



В номере:

- Сигма-дельта АЦП для высоконадежных систем управления
- Фликкер-шум в измерительных системах и методы его уменьшения
- Беспроводные сенсорные сети для сельского хозяйства и защиты окружающей среды
- Стандарт MIL-STD-1275E для военных наземных транспортных средств
- Суперконденсаторы
- Цифровые осциллографы Rohde&Schwarz RTB2000
- **802.11ax – новая версия стандарта высокоскоростной системы связи Wi-Fi**
- 32-разрядный АЦП последовательных приближений



КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

Полный цикл контрактного производства электроники:

- проектирование и изготовление печатных плат
- поставка комплектующих элементов
- автоматизированная сборка (до 1 500 000 SMD-компонентов в сутки)
- монтаж печатных плат любой сложности при серийном и мелкосерийном производстве
- контроль качества на каждом этапе выполнения работ

Система менеджмента качества фирмы сертифицирована на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO/TS 16949:2009 и ISO 13485:2003.

Монтаж производится в соответствии с требованиями IPC-A-610F.

Автоматизированная пайка выводных компонентов выполняется на установке селективной пайки PowerSelective производства компании SEHO. Пайка выполняется мини-волной в азотной среде.

Скорость пайки 1...5 секунд на точку. Скорость пайки разъемов 3 мм за секунду.

Работы выполняются на оборудовании фирм Samsung, HANWHA Techwin, ESSEMTEC, TWS, PACE, SEHO, Phoenix Digital Tech с применением расходных материалов фирм AIM и Electrolube.

**ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ
И СИСТЕМЫ**2017 апрель-июнь
№ 2 (218)МАССОВЫЙ
НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**Учредитель и издатель:**
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
ФИРМА VD MA/ISЗарегистрирован
Министерством информации
Украины 24.07.96 г.
Свидетельство о регистрации:
серия КВ, № 2081Б
Издается с марта 1996 г.**Директор фирмы VD MA/IS:**
В.А. Давиденко**Главный редактор:**
В.А. Романов**Редакционная коллегия:**
В.А. Давиденко
В.В. Макаренко
В.Р. Охрименко
Д-р Илья Брондз,
факультет биологии
Университета г. Осло, Норвегия**Адрес редакции:**Украина, Киев,
ул. М. Донца, 6**Тел.:** (0-44) 220-0101, 492-8852**Факс:** (0-44) 220-0202**E-mail:** ekis@vdmajs.ua**Интернет:** www.vdmajs.ua
www.ekis.kiev.ua**Адрес для переписки:**Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6
Подписано к печати 30.03.2017**В ПОМОЩЬ РАЗРАБОТЧИКУ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**

М. Марино

Сигма-дельта АЦП для высоконадежных систем управления3

Г. Кастро

**Фликкер-шум в измерительных системах и методы
его уменьшения6**

Р. Кайли

Как уменьшить уровень (1/f)-шума9**СЕНСОРЫ И ДАТЧИКИ**

В. Романов, И. Галелюка

**Беспроводные сенсорные сети для сельского хозяйства
и защиты окружающей среды 13****КОМПОНЕНТЫ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

В. Котигорожко

**Стандарт MIL-STD-1275E для военных наземных
транспортных средств20****ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ**

В. Котигорожко

**Комбинированные устройства защиты компании
Littelfuse: PolyZen и 2Pro23**

В. Раздобудько

Суперконденсаторы30**ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

В. Макаренко

Цифровые осциллографы Rohde&Schwarz RTB2000.....33**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И СВЯЗЬ**

В. Макаренко

**802.11ax – новая версия стандарта высокоскоростной
системы связи Wi-Fi42****НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ**

В. Макаренко

**32-разрядный АЦП последовательных приближений
с настраиваемым цифровым фильтром53****КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

В. Макаренко

**Новые 3-осевые акселерометры ADXL35xx с возможностью
выбора диапазонов измерения60****Паяльная паста M8 компании AIM для производства
сложных плат с высокой плотностью монтажа63****Необычное решение для подводных светодиодных
светильников от Electrolube64**Перепечатка опубликованных в журнале
материалов допускается с разрешения редакции.
За рекламную информацию ответственность несет
рекламодатель.

ASK THE APPLICATIONS ENGINEER

M. Marino
Understanding and Extending Safety Operation in a Sigma-Delta ADC3
 G. Castro
This Noise Will Keep You Up at Night6
 R. Kiely
Understanding and Eliminating 1/f Noise9

SENSORS

V. Romanov, I. Galelyuka
Wireless sensor networks for agriculture and environmental protection 13

DUAL-USE COMPONENTS

V. Kotigorożko
MIL-STD-1275E for military ground vehicle platforms20

ELECTRONIC COMPONENTS

V. Kotigorożko
Protect devices: PolyZen and 2Pro23
 V. Razdobudko
Gold capacitors30

MEASURING INSTRUMENTS

V. Makarenko
Digital oscilloscopes from Rohde&Schwarz RTB200033

TELECOMMUNICATION

V. Makarenko
802.11ax – a new version standart of the high-speed Wi-Fi communication system42

NEW COMPONENTS

V. Makarenko
32-Bit Over-Sampling ADC with Configurable Digital Filter53

BRIEF REPORTS

V. Makarenko
New 3-axis accelerometers ADXL35xx with a choice of measurement ranges60
Solder paste M8 is the company's AIM for the production of complex circuit boards for high density mounting63
Electrolube Solves Unusual Underwater LED Application64



ELECTRONIC COMPONENTS AND SYSTEMS

April-June 2017
 No. 2(218)

Monthly Scientific and Technical Journal

Founder and Publisher:
 Scientific-Production Firm
VD MAIS

Director
 V.A. Davidenko

Head Editor
 V.A. Romanov

Editorial Board
 V.A. Davidenko
 V.V. Makarenko
 V.R. Okhrimenko
 Dr. Iliia Brondz,
 Department of Biology,
 University of Oslo,
 Norway

Address:
 M. Dontsia Str., 6,
 03061 Kyiv, Ukraine
Tel.:
 (380-44) 220-0101,
 492-8852 (multichannel)
Fax:
 (380-44) 220-0202
E-mail:
 ekis@vdmajs.ua
Web address:
 www.vdmajs.ua
 www.ekis.kiev.ua
 Printed in Ukraine

Reproduction of text and illustrations is not allowed without written permission.

СИГМА-ДЕЛЬТА АЦП ДЛЯ ВЫСОКОНАДЕЖНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ *

UNDERSTANDING AND EXTENDING SAFETY OPERATION IN A SIGMA-DELTA ADC

В статье рассмотрены особенности применения сигма-дельта АЦП AD7770 в высоконадежных системах управления.

М. Марино

Abstract - This article explores the sigma-delta ADC AD7770, designed to provide an advanced set of features that simplifies the design of safety systems.

M. Marino

Системы, которые в случае различных отказов могут угрожать жизни человека, должны проектироваться таким образом, чтобы вероятность отказа была сведена к минимуму. В промышленности требования к проектированию надежных систем называются требованиями обеспечения функциональной безопасности (functional safety). Основная идея такого проектирования состоит в том, чтобы система была приведена в безопасное состояние сразу же после обнаружения сбоев или отказов в ее работе. Если это касается системы управления, то ее необходимо в случае обнаружения отказов, прежде всего, отключить от объекта управления или регулирования.

Проектирование систем с минимальной степенью опасности должно соответствовать следующим международным стандартам: IEC-61508 (распространяется на промышленные системы различного назначения), ISO-26262 (распространяется на автомобильные системы управления), IEC-61131-6 (распространяется на программируемые контроллеры). Согласно этим стандартам при проектировании систем с высокой степенью безопасности необходимо проанализировать все источники возможных отказов, включая отдельные узлы таких систем. Система, отвечающая требованиям безопасности, должна быть спроектирована так, чтобы при обнаружении отказов в ее работе ответная реакция должна быть настолько быстрой, чтобы не возникла опасная ситуация. Время реакции такой системы должно соответствовать диаграмме, приведенной на рис. 1. Проектирование подобных систем следует начинать с анализа опасных ситуаций, которые могут возникнуть при эксплуатации системы. Рассмотр-

им это на примере системы, управляющей топливным баком, рис. 2.

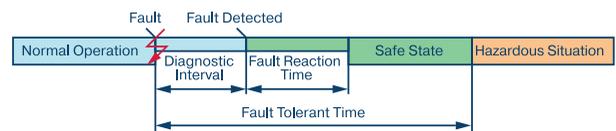


Рис. 1. Диаграмма реакции системы на отказ, отвечающая требованиям функциональной безопасности

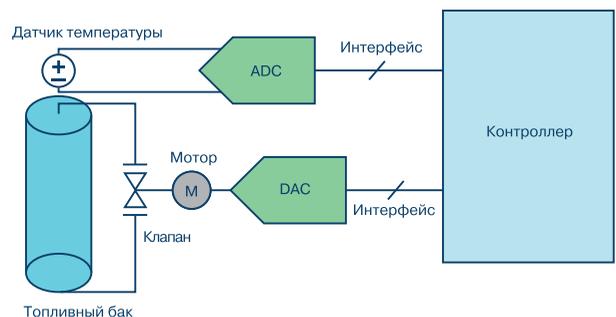


Рис. 2. Разомкнутая система управления клапаном топливного бака

К ситуациям, которые могут привести к катастрофическим последствиям, можно отнести следующие:

- большая погрешность измерения температуры топлива в баке, что приводит к неправильной работе клапана, регулирующего диаметр отверстия топливного бака
- неправильно работает ЦАП, который управляет положением клапана.

Определив опасные ситуации, необходимо оце-

* Marino M. *Understanding and Extending Safety Operation in a Sigma-Delta ADC. Analog Dialogue*, 51-02, February, 2017. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

нить степень риска, которая пропорциональна вероятности появления одной из опасных ситуаций, умноженной на величину возможного ущерба. Если степень риска, вызванного опасной ситуацией, определена, можно переходить к разработке системы с защитой от аварийных ситуаций. Согласно стандарту IEC-61508 определены четыре интегральных уровня безопасности (safety integrity levels – SIL), которым соответствует уровень снижения риска, обеспечиваемый функциями поддержки безопасности системы. Кроме того, различают две группы надежности (безотказности) систем: первая определяется вероятностью появления отказа, например, при срабатывании системы защит (подушки безопасности и т.п.), вторая характеризуется вероятностью безотказной работы, выраженной в часах. В табл. 1 приведены показатели уровней риска для каждой группы.

Уровни риска SIL ориентированы на требования минимизации риска от возникновения необнаруженных отказов, которые приводят к непредсказуемым ситуациям. Вероятность необнаруженных отказов может быть уменьшена соответствующей диагностикой. Если в системе диагностируется 99% отказов, это соответствует уровню SIL 3; 90% – уровню SIL 2 и 60% – уровню SIL 1. Самый простой путь обеспечения уровней SIL 2 и SIL 3 состоит в использовании компонентов с соответствующими уровнями надежности. Однако выбор компонентов с требуемой надежностью не всегда возможен. Другой путь состоит в применении диагностики. Однако этот путь приводит к увеличению потребления, сложности и стоимости системы в целом. Особое внимание следует обратить на диагностику каналов передачи данных в распределенных системах, для которых на сегодняшний день разработано достаточное количество корректирующих кодов. Поведение таких систем подробно проанализировано в соответствующей литературе по проектиро-

ванию надежных систем. Основные результаты такого анализа приведены в оригинальном тексте статьи.

Далее рассмотрим основные источники отказов сигма-дельта АЦП и особенности их устранения. Основными источниками отказов сигма-дельта АЦП являются следующие:

- отказ опорного источника
- отказ PGA-усилителя или входного буфера
- отказ ядра АЦП
- отказ внутреннего источника питания
- отказ внешнего источника питания.

Кроме того, возможны различные механические отказы в интегральных микросхемах, такие как короткие замыкания и обрывы, отказы в кристалле, например, появление больших и сверхбольших токов утечки и т.п. Учитывая это, компания Analog Devices при разработке сигма-дельта АЦП AD7770, AD7768 и AD7764 использовала специальные встроенные средства диагностики отказов как аналоговых, так и цифровых узлов. К ним относятся следующие:

- циклические избыточные коды для проверки работоспособности регистров и интерфейсов
- детектор повышенного/пониженного напряжения питания
- детектор напряжений LDO-стабилизатора и источника опорного напряжения
- внутренний источник напряжения для тестирования PGA-усилителя
- детектор контроля генератора тактовых импульсов
- источник опорного напряжения для тестирования аналоговых узлов.

Кроме того, в составе АЦП AD7770, рис. 3, имеется 12-разрядный АЦП поразрядного уравнивания, который выполняет следующие функции:

- используется в условиях электромагнитных полей для проверки устойчивости работы ядра сиг-

Таблица 1. Уровни риска для надежных систем разного назначения

Вероятность появления отказа	Вероятность отказа в часах	Стандарты		
		IEC-61508, SIL-уровни	Автомобильная электроника	Авионика
0.1 – 0.01	$10^{-5} – 10^{-6}$	1	A	D
0.01 – 0.001	$10^{-6} – 10^{-7}$	2	B	C
0.001 – 0.0001	$10^{-7} – 10^{-8}$	3	C/D	B
0.0001-0.00001	$10^{-8} – 10^{-9}$	4		A

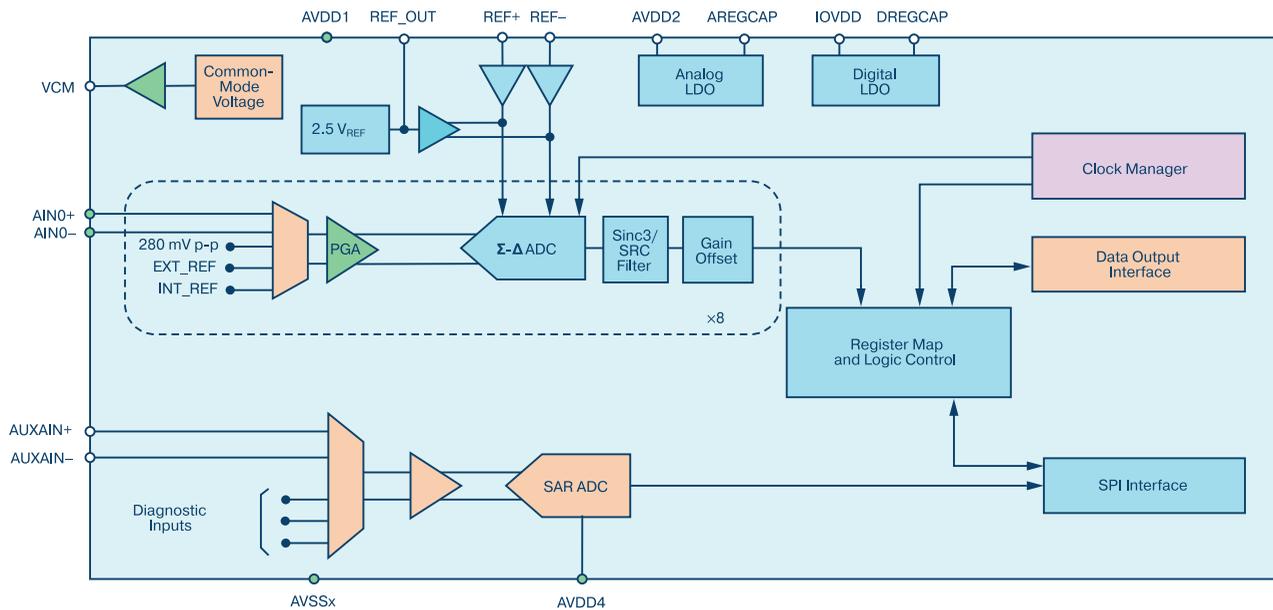


Рис. 3. Структурная схема сигма-дельта АЦП AD7770 с встроенными средствами диагностики

ма-дельта АЦП

- питается от дополнительных выводов внешнего источника питания, что позволяет диагностировать отказы по питанию
- используется параллельно с основным АЦП для проверки работоспособности каналов основного АЦП
- измеряет параметры внешних и внутренних опорных источников и источников питания.

ВЫВОДЫ

Как показано в публикации, обеспечить требу-

емую надежность элементной базы для современных систем управления, применяемых в автомобильном транспорте, авиации и другом оборудовании, отказы которых могут привести к катастрофическим последствиям, практически невозможно. Одним из путей преодоления этого недостатка является встраивание диагностических узлов в современные ИМС, что позволяет уменьшить вероятность отказов и тем самым обеспечить требуемую надежность как ИМС, так и системы в целом. Примером реализации такого подхода являются сигма-дельта АЦП компании Analog Devices типа AD7770, AD7768, AD7764.

VD MAIS

Измерительные приборы

- Осциллографы • Генераторы
- Логические анализаторы
- Анализаторы спектра
- Измерители параметров видеосигналов
- Источники питания • Частотомеры
- Мультиметры • Тепловизоры
- Виброметры

Дистрибуция и прямые поставки:
Tektronix, Fluke, Keithley, Rohde@Schwarz, Hameg, Uni-Trend

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6
 тел.: (0-44) 220-0101, 492-8852, факс: (0-44) 220-0202
 e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua

VD MAIS

Электромеханические компоненты и компоненты систем автоматизации

- Низковольтная коммутационная аппаратура
- Программируемые промышленные контроллеры и компьютеры, ПО
- Шкафы • Крейты • Соединители • Корпуса
- Вентиляторы • Инструмент • Кабельная продукция • СКС • Системы маркировки

Дистрибуция и прямые поставки:
Acme-Portable, AMP Netconnect, Belden, Bopla, Eaton, EBM-Papst, HARTING, Hoffman, Kroy, Lapp Group, Molex, Phoenix Contact, Rittal, Schroff, Siemens, TE Connectivity, TKD, Wago

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6
 тел.: (0-44) 220-0101, 492-8852, факс: (0-44) 220-0202
 e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua

ФЛИККЕР-ШУМ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ И МЕТОДЫ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ *



THIS NOISE WILL KEEP YOU UP AT NIGHT

Г. Кастро

G. Castro

Фликкер-шум или $(1/f)$ -шум - это шум, у которого спектральная плотность мощности обратно пропорциональна частоте. Типовая спектральная диаграмма фликкер-шума приведена на рис. 1. Причины появления этого шума до сих пор неизвестны и являются предметом множества дискуссионных статей. В рамках настоящей публикации нас будет интересовать вопрос, как уменьшить влияние этого шума при измерении сигналов низкого уровня. Самой высокочувствительной ИМС АЦП на сегодняшний день является микросхема AD7177-2. Уровень входного шума по напряжению этого АЦП составляет 200 нВ от пика к пику при частоте выборки 5 Гц. Как правило, целесообразно на входе этого АЦП включить маломушмящий усилитель с малой угловой частотой фликкер-шума. Если пользоваться технической документацией (data sheet), то следует использовать данные о величине входного шума усилителя в полосе 0.1-10 Гц, что эквивалентно интервалу между регистрацией измерений 10 секунд в полосе 10 Гц. Одним из примеров использования маломушмящих усилителей является регистрация гравитационных волн с помощью микросхемы AD797. Шум этого усилителя составляет 50 нВ от пика к пику (8 нВ, с.к.з.) в частотном диапазоне от 0.1 до 10 Гц. Самый маломушмящий измерительный усилитель на сегодняшний день – это микросхема AD842 с фликкер-шумом от пика к пику 40 нВ (7 нВ, с.к.з.). В связи с тем, что этот усилитель выполнен по биполярной технологии он имеет значительный входной шумовой ток. Поэтому выбор резисторов в прямой и обратной цепи для задания нужного коэффициента усиления ограничен по величине. Кроме того, резисторы сами являются источниками дополнительных шумов. Отметим, что наименьшими шумами обладают фольговые и проволочные резисторы.

Одним из способов уменьшения фликкер-шума является сдвиг полезного сигнала в область высоких частот. Это достигается применением модуляции-демодуляции входного сигнала с последующей фильтрацией. С этой целью используют zero-drift операционные усилители, например, семейства ADA4528. Их шум в полосе 0.1 – 10 Гц составляет 100 нВ от пика к пику (16 нВ, с.к.з.). Кроме того, можно использовать несколько параллельно включенных усилителей на входе АЦП с последующим усреднением сигналов на выходе этих усилителей. Как следует из приведенных выше параметров, нижний порог сигнала низкого уровня, который можно зарегистрировать, составляет на сегодня для современных микросхем усилителей и АЦП не менее 10 нВ. За счет параллельного включения усилителей с последующим усреднением выходного сигнала этот порог удастся снизить до 1 нВ. Для более слабых сигналов необходимы специальные технические решения.

Таким образом, для современных микросхем до сих пор существует порог чувствительности, равный 10 нВ (это утверждение справедливо для низкочастотных сигналов). Преодолеть его можно созданием специальных измерительных средств.

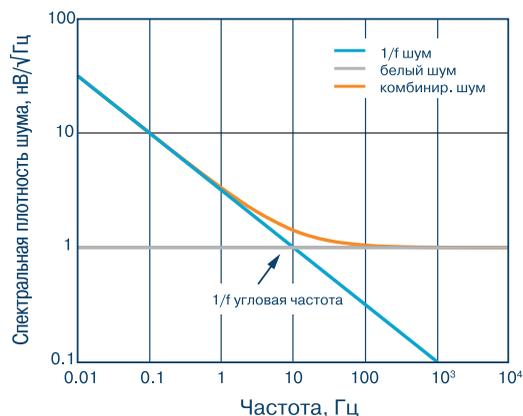


Рис. 1. Спектральная плотность шума для маломушмящего электронного компонента

* Castro G. This Noise Will Keep You Up at Night Analog Dialogue, 51-02, February, 2017. www.analog.com.
Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

В КАКИХ СЛУЧАЯХ СЛЕДУЕТ ПРИМЕНЯТЬ RAIL-TO-RAIL УСИЛИТЕЛЬ? *



Выбор усилителя в измерительном канале зависит от сигнала на выходе сенсора или другого источника. Например, если необходимо следить за током нагрузки в диапазоне от 0 до 500 мА, который протекает через прецизионный шунт сопротивления 10 Ом, то максимальное напряжение на шунте составит 5 В. В том случае, если напряжение питания усилителя равно 5 В, то следует использовать Rail-to-Rail усилитель с размахом входного сигнала 5 В. Отметим, что входной каскад классического операционного усилителя (ОУ) представляет собой дифференциальную транзисторную пару, синфазный сигнал (СМ) на входе которой должен быть меньше напряжения питания. Если запас по напряжению недостаточен, то дифференциальная пара выходит из рабочего режима, что приводит к потере точности и работоспособности ОУ в целом, как показано на рис. 1.

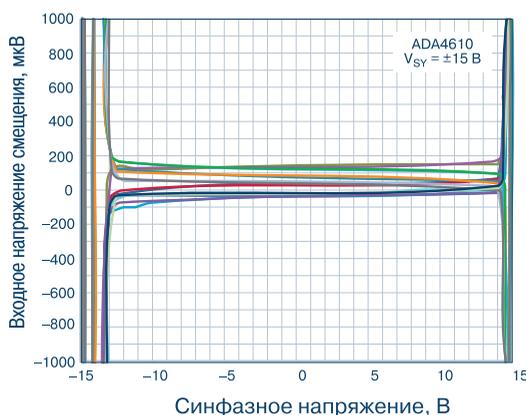


Рис. 1. Смещение нуля на входе ОУ ADA4610 в зависимости от входного синфазного напряжения V_{cm}

SOMETIMES, A SIGNAL NEEDS TO RIDE THE RAILS

Д. Бартон

D. Burton

Большинство прецизионных ОУ имеет именно такую структуру. Одним из примеров такого ОУ является ИМС ADA4610. Таким образом, если входной сигнал такого ОУ далек от величины напряжения питания, то усилитель имеет высокую точность усиления. Для случая, когда входной сигнал усилителя имеет достаточный запас по положительному напряжению питания V_+ , но близок к отрицательному значению напряжения питания V_- , то следует использовать специальные ОУ. Это так называемые ОУ с одним источником питания, которые обеспечивают надежное усиление входного сигнала вблизи значения V_- .

Если входной сигнал ОУ двуполярный, следует использовать усилители с входным диапазоном от V_+ до V_- . Это так называемые Rail-to-Rail по входу или RRI-усилители. Входной каскад такого ОУ состоит из двух дифференциальных транзисторных пар. Примером такого усилителя является ИМС ADA4661. Он имеет отличную точность усиления в диапазоне синфазного сигнала V_{cm} от 0 до 18 В (рис. 2).

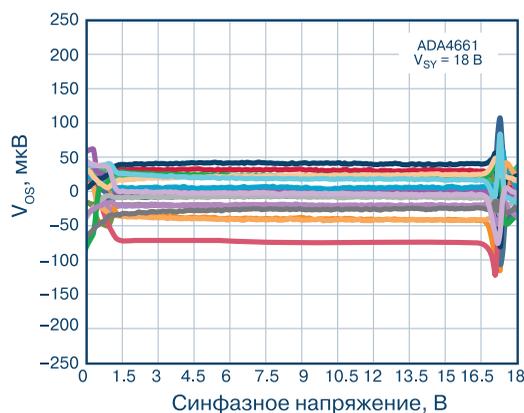


Рис. 2. Типовое смещение нуля V_{os} на входе ОУ ADA4661 с одним источником питания в зависимости от входного синфазного напряжения V_{cm}

* Burton D. Sometimes, a Signal Needs to Ride the Rails. Rarely Asked Questions, Issue 141, May 2017. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

Однако в случае использования RRI-усилителей при входном напряжении, близком к нулю, в рабочем режиме может находиться то одна, то другая дифференциальная пара, что приводит к искажению выходного сигнала, как это видно на рис. 2 на примере ОУ ADA4661. Величина этих искажений достигает 50 мкВ при напряжении V_{cm} 16 В и более. При небольших значениях напряжения V_{cm} эти искажения практически отсутствуют.

Для того, чтобы исключить такие искажения, используют ОУ с одной входной дифференциальной парой в сочетании с генератором подкачки заряда (charge pump), который обеспечивает повышение уровня напряжения питания при росте синфазного напряжения V_{cm} . Это позволяет обеспечить КОСС на уровне 95 дБ при входном напряжении смещения нуля до 125 мкВ (при $t = 25$ °С) и входном сигнале в диапазоне напряжений питания от $V+$ до $V-$, как показано на графиках рис. 3 для ОУ типа ADA4500.

Параметры некоторых типов Rail-to-Rail ОУ приведены в таблице

ВЫВОДЫ

Таким образом, Rail-to-Rail по входу прецизионные операционные усилители применяются при величинах синфазного сигнала, близких к уровням напряжения питания. При

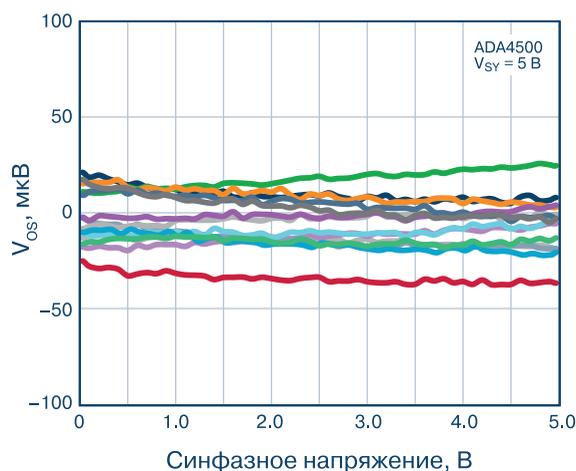


Рис. 3. Смещение нуля на входе Rail-to-Rail ОУ типа ADA4500 в зависимости от входного синфазного напряжения V_{cm} без искажений

этом следует учитывать, что полезный сигнал в области нулевых значений может быть существенно искажен вследствие перехода в рабочий режим то одной, то другой дифференциальной пары во входном каскаде ОУ. Если в области нулевых значений входной сигнал находится редко, этим недостатком Rail-to-Rail ОУ можно пренебречь. В противном случае рекомендуется использовать специальные ОУ с возможностью расширения размаха питающих напряжений при увеличении входного синфазного сигнала.

