

Продукция компании MEAN WELL для технологии KNX

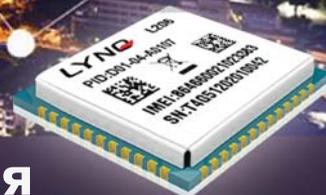


### В номере:

- Формирование полностью симметричного выходного сигнала в измерительных усилителях с несимметричным выходом
- Управление электропитанием в медицинских приборах
- Интеллектуализация оконечного узла сенсорной сети
- Системы автоматизации зданий на основе технологии KNX
- **Продукция компании MEAN WELL для технологии KNX**
- Высоконадежные изолированные модульные DC/DC-преобразователи компании Gaïa Converter
- Можно ли обеспечить беспроводное электропитание автономного безбатарейного устройства?

# GSM/GPRS модуль L206

## для промышленного применения



### Области использования:

- мониторинг транспортных средств
- охранная и пожарная сигнализация
- "умные" счетчики, системы учета потребления электроэнергии, газа, воды и др.
- POS-терминалы в розничной торговле
- системы мониторинга и контроля доступа
- диспетчеризация систем освещения и управления движением
- системы сбора данных и телеметрии
- системы оповещения в чрезвычайных ситуациях
- компоненты систем "Умный дом"

- поддержка LBS, WIFI locate (SW interface), TTS
- малое энергопотребление
- интегрированная технология Bluetooth™ 3.0/4.0
- поддержка OpenCPU (возможность записи кода пользователя в основной МК)

Тип	L206(H\D\CD)	L206(L\C)
Чипсет	MT6261D	MT6261M
Процессор	ARM7EJ-S 260 МГц	ARM7EJ-S 260 МГц
Память	32 Мб (ROM)+32 Мб (RAM)	24 Мб (ROM)+32 Мб (RAM)
Диапазоны	GSM/GPRS 850/900/1800/1900 МГц	
GPRS	Class 12 (85.6 кбит/с UL/DL)	
Передача голоса	поддерживается	
Диапазон рабочих температур	-40...85 °C	
Габаритные размеры	15.8×17.6×2.3 мм	
Корпус	LCC-45	
Сертификация	TA/CCC/CE/FCC/ROHS	

<http://www.mobiletek.cn>

L206 pin-to-pin аналоги модулей SIM800C, SIM800H, SIM800L



**VD MAIS – официальный дистрибьютор компании MobileTek в Украине**

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (095) 283-8246, (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmias.ua, www.vdmias.ua

## ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ

2019 январь-март  
№ 1 (225)

МАССОВЫЙ  
НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ



**Учредитель и издатель:**  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ  
ФИРМА VD MAIS

Зарегистрирован  
Министерством информации  
Украины 24.07.96 г.  
Свидетельство о регистрации:  
серия КВ, № 2081Б  
Издается с мая 1996 г.  
Подписной индекс 40633

**Директор фирмы VD MAIS:**  
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) 492-8852, 201-0202  
**Факс:** (0-44) 202-1110  
**E-mail:** ekis@vdmαιs.ua  
**Интернет:** www.vdmαιs.ua  
www.ekis.kiev.ua

**Адрес для переписки:**  
Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6

### В ПОМОЩЬ РАЗРАБОТЧИКУ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Б. Браннон  
**Десять параметров АЦП, на которые разработчики не всегда обращают внимание** ..... 3

Р. Джазкьевич  
**Новый поворот в классической архитектуре: формирование полностью симметричного выходного сигнала в измерительных усилителях с несимметричным выходом** ..... 5

Ч. Тран  
**Простая схема измерения относительной интенсивности света двух источников** ..... 8

Ф. Достал  
**Управление электропитанием в медицинских приборах** ..... 10

### ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Я. Биверс  
**Интеллектуализация оконечного узла сенсорной сети, часть 3** ..... 15

Я. Биверс, Э. МакЛин  
**Интеллектуализация оконечного узла сенсорной сети, часть 4** ..... 21

**В чем разница между сетью Ethernet и сетью Industrial Ethernet?** ..... 30

В. Макаренко  
**Системы автоматизации зданий на основе технологии KNX** .... 33

В. Макаренко  
**Продукция компании MEAN WELL для технологии KNX** ..... 41

### ПРОДУКЦИЯ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В. Котигорошко  
**Высоконадежные изолированные модульные DC/DC-преобразователи компании Gaia Converter** ..... 49

### ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

М. Витьюник  
**Можно ли обеспечить беспроводное электропитание автономного безбатарейного устройства?** ..... 63

**ASK THE APPLICATIONS ENGINEER**

B. Brannon  
**Nine Often Overlooked ADC Specifications ..... 3**

R. Juszkievicz  
**A New Spin on a Classic Architecture: Achieving a Fully Differential Output Using Single-Ended Instrumentation Amplifiers ..... 5**

Ch. Tran  
**Simple Circuit Measures Relative Intensity of Two Light Sources ..... 8**

F. Dostal  
**Power Management for Healthcare Applications ..... 10**

**INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY**

J. Beavers  
**Intelligence at the Edge Part 3: The Edge Node..... 15**

J. Beavers, E. MacLean  
**Intelligence at the Edge Part 4: The Edge Node.....21**

**What Is the Difference Between Ethernet and Industrial Ethernet? .....30**

V. Makarenko  
**Building automation systems based on KNX technology ...33**

V. Makarenko  
**MEAN WELL KNX Technology Products .....41**

**DUAL-USE COMPONENTS**

V. Kotigoroshko  
**GALVANIC ISOLATION DC/DC CONVERTER FROM GAIA CONVERTER .....49**

**POWER SUPPLIES**

M. Vitunic  
**ENABLEMENT OF BATTERYLESS APPLICATIONS WITH WIRELESS POWER .....63**



**ELECTRONIC COMPONENTS AND SYSTEMS**

January-March 2019  
 No. 1 (225)

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) 201-0202,  
 492-8852 (multichannel)

**Fax:**  
 (380-44) 202-1110

**E-mail:**  
 ekis@vdmiais.ua

**Web address:**  
 www.vdmiais.ua  
 www.ekis.kiev.ua  
 Printed in Ukraine

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

## ДЕВЯТЬ ПАРАМЕТРОВ АЦП, НА КОТОРЫЕ РАЗРАБОТЧИКИ НЕ ВСЕГДА ОБРАЩАЮТ ВНИМАНИЕ \*

Аналого-цифровые преобразователи характеризуются большим числом параметров. Одни из них всегда важны для разработчиков, другими они зачастую пренебрегают. Чем глубже разработчик понимает параметры АЦП, тем лучше характеристики проектируемого им изделия.

Б. Браннон

### NINE OFTEN OVERLOOKED ADC SPECIFICATIONS

Abstract - Analog-to-digital converters have many specifications; some are more important for a given application than others. Understanding these specifications and controlling external devices affecting the ADC will lead to better performance.

B. Brannon

Выбирая тот или иной АЦП, разработчики, прежде всего, обращают внимание на его разрешение, отношение сигнал/шум или нелинейные искажения, не обращая внимание на остальные не менее важные параметры.

**Разрешение (Resolution).** Этот параметр выражается в двоичных разрядах АЦП, однако, многие его понимают по-разному. В технической документации иногда этот параметр означает число достоверных разрядов (ENOB). В этом случае учитывается отношение сигнал/шум (SNR). В других руководствах по применению АЦП рекомендуется использовать такой параметр, как спектральная плотность шума (NSD). Этот параметр измеряется в единицах дБм/Гц (dBm/Hz) или нВ/√Гц (nV/√Hz) и учитывает одновременно частоту выборки АЦП, входной диапазон, отношение сигнал/шум, а также входной импеданс (если он измеряется в дБм/Гц).

В АЦП на входе используется аналоговый интерфейс и поэтому целесообразно при выборе преобразователя пользоваться комплексным параметром, к которому относится спектральная плотность шума. Многие разработчики при выборе АЦП используют такие параметры как динамический диапазон неискаженного сигнала или нелинейные искажения. И хотя эти параметры прямо не связаны с разрешением АЦП, однако при проектировании устройств на основе преобразователя следует учесть, что его разрешающая способность имеет прямую связь с нелинейными искажениями.

**Ослабление нестабильности питания (Power Supply Rejection).** Этот параметр связывает пульсации на выходе источника питания, поступающие на вход АЦП, с погрешностью цифрового кода на

его выходе. При высокой величине пульсаций их уровень на входе АЦП может быть сравним с полезным входным сигналом. Так, например, если пульсации на выходе источника питания составляют 20 мВ, а диапазон входного сигнала АЦП составляет 0,7 В (с.к.з.), шум на входе АЦП может составить -31 дБ от полной шкалы. Если преобразователь ослабляет шум на входе на 30 дБ, то шум на его выходе составит -61 дБ от полной шкалы. Информация об этом параметре преобразователя позволяет правильно выбрать параметры фильтра на входе АЦП. Особенно данные о степени ослабления шума источника питания в АЦП важны при эксплуатации преобразователей в условиях действия электромагнитных помех, а также при использовании импульсных источников питания.

**Ослабление синфазной помехи (Common-Mode Rejection).** Этот параметр характеризуется паразитной синфазной составляющей на фоне полезного дифференциального сигнала на входе АЦП. Множество АЦП имеет дифференциальный вход и поэтому такие преобразователи, как правило, устойчивы к действию синфазной помехи на входе. Ослабление синфазной помехи на входе высококачественных АЦП может достигать 90 дБ и выше.

**Скорость нарастания фронта тактового импульса (Clock Slew Rate).** Чем больше скорость нарастания фронта тактового импульса в цепи управления выборкой сигнала АЦП, тем лучше момент выборки будет привязан к изменяющемуся на входе АЦП сигналу. Если скорость нарастания фронта тактового сигнала мала, то неопределенность момента выборки полезного сигнала на входе АЦП может привести к существенной погрешности,

\* Brannon B. *Nine Often Overlooked ADC Specifications*. <https://www.analog.com/en/technical-articles/nine-often-overlooked-adc-specifications.html>. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

особенно, если необходимо восстанавливать сигнал на выходе преобразователя. При проектировании устройств на основе АЦП следует учитывать допустимую минимальную скорость нарастания фронта тактового импульса.

**Апертурная дрожь (Aperture jitter).** Это временная неопределенность выборки входного сигнала, зависящая, прежде всего, от времени срабатывания компараторов или ключей в усилителе выборки и хранения. Данный параметр важен для АЦП высокого быстродействия, предназначенных для кодирования быстроменяющихся процессов. Подробную информацию о влиянии этого параметра на точность преобразования АЦП можно найти в публикациях компании Analog Devices: Applications notes AN-501 and AN-756.

**Апертурная задержка (Aperture delay).** Апертурная задержка – это время распространения цифрового сигнала, управляющего выборкой полезного сигнала на входе АЦП, от источника этого сигнала до соответствующих ключей усилителя выборки и хранения или компараторов с защелкой входного сигнала. Данный параметр важен для АЦП высокого быстродействия.

Как правило, апертурная задержка имеет постоянное значение для конкретного преобразователя, и ее, в отличие от апертурной неопределенности, можно учесть при восстановлении сигнала после его кодирования.

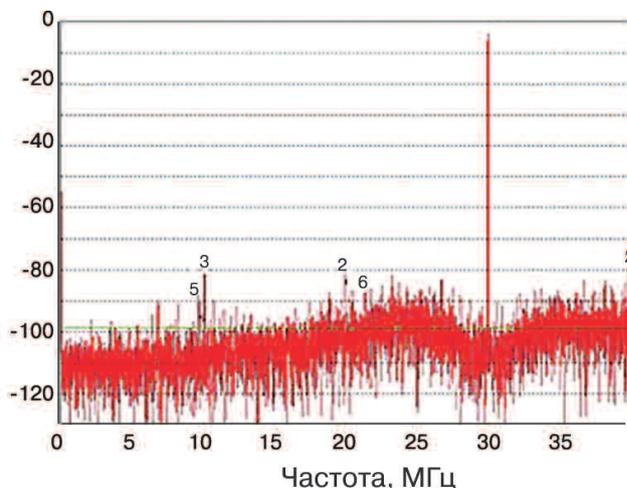
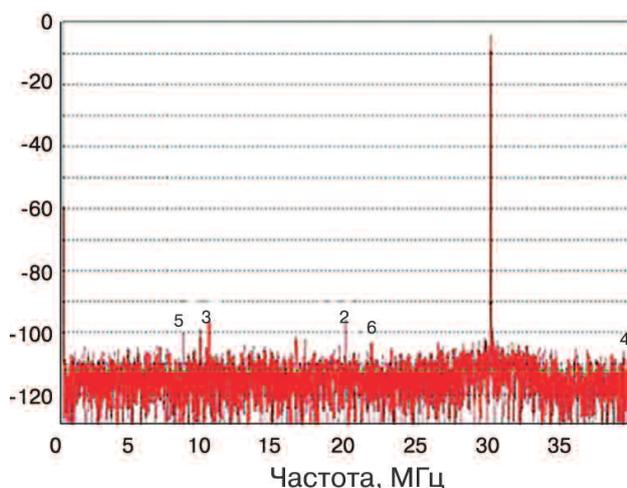
**Время преобразования, задержка преобразования (Conversion Time and Conversion Latency).** Это два, связанных между собой, параметра. Время преобразования, как правило, характерно для АЦП поразрядного уравнивания и равно временно-му интервалу между командой запуска АЦП и сигнала

лом об окончании процесса преобразования. Время преобразования может быть выражено в виде задержки преобразования. Практически, это два тождественных понятия. Однако задержкой преобразования, как правило, характеризуются конвейерные или pipelined АЦП.

**Время выхода из «спящего» режима (Wake Up Time).** Если время между соседними отсчетами АЦП достаточно велико, а АЦП используется в устройстве с батарейным питанием, целесообразно применять «спящий» режим между следующими друг за другом с большим интервалом измерениями. В этом случае при возврате АЦП в активный режим требуется некоторое время для установления всех его узлов в рабочее состояние. Этот параметр характеризуется временем выхода АЦП из «спящего» режима.

**Выходная нагрузка (Output Loading).** В АЦП на выходе, как правило, используются КМОП интегральные схемы. Зная их нагрузочную способность, можно вычислить скорость передачи данных по интерфейсу и обеспечить минимальную задержку при передаче данных в канал связи. При этом следует минимизировать нагрузку с учетом используемой гальванической развязки и исключить провалы напряжения на выходе источника питания цифровых узлов. Для того, чтобы исключить или уменьшить влияние перечисленные проблем в интерфейсных цепях, во многих АЦП на выходе используется LVDS-логика, выполненная на основе переключателя тока и свободная от недостатков КМОП-схем.

**Монотонность (Monotonicity).** Монотонность – это параметр передаточной характеристики АЦП. Если в передаточной характеристике преобразователя с ростом входного сигнала наблюдается



**Спектр выходного сигнала АЦП с развязкой (слева) и без развязки (справа)**

уменьшение значения выходного кода, а с уменьшением входного сигнала – наоборот, наблюдается его увеличение, это значит, что передаточная характеристика преобразователя немонотонна. Если АЦП используется в контуре управления сложной системы, например, управляет мощным котлоагрегатом, то немонотонность характеристики АЦП может привести к катастрофическим последствиям из-за принятия ошибочного управленческого решения системой управления в целом.

**Неспецифические критерии (Unspecified Criteria).** К одному из таких критериев относится качество разводки печатной платы преобразователя.

Качество разводки печатной платы существенно влияет на параметры АЦП. Если развязка АЦП неудовлетворительна, то печатная плата может стать дополнительным источником шума в полосе полезного сигнала. Как правило, для АЦП требуется несколько источников питания. Если пульсации их достаточно велики, а развязка АЦП на печатной плате выполнена неудовлетворительно, то это приводит к искажению полезного сигнала на входе преобразователя и возникновению погрешности в цифровом коде на его выходе. Сравнительный спектр цифрового сигнала для АЦП с разным качеством развязывающих цепей приведен на рисунке.

## НОВЫЙ ПОВОРОТ В КЛАССИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ: ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛНОСТЬЮ СИММЕТРИЧНОГО ВЫХОДНОГО СИГНАЛА В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЯХ С НЕСИММЕТРИЧНЫМ ВЫХОДОМ \*

A NEW SPIN ON A CLASSIC ARCHITECTURE: ACHIEVING A FULLY DIFFERENTIAL OUTPUT USING SINGLE-ENDED INSTRUMENTATION AMPLIFIERS

Р. Джазкьевич (R. Juskiewicz)



Вопрос: Можно ли сформировать симметричный выходной сигнал в измерительном усилителе с несимметричным выходом?

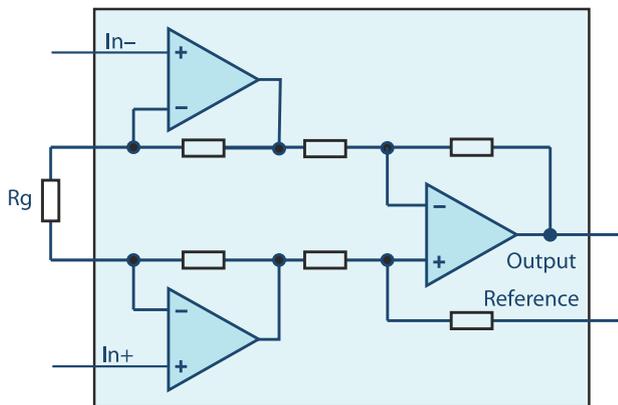
Ответ: Использование симметричного сигнала в измерительном канале имеет ряд преимуществ, а именно, такой сигнал имеет вдвое большую амплитуду при одинаковом по сравнению с несим-

метричной структурой напряжении питания, отношение сигнал/шум в симметричном канале тоже выше, коэффициент ослабления синфазной помехи имеет место только в симметричном измерительном канале. Кроме того, в усилителе с симметричным входом более высокий входной импеданс, более точный и легко регулируемый коэффициент усиления. Однако, эти преимущества исчезают, если на выходе классического измерительного усилителя возникает необходимость в формировании симметричного сигнала.

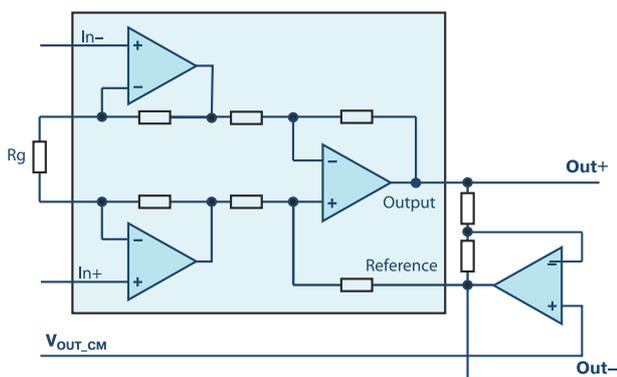
Существуют специальные методы, позволяющие получить полностью симметричный по входу и выходу измерительный усилитель, выполненный на основе традиционной классической схемы с несимметричным выходом (рис. 1). Однако, эти методы не свободны от недостатков.

Один из методов заключается в использовании вывода "reference" и внешнего операционного усилителя (OU), как показано на рис. 2. В этом случае

\*Juskiewicz R. "A New Spin on a Classic Architecture: Achieving a Fully Differential Output Using Single-Ended Instrumentation Amplifiers". *Analog Dialogue*, December, 2018. [www.analog.com](http://www.analog.com). Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.



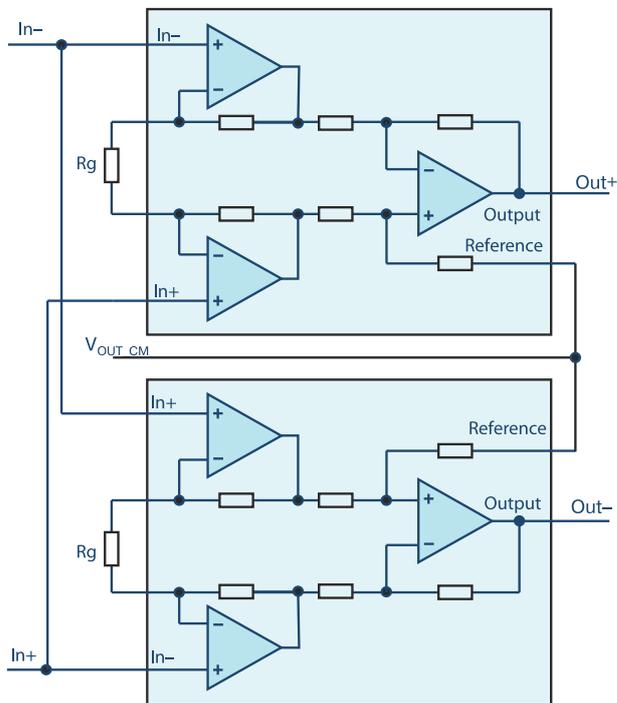
**Рис. 1. Классическая схема измерительного усилителя с несимметричным выходом**



**Рис. 2. Схема классического измерительного усилителя с внешним ОУ для формирования симметричного выхода**

выходы основного и внешнего или дополнительного операционного усилителя образуют общий симметричный выход. Недостатком такой схемы является то, что для сохранения устойчивости внешнего операционного усилителя в цепь его обратной связи, как правило, необходимо включить конденсатор, что приводит к уменьшению полосы пропускания этой схемы по сравнению с измерительным усилителем без внешнего ОУ.

Второе решение состоит в том, что используются два классических измерительных усилителя, включенных параллельно, как показано на рис. 3. Эта схема имеет большую полосу пропускания по сравнению с предыдущей (рис. 2) и лучшее согласование параметров параллельно включенных измерительных усилителей. Однако, если внутренние резисторы обоих усилителей плохо согласованы между собой, а это может иметь место, если усилители выбраны из разных партий, то выходной сигнал будет сдвинут относительно центральной точки и симметрия на выходе этой схемы будет нарушена.

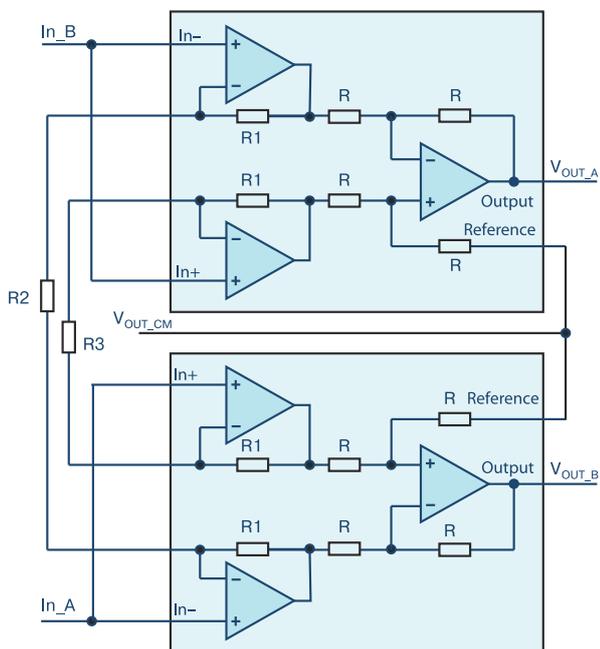


**Рис. 3. Параллельное включение двух измерительных усилителей для получения симметричного выхода**

На рис. 4 приведена новая схема с перекрестным включением двух классических измерительных усилителей. Она обеспечивает полностью симметричный выход, имеет коэффициент усиления, регулируемый с высокой точностью, причем регулировка усиления обеспечивается одним внешним резистором. Соединив выводы "reference" двух усилителей, разработчик имеет возможность регулировать размах выходного симметричного сигнала.

Такая схема за счет перекрестного включения резисторов обоих измерительных усилителей позволяет практически исключить влияние рассогласования параметров этих резисторов в каждом усилителе на точность формирования полностью симметричного выходного сигнала.

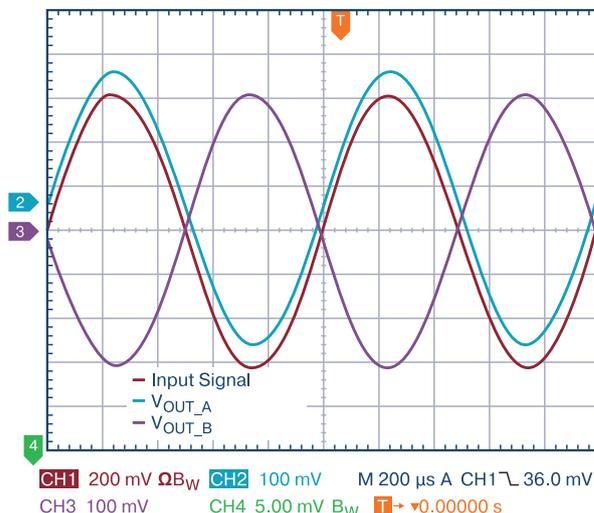
В качестве примера на рис. 5 приведены графики сигналов на входах и выходах схемы с перекрестным включением измерительных усилителей типа AD8221, которая представлена на рис. 4. С помощью внешних резисторов коэффициент усиления этой схемы выбран равным единице, причем CH1 – сигнал на входе In\_A, CH2 – сигнал на выходе VOUT\_A, CH3 – сигнал на выходе VOUT\_B. Из графиков следует, что сигналы на выходах А и В полностью согласованы по напряжению и противоположны по фазе, а симметричный сигнал на входе полностью согласован с симметричным сигналом на выходе.



**Рис. 4. Схема с перекрестным включением двух классических измерительных усилителей для формирования симметричного выхода**

### ВЫВОДЫ

Схема с перекрестным включением классических измерительных усилителей обеспечивает пол-



Примечание: сигнал на выходе VOUT\_A сдвинут на графике для лучшей визуализации

**Рис. 5. Результаты измерения симметричного сигнала на выходе схемы с перекрестным включением измерительных усилителей**

ностью симметричный выход в измерительном канале. Качество выходного симметричного сигнала в этой схеме практически не зависит от величины рассогласования параметров внутренних резисторов в двух измерительных усилителях.

## VD MAIS

### Разработка и серийное производство электроники

- разработка электрических схем
- проектирование и изготовление печатных плат
- комплектация изделий электронными компонентами и конструктивами
- контрактное производство (по стандарту IPC-A-610G):
  - автоматизированный монтаж SMD-компонентов и автоматизированная селективная пайка компонентов, монтируемых в отверстия
  - изготовление опытных образцов изделий
  - мелко- и крупносерийное производство
- многолетний опыт разработки и производства
- гарантия качества

Сертификация на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016  
Цены – оптимальные.

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

## VD MAIS

### Печатные платы

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

Сертификация на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016  
Цены – оптимальные.

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

## VD MAIS

### Контрактное производство электроники

(по стандарту IPC-A-610)

- автоматизированный монтаж SMD-компонентов (до 2.5 млн в сутки)
- автоматизированная селективная пайка компонентов, монтируемых в отверстия
- монтаж прототипов печатных плат
- 100% автоматический оптический контроль качества монтажа
- изготовление опытных образцов изделий
- мелко- и крупносерийное производство
- 10-летний опыт контрактного производства
- гарантия качества

Сертификация на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016  
Цены – оптимальные.

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmajs.ua, www.vdmajs.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: конвекционная 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, LKPF, Magic Ray, Miele, Nordson, Optilla, PACE, PDT, Hanwha, Seho, TWS, Vision, Weiss

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

# ПРОСТАЯ СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА ДВУХ ИСТОЧНИКОВ \*

SIMPLE CIRCUIT MEASURES RELATIVE INTENSITY OF TWO LIGHT SOURCES

Ч. Тран (Ch. Tran)



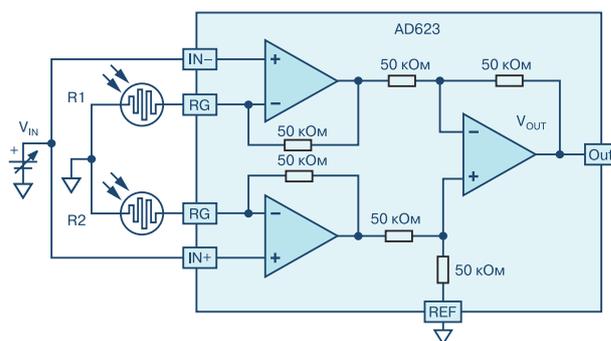
Вопрос. Можно ли измерить разницу интенсивности света двух источников с помощью измерительного усилителя?

Ответ. Да, это возможно, если заменить основной установочный резистор измерительного усилителя двумя фоторезисторами.

