечки: < 10 мкА
- Электрическая прочность изоляции: 4000V AC
- Мощность потребления на холостом ходу: < 0,3...0,5 Вт
- Высокий КПД – до 80%
- Уровень помех на выходе: 75...240 мВ (размах)
- Точность установки выходного напряжения: ±5% Uвых (для PP8), ±10% (для остальных)
- Возможность работы без нагрузки

- Защита от короткого замыкания и перегрузки по току
- Соответствие международным стандартам безопасности: IEC60601-1, UL2601, VDE medical application class /BF/CF
- Электромагнитная совместимость: соответствие EN55022 класс B, FCC, CISPR 22
- Устойчивость к воздействию электромагнитных помех: EN61000-4-3, EN61000-4-6
- Рабочий температурный диапазон: от 0 до +40°C (хранение: от -40 до +70°C)
- Наработка на отказ (при +25°C, макс. нагрузка, по MIL-HDBK-217): 200 000 ч
- Длина выходного кабеля с универсальным разъёмом: 2 м
- Вес: 70...280 г

***Преобразователи серий PP8med/MPP15med/MPP30med найдут широкое применение для электропитания анализаторов крови, мониторов пациентов, ингаляторов и другого лабораторного и измерительного оборудования.***

## AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИЙ DT10 И DT55 С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 10 И 55 ВТ

AC-DC преобразователи серий DT10 и DT55 с выходной мощностью 10 и 55 Вт отличаются применением в качестве входного разъёма 2-х контактной вилки IEC320 C8, к которой можно подсоединить любой сетевой кабель длиной 2 м из изображённых на рис. 5. Это удобно, когда расстояние до розетки не превышает 2 м.

Внешний вид преобразователей серий DT10/DT55 приведён на рис.6, а электрические характеристики - в табл.4.

**Рис.6 AC-DC преобразователи серий DT10 и DT55 с выходной мощностью 10 и 55 Вт**

**Таблица 6. Электрические параметры AC-DC преобразователей серий DT10/DT55 с выходной мощностью 10...55 Вт**

| Uвых [В] | Серия DT10 (10 Вт) | | Серия DT55 (55 Вт) | |
|---|---|---|---|---|
| | Iвых [A] | Наименование | Iвых [A] | Наименование |
| 5 | 2 | 15.1010 | – | – |
| 6 | 1,7 | 15.1011 | – | – |
| 7,5 | 1,4 | 15.1012 | – | – |
| 9 | 1,2 | 15.1013 | – | – |
| 12 | 1 | 15.1014 | 3,8 | 22.0060 |
| 15 | 0,8 | 15.1015 | 3,3 | 22.0059 |
| 18 | 0,66 | 15.1016 | 3 | 22.0058 |
| 20 | – | – | 2,7 | 22.0057 |
| 24 | 0,5 | 15.1017 | 2,3 | 22.0056 |
| 48 | 0,25 | 15.1018 | – | – |

### ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ AC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СЕРИЙ DT10/DT55

- Диапазон входных напряжений: 100...240V AC, 50...60 Гц
- Ток утечки: < 250 мкА
- Электрическая прочность изоляции: 3000V AC
- Мощность потребления на холостом ходу: < 1 Вт
- Высокий КПД – до 80%
- Уровень помех на выходе: 120...480 мВ (размах)
- Точность установки выходного напряжения: ±10%
- Возможность работы без нагрузки
- Защита от короткого замыкания и перегрузки по току
- Соответствие международным стандартам безопасности UL1950, TUV, EN60950/IEC60950
- Электромагнитная совместимость: соответствие EN55022 класс B, FCC, CISPR 22
- Устойчивость к воздействию электромагнитных помех: EN61000-4-3, EN61000-4-6
- Рабочий температурный диапазон: от 0 до +40°C (хранение: от -40 до +85°C)
- Наработка на отказ (при +25°C, макс. нагрузка, по MIL-HDBK-217): 200 000 ч
- Длина выходного кабеля с универсальным разъёмом: 2 м, (для DT55 выходной разъём коаксиального типа 2,5x5,5x9,5 мм, центральный контакт - плюс Uвых)
- Вес: 130 и 300 г