Таблица 1. Параметры Rail-to-Rail операционных усилителей

Тип ОУ	Напряжение запаса для дифференциальной пары		Напряжение питания, В	Тип входного каскада
	Положительное, В	Отрицательное, В		
ADA4610	2.5	2.5	10...36	диффер. пара
ADA4522	1.5	0	4.5...55	с одним питанием
ADA4622	1	-0.2	10...30	с одним питанием
ADA4084	0	0	3...30	Rail-to-Rail
ADA4661	0	0	3...18	Rail-to-Rail
ADA4505	0	0	1.8...5	без искажений
ADA4500	0	0	2.7...5.5	без искажений

КАК УМЕНЬШИТЬ УРОВЕНЬ (1/f)-ШУМА *

UNDERSTANDING AND ELIMINATING 1/f NOISE

В статье показано, как можно снизить уровень (1/f)-шума в измерительных каналах.

Р. Кайли

The article explains what 1/f noise is and how to reduce it in precision measurement application.

R. Kiely

Фликкер или (1/f)-шум является низкочастотным шумом, причем его мощность обратно пропорциональна частоте. Диаграмма спектральной плотности шума операционного усилителя (ОУ) ADA4622-2 приведена на рис. 1.

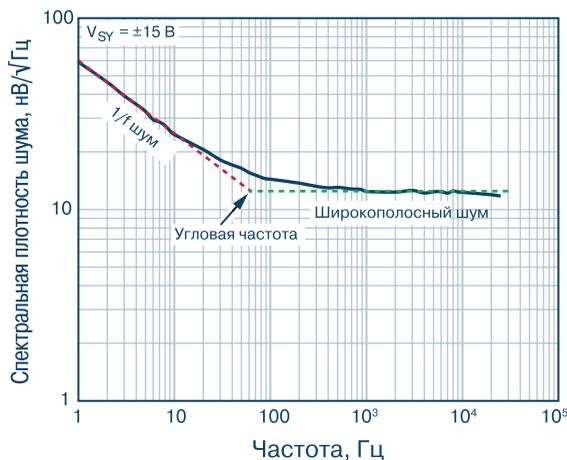


Рис. 1. Спектральная плотность шума усилителя ADA4622-2

Из нее следует, что шум содержит два ярко выраженных участка. Точка разделения этих участков носит название угловой частоты (1/f corner), слева от которой собственно и располагается область (1/f)-шума, а справа лежит область широкополосных шумов. Угловые частоты для разных типов усилителей имеют разные значения. Для сравнения ОУ по этому параметру необходимо измерять уровень шума для каждого ОУ в одном и том же частотном диапазоне. Стандартная спецификация для низкочастотных шумов характеризуется размахом шума в полосе от 0.1 до 10 Гц. Схема измерения такого шума приведена на рис. 2.

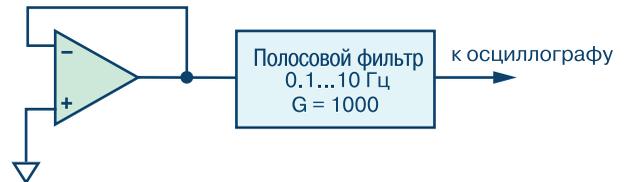


Рис. 2. Схема измерения низкочастотного шума

Для этого ОУ с коэффициентом усиления, равным 1, который включен по неинвертирующей схеме, через полосовой фильтр четвертого порядка с полосой 0.1...10 Гц и коэффициентом усиления 1000 подключают к осциллографу. На рис. 3 приведен пример осциллограммы измеренного шума. Как следует из этого рисунка, типовой размах (1/f)-шума ОУ ADA4622 в полосе 0.1...10 Гц не превышает 0.75 мкВ.

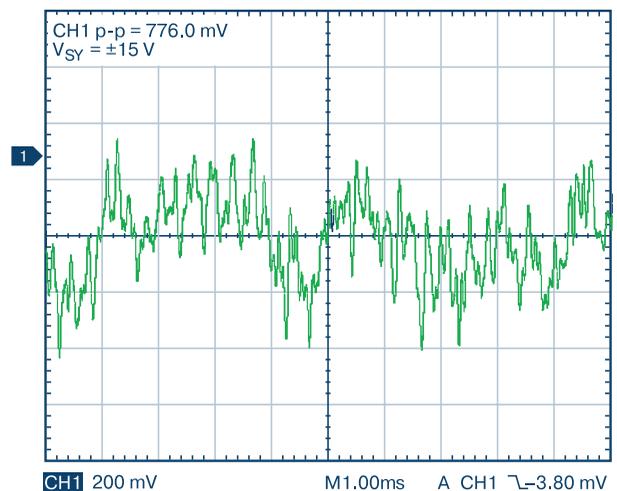


Рис. 3. Осциллограмма шума усилителя ADA4622-2 в полосе 0.1...10 Гц

* Kiely R. *Understanding and Eliminating 1/f Noise. Analog Dialogue*, 51-05, May, 2017.
Сокращенный перевод с английского В. Романова.

Общий уровень шума усилителя состоит из низкочастотного и широкополосного шумов, причем источниками шума могут быть не только активные компоненты схемы, но и пассивные, например, резисторы. Однако шумы пассивных компонентов в сравнении с активными компонентами незначительны и в этой статье, наряду с шумами по току, не рассматриваются.

Если угловая частота превышает 10 Гц, то выражение для оценки (1/f)-шума имеет следующий вид

$$(1/f)\text{Noise}_{\text{с.к.з.}} = e_{n1\text{Гц}} [\sqrt{\ln(f_n/f_t)}],$$

где $e_{n1\text{Гц}}$ – плотность шума на частоте 1Гц, f_n – угловая частота, $f_t=1/t$, где t – время измерения.

Широкополосный шум вычисляют, исходя из следующего выражения

$$N_{\text{с.к.з.}} = e_{n1\text{Гц}} NEBW,$$

где $NEBW$ – эквивалентная полоса шума.

Последний параметр учитывает дополнительные шумы, вызванные неидеальностью передаточной характеристики фильтра, числом его полюсов, типом фильтра и т.п. Например, эквивалентная полоса шума однополосного ФНЧ Баттерворта определяется выражением: $NEBW = 1.75f_c$, где f_c – частота среза.

Для получения выражения, определяющего общий шум, необходимо сложить НЧ и широкополосный шумы, как показано ниже

$$N_{\text{Total, с.к.з.}} = [(1/fN_{\text{с.к.з.}})^2 + (BWN_{\text{с.к.з.}})^2].$$

Одним из способов снижения НЧ-шумов

является применение усилителей с прерыванием. Прерывание используется, прежде всего, для уменьшения напряжения смещения нуля. Однако, (1/f)-шум лежит в области низких и сверхнизких частот, поэтому усилители с прерыванием или chopper-усилители успешно ослабляют уровень (1/f)-шума. Функциональная схема усилителя с прерыванием ADA4522 приведена на рис. 4.

Отметим, что в традиционных усилителях с прерыванием на выходе присутствовали пульсации, однако в новом усилителе компании Analog Devices ADA4522 использована оригинальная схема ослабления этих пульсаций, результат работы которой показан на рис. 5.

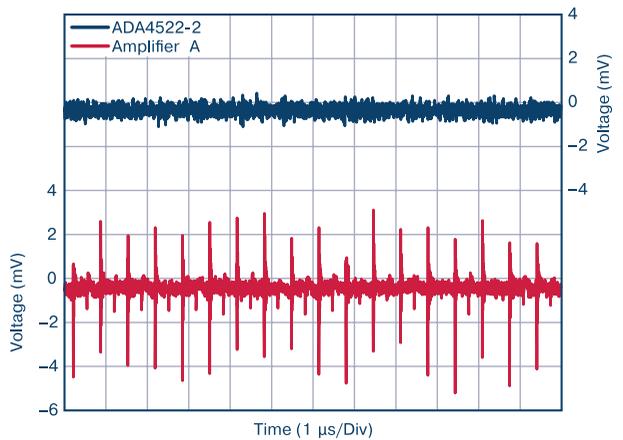


Рис. 5. Оциллограмма пульсаций на выходе усилителя с прерыванием

Еще одним методом уменьшения пульсации на выходе усилителей с прерыванием является замена прямоугольных сигналов управления прерыванием синусоидальными сигналами.

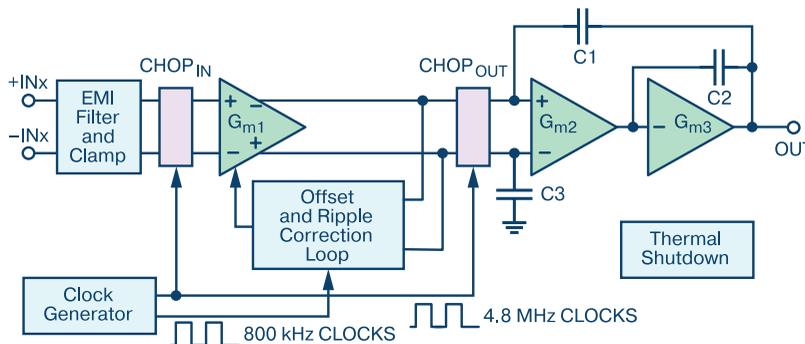


Рис.4. Функциональная схема усилителя с прерыванием ADA4522

Если сенсоры требуют сигналы возбуждения, то для ослабления (1/f)-шума на выходе целесообразно применять сигналы возбуждения переменного тока прямоугольной формы, как показано на рис. 6.

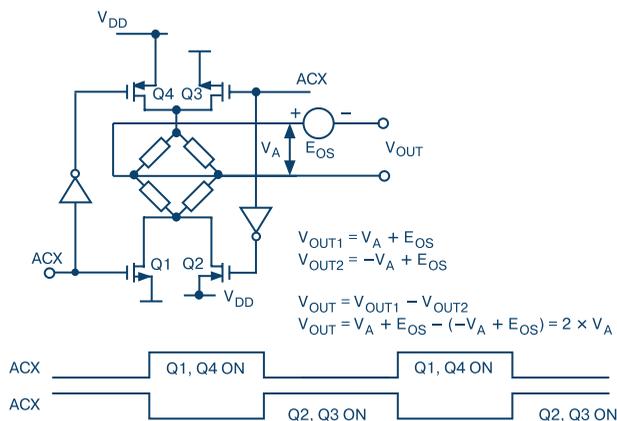


Рис. 6. Схема формирования сигнала возбуждения

В качестве примера на рис. 7 приведена схема весоизмерительного сенсора, включенного на входе сигма-дельта АЦП AD7195. Учитывая, что этот АЦП содержит встроенный источник сигнала возбуждения сенсора, его легко синхронизировать с сигналами управления собственно преобразователем, что тоже позволяет снизить уровень (1/f)-шума.

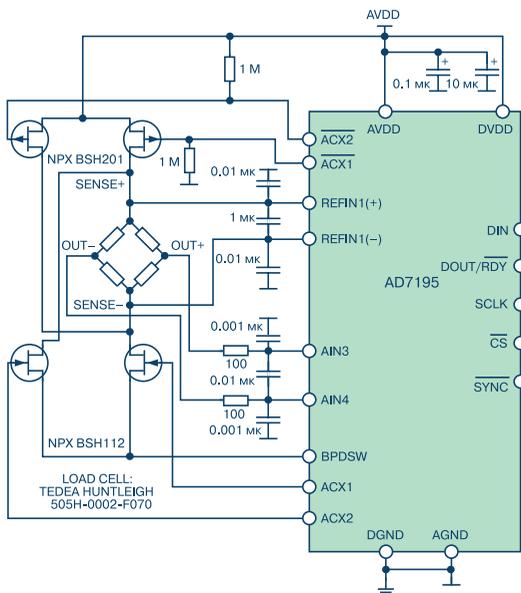


Рис. 7. Схема прецизионного весоизмерительного канала с сигналом возбуждения переменного тока

Следует отметить, что одновременное использование усилителя с прерыванием сигнала и АЦП с прерыванием сигнала может привести к интермодуляционным искажениям. Они формируются в областях суммарной и разностной частот прерывания для усилителя и АЦП. Если эти частоты достаточно высоки, что характерно для усилителя AD4522-2, то паразитные частоты легко ослабляются фильтром. Однако, если прерывание осуществляется на низких частотах, ложные сигналы могут оказаться в полосе полезного сигнала и их ослабление является достаточно сложной задачей.

ВЫВОДЫ

Фликкер или (1/f)-шум относится к низкочастотным шумам и может быть ослаблен применением усилителей с прерыванием сигнала.

Использование усилителей с прерыванием может привести к появлению пульсаций на его выходе, частота которых соответствует частоте сигналов, управляющих прерыванием

Встроенная схема ослабления пульсацией имеется в новом усилителе компании Analog Devices ADA4522. Кроме того, пульсации можно уменьшить за счет использования синусоидальных сигналов управления прерыванием вместо прямоугольных сигналов.

Если в измерительном канале одновременно используются усилитель и АЦП с прерыванием сигналов, это может привести к интермодуляционным искажениям на суммарных и разностных частотах сигналов прерывания. Чем больше частота прерывания, тем выше частоты интермодуляционных искажений и тем проще ослабить сигналы помехи применением ФНЧ.

VD MAIS

Печатные платы

- проектирование печатных плат
- технологическая подготовка производства
- изготовление любого количества плат:
 - по ГОСТ 23752-79
 - по стандарту IPC-A-600H
- проектирование и изготовление трафаретов для нанесения паяльной пасты.

Сертификация на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, ISO 13485:2003 и ISO/TS 16949:2009

Цены – оптимальные.

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6
 тел.: (0-44) 220-0101, 492-8852, факс: (0-44) 220-0202
 e-mail: info@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

We make it *possible*

- диапазон рабочих температур от -90° до $+400^{\circ}$ C
- срок службы 30 лет



Цельнометаллические демпферы



Резиновые виброизоляторы



Силиконовые виброизоляторы



Цельнометаллические подушки



Тросовые амортизаторы



Малогабаритные
цельнометаллические
амортизаторы



Шнуры изоляции
электромагнитных волн



Пружинные изоляторы

Основным направлением работы фирмы Hutchinson, является производство широкого ряда цельнометаллических демпферов (амортизаторов, виброизоляторов, виброопор), как малогабаритных – для различного вида электронного и навигационного оборудования, так и крупногабаритных – для различных областей применения.

Все изделия имеют широкий диапазон статической нагрузки и устойчивы к воздействию агрессивной среды, сохраняют свои характеристики в диапазоне температур от -90° до $+400^{\circ}$ C. Срок службы не менее 30 лет.

Рабочим телом демпферов является металлическая подушка, изготовленная из нержавеющей CrNi стальной арматурной проволоки.

VD MAIS авторизованный торговый представитель фирмы
Hutchinson Stop-Choc GmbH & Co. KG (Германия) в Украине

тел./факс: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (032) 245-5478, (048) 734-1954
info@vdmals.ua; www.vdmals.ua



БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В статье рассмотрены основные компоненты двухуровневых беспроводных сенсорных сетей, разработанных в Институте кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины и предназначенных для сельского хозяйства и защиты окружающей среды.

В. Романов, И. Галелюка

WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR AGRICULTURE AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Abstract - Wireless sensor networks and their components designed in Glushkov` Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine and intended for agriculture and environmental protection are considered.

V. Romanov, I. Galelyuka

Резкие изменения погодных условий, техногенные катастрофы, вирусные и бактериальные заболевания сельскохозяйственных культур привели к необходимости разработки и создания сенсоров для экспресс-диагностики состояния растений в реальном времени и определения влияния на растительный покров климатических факторов, вирусных и бактериальных нагрузок, а также стрессовых факторов природного и техногенного происхождения. Получение оперативной и объективной информации о состоянии растений позволяет своевременно выработать меры по защите сельскохозяйственных культур, лесопарковых растений, зеленого покрова мегаполисов. Это позволит снизить материальные затраты по защите окружающей среды, сберечь зеленые насаждения от возможных потерь, а также способствовать защите лесных массивов и парков от вирусной и бактериальной инфекции.

В Институте кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины в рамках международного проекта УНТЦ № 6064 разработана беспроводная сенсорная сеть, рис. 1, которая на нижнем уровне включает беспроводные интеллектуальные сенсоры, координатор и концентратор. Данные беспроводной сети поступают в мобильную беспилотную платформу, а далее в удаленный компьютер, или обрабатываются облачными технологиями.

К интеллектуальному **беспроводному сенсору** предъявлялись следующие требования:

- возможность работы в полевых условиях эксплуатации
- длительное время работы без замены или подзарядки аккумулятора
- невысокая стоимость
- небольшие масса и габариты
- возможность самокалибровки основных узлов
- высокая надежность

- оптимальное соотношение дальности передачи данных к потребляемой энергии
- возможность замены или подзарядки аккумулятора в полевых условиях.

Исходя из этих требований, была разработана следующая структура сенсора, рис. 2. Беспроводной микроконтроллер сенсора предназначен для управления работой сенсора, передачи и приема данных и обеспечения взаимодействия сенсора с другими узлами сети, рис. 1. Сенсор включает встроенный аккумулятор, наличие которого предусматривает его безопасную подзарядку и защиту от неправильного подключения. Для этого в схему сенсора включены схема защиты и микросхема зарядки для подзарядки литий-полимерного аккумулятора. Узел microUSB-разъем обеспечивает стандартное сопряжение с источником внешнего питания. Для преобразования напряжения аккумулятора в уровни, необходимые для питания узлов сенсора, используется линейный стабилизатор LDO 3.3 В и импульсный стабилизатор DC/DC 3.3 В. ФНЧ кроме ослабления пульсаций управляет драйвером светодиода, формирующим ток синего светодиода. Синий светодиод возбуждает соответствующие реакционные центры листка живого растения. Фотодетектор измеряет отклик возбужденных реакционных центров листка в красной области спектра. Учитывая, что беспроводной интеллектуальный сенсор разработан для использования в системах экологического мониторинга и защиты растений в сельском хозяйстве, лесоводстве, заповедниках и мегаполисах, он имеет следующие особенности:

- определяет степень загрязнения тяжелыми металлами, пестицидами и гербицидами почвы и воды
- оценивает жизнеспособность растений после засухи, жары, заморозков, внесения пестицидов и

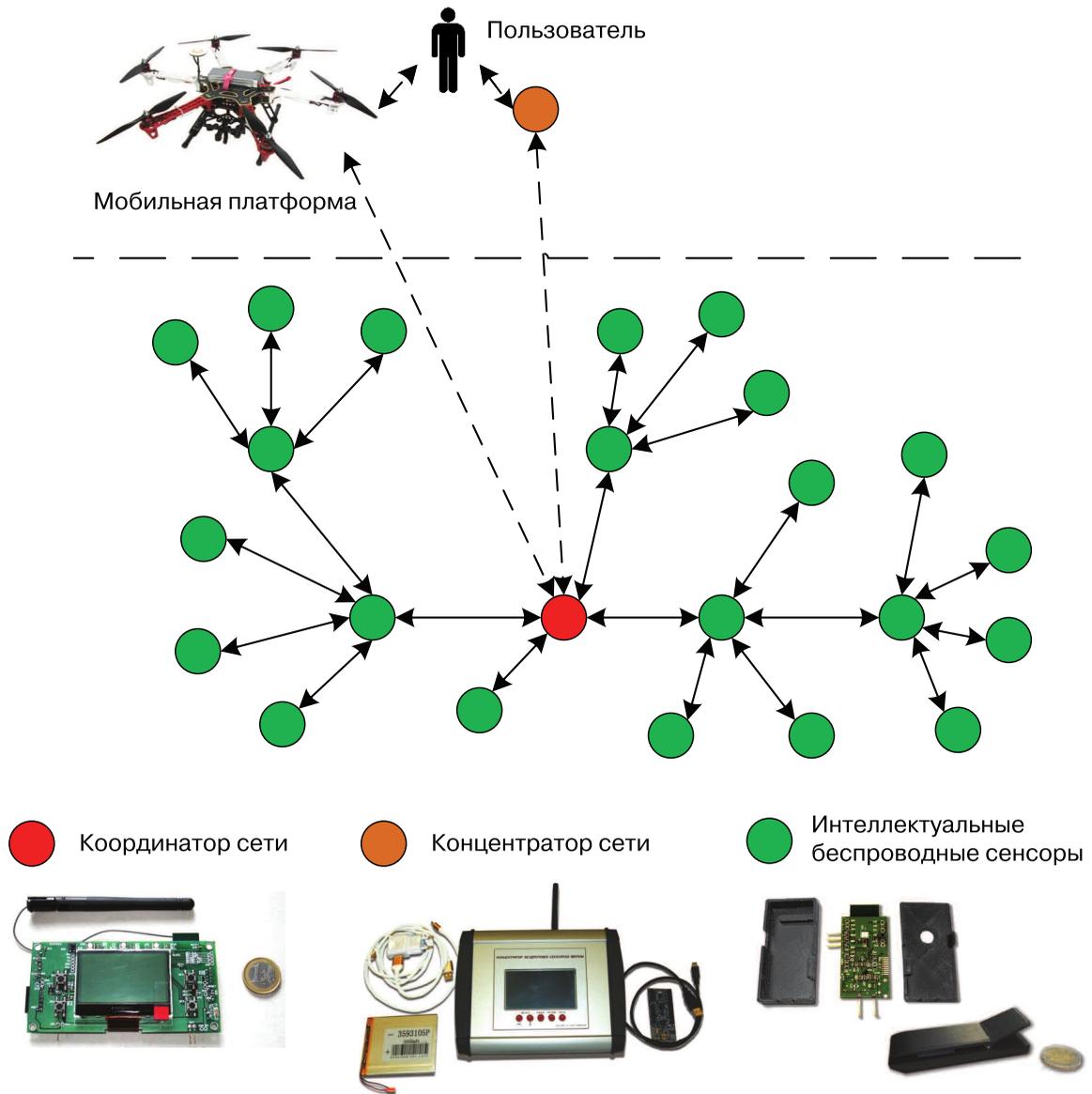


Рис. 1. Структура беспроводной сенсорной сети

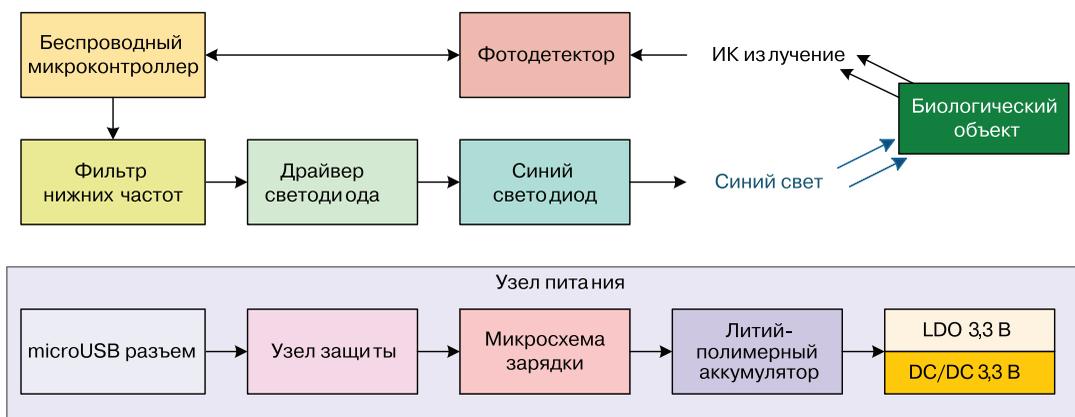


Рис. 2. Структура интеллектуального беспроводного сенсора

гербицидов

- в экспрессном режиме определяет необходимые дозы удобрений и биологических добавок.

Внешний вид беспроводного интеллектуального сенсора приведен на рис. 3.

Условия эксплуатации сенсора:

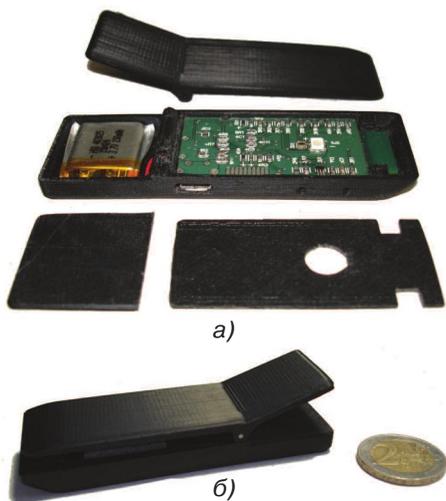


Рис. 3. Беспроводный интеллектуальный сенсор в разобранном (а) и собранном (б) виде

- температура окружающего воздуха от 5 до 45 °С
- относительная влажность воздуха до 95 % при температуре 25 °С
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа (от 630 до 800 мм рт.ст.).

Технические параметры сенсора:

- масса не более 0.03 кг
- габариты 87×28×20 мм
- максимальный уровень облучения листка живого растения 200 клк
- интенсивность облучения регулируется координатором в диапазоне от 50 до 200 клк
- спектр волны облучения 460–480 нм
- спектр фотоприемника сенсора на уровне 0,5 находится в диапазоне 680–930 нм

- площадь поверхности листка, которая подвержена облучению, составляет 100 мм² и может быть увеличена по желанию пользователя.

Кроме того, сенсор имеет следующие дополнительные возможности:

- возможность самокалибровки
 - возможность контроля параметров под управлением координатора
 - возможность измерения текущего уровня заряда аккумулятора
 - возможность контроля и регулировки интенсивности облучения листка растения.
- Параметры питания сенсора:
- сенсор включает литий-полимерный аккумулятор емкостью 200 мАч
 - максимальный ток потребления 50 мА
 - заряд аккумулятора осуществляется от внешнего источника питания напряжением от 4,3 до 6 В через разъем типа "microUSB"
 - ток заряда аккумулятора – 75 мА
 - время заряда аккумулятора до уровня 95% около 2 ч.

Режимы работы сенсора:

- время измерения индукции флуоресценции хлорофилла 1 с, 10 с, 4 минуты (может быть установлено пользователем).

Координатор беспроводной сенсорной сети предназначен для сбора данных, передаваемых сенсорами, их хранения и подготовки для передачи в концентратор, мобильную платформу или удаленный компьютер. Кроме того, координатор обеспечивает организацию работы сети сенсоров, проверяет ее работоспособность, устраняет конфликтные ситуации при одновременной передаче данных несколькими сенсорами, управляет работой сети в целом и информирует пользователя о работоспособности отдельных сенсоров и сети в целом. Структура координатора приведена на рис. 4.

На контрактном производстве компании VD MAIS были изготовлены и собраны печатные платы коор-

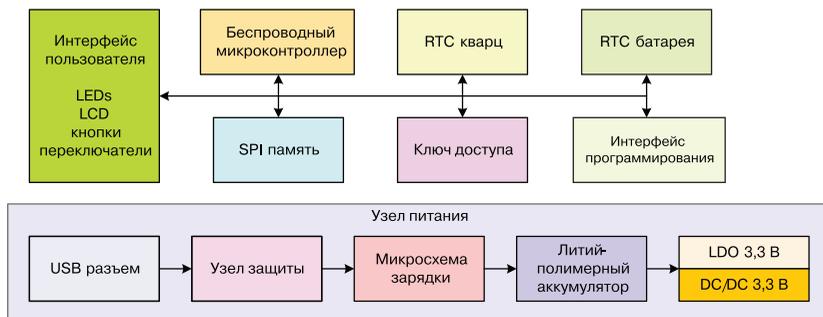


Рис. 4. Структура координатора интеллектуальной беспроводной сенсорной сети

динатора, рис. 5, в соответствии с требованиями стандарта IPC-A-600H. Внешний вид координатора сети беспроводных сенсоров приведен на рис. 6.