В ряде случаев измерение относительной интенсивности двух источников света более важно, чем измерение абсолютных значений силы света этих источников. Это позволяет обеспечить одинаковую силу света каждого источника, что, например, полезно для сравнения освещенности в двух помещениях одного и того же здания, в результате чего можно отрегулировать интенсивность света в каждом помещении так, чтобы она была одинаковой, или, если нужно убедиться, что в течение ночного времени одинаковая интенсивность света сохраняется в этих помещениях без изменения. Одним из путей измерения относительной интенсивности света является измерение разности выходных сигналов фоторезисторов, причем симметричный выходной сигнал на выходе измерительного усилителя может быть легко преобразован в несимметричный с заземленным опорным источником. Приведенная на рис. 1 схема легко решает эту проблему благодаря использованию измерительного усилителя

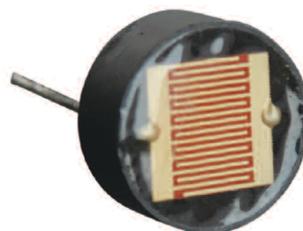
AD623 компании Analog Devices.

Отметим, что в этой схеме использованы два светочувствительных резистора (фоторезистора) R1 и R2, которые преобразуют интенсивности двух



**Рис. 1. Схема измерения относительной интенсивности двух источников света**

источников света в электрические сигналы, так как под воздействием изменяющегося светового потока меняется величина сопротивления каждого фоторезистора. Подобные схемотехнические решения широко применяются при регулировке уличного освещения, при управлении шлагбаумами и автоматическими дверями и т.п. Сопротивление фоторезистора при отсутствии источника света, как правило, очень велико (единицы мегаом), а в освещенном помещении оно уменьшается до нескольких десятков или единиц килоом. Внешний вид фоторезистора, который легко можно приобрести в торговых сетях для радиолюбителей типа RadioShack, показан на рис. 2.

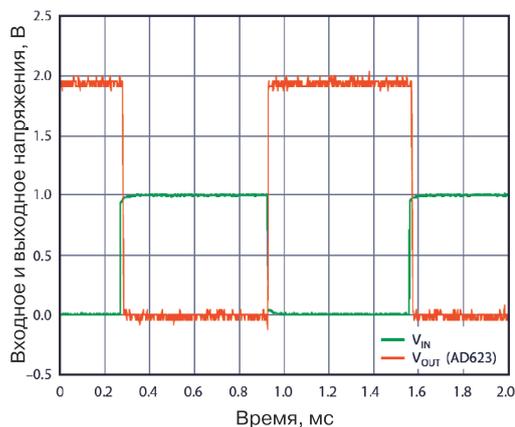


**Рис. 2. Внешний вид фоторезистора для радиолюбительских и промышленных применений**

\* Tran Ch. "Simple Circuit Measures Relative Intensity of Two Light Sources". Analog Dialogue, December, 2018. [www.analog.com](http://www.analog.com). Сокращенный перевод с английского и комментарий В. Романова.

В схеме для измерения относительной интенсивности источников света, приведенной на рис. 1, использовано два фоторезистора, один из которых является опорным. Если два резистора находятся под действием одного источника света, выходной симметричный сигнал будет равен нулю. Для сравнения интенсивности света в разных помещениях опорный фоторезистор используется в каждом измерительном цикле. Поскольку измерительный усилитель имеет двухполярное напряжение питания, то в зависимости от того, в каком помещении интенсивность света будет больше, сигнал на выходе усилителя в этом случае будет иметь положительную полярность. Так, например, из диаграммы, рис. 3, следует, что если в двух помещениях источники света имеют разную интенсивность, а при входном напряжении 1 В на частоте 1 кГц выходное напряжение для одного из этих помещений имеет положительную величину 2 В, это означает, что и интенсивность света в этом помещении выше.

Таким образом, простая схема измерительного усилителя с фоторезисторами на входе может слу-



**Рис. 3. Выходное напряжение на временной диаграмме показывает относительную интенсивность источника света**

жить простым индикатором относительной интенсивности света в разных помещениях и, в случае необходимости, позволяет отрегулировать источники света так, чтобы они имели одинаковую интенсивность.

## 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".



**VD MAIS**  
The Professional Distributor

Обращаться по адресу: г. Киев, ул. М. Донца 6  
info@vdmajs.ua  
тел.: (044) 201-0202 (внутр. 1329, 1328)  
факс: 202-1110  
Контактное лицо: Пацев Андрей Викторович

# УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ В МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРАХ \*

Управление электропитанием в медицинских приборах зависит от их применения. Рынок средств управления электропитанием быстро развивается, предлагая новые и новые решения. В то же время, медицинские приборы разрабатываются и осваиваются в производстве значительно медленнее. В данной публикации рассмотрены четыре направления развития медицинских приборов и особенности применяемых в них устройств управления электропитанием. Это домашние медицинские приборы, медицинские приборы для специалистов, медицинские мониторы и медицинские приборы с визуализацией информации (томографы, рентгенаппаратура и т.п.).

Ф. Достал

## POWER MANAGEMENT FOR HEALTHCARE APPLICATIONS

**Abstract** - Different healthcare applications require different power management solutions. From a power management view, healthcare is a very interesting market. Though design cycles within healthcare are quite long, a high level of innovation is fuelling the need for new healthcare electronics. These do not only replace older apparatus but are used in new markets and applications that did not exist a few years ago. This article will look into four different healthcare application areas. They are home healthcare, instrumentation, patient monitoring, and imaging. Power management solutions are discussed for each individually.

F. Dostal

### Бытовые медицинские приборы

Стремительное старение населения, развитие экономики передовых стран, появление новых инновационных направлений в области медицины значительно расширили возможности современных медицинских приборов, применяемых в домашних условиях. К преимуществам домашних медицинских приборов относится возможность быстрого измерения необходимого медицинского параметра непосредственно пациентом без обращения к врачу и гибкость в принятии решения в лечении по результатам измерения. Примерами таких приборов

являются бытовые тонометры, глюкометры, измерители частоты сердечного ритма, оксигемометры и др. Как правило, все эти приборы в портативном исполнении и имеют батарейное питание. Чем меньше их потребление, тем дольше эти приборы можно использовать без замены или подзарядки аккумуляторных батарей. Устройства управления электропитанием домашних медицинских приборов существенно влияют на их стоимость. На рис. 1 приведена схема управления электропитанием на основе перезаряжаемого литий-ионного аккумулятора (Li-Ion Battery). Как следует из этой схемы, электропитание ряда ее узлов может быть отключе-

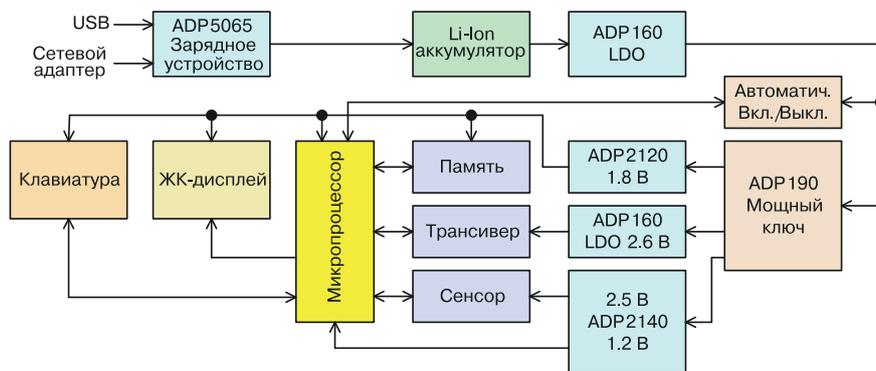


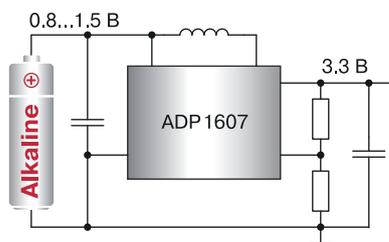
Рис. 1. Типовая схема управления электропитанием домашнего медицинского прибора

\* Dostal F. Power Management for Healthcare Applications. <https://www.analog.com/en/technical-articles/power-management-for-health-care-applications.html>.

Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

но с помощью ключа (Мощный ключ) ADP190, в то время как другие узлы, а именно стабилизатор (LDO) ADP160, который используется для питания часов реального времени (RTC), и сама ИМС часов реального времени всегда остаются в рабочем состоянии, т.е. с подключенным (Power-on) питанием. Ключ ADP190 потребляет не более 2 мкА во включенном состоянии, а стабилизатор ADP160 в ненагруженном режиме имеет потребление не более 560 нА, что позволяет свести к минимуму ток разряда аккумуляторной батареи.

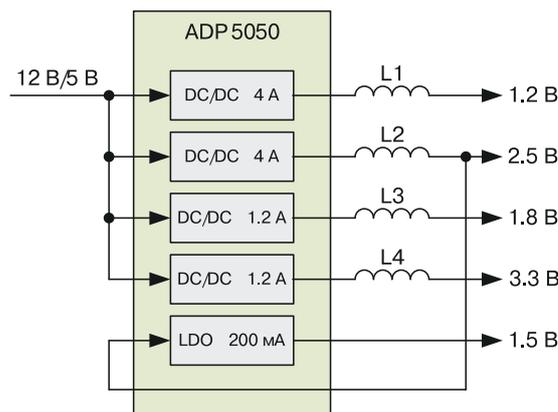
ИМС ADP2140 – повышающий импульсный стабилизатор (buck switching regulator), совмещенный с линейным стабилизатором, что позволяет снизить стоимость этих узлов и уменьшить занимаемую ИМС площадь на печатной плате по сравнению с аналогами, выполненными на разных кристаллах. Кроме того, в составе схемы управления питанием, рис. 1, имеется зарядное устройство (Charger) ADP5065 для подзарядки аккумуляторной батареи. ИМС ADP5065 может быть подключена к портам USB 2.0 или USB 3.0 и обеспечивает подзарядку аккумуляторной батареи через мини-USB разъем. Некоторые бытовые медицинские приборы, процесс измерения в которых происходит за короткий интервал времени, используют обычные батареи без подзарядки, что снижает вес, уменьшает размеры и стоимость прибора в целом. К таким приборам, например, относятся портативные глюкометры или оксигемометры. Недостатком использования обычной батарейки как в медицинском, так и другом портативном приборе, является невысокий уровень напряжения батарейки, который находится в пределах от 0.8 до 1.5 В. Для обеспечения эффективной работы вторичного источника питания этот уровень повышается с помощью стабилизатора напряжения, например, типа ADP1607, до напряжения 3.3 В, как показано на схеме, рис. 2,



**Рис. 2. Источник питания портативного медицинского прибора с первичным источником питания в виде обычной батарейки**

### Медицинские приборы, используемые в клиниках или поликлиниках

Такие приборы, как правило, являются стационарными устройствами. Они имеют большое потребление, не сравнимое с потреблением портативных бытовых приборов. Поэтому эффективность управления электропитанием в таких устройствах не так важна, как в портативных. В то же время, для стационарных приборов важным параметром является уровень излучаемых ими помех, величина которых влияет на точность измерений. Это значит, что применяемые в них импульсные стабилизаторы должны иметь малый уровень излучаемых электромагнитных помех. Как правило, в стационарных медицинских приборах, которые питаются от сети переменного тока, используются ac/dc-преобразователи, которые формируют необходимые уровни постоянного напряжения для узлов и компонентов таких приборов. На рис. 3 приведена схема ИМС ADP5050, представляющая собой устройство управления электропитанием (power management unit – PMU), которое формирует напряжение постоянного тока 1.2 В.



**Рис. 3. Микромощное устройство управления электропитанием с программированием параметров по шине I2C**

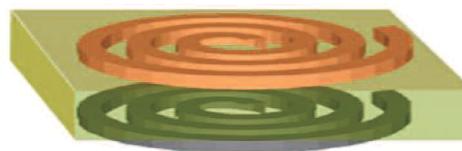
Схема содержит четыре импульсных стабилизатора напряжения и один линейный стабилизатор. Частоты коммутации каждого импульсного стабилизатора синхронизированы между собой и имеют некоторый сдвиг по фазе друг относительно друга для уменьшения уровня излучаемых помех, что позволяет уменьшить параметры конденсаторов в фильтрах на выходе стабилизаторов, а, следовательно, и размеры этих конденсаторов. Отметим, что если для двух импульсных стабилизаторов в

этой ИМС использовать частоту коммутации вдвое меньшую, чем для двух других стабилизаторов, то это даст возможность обеспечить гарантируемо низкий уровень излучаемых помех. При этом для более высоких выходных напряжений желательно использовать более низкую частоту коммутации импульсных стабилизаторов, а для более низких выходных напряжений – более высокую частоту коммутации. Это позволит обеспечить высокий КПД источника питания в целом.

Интерфейс I2C позволяет программировать уровни питающих напряжений, контролировать температуру кристалла ИМС, задавать сдвиг по фазе между частотами коммутации импульсных стабилизаторов, определять правильность работы ИМС по каждому каналу и управлять уровнями напряжения питания индивидуально в каждом канале.

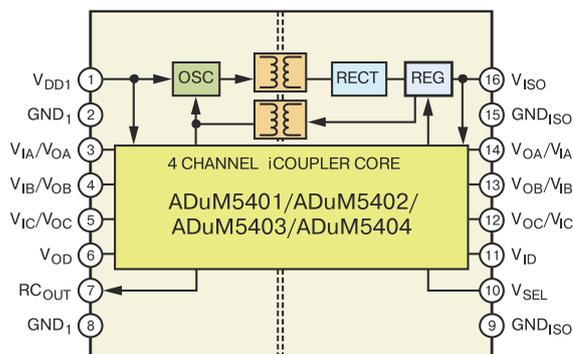
### Стационарные медицинские мониторы

Используются в клиниках для непрерывного слежения за кровяным давлением, частотой сердечного ритма, частотой дыхания и другими основными медико-физиологическими параметрами пациентов. В качестве источника питания в таких мониторах, как правило, используются линейные стабилизаторы напряжения, т.к. в этом оборудовании эффективность источника питания не столь важна по сравнению с ранее рассмотренными устройствами. Основными требованиями к источникам питания медицинских мониторов являются малый уровень излучаемых помех, высокая степень электробезопасности и надежности. Высокая надежность важна, например, при транспортировке пациента с медицинским монитором из одной клиники в другую, т.к. отказ монитора может привести к гибели пациента. Гальваническая развязка цепей питания в таких мониторах должна соответствовать требованиям стандарта IEC 60601-1. В качестве изоляторов цифровых цепей рекомендуется использовать изоляторы, выполненные по технологии iCoupler® компании Analog Devices. Изоляторы этого типа обеспечивают электрическую прочность изоляции до 10 кВ, что соответствует требованиям стандарта IEC 60747-5-5. Технология iCoupler основана на применении пленочных развязывающих трансформаторов, как показано на рис. 4. Как видно из этого рисунка, между двумя пленочными обмотками имеется изоляционный барьер, выполненный из полиамида или другого изолирующего материала, например, окиси кремния.

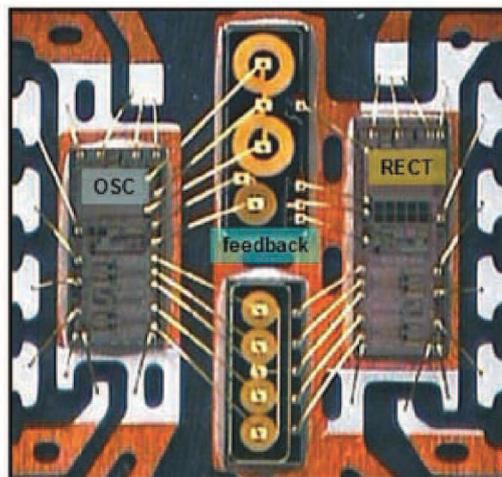


**Рис. 4. Две пленочные обмотки, разделенные изоляционным слоем, обеспечивают гальваническую развязку электрических цепей**

Структурная схема устройства гальванической развязки, выполненного по технологии iCoupler, приведена на рис. 5. Как было отмечено, такая технология позволяет обеспечить гальваническую развязку как сигнальных цепей, так и цепей питания. Например, ИМС семейства ADuM540x обеспечивают развязку цепей питания с мощностью до 500 мВт. Внутренний вид ИМС, выполненной по технологии iCoupler, приведен на рис. 6.



**Рис. 5. Структурная схема ИМС изоляторов электрических цепей семейства ADuM540x**



**Рис. 6. Внутреннее устройство ИМС семейства ADuM540x**

## Медицинские приборы с визуализацией информации

К этой группе медицинских приборов относятся ультразвуковые приборы, компьютерные и эмиссионные томографы, цифровые рентгеновские аппараты, МРТ и др. Такие приборы, как МРТ и эмиссионные томографы имеют значительное потребление. Чем выше КПД таких приборов, тем меньше будет рассеиваемая во внешнее пространство мощность. Другим важным показателем узлов электропитания в таких приборах является уровень создаваемых ими помех, т.к. генерируемые шумы и помехи по цепям питания отображаются на экране монитора такого устройства, увеличивая погрешность анализируемого изображения. Отметим, что до настоящего времени выпускаемые промышленностью серийные модули управления электропитанием в таких сложных медицинских приборах практически не находят применения. Это связано с тем, что производители этих модулей не могут гарантировать требуемый уровень генерируемых электромагнитных помех для каждого конкретного применения. Поэтому до настоящего времени устройства электропитания такой медицинской аппаратуры являются предметом собственной разработки компаний-производителей данных медицинских приборов, причем устройства электропитания, как правило, разрабатываются на основе дискретных компонен-

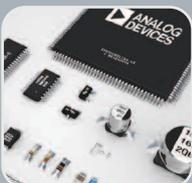
тов, что пока позволяет более успешно бороться с возникающими в цепях питания помехами и шумами.

## ВЫВОДЫ

Схемы управления электропитанием в медицинских приборах разного назначения – от портативных с батарейным питанием и до стационарных установок для диагностики различных патологических изменений в организме человека – во многом определяют точность и валидность медицинского диагноза. В домашних приборах и медицинских приборах для измерения и мониторинга основных медико-физиологических параметров человека в настоящее время используются серийные модули управления электропитанием, позволяющие повысить эффективность источника питания, снизить уровень помех, повысить уровень электробезопасности, уменьшить габариты и стоимость приборов в целом. Широкий набор модулей гальванической развязки и устройств управления электропитанием для таких устройств выпускает компания Analog Devices. В сложных диагностических установках типа УЗИ, МРТ, цифровой рентгенаппаратуре используются системы электропитания на дискретных компонентах, причем гарантируемый уровень помех и шумов источника питания обеспечивается в процессе комплексной отладки медицинского оборудования в целом.

**VD MAIS**

**Электронные компоненты и системы**



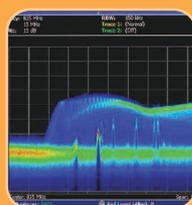
- Микросхемы • Датчики • Оптоэлектроника
- Источники питания • Драйверы светодиодов
- Резонаторы и генераторы
- Дискретные полупроводники
- Пассивные компоненты
- СВЧ-компоненты
- Системы беспроводной связи

**Дистрибуция и прямые поставки:**  
 Analog Devices, Bluetech, Cree, DDC, Dynex, Fordata, Foryard, Gaia, Geyer, IXYS, Kendell, Kingbright, Ledil, Littlefuse, Mean Well, Microsemi, Omron, Recom, Siti, Sonitron, Suntan, Tellit, Vacuumschmelze, Xilinx, Yitran

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
 тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
 e-mail: info@vdmals.ua, www.vdmals.ua

**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) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
 e-mail: info@vdmals.ua, www.vdmals.ua

## Уважаемые подписчики и читатели нашего журнала!

В 2019 году журнал “Электронные компоненты и системы” будет выпускаться в электронном виде.

Для оформления бесплатной подписки достаточно прислать по электронной почте на адрес ekis@vdmals.ua заявку с указанием: фамилии, имени, отчества, адреса электронной почты, названия организации, в которой Вы работаете и города, в котором она располагается.

Подписчики журнала предыдущих лет остаются в списках и будут получать рассылку журнала автоматически.

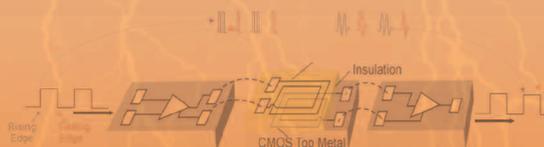


**iCoupler®**

**ЦИФРОВЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ**  
для вашего устройства

**Области применения и основные параметры:**

- цифровые изоляторы для интерфейсов RS-485, CAN, LVDS, M-LVDS, RS-232, IO-Link, мультипротокольные, USB 2.0, I2C, SPI
- изолированные драйверы затвора, усилители, АЦП, контроллеры
- сигма-дельта модуляторы и др.
- количество каналов: 1-6
- напряжение изоляции: 1-7.5 кВ
- максимальная скорость передачи данных: 1...150 Мбит/с
- максимальная задержка распространения: 13...180 нс
- температурные диапазоны: -40...85 °С, -40...105 °С, -40...125 °С
- тип корпуса: SOIC-8, SOIC-16, SOIC-20, BGA-32, QSOP-16, SSOP-20



**VD MAIS – официальный дистрибьютор компании Analog Devices в Украине**  
тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (095) 283-8246, (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdm ais.ua, www.vdm ais.ua

Интернет-магазин

**VD MAIS**

The Professional Distributor

catalog.vdm ais.ua

**ПОКУПАЙ КОМПОНЕНТЫ ОНЛАЙН**



- для разработчиков и предпринимателей
- быстрое получение счета без ожидания
- поставки со склада в Киеве
- заказы на зарубежных складах
- специальные условия для дилеров

1. Зарегистрируйтесь в один клик
2. Внесите данные плательщика
3. Выбирайте товары
4. Мгновенно получите счет
5. Оплатите онлайн или через банк
6. Ожидайте доставку заказа



- электронные компоненты
- светодиоды и блоки питания
- кабели, разъемы, клеммы, реле
- паяльное оборудование и материалы
- измерительные приборы



**Центральный офис:**  
03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
Тел.: (+38-044) 201-0202  
Факс: (+38-044) 202-1110  
E-mail: info@vdm ais.ua

**Региональные представительства:**  
61070 Харьков  
ул. Академика Проскуры, 1  
тел./факс: (057) 719-6718, 716-4266

49006 Днепр  
пр. Пушкина, 55, оф. 504  
тел./факс: (0562) 319-128

65005 Одесса  
ул. Головкинская, 36, оф. 20  
тел./факс: (048)734-1954

79058 Львов  
пр. В. Черновола, 67, оф. 319  
тел.:(095) 283-8246

69000 Запорожье  
бульвар Шевченко, 25, оф. 14  
тел. (095) 274 6897

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ОКОНЕЧНОГО УЗЛА СЕНСОРНОЙ СЕТИ, часть 3

**П**ромышленное оборудование в технологии Интернета вещей имеет множество сенсоров для принятия управленческого решения, причем сенсоры, как правило, удалены от координатора сети на большое расстояние. В статье показано, как данные от различных сенсоров с помощью сенсорной сети поступают в соответствующий шлюз (сетевой интерфейс), а далее в вычислительную среду для принятия управленческого решения.

Я. Биверс

### INTELLIGENCE AT THE EDGE PART 3: THE EDGE NODE

**A**bstract - **C**onnected industrial machines can sense a wide array of information used to make key decisions within the Industrial Internet of Things. A sensor within an edge node can be spatially far removed from any data aggregation point. It must connect through a gateway that links edge data with a network. It is shown in the article how to solve the problem.

J. Beavers

Интеллектуальные сенсорные узлы объединены в сети, как проводные, так и беспроводные (БСС). Надежность связи в таких сетях во многом обеспечивается оптимальным архитектурным решением. От этого, прежде всего, зависят полоса пропускания канала связи, площадь покрытия, потребляемая мощность, аппаратная и программная совместимость компонентов, безопасная и надежная эксплуатация БСС. Проводные промышленные сети отличаются более высокой надежностью по сравнению с беспроводными аналогами. Они поддерживаются такими сетевыми интерфейсами, как Ethernet/IP, KNX, DALI, PROFINET, ModbusTCP и др. Однако если сенсорные узлы находятся на значительном расстоянии друг от друга, альтернативным решением являются беспроводные сенсорные сети.

**Промышленные сенсорные сети.** Проектируя беспроводные сенсорные сети, разработчики сталкиваются с ограничительными факторами, характеризующимися следующими параметрами сети:

- расстояние между сенсорами и координатором сети
- поддержка постоянства связи
- полоса пропускания канала передачи данных
- потребляемая мощность сенсорных узлов и координатора
- безопасность трафика
- надежность работы.

Расстояние между сенсорами и координатором

сети – это дистанция, на которой могут находиться объекты в системе Интернета вещей, передающие данные в сеть. Малым расстоянием между приемниками и передатчиками данных характеризуются персональные сети (personal area network – PAN), в которых дистанция между объектами Интернета вещей составляет несколько метров. Глобальные сети (Global networks) могут покрывать расстояние до нескольких километров. Такие сети применяются, например, в сельском хозяйстве. На рис. 1 приведены типы стандартных сетей с покрытием небольших территорий.

Применяемый сетевой протокол в сенсорных сетях должен соответствовать требованиям технологии Интернета вещей, используемой в каждом конкретном случае. Например, сотовые сети по своей сложности и потреблению существенно отличаются от домашних сетей, работающих в пределах нескольких десятков метров. Данные, передаваемые от сенсорных узлов в компьютер или координатор сети, должны пройти предобработку в сенсорном узле. Мощность передаваемых сигналов в БСС должна соответствовать заданной площади покрытия данной сетью. Известно, что удвоение расстояния при передаче сигналов заданной мощности приводит к ослаблению мощности сигнала не менее, чем в 4 раза. Ниже приведено выражение для расчета мощности сигнала на выходе передатчика в БСС и чувствительности приемника в зависимости от расстояния между приемником и передатчиком.

\* **Beavers J. Intelligence at the Edge Part 3: The Edge Node.** <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/tech-articles/intelligence-at-the-edge-part-3-edge-node-communication.pdf>.  
Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.



Рис. 1. Сети с покрытием небольших территорий

$$P_r = (P_t G_t G_r \lambda^2) / (4\pi R)^2,$$

где  $P_r$  – мощность сигнала на входе приемной антенны,  $P_t$  – мощность сигнала на выходе передающей антенны,  $G_t$  – усиление передающей антенны,  $G_r$  – усиление приемной антенны,  $\lambda$  – длина волны,  $R$  – расстояние между сенсорным узлом (передатчиком) и координатором сети (приемником). Отсюда легко вычислить затухание энергии радиоизлучения между передатчиком и приемником (Free-space power loss – FSPL) по приведенной ниже формуле

$$FSPL (dB) = \frac{P_t}{P_r} = \frac{4\pi R^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi Rf)^2}{c^2} = 20 \log \frac{4\pi Rf}{c},$$

где  $f$  – частота передаваемого сигнала.

### Полоса и поддержка постоянства связи

Полоса частот канала связи определяет скорость передачи данных. Она определяется максимальной скоростью передачи данных, которую обеспечивают сенсорные узлы при передаче данных координатору сети. Исходя из этого, при проектировании БСС необходимо учитывать количество данных, которое может генерировать каждый узел сети, число узлов, подключаемых к одному координатору или шлюзу, максимально возможную полосу канала связи при постоянной скорости потока данных и при скачкообразном ее изменении.

Отметим, что размеры пакета сетевого протокола должны полностью соответствовать длине передаваемого слова. Кроме того, в системах Интернета вещей некоторые объекты могут подключаться к сети периодически, а данные передавать в сеть множе-

ством коротких пакетов.

### Потребляемая мощность и совместимость

Если объекты Интернета вещей имеют батарейное питание, то в них предусматривают спящий режим в период отсутствия передачи данных. Мощность потребления БСС желательно предварительно рассчитать на виртуальных моделях при разных параметрах нагрузки. Совместимость Интернета вещей должна поддерживаться на уровне стандартов, в соответствии с требованиями которых работают объекты в системе Интернета вещей.

### Безопасность

Безопасность БСС включает три следующих аспекта: конфиденциальность, целостность и аутентичность или достоверность. Под конфиденциальностью подразумевают то, что данные не выходят за пределы известной инфраструктуры Интернета вещей или не были заблокированы внешними по отношению этой инфраструктуры устройствами. Под целостностью данных подразумевают то, что они не изменяются при передаче, т.е. к ним не добавляется дополнительная информация, и они не модифицируются в процессе передачи. Под аутентичностью подразумевается то, что данные поступают от эксклюзивных источников. Если защищенный сенсорный узел связан с незащищенным шлюзом, возникает опасность несанкционированного доступа к БСС. Безопасность работы сети поддерживается улучшенным стандартом шифрования данных AES-128, если сеть соответствует стандарту IEEE 802.15.4, и стандарту шифрования данных

AES-128/256 для сети в стандарте IEEE 802.11. В рамках стандарта шифрования данных используется криптографический генератор псевдослучайных чисел с разрядностью не менее 128 двоичных разрядов и список контроля доступа (ACL), которые позволяют обеспечить необходимый уровень защиты БСС.