***Преобразователи серий DT10/DT55 найдут применение для электропитания офисного оборудования, аппаратуры передачи данных, ноутбуков, TFT дисплеев и измерительных приборов.***

**В заключение хочется отметить, что все разнообразие рассмотренных AC/DC-преобразователей отличается высокой надежностью. Хорошие технические характеристики, большое разнообразие моделей и универсальная система входных и выходных разъёмов позволяют оптимально организовать систему электропитания телекоммуникационной, офисной и медицинской аппаратуры.**

Со всей продукцией компании FRIWO можно ознакомиться на сайте компании www.friwo.de, а с ценами – в табл.7.

**Таблица 7. Стоимость продукции компании FRIWO**

| Серия | Цена в EUR (с НДС) | | |
|---|---|---|---|
| | 1...9 шт. | 10...99 шт. | 100...399 шт. |
| PP3 (3 Вт) | 6,56 | 6,35 | 6,15 |
| PP6 (6 Вт) | 10,72 | 10,38 | 10,05 |
| PP8 (8 Вт) | 11,2 | 10,85 | 10,5 |
| SPA3 (3Вт) | 6 | 5,83 | 5,63 |
| MPP6 | 8,8 | 8,53 | 8,25 |
| MPP15 | 18,88 | 18,29 | 17,7 |
| MPP30 | 28 | 27,13 | 26,25 |
| | 37,71* | 36,53* | 35,36* |
| PP8med | 12,48 | 12,09 | 11,7 |
| MPP15med | 19,92 | 19,3 | 18,67 |
| MPP30med | 29,2 | 28,29 | 27,38 |
| DT10 | 15,28 | 14,8 | 14,33 |
| DT55 | 19,12 | 18,52 | 17,92 |

** –для моделей 15.0543 и 15.0542 серии MPP30.*

# Недорогие DC-DC преобразователи фирмы AIMTEC с выходной мощностью 2 Вт - универсальность конструктивных и электрических параметров

*Сергей Дмитриев, sergey@eltech.spb.ru*

***Настоящая статья является продолжением серии статей о продукции фирмы AIMTEC и посвящена DC-DC преобразователям с выходной мощностью 2 Вт. Практически все преобразователи, предлагаемые фирмой AIMTEC, с выходной мощностью 1...6 Вт, имеют гальваническую развязку вход-выход, изготавливаются по технологии поверхностного монтажа и имеют рабочий диапазон температур -40...+85°С (хранение: -55...+125°С).***

В настоящей статье рассматриваются DC-DC преобразователи с выходной мощностью 2 Вт, предназначенные для установки на печатную плату.

## ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ AIMTEC:

- гальваническая развязка вход-выход
- широкий рабочий температурный диапазон (обычно -40...+85°С) без снижения выходной мощности
- широкий температурный диапазон хранения (-55...+125°С)
- многообразие электрических и конструктивных вариантов исполнения
- стандартные габаритные размеры и расположение выводов

Во многих случаях именно эти особенности позволяют заменять значительно более дорогие DC-DC преобразователи производства европейских и американских фирм продукцией AIMTEC без изменения разводки печатной платы.

## МИНИАТЮРНЫЕ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ФИРМЫ AIMTEC С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 2 ВТ И ОДИНОЧНЫМ ВЫХОДОМ В КОРПУСЕ SIP4

Электрические характеристики миниатюрных преобразователей серий AM2S с электрической прочностью изоляции 1000 и 3000V DC приведены в табл.1. Внешний вид преобразователей приведён на рис. 1.