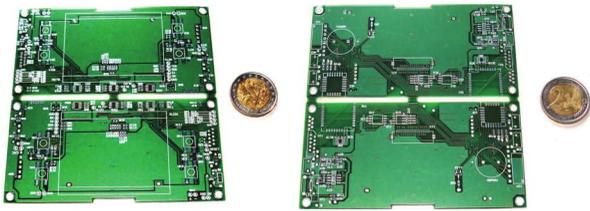


Рис. 5. Фотография верхнего (а) и нижнего (б) слоев печатной платы координатора

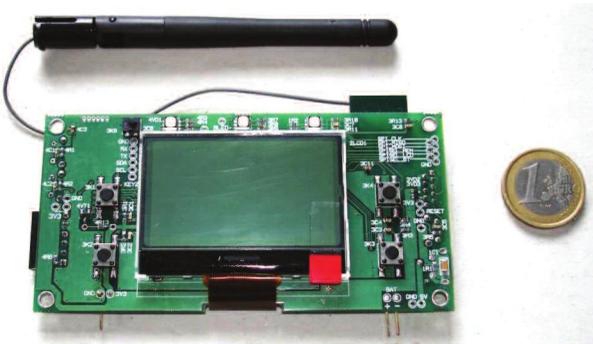


Рис. 6. Внешний вид координатора

Концентратор беспроводной сенсорной сети представляет собой специализированный компьютер с радиоканалом, предназначенный для работы в полевых условиях эксплуатации. Структурная схема концентратора приведена на рис. 7.

Основным узлом концентратора является микроконтроллер, который выполнен на микросхеме LPC4357 фирмы NXP и обеспечивает сбор, обработку, накопление и визуализацию данных измерений индукции флуоресценции хлорофилла, приема и передачи в

удаленный компьютер служебной информации о состоянии сенсоров и сети в целом. Узел приема-передачи данных выполнен на основе экономичного микроконтроллера JN5168 компании NXP. Узел отладки типа LPC-Link2 представляет собой универсальное автономное устройство отладки, которое подключается к микроконтроллеру и имеет широкий набор инструментальных функций, включая функции программирования и перепрограммирования микроконтроллерного узла. Концентратор построен по модульному принципу. При его изготовлении использован металлический профиль Alu-Topline модель АТРН 1850-0200 с габаритными размерами 181.2×53.2×200 мм. Внешний вид концентратора с набором аксессуаров приведен на рис. 8, внутренние узлы концентратора приведены на рис. 9.



Рис. 8. Концентратор беспроводной сенсорной сети

В соответствии с разработанными аппаратными средствами было разработано прикладное ПО (в виде программных модулей) для организации и поддержания их работы. Структура ПО и взаимодействие отдельных программных модулей представлено на рис. 10.

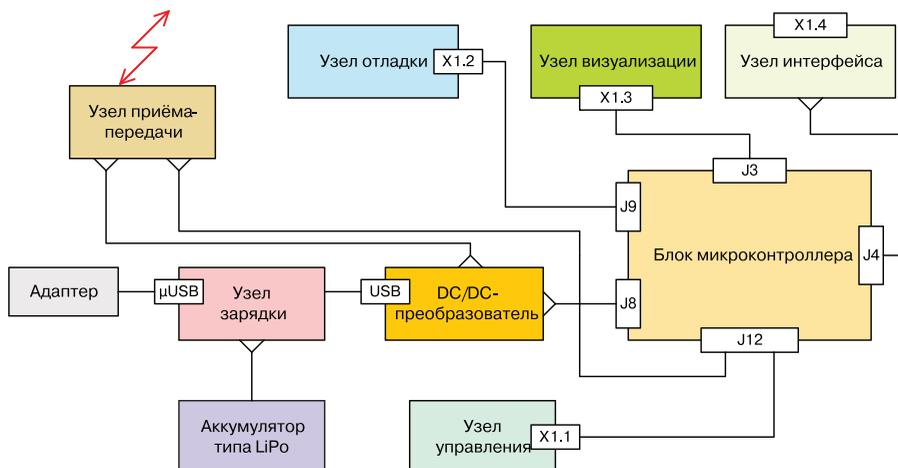


Рис. 7. Структурная схема концентратора сети интеллектуальных беспроводных сенсоров



Рис. 9. Основные узлы концентратора

После изготовления беспроводной сенсорной сети она была протестирована как на моделях, так и в условиях, приближенных к реальным. В частности, было проведено тестирование сети на надежность передачи данных. Тестирование проводилось для разных условий применения, т.е. для открытой местности (присутствует прямая видимость между источником и приемником сигнала), местности с невысокой растительностью (почти всегда присутствует прямая видимость), местности с густой растительностью (прямая видимость частично отсутствует) и для местности с большим числом строений (прямая видимость практически отсутствует). Коэффициент надежности связи рассчитывался как отношение числа отправленных сообщений к числу полученных.

По результатам тестирования построены графики зависимостей качества передачи данных от сенсора к координатору для разных расстояний между ними и разных типов местности, приведенные на рис. 11.

Из графика видно, что низкая растительность практически не влияет на качество связи. Качество связи в условиях густой растительности и построек существенно ниже, что следует учитывать при про-

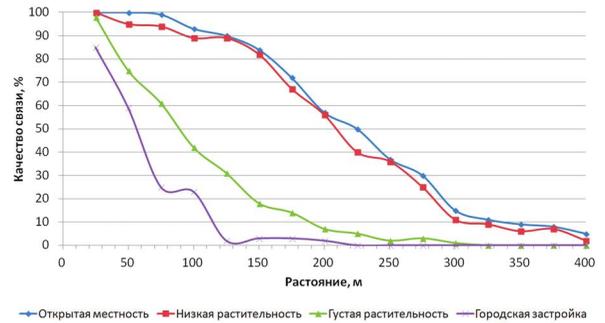


Рис. 11. Зависимости качества связи радиоканала между сенсором и координатором от расстояния между ними и типа местности

мышленном использовании разработанной сети.

В качестве мобильной платформы верхнего уровня беспроводной сенсорной сети нами выбран гексакоптер на базе рамы DJI F550 с двигателем DJI 2212, рис. 12. Полетным контроллером гексакоптера является модуль DJI NAZA-M V2 с GPS-компансом.



Рис. 12. Беспилотный гексакоптер как мобильная платформа беспроводной сенсорной сети

Задание маршрута полета гексакоптера по заранее определенным GPS-точкам для сбора данных с координаторов сети осуществляется в специальной программе.

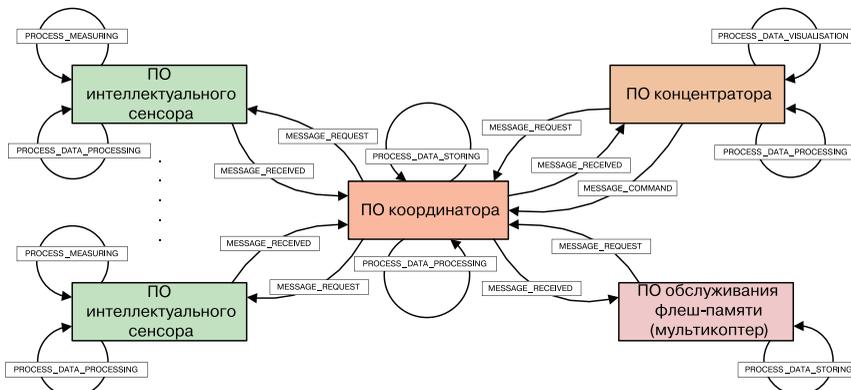


Рис. 10. Структура ПО беспроводной сенсорной сети

За основу радиомодуля сбора данных гексакоптера был взят радиомодуль беспроводного сенсора с некоторыми ограничениями по выполняемым функциям, причем основными функциями этого модуля были следующие:

- установление связи с заданной беспроводной сенсорной сетью при подлете гексакоптера на достаточное для поддержания надежной связи расстояние
- передача координатору сети запроса на разрешение связи
- прием от координатора данных измерений и их сохранение в памяти гексакоптера.

Внешний вид модуля приема данных гексакоптера приведен на рис. 13. Слева на рисунке виден USB-порт для считывания данных в компьютер, а справа находится антенна радиоприемника. Программная поддержка беспроводного сенсора, координатора и радиомодуля гексакоптера идентичны.

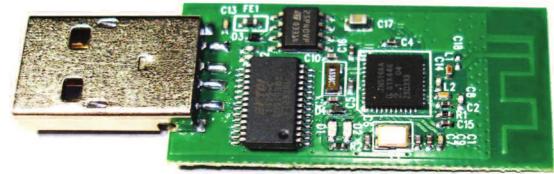


Рис. 13. Радиомодуль гексакоптера

НАН Украины в рамках проекта УНТЦ № 6064 разработана и доведена до серийного производства двухуровневая сеть беспроводных сенсоров, включающая собственно беспроводные сенсоры, координаторы и концентраторы сети на нижнем уровне, и мобильную платформу (беспилотный гексакоптер) на верхнем уровне.

2. Сеть беспроводных сенсоров предназначена для прецизионного земледелия, экологического мониторинга и защиты окружающей среды.

3. Разработка печатных плат и поставка элементной базы осуществлена компанией VD MAIS. Сборка основных узлов и модулей сети выполнена на контрактном производстве компании VD MAIS.

ВЫВОДЫ

1. Институтом кибернетики имени В.М. Глушкова

Идеальное совмещение контактных площадок и отверстий

Time: 10.28.5
 0021894211697400422
 OBJECT IS FOUND
 DISTANCE: 0.0035 mm
 DISTANCE ACCURACY: 0.0001 mm
 ENTRIES ARE MADE SUCCESSFULLY
 STOPPING TO THE RIGHT 0.02 DEGREES
 STOPPING TO THE LEFT 0.00 DEGREES

SPEED: 0.00152 mm/s
 WARNING: NEW OBJECT IS DISCOVERED

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

▪ производство

Изготовление печатных плат с приемкой по стандарту IPC-A-600H, класс 3

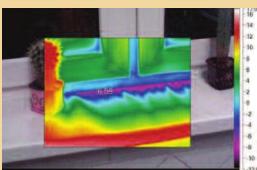
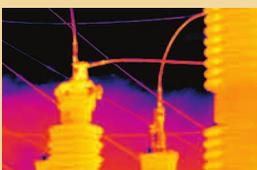
Класс 3 – высоконадежные электронные изделия: оборудование и изделия, для которых критичным требованием является непрерывность работы или включение по запросу

Фрагмент стандарта IPC-A-600H

VD MAIS

PCB Professionally

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478, (095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua



Fluke Ti



Fluke TiS

Fluke Ti – серия тепловизоров с разрешающей способностью снимков до 640×480 точек (Ti300, Ti400, Ti450, Ti480)

Fluke TiS – универсальные тепловизоры (в т.ч. для аудита) с разрешающей способностью снимков до 320×240 точек (TiS10, TiS20, TiS40, TiS45, TiS50, TiS55, TiS60, TiS65, TiS75)

Расширенные функциональные возможности

LaserSharp® Focus – автофокус с помощью лазерного дальномера

MultiSharp™ – объединение оптимальных по резкости изображений разноудаленных объектов на одном снимке

SuperResolution – режим увеличения разрешающей способности путем цифровой обработки нескольких снимков

IR-Fusion® – точное совмещение изображений полученных в видимом и инфракрасном диапазонах (полное или кадр-в-кадре)

IR-PhotoNotes™ – система анотирования съемки

SmartView® – бесплатное ПО, обработка изображений встроенным процессором, совместимость с MATLAB® и LabVIEW®

Fluke Connect® – беспроводная связь со смартфонами и облачным хранилищем

VD MAIS – официальный дистрибьютор компании Fluke в Украине

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (032) 245-5478,
(095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmals.ua, www.vdmals.ua



СТАНДАРТ MIL-STD-1275E ДЛЯ ВОЕННЫХ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

MIL-STD-1275E FOR MILITARY GROUND VEHICLE PLATFORMS

В статье рассматриваются рекомендации стандарта MIL-STD-1275E, ориентированного на применение в военных наземных транспортных средствах.

Abstract – MILSTD-1275E sets down the requirements for electronics when powered from a 28V supply, ensuring that electronics survive in the field.

V. Котигорожко

V. Kotigorojzko

Система энергоснабжения автотранспортных средств является агрессивной средой для электронного оборудования, и не только из-за наличия большого числа силовых установок, но и благодаря человеческому фактору. Нельзя исключить возможность непреднамеренного изменения полярности при подключении аккумулятора, кроме того, зачастую не удастся избежать процесса "холодного" запуска двигателя. Высоковольтные выбросы напряжения малой длительности (единицы микросекунд) обусловлены, как правило, коммутацией индуктивных нагрузок – электродвигателей управляющих механизмов (топливного насоса, стеклоподъемников и т.п.), компонентов высоковольтной системы зажигания и других, содержащих катушки индуктивности.

Как известно, общие требования, методика проверки кондуктивной помехозащищенности автомобильного оборудования широкого назначения, а также модели помех, имитирующие кондуктивные помехи в системе электроснабжения, разработаны Международной организацией по стандартизации ISO (International Organization for Standardization) и приведены в стандарте ISO 7637 (Road vehicles – Electrical disturbances from conduction and coupling). Требования к параметрам генерируемых тестовых импульсов, предназначенных для проверки кондуктивной помехозащищенности автомобильного оборудования, приведены в стандарте ISO 7637-2-2011 (Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only). Для тестирования электронного оборудования рекомендуется использовать импульсы, имитирующие выбросы напряжения в автомобильной силовой электропроводке. В 2010 г. был предложен новый стандарт ISO 16750-2, в котором рекомендуется использовать уточненные параметры тестовых импульсов.

Для военных наземных транспортных средств министерством обороны США (Department of Defense – DOD) рекомендуется использовать редак-

цию стандарта MIL-STD-1275E, в котором регламентируются характеристики систем энергоснабжения постоянного тока номинальным напряжением 28 В.

Цель стандарта – описать общие для всех военных наземных транспортных средств номинальные характеристики систем электроснабжения напряжением 28 В постоянного тока.

В стандарте регламентируются предельные значения рабочего напряжения и параметры импульсов перенапряжения на входных силовых клеммах оборудования, подключенного к распределенной системе электроснабжения военных наземных транспортных платформ. На рис. 1 приведены пределы изменения рабочего напряжения при запуске двигателя автотранспортного средства.

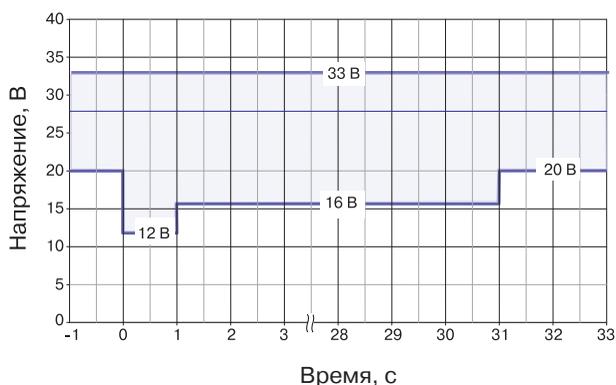


Рис. 1. Границы изменения рабочего напряжения при запуске двигателя

Кратковременные импульсы перенапряжения возникают в результате внезапного выброса предельно запасенной электромагнитной энергии в реактивной нагрузке. Кратковременные выбросы напряжения также могут возникать в процессе работы разных электронных и электромеханических устройств (электродвигателей, генераторов, и т.п.).

В стандарте MIL-STD-1275E кратковременные выбросы перенапряжения в зависимости от их длительности и запасенной энергии подразделяются

на voltage spike и voltage surge.

Voltage spike – импульсы напряжения длительностью 1 мс с максимальной энергией одиночного импульса до 2 Дж. На рис. 2 приведены соотношения между амплитудой и длительностью импульсов типа voltage spike.

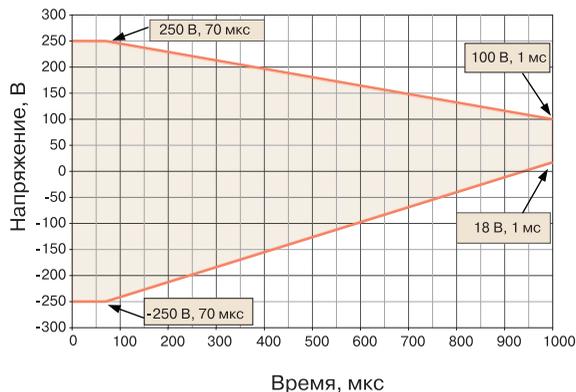


Рис. 2. Соотношения между амплитудой и длительностью импульсов типа voltage spike

Voltage surge – импульсы напряжения длительностью более 1 мс и максимальной энергией одиночного импульса до 60 Дж. На рис. 3 приведены соотношения между амплитудой и длительностью импульсов типа voltage surge. Пример выброса напряжения в случае если бортовая сеть питается только от автомобильного генератора, т.е. при отключенном аккумуляторе (т.н. режим load dump) приведен на рис. 4.

Компания Sensitron Semiconductor (США), основным направлением деятельности которой является производство высоконадежных дискретных компонентов, в том числе радиационностойких, вы-

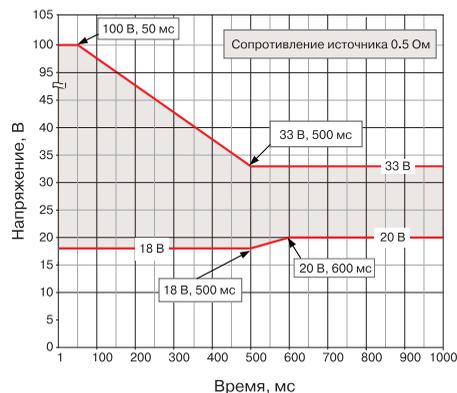


Рис. 3. Соотношения между амплитудой и длительностью импульсов типа voltage surge

пускает TVS-диоды (рис. 5), соответствующие рекомендациям стандарта MIL-STD-1275. Это TVS-диоды типа SCP-5282 (табл. 1).

Таблица 1. TVS-диоды SCP-5282-3/2

Параметр	SCP-5282-3	SCP-5282-2
Пиковая мощность, кВт	100	60
Условия тестирования	135 А, 130 мс	100 А, 130 мс

Габаритные размеры 55.88×50.8×15.2 мм, диапазон рабочих температур -55...150 °С. Все диоды тестируются на соответствие заявляемым параметрам. Максимальный ток 135 А. Кроме того, TVS-диоды SCP-5282-3 соответствуют рекомендациям стандартов SAE J1113-11, ISO16750-2 и ISO7637-2 (табл. 2). Параметры TVS-диода SCP-5282-3 приведены в табл. 3.

Таблица 2. Условия испытаний TVS-диодов SCP-5282

Стандарт	Условия испытаний
MIL-STD-1275	Импульсы амплитудой 100 В (сопротивление источника 0.5 Ом). Одиночные импульсы длительностью 130 мс (ток 135 А). 5 импульсов длительностью 50 мс (ток 110А) в течение 1 с.
SAE J1113-11	Импульсы амплитудой 174 В (сопротивление источника 2 Ом, длительность 150 мс). Импульсы амплитудой 174 В (сопротивление источника 5 Ом, длительность 350 мс).
ISO16750-2	Импульсы амплитудой 151 В (сопротивление источника 1 Ом, длительность 350 мс).
ISO7637-2	Импульсы амплитудой 200 В (тестовый импульс № 3b).

Таблица 3. Параметры TVS-диода SCP-5282-3

Тип	Пиковая мощность, кВт	V_{BR} ($I_T = 10$ mA,) В (мин.)	V_R , В	I_R , мкА	I_{PP1} , А	V_C , В
SCP-5282-3	100	36.7	33	40	135	49

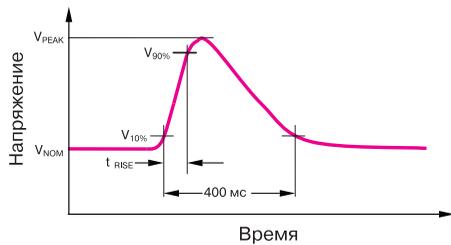


Рис. 4. Пример выброса напряжения в режиме load dump

Более полную информацию о стандарте MIL-STD-1275E можно найти в [1-3].

ЛИТЕРАТУРА

1. MIL-STD-1275E. Characteristics of 28 volt DC in-



Рис. 5. TVS-диоды SCP-5282

put power to utilization equipment in military vehicles (http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1100-1299/MIL-STD-1275E_45886).

2. Surge Stoppers Ease MIL-STD-1275D Compliance. Design Note 534.
3. Transient Suppression for MIL-STD-1275 Applications. Application Note.

[VD MAIS: 5000 кв.м печатных плат в год]

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

▪ производство

VD MAIS – крупнейший поставщик печатных плат на рынке Украины

7 аргументов в пользу печатных плат, поставляемых VD MAIS:

- принцип "все из одних рук"
- стабильное положение фирмы на рынке печатных плат
- высокая квалификация специалистов
- выбор проверенных фирм-изготовителей в зависимости от специфики заказа
- техническое сопровождение проекта при SMD-монтаже
- минимизация цен за счет объединения заказов
- сертификация систем экологического менеджмента и менеджмента качества фирмы согласно требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO/TS 16949:2009 и ISO 13485:2003
- предоставление документации по выходному контролю печатных плат

VD MAIS
PCB Professionally

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,
(095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

КОМБИНИРОВАННЫЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ КОМПАНИИ LITTELFUSE: POLYZEN И 2PRO



PROTECT DEVICES: POLYZEN AND 2PRO

В статье рассматриваются характеристики выпускаемых компанией Littelfuse комбинированных устройств защиты типа PolyZen и 2Pro.

Abstract – The purpose of this article is to promote a better understanding of protect devices PolyZen and 2Pro.

В. Котигорожко

V. Kotigorozko

Компания Littelfuse – ведущий производитель компонентов для "защиты" разного рода электротехнического оборудования. Одно из направлений – производство комбинированных устройств защиты типа PolyZen и 2Pro [1-6].

ВВЕДЕНИЕ

Кратковременные электрические помехи возникают в результате внезапного выброса предварительно запасенной электромагнитной энергии в различных физических объектах. Например, в результате проявления природных явлений, таких как, грозовые разряды. Кратковременные электрические помехи могут также возникать в процессе работы электромеханических устройств разного назначения (электродвигателей, генераторов, и т.п.), а также могут быть вызваны электростатическими разрядами (ESD).

В реальных условиях эксплуатации в электрических цепях и линиях связи телекоммуникационного оборудования могут возникать различные виды помех. Наиболее часто сталкиваются с перенапряжениями, вызванными электромагнитными импульсами естественного (мощные грозовые разряды) и искусственного происхождения (излучения радиопередающих антенн, высоковольтных линий передачи электроэнергии, сетей электрифицированных железных дорог и пр.). Кроме того, перенапряжения могут возникать вследствие переходных процессов при работе оборудования, например, при коммутации индуктивных нагрузок или в результате воздействия электростатических разрядов.

Устройства защиты от перенапряжений предотвращают протекание импульсов тока через защищаемое устройство вследствие за-

мыкания его на общий провод. Они также ограничивают напряжение до значений, совместимых с характеристиками подсоединенных устройств.

Случайные перенапряжения зачастую вызваны молниями и электростатическими разрядами, которые характеризуются малой длительностью нарастающего фронта и очень высоким пиковым напряжением, намного превосходящем максимально допустимые значения для электронных компонентов. При импульсном разряде статического электричества возникают помехи, которые могут вызвать сбой в работе электронных приборов. Кроме того, электростатический разряд может оказывать разрушительное действие на электронные компоненты и узлы.

Повторяющиеся кратковременные перенапряжения, как правило, возникают при эксплуатации электродвигателей или при коммутации мощных индуктивных нагрузок.

Для защиты радиоэлектронных устройств, кроме традиционных плавких предохранителей (Fuse), газовых разрядников (Gas Discharge Tube – GDT), металлооксидных варисторов (Metal-Oxide Varistor – MOV), полупроводниковых ограничителей напряжения (Transient Voltage Suppression Diode – TVS), можно использовать также комбинированные устройства типа 2Pro и PolyZen, характеристики и особенности которых рассматриваются в статье.

Варисторы подключаются параллельно защищаемому оборудованию и последовательно с внутренним сопротивлением источника помех. При отсутствии напряжения варисторы имеют высокое сопротивление (более 10 МОм), поэтому при этом условии их можно считать диэлектриками. При наличии импульса пере-

напряжения его сопротивление резко уменьшается и основной ток помехи протекает через варистор, а не через защищаемое оборудование. При этом поглощенная энергия рассеивается в виде тепла. Варисторы являются элементами многократного действия и достаточно эффективным средством для подавления переходных процессов во многих приложениях. Однако с течением времени в результате воздействия мощных импульсов перенапряжения или часто случающихся сравнительно небольших перепадов напряжения варисторы стареют, т.е. изменяются их первоначальные параметры.

Варисторы предназначены для ограничения перенапряжений длительностью всего несколько микросекунд. Однако при непродолжительном превышении рабочего напряжения, что может быть вызвано "потерей нейтрали", неправильным подключением в процессе монтажа или другими причинами, в результате большого протекающего тока через варистор и как следствие его перегрева, не избежать катастрофических последствий – его воспламенения. Чтобы предотвратить протекание большого тока через варистор можно использовать включенный последовательно обычный низкоомный резистор достаточной мощности или встроенный в корпус варистора самовосстанавливающийся полимерный предохранитель, что обеспечит более эффективную защиту от перегрева. На рис. 1 приведены сравнительные характеристики разных вариантов защиты варисторов. Как видно температура корпуса комбинированного устройства (например, LVM2P-015R10431) значительно ниже в сравнении с другими решениями.

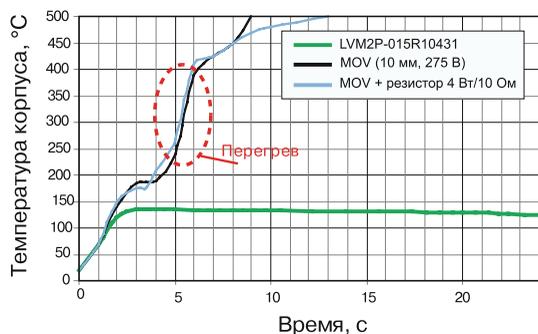


Рис. 1. Сравнительные характеристики разных вариантов защиты

СЕРИЯ 2PRO

Устройства защиты типа 2Pro (рис. 2) содержат самовосстанавливающийся предохранитель типа PolySwitch PPTC (Polymeric Positive Temperature Coefficient) и варистор (MOV). Это комбинированные устройства (PPTC/MOV), обеспечивающие как ограничение напряжения, так и размыкание цепи прохождения тока. Применение таких устройств позволяет сократить число используемых компонентов и, в конечном счете, уменьшить габаритные размеры печатной платы.

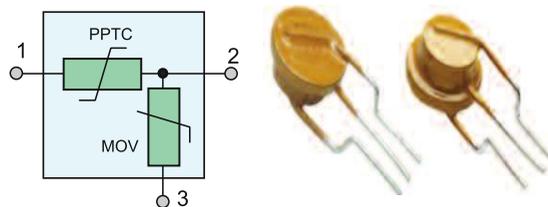


Рис. 2. Устройство защиты типа 2Pro

Устройства серии TM2P (2Pro) – это самовосстанавливающиеся устройства защиты цепей, ориентированные на применение в телефонных коммутируемых сетях общего пользования (PSTN) и VoIP-шлюзах. Повсеместное применение PSTN-сетей и VoIP-шлюзов в качестве основного средства, обеспечивающего голосовую связь, требует максимальной безопасности и надежности соответствующего оборудованию. Кроме того, устройство защиты серии TM2P можно применять в беспроводных телефонах, факсимильных аппаратах, модемах, TV-приставках, охранных системах, цифровых сетях с интегрированными услугами (ISDN) и пр.

Повреждение телекоммуникационного оборудования в том числе и оборудования линий телефонной связи, может быть вызвано воздействием различных источников (молниями, электростатическими разрядами и т.п.). Кроме того, повреждения могут быть обусловлены непосредственным контактом линий связи с электросетями переменного тока. В таких случаях применение устройства защиты типа TM2P позволяет ограничить максимальный ток и напряжение. Основные параметры комбинированных устройств защиты серии TM2P даны в табл. 1, 2.

Таблица 1. Параметры PPTC (TM2P-10271)

Тип	I_{HOLD} , А	I_{TRIP} , А	Сопротивление, Ом			Время срабатывания, с (при токе 1 А)	
			R_{min}	R_{max}	R_{1max}	Тип.	Макс.
TM2P-10271	0.15	0.30	6.50	14.00	16.00	0.90	3.00

Таблица 2. Параметры MOV (TM2P-10271)

Тип	Напр. $V_N(DC)$, В (при токе 1 мА)	Отклонение $V_N(DC)$, %	Сопротивление, МОм (при напр. 100 В)	Макс. напр. ограничения, В (при токе 25 А)	Номинальная мощность, Вт
TM2P-10271	260	+14/-7	>10	455	0.25

Определения основных электрических характеристик полимерных предохранителей (PPTC) приведены ниже [1-4].