### Частотный диапазон

Беспроводные сети в системах Интернета вещей могут использовать лицензируемые частотные диапазоны в рамках сотовой связи. Но в такой сети применяются устройства с большим энергопотреблением. В большинстве случаев промышленные системы Интернета вещей вполне могут работать в нелицензируемом ISM-диапазоне частот, т.е. в полосе частот, отведенных для промышленной, научной и медицинской радиослужбы (918 МГц, 2450 МГц, 5800 МГц, 22500 МГц).

Стандарт Bluetooth® Low Energy (BLE) определяет требования к БСС с малым потреблением и является оптимальным для сетей с малыми порциями данных. Стандарт Bluetooth 4.2 имеет покрытие до 150 м.

**Таблица 1. Параметры сети в стандарте Bluetooth IEEE 802.15.4**

Параметр	Частотный диапазон, МГц		
	868.3	От 902 до 928	От 2400 до 2483.5
Число каналов	1	10	16
Полоса, МГц	0.6	2	5
Скорость передачи данных, кбит/с	20	40	250
Скорость передачи символов, кбит/с	20	40	62.5
География нелицензируемого диапазона	Европа	Америка	Весь мир
Стабильность частоты	40 ppm		

### Протоколы передачи данных или коммуникационные протоколы

Передача данных в системах Интернета вещей, поддерживаемых БСС, осуществляется в соответствии с моделью OSI (моделью взаимодействия открытых систем), как показано в табл. 2.

Рассмотрим подробнее назначение каждого уровня модели OSI.

**Таблица 2. Модель OSI**

Данные	Прикладной (доступ к сетевым службам)
Данные	Представления (представление и кодирование данных)
Данные	Сеансовый (управление сеансом связи)
Блоки	Транспортный (безопасное и надежное соединение точка-точка)
Пакеты	Сетевой (определение пути и IP, логическая адресация)
Кадры	Канальный MAC и LLC (физическая адресация)
Биты	Физический (кабель, сигналы, бинарная передача данных)

**1 уровень.** Физический (physical). Единицей загрузки или протокольной единицей обмена (PDU) здесь является бит. На этом уровне работают кабели, патч-панели, сетевые концентраторы, сетевые адаптеры. Сетевой адаптер принимает последовательность битов и передает ее дальше.

**2 уровень.** Канальный (data link). Протокольной единицей обмена на этом уровне является кадр или фрейм. На этом уровне появляется адресация. Адресом является MAC адрес. Канальный уровень ответственен за доставку кадров адресату и их целостность. Адресация второго уровня работает только в пределах одного сетевого сегмента и ничего не знает о маршрутизации – этим занимается вышестоящий уровень. Соответственно, устройства, работающие на уровне 2 – коммутаторы, мосты и драйвер сетевого адаптера. На первом и втором уровнях поддерживается работа протоколов IEEE802.15.4, IEEE802.11, Ethernet, LTE.

**3 уровень.** Сетевой (network). Протокольной единицей обмена являются пакеты (packet). Наиболее распространенным протоколом на этом уровне является IP-протокол. Адресация происходит по IP-адресам, которые состоят из 32 битов (для версии Интернет-протокола IPv4). Протокол маршрутизируемый, то есть пакет способен попасть в любую часть сети через определенное число маршрутизаторов. На уровне 3 работают маршрутизаторы и поддерживается работа сети Интернет.

**4 уровень.** Транспортный (transport). Протоколы этого уровня (NCP, UDP) отвечают за прямую связь между приложениями и за надежность доставки информации. UDP-протокол – это пользовательский протокол обмена данными. TCP-протокол – протокол управления передачей данных.

Он может запрашивать повтор передачи данных

в случае, если данные приняты неверно или не все. Так же TCP-протокол может менять скорость передачи данных, если сторона приема не успевает принять все данные.

**5 уровень.** Сеансовый (session). Управляет сеансом связи, обменом информации, правами. Протоколы: L2TP или сетевой протокол туннелирования канального уровня, и PPTP или протокол туннелирования между узлами "точка-точка".

**6 уровень.** Представительский (presentation). Обеспечивает представление и шифрование данных в стандартах JPEG, ASCII, MPEG.

**7 уровень.** Прикладной (application). Этот уровень содержит наибольшее число устройств. На 7 уровне выполняются все протоколы высокого уровня, такие как POP, SMTP, RDP, HTTP, CoAP, MQTT и др.

**Топология сетей**

Протокол IEEE 802.15.4 поддерживает два класса устройств. Устройства с полным набором функций (FFD) могут быть использованы в сетях с разной топологией, и выполнять, в том числе, функции координатора сети. Устройства с ограниченным набором функций (RFD) могут использоваться в сетях с топологией типа "звезда". Разные типы сетей в зависимости от применения могут иметь топологию типа "точка-точка" (peer-to-peer), "звезда" (star network), ячеистую (mesh) или многоинтервальную (multihop) топологию, как показано на рис. 2.

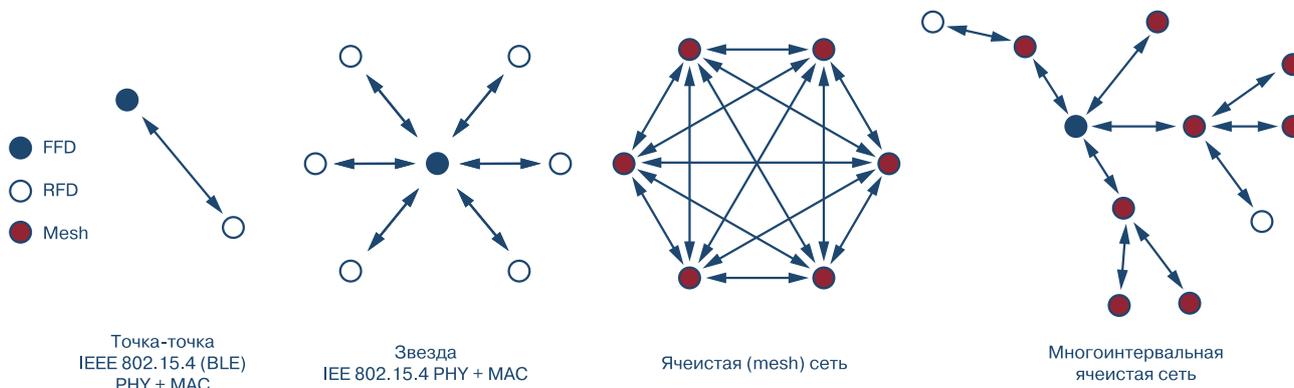
Топология "точка-точка" достаточно просто обеспечивает связь двух сенсорных узлов, но в случае отказа одного из узлов сеть полностью теряет работоспособность. Сеть типа "звезда" может обеспечить покрытие большой территории, если один узел имеет полный набор функций (FFD) и используется как мастер или координатор сети,

подключая к себе сенсорные узлы с ограниченным набором функций (RFD). Все узлы такой сети типа RFD могут связываться друг с другом только через координатор сети или FFD-узел. Отказ какого-либо сенсорного узла типа RFD не приводит к потере работоспособности такой сети в целом.

Ячеистые сети позволяют узлам связываться друг с другом, минуя координатор сети. Наличие резервных путей коммуникаций повышает надежность таких сетей. Интеллектуальные ячеистые сети могут выбирать оптимальный с точки зрения энергопотребления и задержек маршрут для связи узлов между собой. Такие сети легко меняют структуру в случае выхода одного или нескольких сенсорных узлов из строя, перестраивая свою структуру, исходя из необходимости решения конкретной задачи.

**Надежность БСС** является одним из главных ее параметров. Она зависит от множества факторов, включая параметры собственно ее компонентов и параметры среды, в которой сеть эксплуатируется. Таким образом, надежность сети зависит как от формата, скорости передачи данных, надежности аппаратных средств, так и от внешних факторов: электромагнитных помех, характера местности, на которой распространяются радиоволны, дальности передачи, организации работы сети в условиях действия активных и пассивных помех и многих других факторов, которые следует учитывать при проектировании и эксплуатации БСС.

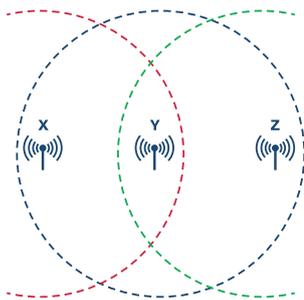
Класс протоколов CSMA-CA используется для связи сенсорных узлов на канальном уровне. CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) – это класс протоколов доступа к среде передачи данных в беспроводных сетях, который в переводе звучит следующим образом "метод множественного доступа с обнаружением несущей и избеганием коллизий". Как отмечалось, CSMA/CA –



**Рис. 2. Топологии беспроводных сенсорных сетей**

протокол работает на уровне канала передачи данных (уровень 2 модели OSI). Перед передачей данных в "эфир", станция отправляет специальный фрейм, RTS (Ready To Send), который извещает остальные станции о том, что узел готов передать данные, а также сообщает о предполагаемой продолжительности связи и узле назначения. Узел назначения отвечает фреймом CTS (Clear To Send), сообщая о готовности к приему данных. Узлы для исключения коллизий передают полный пакет данных только в случае, если канал связи не занят. Невидимые узлы БСС находятся вне зоны связи с другими узлами. На рис. 3 приведен пример, когда узлы видят точку доступа Y, но не видят узлы X и Z, находящиеся за пределами доступного диапазона связи.

Для того, чтобы исключить такую ситуацию, ис-



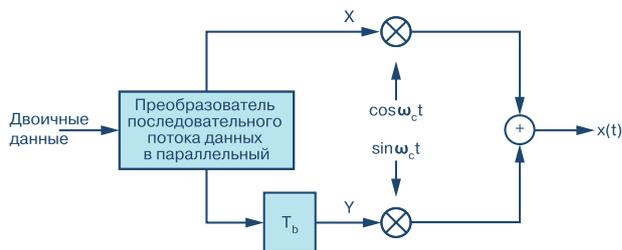
**Рис. 3. Сенсорные узлы БСС X и Z не имеют прямой связи, так как находятся за пределами допустимой дальности связи**

пользуются сигналы типа RTS/CTS (сигнал запроса от передающей станции к принимающей станции на разрешение пересылки данных/сигнал доступности передачи в заданном направлении). Таким образом, протокол CSMA/CA дополняется сигналами RTS/CTS. Кроме того, если имеется возможность, желательно повысить мощность передатчика для расширения дальности связи.

Для расширения полосы пропускания в современных схемах модуляции используются фазовая, амплитудная и частотная модуляция.

Упрощенная структурная схема квадратурного фазового модулятора приведена на рис. 4.

Квадратурная фазовая модуляция QPSK означает, что сигнал имеет сдвиг между фазовыми состояниями, равный 90 градусам. Сигнал сдвигается дискретно через 90 градусов от 45 до 135, -45 или -135 градусов. Эти точки выбраны потому, что их легко реализовать в квадратурном модуляторе. Требуются только два значения I и два значения Q, и это обеспечивают передачу информации два бита на



**Рис. 4. Упрощенная структурная схема квадратурного фазового модулятора**

символ.

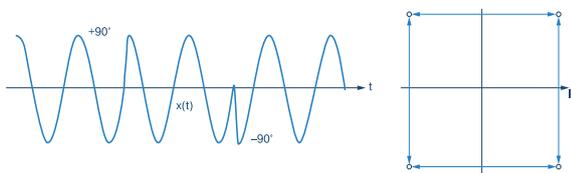
Основной недостаток канонической квадратурной фазовой модуляции заключается в том, что при одновременной смене символов в обоих квадратурных каналах модулятора в сигнале модулятора QPSK происходит скачок фазы несущей на 180°.

При формировании сигнала с помощью обычной QPSK модуляции происходят перемещения сигнальной точки через нуль, то есть имеются перемещения сигнальной точки на 180 градусов. В момент такого перемещения происходит уменьшение амплитуды формируемого радиочастотного сигнала до нуля.

Подобные значительные изменения сигнала нежелательны, поскольку приводят к увеличению полосы частот модулируемого сигнала. Для усиления такого сигнала, имеющего значительную динамику, требуются высоколинейные тракты передачи и, в частности, усилители мощности. Исчезновение радиочастотного сигнала в момент перехода сигнальной точки через нуль ухудшает и качество функционирования системы синхронизации радиоборудования.

При квадратурной модуляции со сдвигом (Offset QPSK) разовые (одномоментные) фазовые перемещения сигнальной точки ограничены 90 градусами. Одновременные ее перемещения по I и Q каналам, т.е. переход на 180 градусов невозможен, что исключает перемещение сигнальной точки через нуль, как показано на рис. 5. Модуляция Offset QPSK требует всего лишь 1/4 скорости передачи символов по сравнению с передачей данных в битах, т.е. при скорости передачи данных 250 кбит/с скорость передачи символов составляет 62,5 ксимволов/с.

**Масштабируемость.** Не для всех сенсорных узлов необходимы IP-адреса. В специальной связи сенсорные узлы должны иметь уникальные IP-адреса. Четвертая версия Интернет-протокола IPv4 использует 32-битные или (четырехбайтные) адреса, ограничивающие адресное пространство 4 294 967 296



**Рис. 5. Фазовый переход  $\pm 90^\circ$  (слева) в модуляторе с квадратурной модуляцией I/Q O-QPSK (справа)**

возможными уникальными адресами. Это позволяет поддерживать связь между 4.3 миллионов устройств в системах Интернета вещей. С развитием сети Интернет такое адресное пространство становится ограничивающим фактором.

Переход на новый Интернет-протокол IPv6 позволяет снять данное ограничение за счет использования длины адреса 128 бит вместо 32 бит. В настоящее время протокол IPv6 уже используется в десятках тысяч сетей по всему миру, но пока еще не получил столь широкого распространения в Интернете вещей, как IPv4. После того, как адресное пространство в протоколе IPv4 закончится, два стека протоколов — IPv6 и IPv4 — будут использоваться параллельно с постепенным увеличением доли трафика протокола IPv6, по сравнению с IPv4. Такая ситуация станет возможной из-за наличия огромного количества устройств в Интернете вещей, в том числе устаревших, не поддерживающих протокол IPv6 и требующих специального преобразования для работы с устройствами, использующими усовершенствованный протокол IPv6.

Компания Analog Devices разработала и выпускает набор беспроводных передатчиков для таких проводных устройств как микроконтроллеры семейства ADuCx и сигнальных процессоров семейства Blackfin® family.

Так, например, ИМС передатчика ADF7242 поддерживает работу БСС в стандарте IEEE 802.15.4 для ISM диапазона частот и обеспечивает скорость передачи данных от 50 до 200 кбит/с.

ИМС передатчика ADF702 работает в диапазонах частот 433 МГц, 868 МГц и 915 МГц, обеспечивая скорость передачи данных в БСС от 1 кбит/с до 300 кбит/с. Компания Analog Devices имеет собственную платформу для создания компонентов БСС различного назначения, включая промышленные сети высокой надежности.

## ВЫВОДЫ

Беспроводные сенсорные сети являются основой создания систем различного назначения на основе технологии Интернета вещей. Компания Analog Devices освоила в производстве надежные и экономичны ИМС передатчиков, позволяющие использовать контроллеры, сигнальные процессоры и другие компоненты, как свои, так и других производителей, для эффективного применения таких сетей в медицине, сельском хозяйстве, транспортных средствах и авиакосмической промышленности.

**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, Seho, TWS, Vision, Weiss

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
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) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ОКОНЕЧНОГО УЗЛА СЕНСОРНОЙ СЕТИ, часть 4

### INTELLIGENCE AT THE EDGE PART 4: THE EDGE NODE

Атаки на системы Интернета вещей делают их уязвимыми в процессе эксплуатации, включая сенсорные узлы, собственно сети и шлюзы. Если в недалеком прошлом кибератаки были не так опасны для промышленных систем Интернета вещей, то в настоящее время опасность хакерских атак значительно возросла, особенно на физическом уровне. Такие атаки на промышленные системы Интернета вещей могут привести не только к техногенным авариям, но и многочисленным человеческим жертвам. В статье рассмотрены и проанализированы рекомендации по защите сенсорных сетей от кибератак.

Я. Биверс, Э. МакЛин

**Abstract** – IoT system attacks are making headlines and continue to showcase the security vulnerabilities of networks, edge nodes, and gateways. Cyber attacks have been mostly limited to the loss of data, although an IIoT hack allows potential entry into the physical world easier than it has in the past. Attacks now have the potential to cause physical harm. This is even more significant in IIoT, where a failure could potentially shut down or destroy a multimillion dollar industrial process or lead to a life threatening situation. The recommendations to secure networks from the attacks are considered in the article.

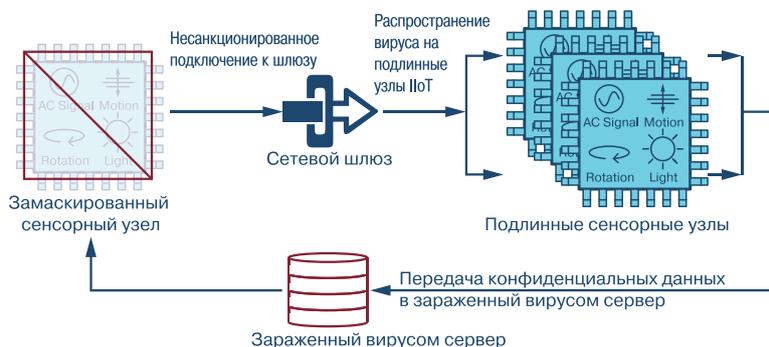
J. Beavers, E. MacLean

Под воздействием разных атак на системы Интернета вещей растет их уязвимость, причем слабым звеном в защите данных может стать сенсорный узел, шлюз или сеть в целом. Ботнет Mirai получил возможность взламывать сеть Интернета вещей благодаря ее системной уязвимости, которая заключалась в использовании неизменного, установленного производителем пароля для доступа к учетной записи администратора в сенсорных узлах. Этот вирус инфицировал более 2.5 миллионов сенсорных узлов, которые работали с установленным по умолчанию и своевременно не измененным паролем. Такой ситуации не избежали промышленные сенсорные сети, которые развиваются, начиная с девяностых годов прошлого столетия, причем если компьютеры имеют срок эксплуатации не более 7-10 лет, то сенсорные сети в промышленности имеют более длительный срок эксплуатации. Работа промышленных сенсорных сетей связана с управлением физическими объектами, поэтому игнорирование обеспечения безопасности таких сетей может привести к техногенным катастрофам и человеческим жертвам. Промышленные системы Интернета вещей используют сенсорные сети, которые могут взаимодействовать с сетью Интернет. Такой контакт существенно повышает степень

уязвимости этих сетей (рис.1). Одним из путей повышения безопасности сенсорных сетей и Интернета вещей на их основе является либо их отключение от сети Интернет, либо введение специального ограничения на такое взаимодействие. Кроме того, в сенсорные сети, которые имеют связь с сетью Интернет, необходимо включать специальные средства защиты от внешних атак. Безопасность сенсорных узлов обеспечивается применением ряда следующих средств и методов:

- обеспечением конфиденциальности (защиты данных от неавторизованных пользователей)
- обеспечением аутентичности (подтверждением достоверности сертификатов взаимодействия узлов в сети)
- обеспечением безопасности загрузки памяти
- обеспечением безопасности обновления встроенного ПО
- использованием авторизованных узлов в сенсорной сети
- обеспечением защиты данных от несанкционированного их изменения
- использованием зашифрованных протоколов обмена данными
- обеспечением возможности доступа пользователя к узлу в случае необходимости

\* J. Beavers, E. MacLean. *Intelligence at the Edge Part 4: The Edge Node*. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/tech-articles/Intelligence-at-the-Edge-Part-1-The-Edge-Node.pdf>.  
Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.



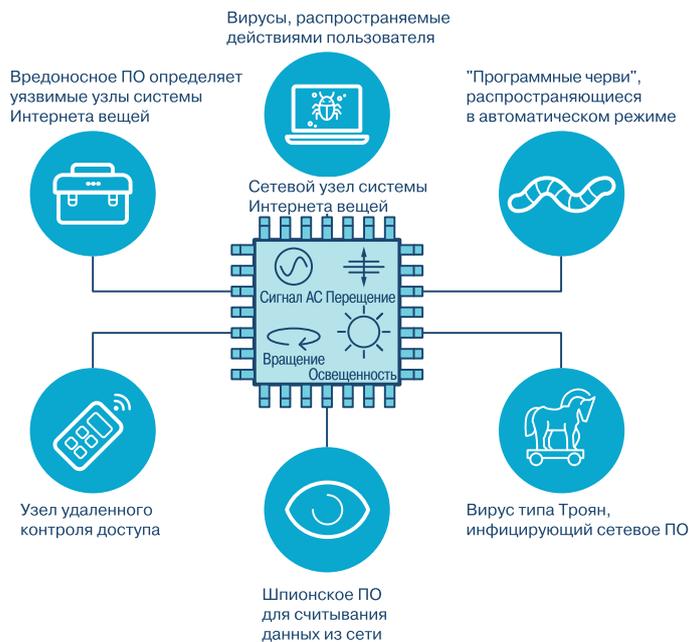
**Рис. 1. Имитация несанкционированного доступа известного узла к шлюзу в сенсорной сети системы Интернета вещей**

- невозможностью отказа от гарантий аутентичности узлов сети
- надежностью узлов сети в условиях эксплуатации.

Для уменьшения эффективности атак следует изолировать отдельные системы в среде Интернета вещей, что позволяет ограничить распространение вредоносного ПО (рис. 2). Особенно следует обратить внимание на изоляцию подсистем от внешних источников данных, которые не имеют средств защиты от активных атак. В идеальном случае такие системы должны быть полностью изолированы от доступа к внешним сетям. Современные сети, используемые в транспортных средствах, становятся объектом активных атак, с которыми раньше не сталкивались разработчики подобных систем. Для повышения безопасности сетей, управляющих

основными узлами автомобиля, целесообразно их изолировать от информационных сетей. Поэтому в новых автомобилях, как правило, используются две, изолированные друг от друга, CAN-шины.

**Требования к сенсорным узлам.** Большинство систем Интернета вещей связаны с облачными хранилищами, в которых накапливаются и обрабатываются данные, а также вырабатываются управленческие решения. И количество узлов, и количество данных, направляемых в облачные хранилища, могут превышать возможности по обработки данных этих хранилищ. Поэтому целесообразно большую часть обработки данных в таких системах выполнять непосредственно в интеллектуальных сенсорных узлах для уменьшения нагрузки на каналы связи. Следует отметить, что накопление большого количества данных тоже повышает уязвимость



**Рис. 2. Разные типы вредоносного ПО, которое может инфицировать систему Интернета вещей**

системы к активным атакам, поэтому периодически необходимо очищать память системы от неиспользуемых данных. Особенно важно выделять чувствительную к атакам информацию и ограничивать ее накопление. Чем больше узлов включает сенсорная сеть, тем выше потенциальная уязвимость такой сети. Ограничивая количество чувствительной к атакам информации в узлах, можно снизить уязвимость системы в целом. Требования к снижению уязвимости обычных систем Интернета вещей аналогичны требованиям, предъявляемым к промышленным системам Интернета вещей, а именно:

- к защите собственных алгоритмов
- к защите встроенного ПО
- к защите пользовательской информации
- к защите финансовой информации
- к защите важной информации
- к защите данных об использовании оборудования сети
- к защите конкурентной информации
- к защите доступа к другим сетям.

**Требования к архитектуре сети.** Некоторые сети в системах Интернета вещей построены на основе технологии EDGE или технологии Enhanced Data rates for GSM Evolution. Другая технология использует топологию облачных сетей в тумане. Эта технология занимает промежуточное положение между технологией EDGE и облачной архитектурой. В туманной модели сенсорные узлы соединены с облачной средой через шлюз, причем в узлах выполняется предобработка данных перед передачей их в облачную среду. Для множества узлов может быть использован один шлюз. Шлюз может иметь как автономное питание, так и питание от сети, если процессорная обработка требует больших затрат электроэнергии. Сенсорные узлы, как правило, имеют автономное питание. Туманная модель обеспечивает более высокую масштабируемость сети и повышенную степень защиты данных. Шлюз обеспечивает защиту уязвимых узлов. Кроме того, шлюз позволяет управлять узлами сети, что гораздо эффективнее, чем индивидуальное управление узлами из облачной среды. Шлюз, в дополнение к сказанному, может исключать опасные ситуации, связанные с выходом из строя отдельных узлов, что особенно важно в промышленных системах Интернета вещей, предназначенных для управления производственными процессами.

**Подготовка к работе и развертывание сенсорных сетей в системах Интернета вещей.** Одним из основных преимуществ промышленных

систем Интернета вещей является их быстрое развертывание и обеспечение управления большим числом сенсорных узлов. Обладая большим жизненным циклом, они могут быть развернуты командой разработчиков, а с течением времени могут обслуживаться уже другой группой специалистов, как правило, пользователями. Отметим, что данные системы уязвимы, если требования к аутентификации ослаблены в результате сбоя или отказа. Учитывая угрозы таких вирусов, как ботнет Mirai, пользователю не предоставляются права реконфигурации развернутых сетей. Эти системы, как правило, устойчивы к сбоям и отказам. Только в случае выхода из строя и устранения дефектов допускается реконфигурация такой сети. В этих системах не допускается использование взломанных паролей.

#### **Обеспечение безопасности сенсорных сетей.**

Несмотря на большое внимание, которое уделяется безопасности сенсорных узлов при приеме и передаче данных, не следует пренебрегать обеспечением безопасности сервера и облачной среды. Для этого следует подготовить тестовый драйвер на языке структурированных запросов (SQL), сформировать ложную команду, запросить ее выполнение и путем анализа на уязвимость сервера определить, была ли выявлена искусственно сгенерированная атака на сервер. Данные, передаваемые через сеть, должны быть надежно сохранены, а в случае атаки должно быть установлено, могли ли передаваемые данные быть перехвачены или злонамеренно модифицированы. Для защиты данных при их передаче используется протокол защиты транспортного уровня TLS или программа SSH для безопасного обмена файлами в сети. В промышленных сетях Интернета вещей данные должны быть максимально защищены как от активных, так и пассивных атак. Многие периферийные сенсорные узлы находятся на границе сетевого покрытия объекта, однако это не должно препятствовать надежной связи этих узлов с соответствующим шлюзом. Надлежащая аутентификация периферийных сенсорных узлов предохраняет сеть от фальсификации данных третьей стороной. Безопасный трафик данных в сетях поддерживается секретным протоколом связи. Лучше всего использовать стандартные протоколы, которые надежно поддерживают безопасность сетевого трафика. Такую защиту в кабельных сетях Ethernet LAN обеспечивают протоколы IEEE 802.1AE MACsec. Для беспроводных сетей применяют протокол IEEE 802.11. В сетях с малым потреблением, которые, как правило, используются в промышлен-

ных системах Интернета вещей, применяется протокол IEEE 802.15.4. Отметим, что это все протоколы нижнего уровня, которые обеспечивают защиту трафика в локальных сетях. Поддержка безопасности трафика за пределами этих сетей, например, при связи с сетью Интернет, требует использования протоколов более высокого уровня, которые обеспечивают защиту тракта между конечными пунктами связи. Протоколы более высокого или транспортного уровня TLS защищают данные в сети Интернет и используют протоколы управления передачей данных типа TCP для сенсорных узлов, работающих под управлением пользовательских протоколов UDP и использующих дейтаграммы транспортного протокола. В связи с тем, что сенсорные узлы ограничены в объеме памяти и потребляемой мощности, они успешно поддерживают протокол транспортного уровня. Если периферийные сенсорные узлы имеют большие ресурсные ограничения, для их защиты предусмотрен специальный пользовательский протокол (constrained application protocol – CoAP), разработанный группой поддержки сети Интернет IETF.

**Защита оконечных сенсорных узлов.** Часто атакам подвержены оконечные точки сети или сенсорные узлы (рис. 3). Такие узлы нуждаются в повышенной защите. Поэтому устройства защиты в промышленных системах Интернета вещей, как правило, встраиваются в оконечные сенсорные узлы, что делает их независимыми от степени защиты сенсорных сетей в целом. Особенно это важно для удаленных от шлюза сенсорных узлов. Сенсорные узлы должны быть надежно защищены от кибератак. Должна быть гарантирована защита сенсорных узлов и данных, которые в них хранятся, входных и выходных данных, получаемых по каналам связи,

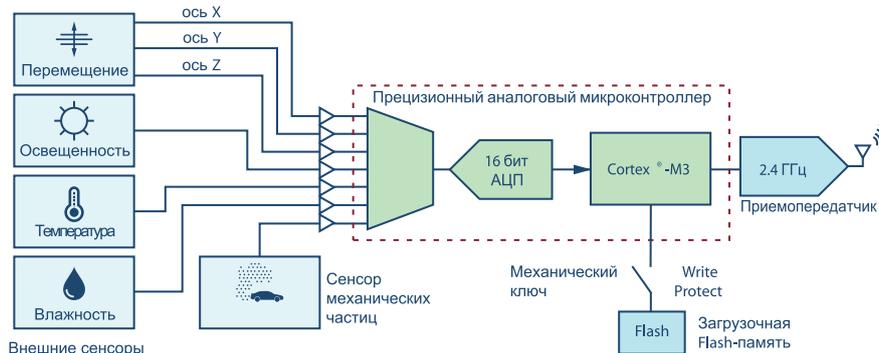
должна быть предусмотрена возможность обнаружения попыток таких кибератак с последующим информированием пользователя. Все эти возможности должны быть обеспечены на ранней стадии проектирования сенсорных сетей.