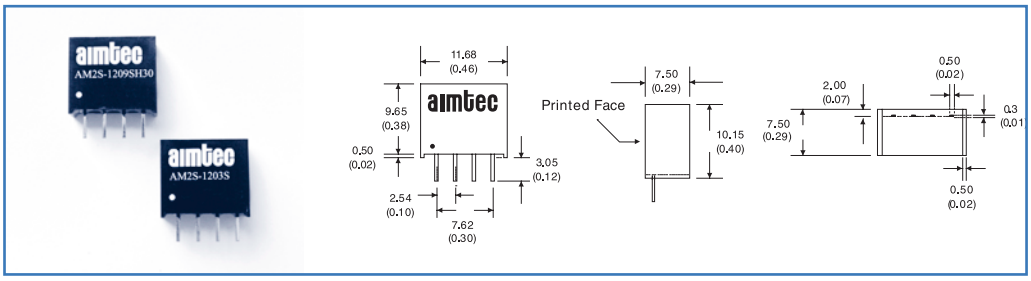



**Рис.1 Внешний вид преобразователей серий AM2S с выходной мощностью 2 Вт**

**Табл. 1** — **Электрические характеристики DC-DC преобразователей с одиночным выходом серии AM2S**

| Uвход [В] | Uвых [В] | Iвых [мА] | Наименование модели. Электрическая прочность изоляции: 1000V DC | 3000V DC |
|---|---|---|---|---|
| | 3.3 | 400 | AM2S-x03S | AM2S-x03SH30 |
| x=05 для Uвх=5В±10% | 5 | 400 | AM2S-x05S | AM2S-x05SH30 |
| x=12 для Uвх=12В±10% | 7.2 | 278 | AM2S-x09S | AM2S-x09SH30 |
| x=24 для Uвх=24В±10% | 9 | 220 | AM2S-x12S | AM2S-x12SH30 |
| | 12 | 167 | AM2S-x12S | AM2S-x12SH30 |
| | 15 | 130 | AM2S-x15S | AM2S-x15SH30 |
| | 18 | 110 | AM2S-x18S | AM2S-x18SH30 |
| | 24 | 83 | AM2S-x24S | AM2S-x245SH30 |

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СЕРИЙ AM2S

- Точность установки выходного напряжения: ±5%
- Изменение выходного напряжения (при изменении Uвх на 1%): < 1,2%
- Изменение выходного напряжения (при изменении нагрузки 20...100%): <±8%
- Температурный коэффициент выходного напряжения: <±0,02%/°C
- Уровень шумов на выходе (в полосе 20 МГц): <150 мВ (размах)
- Электрическая прочность изоляции вход/выход: 1000 или 3000V DC
- Защита от короткого замыкания: кратковременная
- MTBF: > 668 000 ч (при T=+25°C по MIL-HDBK-217F, Ground Benign)
- Рабочий температурный диапазон: -40...+85°C (хранение: -55°C...+125°C)
- Пластмассовый корпус: 11,7x7,5x10,1 мм

***Эти преобразователи самые миниатюрные среди 2 Вт преобразователей AIMTEC, габаритные размеры и расположение выводов соответствуют 1 Вт преобразователям серии TME фирмы TRACOPOWER, 1 Вт преобразователям серии RI фирмы RECOM и др.***

### КОМПАКТНЫЕ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ФИРМЫ AIMTEC С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 2 ВТ С ОДНИМ И ДВУМЯ ВЫХОДАМИ В КОРПУСЕ SIP7

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СЕРИЙ AM2D

- Точность установки выходного напряжения: ±5%
- Изменение выходного напряжения (при изменении Uвх на 1%): <1,2%
- Изменение выходного напряжения (при изменении нагрузки 20...100%): <±8%
- Разбаланс выходных напряжений (для моделей с двумя выходами): <1%
- Температурный коэффициент выходного напряжения: <±0,02%/°C
- Уровень шумов на выходе (в полосе 20 МГц): <75 мВ (размах)
- Электрическая прочность изоляции вход/выход: 1000, 3000, 4000 или 5200V DC
- Защита от короткого замыкания: кратковременная
- MTBF: > 688 000 ч (при T=+25°C по MIL-HDBK-217F, Ground Benign)
- Рабочий температурный диапазон: -40...+85°C (хранение: -55°C...+125°C)
- Пластмассовый корпус: 19,5x6x10,1мм

Электрические характеристики компактных преобразователей серий AM2D с одиночным выходом и электрической прочностью изоляции 1000, 3000, 4000, 5200V DC приведены в табл.2., а их внешний вид на рис.2

Электрические характеристики компактных преобразователей серий AM2D с двумя выходами со средней точкой и электрической прочностью изоляции 1000, 3000, 4000, 5200V DC приведены в табл.3, а их внешний вид на рис.2.