Ток удержания I_{HOLD} . По сути, номинальный ток предохранителя. Ток удержания – максимальный ток, который может протекать через предохранитель, и который не приводит к переходу в непроводящее состояние при температуре окружающего воздуха 20 °С.

Ток срабатывания I_{TRIP} – минимальный ток, при котором полимерный предохранитель переходит в непроводящее состояние при заданной температуре окружающего воздуха.

Минимальное сопротивление R_{min} . Минимальное начальное сопротивление предохранителя в проводящем состоянии до монтажа на плату, по сути, до его пайки.

Максимальное сопротивление после восстановления R_{1max} – максимальное сопротивление при температуре 20 °С, измеренное по истечению одного часа после восстановления.

Пример подключения TM2P приведен на рис. 3, осциллограммы напряжения на варисторе и входного тока при воздействии стандартных импульсов, рекомендованных в стандартах TIA-968 и ITU-T, – на рис. 4.

Устройства серии LVM2P – это самовосстанавливающиеся устройства защиты, ориентированные на применение в цепях питания телекоммуникационного оборудования. По сравнению с устройствами серии TM2P они отличаются существенно меньшим сопротивлением полимерного предохранителя и большим рабочим напряжением. Основные параметры комбинированных устройств защиты серии LVM2P даны в табл. 3, 4. Пример подключения приведен на рис. 5, осциллограммы тока и напряжения на варисторе при воздействии тестовых импульсов, рекомендованных в стандарте IEC61000-4-5, приведены на рис. 6. При "обрыве нейтрали" входное сетевое напряжение питания оборудования может повы-

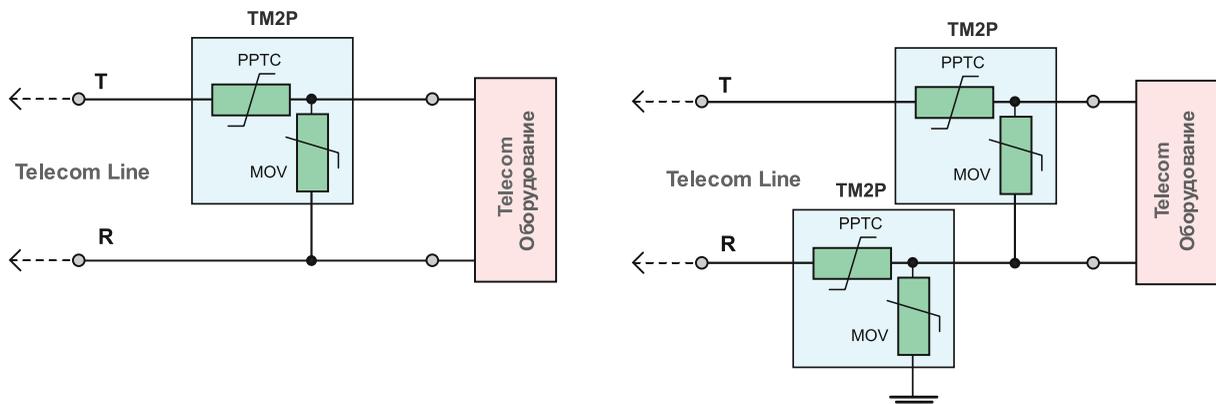


Рис. 3. Пример подключения TM2P

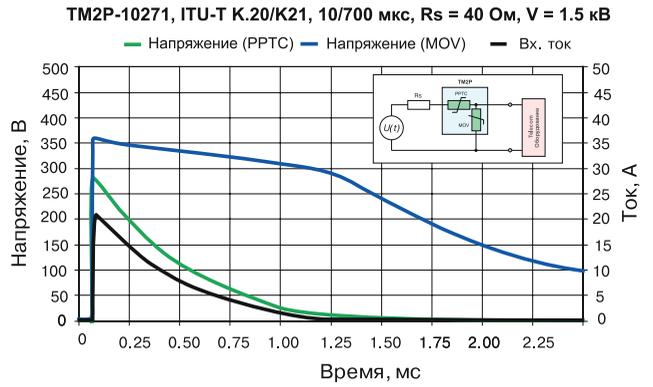
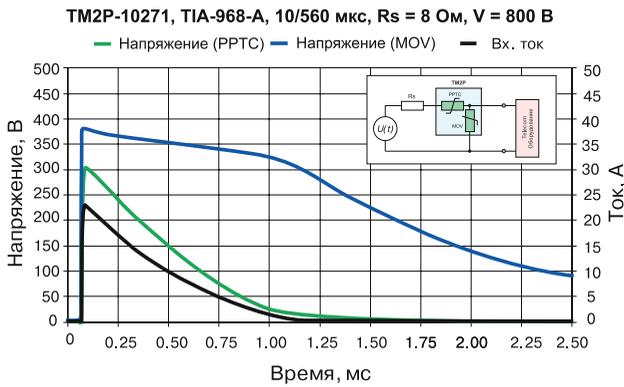


Рис. 4. Осциллограммы напряжения на варисторе и входного тока при воздействии стандартных тестовых импульсов (TIA/ITU-T)

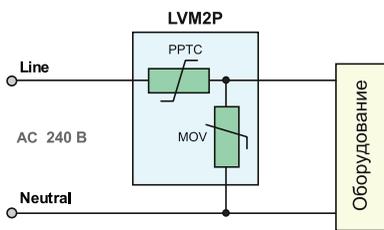


Рис. 5. Пример подключения LVM2P

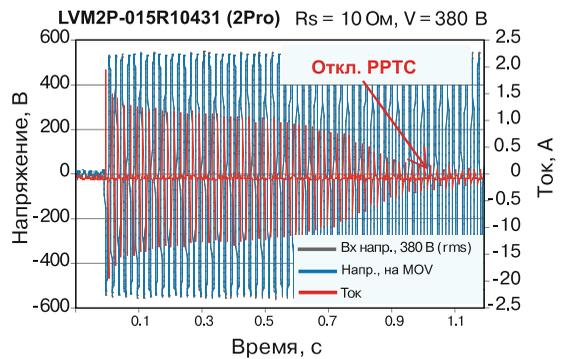


Рис. 7. Временные диаграммы, поясняющие принцип работы устройств защиты серии LVM2P

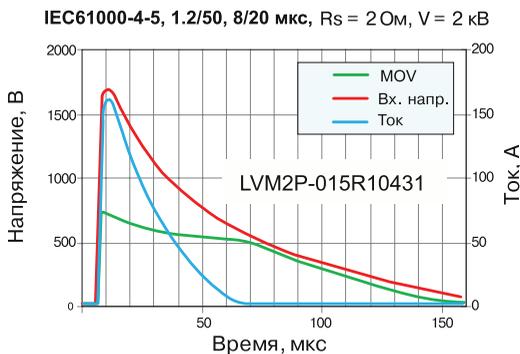


Рис. 6. Осциллограммы напряжения на варисторе и тока при воздействии стандартного тестового импульса (IEC61000-4-5)

сится до 380 В. Если своевременно не разорвать цепь питания или не ограничить ток, варистор попросту перегорит вследствие большой выделяемой мощности. На рис. 7 приведены временные диаграммы, поясняющие принцип работы устройств защиты серии LVM2P.

Условное обозначение устройств типа 2Pro приведено на рис. 8. Комбинированные

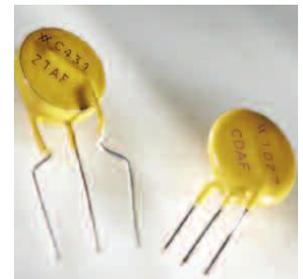


Рис. 8. Условное обозначение комбинированных устройств типа 2Pro

Таблица 3. Параметры PPTC (LVM2P)

Тип	I_{HOLD} , А	I_{TRIP} , А	Сопротивление, Ом			Время срабатывания, с (ток, А)	
			R_{min}	R_{max}	R_{1max}	Тип.	Макс.
LVM2P-015R10431	0.15	0.30	6.5	14.00	16.00	0.90 (1)	3.00 (1)
LVM2P-035R14431	0.35	0.75	1.4	2.20	2.80	0.50 (3)	2.00 (3)
LVM2P-075R14431	0.75	1.50	0.37	0.75	1.03	0.90 (7)	1.2 (7)

Таблица 4. Параметры MOV (LVM2P)

Тип	Напр. V_N (DC), В (при токе 1 мА)	Отклонение напр. V_N (DC), %	Сопротивление, МОм (при напр. 100 В)	Макс. напр. ограничения, В (ток, А)	Номинальная мощность, Вт
LVM2P-015R10431	430	±10	>10	710 (25)	0.25
LVM2P-035R14431				710 (50)	0.6
LVM2P-075R14431				710 (50)	1.0

устройства типа 2Pro соответствуют рекомендациям мировых стандартов безопасности: UL 60950, UL 497A, TIA-968-A, IEC 60950 и ITU-T K.20/K.21.

СЕРИЯ POLYZEN

Устройства защиты типа PolyZen содержат самовосстанавливающийся предохранитель типа PolySwitch PPTC и Zener-диод, что позволяет при их использовании сократить число применяемых компонентов и, соответственно, уменьшить габаритные размеры печатной платы. PolyZen – комбинированные устройства (PPTC/Zener), обеспечивающие как ограничение напряжения, так и ограничение тока. Пример подключения комбинированных устройств защиты типа PolyZen приведен на рис. 9, основные параметры даны в табл. 5 [5, 6].

R_{TYP} – типовое сопротивление между выводами V_{IN} и V_{OUT} при температуре 20 °С.

I_{FLT} – ток через Zener-диод (рис. 10).

I_{FLTmax} – максимально допустимый ток через Zener-диод, после воздействия которого он сохраняет работоспособное состояние (тестирование проводится при заданном напряжении и отключенной нагрузке).

V_{INTmax} – максимальное напряжение между выводами V_{IN} и V_{OUT} , после воздействия которого устройство сохраняет работоспособное состояние.

I_{PTC} – ток через полимерный предохранитель (рис. 10).

I_{OUT} – ток в нагрузке.

Комбинированные устройства защиты типа PolyZen предназначены для эксплуатации в диапазоне рабочих температур -40...85 °С, имеют емкость 4200 пФ (на частоте 1 МГц, при напряжении 1 В) и выдерживают электростатические разряды амплитудой до 15 кВ (НВМ – Human Body Model).

Устройства защиты типа PolyZen предохраняют оборудование не только от всплесков напряжения положительной полярности. При на-

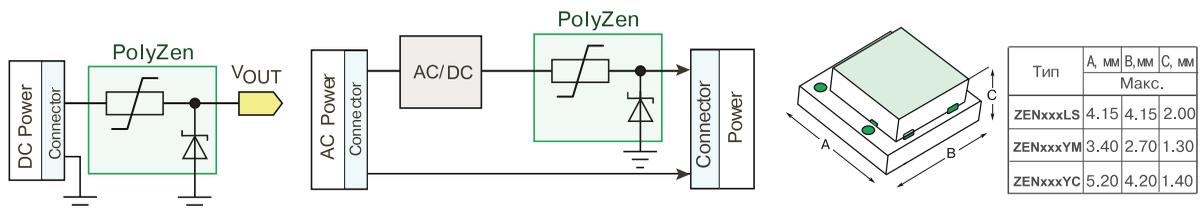


Рис. 9. Пример подключения комбинированных устройств защиты типа PolyZen

Таблица 5. Основные параметры устройств защиты типа PolyZen

Тип	Напряжение ограничения (V_2), В			I_{ZT} , А	I_{HOLD} , А	R_{TYP} , Ом	R_{1max} , Ом	$V_{INT max}$		$I_{FLT max}$	
	Мин.	Тип.	Макс.					$V_{INT max}^1$, В	Ток, А	$I_{FLT max}^1$, А	Напр., В
ZEN056V130A24LS	5.45	5.60	5.75	0.10	1.30	0.12	0.16	24	3	+10/-40	+24/-16
ZEN059V130A24LS*	5.80	5.90	6.00	0.10	1.30	0.12	0.15	24	3	+6/-40	+24/-16
ZEN065V130A24LS	6.35	6.50	6.65	0.10	1.30	0.12	0.16	24	3	+6/-40	+24/-16
ZEN098V130A24LS	9.00	9.80	10.00	0.10	1.30	0.12	0.16	24	3	+3.5/-40	+24/-16
ZEN132V130A24LS	13.20	13.40	13.60	0.10	1.30	0.12	0.16	24	3	+2/-40	+24/-16
ZEN164V130A24LS	16.10	16.40	16.60	0.10	1.30	0.12	0.16	24	3	+1.25/-40	+24/-16
ZEN056V230A16LS	5.45	5.60	5.75	0.10	2.30	0.04	0.06	16	5	+5/-40	+16/-12
ZEN065V230A16LS	6.35	6.50	6.65	0.10	2.30	0.04	0.06	16	5	+3.5/-40	+16/-12
ZEN098V230A16LS	9.60	9.80	10.00	0.10	2.30	0.04	0.06	16	5	+3.5/-40	+16/-12
ZEN132V230A16LS	13.20	13.40	13.60	0.10	2.30	0.04	0.06	16	5	+2/-40	+20/-12
ZEN056V075A48LS	5.45	5.60	5.75	0.10	0.75	0.28	0.45	48	3	+10/-40	+48/-16
ZEN132V075A48LS	13.20	13.40	13.60	0.10	0.75	0.28	0.45	48	3	+2/-40	+48/-16
ZEN056V115A24LS	5.45	5.60	5.75	0.10	1.15	0.15	0.18	24	3	+10/-40	+24/-16
ZEN056V130A16YM	5.35	5.60	5.85	0.10	1.30	0.110	0.160	14	3	+3/-40	+16/-12
ZEN056V175A12YM	5.35	5.60	5.85	0.10	1.75	0.050	0.095	12	4	+3/-40	+12/-12
ZEN132V130A16YM	13.20	13.40	13.80	0.10	1.30	0.110	0.160	14	3	+1/-40	+20/-12
ZEN132V175A12YM	13.20	13.40	13.80	0.10	1.75	0.050	0.095	12	4	+1/-40	+20/-12
ZEN056V130A24YC	5.35	5.60	5.85	0.10	1.30	0.110	0.170	24	3	+4/-40	+24/-16
ZEN056V230A16YC	5.35	5.60	5.85	0.10	2.30	0.040	0.070	16	5	+3/-40	+16/-12
ZEN056V260A16YC	5.35	5.60	5.85	0.10	2.60	0.040	0.055	16	5	+3/-40	+16/-12
ZEN132V130A24YC	13.20	13.40	13.80	0.10	1.30	0.110	0.170	24	3	+1/-40	+24/-16
ZEN132V230A16YC	13.20	13.40	13.80	0.10	2.30	0.040	0.070	16	5	+1/-40	+20/-12
ZEN132V260A16YC	13.20	13.40	13.80	0.10	2.60	0.040	0.055	16	5	+1/-40	+20/-12

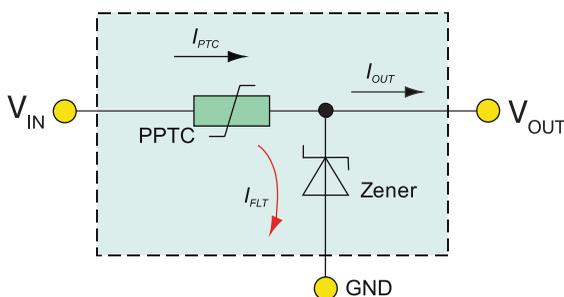


Рис. 10. Устройство защиты типа PolyZen

личии обратного напряжения ток протекает через Zener-диод в прямом направлении, что также ограничивает импульсы обратной полярности на уровне падения напряжения на

диоде. На рис. 11 приведены зависимости напряжения ограничения от тока через диод в прямом и обратном направлении, а также временные характеристики для некоторых типов устройств защиты типа PolyZen.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для защиты цепей электронных устройств от воздействия перенапряжений могут использоваться различные методы защиты. Одним из эффективных схемотехнических способов защиты электронных приборов от воздействия выбросов напряжения является применение комбинированный устройств типа 2Pro и PolyZen.

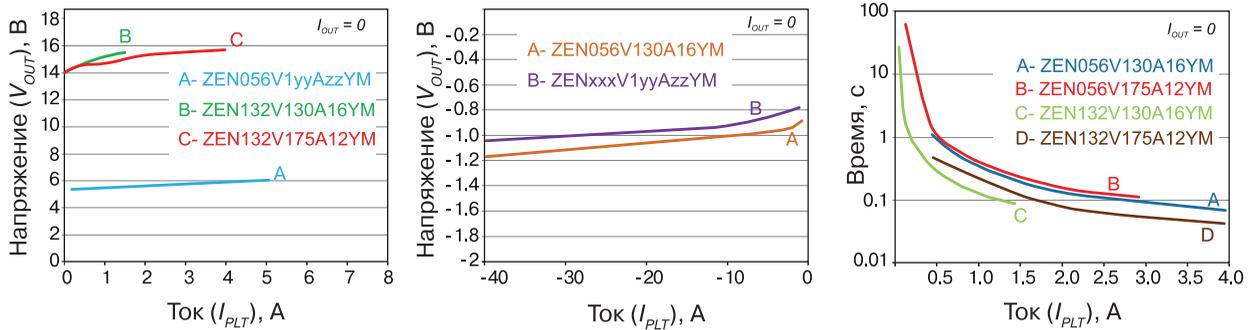


Рис. 11. Графики зависимости напряжения ограничения от тока через диод в прямом и обратном направлении, а также временные характеристики для некоторых типов устройств защиты типа PolyZen

Более полную информацию о комбинированных устройствах типа 2Pro и PolyZen можно найти в [1-6] или в фирме VD MAIS – официальном дистрибьюторе компании Littelfuse.

ЛИТЕРАТУРА

1. Integrated circuit protection device helps protect industrial equipment from overcurrent, overtemperature, overvoltage and ESD damage. – Littelfuse, 2016.
2. Integrated overcurrent/overvoltage/overtem-

- perature solutions for industrial equipment. – Littelfuse, 2016.
3. Integrated overcurrent/overvoltage protection solutions for telephony equipment. – Littelfuse, 2016.
4. Coordinated Circuit Protection Options for LED Lighting. – Littelfuse, 2016.
5. Polyzen devices polymer protected zener diode. – Littelfuse, 2016.
6. PolyZen device helps protect portable electronics from charger-induced failure. – Littelfuse, 2016.

ОФИСНЫЙ ЦЕНТР VD MAIS

Если Вам необходимо провести семинар, тренинг или презентацию, добро пожаловать в офисный центр НПФ VD MAIS!

К Вашим услугам современный конференц-зал площадью 300 кв.м, рассчитанный на 250 мест, который идеально подходит для проведения тренингов, семинаров и конференций. Для ведения деловых встреч имеются комнаты для переговоров. Офисный центр расположен в живописном парке "Отрадный". Зал оборудован мультимедийным проектором, микрофоном, LCD-монитором, компьютером, удобной мебелью, системой кондиционирования и гардеробной. Возможна организация "кофе-паузы", а также обедов в ресторане "VD Restaurant Park".



Обращаться по адресу: г. Киев, ул. М. Донца, 6
 ekis@vdmajs.ua
 тел.: (0-44) 220-0101 (внутр. 1209)
 факс: (0-44) 220-0202
 Контактное лицо: Вадим Черный



СУПЕРКОНДЕНСАТОРЫ

GOLD CAPACITORS

В статье рассматриваются характеристики суперконденсаторов компании Panasonic.

В. Раздобудько

Abstract – The article discusses the features of the gold capacitors.

V. Razdobudko

Суперконденсаторы (Gold Capacitors) как следует из названия – это конденсаторы большой емкости (одна и более фарад) [1, 2]. По сути, суперконденсаторы мало чем отличаются от обычных электролитических конденсаторов, а большая емкость достигается за счет использования технологии ELDC (Electric Double Layer Capacitors), что позволяет существенно увеличить эффективную площадь поверхности обкладок и уменьшить эффективное расстояние между ними до нескольких нанометров. В результате при тех же габаритных размерах традиционных конденсаторов удалось достичь большей емкости. Суперконденсаторы, выпускаемые многими производителями, отличаются разнообразием типоразмеров (рис. 1). От малогабаритных, размером всего с монету и, монтируемых на поверхность, до крупногабаритных, призматических или цилиндрических с винтовым креплением.



Рис. 1. Суперконденсаторы

Преимущества:

- низкое эквивалентное последовательное сопротивление
- высокая емкость
- отсутствие контроллера зарядки
- возможность последовательного и параллельного включения
- большой срок службы
- быстрый процесс зарядки и разрядки.

Области применения:

- бытовая техника (цифровые фотокамеры, ноутбуки, цифровые плееры и т.п.)
- GSM/GPRS-устройства и датчики беспроводных сетей
- игровые терминалы и игрушки
- автоматизированные средства измерений, наблюдения и контроля
- портативные терминалы ввода данных
- автомобильное оборудование, военная и медицинская техника
- резервное питание микропроцессоров, микроконтроллеров, памяти типа RAM/SRAM, часов реального времени (RTC).

Параметры суперконденсаторов серии HL (рис. 2, 3) компании Panasonic приведены в таблице. Срок службы составляет 2 тыс. ч при температуре 70 °С или 1 тыс. ч при напряжении 2.5 В и температуре 85 °С. Габаритные размеры суперконденсатора EECHL0E107 емкостью 100 Ф – диаметр 18, высота 70 мм.



Рис. 2. Суперконденсаторы серии HL

Более полную информацию о суперконденсаторах компании Panasonic можно найти в [1, 2].

Таблица. Параметры суперконденсаторов серии HL

Тип	Рабочее напряжение, В	Емкость, Ф	Эквивалентное послед. сопротивление (на частоте 1 кГц), Ом	Рекомендуемый ток разряда, А	Диапазон рабочих температур, °С
EECHL0E506	2.7	50 ± 10	0.015	10	-40...65
EECHL0E107		100 ± 20	0.010	15	
EECHL0E255	2.7 (2.5)	2.5 ± 0.5	0.07	2.5	-40...70 (85)
EECHL0E405		4.0 ± 0.8	0.05	3.5	
EECHL0E755		7.5 ± 1.5	0.03	6.0	

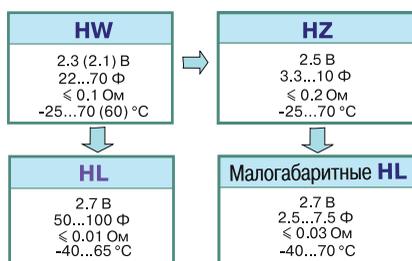


Рис. 3. Суперконденсаторы Panasonic с радиальными выводами

ЛИТЕРАТУРА

1. Panasonic Technical Guide. Electric Double Layer Capacitors (Gold Capacitor).
2. Panasonic. 2017 Products Catalog. Gold Capacitors. Electric Double Layer Capacitors.



RAC48/OF RAC60/OF

МАЛОГАБАРИТНЫЕ БЕСКОРПУСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ КЛАССА II

- широкий диапазон входных напряжений 90...265 В
- выходные напряжения 5, 12, 15 или 24 В
- высокий КПД
- точная настройка выходного напряжения
- защита от короткого замыкания
- защита от перенапряжения на выходе
- прочность изоляции 3 кВ
- диапазон рабочих температур -20...70°С
- гарантия 3 года

VD MAIS – официальный дистрибьютор компании Recom в Украине

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,
(095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmais.ua, www.vdmais.ua

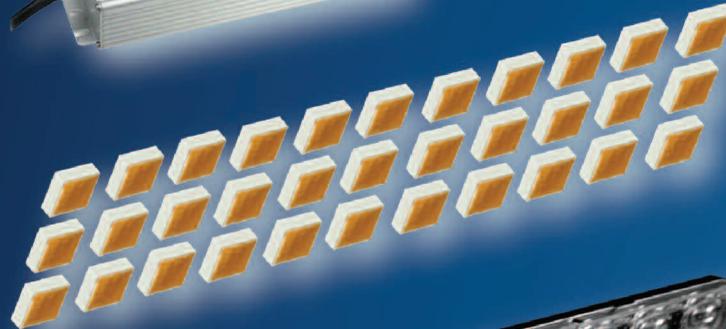


Недорогие светильники для промышленного освещения

на базе светодиодов XLamp MHB-B



HLG-120H-C500
HV output



XLamp MHB-B
33 шт.



FLORENCE-3R



Основные преимущества XLamp® MHB-B:

- самая низкая удельная стоимость на единицу светового потока [лм/\$] из всех светодиодов, выпускаемых компанией Cree
- керамический корпус
- температура кристалла до 105 °C
- время, за которое деградация светового потока составляет 10%, не менее 21 400 часов.

Применение светодиодов серии MHB-B вместо светодиодов средней и малой мощности позволяет уменьшить стоимость светодиодов, несмотря на более высокую стоимость одного экземпляра (при той же интенсивности света потребуются меньшее число светодиодов), уменьшить габариты и массу светильника.



VD MAIS – официальный дистрибьютор компаний **MEAN WELL**, **CREE** и **LEDIL** в Украине

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (032) 245-5478,
(095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmals.ua, www.vdmals.ua

ЦИФРОВЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ ROHDE&SCHWARZ RTB2000

Цифровые осциллографы начального уровня серии RTB2000, предназначенные для оснащения учебных лабораторий, имеют широкий набор функциональных возможностей и позволяют использовать их как индивидуально, так и коллективно, при подключении к локальной компьютерной сети.

Они дают возможность не только осуществлять контроль аналоговых сигналов по 4-м каналам, но и содержат встроенный 16-канальный логический анализатор, генератор сигналов различной формы и мультиметр. Это позволяет на базе одного прибора иметь универсальный измерительный комплекс, дающий возможность проводить анализ аналоговых и цифровых сигналов, сигналов различных последовательных интерфейсов, измерять их параметры, осуществлять быстрое преобразование Фурье исследуемых сигналов и многое другое.

Дружественный интерфейс и встроенная система обучения позволяют в короткие сроки освоить работу с прибором и ознакомиться с его функциональными возможностями. Высокие технические характеристики позволяют использовать его в профессиональных целях.

В. Макаренко

DIGITAL OSCILLOSCOPES FROM ROHDE&SCHWARZ RTB2000

Abstract - Digital oscilloscopes entry-level series RTB2000, is designed to equip teaching laboratories have a wide range of functionalities and pozolyat use them both individually and collectively, when connected to local network.

They provide an opportunity not only to monitor analog signals on 4 channels, but also contain a built-in 16-channel logic analyzer, signal generator various shapes and multimeter. This allows a single instrument to have universal measuring a property that allows for the analysis of analog and digital signals, measure their parameters, to carry out the fast Fourier transform of the test signals, analysis of signals of various serial interfaces and many more.

User-friendly interface and built-in learning system allow you to quickly master the instrument and become familiar with its functionality. High technical characteristics allow to use it for professional purposes.

V. Makarenko

Компания Rohde&Schwarz выпустила осциллограф начального уровня RTB2000. Что же подразумевается под "осциллографом начального уровня". Это универсальный 4-канальный цифровой осциллограф, который кроме функций, присущих аналогичным приборам, содержит цифровой мультиметр, генератор сигналов различной формы и тестовых последовательностей, логический анализатор и анализатор протоколов последовательных шин. Осциллограф позволяет осуществлять быстрое преобразование Фурье, тестирование по маске и длительный захват данных.



устройство: осуществлять управление прибором по сети, передавать результаты измерений и выводить полученные на экране результаты на видеопроектор.

Внешний вид осциллографа приведен на рис. 1.

На передней панели расположены органы управления режимами работы, входы (справа налево) подключения аналоговых сигналов (Ch1...Ch4), вход для подключения источников внешней синхронизации (Ext. Trigger In), 16 входов для подключения логических сигналов (Logic Channels), выходы встроенного генератора тестовых последовательностей для демонстрации возможности анализа сигналов последовательных интерфейсов P1...P3 (Pattern Generator) и выход генератора сигнала для настройки пробников P0 (Probe Compensation). Левее выходов Pattern Generator расположен разъем USB, выход встроенного в осциллограф генератора сигналов различной формы (Out Out) и кнопка включения питания.