Отметим, что не существует универсального подхода к решению проблемы защиты сенсорных сетей и ее узлов от разного рода атак. Однако разработанные общие подходы позволяют использовать те или иные методы в каждом конкретном случае для снижения уязвимости сетевых решений для конкретного применения.

О возможности восстановления сети после компрометации. В качестве аналогии можно указать на применяемый в медицине метод стерилизации инструментов после их инфицирования, что позволяет повторно их использовать. Однако, если инфицирована сенсорная сеть, то такая возможность восстановления начального состояния сети, как инструментов в медицине, к сожалению, отсутствует. Например, инфицированный вирусом процессор сетевого узла может вести себя различным образом, и предсказать его поведение невозможно. Имеется только один путь очистить систему от зараженного вирусом ПО. Необходимо переписать данные из энергонезависимой памяти во внешний накопитель, проверить их на предмет отсутствия вируса и переписать их обратно во встроенную в узел память, если вирус не был обнаружен. Однако следует обратить внимание на то, что зачастую сетевые узлы спроектированы так, что выполнить такую операцию невозможно. Единственно, что можно сделать, это использовать в узлах сенсорной сети энергонезависимую память, предназначенную только для чтения (память типа ROM), с электромеханическим мультиплексором (рис. 4).



**Рис. 3. Схематическое изображение атаки в точке доступа в сеть между сенсорным узлом и шлюзом**



**Рис. 4. Сенсорный узел с электромеханической защитой памяти от внешних атак**

Это делает невозможным инфицирование такой памяти с помощью удаленного хакерского устройства. Такую возможность имеют пользователи, которые имеют непосредственный доступ к удаленным сетевым узлам. Можно модифицировать систему брандмауэра, в этом случае в ROM-памяти данные обновляются через электромеханический мультиплексор.

**Безопасная загрузка ПО.** Безопасная загрузка предохраняет сенсорный узел от неавторизованного ПО. Этот процесс загрузки начинается с загрузки ПО в энергонезависимую ROM-память сенсорного узла. На первом этапе проверяется только достоверность загружаемого ПО. Второй этап загрузки более сложный и связан с загрузкой ПО в перепрограммируемую флэш-память. На втором этапе проверяется правильность работы операционной системы и прикладного ПО. Узлы с защитой загрузки ПО обладают гарантированным разрешением на запуск авторизованного прикладного ПО, а также имеют возможность идентификации неавторизованного ПО. Безопасная загрузка обычно подтверждается цифровой подписью, которая гарантирует аутентичность программы. Идентификационный код поставляется поставщиком оборудования, использующего секретный ключ при сборке сенсорных узлов, который применяется пользователем для идентификации достоверности цифровой подписи. Этот код также защищен проверкой на аутентичность специальным MAC-кодом (message authentication code – MAC), причем проверка производится с помощью криптографии с симметричными шифрами, что требует хранения секретного ключа непосредственно в сенсорном узле. Такая процедура, хотя и связана с определенным риском, легко реализуется при развертывании сенсорной сети. Если требуется более высокая степень защиты, следует ограничить конечных пользователей в возможностях запуска собственного ПО или модифи-

кации ПО поставщика. В зависимости от применения сенсорной сети пользователю могут быть предоставлены более широкие возможности по конфигурации системы безопасности загрузчика вплоть до использования собственных секретных кодов. Валидация новых секретных кодов должна быть согласована с поставщиком в процессе модификации системы защиты сети. Если секретный код не прошел валидацию, модификация системы не производится. Только те образы секретных кодов, которые прошли валидацию, дают гарантию на защиту памяти сенсорного узла от фальшивых программ. Изложенные выше процедуры являются примерным планом снижения уязвимости сенсорных узлов. Эти меры позволяют поддерживать на определенном уровне степень защиты сенсорных узлов от внешних атак. Процесс обновления ПО в сенсорных сетях должен быть таким, чтобы не допускал никакой возможности инсталлирования ложного ПО. Делая узел доступным через сенсорную сеть, расширяя его возможности в области связи с другими устройствами, пользователь тем самым увеличивает уязвимость сети в целом.

**Безопасная связь.** Разработчики сетей, заботясь об их безопасности, применяют протоколы SSL/TLS, SSH и IPsec, которые широко используются для поддержания безопасности в сетях различного назначения. Однако, во-первых, атаки постоянно совершенствуются, а сенсорные узлы с малой вычислительной мощностью не имеют возможности поддерживать работу со всеми перечисленными протоколами защиты каналов связи, прежде всего с такими, как TLS или IPsec. Перечисленные протоколы поддерживают надлежащий на сегодня уровень защиты сенсорных узлов. Они предназначены для защиты от несанкционированного сбора и анализа данных в компьютерных сетях, защиты от атак методом перехвата сообщений и подмены ключа, от атак методом записи и повторной передачи блоков

шифрованного теста и от несанкционированных попыток связи с сенсорным узлом. Во-вторых, сенсорные узлы беспроводных сенсорных сетей с покрытием небольших расстояний поддерживают протоколы Zigbee, Bluetooth® low energy (BLE) или ячеистую сетевую топологию. Эти протоколы имеют некоторые средства защиты каналов передачи данных от внешних атак. Уровень уязвимости этих сетей достаточно высок. Поэтому для их защиты рекомендуется использовать протоколы транспортного уровня TLS или UDP.

**Защита сети на физическом уровне.** Цель атак на сенсорный узел или шлюз заключается в выведении их из строя или снижении эффективности их работы. Могут быть выведены из строя удаленные сенсоры, включенные в сенсорную сеть, или другие аппаратные средства сети. В результате атаки могут быть похищены секретные коды и программы. Могут быть встроены ложные узлы в сенсорную сеть, которые способны передавать ложные данные в сетевой шлюз. Для снижения вероятного ущерба от таких атак пользователи могут принять следующие меры на этапе развертывания сети: использовать тестовые сигналы, не применять незащищенные разъемы и неизолированные линии связи между сенсорами. Вся информация о расположении аппаратных сенсорных узлов должна быть удалена из сети. Это может усложнить эксплуатацию сенсорной сети, однако позволит снизить ее уязвимость. Все виды памяти для записи данных необходимо обеспечить средствами шифрации.

Провода связи между контроллером и памятью должны находиться между слоями печатной платы для защиты от несанкционированного доступа. Даже если данные памяти были прочитаны, они должны иметь надежную защиту от их дешифрации. Производители часто встраивают дебаггер или тестовый порт в сенсорный узел. Это может быть JTAG-порт или последовательный порт, позволяющий проверить работоспособность всех компонентов сенсорного узла. Необходимо отключить этот порт при развертывании сети или защитить его от несанкционированного доступа. Кроме того, целесообразно предусмотреть специальный пароль для использования служебного порта.

**Генератор случайных (псевдослучайных) чисел** (Random Number Generator – RNG) генерирует псевдослучайные последовательности чисел, которые используются для создания секретных ключей. Требования, предъявляемые к генераторам случайных чисел (ГСЧ или ГПСЧ), включают следующие:

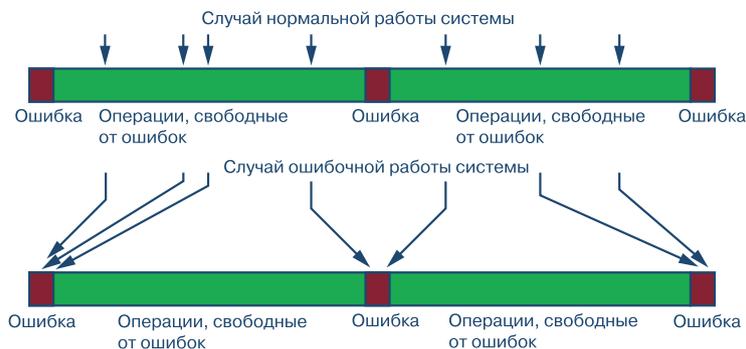
достаточно длинный период следования, гарантирующий отсутствие закливания последовательности в пределах решаемой задачи; быстрота работы алгоритма и малые затраты памяти; возможность заново воспроизвести ранее сгенерированную последовательность чисел любое количество раз; одинаковое функционирование на различном оборудовании и операционных системах; быстрота получения элемента последовательности чисел при задании любой величины последовательности.

Отметим, что никакой детерминированный алгоритм не может генерировать полностью случайные числа, он может только аппроксимировать некоторые их свойства. Любой ГПСЧ с ограниченными ресурсами рано или поздно закливается, т.е. начинает повторять одну и ту же последовательность чисел.

Большинство простых арифметических генераторов, хотя и обладают большой скоростью, но страдают от многих серьезных недостатков: слишком короткий период/периоды; последовательные значения не являются независимыми; некоторые биты “менее случайны”, чем другие; неравномерное распределение; обратимость.

В криптографии необходимо генерировать совершенно непредсказуемые или попросту абсолютно случайные числа. Такие генераторы в отличие ГПСЧ называются генераторами случайных чисел. Так как такие генераторы чаще всего применяются для генерации уникальных симметричных и асимметричных ключей для шифрования, они чаще всего строятся из комбинации криптоустойчивого ГПСЧ и внешнего источника энтропии (именно такую комбинацию принято теперь понимать под ГСЧ). Почти все крупные производители микрочипов поставляют аппаратные ГСЧ с различными источниками энтропии, используя различные методы для их очистки от неизбежной предсказуемости.

**Ошибки в прикладной программе (Exploiting Errata).** Системы Интернета вещей работают с большим числом алгоритмов и программ, которые, как предполагается, свободны от разного рода ошибок. Однако любое ПО, как правило, содержит ошибки, наличие которых может отразиться на уязвимости системы в целом. Например, если 99,99% программных средств и алгоритмов свободно от ошибок, то даже такой малый процент ошибок в ПО, как 0,01%, может позволить несанкционированный доступ к сенсорному узлу с последующим его стопроцентным выведением из строя, рис. 5.



**Рис. 5. Диаграмма демонстрирует, как ошибки в ПО могут привести к сбоям в работе системы в целом**

**Проектирование систем с обеспечением безопасности.** Безопасность системы Интернета вещей должна обеспечиваться еще на стадии проектирования. Она должна быть частью процесса проектирования. Модели риска проектируемых систем должны быть исследованы на начальной стадии проектирования и, исходя из результатов модельных исследований, должна выбираться стратегия проектирования конкретной системы Интернета вещей. Большинство атак на системы Интернета вещей осуществляется через внешние интерфейсы. Прежде всего, необходимо идентифицировать неизвестные входные данные и убедиться в безопасности всех входных каналов. Многие процессорные устройства имеют разные уровни привилегий (levels of privilege). К ним относятся так называемые привилегированные команды, которые запрещены для использования прикладным ПО. К таким командам относятся команды ввода-вывода. Требования безопасности к системе Интернета вещей должны учитывать стоимость отказа в системе, вероятность его возникновения вследствие атаки, направление вектора атаки и стоимость средств защиты, которые способны обезопасить систему.

В заключение отметим, что многие из приведенных рекомендаций являются взаимно исключающими. Необходимо искать компромиссные решения между стоимостью, функциональностью и удобством эксплуатации системы. Обеспечение безопасности должно быть увязано с другими системными требованиями, например, спецификой применения, особенностями проектирования и т.п. Для обеспечения безопасности систем Интернета вещей, включая сенсорные узлы, компания Analog Devices разработала и поставила на мировой рынок ряд следующих электронных компонентов. Это приемопередатчик для IMS-диапазона частот ADF7023 с малым потреблением, который имеет

встроенный шифратор в стандарте AES. Это микроконтроллер ADuCM3029 со встроенным приемопередатчиком, поддерживающий аппаратно алгоритмы шифрования в стандартах AES и SHA-256, имеющих встроенный генератор случайных чисел и защищенную SRAM-память. Семейство сигнальных процессоров ADSP-BF70X Blackfin включает однократно программируемую память для хранения секретных ключей и быстрый секретный загрузчик, что обеспечивает быстрый возврат системы в исходное состояние после несанкционированного доступа. Наличие функции "Rollback" (функции возврата в исходное состояние) в данном семействе сигнальных процессоров совместно с аппаратным инкрементным счетчиком позволяет системе вернуться в точку с минимальной уязвимостью после обнаружения атаки на сенсорный узел. Все это вместе с неизменным секретным ключом повышает устойчивость сенсорных узлов к различного рода внешним атакам. В дополнение к этим функциям сигнальный процессор семейства Blackfin включает аппаратные криптоакселератор, генератор случайных чисел, в нем предусмотрено разделение команд на привилегированные и непривилегированные. Он содержит блок управления памятью MMU с обнаружением нарушений ее защиты и имеет возможность ограничения выборки данных по каналам прямого доступа, что позволяет повысить защиту сигнального процессора в целом от несанкционированного доступа.

## ВЫВОДЫ

1. Беспроводные сенсорные сети являются основной технологией Интернета вещей. Чем больше сенсорных узлов содержат беспроводные сенсорные сети, тем выше их уровень уязвимости к различного рода атакам. Если такие сети используются для контроля и управления производственными

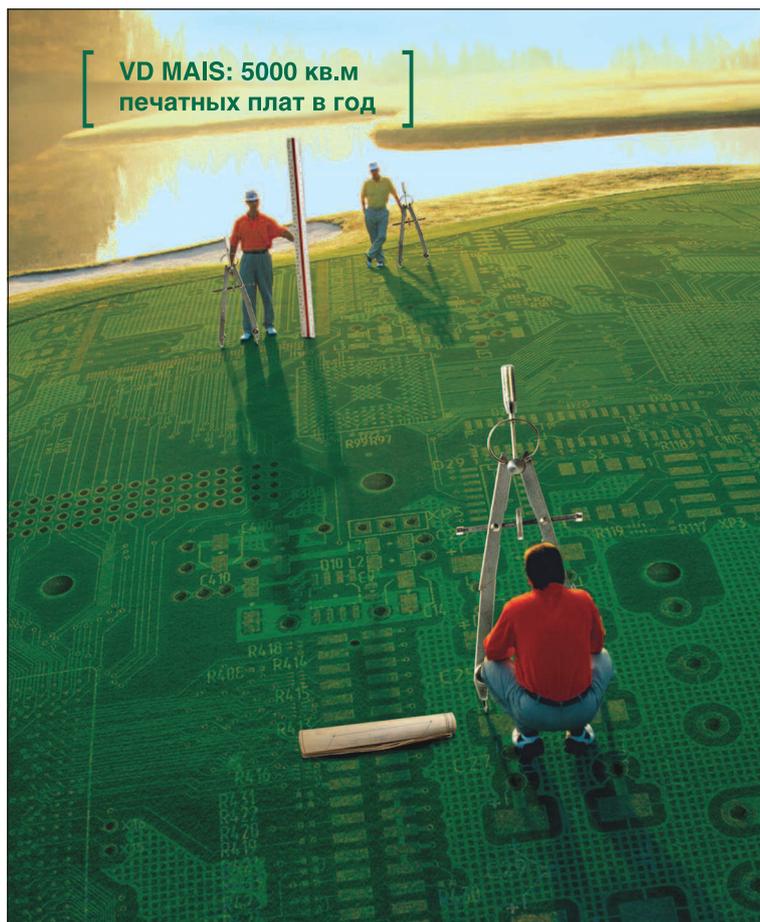
процессами, атаки могут привести к катастрофическим последствиям и даже человеческим жертвам.

2. В настоящее время предложено множество аппаратных, аппаратно-программных и программных методов снижения уязвимости сенсорных сетей и систем на их основе. Однако все эти методы не дают стопроцентной гарантии устойчивости сети к внешним атакам. Основным правилом при создании устойчивых к атакам сетей является то, что методы их защиты должны разрабатываться на начальном этапе проектирования таких сетей.

3. К наиболее известным аппаратным методам защиты сенсорных сетей относится разработка специальной элементной базы. Так, например, компания Analog Devices выпускает наборы ИМС при-

мопередатчиков, микроконтроллеров и сигнальных процессоров со встроенными генераторами случайных чисел, однократно программируемой памятью для хранения секретных ключей. Кроме того, применяется защита встроенной памяти от несанкционированного доступа.

4. Для защиты данных в сенсорных сетях на физическом и транспортном уровнях используются специальные протоколы. Кроме того, разработчиками беспроводных сенсорных сетей устанавливаются специальные правила развертывания таких сетей, предотвращающие неумышленное инфицирование сетей в результате неквалифицированных действий пользователя.



## 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, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016.
- предоставление документации по выходному контролю печатных плат



тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (095) 283-8246, (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

**VD MAIS**  
PCB Professionally

We make it **possible**

- диапазон рабочих температур от  $-90^{\circ}$  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  $-90^{\circ}$  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.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (095) 283-8246,  
(048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

## В ЧЕМ РАЗНИЦА МЕЖДУ СЕТЬЮ ETHERNET И СЕТЬЮ INDUSTRIAL ETHERNET? \*

### WHAT IS THE DIFFERENCE BETWEEN ETHERNET AND INDUSTRIAL ETHERNET?

Industrial Ethernet или промышленный Ethernet имеет более высокую надежность по сравнению с офисным Ethernet. И та, и другая сеть имеют широкое распространение и, несмотря на их схожесть, каждая из них имеет свою специфику и различия в применении. В статье рассматриваются отличительные особенности каждой из этих сетей.

Abstract - Industrial Ethernet systems must be more robust than office Ethernet. Ethernet and, specifically, industrial Ethernet have recently become popular industry terms in the manufacturing world. While similar, they both offer different characteristics and benefits. This article will explore what Ethernet and industrial Ethernet are and how they differ.

Ethernet является международным стандартом для кабельных и оптоволоконных сетей, объединяющих множество компьютеров и разных приборов между собой. Название "Ethernet" переводится буквально как "эфирная сеть" и отражает первоначальный принцип работы этой технологии: все, передаваемые одним узлом данные, одновременно принимаются всеми остальными узлами, что является аналогом радиовещательных станций. В настоящее время подключение в сети Ethernet, как правило, происходит через коммутаторы (switch), так что данные в виде кадров (фреймов), отправляемые одним узлом, доходят лишь до конкретного адресата, что повышает скорость обмена данными и функциональную безопасность сети. Исключение составляет передача данных на широковещательный адрес.

Как работает промышленный Ethernet, покажем на примере производственного процесса, как схематично представлено на рис. 1. В этом случае используемая сетевая технология должна обеспечить своевременную передачу и прием данных,

управляющих производственным процессом в реальном времени.

При использовании технологии Ethernet данные распределяются на короткие отрезки (кадры или фреймы), каждый из которых, кроме данных, содержит информацию об источнике данных и адресе приемного устройства. Технология Ethernet, кроме того, характеризуется следующими особенностями:

- средой передачи данных. Это может быть витая пара или оптоволоконный кабель
- сегментами среды передачи данных
- узлами сети.

Скорость передачи данных стандартной сети Ethernet находится в пределах от 10 до 100 Мбит/с. Гигабитная сеть Ethernet соответствует требованиям стандарта IEEE 802.3. Скорость передачи данных в этой сети достигает 1 Гбит/с. Сеть Ethernet имеет кабельное подключение к ПК и различным компьютерным устройствам, а также, практически, ко всем сетям, включая персональные компьютерные сети типа LAN.

Промышленный Ethernet отличается от стандартного офисного более надежными разъемами, кабелями и специальными протоколами передачи данных. К наиболее распространенным протоколам промышленного Ethernet относятся следующие: PROFINET®, EtherNet/IP®, EtherCAT®, SERCOS III, а также POWERLINK. Скорость передачи данных в промышленной сети Ethernet находится в пределах от 10 Мбит/с до 1 Гбит/с. Условия эксплуатации промышленного Ethernet существенно отличаются от офисного, прежде всего, по уровню температуры, вибраций и помех, как показано на рис. 2.

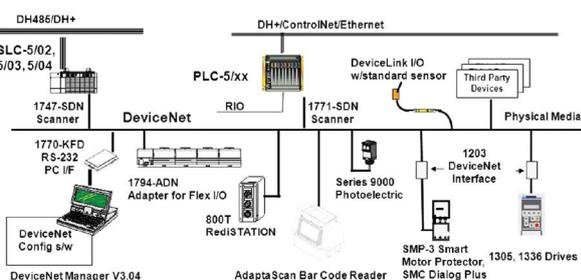


Рис. 1. Пример использования промышленного Ethernet

\* What Is the Difference Between Ethernet and Industrial Ethernet? <https://www.analog.com/en/technical-articles/intelligence-at-the-edge-part-3-edge-node-communication.htm>.

Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.



Температура

Вибрации

Шумы

**Рис. 2. Условия эксплуатации промышленной сети Ethernet**

Протоколы передачи данных промышленного Ethernet типа PROFINET и EtherCAT отвечают не только за передачу и прием данных, но и обеспечивают заданное время на прием или передачу данных, особенно, если эти данные управляют производственным процессом. Например, как показано на рис. 1, автоматический процесс наполнения бутылок жидкостью должен строго соблюдаться во времени, что связано с необходимостью выполнения команд в реальном времени. В тоже время к офисному Ethernet аналогичные жесткие требования к началу и окончанию передачи или приема команд не предъявляются. Кроме того, в случае обнаружения сбоя или ошибки в сети промышленного Ethernet должна быть обеспечена возможность аварийного останова производственного процесса во избежание катастрофических последствий. Промышленная сеть Ethernet должна надежно работать в заданных условиях эксплуатации, которые в про-

мышленности характеризуются большими перепадами температур, вибраций, высоким уровнем электромагнитных помех, а также наличием других влияющих на работу сети факторов. Разъемы в промышленной сети Ethernet, как правило, герметичны. Качество изоляции и качество кабеля промышленного Ethernet гораздо выше, чем офисного. При передаче данных через промышленную сеть Ethernet пользователь должен быть уверен в том, что они поступают в приемное устройство в заданные моменты времени. В офисном Ethernet этот временной интервал строго не регламентируется.

### ВЫВОДЫ

Сеть Ethernet уже много лет широко применяется как в офисах, так и в промышленности. Однако, если внешне каждое из этих применений мало чем отличается одно от другого, структура протоколов, требования к обмену данными между устройствами, конструктивное исполнение разъемов и линий передачи данных каждой из этих сетей различны и зависят от области применения. Эти особенности важно учитывать при использовании сети Ethernet как в промышленности, так и в офисах, а также в научных организациях и государственных учреждениях.



## ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

### • производство

На поставляемые фирмой VD MAIS печатные платы предоставляется документация по выходному контролю:

- сертификат фирмы VD MAIS
- сертификат качества печатной платы от изготовителя
- протокол контроля основных параметров печатной платы
- протокол контроля внутренней структуры печатной платы с микрошлифом

CUSTOMER P/N: NPD-0400-0155    FACTORY P/N: T8727-103A    DATA CODE: 0017

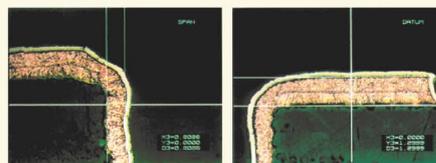


Фото микрошлифа переходного отверстия

- протокол контроля паяемости
- протокол электрического тестирования



тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (095) 283-8246, (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

**VD MAIS**  
PCB Professionally

# ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ



- Пассивные компоненты
- Электромеханика
- Интегральные микросхемы
- Дискретные полупроводниковые компоненты
- Силовые полупроводниковые устройства, модули
- Датчики (сенсоры)
- Коннекторы

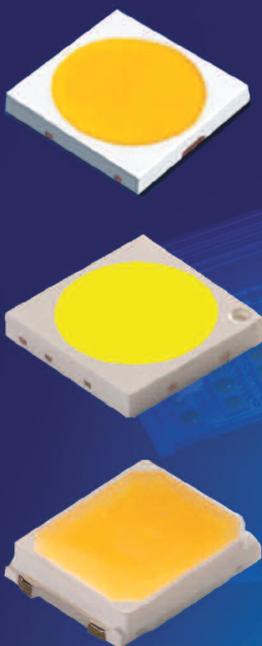


Украина, 02094, г. Киев, ул. Краковская, 13-Б  
 тел.: +38 044 291-00-41, факс: +38 044 291-00-42  
 info@sea.com.ua, www.sea.com.ua

## Светодиоды 3030 и 2835 от CREE уже на рынке!

Светодиоды J Series™ средней и малой мощности от лидера отрасли:

- стандартные форм-факторы 3.0×3.0×0.5 мм и 2.8×3.5×0.7 мм
- номинальные значения напряжения 3 и 6 В
- биннинг по цветовой температуре и световому потоку
- диапазон цветowych температур 2700...6500 К по ANSI
- индексы передачи цвета 70, 80 и 90 CRI для всех значений CCT
- соответствие требованиям RoHS и REACH, рекомендовано UL® (E495478)



Серия	Мощность, Вт	Ток (тип.), мА	Световой поток (тип. для CRI=70, 4000 К), Лм	Падение напряж. (тип.), В	Макс. ток, мА
JV3030 3V	0.2	65	35.5	2.8	240
JK3030 3V	1	350	156	3.2	400
JK3030 6V	1	150	152	6	200
JE2835 3V	0.5	150	79	3	240
JK2835 6V	1	150	153	6.2	200



VD MAIS – официальный дистрибьютор компании CREE в Украине

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (095) 283-8246, (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ KNX




### BUILDING AUTOMATION SYSTEMS BASED ON KNX TECHNOLOGY

**В** статье кратко рассмотрены основные особенности систем автоматизации зданий на основе технологии KNX. Описаны структуры и основные возможности систем управления зданием. Приведена краткая информация о программных продуктах для проектирования и управления систем автоматизации зданий.

*В. Макаренко*

**Abstract –** The article briefly describes the main features of building automation systems based on KNX technology. The structure and main features of building management systems are described. A brief information about software products for the design and management of building automation systems is given.

*V. Makarenko*

В современных системах автоматизации зданий используется целый ряд различных стандартов связи. Одним из них является международный стандарт (технология) KNX (ISO/IEC 14543). В основе стандарта лежит шина EIB (European Installation Bus).

В феврале 1990 года была организована ассоциация EIBA со штаб-квартирой в г. Брюссель (Бельгия). Основателями ассоциации были 15 ведущих европейских компаний: Siemens, Gira, ABB, Berker, Jung и другие. Основными задачами ассоциации являлись:

- продвижение на рынке технологии EIB
- контроль качества и совместимости оборудования, производимого ее членами
- подготовка программ обучения специалистов.

Через несколько лет уже около 100 европейских и мировых компаний предлагали сертифицированное оборудование под логотипом EIB. Участники ассоциации контролировали до 80% европейского рынка инсталляционных устройств. К концу века EIB являлась явным лидером в своей области. В мире было установлено более 10 миллионов устройств EIB. Однако у шины EIB имелись конкуренты – шина BatiBUS, получившая распространение на юге Европы, а также EHS (European Home System).

В мае 1999 произошло объединение трех европейских ассоциаций автоматизации зданий EIBA (European Installation Bus Association), EHS (European Home Systems Association) и BCI (BatiBUS Club International) в одну, которая со временем получила окончательное название "Ассоциация KNX" – Конпех. Произошло и слияние трех технологий: EIB, EHS и BatiBUS. По мнению различных экспертов, стандарт KNX на 80...90% основан на технологии

EIB. Это объединение – результат общей интеграции в Европе. Главенство EIBA не скрывалось всеми участниками, именно поэтому во многих случаях используется обозначение EIB/KNX. В конце 2003 года технология была утверждена как европейские стандарты EN 50090 и EN 13321-1, а затем как международный стандарт ISO/IEC 14543-3, американский стандарт ANSI/ASHRAE 135 и китайский стандарт GB/Z 20965 [1,2].

Всемирная Ассоциация KNX имеет партнерские соглашения с более чем 11000 компаний-интеграторов оборудования в 74 странах, с более чем 50 техническими университетами и 112 центрами обучения [1].

KNX является единственным в мире открытым стандартом для контроля безопасности коммерческих и жилых зданий. Использование KNX обеспечивает реальные преимущества для архитекторов, проектировщиков и производителей работ, а также, в первую очередь, для владельцев и/или пользователей зданий:

1. Низкие эксплуатационные расходы и значительное снижение энергопотребления.