Электрические характеристики компактных преобразователей серий AM2D с двумя гальванически изолированными выходами и электрической прочностью изоляции 1000V DC приведены в табл.4, а их внешний вид на рис.2.

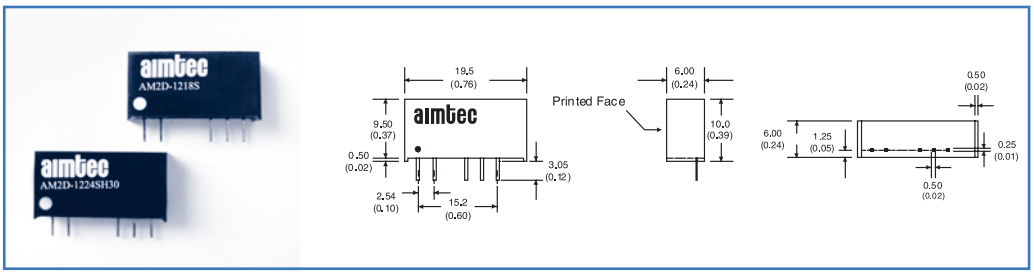



**Рис.2 Внешний вид преобразователей серий AM2D с выходной мощностью 2 Вт**

*Эти преобразователи имеют габаритные размеры и расположение выводов, соответствующие преобразователям серии TMH фирмы TRACOPOWER, преобразователям серий REZ, RKZ, RVZ фирмы RECOM и др., предлагая, в то же время, варианты, непроизводимые этими фирмами, например, конструктивный аналог серии TMH с электрической прочностью изоляции 3000V DC!*

**Табл. 2** Электрические характеристики DC-DC преобразователей с одиночным выходом серии AM2D

| Uвход [В] | Uвых [В] | Iвых [мА] | Наименование модели | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Электрическая прочность изоляции | | | |
| | | | 1000V DC | 3000V DC | 4000V DC | 5200V DC |
| x=05 для Uвх=5В±10%<br>x=12 для Uвх=12В±10%<br>x=24 для Uвх=24В±10% | 3.3 | 400 | AM2D-x03S | AM2D-x03SH30 | AM2D-x03SH40 | AM2D-x03SH52 |
| | 5 | 400 | AM2D-x05S | AM2D-x05SH30 | AM2D-x05SH40 | AM2D-x05SH52 |
| | 7.2 | 278 | AM2D-x07S | AM2D-x07SH30 | AM2D-x07SH40 | AM2D-x07SH52 |
| | 9 | 220 | AM2D-x09S | AM2D-x09SH30 | AM2D-x09SH40 | AM2D-x09SH52 |
| | 12 | 167 | AM2D-x12S | AM2D-x12SH30 | AM2D-x12SH40 | AM2D-x12SH52 |
| | 15 | 130 | AM2D-x15S | AM2D-x15SH30 | AM2D-x15SH40 | AM2D-x15SH52 |
| | 18 | 110 | AM2D-x18S | AM2D-x18SH30 | AM2D-x18SH40 | AM2D-x18SH52 |
| | 24 | 83 | AM2D-x24S | AM2D-x24SH30 | AM2D-x24SH40 | AM2D-x24SH52 |