На задней панели расположены: разъем для подключения кабеля питания и выключатель питания, разъемы USB и LAN (Ethernet).

Основные параметры осциллографа:

- 4 канала для исследования аналоговых сигналов

Основное назначение такого прибора, по мнению компании, оснащение учебных лабораторий. Хотя его параметры не уступают многим продуктам для профессионального использования и даже превосходят их, а по удобству использования аналогов этому осциллографу нет.

Большой сенсорный дисплей 10.1 дюйма с 10-ю точками касания позволяет осуществлять управление всеми режимами работы не прикасаясь к кнопкам управления, аналогично управлению смартфонами и планшетами. Наличие порта USB позволяет подключать внешний Flash-накопитель и другие устройства. Наличие порта Ethernet дает возможность использовать осциллограф как сетевое



Рис. 1. Внешний вид осциллографа RTB2000

- полоса пропускания 70, 100, 200 и 300 МГц для различных моделей осциллографов
- частота дискретизации 1.25 ГГц/канал, 2.5 ГГц в режиме чередования
- 10-разрядный АЦП
- объем памяти для хранения результатов измерений 10 миллионов отсчетов на канал и 20 миллионов в режиме чередования 2-х каналов
- частота обновления 50 000 осциллограмм/с
- максимальная чувствительность канала вертикального отклонения 1 мВ
- 10.1" емкостный сенсорный экран, 1280×800 пикселей
- поддержка жестов для масштабирования и детализации сигналов
- 16-канальный логический анализатор, частота дискретизации 1.25 ГГц
- возможность синхронизации внешними сигналами
- анализ сигналов в шинах I2C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN
- 4-разрядный генератор тестовых последовательностей
- генератор сигналов: синус, прямоугольные

импульсы, меандр, треугольный, пилообразный, SinC, экспоненциальный, сигнал произвольной формы

- регистрация сигналов в следующих режимах работы: выборка, огибающая, пиковое значение, высокое разрешение, усреднение результатов измерения, огибающая + пиковое значение
- сохранение и пополнение базы данных формы сигнала произвольной формы
- возможность настройки интерфейса пользователя
- расширенный набор режимов синхронизации
- выполнение основных математических операций над сигналами (+, -, *, /), спектральный анализ исследуемых сигналов (БПФ, 128 тыс. точек)
- работа в локальной сети
- документирование в виде снимков экрана или настроек прибора, сохраняемых на внешний Flash-накопитель
- автоматический выбор настроек по вертикали, по горизонтали и синхронизации для оптимального просмотра активных сигналов.

Для удобства работы с несколькими каналами органы управления выполнены с цветовой марки-

ровкой, которая позволяет быстро идентифицировать режим работы и выбранный канал (рис. 2). Первый канал отображается желтым цветом подсветки, второй – зеленым, третий – красным, а четвертый – фиолетовым. Поскольку органы регулировки смещения и чувствительности являются общими для всех каналов, то при нажатии на кнопку активации одного из каналов эти органы подсвечиваются соответствующим ему цветом. Это позволяет моментально оценить настройки какого канала включены в этот момент.

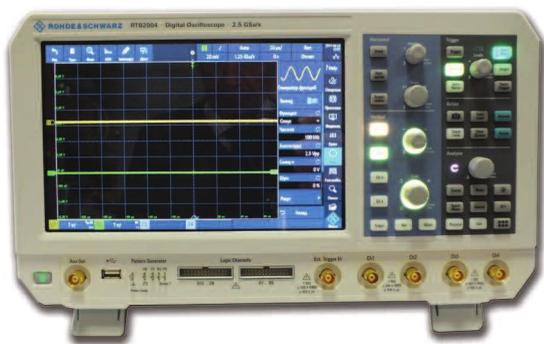


Рис. 2. Вид осциллографа в рабочем режиме

Назначение органов управления аналогично органам управления любых цифровых осциллографов и подробно описано в [1, 2]. Отметим только некоторые из них (рис. 3).

Кнопка Meas предназначена для вызова экранного меню. Экранное меню можно вызвать или убрать с экрана касанием экрана в нижнем правом углу (голубой ромб с буквами R и S внутри на рис. 2).

Кнопка Quick Meas – получение результатов из-



- Снимок экрана** и запись на Flash-накопитель
- Push to Select:** перемещение курсора и фиксация результатов в момент нажатия
- Meas:** вызов экранного меню
- Search:** включение экранного меню настроек поиска
- QuickMeas:** получение результатов нажатием одной кнопки

Рис. 3. Панель управления осциллографом

мерения в канале, сигналом которого осуществляется синхронизация осциллографа. Результат такого измерения в первом канале приведен на рис. 4. Снимок экрана на рис. 4 получен нажатием кнопки Снимок экрана (рис. 3). Для документирования результатов измерений в осциллографах предусмотрена возможность записи в память и на диск снимков экрана и осциллограмм (в формате .png).

Кнопка Search включает экранное меню настроек поиска по событию (рис. 5). Интуитивно понятно назначение каждого пункта меню, что позволяет даже неопытному пользователю верно задать параметры поиска.

Остановимся немного подробнее на параметрах встроенного генератора сигналов, меню которого вызывается нажатием кнопки Gen (рис. 3), либо после вызова экранного меню нажатием на пиктограмму Ген (видна на рис. 4 и 5).

Для сигналов различной формы диапазон частот

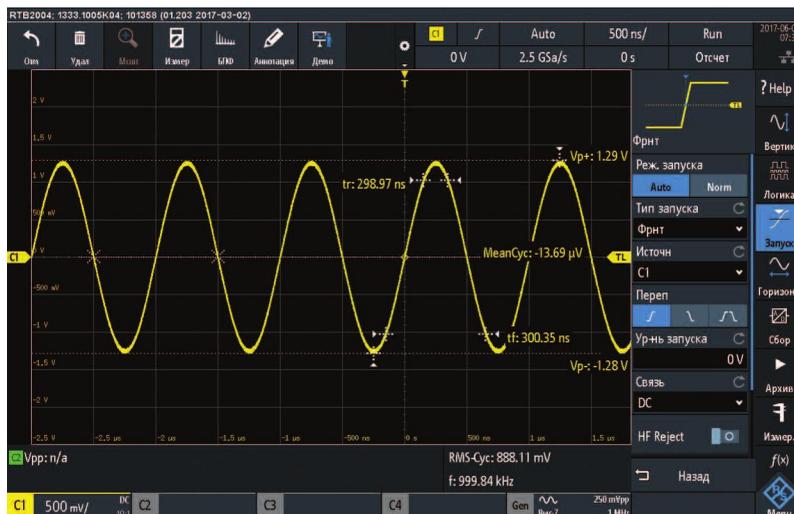


Рис. 4. Результат, полученный после нажатия кнопки Quick Meas



Рис. 5. Меню настроек поиска по событию

выходных сигналов существенно отличается. Ниже приведены значения максимальной частоты для сигналов различной формы (рис. 6):

- синус – 25 МГц
- SinC – 1 МГц
- прямоугольный (меандр) – 10 МГц
- импульс (с регулируемой скважностью) – 10 МГц
- треугольный, пилообразный (полярность по выбору) и экспоненциальный – 1 МГц
- сигнал произвольной формы – 1 МГц.

В генераторе предусмотрена возможность формирования модулированных сигналов. Например, для синусоидального сигнала можно задать амплитудную и частотную модуляцию, амплитудную и частотную манипуляцию. Кроме того, можно сформи-

ровать ЛЧМ-сигнал либо сигнал с логарифмическим законом изменения частоты. Пользователем задаются: время развертки, начальное и конечное значения частоты. Чтобы получить доступ к настройкам вида модуляции, необходимо меню генератора протянуть вверх по экрану (из-за большого числа настроек параметров генерируемых сигналов полностью меню на экране не помещается).

Аналогичные режимы работы и виды модуляции доступны для всех форм сигналов.

Генератор позволяет формировать сигналы произвольной формы и 4-битовые цифровые последовательности. Сигналы и цифровые последовательности можно импортировать в виде CSV-файлов или скопировать из осциллограмм прибора. Перед

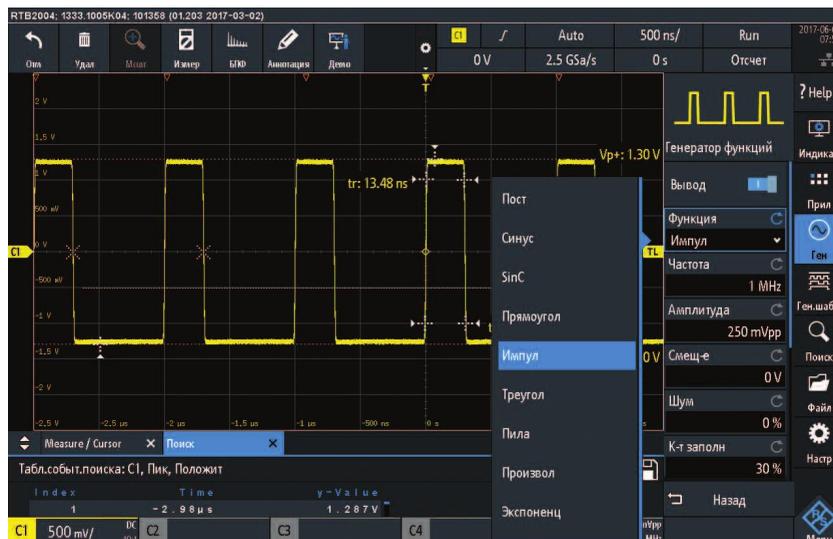


Рис. 6. Меню выбора формы сигнала встроенного генератора

воспроизведением сигналов можно осуществлять их предварительный просмотр. Можно использовать предварительно заданные цифровые последовательности, например, для сигналов шин I²C, SPI, UART и CAN/LIN.

Панель инструментов на экране осциллографа может настраиваться пользователем. Для ее настройки необходимо коснуться значка Шестеренка по центру панели и в открывшемся окне (рис. 7) выбрать 8 инструментов, которые необходимы для работы чаще всего. Сочетая экранную панель инструментов и традиционные органы управления осциллографом можно очень быстро получить доступ к любым функциям и настройкам осциллографа, что значительно повышает удобство работа с ним.

Рассмотрим кратко некоторые функции осциллографа.

Цифровой вольтметр

Осциллограф R&SRRTB2000 оснащен трехрядным цифровым вольтметром. Вольтметр позволяет измерять (рис. 8) постоянное напряжение, переменное + постоянное (СКЗ) и переменное (СКЗ).

Результаты измерения отображаются в окошке (на рис. 7 в верхнем левом углу). Слева отображается режим измерений (на рис. 7 – Пост + перем), а справа значение измеренной величины.

Тестирование по маске

Испытания на соответствие маске обеспечивают быстрое обнаружение выхода исследуемого сигнала за допустимые значения. При этих испытаниях используется статистический анализ соответствия или несоответствия маске, который позволяет по-

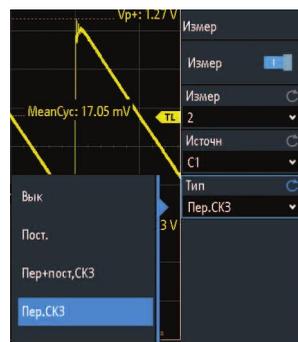


Рис. 8. Меню настройки вольтметра

лучить оценку качества и стабильности испытуемого устройства. При выходе сигнала за пределы маски измерение останавливается и генерируется импульс, который выводится на выходной разъем AUX-OUT осциллографа.

Архив и сегментированная память

По дополнительному заказу осциллограф может быть дополнен модулем архива R&SRRTB-K15, который увеличивает объем памяти с 10 млн отсчетов на канал до 160 млн отсчетов. Пользователи получают возможность просмотра предыдущих выборок данных и их анализа с помощью всех имеющихся инструментов осциллографа, например, функций декодирования протоколов и использования логических каналов. В режиме ультрасегментации сигналы перед своей визуализацией захватываются как единое целое. Сигналы последовательных шин и импульсные последовательности записываются практически без разрывов.

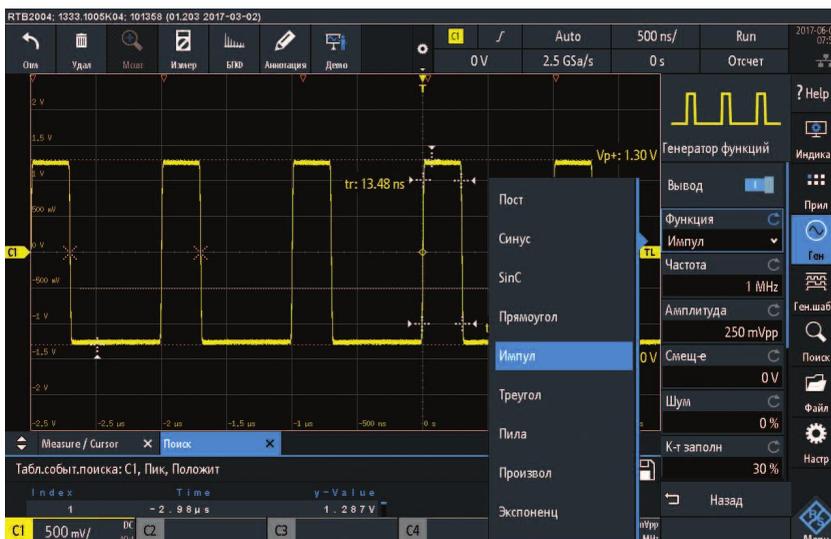


Рис. 7. Меню настройки панели инструментов

Расширение функциональных возможностей под требования заказчика

Осциллографы R&SRRTB2000 можно настроить под необходимые требования к модернизации путем установки программных лицензий. Эти возможности относятся, например, к синхронизации и декодированию последовательных протоколов, к режиму архива и сегментированной памяти. Генератор сигналов и тестовых последовательностей, а также возможности работы в смешанном режиме MSO 1) уже встроены в прибор и требуют лишь своей активации. С помощью ключевого кода можно расширить полосу пропускания прибора до 300 МГц. Все это значительно упрощает проведение модернизации.

Многоязычная поддержка:

выбор из 13 языков

Интерфейс пользователя RTB2000 и оперативно-доступная справочная система поддерживают тринадцать языков (английский, немецкий, французский, испанский, итальянский, португальский, чешский, польский, русский, упрощенный и традиционный китайский, корейский и японский). Пользователи могут изменить язык интерфейса во время работы прибора, вся операция займет лишь несколько секунд.

Защита данных

Функция безопасного стирания позволяет защищать конфиденциальные данные. При ее использовании из памяти прибора удаляются все пользовательские данные и настройки, включая схемы настройки прибора и осциллограммы.

Возможности подключения внешних устройств

Осциллограф RTB2000 может напрямую подключаться к ПК через встроенные порты USB. Пользователь ПК получает доступ к памяти осциллографа (рис. 9).

Через порт USB (хост) на Flash-накопитель могут передаваться снимки экрана или настройки прибора. Реализация протокола передачи медиаданных (MTP) обеспечивает простую интеграцию. Через порт USB (устройство) и сетевой интерфейс LAN также возможно дистанционное управление прибором.

Встроенная функция веб-сервера позволяет пользователям управлять осциллографом и отображать содержимое его экрана для аудитории. В прибор входят интерфейсы данных и программные интерфейсы, например, для простой интеграции в среду MATLAB.

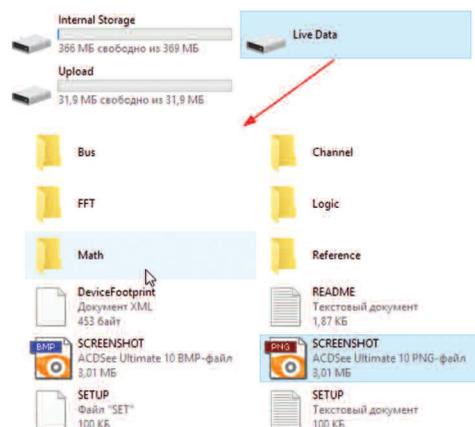


Рис. 9. Структура памяти осциллографа доступная пользователю ПК

Пробники для точных измерений

Для проведения измерений прибор комплектуется пассивными пробниками напряжения. Дополнительно могут быть заказаны несимметричные высоковольтные пробники, дифференциальные и токовые пробники.

Отметим еще некоторые интересные особенности прибора. К ним можно отнести **Аннотацию** и режим **Демо** (рис. 7).

Аннотация

При касании пиктограммы аннотация на экран выводится меню (рис. 10) в котором можно выбрать: карандаш, одного из пяти цветов, текст (буква **T**), ластик и щетку (рис. 10).

Карандашом можно нанести ручную надписи либо значки в любом месте экрана где располагается сигналограмма. При выборе **T** на экран выводится виртуальная клавиатура с помощью которой можно ввести поясняющий текст.

Ластик позволяет удалять отдельные фрагменты аннотации, а щетка удаляет аннотацию полностью.

В режиме **Демо** пошагово можно просмотреть результаты работы осциллографа в различных режимах. Меню режима **Демо** разбито на 4 подменю: основные функции, дополнительные функции, пользовательские (вводимые пользователем) и USB (загружаемые через интерфейс USB). По умолчанию последние два подменю пусты и наполняются в процессе работы пользователем.

Основные параметры осциллографов серии RTB2000 приведены в таблице.

Более подробную информацию о параметрах, режимах работы и настройках осциллографа можно найти в [2] и на сайте компании Rohde&Schwarz <https://cdn.rohde-schwarz.com>.

Основные параметры осциллографов серии RTB2000

Система вертикального отклонения		
Количество каналов	R&S®RTB2002; R&S®RTB2004	2; 4
Полоса пропускания (на уровне -3 дБ) при 50 Ом	R&S®RTB2002/2004 (с опциями R&S® RTB-B21x, R&S®RTB-B22x и R&S®RTB-B23x)	70 МГц, 100 МГц, 200 МГц, 300 МГц
Время нарастания (расчетное)	R&S®RTB2002/2004 (с опциями R&S® RTB-B21x, R&S®RTB-B22x и R&S®RTB-B23x)	5 нс, 3,5 нс, 1,75 нс, 1,15 нс
Входной импеданс		1 МОм ± 2% и 19 пФ ± 2 пФ (изм.)
Чувствительность по входу	при максимальной полосе пропускания во всех диапазонах	от 1 мВ/дел до 5 В/дел
Точность усиления по постоянному напряжению	смещение и позиция = 0, максимальное изменение рабочей	температуры ±5 °С после саморегулировки
	входная чувствительность > 5 мВ/дел	
	входная чувствительность ≤ 5 мВ/дел	± 2% полной шкалы
Разрешение АЦП		10 бит, до 16 бит при децимации с высоким разрешением
Система сбора данных		
Максимальная частота дискретизации (в режиме реального времени)		1,25 ГГц; 2,5 ГГц
Память для собранных данных	стандартная; с опцией R&S®RTB-K15	10 млн отсчетов; 20 млн. отсчетов с чередованием; 160 млн отсчетов сегментированной памяти
Система горизонтального отклонения		
Диапазон временной развертки		выбирается от 1 нс/дел до 500 с/дел
Система синхронизации (запуска)		
Типы запуска	стандартные	по фронту, по длительности, по видеосигналу (PAL, NTSC, SECAM, PAL-M, SDTV 576i, HDTV 720p, HDTV 1080i, HDTV 1080p), по шаблону, по строке, по последовательной шине
	опция	PC, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN/LIN
Функции анализа и измерений		
Быстрое измерение (QuickMeas)	при нажатии кнопки измеренные значения непрерывно "записываются" на осциллограмму	размах напряжения, положит. пик, отриц. пик, время нарастания, время спада, среднее значение, среднеквадратическое значение, время, период, частота
Математические операции с сигналом		сложение, вычитание, умножение, деление, БПФ
Опция MSO		
Цифровые каналы		16 (2 логических пробника)
Частота дискретизации		1,25 ГГц
Память для собранных данных		10 млн отсчетов
Генератор сигналов		
Разрешение, частота дискретизации		14 бит, 250 млн отсчетов/с
Амплитуда	высокое-Z; 50 Ом	от 20 мВ до 5 В (размах); от 10 мВ до 2,5 В (размах)
Смещение пост.составл.	высокое-Z; 50 Ом	±2,5 В; ±1,25 В
Диапазоны частот формируемых сигналов	синусоидальный	от 0.1 Гц до 25 МГц
	импульсный/прямоугольный	от 0.1 Гц до 10 МГц
	пилообразный/треугольный	от 0.1 Гц до 1 МГц
	шумовой	макс. 25 МГц
Произвольный	частота дискретизации; объем памяти	макс. 10 млн отсчетов/с; 16 тыс. точек
Общие данные		
Экран		10,1" WXGA цветной TFT дисплей (1280 × 800 пикселей)
Интерфейсы		USB (хост) с MTP, USB (устройство), LAN, мощный веб-сервер для дистанционного отображения и работы
Акустический шум	максимальный уровень звукового давления на расстоянии 1,0 м	28,3 дБ (А)
Габариты	Ш × В × Г	390 × 220 × 152 мм
Масса		2,5 кг



Рис. 10. Меню аннотация

ЛИТЕРАТУРА

1. https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheet

ts/pdf_1/RTB2000_bro_ru_3607-4270-18_v0301.pdf
 2. https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_manuals/gb_1/r/rtb_1/RTB_UserManual_en_02.pdf

Han® B Connector Housing –

корпус соединителя с высокой степенью защиты от воздействия окружающей среды, соответствующей классу IP67.



www.HARTING.com

Оптимальная защита. Минимум усилий при сочленении. Универсальность применения.

- простота монтажа, соответствие изоляции классу защиты IP67
- специальное фланцевое уплотнение с использованием перегородок между группами контактов
- подтвержденное результатами испытаний высокое контактное давление при минимуме усилий сочленения, достигнутое благодаря использованию фиксирующих рычагов HARTING Han-Easy Lock®
- простота сборки с фиксацией положения отдельных групп контактов размерами Han® 6 В, 10 В, 16 В и 24 В



VD MAIS – официальный дистрибьютор компании HARTING в Украине

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,
 (095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmairs.ua, www.vdmairs.ua

ШКАФЫ VARISTAR – НАДЕЖНАЯ ЗАЩИТА В МИРЕ СТИХИЙ



УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ

Наличие модификации шкафа, рассчитанной на большие статические нагрузки, возможность работы в сейсмоопасных условиях и при воздействии электромагнитных полей.

МНОГОВАРИАНТНОСТЬ

Поставка шкафа в сборе или отдельными узлами с возможностью выбора габаритных размеров и аксессуаров.

ПРОСТОТА МОНТАЖА

Обеспечение доступа к размещаемому в шкафу оборудованию с любой стороны благодаря легкоъемным стенкам.

ЗАЩИТА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА

Наличие механических защелок и кодового электронного замка на дверях.

 **PENTAIR**

Schroff

<https://schroff.pentair.com/en/schroff>

VD MAIS – официальный дистрибьютор продукции компании SCHROFF в Украине

тел./факс: (044) 220-0101, (057) 719-6718,
(0562) 319-128, (032) 245-5478,
(048) 734-1954, (095) 274-6897,
info@vdmias.ua, www.vdmias.ua

802.11ax – НОВАЯ ВЕРСИЯ СТАНДАРТА ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ WI-FI



В статье приведена краткая информация об особенностях и преимуществах нового стандарта беспроводной связи Wi-Fi 802.11ax, предназначенного для повышения скорости передачи данных в четыре раза в местах большого скопления пользователей.

В. Макаренко

802.11ax – A NEW VERSION STANDART OF THE HIGH-SPEED WI-FI COMMUNICATION SYSTEM

Abstract – The article briefly describes the features and benefits of the new wireless standard Wi-Fi 802.11ax, designed to increase the data transfer speed four times in places where users are crowded.

V. Makarenko

В [1] сравниваются достижения в области автомобилестроения (на примере компании Феррари) и систем связи стандарта 802.11. В 2015 г. компания Феррари выпустила на рынок модель автомобиля Ferrari California T, оснащенного двигателем мощностью 553 л.с (412 кВт), который разгоняется до скорости 100 км/ч за 3.6 с.

Сегодня большинство людей не смогут приобрести итальянский спорткар и наслаждаться комфортной и высокоскоростной ездой на отдыхе или в путешествиях, но они в состоянии наслаждаться высокоскоростной беспроводной связью, что стало весьма существенным фактором для современного пользователя.

Для лучшего понимания того, какие скорости передачи данных требуются на сегодняшний день, в табл. 1 приведены зависимости необходимой скорости передачи информации для некоторых форматов видеосигналов.

Первые устройства стандарта Wi-Fi 802.11 b (1999 г.), обеспечивали максимальную скорость передачи данных 11 Мбит/с. Это достижение было хорошим первым шагом, но по скорости передачи данных значительно уступало проводным системам связи.

Спустя четыре года была разработана версия стандарта 802.11g (2003 г.), который обеспечивал увеличение скорости передачи данных до 54 Мбит/с благодаря внедрению технологии мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM).

Следующий этап повышения скорости пришел с внедрением стандарта 802.11n (2009 г.). Скорость передачи данных была увеличена до 150 Мбит/с.

Разработка и внедрение стандарта 802.11ac (2013 г.) обеспечивает возможность передачи данных на скоростях около 866 Мбит/с на один пространственный поток в канале с полосой пропускания

Таблица 1. Зависимость скорости потока видеосигнала от его характеристик

Тип видеосигнала	Описание	Скорость потока
Без компрессии	720p (RGB) 1280×720 пикс.; 24 бит/пикс., 60 кадр/с	1.3 Гбит/с
	1080i (RGB) 1920×1080/2 пикс.; 24 бит/пикс., 60 кадр/с	1.5 Гбит/с
	1080p (YCrCb) 1920×720 пикс.; 24 бит/пикс., 60 кадр/с	3.0 Гбит/с
	1080p (RGB) 1920×720 пикс.; 24 бит/пикс., 60 кадр/с	3.0 Гбит/с
Слабое сжатие	Motion JPEG2000	150 Мбит/с
	H.264	70...200 Мбит/с
Сжатый	Blu-ray™	50 Мбит/с
	HD MPEG2	20 Мбит/с
	Ultra HD или 4K (3840×2160 пикс.)	100...300 Мбит/с

ния 160 МГц. Стандарт 802.11ac позволяет осуществлять одновременную передачу различных данных нескольким станциям в нисходящем канале (Downlink Multi-user Multiple Input Multiple Output, DL MU MIMO), т.е. от точки доступа к станциям.

При использовании: метода модуляции 256-QAM и восьми пространственных потоков (максимального количество); многопользовательского доступа MIMO (MU-MIMO) и алгоритма STA (Spanning Tree Algorithm – алгоритма покрывающего/связывающего дерево сети) при работе с одной или несколькими антеннами; множественного доступа с пространственным разделением каналов (SDMA – Space Division Multiple Access), при котором потоки разделены не по частоте, а в пространстве, аналогично MIMO в стандарте 802.11n, теоретически можно достичь максимальной скорости передачи данных 6,97 Гбит/с. Благодаря использованию перечисленных выше технологий, в стандарте 802.11ac, реализована передача или прием одновременно несколько независимых потоков данных [2].

Однако такую скорость можно получить только в тестовой лаборатории. В действительности, пользователи обычно получают удручающе медленный трафик данных при попытке проверить свою электронную почту через общественный Wi-Fi Интернет (например, в оживленном терминале аэропорта).

IEEE утвердила стандарт 802.11ad, обеспечивающий скорость передачи данных до 7 Гбит/с, в конце 2012 года. Технология передачи данных, описанная в этом стандарте, служит основой для построения трехдиапазонных сетей и беспроводных док-станций.