Освещение и отопление включаются только тогда, когда они действительно нужны, например, в соответствии с заданными временными программами или в случаях присутствия людей, что позволяет экономить электроэнергию и финансовые средства. Освещение может контролироваться автоматически в соответствии с реальной интенсивностью дневного света, что помогает обеспечивать минимальный необходимый уровень яркости освещения на каждом рабочем месте и снижать энергопотребление (включенными остаются только те источники освещения, которые действительно не-

обходимы).

2. Экономия времени. Связывание всех устройств, обменивающихся между собой информацией, с помощью одной общей шины значительно сокращает время проектирования системы и время ее установки. Программный пакет ETS, общий для всех производителей и программных приложений, позволяет осуществлять проектирование, отладку и настройку систем, содержащих в своем составе KNX-сертифицированные элементы. Поскольку этот программный пакет является единым для всех производителей, интеграторы систем могут объединять в проекте продукты от различных производителей, использующие различные каналы для обмена информацией (витые пары, радиочастотные каналы, электрические линии или Ethernet), в составе единой системы.

3. Гибкость и способность адаптироваться к будущим изменениям. KNX-система может быть легко приспособлена к выполнению новых задач и расширена. Новые компоненты можно подключать к уже работающей системе.

Чтобы передавать управляющие сигналы ко всем компонентам, отвечающим за управление зданием, необходима система, способная взаимодействовать с отдельными устройствами; для этого все ее компоненты должны уметь “общаться” между собой на едином языке. Шинная технология KNX, единая для всех производителей оборудования и программных приложений, соответствует эти требованиям.

При использовании канала передачи управляющих сигналов KNX, к которому подключаются все

другие шины (витые пары, радиочастотные каналы, электрические линии или Ethernet), подключенные к ним устройства получают возможность обмениваться информацией между собой. К шинам могут подключаться как сенсоры, так и исполнительные механизмы, необходимые для контроля оборудования, управляющего зданием, в частности, систем освещения, систем управления шторами, жалюзи и ставнями, систем безопасности, контроля энергопотребления и отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, сигнальных систем, систем мониторинга и дистанционного управления, измерительного оборудования, систем управления аудио и видео, крупной бытовой техники, интерфейсов коммунальных систем и других систем управления зданием и т.д. Все эти функции могут осуществляться, контролироваться и отслеживаться через единую общую систему, без использования каких-либо дополнительных центров управления (рис. 1).

Системы, построенные на основе KNX, являются децентрализованными. В их состав входят 3 основных типа устройств – сенсоры, актуаторы и системные устройства.

1. Сенсоры (датчики) – сенсорные настенные панели и выключатели; датчики температуры, влажности, освещенности, дыма, движения и т.д., пульта дистанционного управления, таймеры и другие. Они выполняют регистрацию различных внешних событий, наступление которых должно вызвать ответную реакцию системы. После наступления такого события (нажатие кнопки, превышение температурой порогового значения и т. п.) сенсор посылает по сети управляющую команду соот-



**Рис. 1. Некоторые компоненты систем, основанных на стандарте KNX, и их условное обозначение**

ветствующему исполнительному устройству.

2. Актуаторы (исполнительные устройства и преобразователи) – регуляторы силы света (диммеры), релейные модули, электродвигатели, модули управления жалюзи и другие. Они меняют свое состояние (включено-выключено, открыто-закрыто и т. п.) в соответствии с командами, поступающими от сенсоров, тем самым управляя различным электрооборудованием.

3. Управляющие модули – логические контроллеры, функциональные модули, термостаты и т.д. Обеспечивают программирование и управление сетью. Управляющие модули позволяют реализовать особо сложные алгоритмы управления, когда, например, стоит задача управления сразу несколькими видами оборудования по данным, получаемым одновременно от нескольких сенсоров (как правило, такие модули не требуются).

4. Системные устройства – блоки питания, интерфейсные модули, шинные соединители, повторители и другие, включая панели и логические модули. Системные устройства обеспечивают работоспособность и возможность настройки сети KNX.

Т.к. система децентрализованная, то выход из строя любого из устройств не повлияет на работу системы в целом. Высокая надежность оборудования подтверждается сертификатами и тестами ассоциации Коппех.

Система является безопасной, т. к. управляющее напряжение равно 24 В. Данные в системе могут передаваться по:

- витой паре с фиксированной скоростью передачи 9600 бит/с
- силовой линии (проводам питания 230 В/50 Гц) со скоростью передачи 1200 бит/с
- IP-сети (EIB.net) – например, Ethernet
- радиоканалу в нелицензируемых частотных диапазонах 868 и 433 МГц.

Подключенные к шине устройства могут обмениваться информацией через общий канал передачи. Для этого информация упаковывается в телеграмму и передается по каналу связи от сенсора к одному или нескольким исполнительным устройствам. При успешной передаче и приеме каждое устройство

приемник подтверждает получение телеграммы. При отсутствии подтверждения передача повторяется еще два раза. Если и после этого подтверждение отсутствует, то процесс передачи заканчивается. Именно по этой причине протокол KNX не является "промышленным", то есть его нельзя применять в приложениях, связанных с опасностью для жизни и здоровья людей.

Телеграмма – это последовательность символов, которые в зависимости от общего для них информационного содержания объединяются в поля. Она состоит из блоков данных: служебных и информационного, в котором сообщается о событии (например, нажатии кнопки), и контрольной информации, позволяющей обнаружить ошибки передачи данных.

Передача производится модуляцией напряжения в сети, причем логический нуль пересылается в виде импульса, с амплитудой примерно ±6 В. Отсутствие импульса интерпретируется как логическая единица. Телеграммы пересылаются пакетами по 8 байт. Пересылка синхронизируется старт- и стоп-битами. Есть бит контроля четности.

Структура телеграммы приведена на рис. 2.

Каждая телеграмма становится видимой в функциональном блоке и соответственно ее данные могут быть обработаны. Блок отбрасывает KNX телеграммы с адресов, которые не включены в поле "Длина". Например, в групповом адресе 1/2/0 длина равна 10. Все KNX телеграммы с адресами 1/2/0 ... 1/2/9 пройдут через фильтр и будут восприниматься блоком.

Данные контрольного поля и поля защиты информации необходимы для бесперебойного обмена телеграммами. Они обрабатываются шинными устройствами (функциональными блоками), которым они адресованы. Адресное поле содержит исходный адрес (адрес источника сигнала) и адрес назначения (адрес получателя). Адрес источника сигнала всегда физический адрес. Он указывает, к какой зоне и к какой линии относится посылающий сигнал прибор. Физический адрес закрепляется при проектировании за одним конкретным шинным устройством и используется только для ввода в экс-

Контрольное поле	Исходный адрес	Адрес назначения	Приоритет и квитирование	Длина	Поле данных	Поле защиты информации
8 бит	16 бит	16 + 1 бит	3 бита	4 бита	16×8 бит	8 бит

**Рис. 2. Структура телеграммы в системе KNX**

платацию и для сервисных функций.

Адрес назначения определяет участников коммуникации. При этом получателем, которому отправляется телеграмма, может быть как отдельный блок, так и группа блоков, подключенных к одной линии, или же распределенных по разным линиям. Один и тот же функциональный блок может входить в разные коммуникационные группы (групповые адреса). Групповой адрес определяет коммуникационные связи внутри системы. Поле данных служит для передачи непосредственно самого информационного послания, например, команд, сообщений, установочных параметров, данных измерений и т.д.

Для предотвращения коллизий телеграмм в сети применяется метод CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance – многостанционный доступ с контролем несущей и предотвращением конфликтов). Этот метод гарантирует случайный, бесперебойный доступ устройств к шине, при этом без существенного снижения ее максимальной пропускной способности. При этом гарантируется, что первоначально будут переданы сообщения с наивысшим приоритетом.

Для того, чтобы система заработала необходимо не только установить устройства и соединить их необходимыми кабелями между собой и с силовой сетью, но и запрограммировать устройства с помощью программного обеспечения ETS.

В пределах одной сети каждое устройство должно иметь индивидуальный физический адрес. Назначение адресов производится с помощью программного обеспечения ETS. Перед назначением устройству адреса оно переводится в режим программирования, как правило, путем нажатия на специальную кнопку на лицевой части корпуса, при этом для подтверждения режима программирования загорается красный светодиод. Групповые адреса могут быть назначены активным устройствам системы вне зависимости от их расположения и значений физических адресов. Исполнительным устройствам (получателям телеграмм) может быть назначено несколько групповых адресов, но сенсоры могут отправлять телеграмму только по одному адресу. В сложных системах, как правило, используют трехуровневую систему групповой адресации (главная группа/средняя группа/подгруппа).

Физический адрес устройств имеет следующую структуру: Зона/Линия/Устройство. Например, адрес 2/1/3 определяет третье устройство в первой линии второй зоны. Для физического адреса заре-

зервировано 16 бит информации. На рис. 3 показана структура адреса.

Зона	Линия	Устройство
XXXX	XXXX	XXXXXXXX
4 бита	4 бита	8 бит

Рис. 3. Структура физического адреса KNX-устройства

При такой адресации к каждой линии можно подключить до 64 устройств (рис. 4), а сеть KNX может включать до 14400 устройств без применения усилителей линий (15 зон по 15 линий в каждой и по 64 устройства, подключенных к каждой линии), как показано на рис. 5. Линия может состоять как из одного сегмента, так и из нескольких (максимум из четырех), соединенных с помощью линейных усилителей.

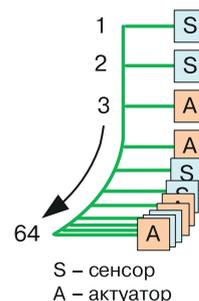


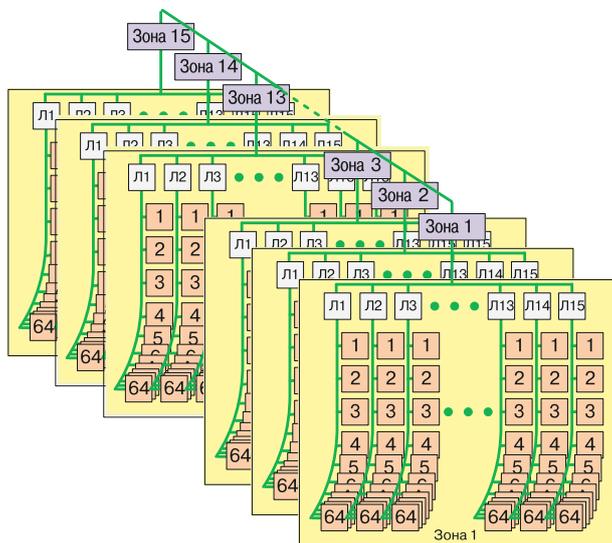
Рис. 4. Объединение устройств KNX в линию

Для сложных проектов создается структура с групповыми адресами. Чаще всего трехуровневая – главная группа/средняя группа/подгруппа. Трехуровневая система групповых адресов использует 4 бита информации для главной группы, 3 бита для средней и 8 бит для подгруппы. Таким образом, можно использовать максимально 16 главных групп (0...15), 8 средних (0...7) и 256 подгрупп (0...255).

С помощью линейных соединителей (Л1...Л15 на рис. 5) до 15 линий могут быть подключены к главной линии и объединены в одну зону. К главной линии также возможно подключение до 64 устройств. Максимальное число подключенных к шине устройств сокращается с увеличением числа линейных соединителей.

Главная линия должна иметь отдельный источник питания и дроссель. На зонной и главной линиях не допускается подключение линейных усилителей.

Несколько зон могут быть соединены между собой при помощи зонной линии, при этом каждая



**Рис. 5. Объединение линий и зон KNX**

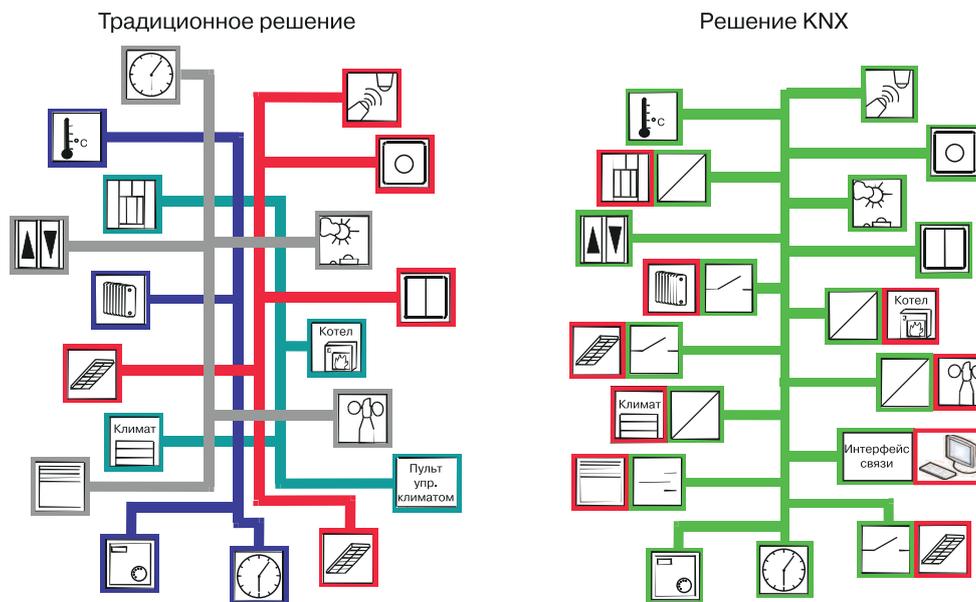
зона подключается к зонной линии через отдельный зонный соединитель (на рис. 5 усилители не показаны). Зонная линия должна иметь собственный источник питания. К зонной линии возможно подключение шинных устройств

Применение шины KNX позволяет значительно упростить прокладку проводов в здании. Традиционные решения, в которых для управления каждой подсистемой предусмотрены отдельные линии, требуют больших затрат на электропроводку (рис. 6). Кроме этого, повышается пожароопасность и снижается ремонтпригодность. Чем сложнее система, тем труднее поиск неисправностей, так как силовой

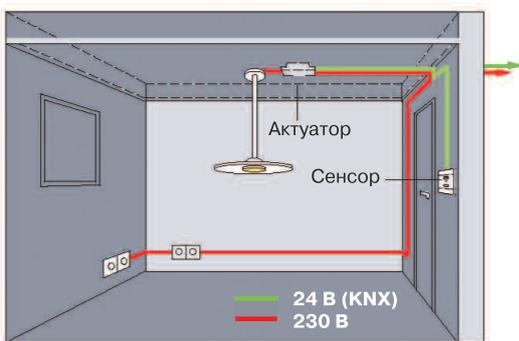
провод и провод управления не отделены друг от друга. В KNX силовой провод и провод управления разделены (рис. 7).

Между отдельными устройствами линейного сегмента KNX существуют следующие ограничения на длину соединительных линий при отсутствии дополнительных усилителей (рис. 8):

- расстояние между устройством и блоком питания не более 350 м
  - расстояние между двумя связанными устройствами не более 700 м
  - максимальная длина линейного сегмента 1000 м.
- Для соединения устройств используется стандарт-



**Рис. 6. Структура линий связи при традиционном решении системы управления и при использовании шины KNX**



**Рис. 7. Провода силовой части и части управления шины KNX разделены**

ный кабель с двумя парами проводов (2×2×0.8 мм). Одна пара проводов используется для передачи сигнала и электропитания 24 В (красный и черный провода), а вторая резервная (например, для подключения резервного блока питания).

**Структура шинного устройства**

Каждое шинное устройство (например, сенсорный выключатель, активатор диммера или активатор жалюзи) имеет две основных части:

- шинный контроллер (Bus Coupling Unit – BCU)
- прикладной модуль (Application Module – AM).

Шинные устройства выполняются как для установки на DIN-рейку, так и для скрытого монтажа.

Данные управления поступают по шине на шинный контроллер, который посылает, получает и сохраняет такую информацию, как собственный физический адрес, один или несколько групповых адресов, а также прикладную программу со всеми необходимыми параметрами. Координацию этих функций выполняет микропроцессор. При возникновении неисправностей или падения напряжения в

сети все данные сохраняются, и шинные устройства переводятся в задаваемое программой для этого случая состояние. Предусмотрена возможность запрограммировать поведение устройств после устранения неисправностей и при восстановлении напряжения в шине до номинального значения.

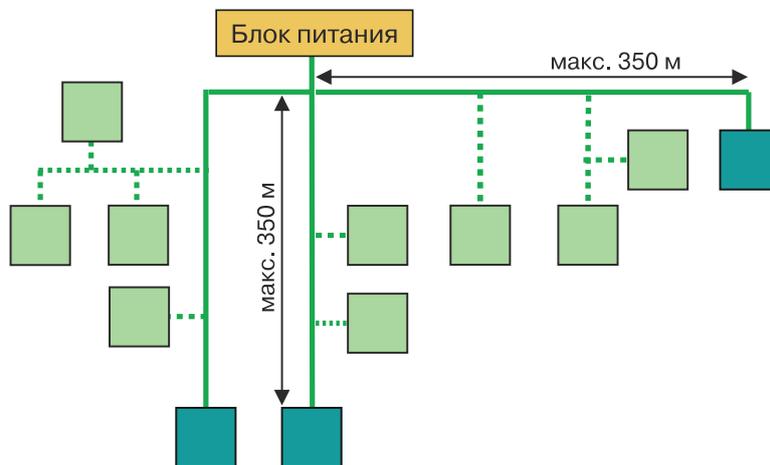
**Электропитание**

Питание устройств KNX осуществляется безопасным напряжением, максимальная величина которого не превышает 30 В. Шина управления всегда надежно изолирована от силовой электросети, и прикосновение к ней не опасно. Электропитание шины соответствует требованиям DIN EN 50090, т.е. максимальная величина тока в шине ограничена и все источники питания имеют защиту от короткого замыкания в нагрузке.

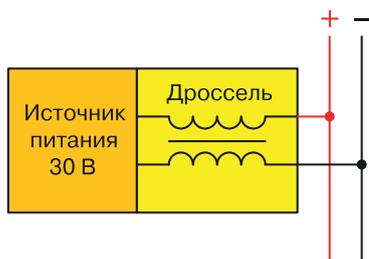
Так как телеграммы передаются по тем же проводам, по которым подается питание на шинные устройства, то для предотвращения значительного ослабления сигнала команд источник питания подключается к шине через встроенный в него дроссель. Сопротивление дросселя для сигнала телеграмм имеет значительную величину и практически сигналы команд в шине не ослабляются (рис. 9). Так как источники питания для KNX имеют и второй выход без дросселя, то его можно использовать с внешним промежуточным дросселем для питания другой линии.

**Управление по радиоканалу**

В системе KNX предусмотрено наличие устройств, в которых прием и передача данных осуществляются по радиоканалу. Чтобы избежать коллизий при одновременной работе нескольких устройств по радиоканалам, каждый радиопередат-



**Рис. 8. Ограничения на длину соединительных линий в линейном сегменте KNX**



**Рис. 9. Подключение источника питания к шине KNX**

чик KNX отсылает в составе телеграммы также свой серийный номер для распознавания устройства в сети. Таким образом, на телеграммы каждого передатчика реагируют лишь те принимающие устройства, которые настроены на прием сигналов от конкретного передатчика.

Радиус действия радиосигналов в здании ограничен. Это обусловлено затуханием радиосигналов при прохождении через стены, перекрытия и другие физические препятствия. Расширить зону действия можно, используя повторители радиосигналов, что позволяет осуществлять управление устройствами, расположенными на разных этажах, по радиоканалу.

В радиосистемах KNX в качестве метода модуляции применяется частотная манипуляция (Fre-

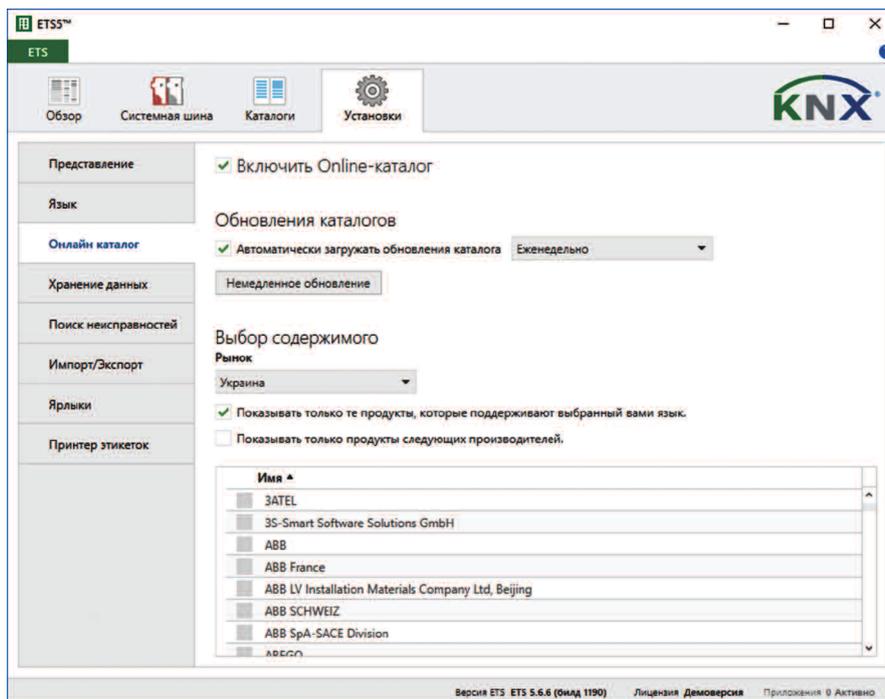
quency Shift Keying – FSK). Частота несущего колебания 868.30 МГц (ISM-диапазон), скорость передачи данных составляет 16384 бит/с, максимальная мощность сигнала – 12 мВт. Время передачи радиосигнала каждым устройством, называемое также рабочим циклом (Duty Cycle), составляет примерно 0.6 с. Более подробную информацию о структуре телеграммы и других параметрах устройств, работающих с применением радиоканала, можно найти в [3].

**Проектирование системы "умного" дома с помощью программы ETS**

Проектирование и отладка системы KNX осуществляются с помощью программного обеспечения ETS. Краткое описание системы ETS3 дано в [3]. В настоящее время выпущена версия программного обеспечения ETS5.6 [5]. Демонстрационная версия программы ETS5 Demo, рассчитанная на подключение пяти устройств, может быть бесплатно загружена с сайта ассоциации Konnex [5, 6].

Кроме того, предлагается программное обеспечение KNX Virtual – это приложение для Windows, позволяющее протестировать работу программы с пятью устройствами в одном проекте и не требующей ее установки на ПК (рис. 10). Программа позволяет спроектировать:

1. Включение освещения (включая лестницу).



**Рис. 10. Окно настройки загрузки каталогов устройств с сайта программы ETS**

2. Включение освещения (включая лестницу) с обратной связью.

3. Затемнение.

4. Управление жалюзи.

5. Управление отоплением (RTC).

При работе программы KNX Virtual выводятся сообщения об устройствах, которые требуются для проекта ETS, которые можно загрузить через каталоги ETS.

При работе с установленной на ПК демонстрационной версией программы в установках поставить "птичку" в строке "Автоматически загружать обновления каталога". Для немедленного обновления нажать кнопку "Немедленное обновление". Через несколько минут список доступных каталогов будет выведен в нижней части окна программы (рис. 10).

Все производители KNX-устройств сопровождают свои изделия файлом-описанием с расширением \*.vd1...\*.vd5, предназначенным для экспорта в

программу ETS. Загрузив файл в программу, можно запрограммировать данное устройство в соответствии с необходимым алгоритмом работы и установить нужные параметры.

На этапе проектирования нет необходимости наличия самого устройства и связи с шиной EIB – достаточно иметь программу ETS и библиотеку файлов устройств, входящих в будущую систему.

С порядком работы с программой можно ознакомиться в [7, 8].

В настоящее время ассоциация Konnex активно развивает направление Интернета вещей. Для этого направления разработаны программные продукты KNX IoT Software Tools: "KNX Web service exporter" и "KNX Web service gateway" [1]. Подробнее с информацией о продукции ассоциации Konnex можно ознакомиться на сайте ассоциации <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/index.php>.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/What-is-KNX/A-brief-introduction/index.php>
2. <http://www.konnex-russia.ru/knx-technology/>
3. <http://knx.com.ua/attachments/article/134/KNX%20silver%20book%20ru%20reduced.pdf>
4. [http://knx.com.ua/attachments/article/132/KNX-basic\\_course\\_full.pdf](http://knx.com.ua/attachments/article/132/KNX-basic_course_full.pdf)
5. <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/software/ets-5-professional/index.php>
6. <https://my.knx.org/en/shop/software>
7. [https://my.knx.org/en/downloads/get/565?product\\_type\\_category=books](https://my.knx.org/en/downloads/get/565?product_type_category=books)
8. "Учимся строить "Умный дом". Практикум по системе EIB" / Сети и Бизнес, №3(16), 2004. с. 60-63. URL: <https://piter220.ru/915-eib.html>.



**ANALOG DEVICES**  
AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

# LTspice® XVII



**АВТОРСКИЙ СЕМИНАР ПО СИСТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**  
**От создателя программы Майка Энгельхардта, США**

---

**Место проведения: вул. Академика Проскуры, 1, Харьков,**  
**конференц-зал БЦ Telesens**

**Дата проведения: 5 июня 2019 года**

**Участие бесплатное. Регистрация на [vdmals.ua/ltspice2019](http://vdmals.ua/ltspice2019)**



**VD MAIS – официальный дистрибьютор компании Analog Devices в Украине**  
 тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4967, (095) 283-8246,  
 (048) 734-1954, (095) 274-6897, [info@vdmals.ua](mailto:info@vdmals.ua), [www.vdmals.ua](http://www.vdmals.ua)

## ПРОДУКЦИЯ КОМПАНИИ MEAN WELL ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ KNX

### MEAN WELL KNX TECHNOLOGY PRODUCTS

**В** статье приведена краткая информация о продукции компании MEAN WELL, поддерживающей технологию автоматизации зданий KNX. Более подробно рассмотрены устройства для автоматизации управления внутренним освещением зданий.

*В. Макаренко*

**Abstract** - Summary of products of the MEAN WELL company supporting technology of automation of buildings of KNX is given in article. Devices for automation of management of internal lighting of buildings are in more detail considered.

*V. Makarenko*

Во всемирную ассоциацию KNX входят 477 производителей оборудования [1], поддерживающих эту технологию, и более 11000 интеграторов, реализующих проекты на основе этой технологии. Компания MEAN WELL также входит в ассоциацию. Рассмотрим кратко информацию о продукции MEAN WELL поддерживающих технологию KNX.

KNX является международным стандартом (ISO/IEC 145433-3) управления системами автоматизации в жилых помещениях и зданиях. Ассоциация KNX предлагает на рынке множество новых продуктов для систем визуализации и автоматизации зданий. MEAN WELL, ведущий производитель стандартных блоков питания, продвигает технологию управления автоматизацией зданий KNX с момента выпуска первого стандартного блока питания KNX-20E, соответствующего стандарту KNX, в 2017 году и постоянно расширяет номенклатуру изделий, предназначенных для систем KNX.

Например, универсальный выключатель KAA-8R и регулятор яркости KAA-4R4V, в зависимости от применения они подходят для различных источников питания MEAN WELL и драйверов светодиодов. Основываясь на архитектуре KNX, системные инженеры могут легко запрограммировать (посредством специализированного ПО ETS) работу этих изделий [2].

Все изделия MEAN WELL соответствуют международным стандартам безопасности и сертификатам EMC/EMI. Клиентам не нужно ждать длительное время проверки и платить за сертификацию, что может привести к срыву графика введения системы управления в эксплуатацию.

Компания MEAN WELL выпускает продукцию для систем:

- управления внутренним освещением
- управления отоплением
- управления шторами и жалюзи

• комплексного управления энергопотреблением.

#### Управление внутренним освещением

По мере того, как улучшается уровень жизни людей, соответственно повышаются требования к качеству освещения. Системы освещения должны не только обеспечивать энергосбережение и высокую эффективность, но и быть удобными, гибкими и ориентированными на человека. С развитием технологии информационных сетей технология шин KNX становится все более совершенной, что способствует развитию индустрии интеллектуального строительства. Эти факторы привели к разработке концепции "интеллектуальной системы управления освещением". Архитектура системы состоит из блока питания, который питает шину KNX. Переключатель или диммер KNX используется для управления драйвером светодиода. Для выполнения этих задач MEAN WELL разработала источники питания шины KNX-20E и KNX-40E, универсальный переключатель KAA-8R, диммер KAA-4R4V. Что касается светодиодных драйверов, MEAN WELL разработала множество таких изделий, и для выбора наиболее подходящего драйвера светодиодов целесообразно обратиться к веб-сайту компании.