**Табл. 3** Электрические характеристики DC-DC преобразователей с двумя выходами со средней точкой серии AM2D

| Uвход [В] | Uвых [В] | Iвых [мА] | Наименование модели | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Электрическая прочность изоляции | | | |
| | | | 1000V DC | 3000V DC | 4000V DC | 5200V DC |
| x=05 для Uвх=5В±10%<br>x=12 для Uвх=12В±10%<br>x=24 для Uвх=24В±10% | ±3.3 | ±200 | AM2D-x03D | AM2D-x03DH30 | AM2D-x03DH40 | AM2D-x03DH52 |
| | ±5 | ±200 | AM2D-x05D | AM2D-x05DH30 | AM2D-x05DH40 | AM2D-x05DH52 |
| | ±7.2 | ±139 | AM2D-x07D | AM2D-x07DH30 | AM2D-x07DH40 | AM2D-x07DH52 |
| | ±9 | ±110 | AM2D-x09D | AM2D-x09DH30 | AM2D-x09DH40 | AM2D-x09DH52 |
| | ±12 | ±83 | AM2D-x12D | AM2D-x12DH30 | AM2D-x12DH40 | AM2D-x12DH52 |
| | ±15 | ±67 | AM2D-x15D | AM2D-x15DH30 | AM2D-x15DH40 | AM2D-x15DH52 |
| | ±18 | ±54 | AM2D-x18D | AM2D-x18DH30 | AM2D-x18DH40 | AM2D-x18DH52 |
| | ±24 | ±42 | AM2D-x24D | AM2D-x24DH30 | AM2D-x24DH40 | AM2D-x24DH52 |

**Табл. 4** Электрические характеристики DC-DC преобразователей с двумя гальванически развязанными выходами серии AM2D

| Uвход [В] | Uвых [В] | Iвых [мА] | Наименование модели |
|---|---|---|---|
| | | | Электрическая прочность изоляции 1000V DC |
| x=05 для Uвх=5В±10%<br>x=12 для Uвх=12В±10%<br>x=24 для Uвх=24В±10% | 3.3; 3.3 | 200; 200 | AM2D-x0303S |
| | 5; 5 | 200; 200 | AM2D-x0505D |
| | 7.2; 7.2 | 139; 139 | AM2D-x0707D |
| | 9; 9 | 110; 110 | AM2D-x0909D |
| | 12; 12 | 83; 83 | AM2D-x1212D |
| | 15; 15 | 67; 67 | AM2D-x1515D |
| | 18; 18 | 54; 54 | AM2D-x1818D |
| | 24; 24 | 42; 42 | AM2D-x2424D |

## DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ФИРМЫ AIMTEC С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 2 ВТ И ОДИНОЧНЫМ СТАБИЛИЗИРОВАННЫМ ВЫХОДОМ

И, наконец, последние представители семейства DC-DC преобразователей с выходной мощностью 2 Вт – это преобразователи со стабилизированным выходным напряжением в корпусе SIP12.

Технические характеристики преобразователей со стабилизированным выходным напряжением серии AM2F, с гальванической развязкой 1000, 3000 и 5200V DC, приведены в табл.5, а их внешний вид на рис.3.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СЕРИЙ AM2F

- Точность установки выходного напряжения: ±2%
- Изменение выходного напряжения (при изменении Uвх на ±10%): <±0,5%
- Изменение выходного напряжения (при изменении нагрузки 20...100%): <±0,5%
- Температурный коэффициент выходного напряжения: <±0,02%/°C
- Уровень шумов на выходе (в полосе 20 МГц): < 75 мВ (размах)
- Электрическая прочность изоляции вход/выход: 1000, 3000 или 5200V DC
- Защита от короткого замыкания: продолжительная (автоматическое восстановление)
- MTBF: > 1 000 000 ч (при T=+25°C по MIL-HDBK-217F, Ground Benign)
- Рабочий температурный диапазон: -25...+71°C (хранение: -40°C...+125°C)
- Пластмассовый корпус: 31,8x8,6x13,5 мм (SIP 12)

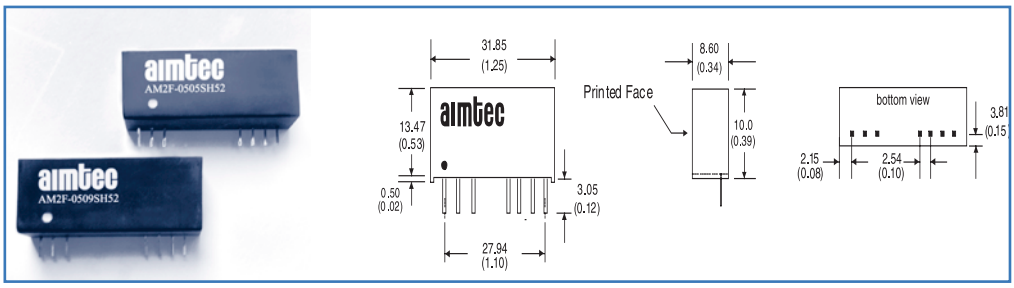



**Рис.3 Внешний вид преобразователей серий AM2F с выходной мощностью 2 Вт**

**Табл. 5** **Электрические характеристики DC-DC преобразователей с одиночным стабилизированным выходом серии AM2F (корпус SIP12)**