В отличие от стандарта 802.11ac [3] в стандарте 802.11ad в дополнение к двум традиционным предусмотрен еще один частотный диапазон – 60 ГГц. В то время как в частотных диапазонах 2.4 ГГц и 5 ГГц диаграмма направленности антенны близка к круговой, то в диапазоне 60 ГГц она остронаправленная. Эта особенность важна для понимания роли стандарта 802.11ad. Он не разрабатывался как замена пользовательским беспроводным сетям Wi-Fi, а дополняет их возможности. Введение диапазона 60 ГГц (сигналы в котором значительно ослабляются при прохождении через стены) сделано для обеспечения высокоскоростной беспроводной связи напрямую между различными устройствами, например, между ноутбуком и дисплеем или телевизионным приемником. Причем при скорости передачи 7 Гбит/с можно обеспечить передачу несжатого ви-

деокодекта высокого разрешения. В табл. 1 приведены характеристики широко используемых в настоящее время видеосигналов и соответствующие им скорости передачи информации.

Низкочастотные диапазоны, предусмотренные стандартом [1], позволяют строить сети Wi-Fi со скоростью передачи данных до 1.5 Гбит/с.

Стандартом 802.11ad предусмотрено создание до 256 частотных диапазонов для работы устройств:

- 0 – свободные ТВ-каналы
- 1 – 1 ГГц (исключая свободные ТВ-каналы)
- 2 – 2.4 ГГц
- 3 – 3.6 ГГц
- 4 – 4.9 и 5 ГГц
- 5 – 60 ГГц
- 6...255 – резервные диапазоны.

Новая редакция стандарта беспроводных сетей IEEE 802.11ax направлена на повышение скорости обмена данными в местах большого скопления пользователей. Помимо повышения скорости передачи данных новый стандарт реализует несколько механизмов для обслуживания большего количества пользователей и повышения надежности передачи данных в беспроводных сетях.

Главные отличительные характеристики 802.11ax:

- 802.11ax обеспечивает работу в диапазонах частот 2.4 и 5 ГГц
- поддерживает базовые частотные полосы 20/40/80/160 МГц
- поддерживает работу MIMO 8×8 и обеспечивает одновременную передачу до 8 пространственных потоков
- поддерживает работу MU-MIMO в двух направлениях (DL и UL).
- поддержка MU-MIMO обеспечивает взаимодействие с точкой доступа 802.11ax одновременно в двух направлениях
- поддержка модуляции типов 512 и 1024QAM
- обновленная схема передачи преамбулы и повторной переотправки.

За счет применения всех рассматриваемых механизмов в комбинации, стандарт 802.11ax теоретически сможет обеспечить скорости передачи информации до 10 Гбит/с.

Для сравнения характеристик различных версий стандартов Wi-Fi в табл. 2 приведены их основные параметры.

В стандарте 802.11ax применяется технология MU MIMO и для передачи в восходящем канале (Uplink Multi-user Multiple Input Multiple Output, UL MU

Таблица 2. Основные параметры различных версий стандартов Wi-Fi

Версия стандарта	802.11	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ax
Год ратификации	1997	1999	1999	2003	2009	2014	2017-2019
Рабочая частота, ГГц	2.4 /IR	2.4	5	2.4	2.4/5	5	2.4/5
Ширина полосы канала связи, МГц	20	20	20	20	20/40	20/40/80/160	20/40/80/160
Пиковая физическая скорость (PHY), Мбит/с	2	11	54	54	600	6933	9608
Макс. количество SU-потоков (SU Streams)	1	1	1	1	4	8	8
Макс. количество MU-потоков (MU Streams)	–	–	–	–	–	4	8
Технология передачи данных	DSSS, FHSS	DSSS, CCK	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM, OFDMA
Тип модуляции и скорость кодирования	DQPSK	CCK	64-QAM, 3/4	64-QAM, 3/4	64-QAM, 5/6	256-QAM, 5/6	1024-QAM, 5/6
Макс. количество поднесущих OFDM	–	–	64	64	128	512	2048
Разнесение несущих, кГц	–	–	312.5	312.5	312.5	312.5	78.125

ММО), т.е. от пользователей к точке доступа. Кроме того, для того чтобы более эффективно использовать широкий частотный диапазон и бороться с частотноселективными замираниями и интерференцией, впервые будет применяться множественный доступ с ортогональным частотным разделением (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access – OFDMA) [4].

Стандарт IEEE 802.11ax направлен на повышение эффективности работы сетей Wi-Fi в различных условиях. Особенно это важно при создании беспроводных сетей для стадионов, аэропортов, вокзалов, выставочных залов, торговых центров, где сотни точек доступа Wi-Fi работают в сравнительно небольшой ограниченной области пространства (рис. 1). Подобное плотное размещение беспроводных сетей характерно и для жилых или офисных зданий. На сегодняшний день во многих квартирах или офисах, как правило, есть одна или даже несколько точек доступа Wi-Fi.

При планировании сетей 802.11ax предполагается наличие сильно неоднородного трафика, в то время как в предыдущих версиях Wi-Fi, как правило, учитывался только один тип трафика (например, ви-



Рис. 1. Пример объекта с высокой плотностью пользователей

деотрансляция в режиме реального времени, загрузка файлов или просмотр веб-страниц).

Еще одной особенностью IEEE 802.11ax является интенсивное использование восходящего канала в современных беспроводных сетях. Это объясняется многочисленными загрузками фото, видео и документов в социальные сети и облачные сервисы.

Новая версия стандарта предусматривает обратную совместимость с точками доступа, поддерживающими работу в более ранних версиях стандарта – "старыми точками".

Необходимо не допустить существенного ухудшения работы "старых точек" при одновременной работе в той-же сети точек доступа 802.11ax. Однако наличие "старых точек" может значительно снизить выигрыш, который можно получить благодаря использованию новых технологий стандарта 802.11ax.

Рассмотрим более подробно изменения, предлагаемые в стандарте IEEE 802/11ax.

Изменения на физическом уровне

Параметры физического уровня, который используется в 802.11ax, в целом близок к 802.11ac. В 802.11ax используется мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) и поддерживается работа в частотных каналах шириной 20, 40, 80, 80+80 и 160 МГц.

Спецификация определяет четырехкратное увеличение количества поднесущих OFDM до 2048. Однако это приводит к существенным изменениям при работе со стандартом 802.11ax. Интервал между поднесущими сокращен в четыре раза по сравнению с интервалом между поднесущими предыдущих версий 802.11, сохраняя существующие полосы пропускания канала (рис. 2).

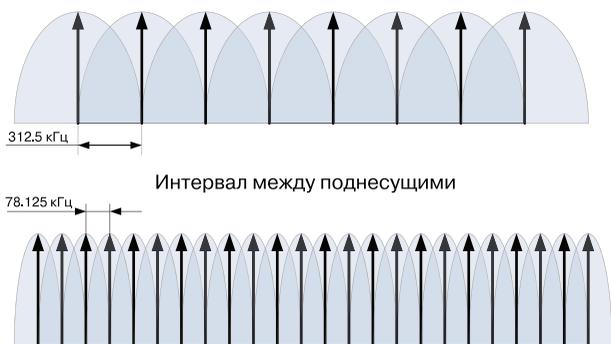


Рис. 2. Изменение интервала между несущими OFDM-сигнала в стандарте 802.11ax

В 802.11ax дополнительно будет использоваться множественный доступ с ортогональным частотным разделением (OFDMA). Чтобы увеличить количество поднесущих и обеспечить лучшую избирательность при использовании технологии OFDMA, длительность OFDM-символов, которые используются для передачи блока пользовательских данных, была увеличена в 4 раза, т.е. равна 12,8 мкс вместо 3,2 мкс [4]. Надежность многопользовательской пере-

дачи в восходящем канале будет возрастать, так как в случае увеличения джиттера из-за неточной синхронизации по времени устройств различных пользователей, при увеличенной длительности символа вероятность ошибок уменьшается.

В стандарте 802.11ax предусмотрено увеличение защитного интервала (Guard Interval, GI) между OFDM-символами, что позволяет уменьшить межсимвольную интерференцию и обеспечивает более устойчивую связь в помещениях и в смешанных среде – помещение/улица. Предусмотрено три варианта длительности защитного интервала: стандартный 0.8 мкс, а также увеличенные 1.6 мкс и 3.2 мкс (предусмотрена также возможность, как и в стандарте 802.11ad, для увеличения скорости передачи информации формировать укороченный защитный интервал длительностью 0.4 мкс) [1].

Модифицирован формат кадров. Каждый кадр начинается с преамбулы, которая, в случае использования канала шириной более 20 МГц, дублируется в каждом подканале шириной 20 МГц (рис. 3).

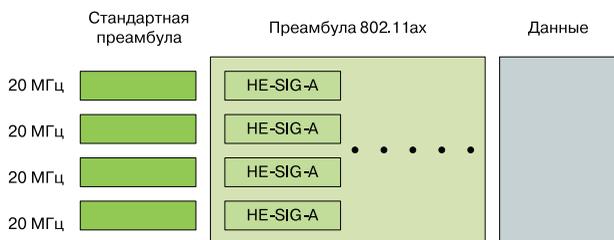


Рис. 3. Дублирование стандартной преамбулы и поля HE-SIG-A в преамбуле 802.11ax в каждом подканале шириной 20 МГц

Преамбула состоит из двух частей: стандартной части и преамбулы 802.11ax. Стандартная часть преамбулы может быть декодирована любыми станциями Wi-Fi и используется для обеспечения обратной совместимости с ними. Кроме того, она содержит специальные обучающие последовательности (LSTF и LLTF), которые необходимы для синхронизации приемника и настройки на принимаемый сигнал, а также поле LSIG с информацией, необходимой для вычисления длительности кадра (рис. 4). Преамбула 802.11ax может быть декодирована только станциями 802.11ax. Важно уметь быстро и с высокой вероятностью отличить кадр 802.11ax от кадров предыдущих дополнений. Для этого принято решение дублировать поле LSIG стандартной части преамбулы [4]. Обнаружив повтор поля LSIG, 802.11ax-станция детектирует кадр 802.11ax. Новая преамбула содержит обязательное

поле HE-SIG-A, опциональное поле HE-SIG-B, а также специальные обучающие последовательности, необходимые для настройки MIMO.



Рис. 4. Структура кадра 802.11ax

Длительность поля HE-SIG-A составляет два OFDM-символа, которые, в случае использования канала шириной более 20 МГц, дублируются в каждом подканале шириной 20 МГц и содержат информацию (рис. 5), необходимую для приема и обработки пакета: используемую сигнально-кодую конструкцию (СКК), ширину канала, количество пространственных потоков (Number of Spatial Streams). Поле HE-SIG-A содержит такую информацию, как неуникальный идентификатор сети (BSS color), длительность планируемых передач (Transmission opportunity, TXOP), флаг, указывающий на то, в восходящем или нисходящем канале ведется передача, и др. Наличие данной информации в преамбуле позволяет получить важные сведения без декодирования пакета целиком. Так как поле HE-SIG-A содержит служебную информацию, которая может оказаться полезной не только для предполагаемого приемника, но и для других станций сети, то необходимо обеспечить надежную передачу данного поля.

Для повышения эффективности использования канального ресурса решено использовать следующий подход: при использовании для передачи каналов шириной ≥ 40 МГц два соседних подканала шириной 20 МГц содержат разные части поля HE-SIG-B, в то время как остальные подканалы дублируют информацию (рис. 5).

В стандарте IEEE 802.11ax можно использовать в сетях Wi-Fi квадратурную модуляцию 1024-QAM. Использование модуляции такого высокого порядка требует большого отношения сигнал/шум, чтобы обеспечить малую вероятность появления ошибок. Модуляция 1024-QAM в основном предназначена для использования в помещениях при небольшом расстоянии между передатчиком и приемником и



Рис. 5. Содержимое подканалов шириной 20 МГц при передаче поля HE-SIG-B в канале шириной 40 МГц

позволяет повысить пропускную способность более чем на 20%. Кроме того, в стандарте 802.11ax можно использовать так называемую двойную модуляцию поднесущей (Dual sub-carrier modulation – DCM), предполагающей передачу одинаковой информации на двух поднесущих, которые расположены достаточно далеко друг от друга в частотной области, что обеспечивает низкую взаимную интерференцию.

Передача служебных кадров использует значительную долю канального ресурса. Чтобы уменьшить накладные расходы, возникающие из-за наличия служебного трафика, дополнение 802.11ax запрещает передачу биконов (тело фрейма Бикона содержит идентификатор сети WLAN: SSID, временные отметки (timestamp) и другую информацию о точке доступа) и ряда других служебных кадров в диапазоне 2.4 ГГц на скоростях, меньших 5.5 Мбит/с [4, 5].

В стандарте 802.11ax в сетях Wi-Fi впервые появилась возможность осуществлять одновременную передачу разных данных точкой доступа нескольким пользователям. Эта технология получила название DL MU MIMO, так как для передачи используется пространственное мультиплексирование. В силу особенностей распространения радиосигнала иногда можно значительно увеличить суммарную пропускную способность, если выполнять передачу нескольких пространственных потоков пользователям, находящимся в разных областях пространства (технология MU MIMO), а не передачу нескольких пространственных потоков одному пользователю (технология MIMO), как показано на рис. 6. В дополнении 802.11ax сделан очередной шаг развития сетей Wi-Fi в этом направлении и предложено решить более сложную задачу – организовать пространственное мультиплексирование в восходящем канале (UL MU MIMO).

Для осуществления многопользовательской передачи в стандарте 802.11ax, кроме технологии MIMO, используется также множественный доступ с ортогональным частотным разделением (OFDMA). Важная особенность технологии OFDMA состоит в том, что передача данных может осуществляться на тех поднесущих, которые для данного пользователя наименее подвержены частотно-селективной ин-

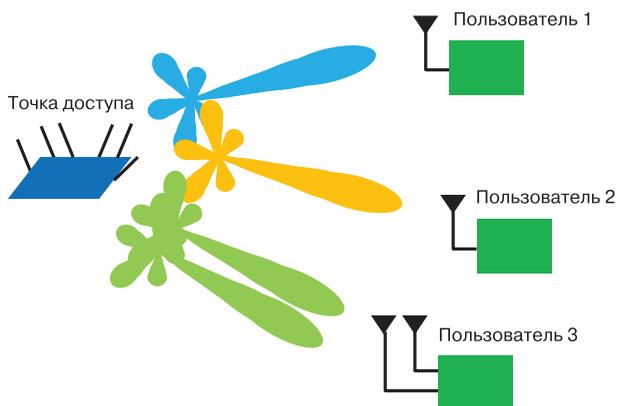


Рис. 6. Формирование лучей MU-MIMO для обслуживания множества пользователей, расположенных в пространственно-разнесенных позициях

терференции. Для выбора таких поднесущих каждая точка доступа отправляет отчеты о качестве передачи с использованием разных поднесущих. Выбор поднесущих с учетом обратной связи о качестве передачи позволяет увеличить пропускную способность до 50% по сравнению со случайным выбором поднесущих.

Для управления частотными ресурсами в сети каждая передача может занимать один или несколько ресурсных блоков. В частотной области каждый ресурсный блок может состоять из 26, 52, 106, 242, 484 или 996 поднесущих (включая некоторое число служебных поднесущих). Во временной области длительность ресурсного блока равняется длительности многопользовательской передачи и каждый раз определяется точкой доступа. Таким образом, для многопользовательской передачи частотные диапазоны шириной 20, 40, 80 и 160 МГц представ-

ляют собой один ресурсный блок из 242 поднесущих, два ресурсных блока из 242 поднесущих, два ресурсных блока из 484 поднесущих и два ресурсных блока из 996 поднесущих, соответственно. Каждый такой ресурсный блок, в свою очередь, может быть разделен на два более узких ресурсных блока, и т.д. Однако существует ряд исключений. Например, в канале шириной 20 МГц ресурсный блок из 242 поднесущих может быть заменен на два ресурсных блока, каждый из которых состоит из 106 поднесущих, а в канале шириной ≥ 40 МГц ресурсный блок из 242 поднесущих может быть заменен на два ресурсных блока, каждый из которых состоит из 106 поднесущих, и один ресурсный блок из 26 поднесущих. Хотя технология OFDMA может применяться как при передаче в восходящем, так и при передаче в нисходящем канале, стандарт 802.11ax не позволяет осуществлять передачу в восходящем и нисходящем каналах одновременно.

Основываясь на потребностях в многопользовательском трафике, точка доступа решает, как распределять канал, всегда назначая все доступные ресурсы на нисходящей линии связи. Она может выделять весь канал только одному пользователю (как это реализуется в 802.11ac) или может разбить его для одновременного обслуживания нескольких пользователей (рис. 7).

Рассмотрим подробнее, как организована передача данных в восходящем и нисходящем каналах с помощью технологии OFDMA. В случае передачи в нисходящем канале кадр содержит общую для всех получателей преамбулу, в которой указывается информация о назначении конкретных ресурсных блоков каждому из получателей.

Осуществление многопользовательской пере-

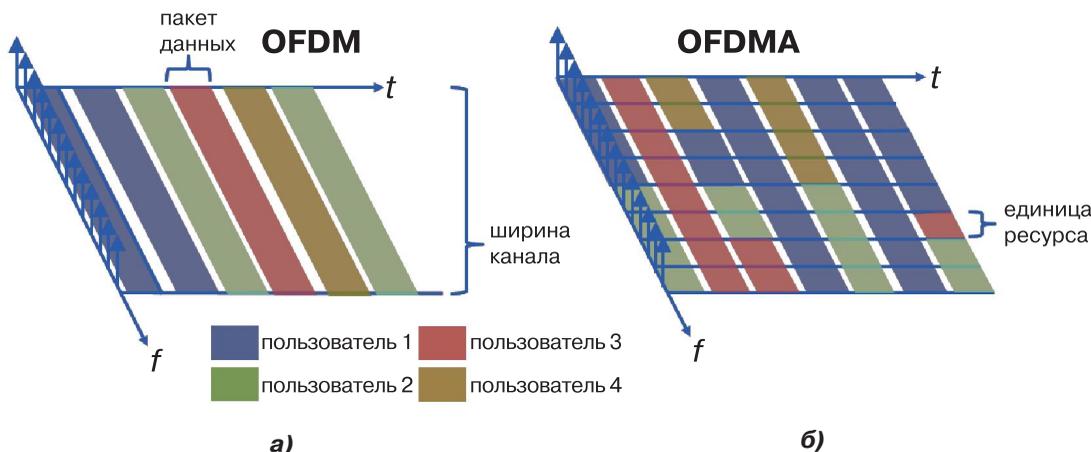


Рис. 7. Один пользователь, использующий канал с использованием OFDM (а) и мультиплексирование различных пользователей в одном канале с использованием OFDMA (б)

дачи в восходящем канале более сложная задача так как передача выполняется синхронно несколькими пользователями, а точка доступа выступает в роли координатора и определяет момент начала передачи. Для этого она должна получить информацию о данных для передачи и назначить ресурсные блоки для передачи тем пользователям, у которых имеются данные.

Для информирования точки доступа о наличии данных для передачи пользователи периодически отправляют ей отчеты. Такие отчеты могут иметь различную степень детализации, могут отправляться как по предварительному запросу точки доступа, так и без него. С учетом полученной информации точка доступа определяет длительность передачи в восходящем канале, распределяет ресурсные блоки между пользователями и информирует их об этих и других необходимых параметрах (например, о длительности защитного интервала GI, который должен быть одинаковым для всех пользователей при многопользовательской передаче в восходящем канале) с помощью отправки нового служебного триггер-кадра (Trigger frame или просто Trigger). Для обеспечения синхронизации времени между передающими устройствами многопользовательская передача в восходящем канале начинается сразу после получения триггер-кадра [1, 4].

Точка доступа также может инициировать многопользовательскую систему в восходящем потоке, запрашивая информацию обратной связи для формированию лучей от всех участвующих в передаче устройств пользователей (рис. 8).

802.11ax использует явную процедуру формирования луча, аналогичную процедуре 802.11ac. В соответствии с этой процедурой формирователь луча инициирует процедуру зондирования канала с помощью Null Data Packet. Формирователь диаграммы направленности анализирует канал и формирует блок обратной связи, содержащий сжатую матрицу обратной связи V для формирования луча. Формирователь луча использует эту информацию для вычисления матрицы каналов H . Затем формирователь луча может использовать эту матрицу каналов для фокусировки излучаемой энергии по отношению к каждому пользователю.

Блок обратной связи формирования луча (Beamforming feedback frame) указывает количество пространственных потоков и/или распределение OFDMA (частот и ресурсных блоков) каждого пользователя. Он также содержит информацию управления мощностью передатчика. Это необходимо для того, чтобы уравнивать уровни сигналов, которые получает точка доступа от различных пользователей восходящей линии связи и улучшить прием кадров от удаленных устройств. Точка доступа также инструктирует всех пользователей при запуске и прекращении передачи. Как показано на рис. 9, точка доступа отправляет многопользовательский триггер-кадр восходящей линии связи, который указывает всем пользователям точный момент, когда они все начинают передачу и точной продолжительности их кадра, чтобы гарантировать, что все они завершат передачу одновременно. Когда точка доступа получает кадры от всех пользователей, она отправляет им кадр

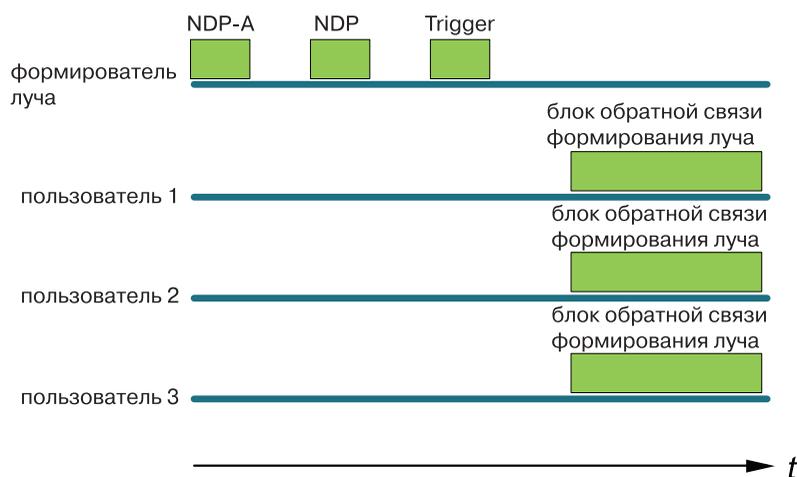


Рис. 8. Формирование диаграммы направленности точки доступа с помощью диаграммообразующих кадров (beamforming feedback) для работы MU-MIMO

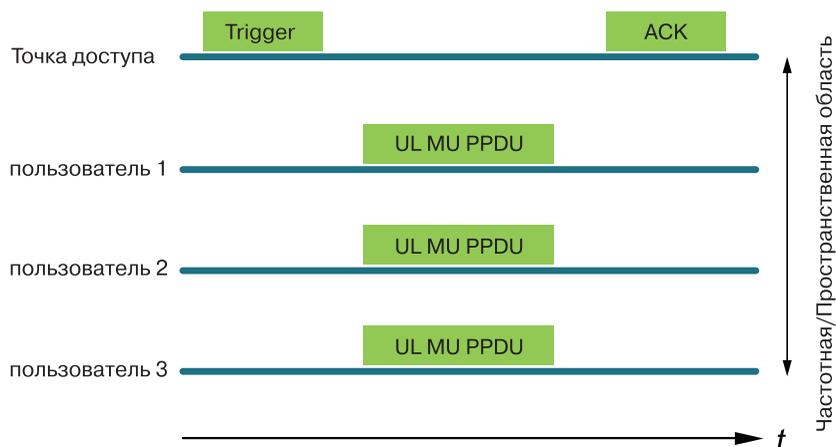


Рис. 9. Координация многопользовательской операции восходящей линии связи

подтверждения приема кадров (ACK) для завершения операции.

Методы повышения производительности

Одной из основных целей разработчиков стандарта 802.11ax является увеличение пропускной способности для пользователей в 4 раза в местах с плотным размещением точек доступа. С этой целью все устройства 802.11ax поддерживают работу по нисходящей линии связи Uplink MU-MIMO и MU-OFDMA для увеличения числа одновременно подключенных пользователей.

Для повышения производительности сетей Wi-Fi с плотным размещением точек доступа стандарт 802.11ax содержит ряд методов, которые повышают эффективность использования канальных ресурсов сетями с перекрывающимися областями радиовидимости (Overlapped BSS – OBSS).

В сетях Wi-Fi, чтобы определить, свободна среда для передачи или нет, каждый пользователь осуществляет ее прослушивание. В случае успешного декодирования преамбулы пакета пользователь считает среду занятой в течение указанной длительности передачи пакета. Также среда считается занятой, если пользователь детектирует наличие шума в канале, мощность которого превышает порог чувствительности не менее чем на 20 дБм.

В стандартах Wi-Fi введено понятие виртуальной занятости среды (механизм NAV – Network Allocation Vector). NAV можно представить как счетчик, значения кода в котором уменьшается во времени от некоторого значения до нуля. Если значение кода равно нулю, то канал свободен, иначе – занят. Значение кода счетчика изменяется при получении кадров. Заголовок кадра, генерируемый протоколом канального уровня, содержит поле Duration, в котором указывается планируемая длительность последую-

щих кадров (значение NAV). Получив очередной пакет, станция обновляет NAV, если значение Duration в данном кадре превышает текущее значение NAV. Значение NAV может быть сброшено раньше времени, при получении кадра CF-End.

В предыдущих версиях стандартов Wi-Fi детектирование виртуальной занятости среды не зависит от того, к какой сети принадлежит устройство, занявшее среду. Таким образом, на каждом устройстве имеется индикатор физической занятости среды и одно значение NAV, характеризующее виртуальную занятость среды. Одна из ключевых особенностей стандарта 802.11ax – учитывать при детектировании занятости среды, ведется ли передача внутри своей собственной сети или же внутри чужой сети. В зависимости от этого устройство может использовать различные пороги чувствительности, подстраивать мощность передатчика, менять значение NAV. Кроме того устройство может хранить несколько значений NAV, полученных от разных сетей, и предотвращает некорректное сбрасывание виртуальной занятости среды, установленное из-за передачи пакета внутри одной сети, при получении кадра CF-End от другой сети.

Для быстрого определения принадлежности принимаемого пакета к определенной сети без декодирования пакета целиком, преамбула 802.11ax содержит поле "цвет сети" (BSS color), в котором передается неуникальный идентификатор сети. Значение "цвета" выбирается точкой доступа случайным образом в момент инициализации сети. Впервые поле "цвет сети" появилось в дополнении стандарта 802.11ah, и его длина составляла всего 3 бита [4]. В версии стандарта 802.11ax размер поля увеличен до 6 бит для уменьшения вероятности совпадения "цвета" у двух сетей, находящихся в обла-

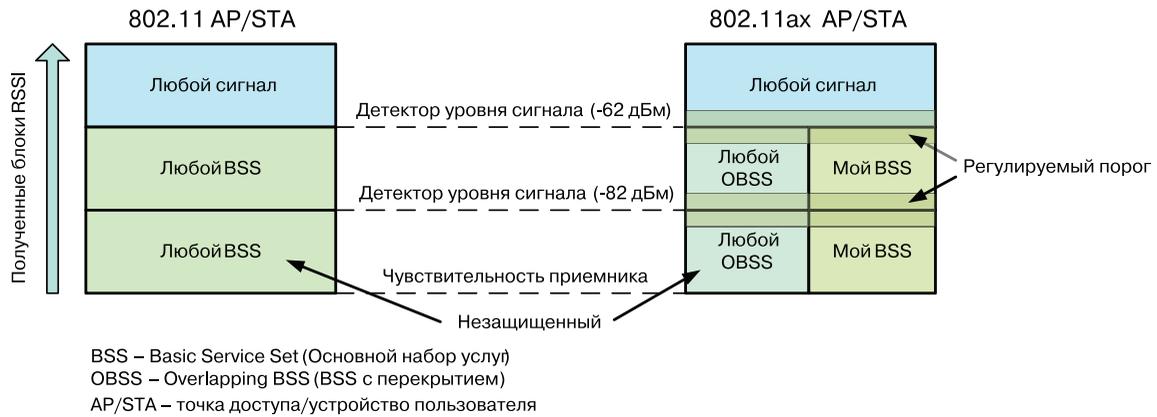


Рис. 10. Использование цветковых кодов для оценки занятости канала (Clear Channel Assessment)

сти радиовидимости.