На рис. 1 схематично показаны возможности системы управления освещением, созданной на базе продукции MEAN WELL. Питание всех устройств управления KNX осуществляется по шине KNX. По ней же передаются и сигналы управления. Более подробно об этом можно прочитать в [3].

Актуаторы KNX осуществляют управление светодиодами драйверами. В зависимости от типа драйвера (диммируемый или нет) используются соответствующие им актуаторы.

Учитывая, что в эксплуатации имеется большое количество светодиодных драйверов с интерфей-

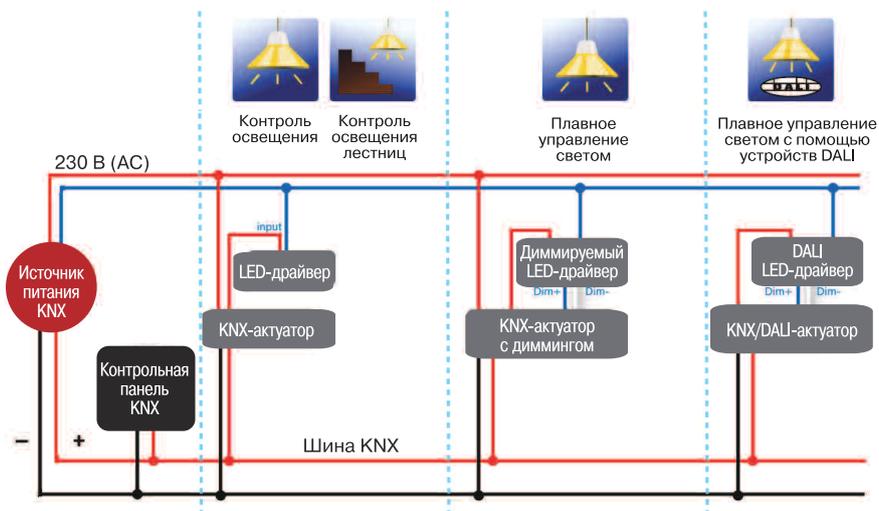


Рис. 1. Возможности системы управления освещением с использованием продукции MEAN WELL

сом DALI (Digital Addressable Lighting Interface – цифровой протокол управления освещением с помощью таких устройств, как электронные балласты для люминесцентных ламп и диммеры), MEAN WELL выпускает устройства управления и такими драйверами.

**Компоненты MEAN WELL для управления внутренним освещением**

**Источник питания KNX-20E-640 [4]**

Источник совместим с шиной KNX/EIB, содержит интегрированный дроссель, выполнен в компактном корпусе (ширина 3SU = 53.5 мм) для монтажа на DIN-рейку TS-35 / 7.5 или 15 (рис. 2).



Рис. 2. Источник питания KNX-20E-640

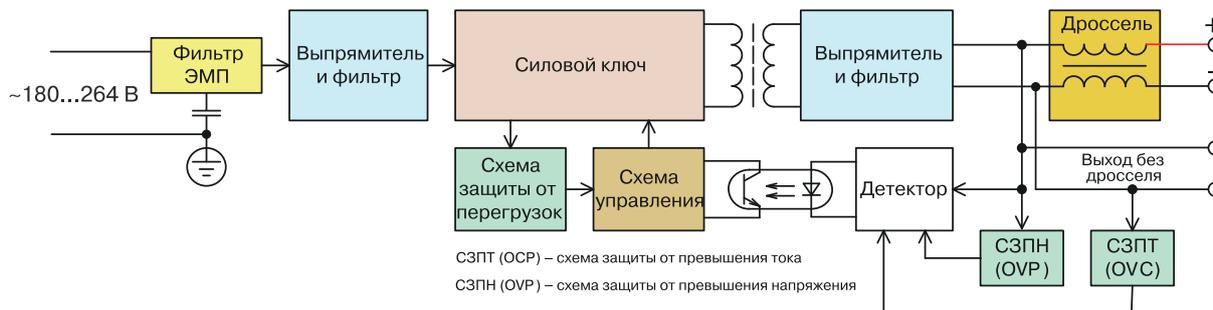
Основные характеристики источника питания:

- диапазон входных напряжений 180...264 В (AC), 254...370 В (DC)
- частота сети переменного тока 47...63 Гц

- собственное энергопотребление на холостом ходу < 0.5 Вт
- 1 выход 30 В с дросселем (для питания шины)
- 1 выход 30 В без дросселя
- выходной ток не более 640 мА (суммарный)
- время включения 1 с, выключения 50 мс
- при отключении сетевого напряжения сохраняет работоспособность в течении 200 мс
- КПД до 86%
- диапазон рабочих температур -30...70 °С
- относительная влажность 20...95%
- степень защиты IP20
- соответствие стандартам SELV, KNX, TUV, CE
- кнопка сброса
- защита от КЗ, перегрузки и превышения выходного напряжения
- защита от перенапряжения категории III согласно EN60664-1
- охлаждение за счет естественной конвекции воздуха
- изоляция класса I
- светодиодная индикация: нормальная работа/сброс/перегрузка
- масса 215 г
- гарантия 3 года.

Функциональная схема источника питания KNX-20E-640 приведена на рис. 3.

Так как питание устройств, подключенных к шине KNX, и передача сигналов управления осуществляется по одной и той же паре проводов, то для предотвращения шунтирования шины малым выходным сопротивлением источника питания, в него введен дополнительный дроссель. Команды управления передаются модулированными сигналами с



**Рис. 3. Функциональная схема источника питания KNX-20E-640**

высокой несущей частотой на которой сопротивление дросселя очень велико.

Второй выход источника питания может быть использован для питания устройств, не подключенных к шине KNX.

Источник питания предназначен для использования в системах освещения, автоматизации зданий, безопасности, управления шторами и жалюзи, вентиляции и кондиционирования. На рис. 4 приведен пример схемы подключения устройств различного назначения к шине KNX.

**КАА-4R4V – актуатор и диммер для управления светодиодными драйверами**

Модуль КАА-4R4V (рис. 5) предназначен для управления светодиодными драйверами, поддерживающими режим регулировки яркости (диммирования) [5].

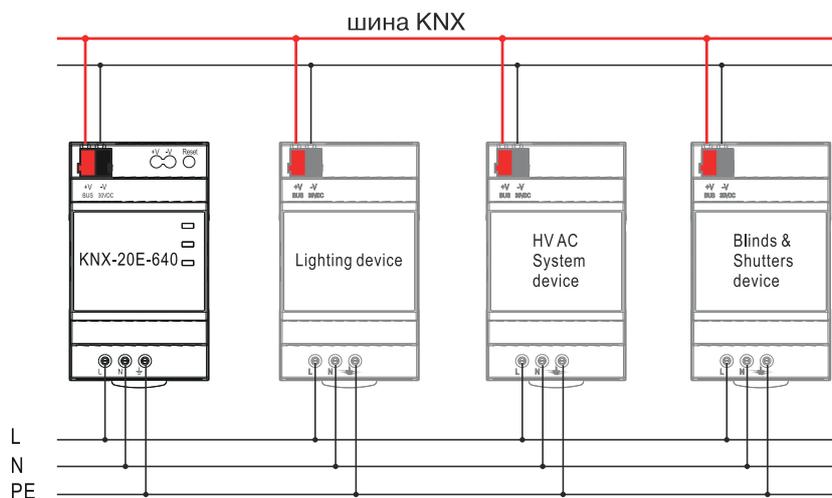
Применение диммера для управления светодиодными источниками питания, учитывая возможность организации удаленного управления, позволяет существенно упростить работу и улучшить эр-

гономику систем освещения, в том числе с поддержкой различных сценариев. Индикация режима работы устройства и текущего состояния обеспечивается светодиодными индикаторами на корпусе. Релейные выходы совместимы со всеми типами светодиодных драйверов MEAN WELL.

Компактная конструкция с шириной модуля 4SU (72 мм) делает его пригодным для установки в рас-



**Рис. 5. Модуль KAA-4R4V**



**Рис. 4. Пример схемы подключения устройств различного назначения к шине KNX**

пределительный щит на монтажных рейках 35 мм. В дополнение к базовой функции переключения, на выходах управления формируется сигнал постоянного тока, изменяющийся в диапазоне 0...10 В для плавной регулировки яркости светильников.

Модуль может быть использован совместно с датчиками движения в зданиях для экономии энергии. При появлении движущихся объектов в помещении модуль автоматически включит освещение, а при длительно отсутствии движения автоматически выключит свет.

Основные характеристики KAA-4R4V:

- 4 канала управления
- светодиодные индикаторы для каждого канала
- монтаж на DIN рейку
- питание осуществляется по шине KNX (21...31 В)
- программирование посредством ПО ETS 5.0
- ручное управление с помощью кнопок на передней панели
  - линейный или логарифмический закон изменения яркости
  - программирование различных вариантов режимов и времени работы
    - ток потребления не более 11 мА
    - ток управления диммером 50 мА (максимальное значение)
    - максимальное расстояние до объекта управления 100 м при сечении кабеля 1.5 мм<sup>2</sup>
    - максимальный ток на одном релейном выходе 10 А
  - максимальная емкость нагрузки 220 мкФ
  - диапазон рабочих температур -30...45 °С
  - относительная влажность 10...95%
  - класс защиты II согласно EN61140
  - защита от перенапряжений категории III согласно EN60664-1
  - степень защиты IP20, в соответствии с EN60529
  - безопасность согласно стандартам EN50491-3,

EN60669-1, EN60669-2-1, EN60669-2-5

- уровень электромагнитных излучений согласно EN50491-5-1,-2,-3, EN50090-2-2, EN60669-2-1, EN60669-2-5, EN63044-5-1,-2,-3
- невосприимчивость к электромагнитным помехам согласно EN50491-5-1,-2,-3, EN50090-2-2, EN60669-2-1, EN60669-2-5, EN63044-5-1,-2,-3
- габаритные размеры 72×36×71 мм
- масса 247 г.

Функциональная схема модуля KAA-4R4V приведена на рис. 6. Приемопередатчик осуществляет обмен данными с панелью управления KNX. Микроконтроллер (МК) формирует сигналы управления релейными выходами и устройством управления диммерами. Цепи управления и выходные цепи модуля гальванически развязаны. Питание устройства управления диммерами осуществляется с помощью встроенного DC/DC-преобразователя.

### 8-канальный актуатор (коммутатор нагрузки) KAA-8R

Модуль KAA-8R (рис. 7) предназначен для управления люминисцентными лампами, емкостной и индуктивной нагрузкой в системах автоматизации зданий, отопления, вентиляции и освещения [6].

Основные характеристики KAA-8R:

- 8 каналов управления
- светодиодные индикаторы для каждого канала
- монтаж на DIN рейку
- питание осуществляется по шине KNX (21...31 В)
- программирование посредством ПО ETS 5.0
- ручное управление с помощью кнопок на передней панели
  - программирование различных вариантов режимов и времени работы
  - максимальный выходной ток для модификации
    - ◆ KAA-8R – 16 А
    - ◆ KAA-8R-10 – 10 А

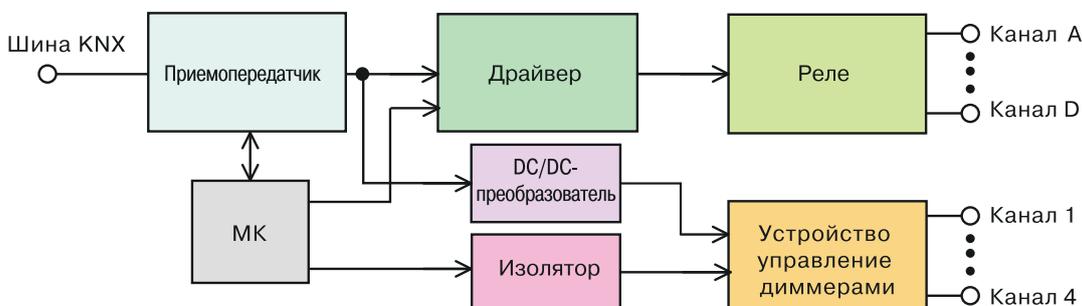


Рис. 6. Функциональная схема модуля KAA-4R4V



**Рис. 7. Модуль KAA-8R**

- суммарный максимальный выходной ток 80 А (KAA-8R) и 56 А (KAA-8R-10)
- ток потребления не более 6 мА
- потребляемая мощность 180 мВт
- выход – бистабильное реле
- максимальная емкость нагрузки 220 мкФ
- число циклов коммутации не менее 10<sup>6</sup>
- диапазон рабочих температур -30...45 °С
- относительная влажность 10...95%
- габаритные размеры 72×90×57 мм
- масса 312 г.

Классы и степень защиты, безопасность, уровень ЭМП и невосприимчивость к электромагнитным помехам аналогично KAA-4R4V.

Функциональная схема модуля приведена на рис. 8 и особых пояснений не требует.

Допустимая мощность, коммутируемая модулем KAA-8R, в зависимости от характера нагрузки приведена в табл. 1.

**KDA-64 – модуль сопряжения системы освещения DALI с шиной KNX**

KDA-64 (рис. 9) используется для подключения цифровой системы освещения DALI к шине KNX [7]. С помощью этого модуля управление освещением в помещениях встраивается в систему управления зданием более высокого уровня на базе системы KNX.

Устройство преобразует команды переключения

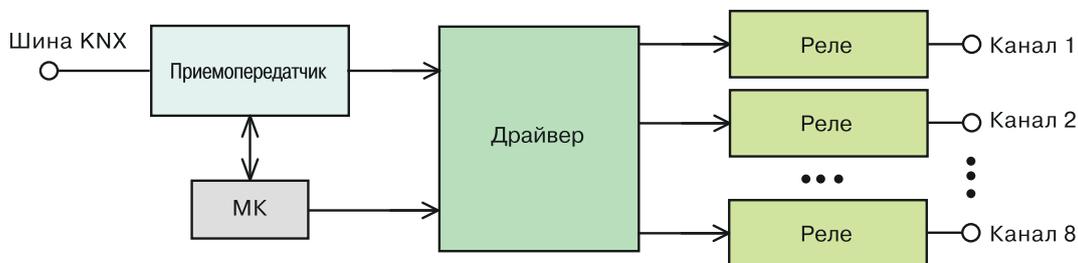
**Таблица 1. Допустимая мощность, коммутируемая модулем KAA-8R в нагрузку**

Тип нагрузки	Максимальная мощность, Вт	
	KAA-8R	KAA-8R-10
Активная нагрузка или нагреватели	3680	2300
Лампы накаливания	2300	2300
Галогенные лампы 230 В	2300	2300
Галогенные лампы с трансформатором	1300	1300
Лампы люминесцентные некомпенсированные	2000	2000
Лампы люминесцентные с параллельной схемой компенсации	1200	1200
Максимальное число трансформаторов	15	15
Электродвигатели для жалюзи	600	600



**Рис. 9. Модуль KDA-64**

и затемнения системы KNX в телеграммы DALI, а информацию о состоянии шины DALI в телеграммы KNX. KDA-64 является устройством категории 1 (в соответствии с EN 62386-103). Это означает, что устройство должно использоваться в сегментах DALI только с подключенными модулями контроля



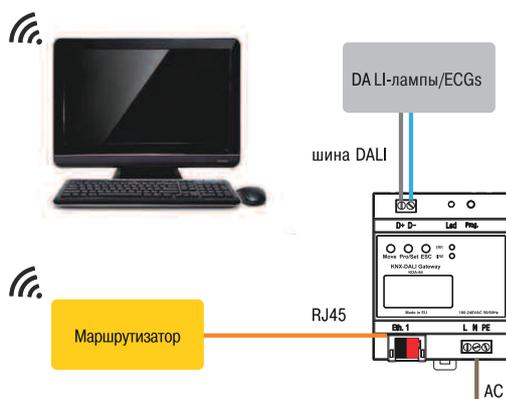
**Рис. 8. Функциональная схема модуля KAA-8R**

ECG (Electronic Control Gear). Питание на модули контроля подается от KDA-64. Наличие дополнительного источника питания DALI не требуется (и не допускается).

Основные характеристики KDA-64:

- простая настройка и установка
- подключение до 64 драйверов DALI
- встроенный источник питания DALI (16...20 В, 250 мА)
- ЖК-дисплей 2×12 символов
- управление освещением с помощью кнопок
- управление освещением через встроенный веб-сервер
- настройка до 16 групп освещения DALI
- настройка до 16 сцен DALI
- скорость обмена информацией по Ethernet 100 Мбит/с
- напряжение питания 100...240 В (AC 50...60 Гц), 142...339 В (DC)
- ток потребления 0.1 А
- потребляемая мощность не более 7 Вт
- диапазон рабочих температур -5...45 °С
- относительная влажность 5...93%
- 3 года гарантии
- габаритные размеры 86×72×55 мм
- масса 200 г.

Управление освещением можно осуществлять как через шину KNX, так и по беспроводному каналу связи, используя Ethernet, как показано на рис. 10.



**Рис. 10. Управление освещением с использованием smart-телевизора и модуля KDA-64**

**KSI-01U – преобразователь интерфейса KNX/ USB**

Модуль KSI-01U (рис. 11) предназначен для двустороннего преобразования интерфейса KNX/USB, обеспечивающий гальванически изолированный доступ к шине KNX [8]. Модуль может ис-



**Рис. 11. Модуль KSI-01U**

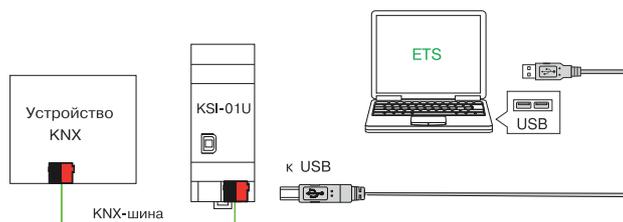
пользоваться для доступа ко всем устройствам, подключенным к шине KNX, позволяя осуществлять управление системой KNX с персонального компьютера, включая ввод в эксплуатацию, адресацию, настройку параметров, диагностику, визуализацию и др.

Соединение между шиной данных KNX и ПК со стандартным программным обеспечением, таким как ETS, EITT и другим программным обеспечением, выполняется с помощью драйвера FALCON. KSI-01U поддерживает передачу "длинных" сообщений (длиной до 220 байт) и обеспечивает работу с программным обеспечением в операционных системах, не поддерживаемых драйвером FALCON (например, Linux).

Основные характеристики KSI-01U:

- интерфейс связи USB тип B
- напряжение питания 21...30 В (KNX) и 5 В (USB)
- диапазон рабочих температур -5...45 °С
- относительная влажность 20...90%
- класс защиты IP20 в соответствии с IEC60529
- KNX-стандарт ISO/IEC 14543-3, EN50090, EN13321-1
- соответствие стандартам безопасности EN50428 и EN62479
- уровень электромагнитных излучений согласно EN50491-5, EN61000-3-3
- невосприимчивость к электромагнитным помехам согласно EN61000-4-2,3,4,5,6,11
- среднее время безотказной работы 100 тыс. часов
- габаритные размеры 36×90×71 мм
- масса 60 г.

Схема подключения ПК к шине KNX приведена на рис. 12.



**Рис. 12. Схема подключения ПК к шине KNX с помощью модуля KSI-01U**

### KNX-маршрутизатор KSR-01IP

Модуль KSR-01IP (рис. 13) предназначен для маршрутизации и туннелирования KNXnet/IP и работает как местный соединитель IP KNX.

Питание модуля осуществляется по шине KNX. Возможность адресации всех шинных устройств в системе KNX дает возможность сделать сетевые операции менее трудоемкими. Рабочее состояние, состояние фильтрации, неисправность и неисправность связи отображаются светодиодами на передней панели модуля. Устройство относится к классу UPnP (universal plug and play), и его встроенное ПО может быть обновлено через встроенную веб-страницу интерфейса.

KSR-01IP предназначен для соединения Ethernet с KNX IP и KNX TP, имеет два канала связи для ввода системы в эксплуатацию, адресации, настройки параметров, визуализации и диагностики операций между устройствами на шине KNX.

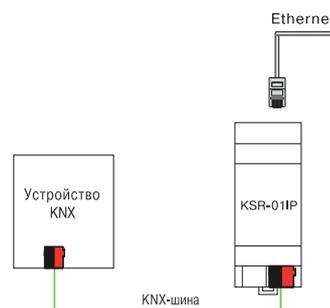
KSR-01IP может фильтровать трафик в соответствии с местом установки в иерархии шинной системы по встроенным таблицам фильтров для групповой связи. Фильтрация сообщений может быть временно отключена в любое время нажатием кнопки на устройстве. Время возврата к нормальной работе настраивается в программе ETS. В случае необходимости временный доступ к другим линиям возможен также без загрузки данных из ETS.

Основные характеристики KSR-01IP:

- напряжение питания 21...30 В (DC)
- ток потребления 20 мА
- диапазон рабочих температур -20...60 °C
- относительная влажность 20...90%
- класс защиты IP20 в соответствии с IEC60529
- KNX-стандарт ISO/IEC 14543-3, EN50090, EN13321-1
- соответствие стандартам безопасности EN50428, EN62479 и EN60950-1
- уровень электромагнитных излучений согласно EN50491-5, EN61000-3-3
- невосприимчивость к электромагнитным помехам согласно EN61000-4-2,3,4,5,6,11

- среднее время безотказной работы 100 тыс. ч.
- габаритные размеры 36×90×71 мм
- масса 70 г.

Схема соединения с устройствами KNX приведена на рис. 14.



**Рис. 14. Схема соединения модуля KSR-01IP с устройствами KNX**

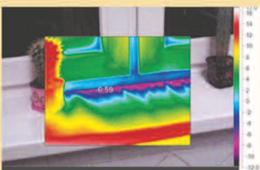
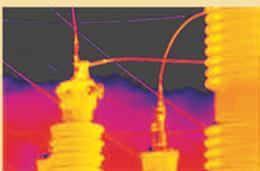
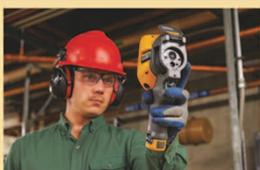
Более подробную информацию о модулях компании MEAN WELL, поддерживающих технологию KNX, можно найти на сайте компании <https://building.meanwell.com>.

### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.knx.org/knx-en/for-manufacturers/members/index.php>.
2. <https://building.meanwell.com/>.
3. В. Макаренко Системы автоматизации зданий на основе технологии KNX // Электронные компоненты и системы, №1 (225), 2019. с. 33-40.
4. <https://building.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=KNX-20E-640>.
5. <https://building.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=KAA-4R4V>.
6. <https://building.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=KAA-8R>.
7. <https://building.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=KDA-64>.
8. <https://building.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=KSI-01U>.
9. <https://building.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=KSR-01IP>.

# ТЕПЛОВИЗОРЫ

# FLUKE®



**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) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (095) 283-8246, (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmais.ua, www.vdmais.ua



# ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ МОДУЛЬНЫЕ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ КОМПАНИИ GAÏA CONVERTER



## GALVANIC ISOLATION DC/DC CONVERTER FROM GAÏA CONVERTER

**В** статье рассматриваются высоконадежные модульные DC/DC-преобразователи.

*В. Котигорошко*

**Abstract** - The article discusses the features of galvanic isolation DC/DC converter.

*V. Kotigoroshko*

### Введение

Использование стандартных DC/DC- и AC/DC-преобразователей, а также других дополнительных модулей (фильтров помех, корректоров мощности и пр.) позволяет создавать разнообразные блоки питания на базе модульной архитектуры.

Концепция построения универсальных блоков питания на базе модульной архитектуры во многом упрощает процесс разработки сложных блоков питания для разных приложений.

Модульные изолированные DC/DC-преобразователи предназначены для эксплуатации в жестких условиях окружающей среды. Это аппаратура для гражданской и военной авиации, наземной и морской военной техники, а также промышленное оборудование, медицинская техника, системы связи и пр. [1-7].

Высокая надежность изделий достигается благодаря принятым схемотехническим, технологическим и конструктивным решениям, благодаря автоматизации процессов сборки и контроля качества выполнения каждой операции, а также тестированию и отбору изделий.

В статье рассматриваются DC/DC-преобразователи, выпускаемые компанией Gaïa Converter (Франция).

Продукция компании Gaïa Converter – это модификации DC/DC- и AC/DC-преобразователей, отличающихся уровнем выходной мощности, а также входные модули разного назначения.

Многие известные компании используют DC/DC-преобразователи компании Gaïa Converter в своих изделиях. Это Airbus, Boeing, Bombardier и др. в гражданской авиации и аэрокосмической сфере; в военной авиации – F-16 Falcon, F/A-22 Raptor, F-35 JSF, AWACS; в танках – Leclerc и Leopard. Изделия компании Gaïa Converter применяются также в торпедах и беспилотных летательных аппаратах, ко-

раблях военно-морского флота, на транспорте и пр.

К источникам питания для военной техники предъявляются жесткие требования. Это защита от пропадания до нуля и скачков входного напряжения, возникающих при переходных процессах, защита от электромагнитного излучения, а также высокая надежность при эксплуатации в жестких условиях окружающей среды и др. Поэтому большинство источников питания разработано с учетом этих и других специфических требований.

DC/DC-преобразователи компании широко используются также в промышленной сфере. Это оборудование электроснабжения, системы контроля окружающей среды и сейсмоактивности, устройства гидролокации, нефтегазодобывающее оборудование и многое другое.

Изделия подразделяются на две категории – для промышленных и высоконадежных приложений, соответственно, имеющие обозначение – Industrial (I) и Hi-rel (M) Grade (табл. 1).

Изделия для высоконадежных приложений подвергаются отбору в соответствии со стандартом MIL-STD-883C и отличаются, главным образом, параметрами надежности и подтвержденными протоколами испытаний.

DC/DC-преобразователи компании Gaïa Converter отличаются широким диапазоном входных напряжений от 4.5 до 480 В и имеют один или более независимых выходов (каналов).

Входные модули имеют встроенные функции защиты от переходных процессов, содержат фильтры электромагнитных помех, а также обеспечивают защиту от провалов входного напряжения.

### MGDS-100

Высоконадежные (Hi-rel) изолированные DC/DC-преобразователи MGDS-100 номинальной мощностью 100 Вт изготавливаются в металлическом корпусе и ориентированы на применение в системах с распределенной архитектурой электропита-

**Таблица 1. Параметры DC/DC-преобразователей компании Gaïa Converter**

Тип	Габаритные размеры, мм	Мощность, Вт	Исполнение	Напряжение, В		Число выходов
				Входное	Выходное	
MGDD-40	42.67×31.75	40	M/I	4.5-33, 9-60	3.3-24	2
MGDDx-60	82.5×48.5	60	M/I	12-160	5-48	2
MGDxx-60	72.7×47.9	60	I	14-55, 36-140	3.3-26	1/2
MGDSx-75	57.91×36.83	75	M/I	9-36, 9-45, 18-75, 16-80, 155-480	3.3-28	1
MGDD-80	48.5×40.7	80	M	9-60	5-24	2
MGDSx-100	82.5×48.5	100	M/I	14-55, 36-140, 10.7-100	3.3-26	1
MGDSx-150	60.95×57.91	150	M/I	9-36, 9-45, 18-75, 16-80, 155-480	3.3-28	1

ния, в которых входное напряжение изменяется в широком диапазоне значений (от 10.7 до 100 В).

Основные характеристики модификаций преобразователей MGDS-100 и MGDSI-100 даны в табл. 2, 3.

**Таблица 2. Модификации DC/DC-преобразователей MGDSI (Industrial) мощностью 100 Вт**

Тип	Напряжение, В		Ток, А
	Вх.	Вых.	
MGDSI-100-G-B	14-55	3.3	20
MGDSI-100-G-C	14-55	5	20
MGDSI-100-G-E	14-55	12	8.25
MGDSI-100-G-F	14-55	15	6.5
MGDSI-100-G-26	14-55	26	3.8
MGDSI-100-Q-B	36-140	3.3	20
MGDSI-100-Q-C	36-140	5	20
MGDSI-100-Q-E	36-140	12	8.25
MGDSI-100-Q-F	36-140	15	6.5
MGDSI-100-Q-26	36-140	26	3.8

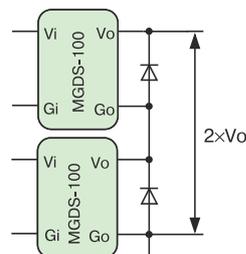
Отличительные особенности этих преобразователей – повышенный уровень входного напряжения, а также возможность синхронизации импульсного преобразователя от внешнего сигнала. Кроме того, предусмотрена возможность дистанционного вкл./выкл. Для увеличения выходного напряжения допускается последовательное соединение выходов преобразователей (рис. 1).