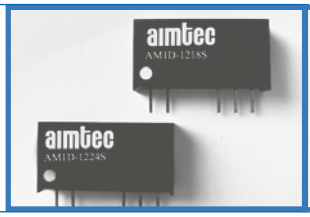
| Uвход [В] | Uвых [В] | Iвых [мА] | Наименование модели | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Электрическая прочность изоляции | | |
| | | | 1000V DC | 3000V DC | 4000V DC |
| x=05 для Uвх=5В±10%<br>x=12 для Uвх=12В±10%<br>x=24 для Uвх=24В±10% | 3.3 | 600 | AM2F-x03S | AM2F-x03SH30 | AM2F-x03SH52 |
| | 5 | 400 | AM2F-x05S | AM2F-x05SH30 | AM2F-x05SH52 |
| | 7.2 | 278 | AM2F-x07S | AM2F-x07SH30 | AM2F-x07SH52 |
| | 9 | 220 | AM2F-x09S | AM2F-x09SH30 | AM2F-x09SH52 |
| | 12 | 167 | AM2F-x12S | AM2F-x12SH30 | AM2F-x12SH52 |
| | 15 | 134 | AM2F-x15S | AM2F-x15SH30 | AM2F-x15SH52 |
| | 18 | 111 | AM2F-x18S | AM2F-x18SH30 | AM2F-x18SH52 |
| | 24 | 83 | AM2F-x24S | AM2F-x24SH30 | AM2F-x24SH52 |

***Всё вышеперечисленное позволяет надеяться, что DC-DC преобразователи фирмы AIMTEC найдут широкое применение в разработках наших заказчиков, ориентированных на системы промышленной автоматики, требующие применения качественных компонентов по конкурентоспособным ценам.***

С подробными техническими характеристиками DC-DC преобразователей можно ознакомиться на сайте компании www.aimtec.ca, а с ценами – на следующей странице.

В следующей статье будут рассмотрены технические характеристики DC-DC преобразователей фирмы AIMTEC с выходной мощностью 3...6 Вт.