Еще одной особенностью стандарта является режим работы энергосбережения с целевым временем пробуждения. Точка доступа 802.11ax может согласовывать с пользователями использование функции целевого времени пробуждения (TWT) для задания времени доступа к среде. Пользователи и точка доступа обмениваются информацией, которая включает ожидаемую продолжительность активности. Таким образом, точка доступа контролирует уровень конкуренции и перекрытия времени между пользователями, нуждающимися в доступе к среде. 802.11ax. Пользователи могут использовать TWT для снижения потребления энергии, переходя в состояние ожидания до тех пор, пока не поступит их TWT (рис. 11). Кроме того, точка доступа может дополнительно формировать графики работы и предоставлять значения TWT для пользователей без индивидуальных соглашений TWT между ними. В стандарте эта процедура имеет название Broadcast TWT.

Для того чтобы мощность сигнала, приходящего от различных пользователей в режиме многопользовательского режима работы к точке доступа, была примерно одинакова, точка доступа управляет мощностью передатчика каждого пользователя с помощью триггерного кадра.

Элементная база для построения систем связи Wi-Fi 802.11ax

Компания Qualcomm одной из первых приступила к разработке и выпуску устройств для реализации системы Wi-Fi 802.11ax. Она представила однокристалльные системы IPQ8074 и QCA6290, поддерживающие новую версию Wi-Fi [6, 7]. Система IPQ8074 предназначена для построения оборудования беспроводных сетей, а QCA6290 – для построения клиентских устройств.

Внедрение стандарта 802.11ax позволит в четыре раза расширить емкость сетей Wi-Fi, одновременно увеличивая время автономной работы мобильных устройств. Новые системы на кристалле от Qualcomm поддерживают 12-поточное подключение (восемь потоков в диапазоне 5 ГГц и четыре – в диапазоне 2.4 ГГц), различные конфигурации MU-MIMO, каналы шириной 80 МГц, поддержку модуляции OFDMA, применяемой в системах сотовой связи, и планировку трафика.

Следует отметить, что полностью преимущества нового стандарта могут быть реализованы только при использовании оборудования, поддерживающем 802.11ax. Однако и устройства предыдущих поколений, поддерживающие стандарты 802.11ac и 802.11n, в сетях 802.11ax будут работать более эффективно.

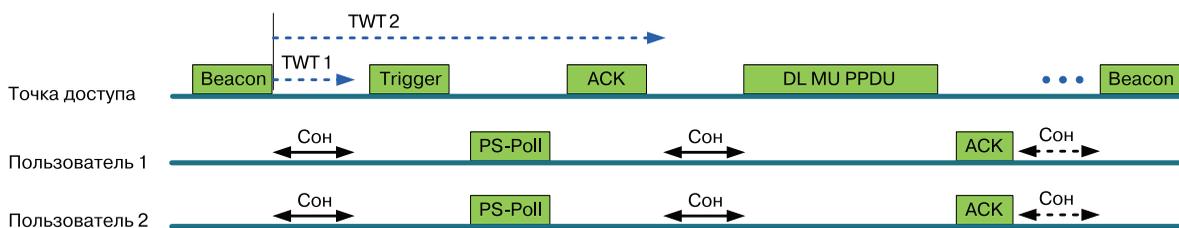


Рис. 11. Пример передачи данных в режиме снижения потребления энергии

Более подробную информацию об особенностях стандарта Wi-Fi 802.11ax можно найти в [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.techonline.com/electrical-engineers/education-training/tech-papers/4442856/802-11ax-High-Efficiency-Wireless/viewpdf>

2. Макаренко В.В. Особенности стандарта беспроводной связи IEEE 802.11ac (Wi-Fi) / Электронные компоненты и системы, №7, 2012. с. 28-35. – [http://www.ekis.kiev.ua/UserFiles/Image/pdfArticles/V.Makarenko_STANDART%20IEEE%20802.11ac%20\(Wi-Fi\)_EKIS_7_2012-3.pdf](http://www.ekis.kiev.ua/UserFiles/Image/pdfArticles/V.Makarenko_STANDART%20IEEE%20802.11ac%20(Wi-Fi)_EKIS_7_2012-3.pdf).

3. Макаренко В.В., Доля С.О. Особенности стандарта беспроводной связи IEEE 802.11ad (WiFi) / Электронные компоненты и системы, №4-6, 2014. с.

50-58. – http://www.ekis.kiev.ua/UserFiles/Image/pdfArticles/4-6_2014/V.Makarenko_IEEE_802.11ad_EKIS_4-6_200-02-2.pdf.

4. А.Г. Кирьянов, А. И. Ляхов, Д. А. Михлина, Е. М. Хоров, И.А. Щелкина Проблемы создания IEEE 802.11ax — нового поколения сетей Wi-Fi / Информационные процессы, Том 16, № 1, 2016, стр. 1–12.

5. Типы фреймов сети стандарта IEEE 802.11. – <http://wi-life.ru/tehnologii/wi-fi/wi-fi-frames-management-control-data>.

6. Wi-Fi with 802.11ax means unprecedented capacity and better efficiency. – <https://www.qualcomm.com/products/features/80211ax>.

7. <http://www.ixbt.com/news/2017/02/14/qualcomm-ipq8074-qca6290-wi-fi-802-11ax.html>.



[От ремесла к искусству]

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

■ проектирование

Проектирование печатных плат в НПФ VD MAIS – это:

- многолетний опыт конструирования и знание специфики:
 - разработки электронных устройств
 - технологии производства печатных плат
 - различных CAD-CAM систем проектирования (P-CAD, Mentor Graphics, CAM-350 и пр.)
- полная реализация возможностей изготовителя печатных плат и контрактного производства VD MAIS
- качество работы, соответствующее требованиям стандартов ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 и ISO/TS 16949:2009



VD MAIS
PCB Professionally

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478, (095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmais.ua, www.vdmais.ua

КАБЕЛИ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИКИ

 **LAPP GROUP**



- торсионная нагрузка до $\pm 360^\circ/\text{м}$
- испытательное напряжение 6 кВ
- наличие жилы заземления
- диапазон рабочих температур
 - подвижное применение $-40\dots 80^\circ\text{C}$
 - неподвижная прокладка $-50\dots 80^\circ\text{C}$
- жилы (пары) скручены
- экранирование каждой пары
- износостойкие, стойкие к порезам
- стойкие к гидролизу
- маслостойкие
- оболочка стойкая к адгезии
- не распространяют горение.

Украина, 03061, Киев,
ул. Михаила Донца, 6

тел./факс: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (032) 245-5478,
(048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmairs.ua, www.vdmairs.ua

32-РАЗРЯДНЫЙ АЦП ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ С НАСТРАИВАЕМОМ ЦИФРОВЫМ ФИЛЬТРОМ



В статье рассмотрены основные характеристики 32-разрядного АЦП последовательных приближений, предназначенного для систем контроля и измерений. Наличие встроенного программируемого цифрового фильтра и устройства прореживания отсчетов дает возможность сконфигурировать АЦП для выполнения различных задач. Динамический диапазон нового АЦП может достигать 148 дБ, что позволяет производить измерение малых сигналов с высокой точностью.

В. Макаренко

В апреле 2017 года Linear Technology, являющаяся одним из подразделений Analog Devices, анонсировала и начала выпуска АЦП поразрядного уравнивания сверхвысокой точности LTC2500-32. АЦП LTC2500-32 является частью семейства высокоточных АЦП, включающего две ИМС – 32-разрядную LTC2508-32, оптимизированную для систем сбора данных, и 24-разрядную LTC2512-24, оптимизированную для обработки сигналов [1].

Основные параметры АЦП:

- отношение сигнал/шум 104 дБ при частоте дискретизации 1 МГц и 148 дБ при частоте дискретизации 61 Гц
- интегральная нелинейность не более $\pm 0,5$ ppm (типичное значение)
- гарантированные 24 разряда без пропуска кодов
- конфигурируемый цифровой фильтр с синхронизацией
- снижены требования к ФНЧ на входе АЦП (Anti-Aliasing Filter)
 - два выхода кода
 - 32-разрядный цифровой фильтр с низким уровнем шума
 - 24-разряда в дифференциальном включении без применения цифрового фильтра
 - детектор перегрузки входов АЦП
 - диапазон рабочих температур от -40 до 85 °C
 - SPI-совместимый последовательный интерфейс ввода-вывода
 - малая потребляемая мощность – 24 мВт при частоте дискретизации 1 МГц

e-mail: ekis@vdm.ais.ua

32-BIT OVER-SAMPLING ADC WITH CONFIGURABLE DIGITAL FILTER

Abstract – The article describes the main characteristics of the 32-bit ADC of successive approximations, designed for control systems and measurements. A built-in programmable digital filter and device thinning of the samples makes it possible to configure the ADC to perform a variety of tasks. The dynamic range of the new ADC can reach 148 dB, which allows to measure small signals with high accuracy.

V. Makarenko

- 24-выводный корпус 7×4 мм.

Структурная схема АЦП приведена на рис. 1.

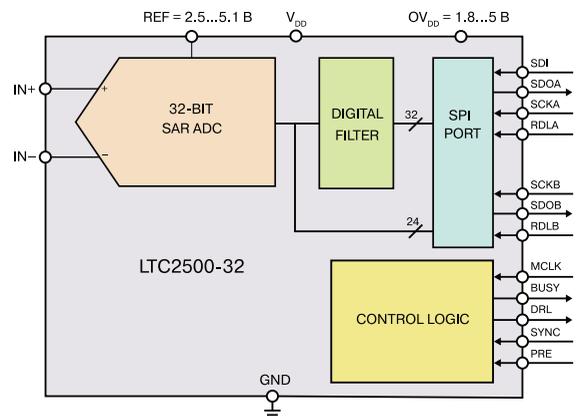


Рис. 1. Структурная схема АЦП LTC2500-32

Основное назначение АЦП:

- сейсмология
- контроль в энергетических системах
- автоматическое испытательное оборудование
- высокоточная измерительная техника.

Встроенный цифровой фильтр позволяет реализовать семь типов фильтров и использовать 13 коэффициентов передискретизации, что позволяет осуществлять настройку АЦП под различные задачи. Изменяя полосу пропускания фильтра, можно минимизировать шумы для различных приложений.

Максимальная интегральная нелинейность не превышает ± 2 ppm, погрешность полной шкалы не более ± 100 ppm, дрейф полной шкалы не более 0.05 ppm/°C.

Передаточная функция LTC2500-32 приведена на рис. 2. При числе разрядов 32 и дифференциальном включении входов значение напряжения единицы младшего разряда (EMP) составляет $2V_{REF}/232 = 2,3$ нВ при значении опорного напряжения V_{REF} равным 5 В.

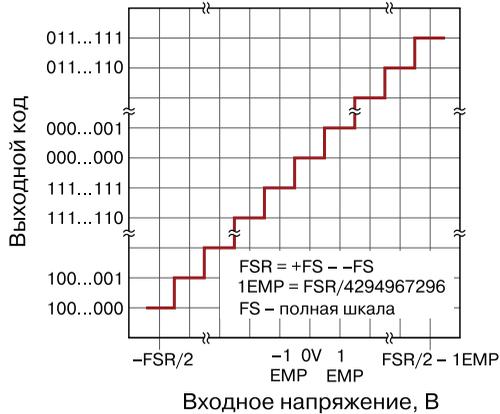


Рис. 2. Передаточная функция LTC2500-32 при дифференциальном включении входов

Входы АЦП защищены от перегрузок и имеют низкое входное сопротивление (40 Ом/45 пФ). Для согласования АЦП с несимметричными высокоомными источниками сигналов необходимо использовать драйвер, рекомендуемая схема включения которого приведена на рис. 3.

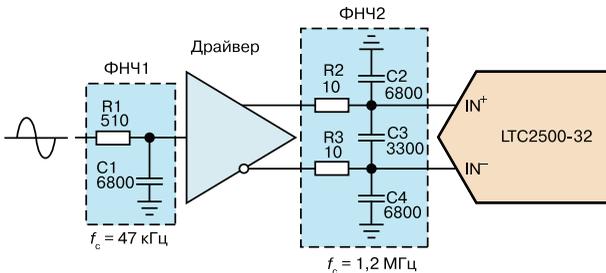


Рис. 3. Пример использования драйвера для согласования сопротивления источника сигнала и входного сопротивления АЦП

В примере, приведенном на рис. 3, полоса частот сигнала ограничена значением частоты среза ФНЧ1, а ФНЧ2 служит для ограничения шумов, создаваемых ИМС драйвера. Для того чтобы ФНЧ не вносили искажений необходимо использовать в них высококачественные резисторы и конденсаторы. Производитель АЦП рекомендует использовать для этих целей металлопленочные резисторы и слюдя-

ные конденсаторы с группой ТКЕ МПО (NPO).

Напряжение смещения между входами АЦП, вызванное падением напряжения на резисторах ФНЧ2 при протекании входных токов АЦП, может быть рассчитано по формуле

$$V_E = (R_2 + R_3)(I_{L1} - I_{L2})/2 + (R_2 - R_3)(I_{L1} + I_{L2})/2,$$

где I_{L1} и I_{L2} – входные токи первого и второго входов АЦП.

Для оптимальной работы рекомендуется, чтобы сопротивление резисторов R_2 и R_3 не выходило за пределы диапазона 5...50 Ом. Чем меньше значение сопротивления этих резисторов, тем меньше погрешность, возникающая за счет разности входных токов.

При симметричном источнике сигналов рекомендуется использовать схему согласования, приведенную на рис. 4. При использовании повторителей напряжения на ОУ LT6203 (со спектральной плотностью шума 1.9 нВ/√Гц) реализуется динамический диапазон АЦП равный 103 дБ (рис. 5).

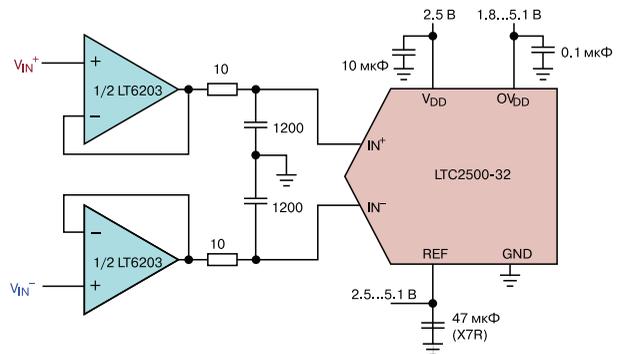


Рис. 4. Схема согласования АЦП с симметричным источником сигнала

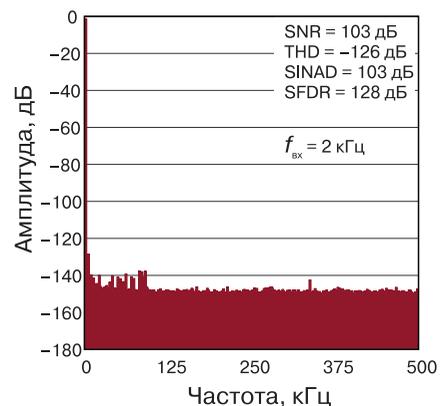


Рис. 5. Спектр сигнала на выходе АЦП (БПФ 128 точек) для схемы на рис. 4

В [1] приведено еще несколько схем включения АЦП в режиме с симметричными и несимметричным входом для сигналов как постоянного, так и переменного тока, позволяющие реализовать наивысшие параметры преобразователя.

Особенностью АЦП является режим работы с компрессией цифрового сигнала (Digital Gain Compression – DGC). Он может быть использован в том случае, когда при однополярном питании буферного усилителя он обеспечивает линейный режим работы в диапазоне входных напряжений от 10 до 90% от напряжении источника питания. В этом режиме работы обеспечивается полная шкала выходного кода несмотря на ограниченный диапазон сигнала на выходе драйвера.

На рис. 6 приведена схема включения АЦП при работе с двухполярным входным сигналом с включенным режимом DGC.

Другой режим работы позволяет осуществлять экспандирование цифрового сигнала (Digital Gain Expansion – DGE). Этот режим используется в режиме калибровки системы и позволяет увеличить значение выходного кода от величины $\pm V_{REF}$ до $\pm 1.0078V_{REF}$. На рис. 7 показано как изменяется передаточная функция преобразователя в этом режиме.

Возможна работа АЦП с использованием режимов DGC и DGE одновременно.

Для получения максимальной разрешающей способности АЦП необходимо использовать внешний источник опорного напряжения с низким уровнем шума и малым значением дрейфа выходного напряжения.

Источник опорного напряжения LTC6655-5 удовлетворяет всем этим требованиям. Погрешность установки опорного напряжения не превышает 0,025%, а температурный коэффициент – 2 ppm/°C.

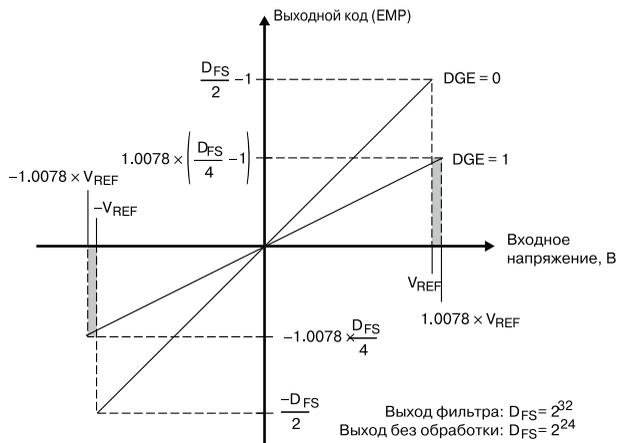


Рис. 7. Изменение передаточной функции преобразователя в режиме DGE

При выборе фильтрующих конденсаторов следует учесть, что с увеличением рабочего напряжения и габаритов конденсатора фильтра шум опорного источника уменьшается. В [1] рекомендуется использовать керамический конденсатор емкостью 47 мкФ (X7R, типоразмер 1210, рабочее напряжение 10 В). Располагать конденсатор следует как можно ближе к выводу REF.

Коэффициент децимации DF (Down-sampling Factor), показывающий во сколько раз уменьшается количество отсчетов, оказывает значительное влияние на динамический диапазон АЦП. При увеличении DF в четыре раза динамический диапазон расширяется примерно на 6 дБ на выходе цифрового фильтра.

Цифровой фильтр, структурная схема которого приведена на рис. 8, может работать в одном из семи режимов: sinc1, sinc2, sinc3, sinc4, spread-sinc (ssinc – близкий к идеальному ФНЧ), Flat passband (плоская АЧХ) и фильтр с усреднением отсчетов (averaging). На рис. 8 (C[3:0]) – код управления режимом работы цифрового фильтра, (C[7:4]) – код

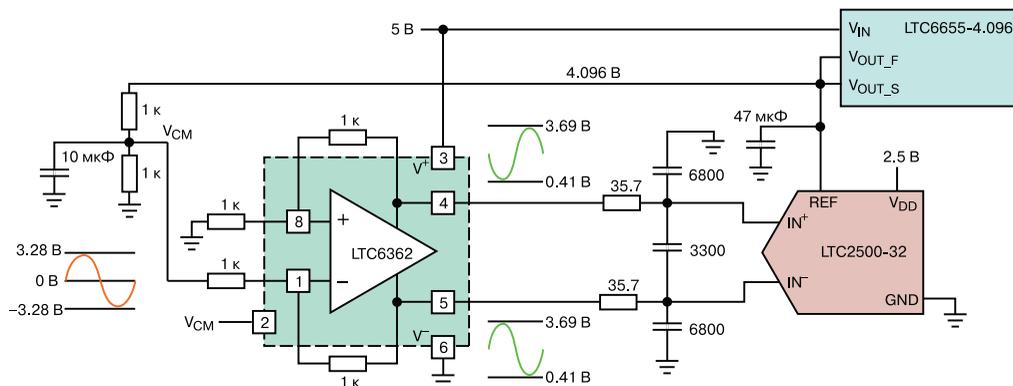


Рис. 6. Схема включения АЦП при двухполярном входном сигнале с включенным режимом компрессии цифрового сигнала

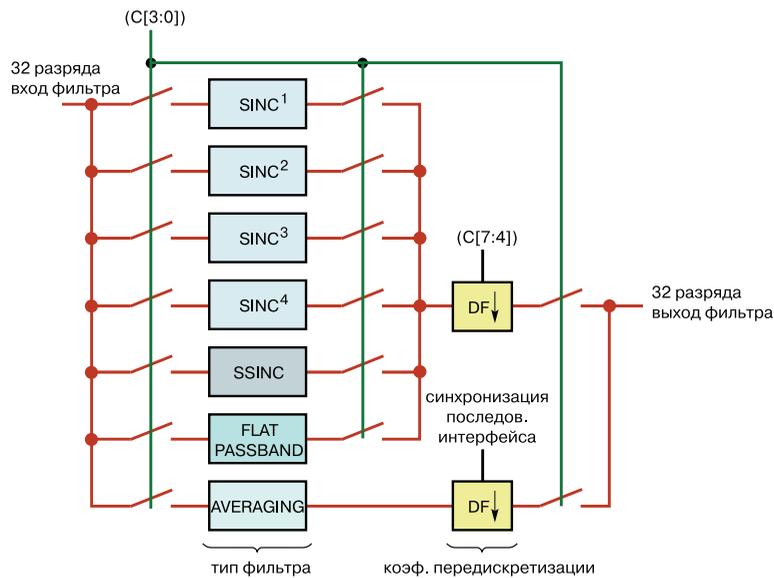


Рис. 8. Структурная схема цифрового фильтра

управления коэффициентом децимации.

Частотные характеристики фильтра в различных режимах работы при коэффициенте $DS = 4$ приведены на рис. 9.

Амплитудно-частотная характеристика фильтра в режиме Flat passband приведена на рис. 10. Неравномерность АЧХ в полосе пропускания не превышает ± 1 мдБ (красная кривая на рис. 10).

В [1] приведены таблицы с параметрами фильтров и значениями реализуемого динамического диапазона, пользуясь которыми можно задать частоту дискретизации, коэффициент децимации и режим работы цифрового фильтра.

На рис. 11 приведены зависимости динамического диапазона от коэффициента децимации при различных режимах работы цифрового фильтра

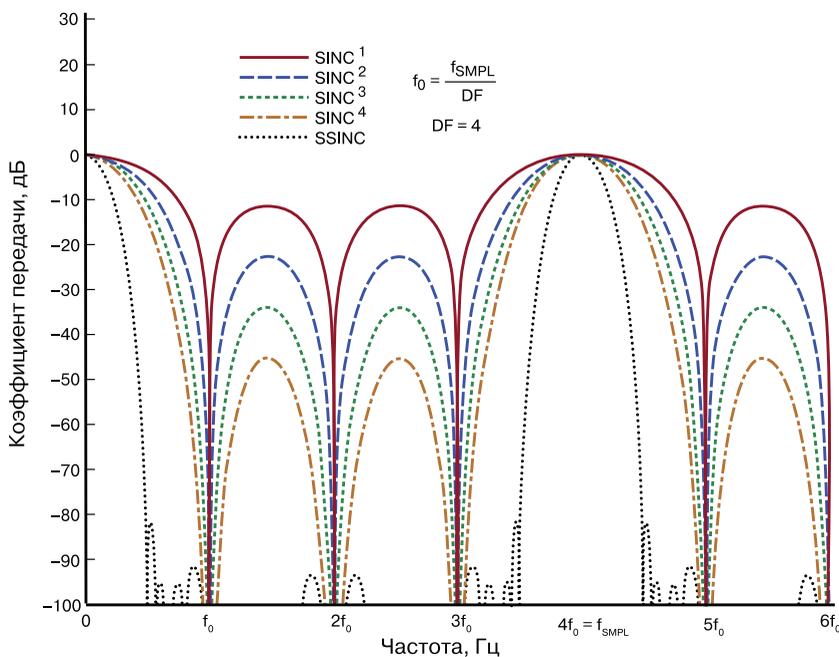


Рис. 9. АЧХ цифрового фильтра в различных режимах работы

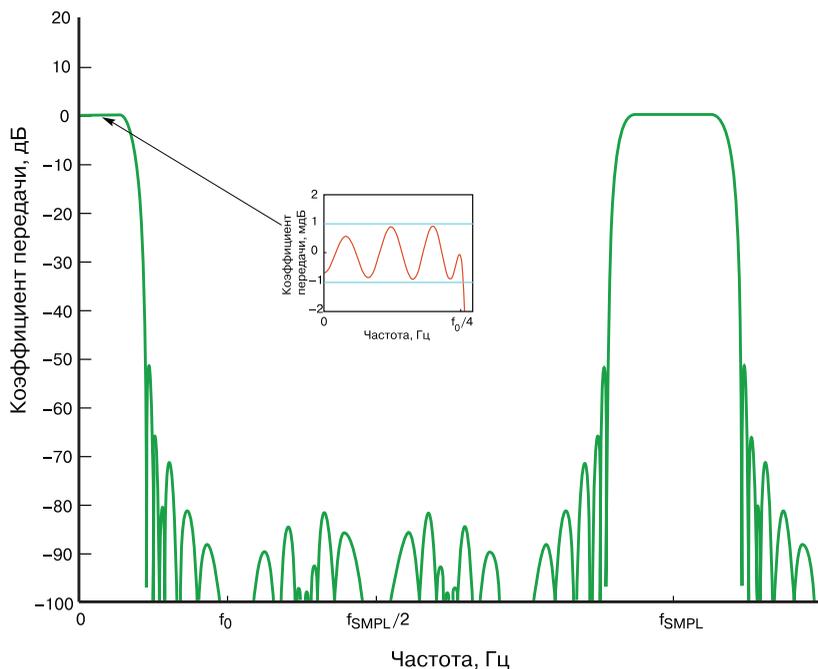


Рис. 10. АЧХ цифрового фильтра в режиме Flat passband

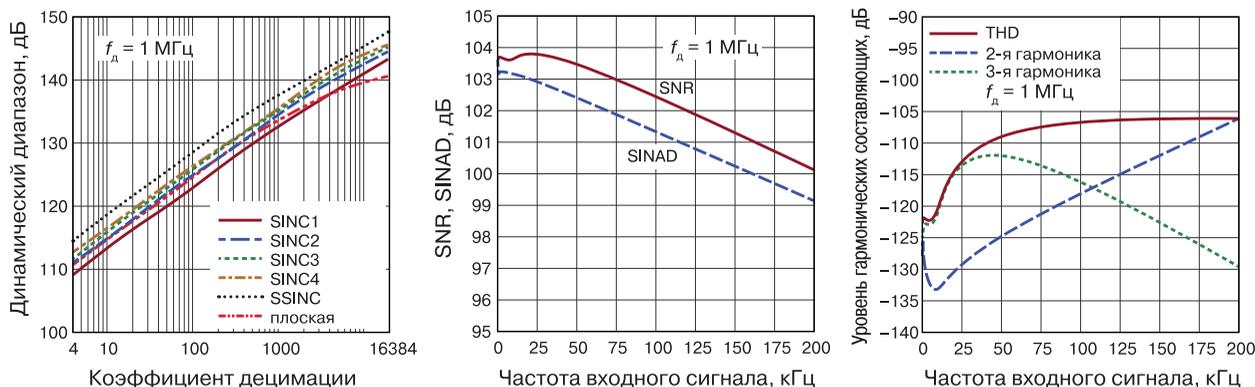


Рис. 11. Зависимости динамического диапазона от коэффициента децимации при различных режимах работы цифрового фильтра (а), частоты входного сигнала (б) и нелинейных искажений по второй и третьей гармонике от частоты входного сигнала (в)

(рис. 11,а), частоты входного сигнала (рис. 11,б) и нелинейных искажений по второй и третьей гармонике от частоты входного сигнала (рис. 11,в).

Импульсная переходная характеристика АЦП при различных режимах работы цифрового фильтра приведена на рис. 12.

В [1] дано подробное описание АЦП в различных режимах работы, схемы включения, схемы сопряжения с хост-контроллером, коды управления и временные диаграммы сигналов управления и информационных сигналов.

Еще одной особенностью АЦП является возмож-

ность параллельной работы нескольких АЦП с выходом на одну шину данных. На рис. 13 приведена схема параллельного включения двух АЦП (информационные аналоговые входы на схеме не показаны).