Предусмотрена защита от уменьшения входного напряжения ниже (Undervoltage Lock-Out – UVLO) и увеличения выше (Overvoltage Lock-Out – OVLO) допустимого уровня (рис. 2), защита от перегрузки

**Таблица 3. Модификации DC/DC-преобразователей MGDS (Hi-rel) мощностью 100 Вт**

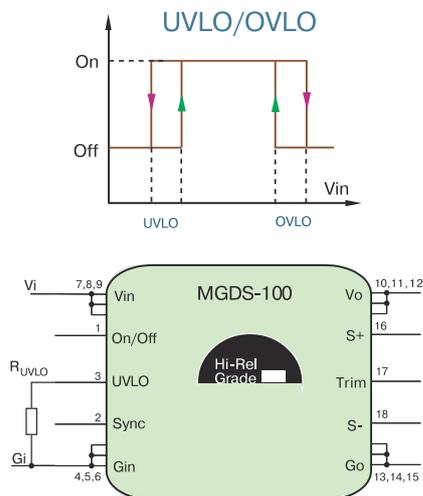
Тип	Напряжение, В		Ток, А
	Вх.	Вых.	
MGDS-100-M-B	10.7-100	3.3	20
MGDS-100-M-C	10.7-100	5	20
MGDS-100-M-E	10.7-100	12	8.25
MGDS-100-M-F*	10.7-100*	15	6.5
MGDS-100-M-26*	10.7-100*	26	3.8

\* Вх. напряжение MGDS-100-M-F и MGDS-100-M-26 составляет 10.7-60 В. Выдерживают выбросы напряжения амплитудой 100 В и длительностью 0.1 с.


**Рис. 1. Вариант последовательного соединения выходов преобразователя**

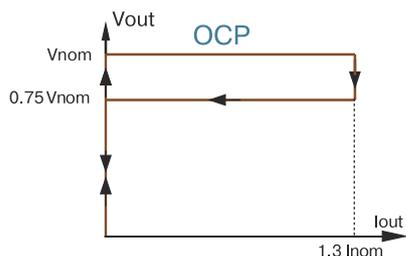
по току (Output Current Limitation Protection – OCP) и перегрева (Over Temperature Protection – OTP).

Ограничение по току происходит в случае увеличения выходного тока на 30% от максимального значения для данной модификации преобразователя. Для снижения выходного тока выходное напряжение уменьшается на 25%. Ниже этого порога преобразователь переключается в "пульсирующий" режим работы hiccup, т.е. осуществляется периодиче-



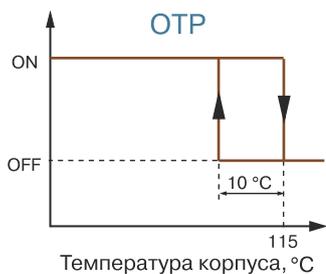
**Рис. 2. Иллюстрация работы систем защиты UVLO и OVLO**

ская проверка наличия перегрузки и преобразователь автоматически переключается в нормальный режим работы при снятии перегрузки по току (рис. 3).



**Рис. 3. Диаграмма, иллюстрирующая работу системы OCP (MGDD-100)**

Устройство защиты от перегрева срабатывает и преобразователь выключается при достижении температуры корпуса  $115 \pm 5.75 \text{ }^\circ\text{C}$ . Включение преобразователя происходит при снижении температуры на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 4).



**Рис. 4. Диаграмма, иллюстрирующая работу системы OTP**

Наличие функции "мягкого" старта позволяет ограничить уровень входного и выходного тока при включении преобразователей.

Основные параметры DC/DC-преобразователей MGDS-100 и MGDSI-100 даны в табл. 4, параметры надежности этих преобразователей – в табл. 5.

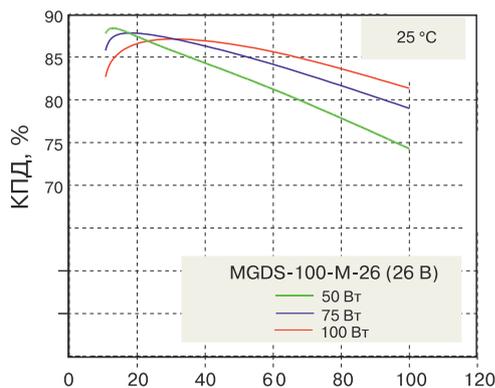
В DC/DC-преобразователях предусмотрена возможность регулировки выходного напряжения с использованием внешнего резистора, который подключается к специально предназначенным выводам. Зависимость КПД от входного напряжения и мощности в нагрузке приведена на рис. 5.

**Таблица 4. Основные параметры DC/DC-преобразователей MGDS-100**

Параметр	Обозначение		
	MGDS-100	MGDSI-100-G	
Вых. мощность, Вт	100	100	
КПД (тип. при Uном), %	88	88	
Частота импульсного преобразователя, кГц	260	260	
UVLO, напряжение включения, В	10.5	13.5	
UVLO, напряжение отключения, В	9.5	12.5	
OVLO, напряжение включения, В	98	—	
OVLO, напряжение отключения, В	104	—	
Время старта, мс	30	30	
Погрешность установки вых. напряжения, % U <sub>НОМ</sub>	±2	±2	
Максимальное отклонение вых. напряжения при изменении вх. напряжения от мин. до макс., тока нагрузки от 0 до макс., В	±1	±1	
Уровень вых. шумов и пульсаций, п-п, мВ при U <sub>вх.НОМ</sub> в полосе 20 МГц	3.3/5 В	50	50
	12 В	100	100
	15 В	150	150
	24 В	320	320
Электрическая прочность изоляции (постоянный ток), В	1500	1500	
Сопротивление изоляции, мин., МОм	100	100	
Тепловое сопротивление (корпус окружающая среда), °C/Вт.	6	6	
Габаритные размеры, мм	82.5×48.5×12.5	72.7×47.9×12.5	
Масса, г	65	65	

**Таблица 5. Параметры надежности DC/DC-преобразователей MGDS-100**

Условия	MGDS-100	MGDSI-100-G
Ground fixed (Gf). Оборудование, устанавливаемое в приборных стойках с достаточным объемом охлаждающего воздуха в неотапливаемых зданиях. Например, радиолокаторы управления воздушным движением и средства связи.	600 * (40 **) 210 * (85 **)	600 * (40 **) 300 * (70 **)
Airborne Inhabited Cargo (AIC). Типичные условия окружающей среды в грузовых отсеках самолетов, в которых могут находиться летные экипажи или обслуживающий персонал. Давление, температура, удары и вибрации далеки от экстремальных значений. К примеру, самолеты дальнего следования типа C130, C5, B52 и C141.	330 * (40 **) 125 * (85 **)	—
Ground mobile (Gm). Оборудование, устанавливаемое на колесных или гусеничных транспортных средствах, а также оборудование, перевозимое вручную. К примеру, наземное вспомогательное оборудование для тактических ракет, оборудование мобильной связи, системы тактического управления огнем, портативное оборудование связи, лазерные целеуказатели и дальномеры.	—	300 * (40 **) 150 * (70 **)
* среднее расчетное время между отказами (MTBF), мин., тыс. ч в соответствии с MIL-HDBK-217F		
** при температуре корпуса, °C		


**Рис. 5. Зависимость КПД от входного напряжения и мощности в нагрузке**

### MGDD-60

Высоконадежные (Hi-rel) изолированные DC/DC-преобразователи MGDD-60 номинальной мощностью 60 Вт могут эксплуатироваться при входном напряжении 12...160 В. Допускается непродолжительное (в течение 1 с) снижение входного напряжения до уровня 10.5 В. Структура преобразователя MGDD-60 приведена на рис. 6. Их основные технические характеристики даны в табл. 6. Основные параметры модификаций DC/DC-преобразователей мощностью 60 Вт приведены в табл. 7, их параметры надежности – в табл. 8.

Преобразователи MGDD-60 имеют два выхода с возможностью синхронизации от внешнего сигнала. Предусмотрено также их дистанционное вкл./выкл. Для увеличения выходного напряжения допускается последовательное соединение выходов преобразователей MGDD-60, а для повышения

выходной мощности – параллельное. Диапазоны выходных напряжений при последовательном и параллельном соединении выходов преобразователей MGDD-60 даны в табл. 9.

В преобразователях MGDD-60 имеется встроенный LC-фильтр, предназначенный для фильтрации входного напряжения и обеспечения электромагнитной совместимости. Для увеличения емкости конденсатора этого LC-фильтра за счет подключения внешнего конденсатора предусмотрен дополнительный вывод. Рекомендуется использовать керамические конденсаторы с низким значением эквивалентного последовательного сопротивления (Equivalent Series Resistance – ESR) емкостью 2.2 ... 10 мкФ на соответствующее номинальное напряжение.

В преобразователях предусмотрена защита от снижения входного напряжения (UVLO) ниже допустимого уровня, перенапряжения на выходе (Output Overvoltage Protection – OVP), перегрузки по току (OCP) и перегрева (OTP). Наличие функции "мягкого" старта позволяет ограничить уровень входного и выходного тока при включении преобразователей.

Напряжение срабатывания устройства защиты от снижения входного напряжения может регулироваться с помощью внешнего резистора, подключаемого ко входу UVLO. При отсутствии резистора порог срабатывания – 10.5 В.

Устройство защиты от перенапряжения на выходе ограничивает рост напряжения преобразователя на уровне  $130 \pm 10\%$  от номинального значения. Устройство защиты от перегрева срабатывает и преобразователь выключается при достижении

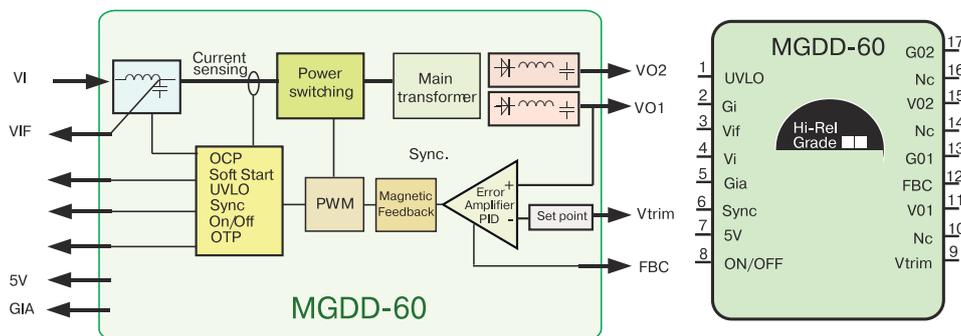


Рис. 6. Структура преобразователя MGDD-60

Таблица 6. Основные параметры преобразователей MGDD-60 (Hi-rel)

Параметр	MGDD-60	
Вх. напряжение, В	12...160	
Число выходов	2	
Суммарная вых. мощность, Вт	60	
КПД, %	91	
Частота импульсного преобразователя, кГц	270	
Время старта, мс	30	
UVLO, напряжение включения, В	11.8	
UVLO, напряжение отключения, В	10.5	
Погрешность установки вых. напряжения, % Unom	±2	
Диапазон регулировки вых. напряжения, % Unom	80...110	
Максимальное отклонение вых. напряжения, В при изменении вх. напряжения от мин. до макс., тока нагрузки от 0 до макс.	±1.5	
Уровень вых. шумов и пульсаций, п-п, мВ при Uвх.ном, в полосе частот 20 МГц	5 В	200
	12 В	240
	15 В	300
	24 В	520
Электрическая прочность изоляции, В	1500 (между вх. вых., 1 мин)	
	300 (между вых., 1 мин)	
Макс. допустимая величина емкостной нагрузки, мкФ (при вых. напряжении, В)	2 200 (5)	
	820 (12)	
	680 (15)	
	470 (24)	
Сопrotивление изоляции, МОм	100	
Тепловое сопротивление (корпус-окружающая среда), °C/Вт.	6.5	
Габаритные размеры, мм	82.5×48.5×12.5	
Масса, г	110	

температуры корпуса  $125 \pm 6.25$  °C (гистерезис – 10 °C). Отключение преобразователя происходит также в случае увеличения выходного тока на более чем 5% от максимального номинального значения для данной модификации преобразователя. В этом случае преобразователь переключается в режим Hiссир и

периодически осуществляется проверка наличия перегрузки по току. При ее отсутствии преобразователь автоматически переключается в нормальный режим работы (рис. 7). В режиме Hiссир средний ток потребления составляет 25% от номинального тока.

**Таблица 7. Модификации DC/DC-преобразователей MGDD-60 (Hi-rel) мощностью 60 Вт**

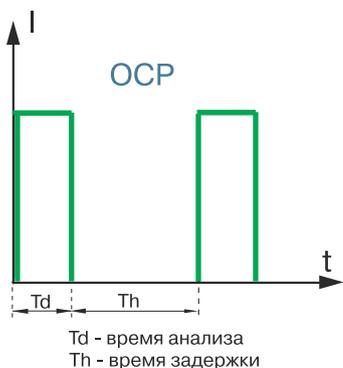
Тип	Напряжение, В		Ток, А
	Вх.	Вых.	
MGDD-60-R-C	12-160	2×5	5
MGDD-60-R-E	12-160	2×12	2.5
MGDD-60-R-F	12-160	2×15	2
MGDD-60-R-I	12-160	2×24	1.25

**Таблица 8. Параметры надежности DC/DC-преобразователей MGDD-60 (Hi-rel)**

Ground fixed (Gf)	680 * (40 **) 235 * (85 **)
Airborne Inhabited Cargo (AIC)	395 * (40 **) 150* (85 **)
* среднее расчетное время между отказами (MTBF), мин., тыс. ч в соответствии с MIL-HDBK-217F ** при температуре корпуса, °С	

**Таблица 9. Значения выходных напряжений при последовательном и параллельном соединении выходов DC/DC-преобразователей MGDD-60 (Hi-rel)**

Тип	Выходное напряжение, В	
	Параллельное соединение	Последовательное соединение
MGDD-60-R-C	4...5.5	8...11
MGDD-60-R-E	9.6...13.2	19.2...26.4
MGDD-60-R-F	12...16.5	24...33
MGDD-60-R-I	19.2...26.4	38.4...52.8


**Рис. 7. Диаграмма, иллюстрирующая работу системы OCP (MGDD-60)**

В преобразователях MGDD-60 предусмотрена

возможность регулировки выходного напряжения с использованием внешнего резистора, который подключается к выводу (Vtrim).

В петлю обратной связи (рис. 6), с помощью которой осуществляется регулирование выходного напряжения, включен первичный выход (V01/G01). Чтобы обеспечить правильную работу преобразователя при несбалансированной нагрузке, мощность потребления по этому выходу должна быть не менее 6 Вт. Вторичный выход (V02/G02) может оставаться незагруженным. Минимальная нагрузка может отсутствовать, если два выхода подключены параллельно или сбалансированы.

### Тепловой расчет

Нижний предел диапазона рабочих температур преобразователей MGDD-60/100 составляет -40 °С. По отдельному заказу возможна поставка преобразователей для эксплуатации при температуре -55 °С. Значение верхнего предела зависит от условий отвода тепла от корпуса. Можно использовать несколько вариантов отвода тепла: естественную конвекцию без применения теплоотвода, принудительный отвод тепла потоком воздуха при наличии или отсутствии теплоотвода.

Теплопередача – физический процесс передачи тепловой энергии от более горячего тела к менее горячему, либо непосредственно (при контакте), либо через разделяющую перегородку из какого-либо материала.

Основная цель теплового расчета состоит в прогнозировании (оценке) степени нагрева DC/DC-преобразователя в процессе эксплуатации для того, чтобы не превысить его максимально допустимую температуру. Тепловая энергия передается из зоны с высокой температурой в зону с меньшей температурой посредством трех основных механизмов – это:

- тепловое излучение, т.е. электромагнитное излучение
- теплопроводность, т.е. передача тепла через твердую среду (например, через теплоотвод, выполненный в виде алюминиевого радиатора)
- конвекция, т.е. передача тепла через текучую среду (обычно воздух).

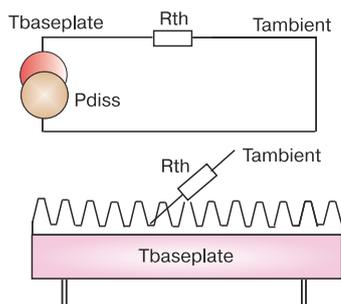
Все эти механизмы теплопередачи в той или иной степени присутствуют всегда.

Тепловое излучение – передача тепла посредством электромагнитного излучения, главным образом, в инфракрасном диапазоне. Излучение – единственное средство передачи тепла между телами,

разделенными вакуумом. Многие факторы способствуют эффективности излучения – это разность температур, площадь и излучающая способность поверхности. Например, радиатор, выполненный из черного анодированного алюминия, с максимальной площадью поверхности для данного объема можно эффективно использовать для теплового излучения. Однако в большинстве случаев для мощных преобразователей на тепловое излучение приходится не более 5% от общей теплопередачи.

Эффект теплового излучения лучше использовать в качестве “запаса прочности” в тепловом расчете, поскольку его вклад в теплопередачу небольшой, его трудно определить количественно, и для эффективности излучения требуется большая площадь поверхности радиатора.

Теплопроводность – основной и самый важный механизм теплопередачи. В электрической цепи аналог теплового потока – ток. Процесс переноса тепла – функция тепловых сопротивлений и градиента температуры. Простейшая эквивалентная модель переноса тепла приведена на рис. 8.



**Рис. 8. Упрощенная эквивалентная модель теплопередачи**

Для отвода тепла повсеместно используются разнообразные радиаторы, которые характеризуются тепловым сопротивлением. Единица измерения – °С/Вт. Многочисленные производители радиаторов в документации приводят значение теплового сопротивления. В качестве примера, на рис. 9 приведены параметры радиаторов типа SK DC 5 59 SA и SK DC 5 1 59 SA компании Fisher Elektronik [5]. На рис. 10 приведены возможные варианты отвода тепла от корпуса преобразователя.

Для эффективной передачи тепла и минимизации теплового сопротивления между кондуктивными средами, т.е. между корпусом преобразователя и радиатором, крайне важно обеспечить тесный контакт. Тепловое сопротивление неподвижного воздуха может быть примерно в 5000 раз выше, чем

у алюминия. Поверхности площадью 25 см<sup>2</sup> при воздушном зазоре 0.254 мм имеют тепловое сопротивление 3.5 °С/Вт. Это явно многовато для обеспечения эффективного отвода тепла. При монтаже радиатора на корпус преобразователя следует минимизировать суммарное тепловое сопротивление, что, как правило, достигается применением специальных термопрокладок. Оптимальная величина давления – 1...7 кг/см<sup>2</sup>, а их поверхность должна быть ровной и гладкой. Тепловое сопротивление (Rth) однородной проводящей термопрокладки можно определить из простого выражения

$$R_{th} = L/K \times A,$$

где,  $R_{th}$  – тепловое сопротивление (°С/Вт),  $L$  – длина или ширина (мм),  $A$  – площадь поперечного сечения (мм<sup>2</sup>),  $K$  – теплопроводность материала (Вт/мм °С).

Естественная или принудительная конвекции – передача тепла через окружающую текучую среду (обычно воздух). Эффективность этого механизма теплопередачи зависит от многих факторов и довольно сложна для расчета. Необходимо учитывать площадь поверхности, градиент температуры, теплопроводность, скорость перемещения и плотность среды, а также ряд других факторов.

Естественную или свободную конвекцию осуществить легче, чем принудительную. Однако ее недостаток – невозможность получить низкое тепловое сопротивление. При естественной конвекции скорость воздуха определяется локальным нагревом воздуха на поверхности радиатора. Плотность воздуха при нагревании уменьшается, что вызывает его подъем, и тем самым перемещение слоев воздуха. Эффективность естественной конвекции снижается на больших высотах, т.к. уменьшается плотность воздуха. При конвекции для отвода тепла обязательно необходимо перемещение воздуха. “Ограниченный в своем распространении воздух” не приведет к положительным результатам. Как правило, это происходит с DC/DC-преобразователями, установленными с отсутствием теплового контакта, т.е. в закрытом объеме (корпусе). Залог эффективного отвода тепла при естественной конвекции – соблюдение простых рекомендаций, т.е. необходимо:

- устанавливать радиаторы так, чтобы максимальная длина поверхностей (ребер) была в вертикальной плоскости
- устанавливать радиатор таким образом, чтобы воздух поднимался вверх

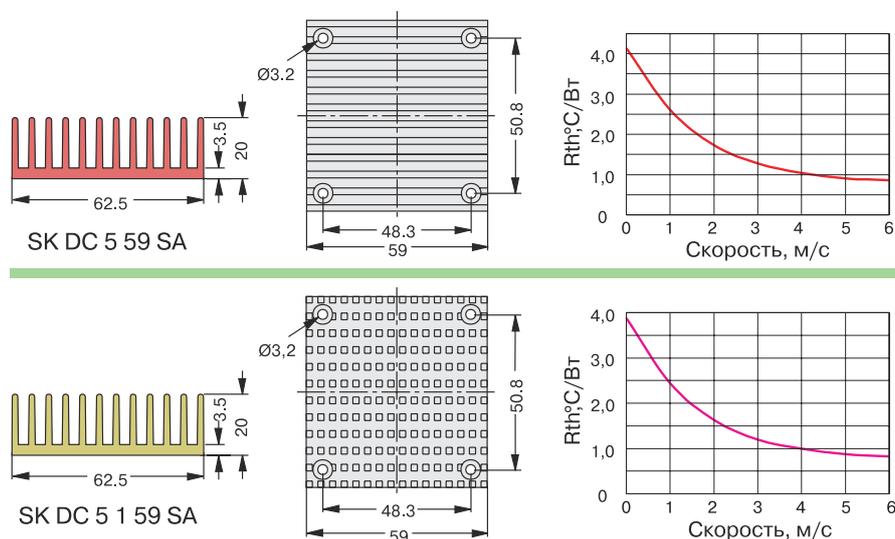


Рис. 9. Параметры радиаторов SK DC 5 59 SA и SK DC 5 1 59 SA компании Fisher Elektronik

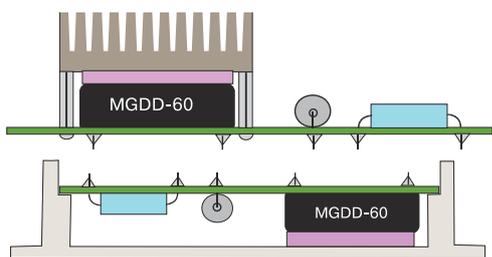


Рис. 10. Возможные варианты отвода тепла от корпуса преобразователя

- обеспечить вентиляцию корпуса для естественной конвекции
- учитывать, что снижение расстояния между ребрами радиатора снижает эффективность отвода тепла.

Вследствие сложности расчета параметров теплопередачи с учетом только естественной конвекции производители DC/DC-преобразователей и радиаторов получают характеристики теплового сопротивления, обусловленные как механизмом теплопроводности, так и естественной конвекции.

Принудительная конвекция подразумевает использование вентиляторов для увеличения скорости перемещения воздуха через теплоотвод. Тепловое сопротивление радиатор-воздух может быть уменьшено до 10 раз по сравнению с естественной конвекцией. Как правило, этот механизм отвода тепла применяют при высокой температуре окружающей среды, больших мощностях или в случае ограниченного пространства. Вентиляторы шумят, а в грязной среде необходимо использовать фильтры, которые, если их не заменить в срок, могут стать

причиной поломки вентилятора. Воздушный поток вентилятора обычно приводится в единицах LFM (Linear Feet per Minute). Производительность вентилятора – это объем воздуха в кубических футах в минуту (Cubic Feet per Minute – CFM). Между этими единицами измерения имеется простое соотношение

$$LFM = CFM/S,$$

где,  $S$  – площадь поперечного сечения, через которую проходит поток воздуха. Производительность вентилятора 400 футов/мин (2 м/с) приводит к значительному улучшению теплопередачи посредством конвекции. Воздушный поток со скоростью выше 1000 футов/мин существенно не улучшает теплообмен. Для максимальной теплопередачи с использованием принудительной конвекции следует учитывать следующее:

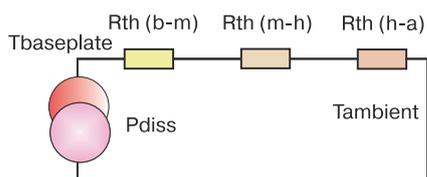
- компоненты с малой мощностью рассеивания располагаются выше
- расстояние между ребрами радиатора можно уменьшить в сравнении с конструкцией радиатора для естественной конвекции
- поток воздуха направляется в промежутки между ребрами радиатора.

Из-за сложности расчета теплопередачи с учетом только принудительного воздушного охлаждения лучше всего использовать данные о тепловом сопротивлении, предоставляемые производителями радиаторов. В этом случае приводятся либо графики зависимости теплового сопротивления от скорости потока воздуха, либо зависимости роста температуры от рассеиваемой мощности для различных скоростей воздуха.

Модель эквивалентной суммарной цепи теплопередачи для DC/DC-преобразователя показана на рис. 11. Соотношение между перегревом ( $DT$ ), тепловым сопротивлением ( $R_{th}$ ) и рассеиваемой мощностью ( $P_{diss}$ ) определяется следующим выражением

$$R_{th} = DT/P_{diss}.$$

Эта модель используется для определения перегрева корпуса преобразователя (т.е. превышения температуры корпуса выше температуры окружающей среды) в зависимости от рассеиваемой мощности преобразователя и теплового сопротивления корпус-окружающая среда. В используемой тепловой модели имеются аналогии с параметрами электрической цепи, например, перегрев ( $DT$ ) – это напряжение ( $V$ ), тепловое сопротивление ( $R_{th}$ ) – электрическое сопротивление ( $R$ ).



**Рис. 11. Модель эквивалентной цепи теплопередачи**

Тепловое сопротивление корпус-окружающая среда  $R_{th} (b-a)$  существенно отличается в зависимости от механизма теплопередачи. Тепловое сопротивление  $R_{th} (b-a)$  преобразователя типа MGDD-60 варьируется в широких пределах – от 1.13 до 6.5 °C/Вт (табл. 10) [4], поскольку зависит от механизма охлаждения, принудительная или естественная конвекция с использованием радиатора или без него и пр. В большинстве случаев тепловое сопротивление корпус-окружающая среда представляет собой сумму тепловых сопротивлений эквивалентной цепи теплопередачи от корпуса к окружающей среде. При наличии радиатора и термопрокладки  $R_{th} (b-a)$  определяется из следующего выражения

$$R_{th}(b-a) = R_{th}(b-m) + R_{th}(m-h) + R_{th}(h-a),$$

где,  $R_{th} (b-a)$  – тепловое сопротивление корпус-окружающая среда (°C/Вт),  $R_{th} (b-m)$  – тепловое сопротивление корпус-термопрокладка (°C/Вт),  $R_{th} (m-h)$  – тепловое сопротивление термопрокладка-радиатор (°C/Вт),  $R_{th} (h-a)$  – тепловое сопротивление радиатор-окружающая среда (°C/Вт).

Как правило, в процессе отвода тепла задействованы все механизмы. Тепловое сопротивление в экви-

**Таблица 10. Значения тепловых сопротивлений для DC/DC-преобразователя MGDD-60 (Hi-rel) при разных условиях теплоотвода**

Механизм	Тепловое сопротивление, °C/Вт				
	Условия	$R_{th} (h-a)$	Условия	$R_{th} (b-h)$	$R_{th}(b-a)$
Естественная конвекция	Без теплоотвода	6.5	Без теплоотвода	—	6.5
	Радиатор	3.9	Термопрокладка	0.13	4.03
Принудительная конвекция, 200 LFM	Без теплоотвода	3.8	Без теплоотвода	—	3.8
	Радиатор	2.10	Термопрокладка	0.13	2.23
Принудительная конвекция, 400 LFM	Без теплоотвода	2.63	Без теплоотвода	—	2.63
	Радиатор	1.50	Термопрокладка	0.13	1.63
Принудительная конвекция, 1000 LFM	Без теплоотвода	1.54	Без теплоотвода	—	1.54
	Радиатор	1.00	Термопрокладка	0.13	1.13

$R_{th} (h-a)$  – тепловое сопротивление радиатор-окружающая среда  
 $R_{th} (b-h)$  – тепловое сопротивление корпус-радиатор  
 $R_{th} (b-a)$  – тепловое сопротивление корпус-окружающая среда  
 Радиатор – 824353B03250 (Aavid Thermalloy)  
 Термопрокладка – Sil-Pad 400 (Bergquist), давление 50 Psi.

валентной модели – это мера способности отводить тепло от корпуса преобразователя. Более высокая теплопроводность – это более низкое тепловое сопротивление и, следовательно, меньший перегрев корпуса.

С увеличением высоты над уровнем моря в расчеты теплопередачи приходится вносить поправки, учитывающие изменения во всех механизмах теплопередачи: излучении, теплопроводности и конвекции. В поправках учитывается снижение плотности воздуха, вызванное более низким давлением воздуха на большой высоте, а также ряд других факторов. В табл. 11 приведены поправочные коэффициенты в зависимости от высоты объекта над уровнем моря.