# Недорогие DC-DC преобразователи с выходной мощностью 1 и 2 Вт производства Aimtec



| Наименование | Характеристики | Цены, $ (с НДС) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | <10 шт. | <100 шт. | >100 шт. |
| AM1S-05XXS | DC-DC, 1Вт, вход 4.5…5.5В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В изоляция 1000В DC, SIP4(11.7x6x10.2мм), -40...+85°C | 3,30 | 3,14 | 2,97 |
| AM1S-0524S | DC-DC, 1Вт, вход 4.5…5.5В, выход 24В/42мА, изоляция 1000В DC, SIP4(11.7x6x10.2мм), -40…+85°C | 4,08 | 3,88 | 3,67 |
| AM1S-12XXS | DC-DC, 1Вт, вход 10.8…13.2В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15;18;24В, изоляция 1000В DC, SIP4(11.7x6x10.2мм),-40…+85°C | 3,30 | 3,14 | 2,97 |
| AM1S-24XXS | DC-DC, 1Вт, вход 21.6…26.4В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18; 24В, изоляция 1000В DC, SIP4(11.7x6x10.2мм), -40…+85°C | 4,08 | 3,88 | 3,67 |
| AM1S-2424S | DC-DC, 1Вт, вход 21.6…26.4В, выход 24В/42мА, изоляция 1000В DC, SIP4(11.7x6x10.2мм), -40…+85°C | 4,72 | 4,48 | 4,25 |
| AM1D-05XXS | DC-DC, 1Вт, вход 4.5…5.5В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 3,48 | 3,31 | 3,13 |
| AM1D-0524S | DC-DC, 1Вт, вход 4.5…5.5В, выход 24В/42мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM1D-12XXS | DC-DC, 1Вт, вход 10.8…13.2В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 3,74 | 3,55 | 3,37 |
| AM1D-1224S | DC-DC, 1Вт, вход 10.8…13.2В, выход 24В/42мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM1D-15XXS | DC-DC, 1Вт, вход 13.5…16.5В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 3,74 | 3,55 | 3,37 |
| AM1D-1524S | DC-DC, 1Вт, вход 13.5…16.5В, выход 24В/42мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM1D-24XXS | DC-DC, 1Вт, вход 21.6…26.4В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM1D-2424S | DC-DC, 1Вт, вход 21.6…26.4В, выход 24В/42мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,98 | 4,73 | 4,48 |
| AM1D-05XXSH30 | DC-DC, 1Вт, вход 4.5…5.5В, выход 3.3; 5; 7; 9; 12; 15; 18В изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,02 | 4,77 | 4,52 |
| AM1D-0524SH30 | DC-DC, 1Вт, вход 4.5…5.5В, выход 24В/42мА, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,72 | 5,43 | 5,15 |
| AM1D-12XXSH30 | DC-DC, 1Вт, вход 10.8…13.2В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,02 | 4,77 | 4,52 |
| AM1D-1224SH30 | DC-DC, 1Вт, вход 10.8…13.2В, выход 24В/42мА, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,72 | 5,43 | 5,15 |
| AM1D-15XXSH30 | DC-DC, 1Вт, вход 13.5…16.5В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,02 | 4,77 | 4,52 |
| AM1D-1524SH30 | DC-DC, 1Вт, вход 13.5…16.5В, выход 24В/42мА, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,72 | 5,43 | 5,15 |
| AM1D-24XXSH30 | DC-DC, 1Вт, вход 21.6…26.4В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,72 | 5,43 | 5,15 |
| AM1D-2424SH30 | DC-DC, 1Вт, вход 21.6…26.4В, выход 24В/42мА, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 6,34 | 6,02 | 5,71 |
| AM1D-05XXD | DC-DC, 1Вт, вход 4.5…5.5В, выход ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 3,48 | 3,31 | 3,13 |
| AM1D-0524D | DC-DC, 1Вт, вход 4.5…5.5В, выход ±24В/±21мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM1D-12XX3D | DC-DC, 1Вт, вход 10.8…13.2В, выход ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 3,74 | 3,55 | 3,37 |
| AM1D-1224D | DC-DC, 1Вт, вход 10.8…13.2В, выход ±24В/±21мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM1D-15XXD | DC-DC, 1Вт, вход 13.5…16.5В, выход ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 3,74 | 3,55 | 3,37 |
| AM1D-1524D | DC-DC, 1Вт, вход 13.5…16.5В, выход ±24В/±21мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM1D-24XXD | DC-DC, 1Вт, вход 21.6…26.4В, выход ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM1D-2424D | DC-DC, 1Вт, вход 21.6…26.4В, выход ±24В/±21мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,98 | 4,73 | 4,48 |
| AM1D-05XXDH30 | DC-DC, 1Вт, вход 4.5…5.5В, выход ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,02 | 4,77 | 4,52 |
| AM1D-0524DH30 | DC-DC, 1Вт, вход 4.5…5.5В, выход ±24В/±21мА, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,72 | 5,43 | 5,15 |
| AM1D-12XXDH30 | DC-DC, 1Вт, вход 10.8…13.2В, выход ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,02 | 4,77 | 4,52 |
| AM1D-1224DH30 | DC-DC, 1Вт, вход 10.8…13.2В, выход ±24В/±21мА, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,72 | 5,43 | 5,15 |
| AM1D-15XXDH30 | DC-DC, 1Вт, вход 13.5…16.5В, выход ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,02 | 4,77 | 4,52 |
| AM1D-1524DH30 | DC-DC, 1Вт, вход 13.5…16.5В, выход ±24В/±21мА, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,72 | 5,43 | 5,15 |
| AM1D-24XXDH30 | DC-DC, 1Вт, вход 21.6…26.4В, выход ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,72 | 5,43 | 5,15 |
| AM1D-2424DH30 | DC-DC, 1Вт, вход 21.6…26.4В, выход ±24В/±21мА, изоляция 3000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 6,34 | 6,02 | 5,71 |
| AM2D-05XXS | DC-DC, 2Вт, вход 4.5…5.5В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM2D-0524S | DC-DC, 2Вт, вход 4.5…5.5В, выход 24В/84мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,28 | 5,02 | 4,75 |
| AM2D-12XXS | DC-DC, 2Вт, вход 10.8…13.2В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM2D-1224S | DC-DC, 2Вт, вход 10.8…13.2В, выход 24В/84мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,28 | 5,02 | 4,75 |
| AM2D-24XXS | DC-DC, 2Вт, вход 21.6…26.4В, выход 3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,28 | 5,02 | 4,75 |
| AM2D-2424S | DC-DC, 2Вт, вход 21.6…26.4В, выход 24В/84мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,88 | 5,59 | 5,29 |
| AM2D-05XXD | DC-DC, 2Вт, вход 4.5…5.5В, выходы ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM2D-0524D | DC-DC, 2Вт, вход 4.5…5.5В, выходы ±24В/±42мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,28 | 5,02 | 4,75 |
| AM2D-12XXD | DC-DC, 2Вт, вход 10.8…13.2В, выходы ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 4,40 | 4,18 | 3,96 |
| AM2D-1224D | DC-DC, 2Вт, вход 10.8…13.2В, выходы ±24В/±42мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,28 | 5,02 | 4,75 |
| AM2D-24XXD | DC-DC, 2Вт, вход 21.6…26.4В, выходы ±3.3; 5; 7.2; 9; 12; 15; 18В, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,28 | 5,02 | 4,75 |
| AM2D-2424D | DC-DC, 2Вт, вход 21.6…26.4В, выходы ±24В/±42мА, изоляция 1000В DC, SIP7(19.5x6x9.5мм), -40…+85°C | 5,88 | 5,59 | 5,29 |