Хост-контроллер производит поочередный опрос АЦП, подавая сигнал опроса на входы RDLA. Выходы опрашиваемого АЦП переходят в активное состояние, а выводы второго – в третье состояние. При необходимости к одной шине можно подключить и большее количество АЦП.

Кратко подводя итоги, можно отметить, что такой АЦП дает возможность осуществлять преобра-

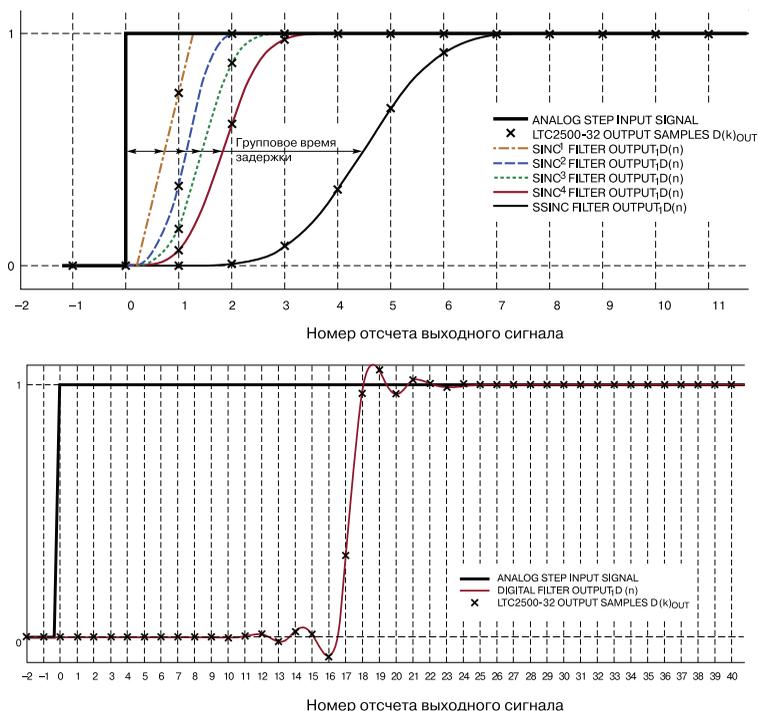


Рис. 12. Импульсная переходная характеристика АЦП при различных режимах работы цифрового фильтра

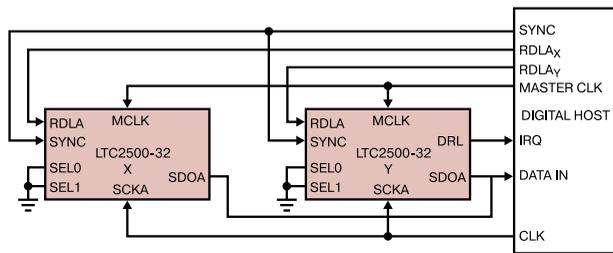


Рис. 13. Параллельное включение двух АЦП LTC2500-32

зование низкочастотных и инфранизкочастотных сигналов в динамическом диапазоне до 148 дБ, что является весьма значительной величиной. Но высокая частота дискретизации позволяет осуществлять

преобразование сигналов в диапазоне до нескольких сотен кГц с меньшим значением динамического диапазона. Наличие цифрового фильтра, позволяющего реализовать различные АЧХ, расширяет его функциональные возможности. Наличие устройства прореживания отсчетов с изменяемым значением коэффициента децимации позволяет не только управлять скоростью передачи данных на выход, но и регулировать динамический диапазон АЦП.

Более подробную информацию о АЦП LTC2500-32 можно найти в [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/250032f.pdf>.

VD MAIS
Печатные платы

- проектирование печатных плат
- технологическая подготовка производства
- изготовление любого количества плат:
 - по ГОСТ 23752-79
 - по стандарту IPC-A-600H
- проектирование и изготовление трафаретов для нанесения паяльной пасты.

Сертификация на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO/TS 16949:2009 и ISO 13485:2003.
 Цены – оптимальные.

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6
 тел.: (0-44) 220-0101, 492-8852, факс: (0-44) 220-0202
 e-mail: info@vdm.ais.ua, www.vdm.ais.ua

VD MAIS
Оборудование и материалы для монтажа/демонтажа электронных компонентов (ЭК)

- Паяльное и ремонтное оборудование
- Системы очистки воздуха
- Устройства трафаретной печати
- Системы установки компонентов
- Паяльные печи: конвекционной и селективной пайки, пайки волной
- Испытательное оборудование
- Системы визуального контроля
- Координатно-фрезерные станки
- Технологические материалы монтажа ЭК
- Средства антистатической защиты

Дистрибуция и прямые поставки:
 AIM, Bernstein, Charleswater, Electrolube, Essemtec, KIC, Kolver, LPKF, Magic Ray, Miele, Nordson, Optilia, PACE, PDT, Hanwha Techwin, Seho, TWS, Vision, Weiss

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6
 тел.: (0-44) 220-0101, 492-8852, факс: (0-44) 220-0202
 e-mail: info@vdm.ais.ua, www.vdm.ais.ua

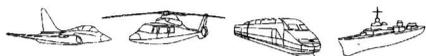
Gaïa позволит вам летать!



Надежные, экономичные, малогабаритные DC/DC-преобразователи MGDI-75/150 с выходной мощностью 75/150 Вт

Основные характеристики	MGDI-75	MGDI-150
Выходная мощность, Вт	75	150
Диапазон входных напряжений (4:1), В	"24" (9-36) или "48" (18-75)	
Выходное напряжение, В	3,3, 5, 12,15 или 24	
Диапазон регулировки вых. напряжения, % $U_{ном}$	90-110	10-110
КПД, тип., %	до 88	до 84
Диапазон рабочих температур, °C	-40...105	
Защита	UVLO, OVLO, OCP, OVP, OTP	
Мягкий старт	+	+

Широкий спектр применения в жестких условиях эксплуатации: наземный и железнодорожный транспорт, промышленное оборудование, авиа- и морская техника



REDEFINING THE SOURCE OF POWER

Gaïa
CONVERTER
AUTHORIZED DISTRIBUTOR
www.gaia-converter.com

VD MAIS – официальный дистрибьютор компании Gaïa Converter в Украине

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (032) 245-5478,
(095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmals.ua, www.vdmals.ua

НОВЫЕ 3-ОСЕВЫЕ АКСЕЛЕРОМЕТРЫ ADXL35xx С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВЫБОРА ДИАПАЗОНОВ ИЗМЕРЕНИЯ

В статье приведена краткая информация о МЭМС акселерометрах ADXL356 и ADXL357 с переключаемыми диапазонами измерений, отличающихся низкой чувствительностью к вибрациям и температуре. Малое энергопотребление позволяет использовать эти акселерометры в устройствах с батарейным питанием.

В. Макаренко

NEW 3-AXIS ACCELEROMETERS ADXL35xx WITH A CHOICE OF MEASUREMENT RANGES

Abstract – The article presents brief information on MEMS accelerometers ADXL356 and ADXL357 with switchable measuring ranges, characterized by low sensitivity to vibrations and temperature. Low power consumption allows to use these accelerometers in battery powered devices.

V. Makarenko



Компания Analog Devices освоила выпуск новых 3-осевых акселерометров – ADXL356 с аналоговым выходом и ADXL357 с цифровым выходом. Характерными особенностями этих акселерометров является возможность выбора диапазона измерений, низкая спектральная плотность шума выходного сигнала, малые значения дрейфа напряжения смещения и потребляемой мощности.

Акселерометр ADXL356B поддерживает измерение в поддиапазонах ± 10 и ± 20 g, ADXL356C – ± 10 и ± 40 g, а ADXL357 в поддиапазонах ± 10.24 , ± 20.48 и ± 40.96 g.

Акселерометры имеют лучшие в отрасли уровень шума, дрейф напряжения смещения от температуры и долгосрочную стабильность.

ADXL357 обеспечивает точное измерение углов наклона при высоких вибрациях, что позволяет использовать их в авиации. Низкий уровень шумов ADXL356 в широком диапазоне частот и малая потребляемая мощность делает его предпочтительным для построения беспроводных устройств контроля параметров удаленных объектов.

Основные характеристики акселерометров:

- герметичный корпус обеспечивает высокую долговременную стабильность
- низкая зависимость от температуры – не более $0.75 \text{ mg/}^\circ\text{C}$ по всем осям
- низкая спектральная плотность шума – не более 80 мкг/ Гц по всем осям
- малая потребляемая мощность – ток потребления в режиме измерения 150 мкА , в режиме ожидания 21 мкА

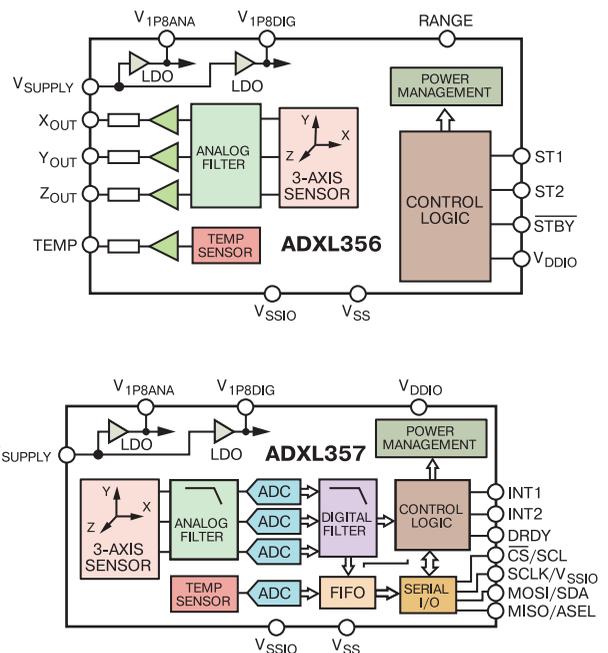


Рис. 1. Структурные схемы акселерометров ADXL356 и ADXL357

- настраиваемая полоса пропускания выходного фильтра
- ADXL357 – цифровой выходной интерфейс SPI/I²C
- встроенные LDO стабилизаторы напряжения
- встроенные периферийные устройства в ADXL357:
 - ◆ 20-разрядный АЦП
 - ◆ программируемые цифровые фильтры нижних и верхних частот
 - ◆ интерполятор данных для синхронной выборки
- встроенный датчик температуры

- диапазон напряжения питания 2.25...3.6 В
- диапазон рабочих температур от -40 до 125 °С
- 14-выводный корпус, габаритные размеры 6×6×2.1 мм, масса 0.26 г

Основное назначение

- системы стабилизации платформ
- мониторинг состояния конструкций
- сейсмическая томография
- робототехника
- мониторинг состояния объектов
- управления технологическими процессами и промышленная автоматизация
- интернет вещей (IoT)
- аэрокосмическая и оборонная промышленность
- беспилотные летательные аппараты.

На рис. 2 приведены АЧХ акселерометров

ADXL356 и ADXL357 по оси Z. По другим осям они практически идентичны приведенным на рис. 2. Как следует из графиков, аналоговый акселерометр ADXL356 сохраняет высокую чувствительность в более широком диапазоне частот, чем цифровой ADXL357.

Чувствительность акселерометров к температуре иллюстрирует рис. 3, а к вибрациям – рис. 4. На рис. 3 приведены зависимости нормализованного смещения по оси Y (рис. 3,а) и чувствительности по оси Y (рис. 3,б) от температуры для акселерометра ADXL356.

Для ознакомления с акселерометрами ADXL356 и ADXL357 компания Analog Devices предлагает оценочные платы EVAL-ADXL35X [3].

Более подробную информацию о новых акселерометрах можно получить в [2].

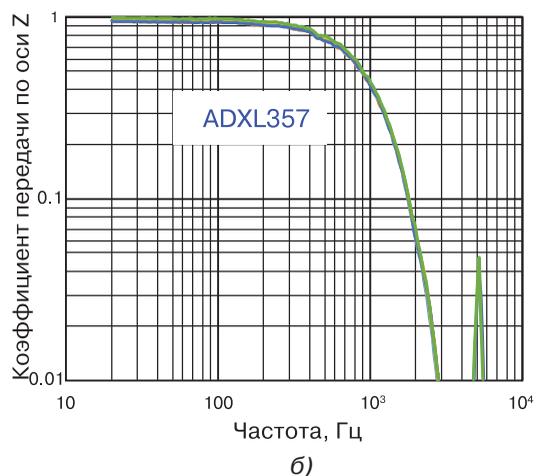
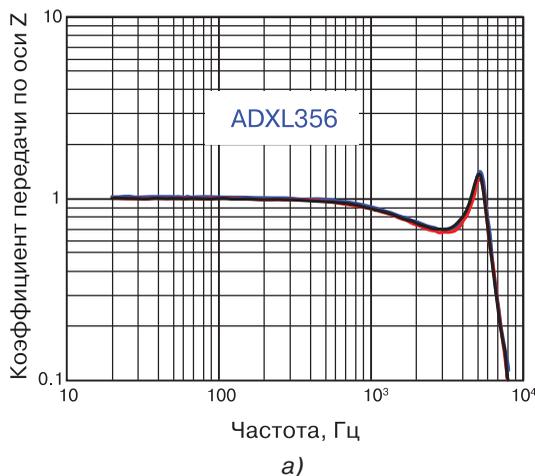


Рис. 2. АЧХ акселерометров ADXL356 (а) и ADXL357 (б) по оси Z

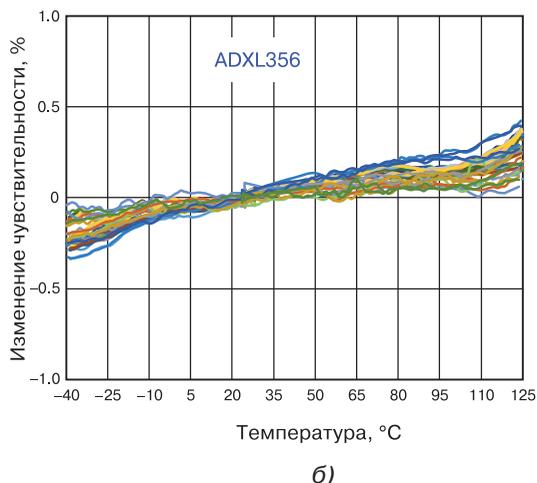
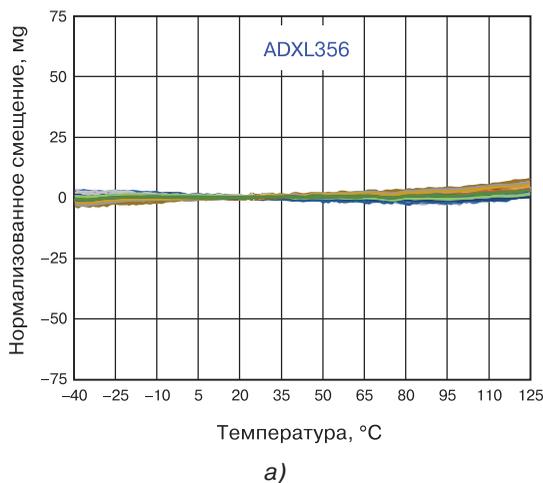
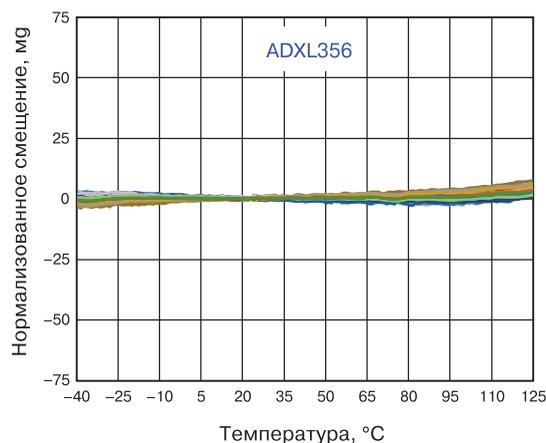
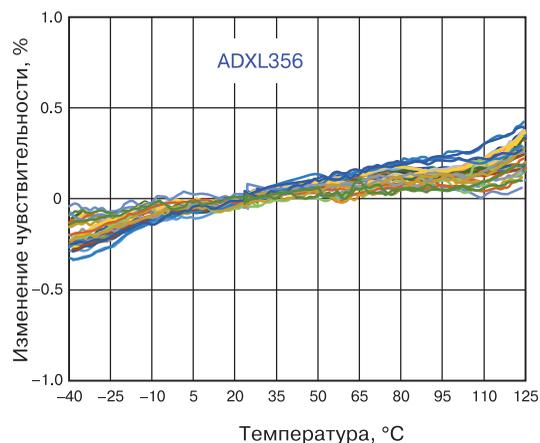


Рис. 3. Зависимости нормализованного смещения по оси Y (а) и чувствительности по оси Y (б) от температуры для акселерометра ADXL356

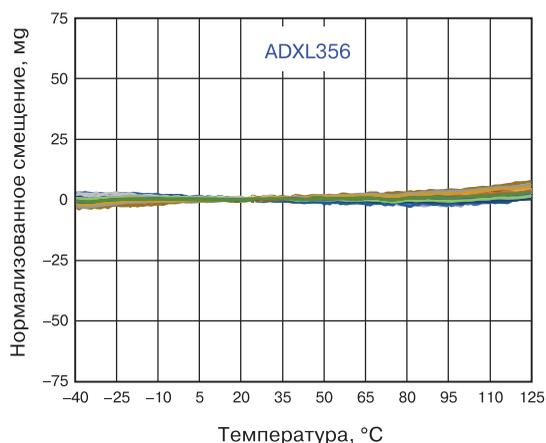


а)

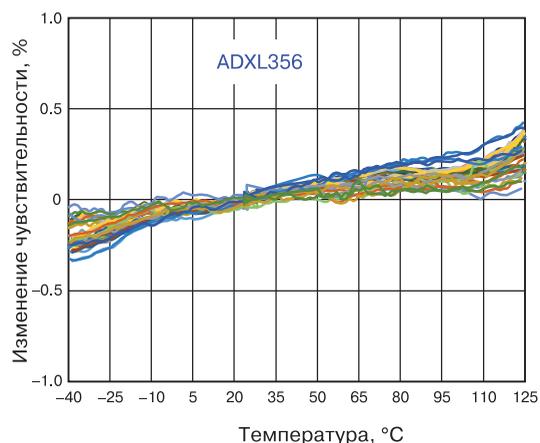


б)

Рис. 4. Зависимости смещения по оси Y от вибраций относительно значения 1 g при ориентации по оси Y = 1 g в диапазоне чувствительности ±10 g (а) и ±40 g (б)



а)



б)

Рис. 5. Схемы включения акселерометров ADXL356 (а) и ADXL357 (б)

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.analog.com/en/products/mems/accelerometers/ADXL356.html#product-overview>

2. <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL356-357.pdf>.

3. <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/user-guides/EVAL-ADXL356-357-UG-1119.pdf>.

Уважаемые подписчики и читатели нашего журнала!

Для оформления бесплатной подписки достаточно прислать по электронной почте на адрес ekis@vdmatis.ua заявку с указанием:

Фамилии Имени Отчества, адреса электронной почты, названия организации, в которой Вы работаете, и города, в котором она располагается. Подписчики журнала могут бесплатно получить любую статью из прошлогодних номеров.

Содержание журналов доступно на сайте <http://www.ekis.kiev.ua/archive.php>.

Для получения статьи из любого номера журнала с 2000 по 2014 г. достаточно прислать заявку по адресу ekis@vdmatis.ua с указанием номера журнала и названия статьи.

ПАЯЛЬНАЯ ПАСТА М8 КОМПАНИИ АИМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛОЖНЫХ ПЛАТ С ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ МОНТАЖА



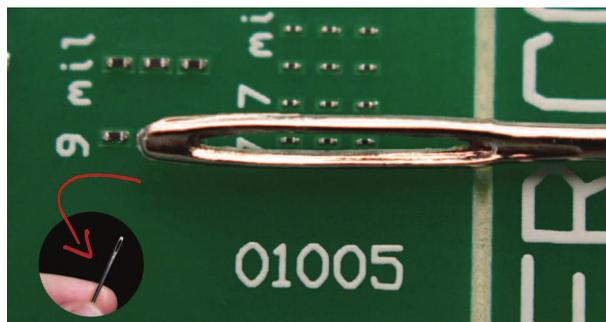
SOLDER PASTE M8 IS THE COMPANY'S AIM FOR THE PRODUCTION OF COMPLEX CIRCUIT BOARDS FOR HIGH DENSITY MOUNTING

Весной 2017 г. в рамках международной выставки SMT Hybrid Packaging, компания AIM представила новую паяльную пасту М8, предназначенную для производства печатных плат с высокой плотностью монтажа.

Безотмывная паяльная паста М8 предназначена для производства сложных плат с высокой плотностью монтажа и ультра-мелким шагом печати в военной и автомобильной промышленности, системах светодиодного освещения и многих других приложениях. Паста М8 подходит для использования с шариками припоя Т4 и обеспечивает стабильную эффективность трафаретной печати, проникает даже через апертюры трафарета 0,05 мм, что необходимо для решения самых сложных задач.

Инновационная система активации пасты М8 обеспечивает сильное и продолжительное смачивающее действие. М8 позволяет устранить дефекты типа "голова на подушке" при пайке светодиодов и компонентов в корпусах QFN/BTC. В результате пайки формируются блестящие паяные соединения. Продукт разработан при участии партнеров, специализирующихся на отмывке печатных узлов, благодаря чему обеспечивается легкое удаление остатков пасты после пайки.

Паяльные пасты обладают способностью увеличиваться в объеме после, того как отпечаток нанесен на поверхность. Этот параметр называется осадка. Рассматриваемый показатель должен находиться на низком уровне, поскольку значительное



увеличение размеров отпечатка паяльной пасты является причиной образования перемычек.

М8 не требуют хранения в холодильнике при использовании в течение трех месяцев и обеспечивает стабильную повторяемость результатов печати даже после длительного хранения. После пайки остатки М8 не являются коррозионными и проводящими, а концентрация твердых осадков может достигнуть максимум 2%. Тестирование показало, что остатки М8 можно не удалять. При необходимости они могут быть удалены с помощью доступных средств отмывки. На рис. 1. показан вид фрагмента печатной платы после пайки с использованием пасты М8 (рис. 1,а) и пасты другого производителя (рис. 1,б).

Компания AIM предоставляет образцы паяльной пасты М8 для пробы.

http://www.aimsolder.com/sites/default/files/aim_2016_m8_sell_sheet.pdf.

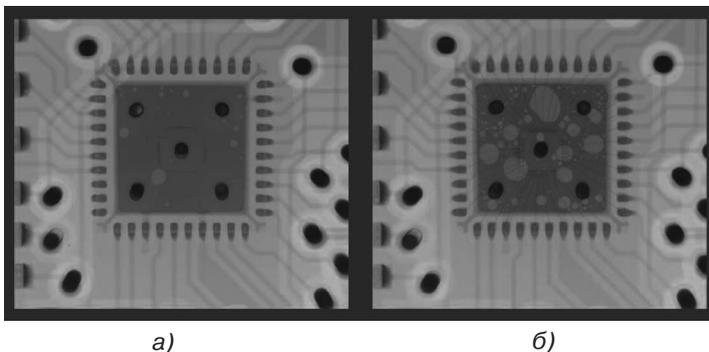


Рис. 1. Вид платы после использования пасты М8 (а) и пасты конкурентов (б)

НЕОБЫЧНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ ОТ ELECTROLUBE

ELECTROLUBE SOLVES UNUSUAL UNDERWATER LED APPLICATION



Весной 2017 г. компания Electrolube, один из ведущих мировых производителей ведущий поставщик химикатов для электротехнической и радиоэлектронной промышленности, разработал по заказу австралийской компании эпоксидную смолу для защиты подводных светодиодных светильников как от пресной, так и морской воды. Смола должна сохранять пластичность при длительной работе в воде в диапазоне температур от 5 до 40 °С, быть огнестойкой и иметь голубой цвет, чтобы она была незаметна под водой.



Различные смолы других производителей не удовлетворяли поставленным условиям. Они разрушались под действием экзотермического эффекта (химической реакции, при которой происходит выделение теплоты) из-за деформации.

Пресная вода разъедает большинство металлов в результате электрохимического окисления, а при работе в соленой воде скорость окисления значительно увеличивается из-за наличия растворенных ионов натрия и хлора. Поэтому металлические поверхности необходимо защищать от воздействия воды.

Компания Electrolube предложила два возможных решения – полиуретановые смолы UR5118 и UR5097. После дальнейшего тестирования была отобрана смола UR5097. Однако при испытании смолы в Австралии выяснилось, что не все проблемы решены.

Первая проблема заключалась в том, что частицы смолы осаждались с течением времени и как следствие изменялась вязкость полимерной смеси. В результате смола начинала вытекать из зазора между основанием и крышкой светильника.

Логичным решением было увеличить тиксотропность смолы (тиксотропность – способность субстанции уменьшать вязкость от механического воздействия и увеличивать вязкость в состоянии по-

кою), которая помогла бы замедлить темпы образования осадка на приемлемом уровне и не допускать просачивание смолы сквозь щели.

Компания Electrolube провела НИОКР и разработала материал, который обладал достаточной тиксотропностью для замедления седиментации (оседание частиц дисперсной фазы в жидкости или газе под действием гравитационного поля или центробежных сил) и предотвращения вытекания смолы через зазор. В результате смола стала очень легко смешиваться, а увеличение вязкости полученной смеси модифицированных смол было немного выше, чем у исходной смолы UR5097. Цвет смолы был изменен на нужный оттенок, соответствующий стандарту RAL.



Результатом разработки компанией Electrolube стала полимерная смола, которая выдерживает воздействие пресной и соленой влаги, предотвращает передачу ионов металлов, которые могут разрушить любую металлическую деталь. Кроме того, смола устойчива к значительным перепадам давления воды, что позволяет использовать ее при различной глубине погружения светильников.

Генеральный директор компании Electrolube Рон Джакеман, сказал: "Мы очень довольны результатами решения этой конкретной задачи. Наличие большого опыта, испытательного оборудования и производственных площадей позволяет нашей компании быстро решать проблемы заказчиков, какими бы сложными они не были. Мы считаем, что проверенное качество нашей продукции и простота ее применения, в сочетании с нашими знаниями о потребностях производителей светодиодов, помогли обеспечить успех этого проекта".

<http://www.electrolube.com/news/2017/04/11/electrolube-solves-unusual-underwater-led-application/>



Технологические материалы фирм AIM и Electrolube



www.aimsolder.com



ELECTROLUBE

www.electrolube.com



VD MAIS – официальный дистрибьютор фирм AIM и Electrolube в Украине

Тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (032) 245-5478, (048) 734-1964,
(095) 274-6897, info@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

Научно-технический журнал.
Предназначен для разработчиков
и производителей электронной
и электротехнической аппаратуры,
средств телекоммуникаций, компьютерных
и управляющих систем, промышленной
и транспортной электроники.
Издается с 1996 года.
Учредитель и издатель журнала –
НПФ VD MAIS.

НПФ VD MAIS

Центральный офис:

03061 Киев
ул. М. Донца, 6
Тел.: (+38-044) 220-0101, 492-8852
Факс: (+38-044) 220-0202
E-mail: info@vdmajs.ua
[http:// www.vdmajs.ua](http://www.vdmajs.ua)

Ukraine

03061 Kyiv, M. Dontsia St. 6
tel.: (+38-044) 220-0101, 492-8852
fax: (+38-044) 220-0202

Региональные представительства:

61070 Харьков
ул. Академика Проскуры, 1
тел./факс: (057) 719-6718, 716-4266
s.momot@vdmajs.ua

49006 Днепр
пр. Пушкина, 55, оф. 504
тел./факс: (0562) 319-128
a.bandurko@vdmajs.ua

65005 Одесса
ул. Головкинская, 36, оф. 20
тел./факс: (048)734-1954
a.bilous@vdmajs.ua

79058 Львов
пр. В. Чорновола, 67, оф. 319
тел./факс: (032) 245-5478
s.luschak@vdmajs.ua

Запорожье
Руслан Моисеенко
r.moisejenko@vdmajs.ua
тел. (095) 274-6897