Перегрев корпуса преобразователя определяется из простого выражения

$$DT = P_{out} (1/\eta - 1) \times R_{th} (b-a),$$

где,  $\eta$  – КПД. При выходной мощности 60 Вт, КПД 90% и естественной конвекции для преобразователя MGDD-60 перегрев составляет:

- 43.3 °C, при отсутствии радиатора,  $[60 (1/0.9-1) \times 6.5]$
- 26.8 °C, при наличии радиатора,  $[60 (1/0.9-1) \times 4.03]$ .

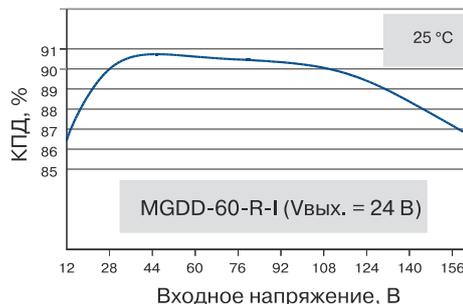
При определении КПД (рис. 12) и максимально допустимой температуры корпуса (рис. 13) необходимо использовать данные, приведенные в Data Sheet [3].

**Таблица 11. Поправочные коэффициенты в зависимости от высоты объекта над уровнем моря**

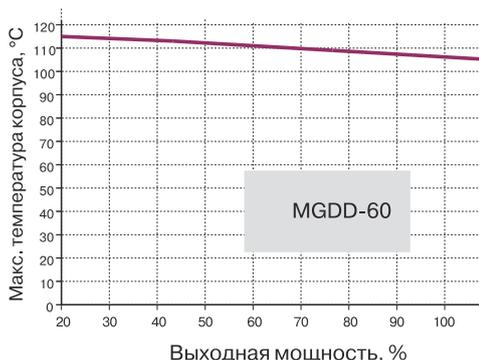
Высота, м	Поправочный коэффициент	Тепловое сопротивление, °C/Вт
0	1.00	1.00
1000	0.95	1.05
1500	0.90	1.11
2000	0.86	1,16
3000	0.80	1,25
3500	0.75	1.33

**Электромагнитная совместимость**

Чтобы не превысить рекомендованные военными стандартами США MIL-STD-461C/D/E (в частности CE102 и CE03) уровни излучаемых помех вместе с DC/DC-преобразователями серии MGDD-60, специалисты компании Gaia Converter предлагают использовать модуль фильтра электромагнитных



**Рис. 12. Зависимость КПД преобразователя MGDD-60 от входного напряжения**

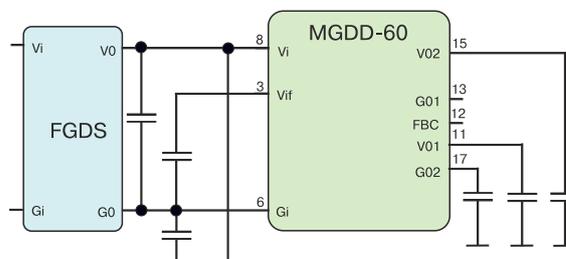


**Рис. 13. Зависимость максимально допустимой температуры корпуса преобразователя MGDD-60 от выходной мощности**

помех типа FGDS (рис. 14) [3].

Для военных наземных транспортных средств Министерством обороны США (Department of Defense – DOD) рекомендуется использовать стандарт MIL-STD-1275E [6], в котором регламентируются характеристики систем энергоснабжения постоянного тока номинальным напряжением 28 В.

В стандарте оговариваются предельные значения рабочего напряжения и параметры импульсов перенапряжения на входных силовых клеммах оборудования, подключенного к распределенной системе электроснабжения военных наземных

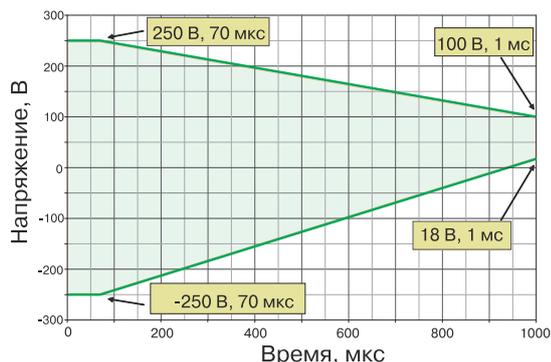


**Рис. 14. Вариант подключения модуля фильтра электромагнитных помех (FGDS) и преобразователя MGDD-60**

транспортных платформ.

Кратковременные импульсы перенапряжения возникают в результате выброса предварительно запасенной электромагнитной энергии в реактивную нагрузку или в процессе работы разных электромеханических устройств (электродвигателей, генераторов и т.п.).

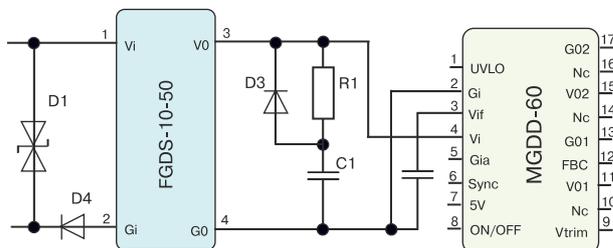
На рис. 15 приведены соотношения между амплитудой и длительностью импульсов с максимальной энергией до 2 Дж и длительностью ≤ 1 мс.



**Рис. 15. Соотношения между амплитудой выбросов напряжения и их длительностью**

В последней редакции стандарта MIL-STD 1275E были расширены требования по устойчивости к выбросам напряжения небольшой длительности. Энергия импульсов длительностью до 1 мс увеличена с 15 мДж до 2 Дж. Предлагаемая специалистами компании Gaia Converter схема подключения DC/DC-преобразователей серии MGDD-60 (рис. 16) позволяет сохранять работоспособность при воздействии выбросов напряжения энергией до 2 Дж. Преобразователи MGDD-60 могут эксплуатироваться при входном напряжении от 12 до 160 В. Включенный на входе преобразователя TVS-диод (D1) соответствующей мощности позволяет ограничить уровень выбросов напряжения до уровня ниже ±160 В. Отрицательные импульсы напряжения блокируются диодом D4, а запасенная в конденсаторе C1 энергия обеспечивает энергопитание преобразователя MGDD-60 в течении переходного процесса. Резистор R1 предназначен для ограничения пускового тока при зарядке конденсатора C1.

Преобразователь MGDD-60 может работать при снижении входного напряжения до 10.5 В на протяжении 1 с, что также удовлетворяет рекомендации стандарта MIL-STD-1275E. При этом нет необходимости в использовании накопительного электролитического конденсатора большой емкости.



**Рис. 16. Вариант подключения фильтра электромагнитных помех FGDS, преобразователя MGDD-60 и TVS-диода**

### HUGD-300

При эксплуатации разного рода электронной авиационной, военной, связной и другой аппаратуры не исключаются случаи кратковременного снижения входного напряжения вплоть до нуля, что в результате может привести к потере данных и увеличению числа аварийных отказов. В стандартах MIL-STD-704 и DO-160 регламентируется, что источники питания должны гарантировать бесперебойную работу системы на протяжении 50...1000 мс, а в некоторых случаях – даже нескольких секунд. Один из примеров кратковременного снижения входного напряжения – переключение на резервный источник питания. Поэтому, чтобы обеспечить бесперебойную работу системы, приходится применять ряд специальных мер.

Классическое решение – использование на входе преобразователя накопительного конденсатора большой емкости (и, соответственно, габаритов), заряжаемого до рабочего входного напряжения. При пропадании входного напряжения накопительный конденсатор разряжается и снабжает энергией DC/DC-преобразователь. Емкость (C) конденсатора на входе преобразователя зависит от мощности (P) в нагрузку, КПД, используемого DC/DC-преобразователя, длительности интервала удержания напряжения в заданном диапазоне и определяется из следующего выражения

$$C = 2P\Delta t / (V1^2 - V2^2),$$

где, P – суммарная мощность, потребляемая преобразователем и нагрузкой, Δt – длительность интервала удержания напряжения в заданных пределах, V1 – начальное напряжение на конденсаторе, V2 – минимальное рабочее входное напряжение преобразователя. Простой расчет показывает, что при выходной мощности 60 Вт, КПД преобразователя 90%, минимальном входном рабочем напряже-

нии преобразователя 11 В, начальном напряжении на конденсаторе 38 В и длительности интервала удержания 20 мс емкость конденсатора составит примерно 2000 мкФ.

$$C = (2 \cdot 60 / 0.9 \cdot 0.02) / (1440 - 121) = 201 \cdot 10^{-5} \text{ Ф.}$$

Недостаток такого решения – увеличение площади печатной платы и размеров изделия в целом, большой импульсный пусковой ток зарядки конденсатора, для ограничения которого необходимо модифицировать входную цепь зарядки.

Уменьшить емкость накопительного конденсатора при сохранении той же мощности и длительности интервала удержания можно за счет расширения диапазона входного напряжения DC/DC-преобразователя и, соответственно, увеличения начального напряжения на накопительном конденсаторе.

При выходной мощности 60 Вт, КПД 90%, длительности интервала удержания 20 мс, напряжении на входе преобразователя от 11 до 70 В емкость накопительного конденсатора составит примерно 560 мкФ.

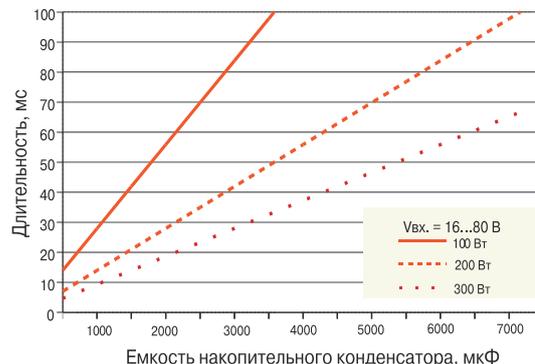
$$C = (2 \cdot 60 / 0.9 \cdot 0.02) / (4900 - 121) = 556 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

Однако следует учитывать, что максимально допустимое напряжение конденсатора в этом случае должно быть больше.

Использование модуля контроля и защиты от провалов входного напряжения HUGD-300 позволяет добиться снижения массогабаритных показателей источников питания, а также ограничить величину пускового тока, что в свою очередь способствует повышению надежности всей системы.

Структура модуля HUGD-300 и схема его подключения к DC/DC-преобразователю приведены на рис. 17, графики зависимости емкости накопительного конденсатора от длительности интервала удержания при разной мощности в нагрузке – на рис. 18. В табл. 12 даны основные параметры модуля

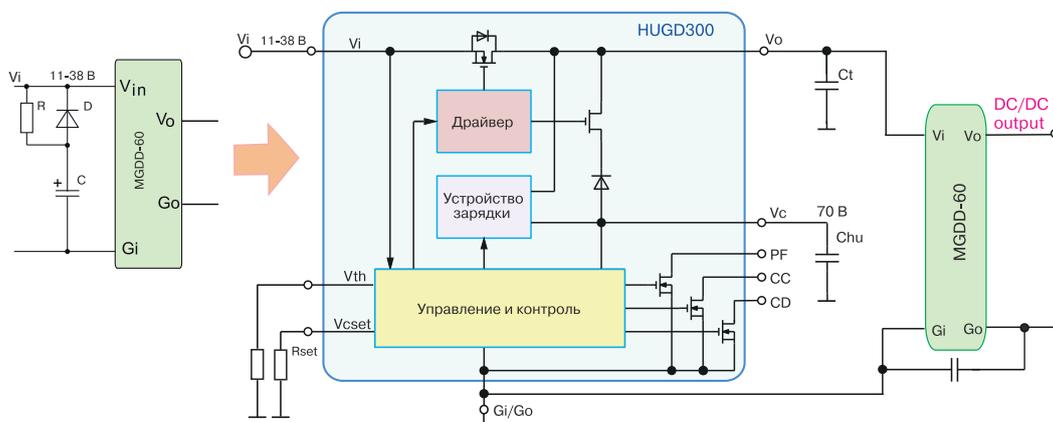
ля HUGD-300. Временные диаграммы, поясняющие работу модуля HUGD-300, приведены на рис. 19. Зависимость напряжения на накопительном конденсаторе от сопротивления резистора (Rset) – на рис. 20.



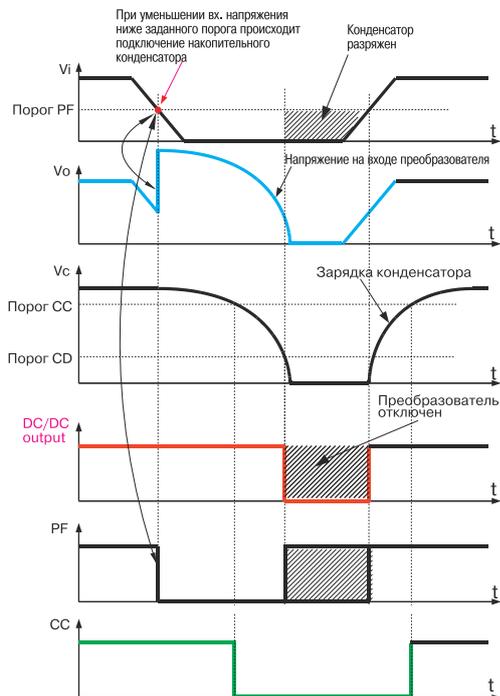
**Рис. 18. Графики зависимости необходимой емкости накопительного конденсатора от длительности интервала удержания и мощности в нагрузке**

В модуле HUGD-300 также реализована встроенная защита от ошибочного подключения входной цепи в обратной полярности, что соответствует рекомендациям ряда стандартов (MIL-STD-704/1275).

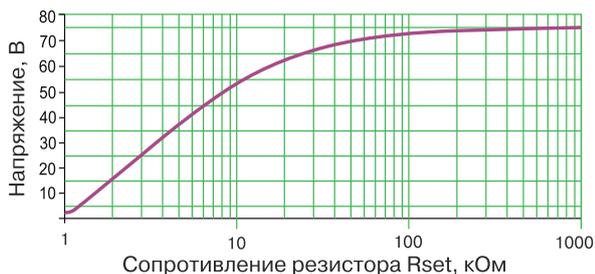
Когда напряжение на накопительном конденсаторе (Chu) в процессе его зарядки достигнет значения 90% от заданного, на выводе CC (Capacitor Charged) устанавливается активный сигнал высокого уровня – "конденсатор заряжен", и модуль переключается в рабочий режим. В этом режиме для поддержания конденсатора в заряженном состоянии затрачиваемая модулем мощность составляет менее 3 Вт. При уменьшении входного напряжения ниже заданного порога формируется сигнал PF (Power Fail), происходит подключение к нагрузке заряженного до заданного уровня накопительного конденсатора и отключение от источника входного



**Рис. 17. Структура модуля HUGD-300 и схема его подключения к DC/DC-преобразователю**



**Рис. 19. Временные диаграммы сигналов, поясняющие работу модуля HUGD-300**



**Рис. 20. Зависимость напряжения заряда накопительного конденсатора от сопротивления резистора Rset**

напряжения. В этом случае энергопитание DC/DC-преобразователя осуществляется исключительно от конденсатора. При разрядке конденсатора до уровня напряжения аварийного порога формируется сигнал CD (Capacitor Discharged) – "конденсатор разряжен".

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высоконадежные изолированные DC/DC-преобразователи компании Gaia Converter соответствуют рекомендациям стандартов DO-160 и MIL-STD-704/461/810. Благодаря высокой надежности они применяются в военной и гражданской авиации, военной технике (беспилотных летательных аппаратах, оборудовании кораблей военно-морского флота и пр.), на транспорте (в метро и трамваях), в

**Таблица 12. Основные параметры модуля HUGD-300**

Наименование	Значение	
Вх. напряжение, В	8...100	
Частота переключения преобразователя (тип.), кГц	700	
Макс. вых. мощность, Вт	300	
Макс. вых. ток, А	30	
Порог вх. напряжение для подключения накопительного конденсатора, В	6...20	
Макс. напряжение на накопительном конденсаторе, В	70	
Эквивалентное последовательное сопротивление в цепи питания, мОм	3.5	
Тепловое сопротивление корпус-окружающая среда при естественной конвекции, °С/Вт	13	
Макс. температура корпуса, °С	105	
Длительность удержания, мкс/мкФ	300 Вт	5.6
	100 Вт	17
Емкость накопительного конденсатора, мкФ	470...100000	
Электрическая прочность изоляции (вход-корпус, выход-корпус), В	500	
Габаритные размеры, мм	40.2×26.2×12.8	
Масса, г	25	

промышленном оборудовании (приборах гидролокации, нефтегазодобывающем оборудовании и пр.). Более полную информацию о DC/DC-преобразователях можно найти в [1-7] или получить в фирме VD MAIS – официальном дистрибьюторе компании Gaia Converter в Украине.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Industrial DC/DC converter MGDI-100 wide Input: 100W power.
2. Hi-Rel DC/DC converter MGDM-100: 100W power.
3. Hi-Rel DC/DC converter MGDD-60: 60W power.
4. DC/DC converter. Thermal management. Application notes. – Gaia Converter.
5. To cool, to protect, to connect. – Fisher Elektronik.
6. MIL-STD-1275E. Characteristics of 28 volt DC input power to utilization equipment in military vehicles ([http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1100-1299/MIL-STD-1275E\\_45886](http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1100-1299/MIL-STD-1275E_45886)).
7. Hi-Rel Hold-Up module HUGD-300: 300W power.

# Приєднуйтеся до головної події індустрії безпеки України!



# БЕЗПЕКА

XXIV міжнародна виставка

# 2019



**22 • 25** ЖОВТНЯ

**УВАГА! НОВА ЛОКАЦІЯ!**



Виставковий центр «КиївЕкспоПлаза»,  
Житомирська траса М-06,  
с. Березівка, вул. Амстердамська, 1.

## Тематика виставки:

- Технічні системи і засоби безпеки.
- Системи охоронного TV і відеоспостереження.
- Системи і засоби протипожежної безпеки.
- Системи і засоби охорони периметра.
- Автоматизація і безпека будівель.
- IT-технології: телекомунікації, інформаційна безпека, ЦОД.
- Активне мережеве обладнання.
- Пасивне мережеве обладнання.
- Безпечне електроживлення.

**З питань участі звертайтеся: (44) 461-9301,**  
Юрій Ченський, [chenskiy@eindex.kiev.ua](mailto:chenskiy@eindex.kiev.ua);  
Володимир Шевчик, [shevchik@eindex.kiev.ua](mailto:shevchik@eindex.kiev.ua)

Замовляйте  
запрошення на сайті  
**[www.bezpeka.ua](http://www.bezpeka.ua)**

ОРГАНІЗАТОР



ВИСТАВКОВИЙ  
ЦЕНТР



ОФІЦІЙНА  
ПІДТРИМКА

- Міністерство оборони України
- Міністерство внутрішніх справ України
- Служба безпеки України
- Державна служба України з надзвичайних ситуацій

ІНФОРМАЦІЙНІ ПАРТНЕРИ



СЕТИ & БИЗНЕС



БЕЗОПАСНОСТЬ



# МОЖНО ЛИ ОБЕСПЕЧИТЬ БЕСПРОВОДНОЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ АВТОНОМНОГО БЕЗБАТАРЕЙНОГО УСТРОЙСТВА? \*

ENABLEMENT OF BATTERYLESS APPLICATIONS WITH WIRELESS POWER

М. Витьюник (M. Vitunic)



**Вопрос:** В моем автономном устройстве не предусмотрено батарейное питание. Можно ли в таком устройстве обеспечить беспроводное электропитание вместо батарейного?

**Ответ:** Беспроводное электропитание безбатарейного устройства несложно обеспечить, используя современную элементную базу.

Устройство, передающее электрическую мощность на расстояние, состоит из двух элементов: передатчика (Tx) с катушкой индуктивности и приемника (Rx) с катушкой индуктивности, как показано на рис. 1. Однако, в отличие от обычного трансформатора, электромагнитная связь этих катушек весьма мала из-за большого воздушного зазора.

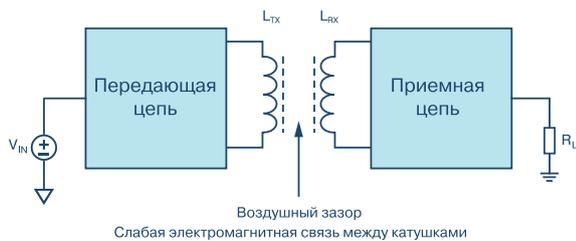


Рис. 1. Передача электромагнитной энергии на расстояние

На сегодняшний день большинство подобных

устройств используется в качестве беспроводных зарядных устройств. Они применяются только для подзарядки аккумуляторных батарей автономного устройства и отключаются при достижении требуемой величины напряжения на аккумуляторе. После окончания процесса заряда автономное устройство питается непосредственно от аккумуляторной батареи, как показано на рис. 2.

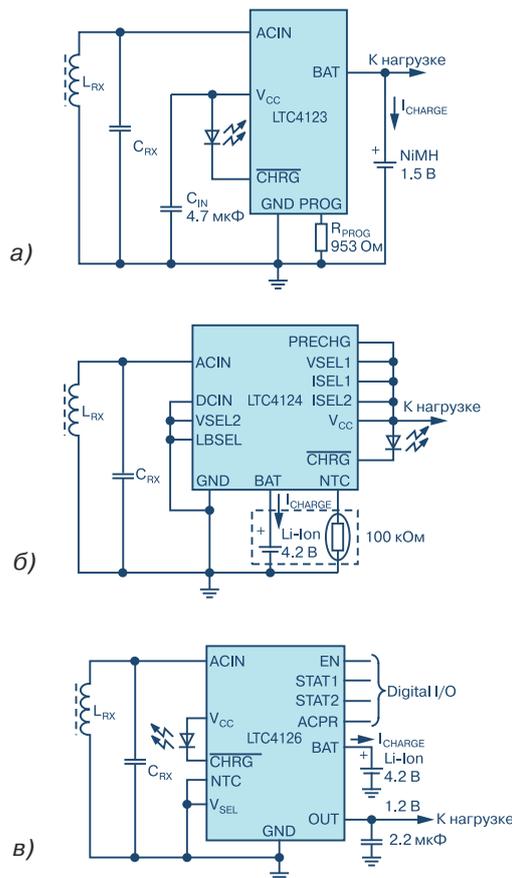


Рис. 2. Беспроводное зарядное устройство подключено к аккумуляторной батарее через ИМС LTC4123 с током до 25 мА (а), через ИМС LTC4124 с током до 400 мА (б), через стабилизатор LTC4126 (в)

\* Vitunic M. Enablement of Batteryless Applications with Wireless Power. Rarely Asked Questions, Issue 162. www.analog.com. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

**Что делать в том случае, если в устройстве пользователя вообще нет аккумуляторной батареи?**

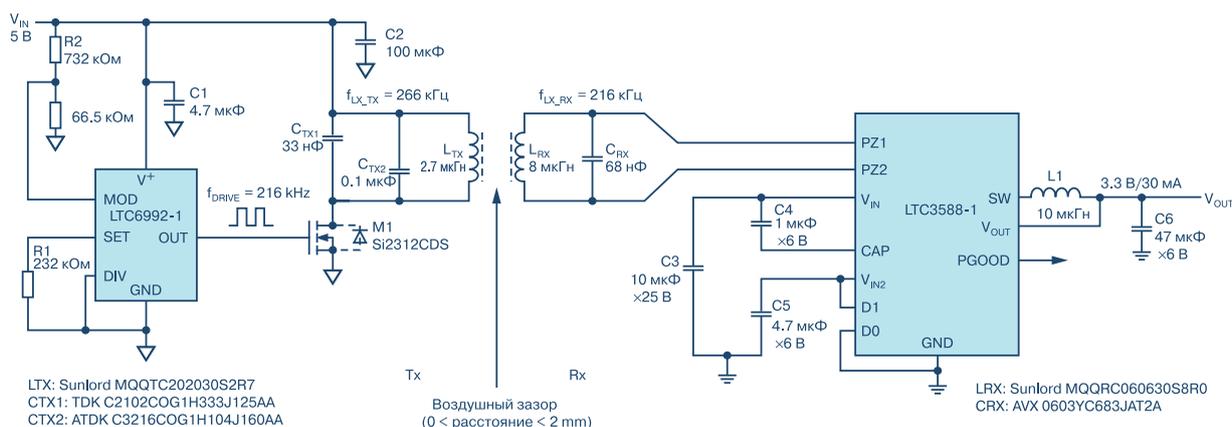
К таким устройствам относятся удаленные сенсоры, которые обеспечивают считывание данных по требованию, а в остальное время находятся в спящем режиме. При этом замена аккумуляторной батареи или ее подзарядка в таком сенсоре затруднительна. В этом случае может быть использован беспроводный источник питания типа LTC3588-1. Эта микросхема предназначена для использования в пьезоэлектрических источниках питания или устройствах питания с применением солнечных батарей. Однако, ее можно успешно применять для питания удаленных сенсоров, в которых аккумуляторные батареи отсутствуют. Схема включения такого источника питания приведена на рис. 3.

На передающей стороне этого источника питания находится модулятор ШИМ-сигналов типа

LTC6992 с несущей частотой 216 кГц, а резонансная частота LC-цепи составляет 266 кГц. На приемной стороне находится микросхема LTC3588-1, на вход которой подается напряжение с выхода приемного колебательного контура, частота резонанса которого равна 216 кГц.

В составе ИМС имеется выпрямитель и стабилизатор, причем на выходе LTC3588-1 могут быть сформированы следующие уровни напряжения питания: 1.8; 2.5; 3.3 и 3.6 В с током нагрузки до 100 мА. ИМС источника питания LTC3588-1 имеет защиту от перенапряжения на входе и короткого замыкания на выходе.

Таким образом, для удаленных датчиков, не имеющих батарейного питания и обеспечивающих съем данных по требованию, могут быть использованы специализированные ИМС типа LTC3588-1, которые формируют необходимое напряжение питания только по команде на считывание данных.



**Рис. 3** Схема включения беспроводного источника питания LTC3588-1, формирующего напряжение нагрузки 3.3 В

**VD MAIS**  
**Разработка и серийное производство электроники**

- разработка электрических схем
- проектирование и изготовление печатных плат
- комплектация изделий электронными компонентами и конструктивами
- контрактное производство (по стандарту IPC-A-610G):
  - автоматизированный монтаж SMD-компонентов и автоматизированная селективная пайка компонентов, монтируемых в отверстия
  - изготовление опытных образцов изделий
  - мелко- и крупносерийное производство
- многолетний опыт разработки и производства
- гарантия качества

Сертификация на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016  
 Цены – оптимальные.

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
 тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
 e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua

**VD MAIS**  
**Контрактное производство электроники**  
 (по стандарту IPC-A-610)

- автоматизированный монтаж SMD-компонентов (до 2,5 млн в сутки)
- автоматизированная селективная пайка компонентов, монтируемых в отверстия
- монтаж прототипов печатных плат
- 100% автоматический оптический контроль качества монтажа
- изготовление опытных образцов изделий
- мелко- и крупносерийное производство
- 10-летний опыт контрактного производства
- гарантия качества

Сертификация на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016  
 Цены – оптимальные.

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
 тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
 e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua



## КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

Полный цикл контрактного производства электроники:

- проектирование и изготовление печатных плат и трафаретов по стандарту IPC-A-600J
- комплексная поставка комплектующих элементов
- автоматизированный монтаж компонентов по технологии SMT и THT, включая монтаж в азотной среде, в соответствии со стандартом IPC-A-610G (до 2 500 000 SMD-компонентов в сутки)
- монтаж печатных плат любой сложности при серийном и мелкосерийном производстве
- нанесение лазерной маркировки на печатные платы
- 100% автоматический оптический контроль качества монтажа
- внутрисхемный контроль готовых изделий
- проведение климатических испытаний (по заказу)

Система менеджмента качества фирмы сертифицирована на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016.

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 в секунду.

**Работы выполняются** на оборудовании фирм Samsung, Hanwha Precision Machiners, ESSEMTEC, TWS, PACE, SEHO, Phoenix Digital Tech с применением расходных материалов фирм AIM и Electrolube.

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) 201-0202, 492-8852  
Факс: (+38-044) 202-1110  
E-mail: info@vdmajs.ua  
http:// www.vdmajs.ua

**Ukraine**  
03061 Kyiv, M. Dontsia St. 6  
tel.: (+38-044) 201-0202, 492-8852  
fax: (+38-044) 202-1110

### 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  
g.boreyko@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: (095) 283-8246  
s.luschak@vdmajs.ua

**69000 Запорожье**  
бульвар Шевченко, 25, оф. 14  
Руслан Моисеенко  
r.moiseienko@vdmajs.ua  
тел. (095) 274-6897