# МИР ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

ВЫПУСК №1, 2004

**Главный редактор**

Андрей Борисович Перегуд
Генеральный директор компании “Элтех”

**Над материалами номера работали:**

Сергей Владимирович Дмитриев
руководитель отдела технической поддержки, sergey@eltech.spb.ru

Андрей Викторович Древлянский
заместитель директора по маркетингу и рекламе, andrey.dr@eltech.spb.ru

Олег Владимирович Романов
технический специалист, oleg.rom@eltech.spb.ru

Геннадий Валерьевич Горюнов
технический специалист, gennady.gr@eltech.spb.ru

Илья Павлович Зайцев
технический специалист, ilya.zc@eltech.spb.ru

Вера Генриховна Малиновская
менеджер по маркетингу и рекламе, vera.malinovskaya@eltech.spb.ru

**дизайн и пре-пресс**

Андрей Степанов

## ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА КОМПАНИИ “ЭЛТЕХ”

**Санкт-Петербург**
ул. Победы, д. 11
тел. (812) 327 9090
факс (812) 373 9890
e-mail: info@eltech.spb.ru

**Москва**
Н.Сыромятническая ул., д. 5/7
тел. (095) 916 0832, 916 7536, 916 7537
факс (095) 916 7523
e-mail: info@eltech.msk.ru

**Екатеринбург**
ул. Радищева, д. 4
тел./факс (3432) 777 094, 577 037
e-mail: info@eltech.ur.ru

**Ростов-на-Дону**
Соборный переулок, д. 94
тел. (8632) 203 071, 203 072
тел./факс (8632) 439 334
e-mail: info@eltech.rost.ru

**Новосибирск**
ул. Коммунистическая, д. 35
тел. (3832) 125 874, 125 875
факс (3832) 234 737
e-mail: info@eltech.nsk.ru

**Ижевск**
ул. 10 лет Октября, д. 53
тел. (3412) 600 660
факс (3412) 600 661
e-mail: info@eltech.udm.ru

**www.eltech.spb.ru**